

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

LORENA BAPTISTA ALMEIDA

**VARIAÇÃO ESPACIAL LONGITUDINAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA, ESTADO TRÓFICO E VARIÁVEIS AMBIENTAIS
DE DUAS LAGOAS COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DA SERRA/ES:
LAGOA JUARA E LAGOA JACUNÉM.**

VITÓRIA
2015

LORENA BAPTISTA ALMEIDA

**VARIAÇÃO ESPACIAL LONGITUDINAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA, ESTADO TRÓFICO E VARIÁVEIS AMBIENTAIS
DE DUAS LAGOAS COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DA SERRA/ES:
LAGOA JUARA E LAGOA JACUNÉM.**

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

VITÓRIA
2015

LORENA BAPTISTA ALMEIDA

**VARIAÇÃO ESPACIAL LONGITUDINAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA, ESTADO TRÓFICO E VARIÁVEIS AMBIENTAIS
DE DUAS LAGOAS COSTEIRAS DO MUNICÍPIO DA SERRA/ES:
LAGOA JUARA E LAGOA JACUNÉM.**

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. 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, por seu amor
incondicional.*

*À minha família; Mãe, Pai e
Renan, que sempre me apoiaram
em tudo.*

*Ao Rikim, por me entender e me
amar.*

AGRADECIMENTOS

Foram dois anos intensos, de muita pesquisa e muito aprendizado... Aprendi mais sobre os ambientes aquáticos, a pesquisa em si, a ciência e também mais sobre mim mesma. Foram anos de pensamentos, reflexões, trabalho (trabalho, trabalho, trabalho...rs) e ação.

Não cheguei a nenhum lugar sozinha, levei comigo todos ao meu redor. Então esse trabalho é fruto meu, mas também é de muita gente importante pra mim... E abaixo tento expressar uma mínima parte de toda a minha gratidão.

Primeiramente e sempre, agradeço a DEUS. Que está comigo a todo segundo, que me fortalece, me guia e me dá a paz. A DEUS que colocou tanta gente boa na minha vida e que mesmo nos momentos em que estive fraca e desanimada, Ele estava comigo. Obrigada Senhor!

Obrigada Val, por mais uma vez confiar em mim e por sempre ter essa paciência incrível para conversar comigo sobre meu trabalho e pra ler ele todo. Sei que tenho muitooooo a melhorar como cientista, mas todas as suas sugestões e conselhos me deixam cada vez melhor. Você é exemplo de generosidade, uma pessoa de coração enorme e de comprometimento maior ainda. Uma pesquisadora com paixão que me mostrou a beleza da nossa área.

Obrigada Prof. Dr. Camilo Dias Junior, por aceitar compor minha banca, pelas aulas ministradas (que me ajudaram muito), pelas valiosas sugestões e por ter sempre essa boa vontade em ajudar.

Obrigada Profa. Dra. Marina Satika Suzuki por aceitar compor a minha banca, pelas valiosas sugestões e por ter aberto seu laboratório para nos ajudar nas análises de alguns nutrientes.

Obrigada Thaisy Casto Leite, por tão gentilmente ter ajudado com as análises de nitrato, nitrogênio total e silicato. Mesmo em meio ao mestrado, teve tempo para me ajudar! Muito obrigada!

Obrigada Profa. Dra. Maria do Carmo, pelo aceite em ser meu membro interno suplente e por todo o carinho que sempre me deu.

Obrigada Profa. Dra. Fabíola Martins por aceitar ser meu membro externo suplente e pela disponibilidade em ajudar.

Obrigada ao Departamento de Ciências Biológicas da UFES pelo uso dos equipamentos.

Obrigada a CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

Obrigada ao PPGBV, por toda a atenção e auxílio que me deram.

Obrigada à associação de pescadores da lagoa Juara, em especial ao Cedimar, por todo o carinho que tiveram comigo, por sempre estarem dispostos a nos ajudar nas coletas e fazerem toda essa pesquisa se tornar realidade.

Obrigada à secretaria de meio ambiente da Serra, em especial ao Rodrigo e Yusif, que tiveram a boa vontade de nos acompanhar na coleta e nos ajudar com os equipamentos. Sua ajuda foi fundamental para fazer essa pesquisa.

Obrigada ao Ricardo que sempre me recebeu e me ajudou em tudo, pela simpatia e boa vontade.

Obrigada a Débora, por sempre me socorrer com aquelas dúvidas de química, durante as análises de nutrientes.

Obrigada aos meus amigos da turma de mestrado! Pelas risadas e discussões! Tenho orgulho de ter participado dessa turma maravilhosa. Vocês são grandes pesquisadores. Desejo muita força nessa caminhada acadêmica.

Obrigada Fernanda e Raissa, por me acalmarem no meu desespero e por estar sempre comigo. Meu mestrado foi mais feliz com vocês. Obrigada Fernanda pelo companheirismo a todo o momento! Obrigada Raissa pela coragem que me passa!

Obrigada a todo o LATEAC, obrigada ao amor, por me ajudar a aguentar todo o momento de dificuldade e por me fazer dar risadas em pela correria do mestrado. Obrigada por estarem comigo e me ajudarem em tudo. Esse trabalho tem o dedinho de cada um! Vocês são incríveis!

Obrigada à Beth, minha amiga! Por todos os cafés, ajuda e conversas que tivemos. Você é uma das pessoas mais incríveis que conheci nessa botânica! Que Deus te ilumine sempre!!!

Obrigada a Tati, Bru e Day (Mané) por estarem sempre comigo. Me fazerem rir e me acompanharem nas comilanças. Ter vocês na minha vida é um grande presente!

Obrigada aos meus pais e meu irmão, que são minha base! E que sempre me apoiaram nas minhas decisões. Obrigada por sempre me mostrar o caminho a seguir e por me ensinar a batalhar, a trabalhar e a viver. Essa conquista também é de vocês!!!

Obrigada ao Rikim, meu moze (rsrs), por me entender e aceitar que as vezes eu não podia sair porque precisava ler artigos (rsrsrs). Obrigada amor, por estar sempre ao meu lado.

Obrigada a toda a minha família (avós, tios e primos) que sempre me deram orgulho e me fazem sempre agradecer a Deus por tê-los em minha vida.

Obrigada a todos vocês!

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a variação espacial longitudinal da comunidade fitoplanctônica, estado trófico e variáveis ambientais de duas lagoas costeiras do município da Serra/ES: Lagoa Juara e Lagoa Jacuném. Foram realizadas coletas em seis estações amostrais em cada lagoa, no dia 19/09/2013 na lagoa Juara e no dia 21/09/2013 na lagoa Jacuném e foram coletadas amostras na subsuperfície, sempre pela manhã. As amostras qualitativas foram coletadas com rede de plâncton de 20 µm e as quantitativas foram coletadas com arraste manual. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada segundo seus principais atributos: densidade total e por Classe, riqueza de táxons, dominância, abundância, diversidade e equitabilidade. A biomassa foi avaliada com base nos valores de biovolume total e clorofila *a*. Foram determinados: temperatura (ar/água), oxigênio dissolvido, transparência, zona eufótica, profundidade, pH, turbidez, sólidos totais em suspensão, condutividade elétrica, salinidade e principais nutrientes (silicato, ortofosfato, fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total). Foi avaliado a trofia das lagoas com base nos valores de clorofila *a*, fósforo total e índice de estado trófico (IET). Foram registrados 207 táxons na lagoa Juara e 150 táxons na lagoa Jacuném, sendo que as Classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae foram as mais representativas em ambas as lagoas. A densidade total, clorofila *a* e biovolume foram elevados, apresentando maiores valores nas estações EA5 e EA6 da lagoa Juara e estação EA1 da lagoa Jacuném. Ambas as lagoas se caracterizaram como ambientes rasos, levemente alcalinos, com elevados valores de condutividade elétrica. A classificação trófica registrou que a lagoa Jacuném se encontra em avançado processo de eutrofização (todas as estações de caracterizaram como hipereutróficas pelo IET médio) e a lagoa Juara se apresentou como hipereutrófica nas estações EA4, EA5 e EA6, sendo as demais classificadas como eutróficas. (também de acordo com o IET médio). Na lagoa Juara, as estações EA5 e EA6 se apresentaram com características de impacto antrópico, possivelmente devido à presença de efluente doméstico sem tratamento lançado nessa região através do córrego Laranjeiras. A lagoa Jacuném se encontra em uma condição mais impactada, sendo que todas as estações amostrais apresentaram evidências disso; entretanto, a estação EA1 registrou valores superiores de nutrientes, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais suspensos, densidade fitoplanctônica e clorofila *a*; provavelmente devido à presença dos córregos Jacunem e Veneer que lançam efluentes domésticos com e sem tratamento nessa região. Ambas as lagoas mostraram sinais de alterações em suas condições ambientais, que comprometem seu uso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do mapa da Serra com a localização geral da bacia do Rio Jacaraípe, da lagoa Juara e lagoa Jacunem (modificado de Leal, 2006).....	25
Figura 2: Fotos da lagoa Juara: a) banco de macrófitas aquáticas, b) ocupação urbana, c) e d) tanques rede. (Fotos: Lorena Baptista Almeida).....	27
Figura 3: Fotos da lagoa Jacuném a) coloração esverdeada da água, b) margem com mata ciliar, c) Macrófitas aquáticas nas margens, d) construção do prédio da APA e e) estabelecimento comercial nas margens da lagoa (Fotos: Lorena Baptista Almeida).....	29
Figura 4: Esquema da lagoa Juara com a localização das estações amostrais.....	31
Figura 5: Esquema da Lagoa Jacuném com a localização das estações amostrais.....	32

Artigo 1

Figura 1: Localização da lagoa Juara, com estações amostrais.....	50
Figura 2: Análise dos componentes principais (PCA) com as variáveis abióticas e ordenação das estações amostrais.....	55
Figura 3: Variação longitudinal dos valores de clorofila <i>a</i> nas estações amostrais.....	56
Figura 4: Variação longitudinal dos valores médios de densidade total nas estações amostrais.....	57
Figura 5: Contribuição relativa das Classes fitoplanctônicas (%) na densidade total das estações amostrais.....	57
Figura 6: Variação longitudinal do biovolume total médio entre as estações amostrais.....	58

Figura 7: Variação espacial dos valores de diversidade e equitabilidade.....59

Figura 8: Análise de correspondência canônica (CCA) com as variáveis abióticas, bióticas e ordenação das estações amostrais.....60

Artigo 2

Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do estado do Espírito Santo, com destaque da lagoa Jacuném e destaque para a localização das estações amostrais.....85

Figura 2: Variação espacial da clorofila *a* da comunidade fitoplanctônica nas estações amostrais da lagoa Jacunem.....86

Figura 3: Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas para as estações amostrais da lagoa Jacuném. (*STS = sólidos totais suspensos, Orto – P = ortofosfato, P – total = fósforo total e N – amoniacal = nitrogênio amoniacal).....87

Figura 4: Contribuição das Classes de algas fitoplanctônicas, quanto à riqueza de táxons, na lagoa Jacuném.....88

Figura 5: Variação espacial da densidade total da comunidade fitoplanctônica nas seis estações amostrais da lagoa Jacuném.....89

Figura 6: Contribuição relativa (%) das Classes fitoplanctônicas, em termos de densidade, nas estações amostrais da lagoa Jacuném.....90

Figura 7: Variação espacial do biovolume da comunidade fitoplanctônica nas estações amostrais.....91

Figura 8: Variação espacial da diversidade específica e equitabilidade da comunidade fitoplanctônicas nas estações amostrais da lagoa Jacuném.....92

Figura 9: Análise de Correspondência Canônica das variáveis abióticas e bióticas, com ordenação da estações amostrais. (*Orto-P = ortofostato, N-amonia = nitrogênio amoniacal, Chloro = densidade da Classe Chlorophyceae, Cyan = densidade da

Classe Cyanophyceae, Dens total = densidade total, Cl a = clorofila a e P-total = fósforo total).....93

Artigo 3

Figura 1: Esquema do mapa da Serra com a localização da bacia hidrográfica do rio Jacaraípe e, nesta, das lagoas Juara e Jacunem.....115

Figura 2: Esquema da lagoa Juara com a localização das estações amostrais.....116

Figura 3: Esquema da lagoa Jacunem com a localização das estações amostrais.....117

Figura 4:Variação espacial da profundidade e transparência da água nas estações amostrais na lagoa Juara.....120

Figura 5: Variação espacial da profundidade e transparência da água nas estações amostrais na lagoa Jacuném.....121

Figura 6: Variação espacial da concentração de ortofosfato e fósforo total nas estações amostrais na lagoa Juara.....122

Figura 7: Variação espacial da concentração de ortofosfato e fósforo total nas estações amostrais na lagoa Jacuném.....123

Figura 8: Variação espacial da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações amostrais na lagoa Juara.....124

Figura 9: Variação espacial da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações amostrais na lagoa Jacuném.....125

Figura 10: Variação longitudinal dos valores de clorofila a nas estações amostrais da lagoa Juara.....126

Figura 11: Variação longitudinal dos valores de clorofila a nas estações amostrais da lagoa Jacuném.....127

Figura 12: Variação espacial do índice de estado trófico na lagoa Juara. Sendo: IET = índice de estado trófico, cla = clorofila a, transp = transparência, P total = fósforo total e orto P = ortofosfato.....131

Figura 13: variação espacial do índice de estado trófico na lagoa Jacuném. Sendo: IET = índice de estado trófico, cla = clorofila a, transp = transparência, P total = fósforo total e orto P = ortofosfato.....132

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

- Tabela 1:** Descrição as estações amostrais da lagoa Juara, Serra/ES, Brasil.....50
- Tabela 2:** Variação longitudinal das variáveis limnológicas nas seis estações amostrais. STS = sólidos totais suspensos, CE = condutividade elétrica, P- total = fósforo total, N-amoniacoal = nitrogênio amoniacoal e N-total = nitrogênio total.....53
- Tabela 3:** Comparação entre pares de estações amostrais da lagoa Juara pelo teste de Kruskal-Wallis/Dunn utilizando variáveis abióticas e bióticas. * = diferença significativa, **ns** = diferença não significativa.....54
- Tabela 4:** Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.....55
- Tabela 5:** Matriz de similaridade florística (Índice de Jaccard) entre as estações amostrais da lagoa Juara. Valores expressos em porcentagem.....56
- Tabela 6:** Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as estações amostrais, variáveis abióticas e variáveis bióticas sobre os dois primeiros eixos da CCA.....59

Artigo 2

- Tabela 1:** Valores médios das principais variáveis limnológicas nas estações amostrais da lagoa Jacunem (Sendo: velocidade do vento em (m/s), temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), turbidez em (NTU), sólidos totais suspensos em (mg/L), transparência e zona eufótica em (m), condutividade elétrica em ($\mu\text{S}/\text{cm}$), ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacoal, nitrito e nitrato em ($\mu\text{g}/\text{L}$) e diversidade em bits/ind).....94
- Tabela 2:** Comparação longitudinal de estações amostrais na lagoa Jacuném através de teste Kruskal-Wallis/Dun utilizando variáveis físicas, químicas e biológicas. * = significativo, ns= não significativo.....95

Tabela 3: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.....	96
Tabela 4: Matriz de similaridade (Índice de Jaccard) obtida para as seis estações amostrais na lagoa Jacuném (valores em porcentagem).....	97
Tabela 5: Resultados obtidos para os eixos da ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e bióticas com os eixos com maior explicação.....	98

Artigo 3

Tabela 1: Média das variáveis abióticas, bióticas e índice de estado trófico nas estações amostrais da lagoa Juara e lagoa Jacuném (* Sendo: transparência (m); ortofosfato, fósforo total, nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal em (µg/L); clorofila <i>a</i> em (mg/L) e IET = índice de estado trófico).....	118
Tabela 2: Comparação entre as estações amostrais das lagoas Juara e Jacuném através do teste de Kruskal-Wallis/Dunn utilizando variáveis físicas, químicas, biológicas e índice de estado trófico (*Sendo * = diferenças significativas ($p < 0,05$) e ns= não significativo).....	119
Tabela 3: Classificação de trofia com base nos valores de Clorofila <i>a</i> (Rai & Hill, 1984) e fósforo total (Vollenweider, 1968).....	128
Tabela 4: Classificação da trofia das estações amostrais da lagoa Juara e Jacuném (*Sendo: M = mesotrófico, E = eutrófico e H = hipereutrófico).....	129
Tabela 5: Classificação do Estado Trófico baseado no caçulo de IET médio (Toledo <i>et. al</i> ,1983).....	130

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. HIPÓTESES	23
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GERAL.....	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4. ÁREA DE ESTUDO	25
4.1. ASPECTOS FÍSICOS LOCAIS.....	25
4.2. LAGOA JUARA.....	26
4.3. LAGOA JACUNÉM.....	27
5. MATERIAIS E MÉTODOS	30
5.1. PERIODICIDADE E ESTAÇÕES AMOSTRAIS.....	30
5.1.1. Estações amostrais da lagoa Juara.....	30
5.1.2. Estações amostrais na lagoa Jacuném.....	31
5.2. DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	32
5.3. VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	32
5.3.1. Profundidade da coluna d'água, transparência da água e profundidade da zona eufótica.....	33
5.3.2. Temperatura da água e oxigênio dissolvido.....	33
5.3.3. Condutividade elétrica e pH.....	33
5.3.4. Sólido totais suspensos (STS).....	33
5.3.5. Turbidez.....	34
5.3.6. Nutrientes dissolvidos e totais.....	34
5.4. COMUNIDADE FITPLANCTÔNICA.....	35
5.4.1. Amostragem e manuseio das amostras.....	35
5.4.2. Análise qualitativa.....	35
5.4.3. Análise quantitativa.....	35
5.4.4. Espécies abundantes e dominantes.....	36
5.4.5. Biovolume.....	36
5.4.6. Clorofila a.....	37
5.4.7. Índice de diversidade.....	37

5.4.8. Índice de equitabilidade.....	37
5.5. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)	38
5.6. TROFIA COM FÓSFORO TOTAL E CLOROFILA A.....	38
5.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	38
6. RESULTADOS.....	39
7. REFERÊNCIAS.....	40
8. ARTIGO 1: Variação espacial da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas em uma lagoa costeira urbana (lagoa Juara - Serra/ES, Brasil).....	46
9. ARTIGO 2: Distribuição longitudinal do fitoplâncton em uma lagoa costeira urbana (lagoa Jacuném, Serra/ES).....	72
10. ARTIGO 3: Trofia em lagoas costeiras tropicais: comparação entre duas lagoas urbanas na mesma bacia hidrográfica.....	102
11. CONCLUSÃO GERAL.....	137
12. ANEXO.....	139
12.1. LISTA DE TÁXONS.....	139

1. INTRODUÇÃO GERAL

Lagoas são ecossistemas aquáticos continentais, conhecidos como sistemas abertos afetados por diversas forças externas, tais como: vento, chuva e radiação solar (VILLALOBOS, 2014). Esteves (2011) as define como sendo corpos d'água rasos, de água doce, salobra ou salgada, em que a radiação solar pode alcançar o sedimento, possibilitando conseqüentemente, o crescimento de macrófitas aquáticas em toda sua extensão.

A complexidade desse ecossistema combinada com suas distintas características físicas e químicas atrai estudos por cientistas de diversas áreas (KUDOH e TANABE, 2014), com ênfase na investigação da formação desses ambientes. A atividade de erosão e sedimentação dos rios, assim como o relevo da bacia de drenagem condicionam a formação do sistema lacustre, de maneira a influenciar a gênese e a morfologia dos ambientes a serem formados (MOURA e PERET, 2014). Assim uma lagoa é classificada, principalmente, de acordo com sua origem.

Segundo Esteves (2011), existem diversos processos de gênese de ecossistemas lacustres, como: formados por movimentos diferenciais da crosta terrestre, de origem vulcânica, glaciares, formados pela dissolução de rochas, formados pela atividade de castores, formados pelo impacto de meteoritos, formados pela atividade de rios, formados pela atividade de vento e associados à linha costeira.

A gênese desses últimos 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 foram formados (OLIVEIRA, 2011)

As lagoas costeiras são um dos ambientes aquáticos mais representativos do mundo; ocupam aproximadamente 13% dos ambientes continentais, sendo que na América do Sul ocupam 12,2% de sua costa, os quais representam 10,3% das lagoas costeiras do mundo (BARNES, 1980).

Segundo Kjerfve (1994), lagoas costeiras são 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. Outros autores complementam esse conceito, como Guerra e

Guerra (2011), que definem lagoas costeiras como depressões de pequena profundidade e variadas formas; e Rocha (2014) que caracteriza lagoas como sendo ambientes com alta biodiversidade.

As lagoas costeiras são essenciais para o consumo humano (AGUIAR, *et. al.*, 2013). São ambientes que possuem diversas possibilidades de uso como: pesca, lazer, turismo, entre outras; bem como pela sua própria função natural, formam um sistema de controle de inundações e também podem ser utilizadas como reservatório de água doce e meio de drenagem (ASSIS *et. al.*, 2013). Além disso, esses ambientes proporcionam a manutenção do lençol freático, contribuindo para o equilíbrio do ambiente local.

Devido a todas essas funções sociais e econômicas, as áreas no entorno das lagoas geralmente são ocupadas por populações humanas que a usam como fonte econômica. Em decorrência disso, esses ecossistemas são submetidos a diferentes formas de impacto antrópico, os quais se acentuaram em todo o mundo nas últimas décadas devido ao crescimento das populações humanas junto às zonas costeiras (GONÇALVES, 2005).

Os impactos causados pelo uso desenfreado deste recurso são vários, e dentre eles destacam-se: despejo de substâncias químicas, exploração mineral, contaminação por pesticidas e fertilizantes (ALMEIDA, 2012), acréscimo de nutrientes (VOLLENWEIDER, 1968; SCHINDLER *et al.*, 1973), introdução de espécies exóticas (MILLS *et. al.*, 1994), degradação e/ou remoção de florestas do entorno, construção de imóveis às margens das lagoas, criação de animais domésticos às margens (bovinos e outros) e disposição inadequada de resíduos sólidos (CRISPIM, 2013).

Cerca de 47,2% da população brasileira não possui rede coletora de esgoto (MOURA, *et. al.* 2011). E a maioria desse efluente doméstico é despejado nos ecossistemas lacustres. Esses efluentes são os principais responsáveis pela situação de degradação registradas as lagoas brasileiras, tornando-se um grande problema no manejo de recursos aquáticos no país (ROCHA, 2004). Segundo Molisani *et. al.* (2013), o lançamento desses efluentes pode ocasionar alteração na composição e contaminação da biota aquática.

Outra possibilidade de alteração das condições naturais das lagoas costeiras, caso sejam usadas de maneira inadequada e contínua, é a prática da piscicultura intensiva. O termo piscicultura refere-se ao cultivo comercial de peixes. Segundo Viera *et. al.*, (2009), quando esse cultivo é feito de forma intensiva caracteriza a piscicultura intensiva. O incremento dessa prática pode acarretar em deterioração dos ecossistemas aquáticos, pois enriquece a coluna de água com o material orgânico e inorgânico oriundo da eliminação de fezes, excreção dos peixes e restos de ração.

Para que haja um equilíbrio entre a demanda econômico-social e a boa qualidade das lagoas costeiras são necessárias medidas mitigadoras. Entretanto, segundo Aguiar (2013), essas medidas só podem ser tomadas de forma correta após estudos detalhados da dinâmica cada ambiente lacustre.

Uma forma avaliação da qualidade da água em lagoas costeiras é abordar a estrutura e a dinâmica das comunidades que habitam o local. Alterações ecológicas nesses ambientes provocam mudanças nas comunidades locais, sendo a comunidade fitoplanctônica extremamente utilizada neste tipo de enfoque.

O fitoplâncton reúne microalgas procariontes e eucariontes fotoautótrofas com clorofila *a* e outros pigmentos fotossintetizantes, suspensas na coluna de água e que não apresentam locomoção suficiente para vencer os movimentos da água, vivendo principalmente na zona eufótica (Reynolds, 1984; Fernandes *et. al.*, 2005).

A maioria das células possui parede celular composta por celulose, podendo conter uma série de compostos inorgânicos como ferro e sílica. Algumas apresentam parede celular espessada, carapaças e mucilagem, possuindo ou não flagelos (Reynolds, 1984).

A comunidade fitoplanctônica apresenta características peculiares que lhe confere alto poder de ajuste às condições ambientais (DANTAS, 2010), refletindo as variações ambientais por meio de alterações nas composições qualitativas e quantitativas (NOGUEIRA, 2000). Assim, são organismos capazes de responder rapidamente às mudanças ambientais, pois possuem curto tempo de geração (REYNOLDS, 1997).

Ele tem um importante papel na influência sobre a qualidade da água do lago; absorvendo nutrientes e liberando substâncias orgânicas que interagem com substâncias dissolvidas na água (VILLALOBOS, 2014). Entretanto, dependendo das espécies que o constituem, pode trazer sérias consequências à saúde pública devido à sua alta taxa de reprodução e capacidade de produzir substâncias tóxicas que afetam negativamente o valor paisagístico e os múltiplos usos da água.

Alterações negativas na qualidade da água de lagoas são comumente decorrentes do enriquecimento por nutrientes orgânicos e minerais, provocando a proliferação desenfreada de comunidade biológicas existente no local, como a comunidade fitoplanctônica (SANTOS, *et. al.*, 2013) e eutrofizando o ambiente.

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é lenta e contínua e resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que escoam sobre a superfície terrestre. Quando ocorre artificialmente, por atividades humanas, os nutrientes podem ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, industriais e agrícolas (ESTEVES, 2011).

Existem diversos métodos e índices desenvolvidos para avaliar o estado trófico de um ambiente aquático. A definição de um índice que transpareça de maneira confiável o estado trófico de um ambiente constitui um desafio, pois a utilização de diferentes variáveis (fósforo total, clorofila *a*, transparência da água) pode produzir uma classificação de trofia errônea, já que a degradação ambiental pode afetar ou não transparecer em todas as condições ambientais (SILVINO, 2012).

O grau de trofia, por meio de índices que consideram as particularidades dos ambientes tropicais, tem sido obtido através do Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson, modificado por Toledo *et. al.* (1983), e o proposto por Salas e Martino (1991), já que o clima predominantemente tropical pode alterar significativamente as respostas dos organismos aquáticos aos fatores que influem em suas atividades vitais. O índice mais recente dirigido para ambientes tropicais foi proposto por Lamparelli (2004), para reservatórios.

O índice de estado trófico proposto por Carlson (1977) é o mais aceito. Assim, de acordo com o grau de trofia, os ambientes lacustres podem ser classificados em:

oligotróficos (lagos com baixa produtividade e águas limpas), mesotróficos (produtividade moderada) e eutróficos (lagos com alta produtividade e elevada concentração de fitoplâncton) (Esteves, 1988). Toledo *et. al.* (1983) adaptou o índice de estado trófico de Carlson para ambientes tropicais, sendo então o índice usado para lagoas localizadas nessa região.

No Brasil, apesar da grande quantidade de lagoas distribuídas ao longo do litoral, poucos são os estudos ecológicos abordando a comunidade fitoplanctônica. O estado do Espírito Santo apresenta inúmeras lagoas costeiras, no entanto, ainda são escassas as pesquisas com fitoplâncton e mais raras ainda aquelas que avaliam o estado trófico destes ecossistemas.

Destacam-se apenas: Dias Jr. (1993) que realizou uma caracterização fitoplanctônica e limnológica em várias lagoas do sul do estado do Espírito Santo; Dias Jr. (1995) o fitoplâncton da lagoa Jacuném; Nascimento (2002), e Schaeffer (2002) que estudaram a lagoa de Carapebus quanto aos aspectos limnológicos e fitoplanctônicos, respectivamente; Liston (2004) que avaliou as variações espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica na lagoa Maimbá (Guarapari, ES); Bortolin (2004) que avaliou a distribuição espacial e temporal do fitoplâncton na lagoa dos Irerês; Gonçalves (2005), que estudou a ecofisiologia de algas fitoplanctônicas na Lagoa Juparanã (Linhares-ES) sob a variação espacial e temporal; Leal (2006), que avaliou o estado trófico da Lagoa Jacuném (ES); Léllis (2006) que estudou a lagoa Jacuném e a bacia a qual ela pertence; Oliveira (2012), que investigou a distribuição espacial temporal da comunidade fitoplanctônica na Lagoa Juara (Serra- ES) e Silva (2013) que também avaliou a comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara.

Diante deste panorama, a presente pesquisa abordou a avaliação do estado trófico de duas lagoas costeiras localizadas na bacia hidrográfica do rio Jacaraípe (Serra, ES), as lagoas Juara e Jacuném, através da dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas.

A Lagoa Jacuném foi utilizada para abastecimento público de toda a região de Carapina, até o ano 1983, quando a companhia de saneamento do estado do Espírito Santo desativou a captação devido a má qualidade da água. Há décadas essa lagoa Jacuném vem sendo submetida a diversas formas de impactos

antrópicos, como lançamentos de efluentes domésticos e industriais das áreas do seu entorno, pesca com redes inadequada e ocupação desordenada das margens. Por ser um ambiente de múltiplos usos pela população e um potencial local para o lazer, é imprescindível que a qualidade da água seja avaliada, principalmente no sentido dos resultados subsidiarem medidas de recuperação deste ecossistema.

A lagoa Juara é um ambiente com múltiplos usos, tais como pesca artesanal, esportiva, lazer, recreação e piscicultura intensiva (tilápia). No entanto, também está submetida ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento via um dos seus córregos contribuintes. O desmatamento de suas margens provoca o assoreamento da lagoa, que por causa disso ocasionalmente é dragada pela prefeitura do município da Serra.

Apesar da importância regional destas duas lagoas, os estudos ecológicos abordando comunidades biológicas iniciaram-se apenas em 2009 com o projeto intitulado Ecologia do Fitoplâncton e do Perifíton na lagoa Juara, Serra, ES, no qual as comunidades fitoplanctônicas e perifíticas, além das variáveis limnológicas tem sido amplamente avaliadas. Neste amplo projeto insere-se a presente pesquisa, a qual apresenta um caráter inovador pelo fato de avaliar o estado trófico destes dois ecossistemas, as comunidades fitoplanctônicas e variáveis limnológicas em ambas, permitindo compará-las e fornecer subsídios para a tomada de medidas mitigadoras no sentido de recuperar estes ecossistemas de relevada importância ecológica e econômica.

2. HIPÓTESES

- Há variação espacial longitudinal da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas nas lagoas Juara e Jacuném explicada por diferentes condições ambientais entre as estações amostrais;
- A lagoa Jacuném apresenta elevado grau de trofia devido ao grande volume de efluentes domésticos e industriais aos quais está submetida;
- Há um gradiente crescente de trofia na lagoa Juara no sentido da região distal para a região proximal do mar, com condição de maior trofia nas estações amostrais próximas ao córrego Laranjeiras.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação espacial longitudinal da comunidade fitoplanctônica, estado trófico e variáveis ambientais de duas lagoas costeiras do município da Serra/ES: Lagoa Juara e Lagoa Jacuném.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica através de seus principais atributos: riqueza de táxons, composição, densidade total, biovolume, abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade;
- Avaliar a variação espacial da comunidade fitoplanctônica em seis estações amostrais na lagoa Juara e seis estações na lagoa Jacuném, na subsuperfície da coluna d'água;
- Caracterizar as estações amostrais com base nas principais variáveis limnológicas e estado trófico;
- Relacionar a variação espacial da comunidade fitoplanctônica com as principais variáveis limnológicas;
- Comparar as duas lagoas quanto aos aspectos bióticos, abióticos e índice de estado trófico;
- Fornecer subsídios para tomada de decisões acerca do uso das lagoas estudadas com relação às atividades desenvolvidas nas regiões;
- Ampliar o conhecimento do fitoplâncton em lagoas costeiras do estado do Espírito Santo.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 Aspectos físicos locais

O município da Serra (S 20° 07' 44" e W 40° 18' 28") está localizado em uma região com várias feições morfológicas, como a presença de planícies, colinas e costeiros maciços. Apresenta área de aproximadamente 553km² e é o município mais populoso do estado do Espírito Santo (PMS, 2010). O clima da região pode ser classificado como tropical úmido, a temperatura média é de 24°C.

A Serra possui vasta rede hidrográfica constituída de pequenos córregos e nascentes, tanto na área rural como na urbana, que deságuam nos seus 23km de litoral banhados pelas águas costeiras do Atlântico.

Os córregos da porção sul e oeste são contribuintes da bacia do rio Santa Maria da Vitória, da sub-bacia da baía de Vitória e de bacias litorâneas; os da porção norte são contribuintes da bacia do rio Reis Magos; os da porção central formam a única grande bacia do município, do rio Jacaraípe (Figura 1), que se encontra bastante comprometida qualitativamente e quantitativamente, onde 80% de sua malha encontra-se em região urbana. Na sua rede de drenagem estão as duas principais lagoas do complexo lagunar da Serra: a lagoa do Juara e a lagoa Jacuném (RANGEL *et. al.* 2000).

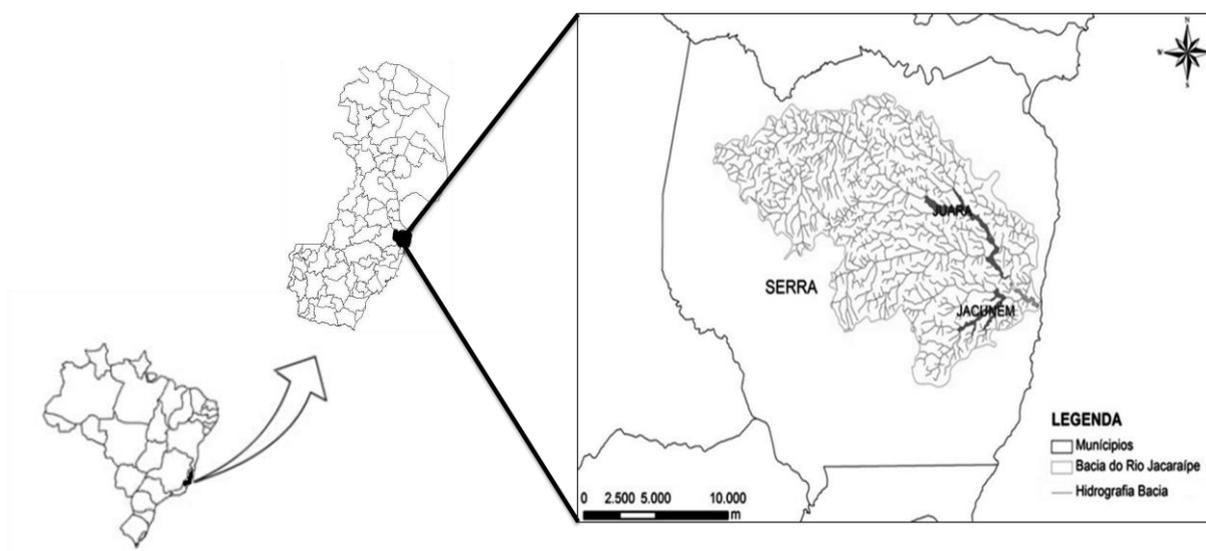


Figura 1: Esquema do mapa da Serra com a localização geral da bacia do Rio Jacaraípe, da lagoa Juara e lagoa Jacunem (modificado de Leal, 2006).

4.2 Lagoa Juara

A Lagoa Juara (Figura 2) faz parte da bacia do rio Jacaraípe, no município de Serra/ES. Possui cerca de 2,9km² de área superficial e área de drenagem de 106km².

O sistema lacustre em questão apresenta complexa rede hidrográfica, com destaque para cinco córregos de grande relevância: os córregos do Córrego Laranjeiras, Cavada, Ribeirão Juara, Cachoeira Putiri e Dr. Robson (ALVEZ, 2009).

As margens da lagoa são ocupadas por regiões com mata nativa, plantações de eucalipto e construções urbanas, estas últimas se concentram na região próxima ao rio Jacaraípe.

Apresenta bancos de macrófitas aquáticas de diferentes tamanhos e grupos ecológicos. Há bancos que formam “ilhas flutuantes” dependendo da ação do vento (OLIVEIRA, 2011). As principais espécies de macrófitas encontradas são: *Erchornia crassipes*, *Montrichardia linifera* e a *Typha domiguensis* (PMS, 2010).

A Lagoa Juara é muito utilizada para pesca, recreação e lazer. Dentre as principais atividades, se destaca a piscicultura intensiva, com a criação de tilápias (*Oreochromis* sp.) em tanques redes. Essa atividade é desenvolvida por uma associação de pescadores, representando a fonte de subsistência de aproximadamente 30 famílias.

O sistema de piscicultura intensiva é composto por cerca de 156 tanques rede, cada um com capacidade de 400 peixes. Esses peixes são alimentados de 2 a 4 vezes ao dia, dependendo da idade e da época do ano, sendo que há tanques com peixes de diferentes idades. Esse sistema foi implantado no ano de 2000 e desde lá realizam medições de parâmetros limnológicos, como concentração de oxigênio e pH, e fazem parcerias com instituições de ensino, com o objetivo de pesquisar os fatores abióticos e bióticos da lagoa.

Os principais impactos antrópicos aos quais a lagoa Juara está submetida são o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, veiculados principalmente pelo córrego Laranjeiras e a piscicultura intensiva.



Figura 2: Fotos da lagoa Juara: a) banco de macrófitas aquáticas, b) ocupação urbana, c) e d) tanques rede. (Fotos: Lorena Baptista Almeida).

4.3 Lagoa Jacuném

A lagoa Jacuném (Figura 3) possui área superficial de 1,4 km². Estima-se um volume médio de 2.550.000 m³. A sua vazão média é de 513 l/s (RANGEL, 2000).

Esse ambiente possui 3 córregos contribuintes: Jacuném, Veneer e Barro Branco. Nas adjacências da lagoa existem 6 sistemas de tratamento de efluentes sanitários em operação: Eldorado, Porto Canoa, Serra Dourada, Mata da Serra, Barcelona, e Civit I, sendo que este último trata os efluentes industriais e sanitários do centro industrial Civit I. Portanto, recebe o aporte de efluentes domésticos e industriais.

As margens da lagoa possuem resquícios de mata ciliar, pois é ocupada por indústrias, residências e comércio. A lagoa apresenta bancos de macrófitas aquáticas e proliferação de *Eichornia crassipes* na região litorânea.

A lagoa Jacunem serviu de manancial de abastecimento do município da Serra até o ano de 1983, quando foi desativado o sistema de captação e tratamento pela companhia de água local, devido à má qualidade do ambiente.

Segundo Dias Jr (1995) em sua pesquisa, a lagoa já apresentava sinais de eutrofização, devido ao aporte de efluentes domésticos e industriais. Com a crescente ocupação urbana, a coloração da água se apresenta verde devido à floração de microalgas.

Atualmente a lagoa é muito usada pela população de seu entorno para pesca artesanal (rede e tarrafo), representando a fonte de renda e sustento para as famílias. No entanto, a pesca é frequentemente fiscalizada pela secretaria de meio ambiente da Serra, que retira da lagoa as redes que estão com malhas menores do que o permitido.

Em 25 de novembro de 1998 foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) da lagoa Jacuném, pela lei municipal nº 2.135 (SERRA, 1998) e está sendo construída, pela prefeitura da Serra, uma sede desta APA no entorno da lagoa, que contribuirá para a melhor fiscalização e recuperação do ambiente.



Figura 3: Fotos da lagoa Jacuném a) coloração esverdeada da água, b) margem com mata ciliar, c) Macrófitas aquáticas nas margens, d) construção do prédio da APA e e) estabelecimento comercial nas margens da lagoa (Fotos: Lorena Baptista Almeida).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 PERIODICIDADE E ESTAÇÕES AMOSTRAIS

Previamente foi feita uma coleta piloto nas lagoas Juara e Jacunem para definir as estações amostrais, ter um conhecimento espacial das lagoas e estreitar os contatos com os pescadores locais.

Foi realizada coleta no dia 19/09/13, em 6 estações amostrais na lagoa Juara e no dia 21/09/13 em 6 estações amostrais na lagoa Jacunem, sempre no período da manhã.

5.1.1 Estações amostrais da lagoa Juara

Foram definidas seis estações amostrais na lagoa Juara: a estação 1 ($40^{\circ}15'09''$ W / $20^{\circ}06'27''$ S) se localiza na região considerada pouco impactada antropicamente e distante cerca de 2 km dos tanques rede e é a região mais distal do mar; a estação 2 ($40^{\circ}14'38''$ W / $20^{\circ}05'58''$ S) está localizada em um braço da lagoa e também é considerada pouco impactada; a estação 3 ($40^{\circ}13'14''$ W / $20^{\circ}06'18''$ S) se localiza entre os tanques rede; a estação 4 ($40^{\circ}13'42''$ W / $20^{\circ}06'38''$ S) é uma região posterior ao tanques rede, uma região de comunicação entre a associação dos pescadores e a piscicultura intensiva; a estação 5 ($40^{\circ}12'39''$ W / $20^{\circ}07'47''$ S) é próxima à associação de pescadores, às residências dos moradores da região e ao córrego Laranjeiras; e a estação 6 ($40^{\circ}12' 59''$ W / $20^{\circ}07'58''$ S) se localiza na região a montante do rio Jacaraípe e também próximo a residências locais, mais proximal ao mar (Figura 4).

As amostras foram coletadas sempre na subsuperfície da coluna d'água (20cm) em todas as estações amostrais.

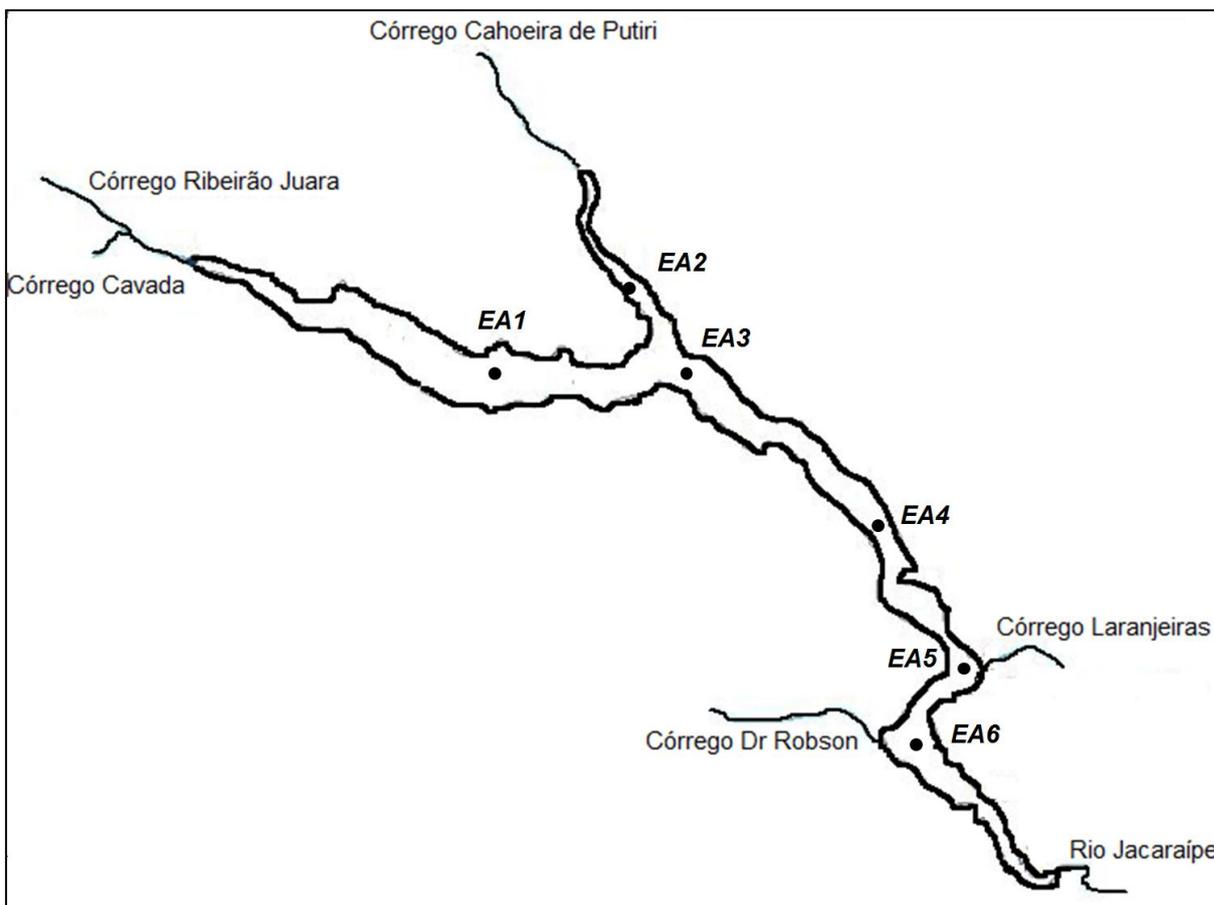


Figura 4: Esquema da lagoa Juara com a localização das estações amostrais.

5.1.2 Estações amostrais da lagoa Jacunem

Também definiu-se seis estações amostrais na lagoa Jacuném: a estação amostral 1 ($20^{\circ}10'16''$ S / $40^{\circ}14'26''$ W) se localiza próximo a uma região muito usada pelos pescadores locais, próxima à construção da sede da APA da lagoa Jacunem, possui muitas macrófitas próximas às margens, recebe efluentes através dos córregos Jacuném e Veener e é a região mais distal do mar; a estação amostral 2 ($20^{\circ}10'20''$ S / $40^{\circ}13'74''$ W) se localiza em um braço da lagoa, com margens bem preservadas; a estação 3 ($20^{\circ}09'56''$ S / $40^{\circ}13'31''$ W) é uma região intermediária da lagoa, com margens também preservadas; a estação 4 ($20^{\circ}09'41''$ / $40^{\circ}12'85''$ W) é próxima a entrada do segundo braço da lagoa, à um estabelecimento comercial e à um conjunto de casas residenciais que está sendo construído; a estação amostral 5 ($20^{\circ}09'19''$ S / $40^{\circ}12'54''$ W) se localiza na desembocadura da lagoa, onde há o escoamento da água e é a região mais proximal do mar; e a estação amostral 6 ($20^{\circ}09'13''$ S / $40^{\circ}12'85''$ W) se localiza próxima ao córrego Barro Branco, recebe

efluentes domésticos de bairros próximos e é submetida a constantes dragagens (Figura 5).

As amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna d'água (20cm) em todas as estações amostrais.

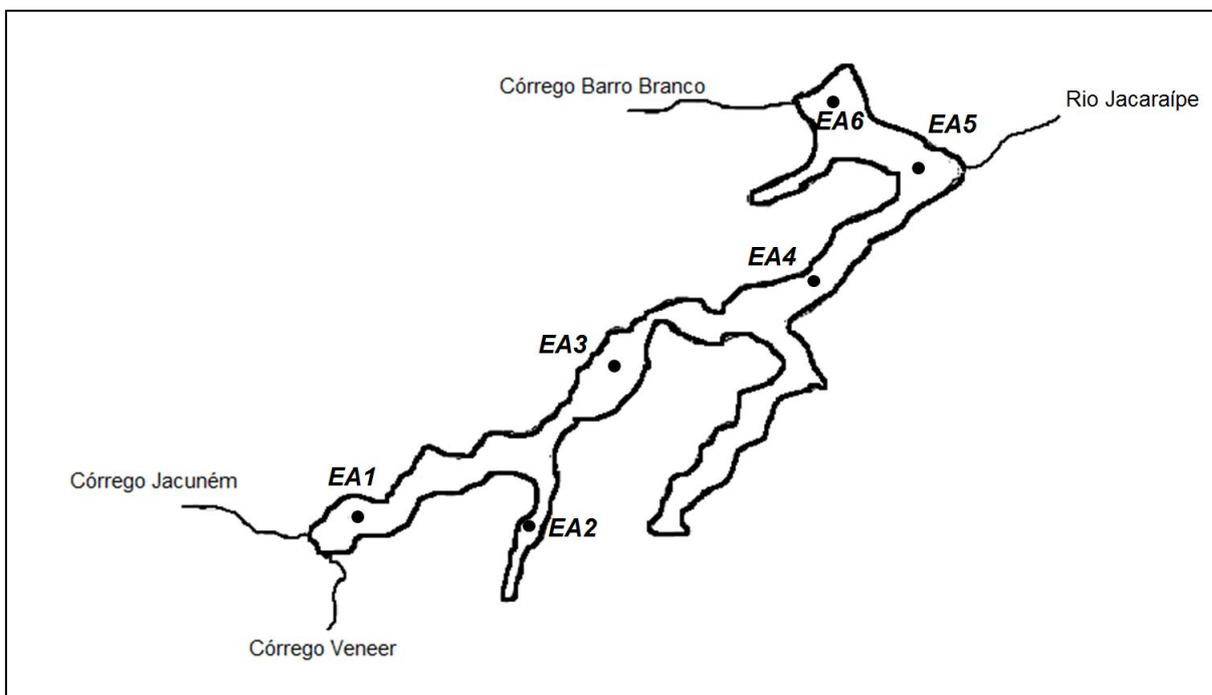


Figura 5: Esquema da Lagoa Jacunem com a localização das estações amostrais.

5.2 DADOS CLIMATOLÓGICOS

Os dados climáticos do município de Serra foram obtidos na estação meteorológica do Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), distante cerca de 25Km da lagoa Juara e 21Km da Lagoa Jacunem.

Foram obtidas médias referentes à temperatura do ar (°C) e pluviosidade (mm). Os valores de temperatura do ar também foram determinados nos dias de coleta utilizando-se o termômetro de bulbo *in situ* (°C). Também foi medida em campo a velocidade do vento.

5.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Em cada estação amostral, em campo, foram determinadas as seguintes variáveis limnológicas: transparência, profundidade da zona eufótica, profundidade da coluna

d'água, pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e salinidade.

Em laboratório foram determinados: concentração dos principais nutrientes, turbidez e sólidos totais suspensos.

5.3.1 Profundidade da coluna d'água, transparência da água e profundidade da zona eufótica

A profundidade da coluna d'água em cada estação amostral (m) foi determinada com disco de Secchi, que também foi utilizado para determinar a transparência da água (m), no lado sombreado da embarcação. Multiplicou-se os valores de transparência por 3, segundo Cole (1994), para estimativa da profundidade da zona eufótica, sendo o valor final admitido como sendo 10% da radiação incidente na superfície (ESTEVES, 1998).

5.3.2 Temperatura da água e oxigênio dissolvido

Nas estações amostrais foram avaliados a temperatura da água (°C) e de oxigênio dissolvido (mg/L) na subsuperfície da coluna d'água, com o medidor multiparâmetros YSI 85.

5.3.3 Condutividade elétrica e pH

A condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e o pH foram determinados em campo, na subsuperfície da coluna d'água, com o uso dos equipamentos: YSI 85 e pHmetro Hanna HI8314, respectivamente.

5.3.4 Sólido totais suspensos (STS)

Os sólidos totais em suspensão (mg/L) foram determinados em laboratório de acordo com a APHA (1992). Primeiramente, em laboratório, os filtros Millipore de fibra de vidro GF1 foram pesados em uma balança de precisão. As amostras de água foram coletadas em subsuperfície, através de passagem manual dos frascos, em seguida foram levadas, sob refrigeração, ao laboratório, onde foram filtradas a vácuo. Posteriormente os filtros foram mantidos em estufa a aproximadamente 60°C por 48 horas. Após esse período os filtros foram pesados novamente, na mesma balança de precisão. Os resultados foram calculados com a fórmula abaixo:

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

Onde:

Pf = peso do filtro após a filtração (mg)

Pi = peso do filtro antes da filtração (mg)

V = volume filtrado da amostra (L)

5.3.5 Turbidez

A turbidez (NTU) foi avaliada em laboratório através de turbidímetro digital Plus ALFAKIT. Para essa análise as amostras foram coletadas por meio de passagem manual dos frascos e trazidas sob refrigeração para o laboratório. Foram feitas réplicas das medidas.

5.3.6 Nutrientes dissolvidos e totais

Para análise dos nutrientes, as amostras foram coletadas por meio de passagem manual dos frascos em sub-superfície, acondicionadas em frascos de polietileno e transportadas ao laboratório sob refrigeração. Para determinação das concentrações de silicato, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito, as amostras foram imediatamente filtradas com filtros Milliphore de fibra de vidro GF1, á vácuo. O restante da amostra não filtrada foi utilizado para determinar nitrogênio total e fósforo total.

As amostras para determinação de silicato, nitrato e nitrogênio total foram enviadas para análise no Laboratório de Ciências Ambientais, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Esses nutrientes foram determinados por meio dos seguintes métodos: fósforo total (VALDERRAMA, 1981), ortofosfato (STRICKLAND & PARSONS, 1960), nitrito (GOLTERMAN *et. al.*, 1978), nitrato (MACKERETH *et. al.*, 1978), nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994), nitrogênio total (CARMOUZE, 1994) e silicato (CARMOUZE, 1994). Todos os resultados foram expressos em µg/L, exceto as concentrações de silicato, que foram expressas em mg/L.

5.4 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

5.4.1 Amostragem e manuseio das amostras

Em campo, para análise qualitativa da comunidade fitoplactônica, foi utilizado o método de arrasto horizontal na sub-superfície da coluna d'água (3), com rede de plâncton com abertura de malha de 20µm. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro, sendo que uma parte foi fixada com solução de formalina 8% (BICUDO & MENEZES, 2005) e outra parte da amostra foi mantida viva, sob baixa refrigeração, para posterior análise de algumas características que se perdem com a fixação como, por exemplo, estruturas de movimentação, coloração e estigma.

Para análise quantitativa, as amostras foram coletadas com passagem manual de frasco e imediatamente fixadas com solução lugol acético 5% (UTERMÖHL, 1958).

5.4.2 Análise qualitativa

A análise qualitativa do fitoplâncton foi realizada utilizando-se amostras vivas e fixadas coletadas com rede de plâncton de 20µm e também as amostras quantitativas, após estas terem sido contadas. Para as análises qualitativas foi usado o microscópio óptico OLYMPUS CX 41 equipado com câmara clara e ocular de medição.

Todos os táxons foram esquematizados, medidos e identificados a partir da análise populacional, com utilização de bibliografia especializada e consulta a especialistas, procurando identificar ao nível específico e infra-específico, sempre que possível.

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

5.4.3 Análise quantitativa

A quantificação da densidade fitoplanctônica seguiu o método de sedimentação em câmaras (UTERMÖHL, 1958), em microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100 em aumento de 400 vezes por meio de campo aleatórios, segundo Uehlinger (1964).

Cada célula, colônia e filamento foram considerados como um indivíduo.

Um número suficiente de campos foi contado até o registro de 800 indivíduos da espécie mais abundante. Segundo Lund *et. al.* (1958), é recomendado contar o mínimo de 100 indivíduos da espécie mais abundante, entretanto foram contados no mínimo 800 indivíduos para maximizar a confiabilidade dos dados. Além disso, a contagem foi realizada até a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (BICUDO, 1990), diminuindo os erros amostrais. Foram contadas amostras em câmaras de sedimentação de 10mL.

Os resultados foram expressos em indivíduos/mL (densidade de organismos) e calculados de acordo com Weber (1973), através da seguinte fórmula:

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

Onde:

n = número de indivíduos contados;

s = área do campo (mm²);

c = número de campos contados;

h = altura da câmara de sedimentação (mm);

F = fatores de correção para mililitro (10³mm³/mL).

5.4.4 Espécies abundantes e dominantes

De acordo com Lobo e Leighton (1986) as espécies abundantes e dominantes foram calculadas a partir dos dados quantitativos. Consideraram-se espécies abundantes aquelas cuja ocorrência numérica superou o valor médio do número total de indivíduos de cada amostra e dominantes aquelas cuja ocorrência numérica superou 50% do número total de indivíduos em cada amostra.

5.4.5. Biovolume

O biovolume foi calculado com base nas formas geométricas aproximadas definidas por Hillebrand *et. al.* (1999), Sun & Liu (2003) e de acordo com a metodologia sugerida por Fonseca *et. al.* (2014).

Para se calcular a média do volume de cada espécie, foram realizadas medições de no mínimo 20 indivíduos por espécie, sempre que possível. Posteriormente o

biovolume foi obtido multiplicando os valores das médias dos volumes celulares pelas densidades de cada espécie e os resultados foram expressos em mm^3/L .

5.4.6 Clorofila a

Para determinação da clorofila a, as amostras foram filtradas em campo e posteriormente acondicionadas em local escuro e refrigerado. As análises foram realizadas na semana seguinte à coleta.

A extração foi realizada utilizando-se acetona 90% a frio e as amostras foram mantidas durante 24hs, sob refrigeração (APHA, 1992). Em seguida, as amostras foram centrifugadas e a leitura foi feita em espectrofotômetro de luz visível, segundo Lorenzen (1967).

5.4.7 Índice de diversidade

A diversidade específica foi calculada a por meio do índice de diversidade de Shannon-Weanner (1963), a partir de dados de densidade e expresso em bits/ind., segundo a seguinte expressão:

$$H^n = - \sum p_i \text{Log}_2 p_i \quad \text{sendo } p_i = n_i/N$$

Onde:

n_i = densidade da espécie i ;

N = densidade total da amostra.

5.4.8 Índice de equitabilidade

A equitabilidade foi calculada através da proposta de Pielou (1975, apud LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). Segundo a seguinte fórmula:

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

$$H_{\text{max}} = \text{Log}_2 (S)$$

Onde:

H = diversidade da amostra;

Hmax = diversidade máxima da amostra;

S = número de espécies da amostra.

5.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

O índice de estado trófico usado foi proposto por Carlson, modificado por Toledo-Júnior *et. al.* (1983) para ambientes tropicais e posteriormente modificado novamente por Toledo (1999) ao acrescentar a classificação hipereutrófica.

Por meio dos valores de clorofila *a*, ortofosfato, fósforo total e transparência foi calculado um IET para cada variável, e depois foi determinado um IET médio, ponderando os valores acima.

De acordo com os resultados obtidos, os ambientes podem ser classificados em: Oligotrófico (IET < 44), Mesotrófico (44 < IET < 54), Eutrófico (53 < IET < 74) e Hipereutrófico (IET > 74).

5.6 TROFIA COM FÓSFORO TOTAL E CLOROFILA A

Para a determinação da trofia de acordo com os dados de fósforo total foi utilizada a classificação proposta por Vollenweider (1968) e para os dados de concentração de clorofila *a* foi usada a classificação proposta por Rai & Hill (1984).

5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram analisados através da estatística descritiva para verificar a flutuação espacial por meio da determinação de médias, medianas, desvio padrão e coeficiente de variação pelo programa Microsoft Excel 2007.

Foi aplicado teste de Kruskal-Wallis para verificar diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os valores das variáveis abióticas ao longo das estações amostrais para as duas lagoas. Quando as variações ocorreram, o teste de Dunn foi feito para analisar em quais pares de estações essas diferenças ocorreram. Para realizar esses testes usou-se o programa BioEstat.

Foi determinado o índice de Jaccard, para analisar o grau de similaridade entre as estações amostrais das duas lagoas estudadas.

Foi utilizada a análise multivariada em componentes principais (PCA) para ordenar as variáveis abióticas e as estações de amostragem, expressando a relação entre elas através de fatores, por meio do programa PC-ORD 5.15. E com o mesmo programa, também foi utilizada a análise multivariada de correspondência canônica (ACC) para ordenar as variáveis abióticas e bióticas com relação às estações amostrais.

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos nesta pesquisa possibilitaram a elaboração de 3 artigos. O artigo 1 será submetido ao periódico *Acta Scientiarum Biological Science*, o artigo 2 será submetido ao periódico *Revista Brasileira de Botânica* e o periódico 3 será submetido à *Hydrobiologia*.

A formatação de cada artigo segue as normas impostas por cada revista.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. B, **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um trecho do rio São Mateus (São Mateus – ES) com piscicultura intensiva (tanues-rede)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.
- ALVES, H.Z.C, **Análise espacial dos parâmetros limnológicos de uma lagoa costeira, lagoa Juara (Serra, ES)**. Monografia (Bacharel em Oceanografia). Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.
- AGUIAR, P. F., FREIRE, G. S. S., GOMES, D. F., SILVA, E. V. e CARVALHO, R. G., Proposta de zoneamento geoambiental na análise de paisagem em torno das lagoas costeiras de Dentro, do Sal e de Paripueira, Beberibe, Ceará. **Revista de Geologia**. v.26, n.1, p73-88, 2013.
- APHA – **American Publication Health Association, Standars methods for theexamination of water and wastewater**. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 18.ed. USA: Washington D. C., 1992.
- ASSIS, D. R. S., PIMENTEL, R. M. M. e CASTILLO, C. J. M., Impactos da Urbanização e Vulnerabilidade de Lagoas Costeiras. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.6 ,n. 02, p223-232, 2013.
- BARNES, R. S. K., Coastal lagoons: The natural history of a neglected habitat. Cambridge. **Cambridge University Press**, 106p. 1980.
- BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.3, p. 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. 508p. 2005.
- BORTOLIN, A. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais de uma lagoa situada no complexo industrial da compainha Siderúrgica de Tubarão (lagoas do Irerês, Vitoria, ES)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2004.
- BOURRELY, P. **Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique**. Tome I: Les algues vertes. Paris: N. Boubée. 572 p. 1966.
- BOURRELY, P. **Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique**. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris: N. Boubée. 517 p. 1968.
- BOURRELY, P. **Lés algues d’aeu douce – Iniciation à la Systematique**. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris: Ed. N. Boubée. 606 p. 1970.
- CARLSON, R. E., A trophic states index for lakes. **Limnology and Oceanography**. v. 22, n. 2, p361-369, 1977.

- CARMOUZE, J. P. Análises químicas dos nutrientes: nitrato, nitrito, amônio, ortofosfato e ortosilicato. In: **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**. São Paulo:FAPESP, p. 157 – 182, 1994.
- CRISPIM, D. L., LEITE, R. P., CHAVES, A. D. C. G., FERREIRA, A. L. e MARACAJÁ, P. G. Diagnóstico ambiental do rio Piancó próximo ao perímetro urbano da cidade de Pombal-PB. **Revista brasileira de gestão ambiental**. v. 7, n. 1, p102-129, 2013.
- COLE, G. **Textbook of Limnology**. Saint Louis: The C. V. Mosby. 283p. 1994.
- DANTAS, E. W. **Ecologia da comunidade de algas planctônicas em reservatórios de Pernambuco (Nordeste, Brasil)**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- DIAS Jr, C. Estudo preliminar do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do Sul do Espírito Santo. In: **Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. 1993. São Paulo. Anais III Simposio de Ecossistemas da Costa Brasileira. São Paulo ,n. 1, p.236-245, 1993.
- DIAS Jr, C. Caracterização do fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador de condições ambientais na lagoa Jacuném. **Cadernos de pesquisa da UFES**, Vitória, n.4, p27-35, 1995.
- ESTEVES, F. A. Lagoas costeiras: Origem, Funcionamento e Possibilidades de Manejo. In: ESTEVES, F. A.(org) **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: Esteves, F.A. Ed, 1998.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FERNANDES, L.F; WOSIAK, A.C.; DOMINGUES, L.; PACHECO, C.V.; LAGOS,P.E.D.. Comunidades Fitoplanctônicas em Ambientes Lênticos. In: **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. ANDREOLI, C.V. e CARNEIRO, C. Curitiba: Sanepar Finep, p. 315-366, 2005.
- FONSECA, B. M; FERRAGUT, C.; TUCCI, A.; CROSSETTI, L.O.; FERRARI, F.; BICUDO, D.C.; SANT'ANA, C.L.; BICUDO, C.E.M. Biovolume de cianobactérias e algas de reservatórios tropicais do Brasil com diferentes estados tróficos. **Hoehnea**, v.41, n.1, p.9-30, 2014.
- GONÇALVES, M. A., **Algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã (Linhares – ES): variação espacial, temporal e bioindicadores de estado trófico**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. 2005
- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. **Methods for chemical analysis of freshwater**. (IBP Handbook, n. 8 2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p. 1978.
- GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomórfico**. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.
- HILLEBRAND,H.; DURSELEN, C.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGER, U. e ZOHARAY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.**, v.35, p.403-424, 1999.

- KJERFVE, B. Coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed) Coastal lagoons Processes. **Elsevier Science**, Amsterdam. p1-8, 1994.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4 – Nostocales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 82, n.3, p. 247–345, 1989.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Chroococcales. In: Ettl, A.; Gerloff, J. Heynig, H.; Mollenhauer, D. (Eds.). **SüBwasserflora von Mitteleuropa**. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 548p. 1999.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Oscillatoriales. In: Büdel, B.; Krienitz, L.; Gärtner, G.; Schagerl, M. (Orgs.). SüBwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota. **Spektrum Akademischer Verlag**, v. 19, n. 2, 759 p. 2005.
- KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. **Das phytoplankton des SüBwassers: systematik und biologie**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1044 p. 1983.
- KUDOH, S. e TANABE, Y. Limnology and ecology of lakes along the Sôya Coast, East Antarctica. **Advances in Polar Science**. v. 25, n. 2, p75-91, 2014.
- LAMPARELLI, MC., **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, 235p, 2004
- LAMPERT, W. **Limnoecology: the ecology of lakes and streams**. Oxford University Press, 1997.
- LEAL, P. R., **Avaliação de indicadores de estado trófico em uma lagoa costeira, Lagoa Jacuném (Serra – ES)**. Monografia (Bacharel em Oceanografia) Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.
- LÉLLIS, F. S., **Análise ambiental de uma bacia hidrográfica como subsídio ao planejamento costeiro: bacia da lagoa Jacuném, Serra (ES)**. Monografia (Bacharel em Oceanografia) Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology**. Elsevier Sci. Publ., 419 p. 1983.
- LISTON, G. S., **Varição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira utilizada para o abastecimento doméstico no estado do Espírito Santo (Lagoa Maimbá)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2004.
- LOBO, E. e LEIGHTON, G. Estructuras comunitárias de lãs fitocenosés planktonicas de los sistemas de desembocadura y esteros de rios de La zona central del Chile. **Rev. Biol. Mar.**; v.22, n.1, p.1-29, 1986.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.
- LUND J. W. G.; KIPLING, C. R.; LENCREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v.11, p. 143-170, 1958.

- MACKERETH, F. J. H., HERON, J., TALLING, J. F. **Water analysis**: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd, 117 p. 1978.
- MILLS, E. L., LEACH, J. H., CARLTON, J. T., e SECOR, C. L. Exotic species and the integrity of the Great Lakes. **BioScience**, v. 44, p666-676, 1994.
- MOLISANI, M. M., ESTEVES, F. A., LACERDA, L. D. e REZENDE, C. E. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio, fósforo e metais para a bacia do rio Macaé (Macaé, RJ, Brasil) sob influência das atividades de exploração de petróleo e gás na bacia de Campos. **Quim. Nova**. v. 36, n. 1, p27-33, 2013.
- MOURA, N. A e PERET, A. C., Morfometria de lagoas no sistema rio Paraguai/ baías marginais na bacia do alto Paraguai, Cáceres – MT. **Revista Mirante**. Goiás. v. 7, n. 1, 2014.
- MOURA, N. F., BATISTA, O. F., SILVA, J. B. A, FEITOSA, A. P. e COSTA, M. S. Desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de esgoto doméstico em áreas rurais do semiárido brasileiro. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 264-276, 2011.
- NASCIMENTO, J. D. **Caracterização limnológica da Lagoa de Carapebus, SERRA – ES: Aspectos físicos, físico-químicos e biológicos**. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Espírito Santo, 2002.
- NOGUEIRA, M. G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurimirim reservoir (Parapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 413, p115-128, 2000.
- OLIVEIRA, L. B., **Variação espaço-temporal das respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira tropical com múltiplos usos: Lagoa Juara (Serra, ES)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.
- PMS – Prefeitura Municipal da Serra (2010). **Recursos Naturais: Bacias hidrográficas**. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em 24 de novembro de 2014.
- RAI, H & HILL, G. 1984. Classification of central Amazon lakes on the basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. **Hydrobiologia**. v. 64, p 141 – 146.
- RANGEL, D.M.F.V.; AQUINO, L.H.M e VARANDA, A.R.F Serra 21: meio ambiente e humanização da cidade. **Estudos temáticos** v.7, 2000.
- REYNOLDS, C.S.. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge **Studies in Ecology**, Cambridge Univ. Press, Oxford, 38pp., 1984.
- REYNOLDS, C. S. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. In Kinne, O. (Ed.). **Excellence in Ecology**. Germany: Ecology Institute, v.9, 471p, 1997.
- ROCHA, E. A., **Diversidade funcional em comunidades de peixes lagunares no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- ROCHA, J. C., ROSA, A. H. e CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

- ROUND, F. E. The taxonomy of Chlorophyta, 2. **Bot. Phycol. J.**, v. 6, p. 235-264. 1971.
- SALAS, HJ., MARTINO, P., A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Water Research**, v. 25, p.341-350. 1991
- SANTOS, R. M., MOREIRA, R. A. e SILVA, L. C. O uso da classificação funcional do fitoplâncton como instrumento de monitoramento ambiental. **Fórum ambiental da Alta Paulista**. v. 9, n. 3, 2013.
- SCHAEFFER, J. K. **Estudo da comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais na lagoa de Carapebus (SERRA, ES)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2002.
- SCHINDLER, D. W., KLING, H., SCHMIDT, R. V., PROKOPOWICH, J., FROST, V. E., REID, R. A., & CAPEL, M. Eutrophication of lake by addition of phosphate and nitrate: the second, third and fourth years of enrichment, 1970, 1971 and 1972. **Canadian Journal of Fisheries Research Board**, v. 40, p.1425-1440, 1973.
- SERRA. Lei Municipal nº2.135, **Criação da área de proteção ambiental da Lagoa Jacuném Serra (ES)**, 1998.
- SHANNON, C. E.; WEANNER, W. **The matematical theory of communication**. Urbana: Univ. Illinois Press, 125p. 1963.
- SILVA, N. H. V. F. **Comunidade fitoplanctônica em uma lagoa com múltiplos usos: lagoa Juara/Serra**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, 2013.
- SILVINO, R. A., **Condição trófica e qualidade das águas das lagoas da apa carste de lagoa Santa, Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, v. 125, p. 1-18, 1960.
- SUN, J., LIU, D. Geometric models for calculating cell biocolume and surface area for phytoplankton. **Journal oh Plankton Research**, v. 25, n.2, p.1331-1346, 2003
- TOLEDO, AP., TALARICO, M., CHINEZ, SJ., AGUDO, EG. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização de lagos e reservatórios tropicais. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**., Camburiú, Brazil: UFSC. p.1-34. 1983.
- UEHLINGER, V. Étude statistique dès méthodes de dénobrement planctonique. **Arch. Sci.**, v. 1792, p.121–123, 1964.
- UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton – methodik**. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., v.9, p. 1–38. 1958.
- VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marc. Chem.**, v. 10, p. 1109-122, 1981.
- VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, UK. 623 p. 1995.

- VILLALOBOS, G. U. Phytoplankton variability in Lake Fraijanes, Costa Rica, in response to local weather variation. **Rev. Biol. Trop.** v.62, n. 2, p 483-494, 2014.
- VIEIRA, B. H., PEREIRA R. H. e DERBÓCIO, A. M. Análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica de um sistema aquático utilizado para o cultivo de peixes em tanque-rede, Pantanal de Miranda, MS. **B. Inst. Pesca.** São Paulo. v. 35, n. 4, p567-576, 2009.
- VOLLENWEIDER, R. A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. **Technical Report** v.27, n.68.1968.
- WEBER, C. I. Plankton. In: **National Environmental Research Center Office of Research na Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati** (Ed.) Biological Field and laboratory methods dos measuring the quality surface water nad effluents. U. S. A. p. 1-17, 1973.

8. ARTIGO 1

Variação espacial da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas em uma lagoa costeira urbana (lagoa Juara - Serra/ES, Brasil).

Título resumido: Fitoplâncton em lagoa costeira.

LORENA BAPTISTA ALMEIDA ^{1*} & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES¹

¹ Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Botânica / CCHN – PPGBV – Av. Fernando Ferrari n° 514, Campus Goiabeiras, Vitória (ES), CEP: 29075-015.

*Autor para correspondência: lorenabaptista.almeida@gmail.com

Artigo a ser encaminhado para a Acta Scientiarum Biological Science.

Normas disponíveis em:

<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/about/submissions#onlineSubmissions>

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a variação espacial da comunidade fitoplanctônica e das variáveis limnológicas em 6 estações amostrais na lagoa Juara, Serra/ES, um ecossistema costeiro urbano submetido a impactos antrópicos. A amostragem foi realizada em setembro/2013. Foram determinadas: riqueza, composição taxonômica, densidade total, abundância, dominância, diversidade e equitabilidade, além das variáveis ambientais e limnológicas (velocidade do vento, pH, sólidos totais suspensos, salinidade, condutividade elétrica, zona eufótica, transparência, temperatura da água, oxigênio dissolvido e concentração dos principais nutrientes). Foi registrado um total de 207 táxons. A espécie *Synechocystis aquatilis* foi dominante em todas as estações amostrais. A diversidade e equitabilidade foram baixas em todo o estudo. As estações EA5 e EA6 apresentaram as maiores diferenças significativas quando comparadas com as estações EA1, EA2, EA3 e EA4, como constatado pelo teste de Kruskal-Wallis. As estações EA5 e EA6 foram influenciadas pelos valores de turbidez, nitrogênio amoniacal, sólidos totais suspensos, ortofosfato, nitrogênio total e pH (como indicado pela PCA), além dos valores de biovolume, densidade total, densidade da Classe Cyanophyceae e clorofila *a* (evidenciado pela CCA). Os resultados obtidos evidenciam que ambas as estações apresentam alterações na qualidade ecológica devido ao lançamento de efluentes domésticos *in natura* e acúmulo de material oriundo das demais regiões da lagoa.

INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são corpos d'água de pequena profundidade, vários formatos, alta biodiversidade, separadas do oceano por uma barreira e conectadas a ele por vias restritas (KJFERVE, 1994, GUERRA E GUERRA, 2011; ROCHA, 2014). Devido a sua grande distribuição em todo o planeta, são ambientes muito utilizados pelo homem para diversos fins.

No Brasil, as áreas localizadas no entorno das lagoas são usadas principalmente para moradia (ASSIS, *et.al*, 2013). Entretanto, outras atividades se destacam como: pesca, recreação, lazer, abastecimento, irrigação, entre outros. Portanto, esses ecossistemas aquáticos apresentam grande valor econômico e social.

Outra alternativa dentre os múltiplos usos dos sistemas lênticos é a prática de piscicultura, um sistema de cultivo intensivo que utiliza altas densidades populacionais de peixes em tanques rede (VIEIRA *et.al.*, 2009). No entanto, o manejo inadequado desta prática pode facilitar a eutrofização acarretando malefícios à saúde humana e ao ecossistema em questão.

Da mesma forma que a piscicultura intensiva, outros impactos causados pelo uso desenfreado das lagoas costeiras são: despejo de substâncias químicas, exploração mineral, contaminação por pesticidas e fertilizantes (ALMEIDA, 2012), acréscimo de nutrientes (VOLLENWEIDER, 1968; SCHINDLER *et al.*, 1973), introdução de espécies exóticas (MILLS *et. al.*, 1994), degradação e/ou remoção de florestas do entorno, criação de animais domésticos às margens (bovinos e outros) e disposição inadequada de resíduos sólidos (CRISPIM, 2013).

Alguns aspectos morfométricos das lagoas podem agravar os efeitos dos impactos antrópicos. Assim como em rios, as lagoas podem formar bolsões em regiões curvas, com a tendência de acumular matéria orgânica e outros materiais em suspensão (SOARES, *et. al.*, 2007). Dessa forma, há um agravamento da situação nessas regiões, pois a concentração de material é maior.

Muitos estudos abordam as mudanças que os impactos antrópicos provocam em ecossistemas lacustres através da avaliação das comunidades bióticas. Segundo Hortal *et. al.*(2014), alterações sofridas pelo ambiente são perceptíveis em populações sensíveis, o que provoca mudanças na sua dinâmica e estrutura destes indivíduos. Assim, a integridade biótica dos

sistemas aquáticos pode ser medida e interpretada por mudanças na abundância, diversidade e composição de grupos de organismos indicadores (SILVA, *et. al.*, 2011).

Dentre esses organismos, se destaca o fitoplâncton. Segundo Dantas (2010), a comunidade fitoplanctônica tem características especiais que lhe conferem um alto poder de ajuste às condições ambientais. São organismos com alta taxa de reprodução e que podem apresentar variações em sua morfologia e estrutura de acordo com as alterações no meio. Justificando assim seu uso como organismos bioindicadores.

Apesar da importância, o fitoplâncton tem sido pouco estudado em ecossistemas lacustres brasileiros. No estado do Espírito Santo destacam-se as contribuições de DIAS JR. (1993); DIAS JR. (1995); SCHAEFFER (2002); LISTON (2004); BORTOLIN (2004); OLIVEIRA (2012) e SILVA (2013). No entanto, ainda carece conhecimento acerca das modificações na comunidade fitoplanctônica em função de diferentes impactos antrópicos em lagoas costeiras.

Assim sendo, buscou-se avaliar a comunidade fitoplanctônica e as variáveis limnológicas em diferentes estações amostrais na lagoa Juara, Serra/ES, localizada em área urbana.

MATERIAL E MÉTODOS

A lagoa Juara localiza-se no município de Serra/ES, Brasil (Figura 1) e apresenta aproximadamente 2,9km² de área superficial. Pertence à bacia do rio Jacaraípe e possui como afluentes os córregos Laranjeiras, Cavada, Roncador, Quibebe, São Domingos, Dr Robson, Juara, Castelo e Independência. Efluentes domésticos sem tratamento chegam à veiculados principalmente pelo córrego Laranjeiras.

De maneira geral, na região adjacente à lagoa há mata ciliar preservada, plantações de eucalipto, pastagens e poucas áreas desmatadas em seu entorno. Desde o ano de 2000 foi instalado na lagoa um sistema de piscicultura intensiva com criação de tilápias (*Oerochromis* sp.) em aproximadamente 150 tanques rede. Cada tanque possui a capacidade de suportar cerca de 400 tilápias e o número de tanques utilizados varia de acordo com a demanda e a época do ano. Os peixes são alimentados com ração de 2 a 4 vezes ao dia, dependendo do estágio de vida.

Para o presente estudo, foram selecionadas 6 estações amostrais, as quais foram distribuídas de acordo com as particularidades de cada região (Figura 1 e Tabela 1).

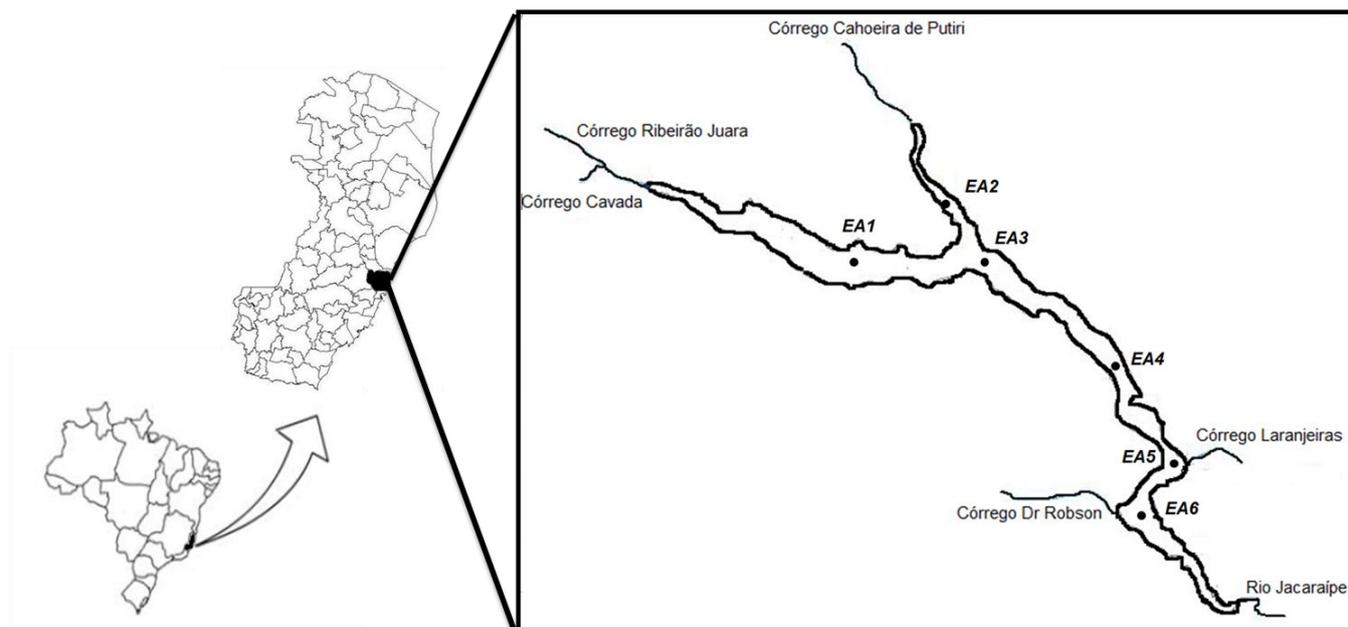


Figura 1: Localização da lagoa Juara, com estações amostrais.

Tabela 1: Descrição as estações amostrais da lagoa Juara, Serra/ES, Brasil.

Estação amostral	Características Gerais	Coordenadas geográficas
EA1	Região próxima ao córrego Juara, com mata ciliar preservada nas margens, menos impactada antropicamente.	40°15'09" W / 20°06'27" S
EA2	Região localizada no braço da lagoa, com mata ciliar preservada nas margens, menos impactada antropicamente.	40°14'38" W / 20°05'58" S
EA3	Região de piscicultura intensiva.	40°13'14" W / 20°06'18" S
EA4	Região com margens desmatadas, entre os tanques rede e a associação de pescadores.	40°13'42" W / 20°06'38" S
EA5	Região próxima a residências e próxima a desembocadura do córrego Laranjeiras.	40°12'39" W / 20°07'47" S
EA6	Região mais próxima ao rio Jacaraípe, próxima a residências e submetida a constantes dragagens.	40°12' 59" W / 20°07'58" S

A coleta foi realizada em setembro de 2013. Em cada estação amostral foram determinados em campo: condutividade elétrica, pH, profundidade, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, salinidade, velocidade do vento, transparência da água e limite da zona eufótica.

Em laboratório foram determinados a turbidez, sólidos totais em suspensão (APHA, 1992) e foram determinadas as concentrações de: fósforo total (VALDERRAMA, 1981), ortofosfato (STRICKLAND & PARSONS, 1960), nitrito (GOLTERMAN *et. al.*, 1978) e nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994). As amostras para quantificação de nitrato (MACKERETH *et. al.*, 1978), nitrogênio total (CARMOUZE, 1994) e silicato (CARMOUZE, 1994) foram enviadas ao Laboratório de Ciências Ambientais, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Para análise qualitativa, o fitoplâncton foi coletado utilizando-se rede de plâncton de 20 µm de porosidade e as amostras foram fixadas com solução de formalina 8% conforme Bicudo & Menezes (2005). Os indivíduos foram esquematizados, fotografados e identificados com bibliografia específica.

Na análise quantitativa, as amostras foram fixadas com solução de lugol acético 5% e seguiu-se o método de sedimentação em câmaras proposto por Utermöhl (1958). Utilizando-se o trabalho de Lund *et. al.* (1958) como base, um número suficiente de campos foi contado até o registro de 800 indivíduos da espécie predominante. O resultado foi expresso em ind./mL. A clorofila *a* foi determinada segundo Lorenzen (1967).

O biovolume foi calculado com base nas formas geométricas aproximadas definidas por Hillebrand *et. al.* (1999), Sun & Liu (2003) e de acordo com a metodologia sugerida por Fonseca *et. al.* (2014). Foram medidos, sempre que possível, 20 indivíduos por táxon, posteriormente foi calculada a média e depois esta foi multiplicada pela densidade de cada espécie. O resultado foi expresso em mm³/L.

Foi determinado o índice de diversidade de Shannon-Weanner (1963), a partir de dados de densidade e expresso em bits/ind e a equitabilidade através da proposta de Pielou (1975, apud LEGENDRE & LEGENDRE, 1983), utilizando-se o programa Basic.

Foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para avaliar as diferenças significativas entre as estações amostrais com relação às variáveis abióticas e bióticas. Quando havia diferenças ($p < 0,05$), as variáveis foram submetidas ao teste de Dunn para analisar em quais pares de estações essas diferenças ocorreram, utilizando o programa BioEstat para realizar esse teste.

Os dados abióticos também foram analisados através da análise de componentes principais (ACP), ordenando-os com as estações amostrais. As relações entre as variáveis bióticas e as abióticas nas estações amostrais foram verificadas por meio da análise de correspondência canônica (ACC), com significância pelo teste de Monte Carlo ($p < 0,05$), com 999 aleatorizações. A princípio os dados foram logaritimizados e o programa utilizado foi o PCORD versão 6.1.

Além disso, a similaridade florística entre as estações amostrais foi feita com base no índice de Jaccard, que expressa a semelhança entre ambientes, baseando-se na composição (FERREIRA JÚNIOR, 2008).

RESULTADOS

A Lagoa Juara apresentou profundidade média de 1,8m (mínimo de 1,3 m na estação EA5 e máximo de 2,5m na estação EA1). Durante a coleta, a temperatura do ar se manteve entre 28°C e 33°C. A salinidade foi constante em todas as estações amostrais, com valor de 0,1 caracterizando a lagoa como dulcícola. E o oxigênio dissolvido variou de 6,41 mg/L na estação EA3 a 13,8 mg/L na estação EA1.

A Tabela 2 apresenta os valores médios das variáveis limnológicas analisadas. As estações amostrais EA5 e EA6 apresentaram os maiores valores de velocidade do vento, turbidez, sólidos totais suspensos, pH, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrogênio total. Nessas mesmas estações verificou-se os menores valores de transparência e profundidade da zona eufótica. Os valores de nitrato e silicato foram maiores na estação EA3. A estação EA1 apresentou o maior valor de oxigênio dissolvido.

Tabela 2: Variação longitudinal das variáveis limnológicas nas seis estações amostrais. STS = sólidos totais suspensos, CE = condutividade elétrica, P- total = fósforo total, N-amoniacoal = nitrogênio amoniacoal e N-total = nitrogênio total.

Variáveis	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Velocidade do vento (m/s)	0.5	2.7	2.7	2	4	4.8
Oxigênio dissolvido (mg/L)	13.8	6.7	6.41	7.5	10.4	11.9
Temperatura da água (°C)	26.9	27.3	28.6	28.5	28.3	28.3
Turbidez (NTU)	7.5	6.7	9.3	8.3	13.6	15.2
STS (mg/L)	8.8	7.2	10	11.5	25.7	26.2
Transparência (m)	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.2
Zona eufótica (m)	2.2	1.7	2.0	1.1	1.1	0.5
CE (µs/cm)	128.7	134.7	139.4	137.4	212.2	114.1
pH	7.9	7.8	7.6	8.0	8.5	9.1
Silicato (mg/L)	7.0	6.1	8.5	6.2	7.4	6.5
Ortofosfato (µg/L)	22.4	22.0	24.9	28.9	47.2	59.3
P – total (µg/L)	39.6	32.4	31.1	48.6	75.3	89.9
N – amoniacoal (µg/L)	34.4	28.0	29.7	23.2	643.4	837.6
Nitrito (µg/L)	3.5	5.5	4.3	3.2	8.2	8.9
Nitrato (µg/L)	480.4	223.2	753.0	351.7	181.2	158.7
N – total (µg/L)	759.9	2000	853.7	778.3	7433.4	9228.7

As estações EA1, EA2 e EA3 não apresentaram diferenças significativas com relação à maioria das variáveis testadas, só diferindo quanto aos valores de turbidez, clorofila a, silicato e biovolume. Resultado semelhante ocorreu entre as estações EA3 e EA4, que diferiram apenas entre as variáveis: sólidos totais suspensos, clorofila a, silicato e fósforo total (Tabela 3). As estações EA5 e EA6 apresentaram as maiores diferenças significativas quando comparadas com as estações EA1, EA2, EA3 e EA4 para todas as variáveis estudadas, exceto silicato.

Tabela 3: Comparação entre pares de estações amostrais da lagoa Juara pelo teste de Kruskal-Wallis/Dunn utilizando variáveis abióticas e bióticas. * = diferença significativa, ns = diferença não significativa.

Variáveis	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	2x3	2x4	2x5	2x6	3x4	3x5	3x6	4x5	4x6	5x6
Turbidez	ns	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*	ns
STS	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	ns
Clorofila a	*	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
Silicato	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	*	*	*	*
Ortofosfato	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	ns
P - total	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
N - amoniacal	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Nitrito	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Densidade total	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
Dens. Cyanophyceae	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
Diversidade	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Equitabilidade	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Biovolume	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns

A tabela 4 demonstra os resultados da análise de componentes principais (PCA), onde os dois primeiros eixos explicam 65,9% e 17%, respectivamente, da variabilidade dos dados abióticos das estações amostrais.

O eixo 1 separou as estações amostrais EA1, EA3 e EA5 das estações EA2, EA4 e EA6, associando-as com nitrato, zona eufótica, silicato, condutividade elétrica, turbidez, nitrogênio amoniacal, sólidos totais suspensos, nitrogênio total e ortofosfato (Figura 2). No eixo 2 há a separação nítida das estações amostrais em dois grupos distintos: o grupo contendo as estações EA5 e EA6, e o grupo contendo as demais estações.

A estação amostral EA5 foi influenciada positivamente por condutividade elétrica, turbidez, nitrogênio amoniacal, sólidos totais suspensos, nitrogênio total e ortofosfato, em ambos os eixos.

Tabela 4: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.

Resultados	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	7.909	2.049
% explicada	65.907	17.075
Broken - Stick	3.103	2.103
Variáveis	Autovalores	
Turbidez	0.9234	0.2839
Sólidos totais suspensos (STS)	0.9589	0.1854
Zona eufótica (Z. euf.)	-0.8788	0.4064
Condutividade elétrica (CE)	0.2171	0.513
pH	0.9651	-0.1343
Silicato	-0.1456	0.9206
Ortofosfato (Orto - P)	0.9848	0.052
Fósforo total (P - total)	0.9703	-0.0727
Nitrogênio amoniacal (N - amonia.)	0.9645	0.2373
Nitrito	-0.012	-0.6783
Nitrato	-0.8108	0.319
Nitrogênio total (N - Total)	0.9303	0.1188

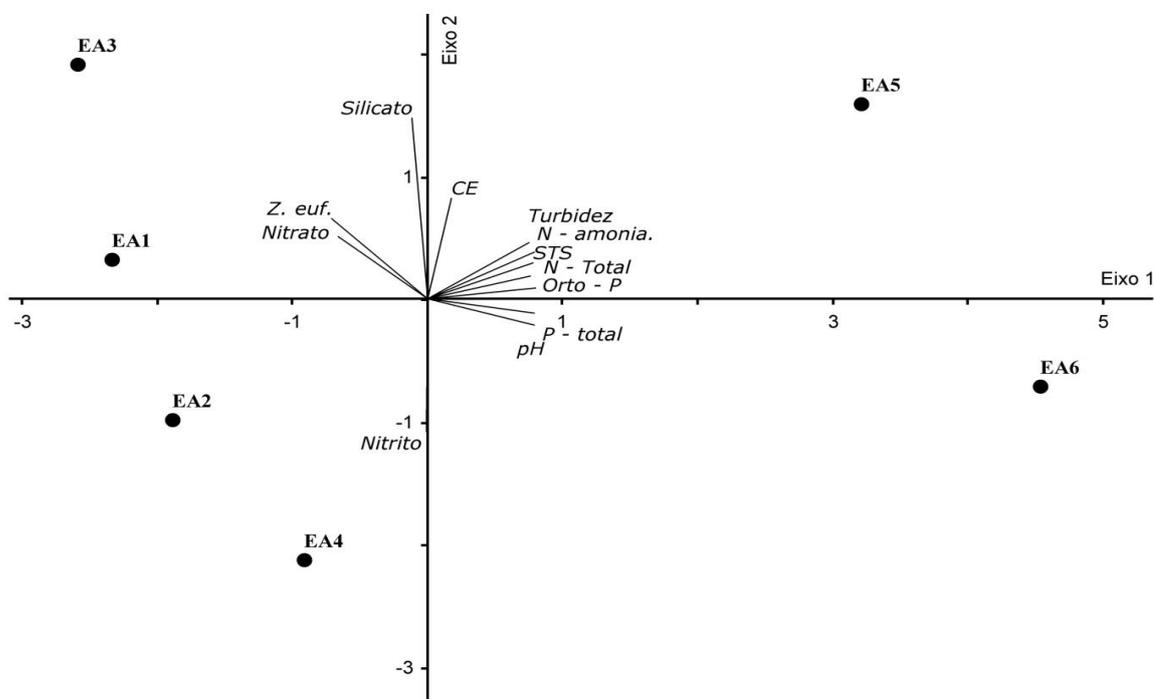


Figura 2: Análise dos componentes principais (PCA) com as variáveis abióticas e ordenação das estações amostrais.

A comunidade fitoplanctônica esteve composta por 207 táxons, distribuídos entre as Classes Bacillariophyceae (24), Chlorophyceae (43), Chrysophyceae (1), Conjugatophyceae (13), Coscinodiscophyceae (12), Cyanophyceae (50), Euglenophyceae (34), Fragillariophyceae (2), Klebsormidiophyceae (2), Oedogoniophyceae (2), Trebouxiophyceae (14) e Xantophyceae (10).

O índice de Jaccard demonstrou maior similaridade florística entre as estações EA5 e EA6 e menor similaridade entre EA2 e EA5 (Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de similaridade florística (Índice de Jaccard) entre as estações amostrais da lagoa Juara. Valores expressos em porcentagem.

	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
EA1	100					
EA2	31.34328	100				
EA3	21.10092	28.71287	100			
EA4	28.7234	33.00971	33.8843	100		
EA5	18.86792	17.79661	29.10448	29.77099	100	
EA6	22.82609	26	24.24242	27.13178	37.5	100

Com relação à concentração de clorofila *a*, as estações amostrais EA5 e EA6 apresentaram os maiores valores, e a estação EA3 registrou o menor (Figura 3). Os valores de clorofila *a* apresentaram diferenças significativas entre as estações, com exceção dos pares de estação EA2 e EA3, EA2 e EA4 (Tabela 3).

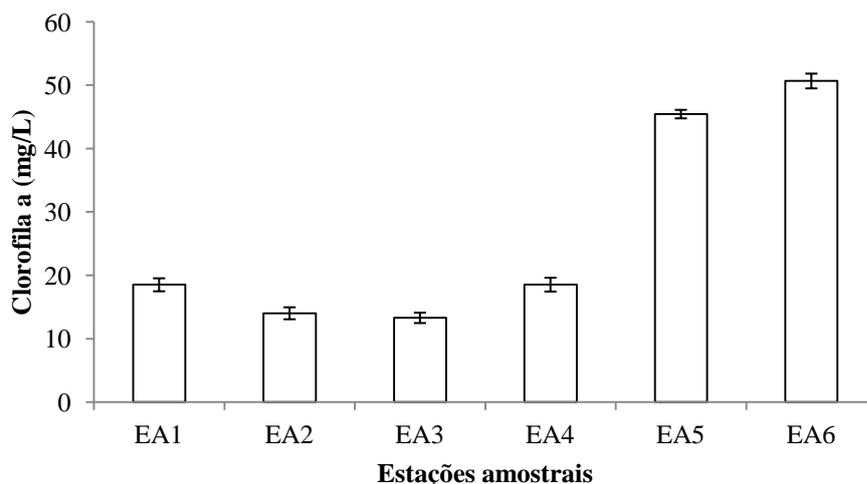


Figura 3: Variação longitudinal dos valores de clorofila *a* nas estações amostrais.

A estação amostral EA5 registrou o maior valor de densidade fitoplanctônica total (Figura 4), apresentando diferenças significativas com relação a todas as outras estações amostrais (Tabela 3), o menor valor foi registrado na estação EA1.

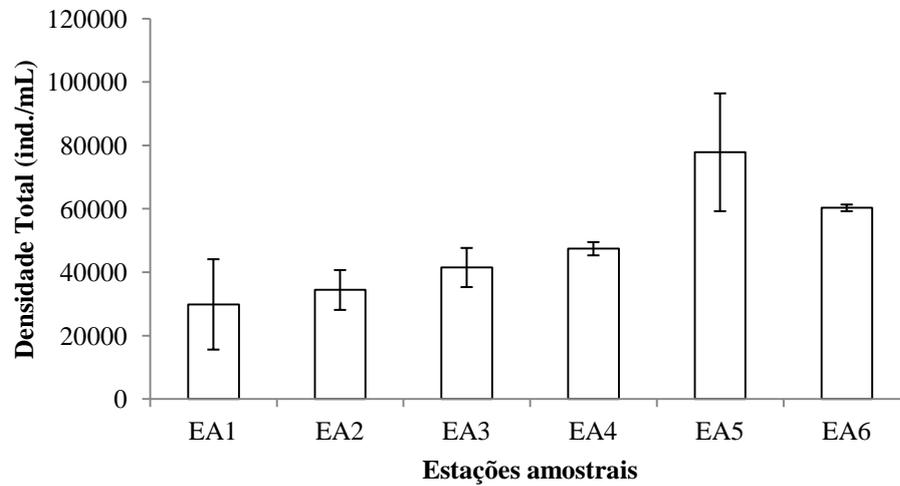


Figura 4: Variação longitudinal dos valores médios de densidade total nas estações amostrais.

A Classe Cyanophyceae apresentou a maior contribuição na densidade total, em todas as estações amostrais (Figura 5) e seguiu o mesmo padrão de diferença significativa da densidade total (Tabela 3). Além da Classe Cyanophyceae, as Classes Chlorophyceae, Coscinodiscophyceae e Trebouxiophyceae também foram representativas.

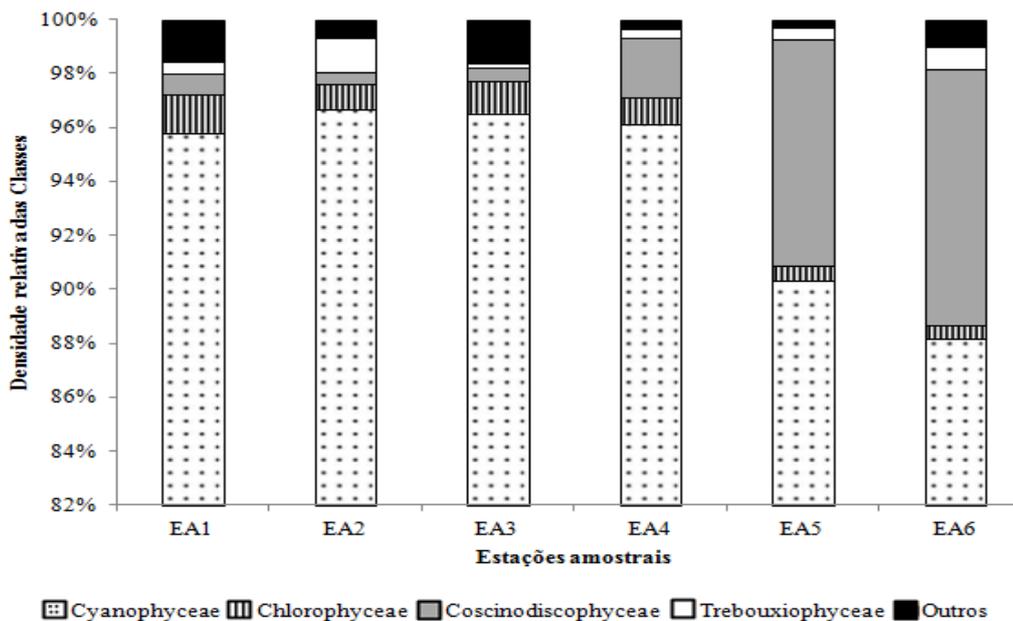


Figura 5: Contribuição relativa das Classes fitoplanctônicas (%) na densidade total das estações amostrais.

O biovolume total (Figura 6) foi maior nas estações EA5 e EA6 e diferiu estatisticamente entre a maioria dos pares de estações amostrais, excetuando os pares EA3 e EA4, EA5 e EA6. O menor valor de biovolume foi registrado na estação EA1.

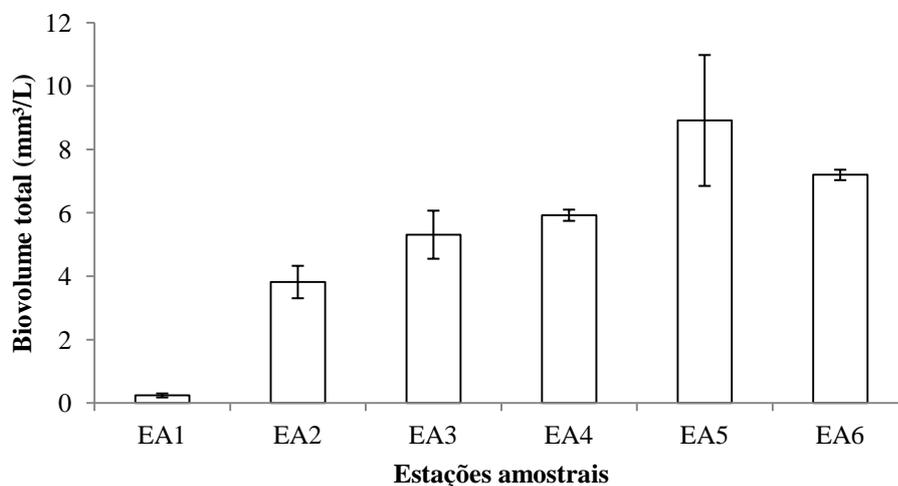


Figura 6: Variação longitudinal do biovolume total médio entre as estações amostrais.

O táxon *Synechocystis aquatilis* Sauvageau foi dominante em todas as estações amostrais. Os táxons abundantes foram: *Synechococcus nidulans* (E.G.Pringsheimii) Komarek (EA1 e EA3), *Synechococcus sigmoideus* (G. Moore e N. Carter) Komarek (EA2 e EA4), *Microcystis proctocystis* W. B. Crow (EA3 e EA4) e *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komarek e Komarkova (EA5 e EA6).

A diversidade específica variou de 2,8 bits/ind na estação EA2 a 1,9 bits/ind na estação EA5 (Figura 7). A estação EA2 também apresentou a maior equitabilidade, com 0,53 e o menor valor foi registrado na estação EA4 (0,28).

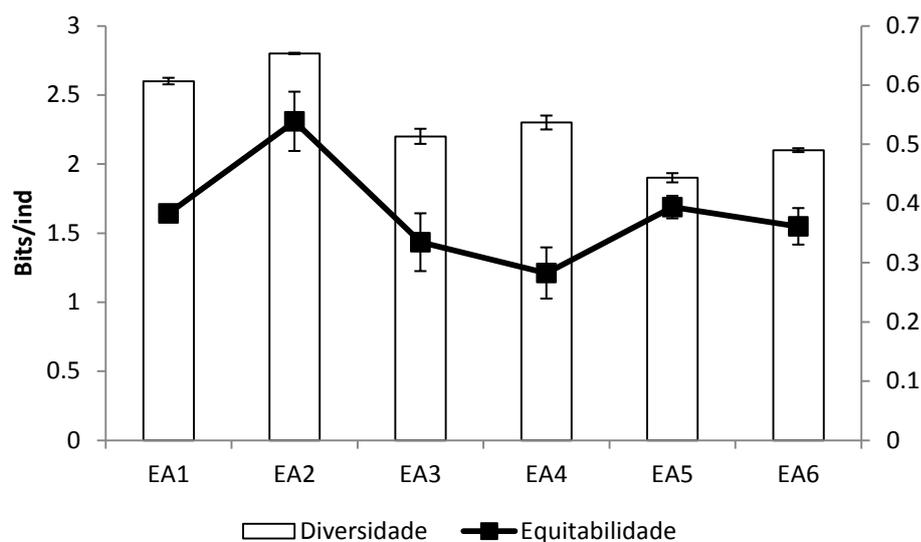


Figura 7: Variação espacial dos valores de diversidade e equitabilidade.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) explicou 98% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 6). O eixo 1 (Figura 8) agrupou positivamente as estações amostrais EA1, EA2 e EA3 com os dados de densidade de Chlorophyceae, nitrato, pH, ortofosfato e fósforo total e agrupou negativamente as estações amostrais EA4, EA5 e EA6 com os dados de biovolume, densidade total, densidade de Cyanophyceae, clorofila *a* e nitrogênio amoniacal.

Tabela 6: Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as estações amostrais, variáveis abióticas e variáveis bióticas sobre os dois primeiros eixos da CCA.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0.046	0.006
% Variância explicada	87.2	11.7
% Variância acumulada	87.2	98.9
Correlação Pearson's	1	1
Variáveis abióticas (Coeficientes de correlação)		
pH	0.388789	0.029358
Ortofosfato (Orto - P)	0.218359	-0.35641
Fósforo rotal (P - total)	0.247811	-0.61809
Nitrogênio amoniacal (N - amonia.)	-0.140987	-0.588025
Nitrato	0.561237	0.227581
Variáveis bióticas (Correlação das variáveis com os eixos)		
Clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>)	-0.799	-0.559
Densidade total (Dens. Total)	-0.916	-0.187
Densidade Cyanophyceae (Cyan)	-0.901	-0.143
Densidade Chlorophyceae (Chlo)	0.39	0.469
Biovolume	-0.889	0.238

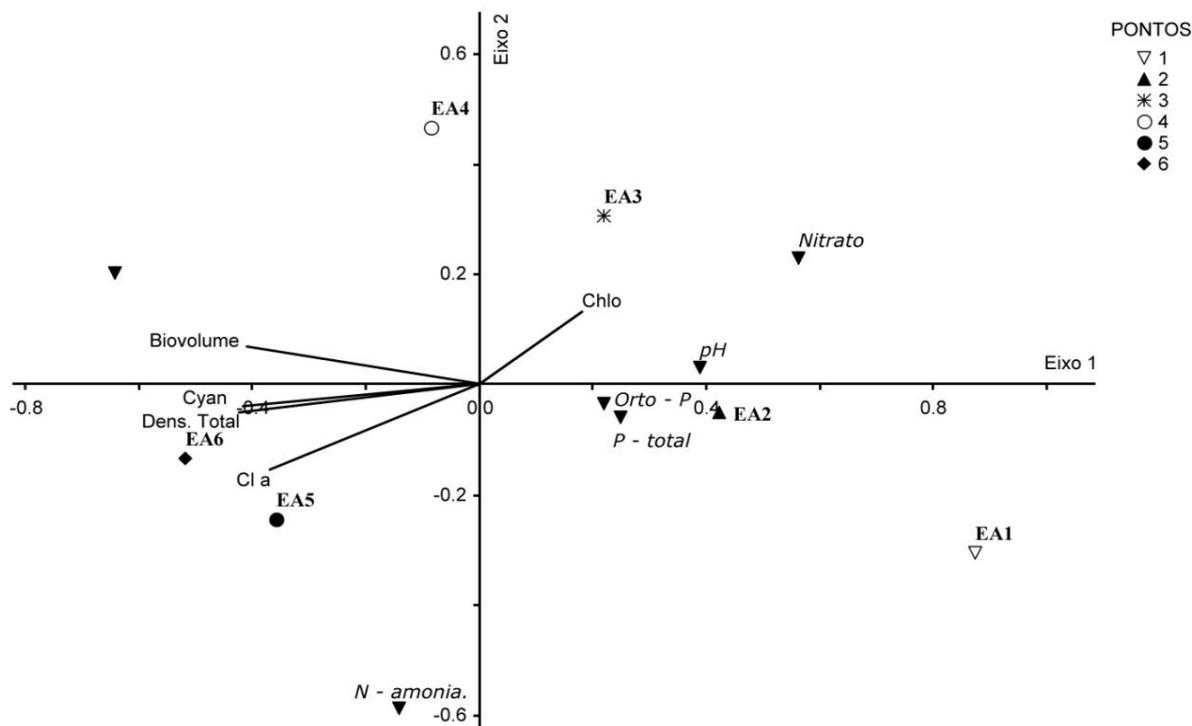


Figura 8: Análise de correspondência canônica (CCA) com as variáveis abióticas, bióticas e ordenação das estações amostrais.

DISCUSSÃO

Lagoas costeiras apresentam aspectos limnológicos e biológicos singulares, que podem ser influenciados pelas mudanças ocorridas no ambiente. Dentre as comunidades, o fitoplâncton é extremamente sensível às alterações no meio. A dinâmica do fitoplâncton em ambientes lênticos é controlada por uma interação complexa entre hidrodinâmica, fatores químicos, fatores físicos e fatores físico-químicos (SILVEIRA, 2013).

A lagoa Juara apresentou diferenças significativas entre as estações amostrais quanto a determinadas variáveis abióticas e bióticas, as quais podem ser explicadas pelos vários usos desse ambiente.

Elevados valores de turbidez, sólidos totais suspensos e baixos valores de transparência são indicativos de ambientes impactados (MIRANDA *et. al.*, 2013). Tais fatos foram constatados nas estações EA5 e EA6 e se devem possivelmente à desembocadura do córrego Laranjeiras, próximo a essas estações, o qual veicula efluentes domésticos sem tratamento, além do

acúmulo de materiais em suspensão na estação EA5, que forma uma “bolsão” retendo substâncias alóctones e autóctones, estas últimas, inclusive, provenientes das demais regiões da lagoa de acordo com o fluxo de água promovido pelo vento.

Os altos valores de turbidez também podem ter sido influenciados pela velocidade do vento (MARCARENHAS, *et. al.*, 2013). A agitação provocada pelo vento provoca a ressuspensão de materiais depositados no sedimento. Esse fato também corrobora para os maiores valores de turbidez nas estações EA5 e EA6, as quais também registraram os maiores valores de velocidade média do vento no momento da coleta e apresentaram menor profundidade. Além disso, os valores de turbidez também podem ter sido influenciados pela elevada densidade de algas vistas nessas duas estações amostrais e pela presença do córrego Laranjeiras, carreando partículas em suspensão para essa região.

A condutividade elétrica apresentou valores superiores a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ e foi mais elevada em EA5. Tais valores são superiores aos registrados por Carapunarla *et. al.* (2014) que estudou a comunidade perifítica em ambientes lênticos urbanos no Paraná e inferiores aos encontrados por Huszar & Silva (1992) ou estudar a comunidade fitoplanctônica em quatro lagoas costeiras do norte do Rio de Janeiro. Esse fato pode ser explicado pela alta carga de efluentes lançados na lagoa pelo córrego Laranjeiras e também pelo incremento de ração nos tanques rede, aumentando assim a concentração de íons na água e conseqüentemente sua condutividade.

Coquemala (2005) cita que devido ao lançamento de esgoto não tratado, lixiviação de solos degradados, fertilizantes, ração lançada em tanques de piscicultura, excretas nitrogenadas de animais e adubos ocorre um aumento de carga poluidora e conseqüentemente, grande concentração de nutrientes. Na presente pesquisa, as concentrações de nutrientes se apresentaram elevadas, principalmente nas estações próximas ao córrego Laranjeiras (EA5 e EA6), corroborando o fato de que há contribuição de efluente doméstico sem tratamento para a lagoa e de que essas estações apresentam uma área na qual se acumulam nutrientes provenientes das demais estações.

O silicato é elevado em lagoas costeiras devido à geologia do ambiente, que geralmente é composta por rochas sedimentares (FERREIRA & PINTO, 2014), justificando as elevadas concentrações desse nutriente registradas no presente estudo, quando comparados com os resultados encontrados por Espíndola *et.al.* (1996) ao estudar a comunidade fitoplanctônica

em uma lagoa urbana no pantanal matogrossense e por Moura *et.al.* (2014) ao avaliar a qualidade da água em um complexo lacustre costeiro de Fortaleza (CE).

O nitrato, juntamente com o íon amônio representam as principais formas de absorção de nitrogênio pela comunidade fitoplactônica, assim, os menores valores de nitrato registrados em EA5 e EA6 podem estar relacionados com o alto consumo deste nutriente. Entretanto, isso não indica que as algas não absorvam também o íon amônio, pois sua elevada concentração nessas estações pode estar relacionada a elevada quantidade de excretas nitrogenadas produzidas pelos peixes e também oriunda do efluente doméstico do córrego Laranjeiras. Mercadante *et. al.* (2012) registrou valores inferiores de nitrato em uma lagoa urbana usada como viveiro de tilápias em São Paulo.

O pH apresentou tendência de incremento em direção as estações EA5 e EA6. O aumento nos valores de pH são indicativos de atividade fotossintética (CALIJURI, *et. al.*, 2006), o que pode ser corroborado pelo padrão espacial da concentração de clorofila *a* e da densidade total fitoplanctônica. Morales *et. al.*(2014) demonstraram esse fato ao avaliar a relação entre pH e a densidade fitoplanctônica em lagoas do estado de São Paulo, onde o maior valor de pH foi registrado na estação amostral com maior densidade.

Essas estações (EA5 e EA6) também apresentaram os maiores valores de clorofila *a*, diferindo estatisticamente das outras estações amostrais. Ferreira *et. at.* (2005) e Figueiredo (2008) comentaram que o conteúdo de clorofila é diretamente proporcional à concentração dos principais nutrientes, o que foi registrado nessas estações. Os menores de clorofila *a* valores foram encontrados na estação EA3, esse fato pode ser indício de uma má qualidade fisiológica da comunidade fitoplanctônica nesta estação. Mercadante *et.al.* (2012) também registraram valores inferiores de clorofila *a* em uma lagoa urbana usada como viveiro de tilápias em São Paulo. Em contrapartida, Silva *et.al.* (2012) registraram valores maiores de clorofila *a* na lagoa da Pampulha (MG).

As estações EA5 e EA6 apresentaram os maiores valores de densidade do fitoplâncton. Tal fato deve ter sido proporcionado pela maior concentração de nutrientes nesta região da lagoa. Segundo Wang, *et. al.* (2014), o aumento no aporte de nutrientes beneficia a comunidade fitoplanctônica, pois torna o ambiente propício à sua proliferação, ocasionando elevação da densidade. Já a menor densidade ocorreu na estação EA1, pois essa estação não apresenta aporte de nutriente oriundo de efluentes domésticos, assim a comunidade fitoplanctônica não

se prolifera tanto como ocorreu em EA5 e EA6. Oliveira (2011) registrou valores semelhantes de densidade total na lagoa Juara, assim como Martins & Fernandes (2006) na lagoa da UFES, que recebe efluentes sem tratamento.

Taniguchi *et. al.* (2005) estudando a comunidade fitoplanctônica da planície de inundação do rio Mogui-Guaçu, no estado de São Paulo, encontraram densidade fitoplanctônica total inferior a deste trabalho (aproximadamente 20000ind/mL), mesmo sendo um ambiente rico em nutriente e, portanto, com estímulo para a proliferação do fitoplâncton. Contudo, Aquino *et. al.* (2011) encontram densidades mais elevadas ao estudarem o fitoplâncton em uma lagoa de estabilização no Nordeste do Brasil (aproximadamente 90000ind./mL).

A biomassa fitoplanctônica estimada pelo biovolume acompanhou o padrão de variação da densidade total e da clorofila *a*, aumentando na direção das estações EA5 e EA6. Segundo Stevenson e Smol (2003), o biovolume pode ser potencialmente usado para registrar as condições ambientais, pois ele mostra o comportamento da comunidade fitoplanctônica no ecossistema.

De modo geral, a biomassa fitoplanctônica da lagoa Juara foi favorecida pelo despejo de efluentes domésticos não tratados, como registrado pelos elevados os valores de clorofila *a*, densidade total e biovolume nas estações EA5 e EA6. A biomassa fitoplanctônica pode ser considerada uma medida de qualidade fisiológica do fitoplâncton no ambiente (BORGES & RODRIGUES, 2008), assim, quando os valores são elevados pode-se dizer que a comunidade, ou grupos melhor adaptados dentro da comunidade, se encontram em bom estado fisiológico (GIANESELLA & SALDANHA-CORRÊA, 2003). Na lagoa Juara, houve predominância de cianobactérias, dessa forma, de acordo com o exposto acima, pode-se explicar que essa Classe foi favorecida pelas condições encontradas na lagoa.

Foram identificados 207 táxons nas seis estações amostrais. A riqueza taxonômica da lagoa Juara foi elevada, contrastando, por exemplo, com os 27 táxons obtidos por Silva *et. al.* (2011) ao estudarem a comunidade fitoplanctônica em uma lagoa pertencente à Área de Proteção Permanente no estado de Alagoas, tais autores afirmam que a densidade e a quantidade táxons registrados é maior em lagoas com alta carga de nutrientes; e que por se tratar de uma lagoa menos impactada a quantidade de táxons foi menor. Assim, ambientes lacustres como a lagoa Juara, que possui incremento de nutrientes oriundos de ração para peixes, efluentes domésticos e excretas de animais tendem a um maior número de táxons da

comunidade fitoplanctônica e elevada densidade. Huszar & Silva (1992) registraram 160 táxons ao estudar lagoas costeiras no Rio de Janeiro, atribuindo esse fato a alta carga de nutrientes que as lagoas recebem.

A variação das condições limnológicas da lagoa Juara contribuiu para a composição florística de cada estação amostral. Estações amostrais mais próximas tendem a apresentar impactos semelhantes e conseqüentemente apresentam composições florísticas semelhantes. Isso foi evidenciado na lagoa Juara através do Índice de Jaccard, que apresentou maiores valores de similaridade para as estações próximas.

A Classe Cyanophyceae foi a mais representativa numericamente em todas as estações amostrais. As cianobactérias possuem estratégias adaptativas que lhes permitem intenso desenvolvimento em condições eutróficas, conferindo-lhes vantagem competitiva sobre os demais grupos fitoplanctônicos (Reynolds 1984). A presença de efluente doméstico não tratado, excreta nitrogenada, e resto de ração dada aos peixes nos tanques de piscicultura, favoreceu o desenvolvimento das cianobactérias, assim elas tiveram grande representatividade na lagoa Juara, principalmente nas estações amostrais EA5 e EA6.

A maior densidade das cianobactérias pode ter influenciado no elevado biovolume das estações amostras EA5 e EA6, pois segundo Hillebrand *et. al.* (1999), as espécies com maior densidade, mesmo que com tamanho reduzido, contribuem para o aumento do biovolume.

Dos táxons pertencentes à Classe Cyanophyceae, *Synechocystis aquatilis* foi dominante. As espécies pertencentes a esse gênero, por apresentarem menor tamanho, são favorecidas na absorção de nutrientes, através da superfície do organismo (FIGUEIREDO, 2008). Como células menores necessitam de pouca absorção de nutriente para suprir a demanda metabólica, a tendência desses indivíduos é ter altas taxas de crescimento (GENTIL, *et.al.*, 2008). Na lagoa Juara há disponibilidade de nutrientes oriundos das atividades metabólicas dos peixes, dos restos de ração e dos efluentes domésticos sem tratamento, favorecendo o crescimento de *Synechocystis*.

A ocorrência de elevada densidade de *Synechocystis aquatilis* explicou os baixos valores de diversidade e equitabilidade. Para Moustaka-Gouni *et al.* (2007), a menor diversidade pode ser um reflexo da existência de impactos humanos múltiplos que culminam na redução da biodiversidade local. Segundo Paula (2004), o índice de Diversidade de Shannon prevê que a

diversidade de organismos diminui à medida que diminui a qualidade da água e a equitabilidade também diminui em ambientes impactados. Souza & Fernandes (2009) registraram valores semelhantes de diversidade e equitabilidade na lagoa Mãe-Bá/ES.

Dessa forma, a estrutura da comunidade fitoplanctônica da lagoa Juara vem sendo alterada devido à prática da piscicultura intensiva (tanques – rede) e principalmente de efluentes domésticos que são lançados na lagoa. Esse fato esse também foi observado por Oliveira (2011) que estudou o fitoplâncton na lagoa Juara e corroborado pela ordenação das estações amostrais na PCA e CCA.

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que o lançamento de efluentes domésticos via córrego Laranjeiras, o acúmulo de materiais alóctones e autóctones na estação EA5 devido ao “bolsão” que se forma nessa região e a tendência de fluxo na lagoa direcionado para o sentido do rio Jacaraípe são os principais responsáveis pela variação espacial registrada na lagoa.

AGRADECIMENTOS

À associação de pescadores da lagoa Juara, pelo apoio logístico, ao Laboratório de Ciências Ambientais, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), pelas análises de nutriente (silicato, nitrato e nitrogênio total) e ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. B, **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um trecho do rio São Mateus (São Mateus – ES) com piscicultura intensiva (tanques-rede)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

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.

AQUINO, E.P., OLIVEIRA, E.C.C., FERNANDES, U.L. e LACERDA, S.R. Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no nordeste do Brasil. **Brazilian Journal Aquatic. Science Technology**, v.15, n.1, p.:71-77, 2011.

ASSIS, D. R. S., PIMENTEL, R. M. M. e CASTILLO, C. J. M., Impactos da Urbanização e Vulnerabilidade de Lagoas Costeiras. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.6 ,n. 02, p.223-232, 2013.

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

BORGES, P. A. F., & RODRIGUES, L. C. Estrutura do fitoplâncton, em curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo, Paraná, Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 1, p. 57-65, 2008.

BORTOLIN, A. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais de uma lagoa situada no complexo industrial da companhia Siderúrgica de Tubarão (lagoas do Irerês, Vitória, ES)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2004.

FERREIRA D. E.; PINTO, L. A.. CLASSIFICAÇÃO E LIMITAÇÕES DE USO PRELIMINAR POR ENQUADRAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM JULHO DE 2013 DA LAGOA MAIOR URBANA, TRÊS LAGOAS/MS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, 2014.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; DOS SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais**. São Carlos: Rima, 2006. 118 p.

CARAPUNARLA, L.; BAUMGARTNE, D. e RODRIGUES, L. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em ambiente lântico de planície de inundação: um estudo de longa duração. **Acta Scientiarum Biological Science**. v. 36, n. 2, p. 147-154, 2014.

CARMOUZE, J. P. Análises químicas dos nutrientes: nitrato, nitrito, amônio, ortofosfato e ortosilicato. In: **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**. São Paulo:FAPESP, p. 157 – 182, 1994.

COQUEMALA, V. **Variação Anual do Fitoplâncton no Reservatório de Passaúna, Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 92 p. 2005.

CRISPIM, D. L., LEITE, R. P., CHAVES, A. D. C. G., FERREIRA, A. L. e MARACAJÁ, P. G. **Revista brasileira de gestão ambiental**. v. 7, n. 1, p102-129, 2013.

DANTAS, E. W. **Ecologia da comunidade de algas planctônicas em reservatórios de Pernambuco (Nordeste, Brasil)**. Tese (Doutorado em botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

DIAS Jr, C. Estudo preliminar do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do Sul do Espírito Santo. In: **Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. 1993. São Paulo. Anais III Simposio de Ecossistemas da Costa Brasileira. São Paulo ,n. 1, p.236-245, 1993.

DIAS Jr, C. Caracterização do fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador de condições ambientais na lagoa Jacuném. **Cadernos de pesquisa da UFES**, Vitória, n.4, p27-35, 1995.

ESPÍNDOLA, E. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MORENO, I. D. Estrutura da comunidade fitoplanctônica da lagoa Albuquerque (Pantanal Matogrossense), Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 13-27, 1996.

ESTEVES, F. A. Lagoas costeiras: Origem, Funcionamento e Possibilidades de Manejo. In: ESTEVES, F. A.(org) **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: Esteves, F.A. Ed, 1998.

FERREIRA JUNIOR, E.V; COARES, T.S.; COSTA, M.F.F. e SILVA, V.S.M. Composição, diversidade e similaridade florística em uma floresta tropical semidecíduasubmontana em Marcelândia – MT. **Acta Amazonica**, v. 38, n.4, p 673 – 680, 2008.

FERREIRA, R.; BARROS, N. O.; DUQUE-ESTRADA, C. H.; ROLAND, F. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F. et. al. (Org). **Lições de limnologia**. São Carlos: Rima, 2005.

FIGUEIREDO, C. C. **Variações da comunidade fitoplanctônica em uma área de captação de água do rio Jucu (Vila Velha – ES) e ocorrência de cianobactérias**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

FONSECA, B. M; FERRAGUT, C.; TUCCI, A.; CROSSETTI, L.O.; FERRARI, F.; BICUDO, D.C.; SANT'ANA, C.L.; BICUDO, C.E.M. Biovolume de cianobactérias e algas de reservatórios tropicais do Brasil com diferentes estados tróficos. **Hoehnea**, v.41, n.1, p.9-30, 2014.

GENTIL, R. C., TUCCI, A., & SANT'ANNA, C. L. Phytoplankton community dynamics and sanitary aspects of a eutrophic urban lake, São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 265-280, 2008.

GIANESELLA, S. M. F., & SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. Nutrientes, séston e biomassa fitoplanctônica na plataforma interna de São Sebastião-verão de 1994 e primavera de 1997. **Boletim Institucional de Pesca**, v. 29, n. 2, p. 161-172, 2003.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. **Methods for chemical analysis of freshwater**. (IBP Handbook, n. 8 2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p. 1978.

GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomórfico**. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.

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

HORTAL, J.; NABOUT, J.C.; CALATAYUD, J.; CARNEIRO, F.M.; PADIAL, A.; SANTOS, A.M.C.; SIQUEIRA, T.; BOKMA, F., BINI, M. e VENTURA, M. Perspectives on the use of lakes and ponds as model systems for macroecological Research. **Journal of Limnology**, v. 73, n.1, p. 46-60, 2014.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S. COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS DE QUATRO LAGOAS COSTEIRAS DO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL. **Acta Limnol. Brasil. Vol. IV**, v. 291, p. 314, 1992.

KJERFVE, B. Coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed) Coastal lagoons Processes. **Elsevier Science**, Amsterdam. p1-8, 1994.

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

LISTON, G. S., **Varição especial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira utilizada para o abastecimento doméstico no estado do Espírito Santo (Lagoa Maimbá)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2004.

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. R., LENCREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v.11, p. 143-170, 1958.

MACKERETH, F. J. H., HERON, J., TALLING, J. F. **Water analysis**: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd, 117 p. 1978.

MARTINS, F.C.O & FERNANDES, V.O. Fitoplâncton da lagoa do campus universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade de considerações ecológicas. **Neotropical Biological Conservation**, v.1, n.2, p101-109, 2006.

MASCARENHAS, L.G., CUNHA, M.C.C., MARTINS, L.R., FERREIRA, J.T. e LOPES, D.V. Caracterização do fitoplâncton das bacias do rio São Francisco, Moxotó e Paraína, inseridas na

integração do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.6, n.5, p. 1050-1068, 2013.

MERCANTE, C. T. J., MARTINS, Y. K., DO CARMO, C. F., OSTI, J. S., PINTO, C. S. R. M., & TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, v. 21, n. 2, 2012

MIRANDA, F.S., PINTO-COELHO, R.M., GONZAGA, A.V. Redução da riqueza de organismos do zooplankton (com ênfase em Copepoda e Cladocera) nas lagoas do médio Rio Doce/MG. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.15, n.3, p. 69-90, 2013.

MILLS, E. L., LEACH, J. H., CARLTON, J. T., e SECOR, C. L. Exotic species and the integrity of the Great Lakes. **BioScience**, v. 44, p666-676, 1994.

MORALES, F.I.; KELLNER, E. e CORDEIRO, J.S. Avaliação da qualidade do efluente de lagoa de estabilização em relação à resolução conama 430/2011: estudo de caso da ete santa eudóxia - São Carlos (SP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 8, p. 39-54, 2014.

MOURA, O. M., SOUSA J. L., ZANELLA, M. E., & SALES, M. C. L. . A qualidade da água como indicador ambiental no complexo lacustre costeiro da Sapiranga-Fortaleza/CE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 31, n. 1, 2014.

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

OLIVEIRA, L. B., **Variação espaço-temporal das respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira tropical com múltiplos usos: Lagoa Juara (Serra, ES)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

PAULA, P. M. S. **Diagnóstico do monitoramento biológico trecho alto rio das velhas (MG)**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

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

ROCHA, E. A., **Diversidade funcional em comunidades de peixes lagunares no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

SCHAEFFER, J. K. **Estudo da comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais na lagoa de Carapebus (SERRA, ES)**. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. 2002.

SCHINDLER, D. W., KLING, H., SCHMIDT, R. V., PROKOPOWICH, J., FROST, V. E., REID, R. A., & CAPEL, M. Eutrophication of lake by addition of phosphate and nitrate: the second, third and fourth years of enrichment, 1970, 1971 and 1972. **Canadian Journal of Fisheries Research Board**, v. 40, p.1425-1440, 1973.

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

SILVA, F.H.; FAVERO, S; SABINO, J. e GARNÉS, S.J.A. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil . **Acta Scientiarum Biological Sciences**. v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.

SILVA, K.P.B; COSTA, M.M.S. e GUEDES, E.A.C. Variação temporal do fitoplâncton de um lago pertencente à Área de Proteção Permanente no estado de Alagoas, nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n.4, p.890-898, 2011.

SILVA, T., KHAC, V. T., VINÇON-LEITE, B., LEMAIRE, B., GIANI, A., FIGUEREDO, C. C., & NASCIMENTO, N. Modelagem da dinâmica de cianobactérias integrada à modelagem hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Pampulha. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. (2013).

SILVA, N. H. V. F. **Comunidade fitoplanctônica em uma lagoa com múltiplos usos: lagoa Juara/Serra**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo, 2013.

SILVEIRA, M. H. **Estrutura e dinâmica do fitoplancton e fatores direcionadores da dominância de cianobactérias em uma lagoa rasa subtropical (Lagoa do Peri, SC)**. Dissertação (mestrado em ecologia).Universidade Federal de Snta Catarina, 2013.

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, v. 125, p. 1-18, 1960.

SOARES, M. C. S.; HUSZAR, V. L. M. e ROLAND F. Phytoplankton dynamics in two tropical rivers with different degrees of human impact (Southeast Brazil). **River. Res. Applic.** n . 23, p. 698–714, 2007.

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-DOI: 10.4025/actascibiolsci. v31i3. 1266. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 3, p. 245-253, 2009.

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

TANIGUCHI, G.M; BICUDO, D.C. e SENNA, P.A.C, Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. **Revista Brasileira de Botanica**, v.28, n.1, p.137-147, 2005.

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

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marc. Chem.**, v. 10, p. 1109-122, 1981.

VIEIRA, B. H., PEREIRA, R. H. G; DERBÓCIO, A. M. Análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica de um ecossistema aquático utilizado para o cultivo de peixes em tanque-rede, pantanal de miranda, MS. **B. Inst. Pesca**. São Paulo, v. 35, n. 4, p. 567 - 576, 2009.

VOLLENWEIDER, R. A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. **Technical Report** v.27, n.68.1968.

WANG, Y.; ZHAO, M.; PAN, X. e DAÍ, C. Dynamic Analysis of a Phytoplankton-Fish Model with Biological and Artificial Control. **Hindawi Publishing Corporation**. v. 2, n. 1, 2014.

9. ARTIGO 2

Distribuição longitudinal do fitoplâncton em uma lagoa costeira urbana (lagoa Jacuném, Serra/ES).

LORENA BAPTISTA ALMEIDA^{1*} & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES¹

¹ Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Botânica / CCHN – PPGBV – Av. Fernando Ferrari n° 514, Campus Goiabeiras, Vitória (ES), CEP: 29075-015.

*Autor para correspondência: lorenabaptista.almeida@gmail.com

Título resumido: Comunidade fitoplanctônica na lagoa Jacuném, ES.

A ser encaminhado para a Revista Brasileira de Botânica.

Normas disponíveis em:

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

Resumo: (Distribuição Longitudinal do Fitoplâncton Em Uma Lagoa Costeira Urbana (Lagoa Jacuném, Serra/ES)). O objetivo do trabalho foi avaliar a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica em seis estações amostrais na lagoa Jacuném, localizada no município da Serra/ES. Esse ambiente se localiza em região densamente urbanizada e industrializada e está submetida ao lançamento de efluentes domésticos e industriais. Foi realizada em setembro de 2013 e obtidos dados de: condutividade elétrica, pH, profundidade, temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, limite da zona eufótica, sólidos totais em suspensão, turbidez, velocidade do vento, principais nutrientes, Os atributos da comunidade fitoplanctônica analisados foram: biovolume, clorofila *a*, densidade total e de Classes, diversidade e equitabilidade. Foi avaliada a similaridade florística pelo índice de Jaccard, aplicado o teste de Kruskal-Wallis e utilizadas as análises de componentes principais e de correspondência canônica. A comunidade fitoplanctônica da lagoa Jacuném foi fortemente influenciada pelo lançamento de efluentes domésticos, apresentando maiores valores de densidade, clorofila *a* e biovolume na estação EA1, devido a maior concentração de nutrientes nesta região. Entretanto, as demais estações amostrais também se apresentaram influenciadas pelo lançamento de efluentes domésticos, evidenciando que toda a lagoa se encontra impactada antropicamente.

Palavras-chave: fitoplâncton, efluente doméstico, nutriente, densidade.

Introdução

O fitoplâncton é composto por diversas populações de microalgas que vivem livres na coluna d'água, algumas espécies apresentam locomoção por meio de flagelos ou outros mecanismos hidrodinâmicos (WETZEL, 2001), há também espécies que não possuem mecanismos de locomoção e assim vivem a mercê dos movimentos da água.

A comunidade fitoplanctônica é o principal produtor primário dos ambientes aquáticos, e variações em seu estado fisiológico estão relacionadas às condições do ambiente em que vivem (WETZEL 1981, REYNOLDS 1997, BARROS *et. al.* 2013). A distribuição na coluna d'água e a frequência das espécies fitoplanctônicas são influenciadas pelas variáveis dos ecossistemas aquáticos, o que permite usar o fitoplâncton como bioindicador de qualidade ecológica (DE LA LANZA *et. al.* 2000).

Assim, o estudo da comunidade fitoplanctônica representa uma análise indireta e instantânea da qualidade do ambiente, pois respondem rapidamente às oscilações do meio por terem curto tempo de geração (HUSZAR *et. al.* 1998, D'ALESSANDRO 2014). O conhecimento sobre a estrutura e dinâmica destes organismos é muito útil para estudos em todos os ecossistemas aquáticos, como reservatórios, rios e lagoas.

Lagoas são ecossistemas aquáticos continentais que possuem pouca profundidade (HERNANDEZ-MORALES, 2008) e alta biodiversidade e são muito usadas pelo homem para diversos fins. Segundo Kjerfve (1994), as lagoas costeiras ocupam cerca de 13% dos ambientes continentais e podem sofrer impactos naturais e antrópicos. Os aglomerados urbanos sempre se desenvolveram próximo a esses ambientes devido aos múltiplos usos que faz deste, como pesca, recreação, lazer, irrigação, abastecimento, despejo de efluentes domésticos e industriais, entre outros.

O intenso uso das lagoas, somado a falta de medidas adequadas de sustentabilidade dos ambientes, tem deteriorado esses ecossistemas aquáticos no Brasil e no mundo (D'ALESSANDRO, 2014). Segundo Jardim *et. al.* (2014) o lançamento de esgotos domésticos e industriais no ambiente aquático, mesmo quando tratados, é o principal impacto poluidor das lagoas, ocasionando aceleração no processo de eutrofização.

A lagoa Jacuném (Serra/ES) é uma lagoa costeira localizada em área densamente urbanizada e industrializada nas últimas décadas e, apesar da importância regional para a pesca e lazer/recreação, tem sua qualidade ecológica extremamente comprometida devido aos impactos antrópicos aos quais está submetida.

Assim sendo, a presente pesquisa visa avaliar a distribuição da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as principais variáveis limnológicas na lagoa Jacuném, visando subsidiar a tomada de medidas para recuperação deste ecossistema aquático.

Material e métodos

Esta pesquisa foi realizada na lagoa Jacuném, no município de Serra/ES (20°09'S e 40°14'W), região caracterizada por clima tropical quente e úmido, com temperatura média de 24°C (PMS, 2010) (Figura 1). A lagoa Jacuném pertence à bacia do rio Jacaraípe, possui área superficial de 1,4km², profundidade média de 1,8m; estima-se que o volume médio seja de 2.550.000m³ (RANGEL *et. al.*, 2000) e ela se conecta com o rio Jacaraípe, o qual deságua no mar.

Deságuam na lagoa os córregos: Barro Branco, Jacunem e Vener, os quais percorrem áreas densamente ocupadas e sem saneamento básico. A alta carga de poluentes lançados nos córregos provoca queda da qualidade da água da lagoa, mesmo quando esses efluentes passam por estações de tratamento (ETE).

Foi realizada coleta no mês de setembro/2013, em 6 estações amostrais na lagoa Jacunem. A estação amostral 1 (EA1) se localiza próximo a uma região muito usada pelos pescadores locais e próxima à construção da sede da APA da lagoa Jacunem, possui muitas macrófitas próximas às margens e é a região mais próxima ao córrego Vener e do córrego Jacuném (ambos carregam efluentes de diferentes origens), coordenadas 20°10'16" S / 40°14'26" W; a estação amostral 2 (EA2) se localiza em um braço da lagoa, com margens bem preservadas e nas coordenadas 20°10'20" S / 40°13'74" W; a estação 3 (EA3) é uma região intermediária da lagoa, com margens também preservadas e coordenadas 20°09'56"S / 40°13'31"W; a estação 4 (EA4) é próxima a entrada do segundo "braço" da lagoa, a um estabelecimento comercial e a um conjunto de casas residenciais em construção, nas coordenadas 20°09'41" / 40°12'85" W; a estação amostral 5 (EA5) se localiza na desembocadura da lagoa, onde há o escoamento da água em direção ao rio Jacaraípe, coordenadas 20°09'19" S / 40°12'54" W; e a estação amostral 6 (EA6) se localiza próxima ao córrego Rio Branco que recebe efluentes domésticos de bairros próximos e é submetida a constantes dragagens, coordenadas 20°09'13"S / 40°12'85" W (Figura 1).

Os dados climatológicos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica do mês da coleta foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) de Vitória, distante cerca de 23,9km da lagoa.

Em cada estação amostral foram determinados em campo: condutividade elétrica, pH, velocidade do vento, profundidade, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, transparência da água e limite da zona eufótica.

Em laboratório determinou-se os sólidos totais em suspensão (APHA, 1992), a turbidez, e os seguintes nutrientes: fósforo total (VALDERRAMA, 1981), ortofosfato

(STRICKLAND & PARSONS, 1960), nitrito (GOLTERMAN *et. al.*,1978) e nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994).

As amostras para quantificação de nitrato (MACKERETH *et. al.*,1978), nitrogênio total (CARMOUZE, 1994) e silicato (CARMOUZE, 1994) foram enviadas ao Laboratório de Ciências Ambientais, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

O fitoplâncton foi coletado utilizando-se rede de plâncton de 20 µm de porosidade e as amostras foram fixadas com solução de formalina 8% conforme Bicudo & Menezes (2005), para as análises qualitativas.

Seguiu-se o método de sedimentação em câmaras proposto por Utermöhl (1958) para análise quantitativa; as amostras foram fixadas com solução de lugol acético 5% e utilizando-se o trabalho de Lund *et. al.* (1958) como base, um número suficiente de campos foi contado até o registro de 800 indivíduos da espécie mais abundante, sendo os resultados expressos em ind./mL. Os indivíduos das análises qualitativas e quantitativas foram esquematizados e identificados com auxílio de microscópio óptico Olympus CX e bibliografia especializada, respectivamente.

A clorofila *a* foi determinada segundo Lorenzen (1967) e as amostras foram filtradas em campo e a extração com acetona 90%. O biovolume foi calculado conforme Hillebrand *et. al.* (1999), Sun & Liu (2003) e Fonseca *et. al.* (2014), sendo medidos, sempre que possível, 20 indivíduos por táxon. O resultado foi expresso em mm³/L.

Foi determinado o Índice de Jaccard, para avaliar a similaridade florística entre as estações amostrais, expressando semelhança entre estas através do número de espécies comuns (FERREIRA JÚNIOR, 2008).

Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Weanner (1963), a partir de dados de densidade e expresso em bits/ind e a equitabilidade através da proposta de Pielou (1975, apud LEGENDRE & LEGENDRE, 1983), utilizando-se o programa Basic.

Para verificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as variáveis bióticas e abióticas ao longo das estações amostrais foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. Quando as diferenças ocorreram, o teste de Dunn foi utilizado para verificar entre quais pares de estações havia diferenças. Estes testes, por sua vez, foram efetuados através do programa BioEstat.

Os dados abióticos foram logaritmizados e analisados através da análise de componentes principais (ACP), ordenando-os com as estações amostrais. Para a ordenação das variáveis abióticas, bióticas e das estações amostrais, foi realizada a análise de correspondência canônica (CCA). Ambas as análises foram feitas com auxílio do programa PCOrd 6.1.

Resultados/Discussão

A lagoa Jacuném é um ambiente raso e que sofre intensa ação do vento, ocasionando homogeneidade no ecossistema. O mês de setembro, historicamente, segundo os dados do Incaper. A temperatura do ar, neste mês variou em torno de 21°C a 30°C e durante a coleta variou de 27°C a 29°C. Portanto, o mês da coleta foi caracterizado como típico, ou seja, sem alterações do padrão histórico climático.

A salinidade foi constante em todas as estações amostrais, com valor de 0,1ppt. Os valores de turbidez, sólidos totais suspensos e condutividade elétrica se apresentaram elevados em todas as estações amostrais (Tabela 1). Em contrapartida, os valores de transparência e zona eufótica foram baixos. Nunes e Silva (2005) encontraram valores inferiores de turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica e valores superiores de

transparência, estudando uma lagoa urbana no estado de Mato Grosso. Contudo, Cunha *et. al.* (2013) registraram valores semelhantes aos do presente trabalho ao avaliar a qualidade da água (turbidez, sólidos totais suspensos, condutividade elétrica, transparência e zona eufótica) em uma lagoa no Rio Grande do Sul e explicaram esse fato devido ao aporte de efluentes domésticos na lagoa estudada, os quais, por apresentarem elevada concentração de partículas diminuem a incidência luminosa no ambiente. As estações amostrais apresentaram pouca diferença significativa quanto aos valores de turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais suspensos (Tabela 2).

A concentração de nutrientes foi elevada em todas as estações amostrais, principalmente as formas nitrogenadas (Tabela 1). Os maiores valores foram registrados na estação EA1 e uma possível causa para isso é a presença dos córregos Veneer e Jacuném que veiculam efluentes domésticos nessa região e também pela ação do vento nordeste, que segundo Leal (2006), faz com que haja uma movimentação preferencial da água em direção ao sudoeste, concentrando material nesta região (em direção a EA1). A estação EA6 também se destacou pelos elevados valores de nutrientes, provavelmente devido à presença de efluentes domésticos carreados pelo córrego Barro Branco para a lagoa, próximo a essa região.

Da Silva *et. al.* (2010) estudando a eficiência na remoção de nutrientes em lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte, registraram menores valores de ortofosfato ($3,8\mu\text{g/L}$) e de nitrogênio amoniacal ($16,1\ \mu\text{g/L}$) antes da remoção dos efluentes. Andrade *et. al.* (2012) avaliaram o fluxo de nutrientes em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, e encontraram valores inferiores aos do presente trabalho: $8\mu\text{g/L}$ de nitrato, $4\mu\text{g/L}$ de nitrogênio amoniacal e $0,48\mu\text{g/L}$ de nitrito. Entretanto, Pinto *et. al.* (2014), estudando uma lagoa submetida a lançamentos de efluentes domésticos registraram valores semelhantes de nutrientes,

evidenciando que lagoas influenciadas por esgotos apresentam altas concentrações de ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.

A concentração de clorofila *a* foi elevada em todas as estações amostrais, com destaque para EA1 e EA6 (Figura 2). Tal fato pode ser explicado pela floração de espécies fitoplanctônicas praticamente em toda extensão da lagoa, estimulada pela luz e pela disponibilidade de nutrientes. Scheffer *et. al.* (1998) afirmaram que há correlação entre a concentração de nutrientes e de clorofila *a* devido ao incremento de nutrientes favorecerem a proliferação de algas no ecossistema.

A análise de componentes principais (PCA) explicou 87,2% da variabilidade conjunta dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 3). No eixo 1 (67,3% de explicação) as estações amostrais EA2 e EA4 se posicionaram acima do eixo, relacionando-se com ortofosfato e sólidos totais suspensos; já as estações EA1, EA3, EA5 e EA6 se localizaram abaixo do eixo (Figura 3). Apesar da pouca explicabilidade do eixo 2 (19,9%), houve nítida separação da estação EA1 das outras estações amostrais, se associando com os valores de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e fósforo total, o que evidencia a maior concentração dos nutrientes nesta região.

A comunidade fitoplanctônica da lagoa Jacuném esteve composta por 150 táxons distribuídos em 12 Classes. Cyanophyceae foi a que mais contribuiu em número de táxons (55), seguida por Bacillariophyceae (31), Chlorophyceae (25), Coscinodiscophyceae (13), Euglenophyceae (11), Trebouxiophyceae (7), Conjugatophyceae (2), Fragillariophyceae (2), Dunophyceae (1), Klebsormidiophyceae (1), Oedogonophyceae (1) e Xanthophyceae (1) (Figura 4). Número inferior de táxons foi registrado por Campos (2012) na lagoa da Pampulha (MG) (128 táxons), com predomínio de cianobactérias, entretanto Soldatelli &

Schwarzbold (2010) registraram um total de 242 táxons em lagoas de maturação, no Rio Grande do Sul.

O índice de Jaccard demonstrou que a maior similaridade florística foi registrada entre as estações EA3 e EA6 e a menor similaridade entre EA2 e EA5 (Tabela 4). Entretanto, os valores obtidos foram semelhantes quando comparadas as estações amostrais na lagoa, evidenciando a uniformidade dos táxons.

A densidade total foi elevada na lagoa Jacuném, variando de 58.347 ind/mL (EA3) a 75.614 ind/mL (EA1), considerando todas as estações amostrais (Figura 5). A alta carga de efluente lançada na estação EA1 proveniente dos córregos Vener e Jacuném eleva as concentrações de nutrientes nesta região, conforme explicado anteriormente, dessa forma o ambiente se torna propício para o desenvolvimento e proliferação de algas. Domingos *et.al.*(2012) registraram densidade fitoplanctônica mais elevada na lagoa Rodrigo de Freitas (variando de 30.000ind/mL e 250.000ind/mL), e explicaram o fato pela presença de efluentes domésticos e alta urbanização no entorno da lagoa. No presente estudo, os valores de densidade total acompanharam o padrão espacial observado na concentração de clorofila *a*.

A Classe Cyanophyceae foi a que mais contribuiu para a densidade total em todas as estações amostrais (Figura 6). As cianobactérias formam um grupo de algas extremamente oportunistas (HUZSAR *et. AL.*, 2000), capazes de proliferar de forma muito rápida em ambientes propícios, como aqueles com alta concentração de nutrientes (RODARTE, *et. al.*, 2014), como a lagoa Jacuném .

A lagoa Jacuném caracterizou-se por apresentar águas com pH levemente alcalino, variando de 7,6 na estação EA1 a 9,71 na estação EA5 (Tabela 1). Ecossistemas com alta

densidade fitoplanctônica geralmente possuem pH maior que 7, pois a atividade fotossintética torna o pH do ambiente alcalino (HANSEN, 2002), fato detectado na lagoa em questão.

A espécie *Synechocystis aquatilis* Sauvageau da Classe Cyanophyceae foi considerada dominante em todas as estações amostrais. Segundo Pereira (2012), esse gênero é bem versátil quanto ao enriquecimento de recursos e o fato de possuírem tamanho reduzido e reproduzirem-se de forma acelerada proporciona sua proliferação em condições adequadas. Tal fato foi observado no ambiente estudado e semelhante àquele registrado por Hernandez (2013) ao estudar a comunidade fitoplanctônica em lagoas facultativas do Valle Del Cuaca, Colômbia.

Os táxons abundantes (8) nas amostragens, pertenceram a 2 Classes diferentes: 7 à Classe Cyanophyceae (*Arthrospira platensis* Gomont, *Microcystis proctocystis* W. B. Crow, *Microcystis botrys* Teiling, *Microcystis* sp1, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e S. Raju, *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis e Komárek e *Synechococcus sigmoideus* (G. Moore e N. Carter) Komarek) e 1 à Classe Coscinodiscophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehremberg) Simonsen).

O biovolume fitoplanctônico variou de 6,9 mm³/L na estação EA3 a 8,47mm³/L na estação EA1 (Figura 7). Os elevados valores de biovolume podem estar relacionados à abundância de indivíduos da Classe Cyanophyceae. A estação amostral EA1 apresentou o maior valor médio de biovolume e também a maior densidade total, como afirmando anteriormente, esse fato também pode ser explicado pela maior concentração dos nutrientes e consequentemente melhor condição para a comunidade fitoplanctônica se proliferar. A estação amostral EA6 também apresentou elevados valores de biovolume (Figura 7). Essa região também é influenciada pelos efluentes domésticos lançados na lagoa pelo córrego

Barro Branco. Barros *et. al.* (2006) registraram valores semelhantes (entre $0\text{mm}^3/\text{L}$ a $16\text{mm}^3/\text{L}$) ao estudarem o lago Dom Helvécio (MG)

Os valores de diversidade de Shannon-Wiener variaram de 1,2 bits/ind na estação EA1 a 2,3bits/ind na estação EA3 (Figura 8). A variação da equitabilidade foi de 0,28 na estação EA2 a 0,51 na estação EA3. Muitos indivíduos de poucas espécies podem ter contribuído para os baixos índices de diversidade e equitabilidade. Almeida & Mello (2011) encontraram valores maiores de diversidade (1,02 a 4,5bits/ind) e inferiores de equitabilidade (0,07 a 0,34) ao estudar o lago Catalão (AM) que recebe efluente doméstico, e atribuíram os baixos valores de equitabilidade à proliferação de espécies oportunistas no ambiente, em época de seca.

A análise de correspondência canônica (ACC) resumiu 99,8% da variabilidade conjunta dos dados abióticos e bióticos (Tabela 5) e evidenciou significância entre os eixos ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Monte Carlo. A estação EA1 se correlacionou positivamente com os dados de nitrogênio amoniacal, biovolume, densidade total, densidade da Classe Cyanophyceae e densidade da Classe Chlorophyceae (Figura 9), corroborando o fato de que esta estação amostral apresentou os maiores valores dessas variáveis, favorecidas pelo aporte de efluentes domésticos e que portanto, foi a estação considerada mais impactada na lagoa Jacuném.

Apesar a estação EA1 ser a mais impactada, as demais estações amostrais também se apresentaram fortemente influenciadas pelo despejo de efluentes domésticos e industriais na lagoa. A estação EA6 foi influenciada pelo aporte de efluente doméstico oriundo do córrego Barro Branco, também apresentando elevados valores de nutrientes e densidade total, e esse fato também foi observado para a estação EA5. As demais estações amostrais (EA2, EA3 e

EA4) também se encontram impactadas, possivelmente devido ao fluxo na lagoa (vento) que contribui para a homogeneidade da lagoa.

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciaram que, de maneira geral, a lagoa Jacuném apresenta semelhante composição ficoflorística e elevada densidade fitoplanctônica, considerando-se todas as estações amostrais. Tal fato é explicado pelo lançamento de fluentes domésticos e industriais na lagoa diretamente ou via córregos contribuintes, aumentando a concentração de nutrientes e promovendo, inclusive, florações de cianobactérias, alterando sua qualidade ecológica e impossibilitando o uso da lagoa para múltiplos fins.

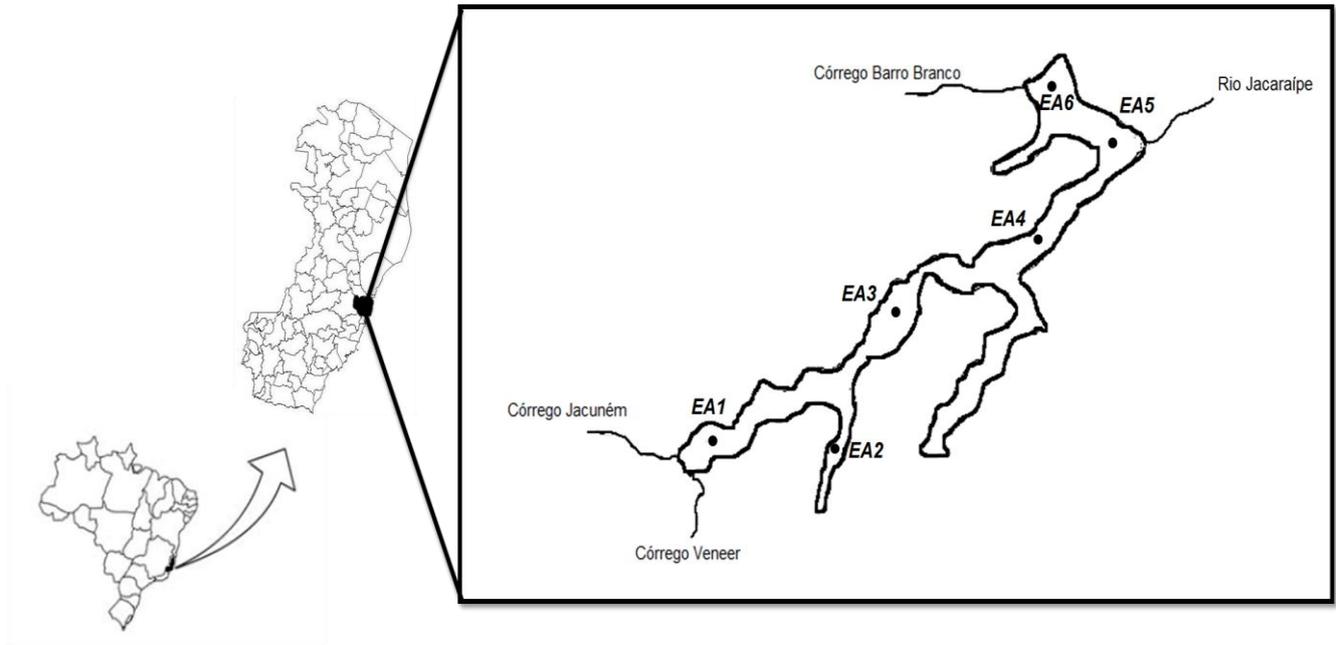


Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do estado do Espírito Santo, com destaque da lagoa Jacuném e destaque para a localização das estações amostrais.

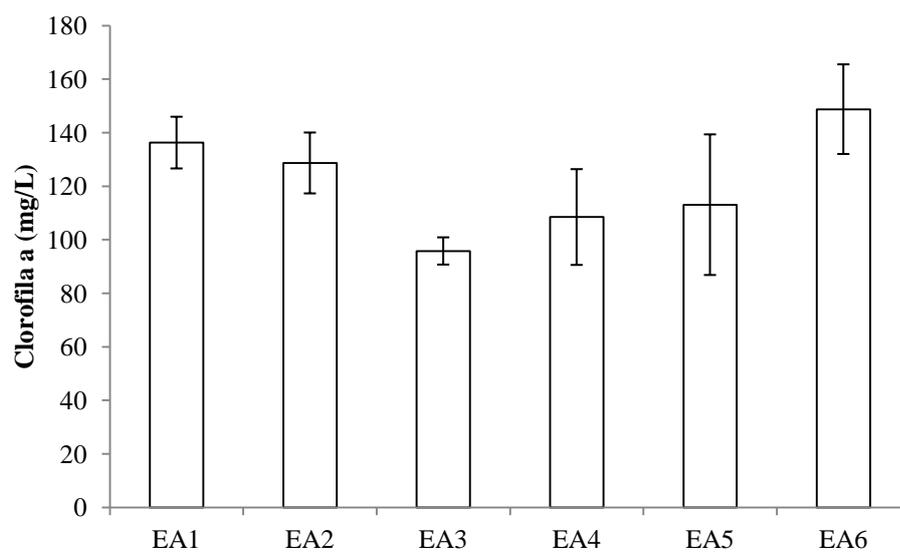


Figura 2: Variação espacial da clorofila *a* da comunidade fitoplanctônica nas estações amostrais da lagoa Jacunem.

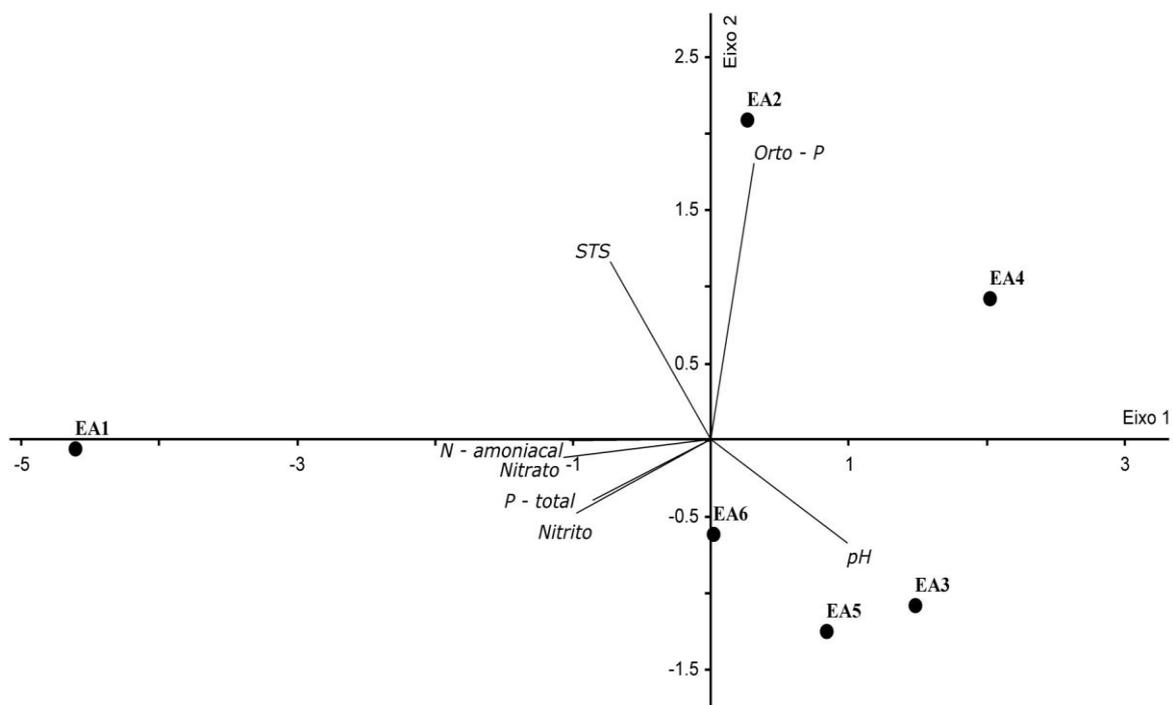


Figura 3: Análise de componentes principais (PCA) das variáveis abióticas para as estações amostrais da lagoa Jacuném.

*STS = sólidos totais suspensos, Orto - P = ortofosfato, P - total = fósforo total e N - amoniacal = nitrogênio amoniacal.

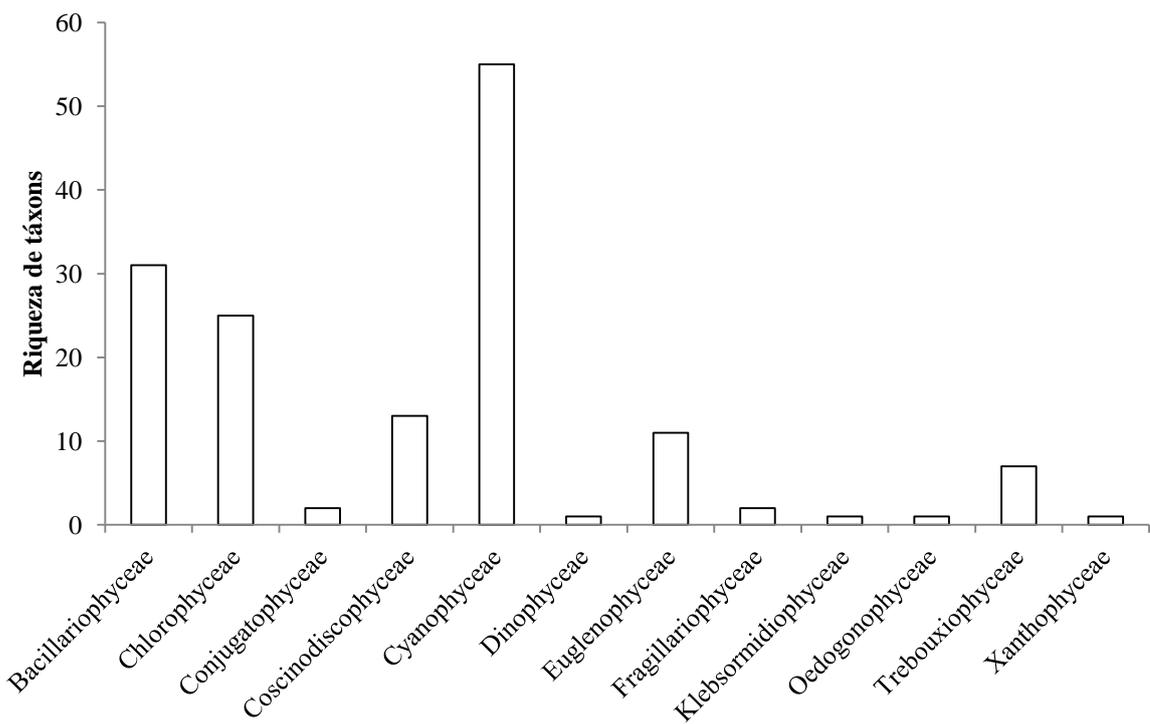


Figura 4: Contribuição das Classes de algas fitoplanctônicas, quanto à riqueza de táxons, na lagoa Jacuném.

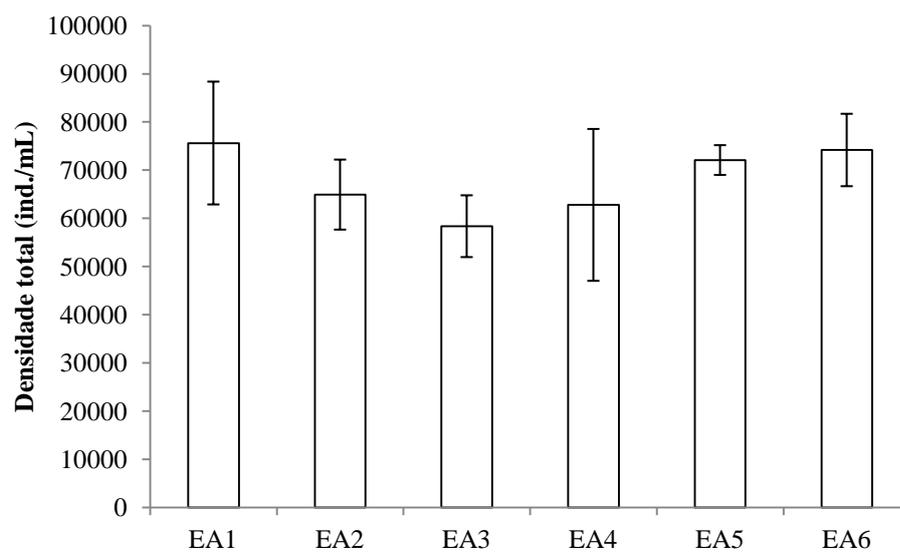


Figura 5: Variação espacial da densidade total da comunidade fitoplanctônica nas seis estações amostrais da lagoa Jacuném.

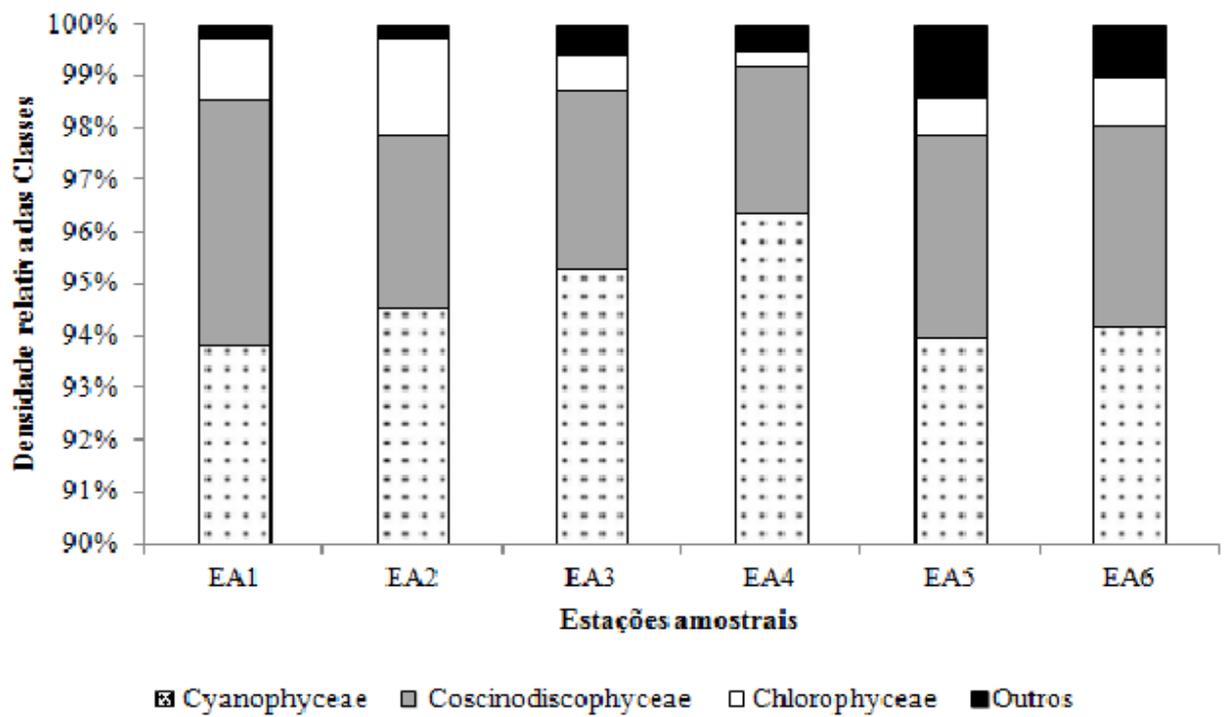


Figura 6: Contribuição relativa (%) das Classes fitoplanctônicas, em termos de densidade, nas estações amostrais da lagoa Jacuném.

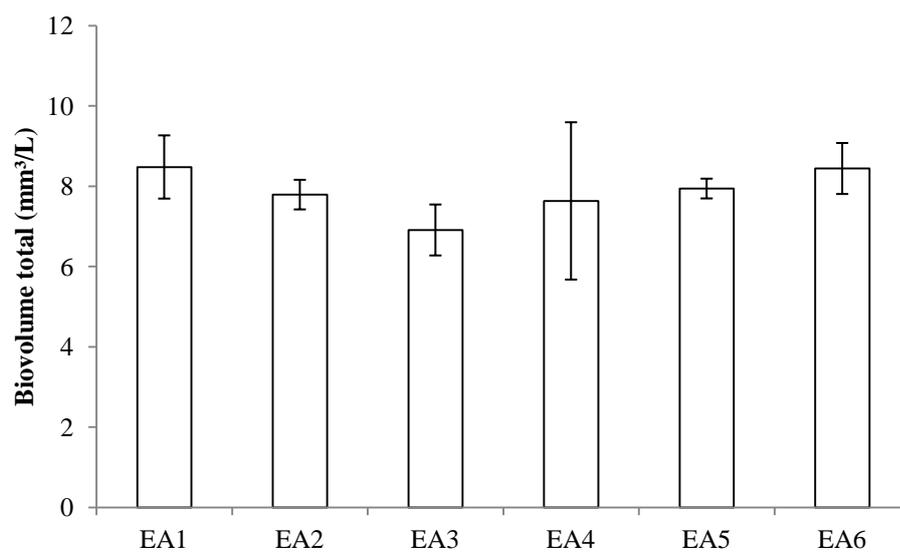


Figura 7: Variação espacial do biovolume da comunidade fitoplanctônica nas estações amostrais.

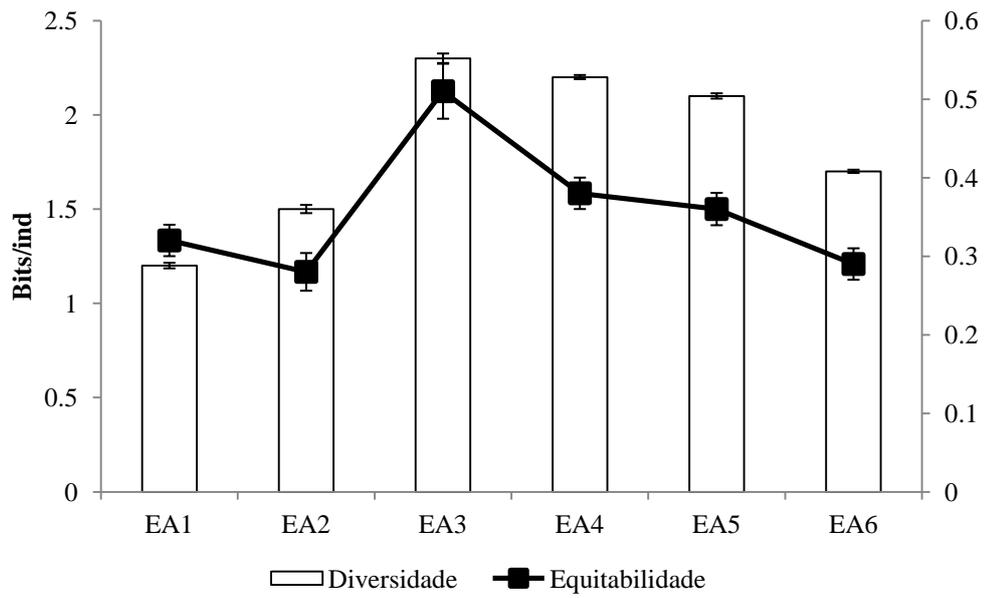


Figura 8: Variação espacial da diversidade específica e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas estações amostrais da lagoa Jacuném.

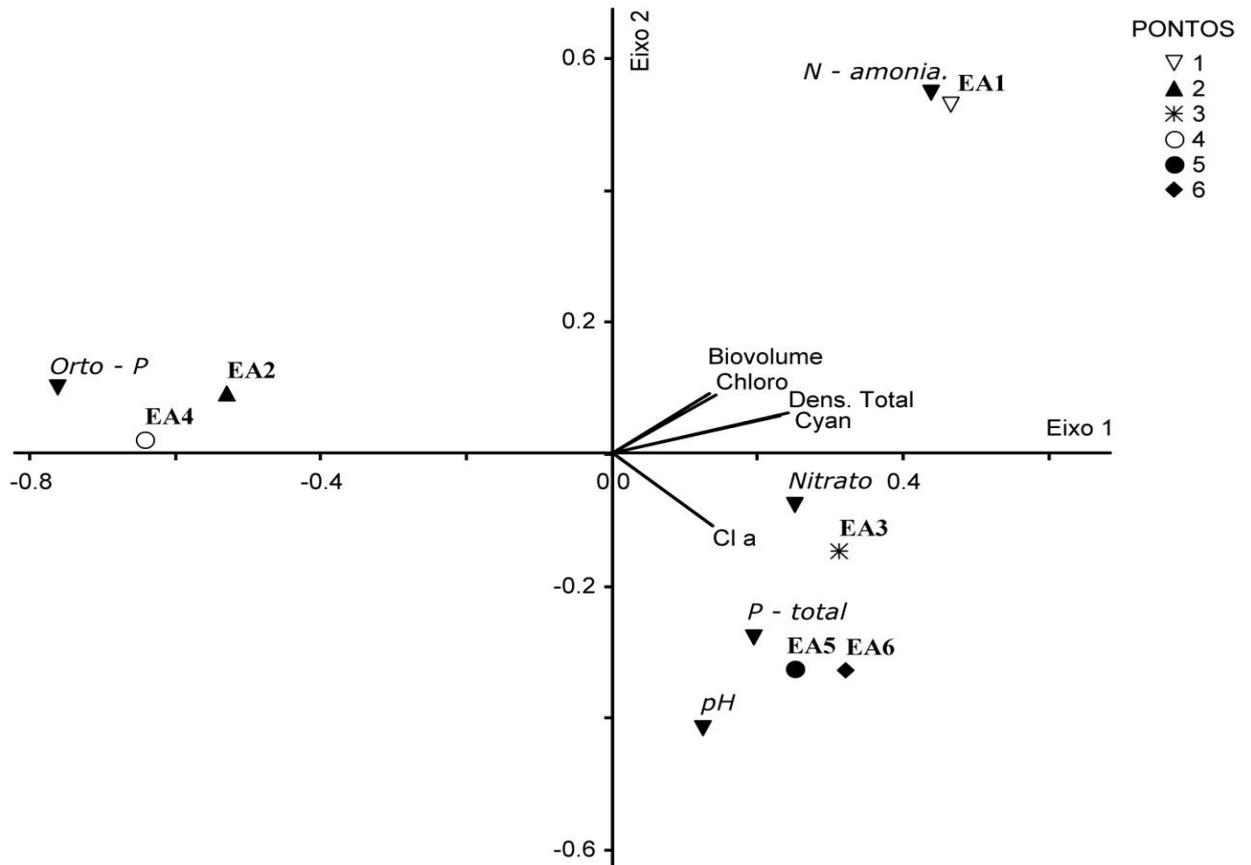


Figura 9: Análise de Correspondência Canônica das variáveis abióticas e bióticas, com ordenação da estações amostrais.

*Orto-P = ortofostato, N-amonia = nitrogênio amoniacal, Chloro = densidade da Classe Chlorophyceae, Cyan = densidade da Classe Cyanophyceae, Dens total = densidade total, Cl a = clorofila a e P-total = fósforo total.

Tabela 1: Valores médios das principais variáveis limnológicas nas estações amostrais da lagoa Jacunem.

Variáveis	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Velocidade do vento	2.1	4.0	1.0	1.4	3.0	3.7
Temperatura da água	26.6	27.2	27.3	26.9	2.4	27.4
Oxigênio dissolvido	18.4	8.1	5.6	8.8	8.9	11.7
Turbidez	84.5	104.5	77.6	83.3	109.3	107.8
Sólidos totais suspensos	50.4	51.3	39.0	41.6	41.1	47.0
Transparência	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Zona eufótica	0.5	0.7	0.7	0.7	0.4	0.7
Condutividade elétrica	248.0	222.5	226.7	126.0	225.7	230.9
pH	7.6	8.6	9.4	9.5	9.7	9.3
Ortofosfato	101.0	33.7	47.2	46.7	56.6	43.6
Fósforo total	142.3	97.2	80.1	84.1	111.2	132.4
Nitrogênio amoniacal	788.4	36.9	40.1	24.0	25.6	28.8
Nitrito	72.1	4.1	6.3	5.6	10.7	6.1
Nitrato	1800.5	437.6	384.8	286.1	396.9	466.5

Sendo: velocidade do vento em (m/s), temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), turbidez em (NTU), sólidos totais suspensos em (mg/L), transparência e zona eufótica em (m), condutividade elétrica em ($\mu\text{S}/\text{cm}$), ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em ($\mu\text{g}/\text{L}$) e diversidade em bits/ind.

Tabela 2: Comparação longitudinal de estações amostrais na lagoa Jacuném através de teste Kruskal-Wallis/Dun utilizando variáveis físicas, químicas e biológicas. * = significativo, ns= não significativo.

Variáveis	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	2x3	2x4	2x5	2x6	3x4	3x5	3x6	4x5	4x6	5x6
Turbidez	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns
Sólidos totais suspensos	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns
Clorofila a	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
Ortofosfato	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns						
Fósforo total	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
Nitrogênio amoniacal	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns
Nitrito	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*
Nitrato	*	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
Densidade total	ns	*	*	ns	ns	ns									
Dens. Cyanophyceae	ns	*	*	ns	ns	ns									
Dens. Chlorophyceae	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
Biovolume	ns	*	ns	*	*	ns	ns	ns							
Diversidade	*	*	*	ns	*	ns	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*
Equitabilidade	*	*	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*

Tabela 3: Correlação das variáveis abióticas com os componentes principais da PCA.

RESULTADOS	EIXO 1	EIXO 2
AUTOVALORES	4.715	1.393
% EXPLICADA	67.36	19.905
Broken - Stick	2.593	1.593
Variáveis	Autovalores	
Sólidos totais suspensos (STS)	-0.679	0.5867
pH	0.9156	-0.3408
Ortofosfato (Orto - P)	0.2924	0.9108
Fósforo total (P - total)	-0.7913	-0.2002
Nitrogênio amoniacal (N - amoniacal)	-0.9497	-0.0062
Nitrito	-0.9033	-0.2444
Nitrato	-0.9932	-0.0594

Tabela 4: Matriz de similaridade (Índice de Jccard) obtida para as seis estações amostrais na lagoa Jacuném (valores em porcentagem).

	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
EA1	100					
EA2	23.9	100				
EA3	28.0	31.1	100			
EA4	33.3	27.5	33.3	100		
EA5	23.7	22.4	28.9	22.9	100	
EA6	23.7	28.2	37.3	35.5	32.1	100

Tabela 5: Resultados obtidos para os eixos da ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e bióticas com os eixos com maior explicação.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0.043	0.008
% Variância explicada	84.3	15.5
% Variância acumulada	84.3	99.7
Correlação Pearson's	1	1
Variáveis abióticas (Coeficientes de correlação)		
pH	0.124916	-0.416931
Ortofosfato (Orto - P)	-0.76217	0.100183
Fósforo rotal (P - total)	0.194867	-0.280165
Nitrogênio amoniacal (N - amonia.)	0.436649	0.545175
Nitrato	0.250067	-0.079724
Variáveis bióticas (Correlação das variáveis com os eixos)		
Clorofila a (Cl a)	0.304	-0.371
Densidade total (Dens. Total)	0.531	0.204
Densidade Cyanophyceae (Cyan)	0.503	0.192
Densidade Chlorophyceae (Chlo)	0.311	0.291
Biovolume	0.294	0.304

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F., & MELO, S. 2011. Phytoplankton community structure in an Amazon floodplain lake (Lago Catalão, Amazonas, Brazil). *Neotropical Biology and Conservation*, 6(2), 112-123.
- ANDRADE, C. F., NIENCHESKI, L. F., ATTISANO, K. K., MILANI, M. R., SANTOS, I. R., & MILANI, I. C. (2012). Fluxos de nutrientes associados às descargas de água subterrânea para a Lagoa Mangueira (Rio Grande do Sul, Brasil). *Quim. Nova*, 35(1), 5-10.
- 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.
- BARROS, C.F.A; SANTOS, A.M.M.S. & BARBOSA, F.A.R. 2013. Phytoplankton diversity in the middle Rio Doce lake system of southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 27, 327-346.
- BARROS, C. F. A., SOUZA, M. B. G., & BARBOSA, F. A. R. (2006). Seasonal mechanisms driving phytoplankton size structure in a tropical deep lake (Dom Helvécio Lake, South-East Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(1), 55-66.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2005. São Carlos: Rima. 508p.
- CAMPOS M.A. 2012. Fatores que influenciam a distribuição espacial do fitoplankton na lagoa da Pampulha, HB, MG. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- CARMOUZE, J. P. 1994. Análises químicas dos nutrientes: nitrato, nitrito, amônio, ortofosfato e ortossilicato. In: O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. São Paulo: FAPESP, p. 157 – 182.
- CUNHA, R.W.; GACRIA Jr, M.D.N.G; ALBERTONI, E.F. & PALMA-SILVA, C. 2013. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, p.770–779.
- D’ALESSANDRO, E.B.; SAAVEDRA, N.K., SANTIAGO, M.F. SILVA, M.F. 2014. Dinâmica e sazonalidade das variáveis físico-químicas e biológicas de uma lagoa facultativa. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 9, 10-23.
- DA SILVA, L. K. T., DE SOUZA, M. A. G., PIRES, A. D. M., LIMA, K. D. S., ALBUQUERQUE, B. C. D., & ARAÚJO, A. L. C. 2010. Avaliação preliminar da eficiência de remoção de nutrientes, em três sistemas de lagoas de estabilização no estado do Rio Grande do Norte. In V CONNEPI-2010.
- DE LA LANZA, E. G., S. HERNÁNDEZ P. Y J. L. CARVAJAL P. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Edit. Plaza y Valdez. México. 43-108.
- DOMINGOS P.; GOMARA, G.A; SAMPAIO, G.F.; SOARES, M.F. & SORAES, F.F.L. 2012. Eventos de mortalidade de peixes associados a florações fitoplanctônicas na lagoa Rodrigo de Freitas: programa de 10 anos de monitoramento. *Oecologia Australis*. 16(3): 441-466.
- FERREIRA JUNIOR, E.V; COARES, T.S.; COSTA, M.F.F. e SILVA, V.S.M. 2008. Composição, diversidade e similaridade florística em uma floresta tropical semidecídua submontana em Marcelândia – MT. *Acta Amazonica*, v. 38, n.4, p 673 – 680.
- FONSECA, B. M; FERRAGUT, C.; TUCCI, A.; CROSSETTI, L.O.; FERRARI, F.; BICUDO, D.C.; SANT’ANA, C.L.; BICUDO, C.E.M. 2014. Biovolume de cianobactérias e algas de reservatórios tropicais do Brasil com diferentes estados tróficos... *Hoehnea*, v.41, n.1, p.9-30.

- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. 1978. Methods for chemical analysis of freshwater. (IBP Handbook, n. 8 2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p.
- HANSEN, P. J. 2002. Effect of high pH on the growth and survival of marine phytoplankton: implications for species succession. *Aquatic microbial ecology*, 28(3), 279-288.
- HERNANDES-MORALOES, R.; Ortega-Murillo M. R.; Alvarado-Villanueva R.; Sánchez-Heredia, J. D. & Medrano-Zarco, F. 2008. Variación anual Del fitoplancton en el Lago Cráter La Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. 10, 5-17.
- HERNÁNDEZ, C. V. A. 2013. Estructura y dinámica de comunidades microalgales asociadas a lagunas facultativas secundarias en la estación de investigación y transferencia de tecnología en aguas residuales y reuso, municipio de Ginebra, Valle del Cauca (Doctoral dissertation). Colombia.
- HILLEBRAND, H.; DURSELEN, C.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGER, U. e ZOHARAY, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.*, v.35, p.403-424.
- HUSZAR, V.L.M; SILVA, L.S.H; DOMINGOS, P.; MARINHO, M.M. & MELO, S. 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian lakes. *Hydrobiologia*, 129, 59-71.
- JARDIM, F.A.; SPERLING, E.V.; JARDIM, B.F.M & ALMEIDA, K.C.B. 2014. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. 19, 207-218.
- KJERFVE, B. Coastal lagoons. 1994. In: KJERFVE, B. (Ed) Coastal lagoons Processes. Elsevier Science, Amsterdam. 1-8.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. Numerical ecology. 1983. Elsevier Sci. Publ., 419 p.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. 1967. *Limnology and Oceanography*, v. 12, p. 343-346.
- LUND J. W. G.; KIPLING, C. R., LENCREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimating by counting 1958. *Hydrobiologia*, v.11, p. 143-170.
- NUNES, J.R.S & SILVA, C.J., 2005. Variáveis limnológicas sob estandes de *Eichhornia crassipes* (mart) solms, no sistema de lagoas urbanas Chacororé-Sinhá Mariana, pantanal de Mato Grosso. *Uniciências*, 9, 9-30.
- PEREIRA, T. A. Distribuição longitudinal da comunidade perifítica no rio São Mateus (Nortes do Espírito Santo). Dissertação (Mestre em Ecologia). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012.
- PINTO, A. C. A., RODRIGUES, L. S., OLIVEIRA, P. R., SPERLING, M. V., CRISÓSTOMO, C. M., & SILVA, I. J. (2014). Eficiência de lagoas de polimento no pós-tratamento de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Arq. bras. med. vet. zootec*, 66(2), 360-366.
- PMS – Prefeitura Municipal da Serra (2010). Recursos Naturais: Bacias hidrográficas. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em 24 de novembro de 2014.
- RANGEL, D.M.F.V.; AQUINO, L.H.M e VARANDA, A.R.F. 2000. Serra 21: meio ambiente e humanização da cidade. *Estudos temáticos* v.7.
- REYNOLDS, C. S. 1997. Vegetation processes in the pelagic: A model for ecosystem theory. Ecology Institute Germany.

- RODARTE, B., BECERRA-ABSALON, I., MONTEJANO, G. A., OSORIO-SANTOS, K., ALBALOIS, L., LEON-TEJERA, H., & SEGAL-KISCHINEVZKY, C. 2014. Morphological and Molecular Characterization of *Brasilonema roberti-lamii* (Cyanophyceae, Nostocales, Scytonemataceae), from Central Mexico. *Phytotaxa*, 164(4), 255-264.
- SCHEFFER, M.S., RINALDI, A., GRAGNANI, L.R. & MUR, E.H.V. 1998. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow turbid lakes. *Ecology* 78: 272-282.
- SHANNON, C. E.; WEANNER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana: Univ. Illinois Press, 125p.
- SOLDATELLI, V. F., & SCHWARZBOLD, A. 2010. Comunidade fitoplanctônica em lagoas de maturação, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, 65, 75-86.
- STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. *A manual of seawater analysis*. 1960. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, v. 125, p. 1-18.
- SUN, J., LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. 2003. *Journal of Plankton Research*, v. 25, n.2, p.1331-1346.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton – methodik 1958.. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, v.9, p. 1–38.
- VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.*, v. 10, p. 1109-122.
- WETZEL, R. G. 1981. *Limnología*. Ed. Omega S. A. Barcelona, España.
- WETZEL, R.G. 2001. *Limnology*. 4^o edition. Academic Press. San Diego California USA.

10. ARTIGO 3

Trofia em lagoas costeiras tropicais: comparação entre duas lagoas urbanas na mesma bacia hidrográfica

LORENA BAPTISTA ALMEIDA^{1*} & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES¹

¹ Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais. Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Botânica / CCHN – PPGBV – Av. Fernando Ferrari n° 514, Campus Goiabeiras, Vitória (ES), CEP: 29075-015.

*Autor para correspondência: lorenabaptista.almeida@gmail.com

A ser encaminhado para a Revista Hydrobiologia.

Normas disponíveis em:

http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750?detailsPage=pltdci_91108

Resumo

A pesquisa objetivou avaliar e comparar a trofia de duas lagoas costeiras tropicais (lagoa Juara e lagoa Jacuném, Serra/ES – Brasil) localizadas na bacia hidrográfica do rio Jacaraípe. São ecossistemas aquáticos pouco estudados ecologicamente, porém com relevada importância para pesca, lazer/recreação e piscicultura intensiva. Foi realizada coleta em seis estações amostrais (EA) em cada lagoa, nos dias 19/09/2013 (lagoa Juara) e 21/09/2013 (lagoa Jacuném). Amostras de água da subsuperfície foram coletadas para posteriores análises de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, ortofosfato e fósforo total, além da concentração de clorofila *a* da comunidade fitoplanctônica. Foi avaliada a transparência da água em cada estação amostral com o disco de Secchi. O índice de estado trófico foi calculado segundo Toletto *et. al.* (1983) para ambientes tropicais e a trofia de acordo com os dados de fósforo total e clorofila *a* foi determinada de acordo com Vollenweider (1968) e Rai & Hill (1984), respectivamente. Os resultados obtidos evidenciaram que a lagoa Jacuném se encontra em um estágio de eutrofização mais avançado que a lagoa Juara. Quanto ao índice de estado trófico médio, as estações amostrais EA4, EA5 e EA6 da lagoa Juara foram classificadas como hipereutróficas e as demais estações desse mesmo ambiente como eutróficas. A lagoa Jacuném apresentou todas as estações classificadas como hipereutróficas.

Palavras-chave: trofia, clorofila *a*, ortofosfato, transparência e fósforo total.

Introdução

No Brasil há grande disponibilidade de recursos hídricos, concentrados em regiões costeiras e na região Amazônica (VIANA, *et. al.* 2013). Dentre esses recursos destacam-se os rios e lagoas, que apresentam grande importância para populações humanas que vivem próximas a esses ecossistemas.

O constante crescimento da população humana implica em aumento da demanda de água para atender suas necessidades (BUCCI & OLIVEIRA, 2014). Assim, atividades que fazem uso desses ecossistemas se tornaram cada vez mais frequentes, destacando-se a pesca, recreação, lazer, piscicultura intensiva, harmonia paisagística e irrigação de culturas.

Entretanto, a ocupação desordenada da bacia de drenagem vem acarretando sérias modificações nestes ambientes. Cardoso *et. al.* (2014) reportam como principais fatores que comprometem a integridade/qualidade de um ambiente aquático, a retirada da vegetação, percolação de produtos de limpeza, emissão de efluentes tóxicos, poluentes orgânicos, barragens ou intervenção do leito, pesca predatória, contaminação pelas fossas absorventes, além do lançamento de efluentes domésticos e industriais e o carreamento de produtos agrícolas de plantações no entorno das lagoas.

O carreamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas e a grande carga de efluentes residenciais e industriais têm levado corpos hídricos a uma condição de desequilíbrio, em termos de disponibilidade de nutrientes (FERREIRA, *et. al.*, 2014). Quando em elevadas concentrações nos meios aquáticos, os nutrientes podem provocar mudanças em suas características, podendo afetar os seus diversos usos, os quais vão desde a preservação da vida aquática até o consumo humano, fenômeno este, conhecido como eutroficação antrópica (FARAGE *et. al.*, 2010).

Um das principais consequências da eutrofização artificial em lagoas é a formação de *blooms*. A alta carga de nutrientes nesses ambientes torna as condições propícias para a proliferação de espécies fitoplanctônicas oportunistas. Assim, nesses ambientes é comum encontrar elevadas densidades de algumas espécies do fitoplâncton formando uma “nata” esverdeada, indicando má qualidade da água.

Existem formas de se avaliar a qualidade da água e classificar os ambientes em graus de trofia de acordo com alguns parâmetros, pois estes indicam de forma direta ou indireta a condição de impacto do ambiente lacustre.

Os valores da concentração de alguns nutrientes (formas nitrogenadas e fosfatadas) podem indicar a condição

trófica do ambiente (BAUMGARTEN & PAIXÃO, 2014) e o mesmo ocorre com os valores da concentração de clorofila *a*.

Outra forma de avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes existe o Índice do Estado Trófico, que permite classificar os corpos de água em diferentes graus de trofia relacionando o enriquecimento por nutriente ao crescimento excessivo de algas e macrófitas (BUCCI & OLIVEIRA, 2014).

Segundo Fia *et al.* (2009), um índice de estado trófico funciona como um registro de atividades humanas nas lagoas, além de auxiliar na formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visam a sustentabilidade dos recursos hídricos. Ele pode auxiliar nas decisões sobre riscos de ocorrer florações de algas fitoplanctônicas, bem como no controle da eutrofização (aumento na concentração de nutrientes na água, especialmente fósforo e nitrogênio), que tem sido uma preocupação mundial para os tomadores de decisões referentes ao gerenciamento de recursos hídricos (BRITO *et al.*, 2011; CUNHA *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2014).

Assim, ainda são registrados poucos estudos sobre o e trofia usando nutrientes, clorofila *a* e índice de estado trófico em ambientes lênticos no estado do Espírito Santo. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar a trofia com base nas concentrações de nutrientes, clorofila *a* e índice de estado trófico em duas lagoas no município da Serra/ES: lagoa Juara e lagoa Jacuném.

Materiais e métodos

O município da Serra (S 20° 07' 44" e W 40° 18' 28") está localizado na região sul do estado do Espírito Santo (Brasil) e apresenta várias feições morfológicas, como planícies, colinas e costeiros maciços. Apresenta área de aproximadamente 553km² e é o município mais populoso do estado do Espírito Santo (PMS, 2010) e a temperatura média anual do município é de 24°C. A Serra possui vasta rede hidrográfica constituída de pequenos córregos e nascentes, tanto na área rural como na urbana, que deságuam nos seus 23 km de litoral banhados pelas águas costeiras do Atlântico. Dentre essa rede hidrográfica destaca-se a bacia hidrográfica do rio Jacaraípe, a qual engloba duas lagoas costeiras de relevada importância pelos múltiplos usos: lagoa Juara e lagoa Jacuném (Figura 1).

A lagoa Juara possui cerca de 2,9km² de área superficial e área de drenagem de 106 km² (Figura 2), com cinco córregos contribuintes: os córregos do Córrego Laranjeiras, Cavada, Ribeirão Juara, Cachoeira Putiri e Dr.

Robson (ALVEZ, 2009). As margens da lagoa são ocupadas por regiões com mata nativa, plantações de eucalipto e construções urbanas. No ano de 2000 foi implantado o sistema de piscicultura intensiva, com criação de tilápias em taques rede (são cerca de 150 tanques rede com capacidade para 400 peixes cada, cujo manejo é realizado pela Associação de Pescadores da lagoa Juara), o qual vem sustentando diversas famílias até hoje. A lagoa vem sendo submetida a diversos impactos antrópicos destacando-se o assoreamento, aporte de efluentes domésticos *in natura* e degradação das margens.

A lagoa Jacuném possui área superficial de 1,4 km² (Figura 3) e um volume médio de 2.550.000 m³. Possui três córregos afluentes: Jacuném, Veneer e Barro Branco; e através deles a lagoa recebe efluentes de seis estações de tratamento em operação: Eldorado, Porto Canoa, Mata da Serra, Barcelona, Serra Dourada e Civit I, sendo que este último trata os efluentes industriais e sanitários do centro industrial Civit I. Além dessas estações de tratamento, a lagoa também recebe efluentes domésticos “*in natura*” (LEAL, 2006). Há, portanto, aporte constante de nutrientes à lagoa.

A lagoa Jacunem serviu de manancial de abastecimento até o ano de 1983, quando foi desativado o sistema de captação e tratamento devido à má qualidade da água. As margens da lagoa possuem resquícios de mata ciliar, complexos industriais, residenciais e comerciais. Há densa região litorânea (bancos de macrófitas aquáticas) e constantes florações fitoplanctônicas. Apesar disso, a lagoa ainda é utilizada pela população para pesca artesanal.

Foram definidas seis estações amostrais na lagoa Juara: a estação 1 (40°15'09" W / 20°06'27" S) se localiza na região considerada pouco impactada e distal do mar; a estação 2 (40°14'38" W / 20°05'58" S), localizada em um “braço” da lagoa e também considerada pouco impactada; a estação 3 (40°13'14" W / 20°06'18" S) localizada na região do sistema de piscicultura intensiva; a estação 4 (40°13'42" W / 20°06'38" S) é uma região após os tanques rede e antes da região onde se localiza a maior parte das residências; a estação 5 (40°12'39" W / 20°07'47" S) é próxima à associação de pescadores, às residências da região e a desembocadura do córrego Laranjeiras; e a estação 6 (40°12' 59" W / 20°07'58" S) se localiza na região a montante do rio Jacaraípe e também próximo a residências (Figura 2).

As seis estações amostrais na lagoa Jacuném foram assim definidas: a estação amostral 1 (20°10'16" S / 40°14'26" W) localizada em uma região muito usada pelos pescadores locais, com densa região litorânea e próximo à desembocadura dos córregos Jacuném e Veener; a estação amostral 2 (20°10'20" S / 40°13'74" W) se localiza em um “braço” da lagoa, com margens bem preservadas; a estação 3 (20°09'56" S / 40°13'31" W) é uma

região intermediária da lagoa, com margens também preservadas; a estação 4 (20°09'41" S / 40°12'85" W) é próxima a entrada do segundo "braço" da lagoa e à um estabelecimento comercial de grande porte; a estação amostral 5 (20°09'19" S / 40°12'54" W) se localiza na região proximal ao mar, onde há o escoamento da água; e a estação amostral 6 (20°09'13" S / 40°12'85" W) se localiza próximo ao córrego Barro Branco, recebe efluentes domésticos, com e sem tratamento, de bairros próximos e é submetida a constantes dragagens (Figura 3).

A coleta foi realizada no dia 19/09/2013 na lagoa Juara e no dia 21/09/2013 na lagoa Jacuném. Em cada estação amostral, de ambas as lagoas, foram determinadas em campo: profundidade, transparência da água e foram coletadas amostras da subsuperfície para análise dos nutrientes e da comunidade fitoplancônica.

Em laboratório determinou-se os seguintes nutrientes: fósforo total (VALDERRAMA, 1981), ortofosfato (STRICKLAND & PARSONS, 1960), nitrito (GOLTERMAN *et. al.*, 1978) e nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994). As amostras para quantificação de nitrato (MACKERETH *et. al.*, 1978) e nitrogênio total (CARMOUZE, 1994) foram enviadas ao Laboratório de Ciências Ambientais, na Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Para a determinação da concentração de clorofila *a*, as amostras foram filtradas em campo, acondicionadas a frio e o solvente foi acetona 90% (LORENZEN, 1967).

Para a determinação da trofia de acordo com os dados de fósforo total foi utilizada a classificação proposta por Vollenweider (1968) e para os dados de concentração de clorofila *a* foi usada a classificação proposta por Rai & Hill (1984).

Foi utilizado o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson modificado para ambientes tropicais por Toledo-Júnior *et. al.* (1983), que leva em consideração a transparência da água, as concentrações de ortofosfato, fósforo total e clorofila *a*; e foi calculado o IET em cada estação amostral.

Para verificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os valores das variáveis bióticas e abióticas ao longo das estações amostrais das duas lagoas foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. Quando as diferenças ocorreram, o teste de Dunn foi realizado para verificar entre quais pares de estações havia diferenças. Estes testes, por sua vez, foram efetuados através do programa BioEstat.

Resultados

Na lagoa Juara, as estações amostrais EA5 e EA6 apresentaram maiores valores de todas as variáveis apresentadas, com exceção da transparência (que registrou maior valor em EA1 e EA3) e do nitrato (maior em

EA3). Na lagoa Jacuném, as estações amostrais EA1 e EA6 apresentaram valores mais elevados de ortofosfato, fósforo total, nitrito, nitrato nitrogênio amoniacal e índice de estado trófico (Tabela 1).

Com relação ao teste de Kruskal-Wallis, as estações EA5 e EA6 da lagoa Juara, apresentaram diferenças significativas na maioria dos dados, com todas as outras estações amostrais (Tabela 2); exceção a essa regra foram as variáveis: IET clorofila *a* e IET médio. Já na lagoa Jacuném, os dados de fósforo total e IET fósforo total apresentaram diferenças significativas entre a maioria dos pares de estações amostrais, sendo não significativos apenas entre o par EA3 e EA4 (Tabela 2).

Os maiores valores de transparência (0,72m) e profundidade da coluna d'água (2,5m) na lagoa Juara foram registrados na estação EA1 (Figura 4). O menor valor de profundidade ocorreu na estação EA5 (1,3m) e os menores valores de transparência (0,15m) foram registrados em EA6. A lagoa Jacuném registrou maiores valores de profundidade, variando de 1,7m na estação EA3 a 2,9m na estação EA4 e a transparência variou de 0,18m (EA1) a 0,25m (demais estações amostrais) (Figura 5).

Os valores de ortofosfato e fósforo total apresentaram um aumento em direção à estação EA6 (Figura 6) na lagoa Juara. Na lagoa Jacuném os maiores valores desses nutrientes foram registrados na estação EA1 (Figura 7). O nitrogênio amoniacal e o nitrito foram superiores nas estações EA5 e EA6 da lagoa Juara, já o nitrato foi maior na estação EA3 (Figura 8). A lagoa Jacuném registrou os maiores valores de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal na estação EA1 (Figura 9).

Com relação à concentração de clorofila *a* na lagoa Juara, as estações amostrais EA5 e EA6 apresentaram os maiores valores, e a estação EA3 registrou o menor (13,3mg/L) (Figura 10). Os valores de clorofila *a* apresentaram diferenças significativas entre as estações, com exceção dos pares de estação EA2 e EA3, EA2 e EA4 (Tabela 2). Na lagoa Jacuném as estações amostrais EA1 e EA6 apresentaram os maiores valores de clorofila *a* (136,26mg/L e 148,75mg/L, respectivamente) e o menor valor foi registrado na estação EA3 (95,77mg/L) (Figura 11). Considerando-se toda a lagoa Jacuném, os valores de clorofila *a* foram elevados, independente da estação amostral, decorrentes da elevada densidade fitoplanctônica.

A classificação trófica com base nos valores de clorofila *a* e fósforo total foi seguida de acordo com Rai & Hill (1984) e Vollenweider (1968), respectivamente (Tabela 3). Na lagoa Juara, com base nos valores de clorofila *a*, EA1, EA4, EA5 e EA6 foram classificadas como eutróficas e EA2 e EA3 como mesotróficas. Para

concentrações de fósforo total, todas as estações se classificaram como eutróficas. Na lagoa Jacuném, os dados de clorofila *a* e fósforo total classificaram todas as estações amostrais como eutróficas; (Tabela 4).

O índice de estado trófico caracterizou as estações amostrais em eutróficas ou hipereutróficas, baseadas na classificação proposta por Carlson (1977) e modificada por Toledo (1983) (Tabela 5). Com relação ao índice de estado trófico da clorofila *a*, todas as estações da lagoa Juara foram classificadas como hipereutróficas; com relação ao índice de transparência e de ortofosfato, a estação EA6 se classificou como hipereutrófica e as demais como eutrófica; e os dados do índice de estado trófico do fósforo total classificaram, as estações EA1, EA2, EA3 e EA4 como mesotróficas e as estações EA5 e EA6 como eutróficas. O índice de estado trófico médio, por sua vez, classificou as estações EA1, EA2 e EA3 como eutróficas e as estações EA4, EA5 e EA6 como hipereutróficas (Figura 12) (Tabela 4).

Na lagoa Jacuném os valores de índice do estado trófico da clorofila *a* e índice de estado trófico médio classificaram todas as estações amostrais como hipereutróficas. Os valores de índice de estado trófico de transparência e índice de estado trófico de fósforo total mostraram apenas a estação EA1 como hipereutrófica e as demais estações foram classificadas como eutróficas; já o índice de estado trófico do ortofosfato classificou EA1, EA2 e EA4 como hipereutrófica e EA3, EA5 e EA6 como eutrófica (Figura 13) (Tabela 4).

Discussão

A dinâmica das lagoas costeiras é regida por um conjunto de variáveis abióticas e bióticas. O aporte de nutrientes via efluentes de diversas origens, a ação do vento e o conseqüente fluxo de água provocado por este fator físico podem concentrar materiais em certas regiões da lagoa, alterando os valores das variáveis ambientais (BRAHNEY, *et. al.*, 2014). Esse fato foi registrado nas lagoas Juara e Jacuném, nas quais tais fatores elevaram os valores das variáveis ambientais nas estações EA5 e EA6 da Juara e EA1 da Jacuném.

Baixos valores de transparência podem ser indicativos de ambientes impactados, pois apresentam alta carga de materiais alóctones (efluentes ou decorrentes da lixiviação) (SANTOS, *et.al.* 2013). A transparência foi baixa na lagoa Juara, principalmente nas estações amostrais EA5 e EA6 da lagoa Juara e em todas as estações amostrais da lagoa Jacuném, permitindo discutir que são ecossistemas impactados antropicamente, principalmente devido ao lançamento de efluentes (domésticos sem tratamento na lagoa Juara e de diversas origens na lagoa Jacuném).

Silva *et. al.* (2011) encontraram valores superiores de transparência ao estudar um lago pertencente a uma área de proteção ambiental em Alagoas, atribuindo esse fato à baixa concentração de material alóctone. Ferrareze *et. al.* (2014) registraram valores semelhantes de transparência em uma lagoa conectada a um reservatório no estado de Paraná, e justificaram o ocorrido devido à presença de efluentes domésticos na lagoa, concentrando materiais na região.

Concentração dos nutrientes e classificação trófica pelo fósforo total

Na lagoa Jacuném os valores de ortofosfato e fósforo total foram maiores na estação EA1, sendo que o fósforo total também apresentou elevados valores na estação EA6. Essas duas estações amostrais estão localizadas muito próximas à desembocadura de córregos que recebem efluentes domésticos e/ou industriais.

A lagoa Juara registrou valores consideravelmente inferiores de ortofosfato e fósforo total, sendo as maiores concentrações registradas nas estações EA5 e EA6, possivelmente devido à tendência do fluxo na lagoa no sentido EA1 para EA6, acumulando materiais nesta região que se assemelha a uma “baía”, tais como restos de ração e excretas do sistema piscicultura e dos efluentes domésticos sem tratamento carreados pelos córrego Laranjeiras.

Elevados valores de fósforo total e ortofosfato são típicos de ambientes sujeitos a algum impacto antrópico (DUDGEON, 2008). Lima *et. al.* (2013) encontraram valores superiores dessas variáveis ao estudar a comunidade fitoplanctônica em uma lagoa no Rio Grande do Norte atribuindo a causa ao despejo de efluentes no ambiente.

O fósforo é uma variável muito utilizada para indicar o estado de eutrofização de um ambiente aquático, pois altas concentrações desse nutriente são registradas em ambientes com alta carga de efluentes sem tratamento, excreta nitrogenada e decomposição de matéria orgânica (FERREIRA, *et. al.*, 2005; GENTIL, 2007). Todas essas características são encontradas nas lagoas Juara e Jacuném, corroborando com a classificação eutrófica, segundo os dados de fósforo total, em todas as estações amostrais de ambas as lagoas. Medeiros *et. al.* (1983) avaliaram o estado trófico da lagoa das Sete Cidades e classificaram a maioria dos pontos amostrais como eutróficos, para os dados de concentração de fósforo total.

Os compostos nitrogenados na lagoa Juara também apresentaram tendência de aumento no sentido da estação EA6 e na lagoa Jacuném foram mais elevados na estação EA1. Ambientes com condições naturais alteradas por

algum impacto podem apresentar concentrações elevadas de compostos nitrogenados, dependendo do tipo de impacto no local. Segundo Vinatea-Arana (1997) e Kubitzka (1997), em sistema de cultivo e armazenamento de peixes, a adição de ração para alimentação, somados a outros impactos como lançamento de efluentes sem tratamento, elevam o aporte de nutrientes nitrogenados no sistema.

*Concentração de Clorofila *a* e classificação trófica*

A lagoa Juara apresentou maiores concentrações de clorofila *a* nas estações amostrais EA5 e EA6, explicadas pela elevada carga de nutrientes veiculados pelo córrego Laranjeiras, favorecendo a proliferação de espécies oportunistas do fitoplâncton, formando florações (de cianobactérias) e aumentando a concentração de clorofila *a* nesta região.

O mesmo ocorre na lagoa Jacunem, onde os nutrientes carreados pelos córregos Jacuném, Veneer e Barro Branco favorecem a proliferação de algas, e conseqüentemente os altos valores de clorofila *a*, nas estações EA1 e EA6, sendo registrados blooms de cianobactérias principalmente nestas regiões da lagoa.

A classificação trófica com base nos valores de clorofila *a* indicou que a maioria das estações amostrais da lagoa Juara e todas as estações da lagoa Jacuném são eutróficas, corroborando com o afirmado acima. Carvalho *et. al.* (2001) estudaram oito lagoas pertencentes a planícies de inundação e classificaram a maioria das estações amostrais como eutróficas, atribuindo esse fato a elevada concentração de nutrientes desses ambientes, o que favorece a proliferação de algas fitoplanctônicas, elevando assim a concentração de clorofila *a*.

Índice de Estado Trófico (IET)

A avaliação do estado trófico de um ambiente aquático possibilita o conhecimento de aspectos importantes aos ecossistemas, viabilizando o seu manejo e a melhoria de sua conservação, prevendo, dentre outros problemas, a mortandade de peixes e a diminuição da qualidade da água (SARAIVA *et.al.*2009). Segundo Toledo *et. al.* (1983) o IET é um dos mais utilizados para estimar o estado trófico de ecossistemas aquáticos lacustres e, por se tratar de um fenômeno multidimensional, não pode ser avaliado por um único parâmetro, logo seu índice leva em consideração 4 fatores: transparência, ortofosfato, fósforo total e clorofila *a*.

Com relação à transparência, o índice de estado trófico classificou a estação EA6 da lagoa Juara como hipereutrófica e as demais estações desse mesmo ambiente como eutróficas. Na lagoa Jacuném a estação EA1 foi classificada como hipereutrófica, as outras estações se enquadraram na categoria eutrófica. A estação EA6 da

lagoa Juara concentra materiais oriundos das regiões anteriores da lagoa (vindos dos tanques rede e do córrego Laranjeiras), o que pode ter causado aumento na turbidez e nos sólidos totais em suspensão da coluna d'água, refletindo em um maior valor de IET de transparência. Já a estação EA1 da lagoa Jacuném é próxima à desembocadura de dois córregos, que recebem efluentes domésticos (tratados e sem tratamento), portanto a concentração partículas e organismos fitoplanctônicos no local é grande, diminuindo a transparência.

Apesar da maioria das estações amostrais de ambas as lagoas terem se enquadrado na categoria eutrófica do IET de transparência, a lagoa Jacuném apresentou valores superiores, evidenciando a afirmação de Leal (2006) que diz que esta lagoa apresenta condições muito impactadas quando comparadas com outras lagoas da região. Valores de IET transparência inferiores aos dados da Jacuném e semelhantes aos encontrados na lagoa Juara foram registrados por Saraiva *et. al.* (2009) ao estudarem uma lagoa urbana na Paraíba.

O Índice de estado trófico quanto aos valores de ortofosfato na lagoa Juara classificou a estação EA6 como hipereutrófica e as demais estações como eutróficas. Com relação à lagoa Jacuném, o IET de ortofosfato classificou as estações EA1, EA2 e EA4 como hipereutróficas e as estações EA3, EA5 e EA6 como eutróficas.

Também para o IET de ortofosfato, os valores registrados na Jacuném foram maiores aos registrados na Juara, evidenciando, mais uma vez que a lagoa Jacuném apresenta estado de eutrofização mais avançado. Saraiva *et. al.*(2009) encontraram valores semelhantes aos registrados na lagoa Jacuném e justificaram o fato pela alta carga de efluentes domésticos que a lagoa recebe, ocorrendo o mesmo com a lagoa Jacuném.

As medidas de índice de estado trófico com relação aos valores de fósforo total devem ser entendidas como medidas do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo (FERREIRA, *et.al.*, 2014). A lagoa Juara, quanto ao IET de fósforo total, apresentou estações classificadas como mesotróficas (EA1, EA2, EA3 e EA4) e estações classificadas como eutróficas (EA5 e EA6). Por meio desse resultado pode-se inferir que o estado de eutrofização neste ambiente é menor quando comparado com a lagoa Jacuném, que registrou 5 estações classificadas como eutróficas (EA2, EA3, EA4, EA5 e EA6) e uma como hipereutrófica (EA1).

Mais uma vez evidencia-se-se que a lagoa Jacuném apresentou maior grau de eutrofização. Contudo a lagoa Juara também apresenta regiões fortemente impactadas, que são as estações EA5 e EA6. Ferreira *et. al.* (2014) registraram valores muito inferiores aos observados nas lagoas estudadas, entretanto sua área de estudo foi um rio da Paraíba, que apresenta condições diferentes aos ambientes lacustres.

O índice de estado trófico da clorofila *a* classificou todas as estações amostrais de ambas as lagoas como hipereutróficas, corroborando com os elevados valores de clorofila *a* e de densidade total. A ausência de diferenças entre a maioria das estações amostrais quanto a essa variável para o teste de Kruskal-Wallis também contribuem para explicar a homogeneidade dos dados de IET de clorofila *a*. Neto *et. al* (2002) registrou valores de IET de clorofila *a* inferiores a ambas as lagoas pesquisadas ao estudar uma lagoa urbana em Belo Horizonte/MG.

O índice de estado trófico médio é mais utilizado para classificar os ambientes lacustres, pois pondera os valores dos IET de transparência, ortofosfato, fósforo total e clorofila *a*, aproximando os valores da realidade do ecossistema (SANTOS, *et.al.* 2014).

A lagoa Juara apresentou três estações amostrais classificadas como eutróficas (EA1, EA2 e EA3) e três estações classificadas como hipereutróficas (EA4, EA5 e EA6), quanto ao índice de estado trófico médio. A proximidade da desembocadura do córrego Laranjeiras na estação EA5 eleva os valores dos nutrientes no local, consequentemente aumenta a concentração da densidade fitoplanctônica (ALMEIDA & FERNANDES, *in prep*), pois esta é beneficiada com o incremento de nutrientes, assim a concentração de clorofila *a* também aumenta e a transparência no ambiente se torna menor.

A presença de um “bolsão” na estação EA5 e o fluxo de água na lagoa Juara acumulam materiais nessa região (OLIVEIRA, 2011), influenciando a classificação dessa estação como hipereutrófica. A estação EA6 recebe todo o aporte de nutrientes oriundos das demais estações, devido ao fluxo na lagoa, justificando sua classificação como hipereutrófica também. A estação EA4 pode ter apresentando uma condição hipereutrófica pela proximidade com EA5, pois dependendo dos ventos e da maré o fluxo na lagoa pode mudar de direção, trazendo materiais do efluente de EA5 para EA4.

Através dos dados pode-se perceber que a presença de tanques rede na estação EA3 da lagoa Juara não elevou sua condição de estado trófico, pois apresentou a mesma classificação das estações EA1 e EA2, consideradas como menos impactadas antropicamente. Possivelmente o fluxo de água na lagoa faz com que o material produzido em EA3 seja acumulado nas estações posteriores (EA4, EA5 e EA6).

A lagoa Jacuném se encontra em uma condição mais impactada que a lagoa Juara, também quanto ao índice de estado trófico médio. Nesta lagoa todas as estações amostrais foram classificadas como hipereutróficas. A estação EA1 apresentou o maior valor de IET médio, devido ao aporte de efluente dos córregos Jacuném e

Veener que desembocam nessa região. Entretanto devido à ação de vento e também à presença do córrego Barro Branco na estação EA6, as outras estações amostrais também se classificaram como eutróficas.

Bucci & Oliveira (2014) estudando lagoas e represas em Minas Gerais encontraram valores inferiores de IET médio do que os registrados nas lagoas Juara e Jacuném. O mesmo aconteceu com os dados de Saraiva *et. al.*(2009) e Cardoso *et. al.*(2014), que estudaram lagoas em regiões menos impactadas, atribuindo esse resultado a baixa concentração de nutrientes e baixa densidade fitoplanctônica nesses ambientes.

Todos os dados apresentados apontam para eutrofização em adiantando grau na lagoa Jacuném e a principal causa dessa situação é a elevada carga de efluentes domésticos (com e sem tratamento) despejados na lagoa. Entretanto as estações amostrais da lagoa Juara próximas ao córrego Laranjeiras se assemelham à situação da lagoa Jacuném, evidenciando evolução no estágio de eutrofização.

Ambas as lagoas são muito usadas como local para pesca e recreação, destacando-se a piscicultura intensiva na lagoa Juara. Contudo, essas práticas não interferem na dinâmica com ambiente lacustre quando comparadas com o lançamento de efluentes, que é a principal forma de impacto das lagoas. Assim, para recuperar e conservar esses ambientes, são necessárias medidas efetivas para minimizar as alterações causadas pelo esgoto.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Associação de Pescadores da lagoa Juara e à Secretaria de Meio Ambiente da Serra, pelo apoio logístico e à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora.

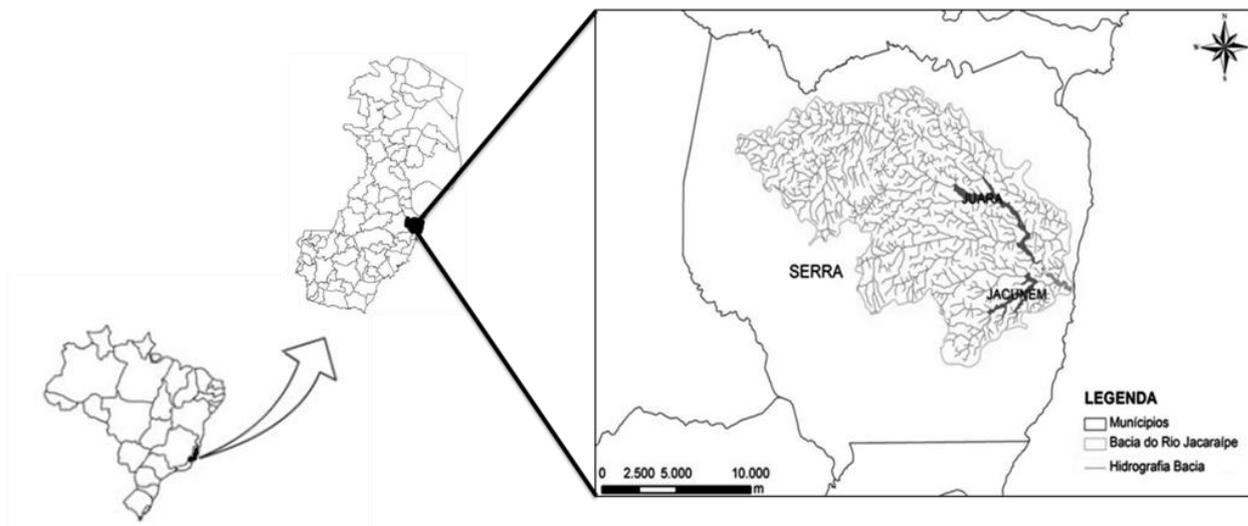


Figura 1: Esquema do mapa da Serra com a localização da bacia hidrográfica do rio Jacaraípe e, nesta, das lagoas Juara e Jacunem.

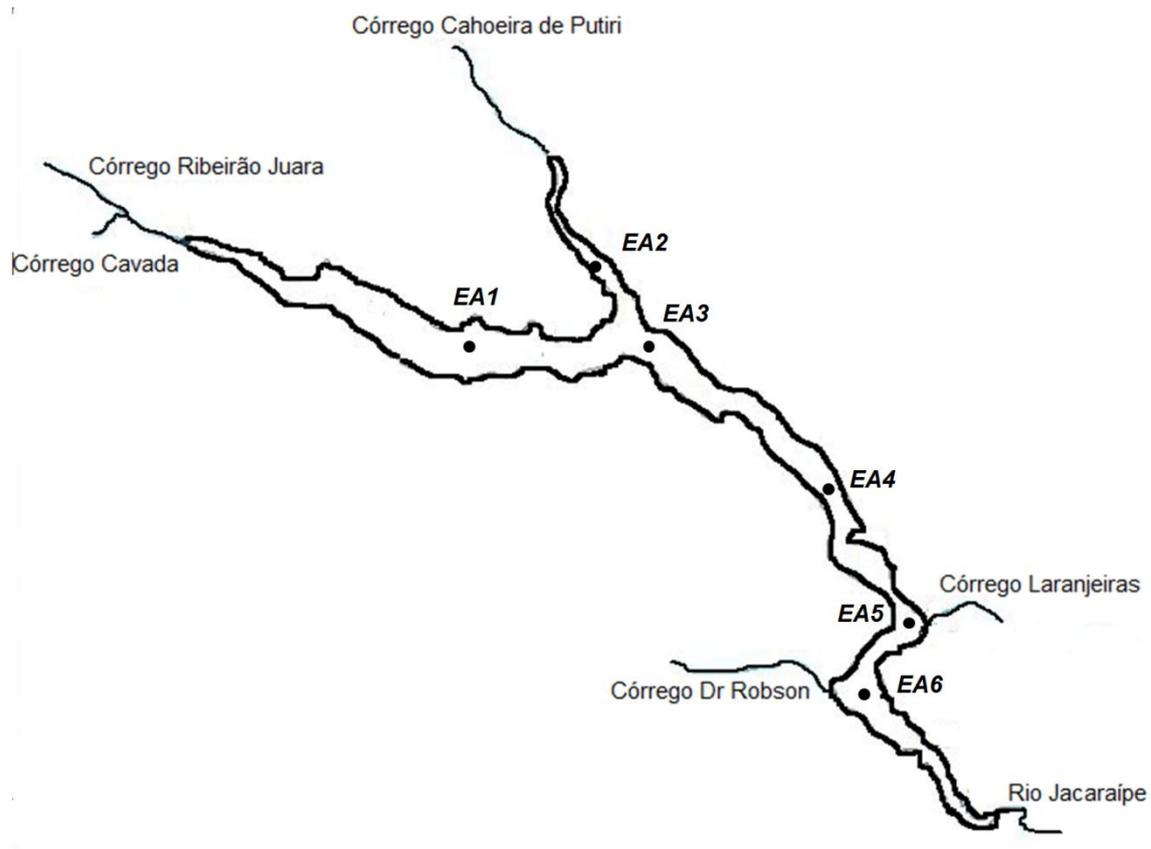


Figura 2: Esquema da lagoa Juara com a localização das estações amostrais.

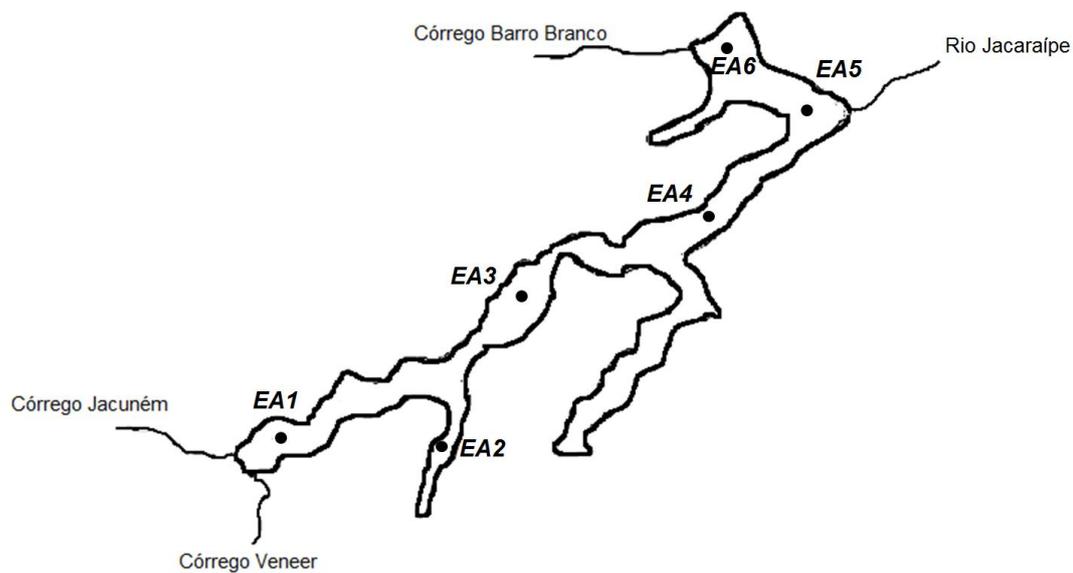


Figura 3: Esquema da lagoa Jacunem com a localização das estações amostrais.

Tabela 1: Média das variáveis abióticas, bióticas e índice de estado trófico nas estações amostrais da lagoa Juara e lagoa Jacuném.

Lagoa Juara						
Variáveis	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Transparência	0.72	0.55	0.68	0.35	0.38	0.15
Nitrito	3.5	5.5	4.3	3.2	8.2	8.9
Nitrato	480.4	223.2	753.0	351.7	181.2	158.7
Nitrogênio amoniacoal	34.4	28.0	29.7	23.2	643.4	837.6
Ortofosfato	22.37	22.04	24.90	28.89	47.21	59.32
Fósforo total	39.58	32.40	31.12	48.55	75.32	89.85
Clorofila <i>a</i>	18.5	14	13.3	18.6	45.4	50.7
IET clorofila <i>a</i>	115.03	112.25	111.72	115.05	104.29	125.13
IET transparência	55.07	59.43	56.79	66.01	68.95	77.69
IET fósforo total	49.74	46.29	46.17	52.73	59.07	61.59
IET ortofosfato	60.35	59.99	61.29	64.04	71.15	74.34
IET medio	72.19	70.93	70.73	75.66	75.90	85.69
Lagoa Jacuném						
Variáveis	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Transparência	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Nitrito	72.1	4.1	6.3	5.6	10.7	6.1
Nitrato	1800.5	437.6	384.8	286.1	396.9	466.5
Nitrogênio amoniacoal	788.4	36.9	40.1	24.0	25.6	28.8
Ortofosfato	101.03	33.70	47.21	46.70	56.63	43.62
Fósforo total	142.30	97.20	80.17	84.17	111.23	132.45
Clorofila <i>a</i>	136.3	128.7	95.8	108.5	113.1	148.8
IET clorofila <i>a</i>	107.10	88.56	108.25	110.16	116.97	113.13
IET transparência	99.52	70.77	70.42	70.40	73.16	73.67
IET fósforo total	95.25	62.74	59.95	60.67	64.68	67.21
IET ortofosfato	102.21	82.91	70.54	84.11	73.84	69.82
IET medio	115.23	81.79	78.27	88.61	83.45	82.00

* Sendo: transparência (m); ortofosfato, fósforo total, nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacoal em ($\mu\text{g/L}$); clorofila *a* em (mg/L) e IET = índice de estado trófico.

Tabela 2: Comparação entre as estações amostrais das lagoas Juara e Jacuném através do teste de Kruskal-Wallis/Dunn utilizando variáveis físicas, químicas, biológicas e índice de estado trófico.

Lagoa Juara															
Variáveis	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	2x3	2x4	2x5	2x6	3x4	3x5	3x6	4x5	4x6	5x6
Clorofila a	*	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
Nitrito	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Nitrogênio amoniacal	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Ortofosfato	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	ns
Fósforo total	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
IET clorofila a	ns														
IET fósforo total	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*
IET ortofosfato	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*
IET transparência	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
IET medio	ns														

Lagoa Jacuném															
Variáveis	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	2x3	2x4	2x5	2x6	3x4	3x5	3x6	4x5	4x6	5x6
Clorofila a	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
Nitrito	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*
Nitrogênio amoniacal	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns
Ortofosfato	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns						
Fósforo total	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
IET clorofila a	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns								
IET fósforo total	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*
IET ortofosfato	ns	*	ns	*	ns	*									
IET transparência	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
IET medio	ns														

*Sendo * = diferenças significatocas ($p < 0,05$) e ns= não significativo.

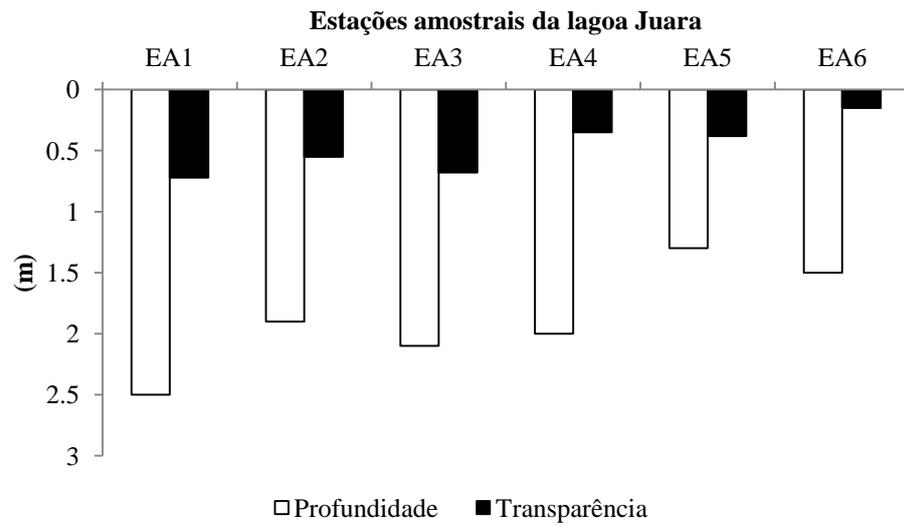


Figura 4: Variação espacial da profundidade e transparência da água nas estações amostrais na lagoa Juara.

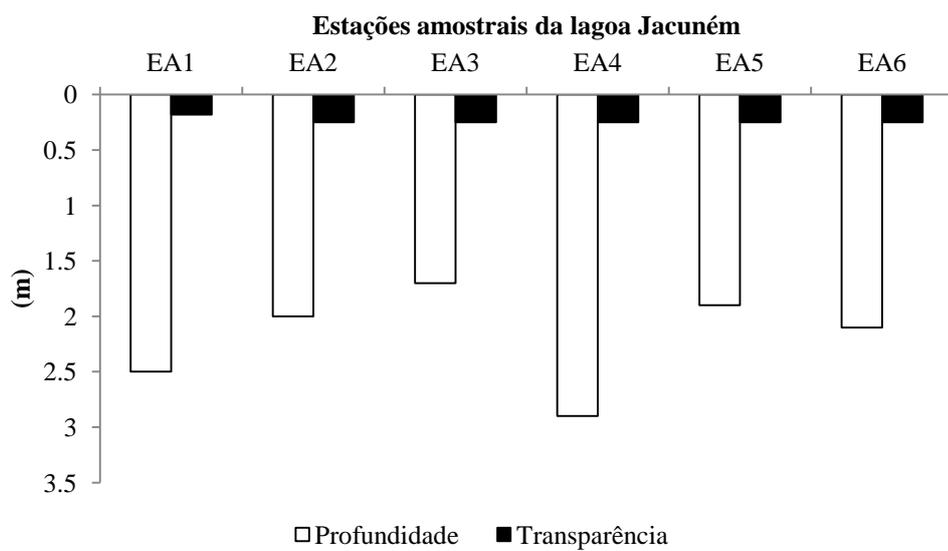


Figura 5: Variação espacial da profundidade e transparência da água nas estações amostrais na lagoa Jacuném.

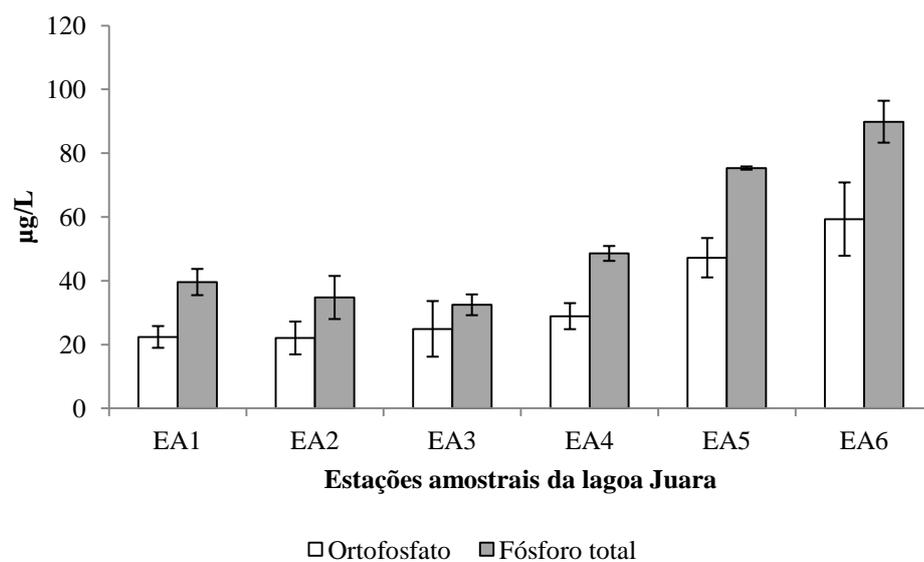


Figura 6: Variação espacial da concentração de ortofosfato e fósforo total nas estações amostrais na lagoa Juara.

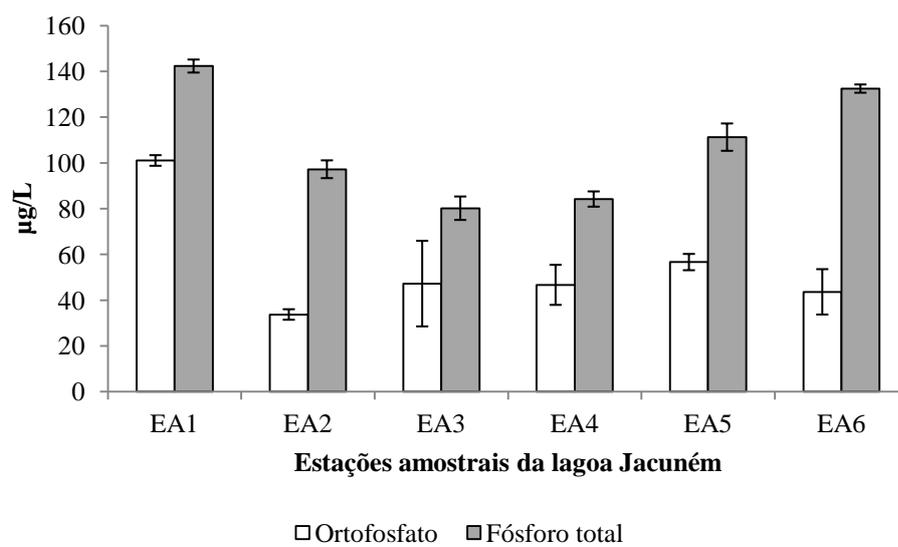


Figura 7: Variação espacial da concentração de ortofosfato e fósforo total nas estações amostrais na lagoa Jacuném.

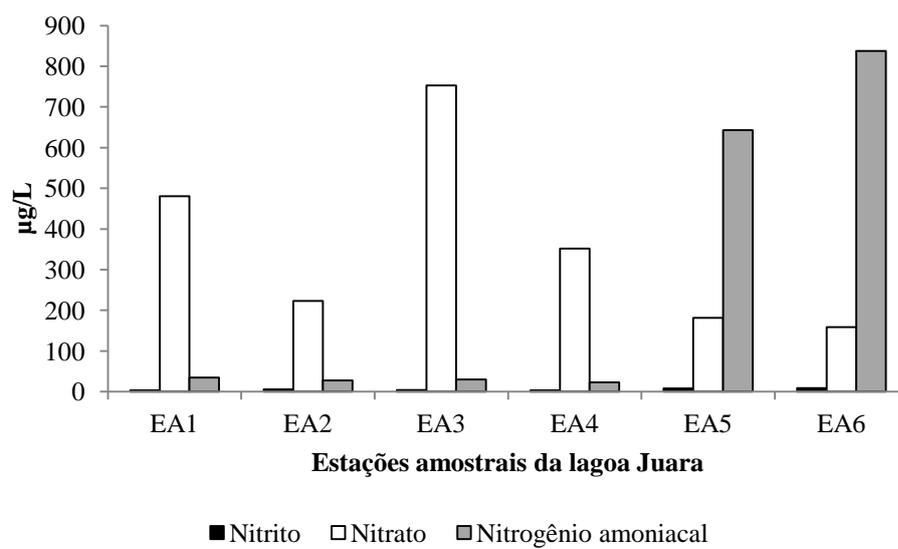


Figura 8: Variação espacial da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações amostrais na lagoa Juara.

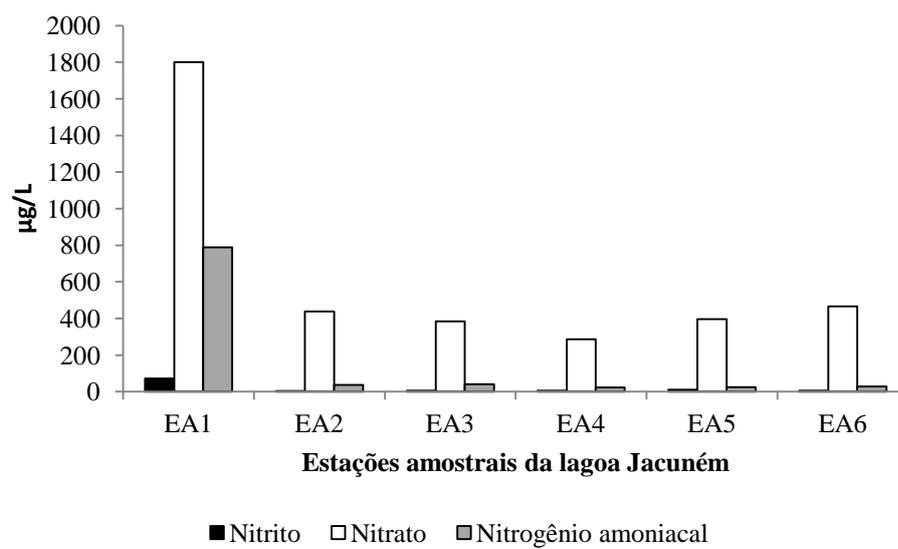


Figura 9: Variação espacial da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal nas estações amostrais na lagoa Jacuném.

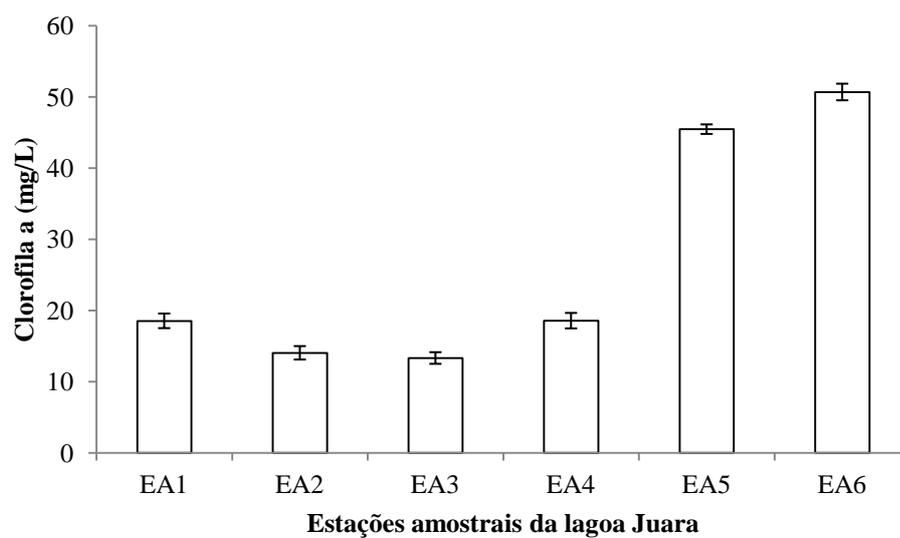


Figura 10: Variação longitudinal dos valores de clorofila *a* nas estações amostrais da lagoa Juara.

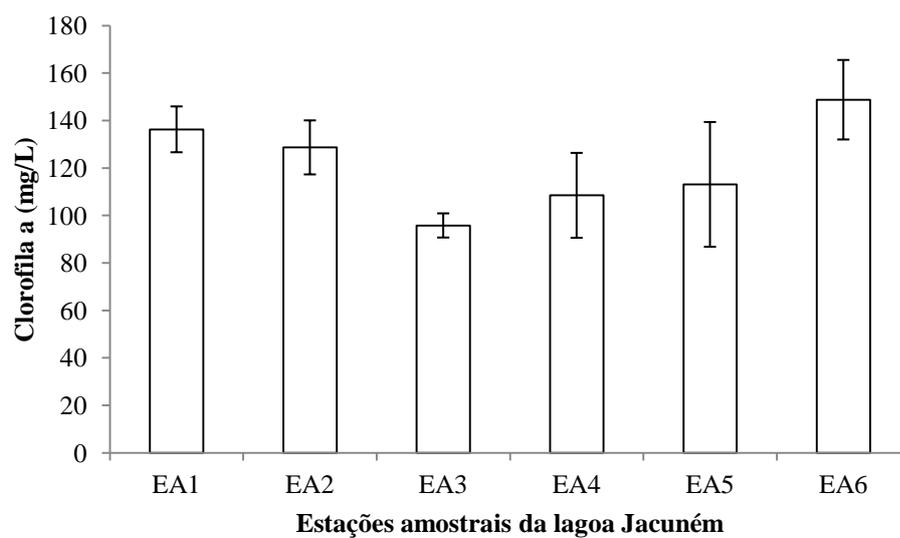


Figura 11: Variação longitudinal dos valores de clorofila *a* nas estações amostrais da lagoa Jacuném.

Tabela 3: Classificação de trofia com base nos valores de Clorofila *a* (Rai & Hill, 1984) e fósforo total (Vollenweider, 1968).

	Clorofila <i>a</i> (mg/L)	Fósforo total (µg/L)
Oligotrófico	0 - 3	0 - 10
Mesotrófico	3 - 15	10 - 30
Eutrófico	15 - 500	30 - 100

Tabela 4: Classificação da trofia das estações amostrais da lagoa Juara e Jacuném.

Lagoa Juara						
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Clorofila <i>a</i>	E	M	M	E	E	E
Fósforo total	E	E	E	E	E	E
IET <i>cla</i>	H	H	H	H	H	H
IET transp	E	E	E	E	E	H
IET P total	M	M	M	M	E	E
IET orto P	E	E	E	E	E	H
IET médio	E	E	E	H	H	H
Lagoa Jacuném						
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6
Clorofila <i>a</i>	E	E	E	E	E	E
Fósforo total	E	E	E	E	E	E
IET <i>cla</i>	H	H	H	H	H	H
IET transp	H	E	E	E	E	E
IET P total	H	E	E	E	E	E
IET orto P	H	H	E	H	E	E
IET médio	H	H	H	H	H	H

*Sendo: M = mesotrófico, E = eutrófico e H = hipereutrófico.

Tabela 5: Classificação do Estado Trófico baseado no caçulo de IET médio (Toledo *et. al*,1983).

Estado Trófico	Índice de Estado Trófico
Ultraoligotrófico	< 24
Oligotrófico	24 - 44
Mesotrófico	44 - 54
Eutrófico	54 - 74
Hipereutrófico	> 74

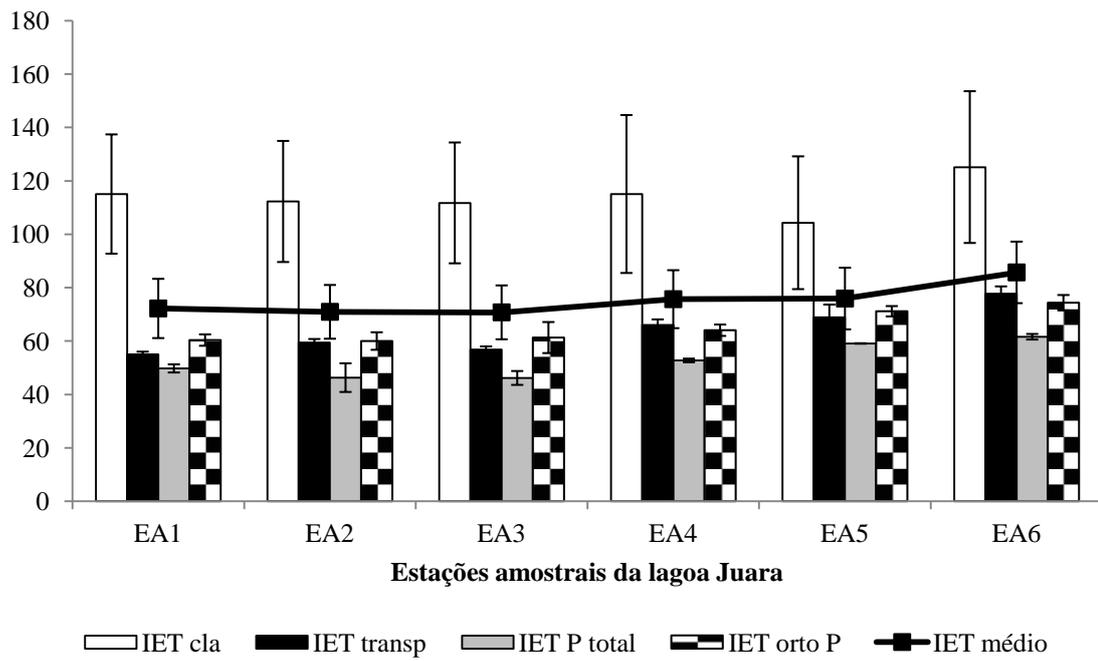


Figura 12: Variação espacial do índice de estado trófico na lagoa Juara. Sendo: IET = índice de estado trófico, cla = clorofila a, transp = transparência, P total = fósforo total e orto P = ortofosfato.

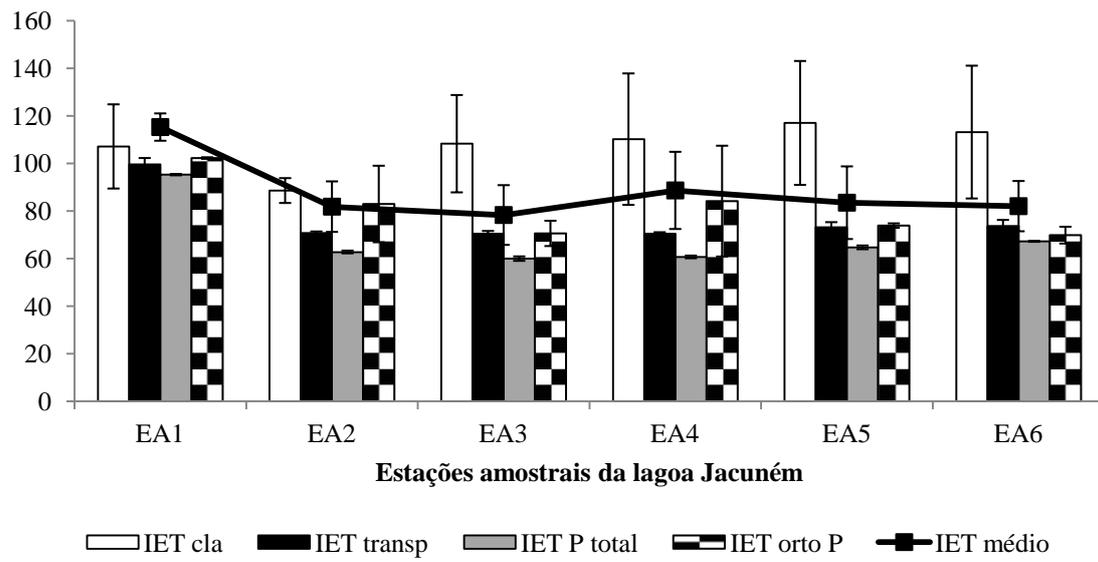


Figura 13: variação espacial do índice de estado trófico na lagoa Jacuném. Sendo: IET = índice de estado trófico, cla = clorofila a, transp = transparência, P total = fósforo total e orto P = ortofosfato.

Referências Bibliográficas

- ALVES, H.Z.C., 2009. Análise espacial dos parâmetros limnológicos de uma lagoa costeira, lagoa Juara (Serra, ES). Monografia (Bacharel em Oceanografia). Universidade Federal do Espírito Santo.
- BAUMGARTEN, M. D. G. Z., & DA PAIXÃO, B. G. 2014. Uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da Lagoa dos Patos (RS). *Atlântica (Rio Grande)*, 35(1), 5-22.
- BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. 2011. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, v. 16, p. 253–264.
- BRAHNEY, J., BALLANTYNE, A. P., KOCIOLEK, P., SPAULDING, S., OTU, M., PORWOLL, T., & NEFF, J. C. 2014. Dust mediated transfer of phosphorus to alpine lake ecosystems of the Wind River Range, Wyoming, USA. *Biogeochemistry*, 1-20.
- BUCCI, M. H., & OLIVEIRA, L. F. C. D. 2014. Water Quality and Trophic State indices at the Dr. João Penido Dam (Juiz de Fora, MG, Brazil). *Revista Ambiente & Água*, 9(1), 130-148.
- CARDOSO, I. L., ANDRADE, M. H. S., CORREA, J. S., & BARROS, A. 2014. Índice de Estado Trófico (IET) e Biological Monitoring Working Party (BMWP): uma análise comparativa para avaliação da qualidade da água. *Revista Eletrônica de Biologia (REB)*. ISSN 1983-7682, 7(3), 342-356.
- CARMOUZE, J. P. Análises químicas dos nutrientes: nitrato, nitrito, amônio, ortofosfato e ortosilicato. In: *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos*. São Paulo:FAPESP, p. 157 – 182, 1994.
- CARLSON, R. E., 1977. A trophic states index for lakes. *Limnology and Oceanography*. v. 22, n. 2, p361-369.
- CARVALHO, P., BINI, L. M., THOMAZ, S. M., DE OLIVEIRA, L. G., ROBERTSON, B., TAVECHIO, W. L. G., & DARWISCH, A. J. 2001. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum Maringá*, 23(2), 265-273.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURIA, M. C.; LAMPARELLI, M. C. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). *Ecological Engineering*, v. 60, p. 126-134.
- DUGGEON, D. 2008. *Tropical Stream Ecology*, 1° ed. China: Elsevier, 370p.
- FARAGE, J. A. P.; MATOS, A. T. M.; SILVA, D. D. ; BORGES, 2010. A. C. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do Rio Pomba. *Revista de Engenharia na agricultura, viçosa - MG*, v.18 n.4.
- FERRAREZE, M; NOGUEIRA, M.G & SARTORI, L. 2014. Limnology of a lateral lagoon system connected to a Neotropical reservoir (Rosana reservoir, São Paulo/Paraná, Brazil). *Acta Scientiarum Biological Sciences*. v. 36, n. 2, p. 197-207.

- FERREIRA, P. M. D. L., QUEIROZ, M. M. F. D., COSTA, F. F. D., MEDEIROS, M. C. D., & GARRIDO, J. W. A. 2014. Determinação do Índice De Estado Trófico para fósforo das águas do Rio Piancó Piranhas Açú no Município de Pombal–PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(4), 104-111.
- FERREIRA, R.; BARROS, N. O.; DUQUE-ESTRADA, C. H.; ROLAND, F. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F. et. al. (Org). *Lições de limnologia*. São Carlos: Rima, 2005.
- FIA, R., MATOS T. A., CORADI, P. C., RAMIREZ, O. P. 2009. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. *Revista Ambiente e Água*.
- GENTIL, R. C. Estrutura da comunidade fitoplancônica de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, em dois períodos: primavera e verão. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente). Instituto de Botânica, São Paulo, 2007.
- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S., OHNSTAD, M. A. M. *Methods for chemical analysis of freshwater*. (IBP Handbook, n. 8 2nd ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213 p. 1978.
- KUBTIZA, F. *Sistemas de pesca recreativa*. 2 ed. Sebrae (Coleção agroindústria,9), Cuiabá, 74 p. 1997.
- LEAL, P. R., 2006. Avaliação de indicadores de estado trófico em uma lagoa costeira, Lagoa Jacuném (Serra – ES). Monografia (Bacharel em Oceanografia) Universidade Federal do Espírito Santo.
- LIMA, P.L.S.C; PESSOA, E.K.R; CHELLAPPA, S., CHELLAPPA, N.T. 2013. Phytoplankton diversity and physical-chemical aspects of water quality of Lake Jiqui, Rio Grande do Norte, Brazil. *Biota Amazônia*. v. 3, n. 3, p. 97-112.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. 1967. *Limnology and Oceanography*, v. 12, p. 343-346.
- LIU, Y.; WANG, Y.; SHENG, H.; DONG, F.; ZOU, R.; ZHAO, L. et al. 2014. Quantitative evaluation of lake eutrophication responses under alternative water diversion scenarios: a water quality modeling based statistical analysis approach. *Science of the Total Environment*, v. 468–469, p. 219–227.
- MACKERETH, F. J. H., HERON, J., TALLING, J. F. *Water analysis: Some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Association. Kendall: Titus Wilson & Son Ltd, 117 p. 1978.
- MEDEIROS, J. M., FLORES, M. G., & RIBEIRO, F. 1983. Dados preliminares sobre o estado trófico da lagoa das Sete Cidades. *Arquipélago, Série Ciências da Natureza*, v. 4, p. 209-228.
- NETO, J. F. B., & PINTO-COELHO, R. M. 2008. A morfometria eo estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 24, 285-290.

OLIVEIRA, L. B., Variação espaço-temporal das respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira tropical com múltiplos usos: Lagoa Juara (Serra, ES). Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

PMS – Prefeitura Municipal da Serra (2010). Recursos Naturais: Bacias hidrográficas. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em 24 de novembro de 2014.

RAI, H & HILL, G. 1984. Classification of central Amazon lakes on the basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. *Hydrobiologia*. v. 64, p 141 – 146.

SANTOS, M.L.S, BORDALO, A.O; PEREIRA, J.A.R; CHIRA, P.A.; ALVES, I.C.C & S.S.V. 2013. Influência da expansão urbana na qualidade da água em reservatório da região Amazônica (Belém, Pará). *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*. v. 13, n. 1, p: 15 – 22.

SANTOS, J.C.N., ANDRADE, E.M., NETO, J.R.A., MEIRELES, A.C.M & PALÁCIO, H.A.Q. 2014. Land use and trophic state dynamics in a tropical semi-arid reservoir. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 35-44.

SARAIVA, A.G.S; COSTA, D.F.; MEIRA, F.E.J & LINS, F.R. 2009. Índice de estado trófico como ferramenta de qualidade da água da lagoa do parque Solon de Lucena–PB.IV congresso de pesquisa e inovação da rede Norte e Nordeste de educação tecnológica – Belém – PA.

SILVA, K.P.B; COSTA, M.M.S. e GUEDES, E.A.C. 2011. Variação temporal do fitoplâncton de um lago pertencente à Área de Proteção Permanente no estado de Alagoas, nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 25, n.4, p.890-898.

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A manual of seawater analysis. 1960. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, v. 125, p. 1-18.

TOLEDO, AP., TALARICO, M., CHINEZ, SJ., AGUDO, EG. 1983. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização de lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária., Camburiú, Brazil: UFSC. p.1-34.

VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.*, v. 10, p. 1109-122.

VIANA, L. G.; DIAS D. F. S.; OLIVEIRA V. P. S. e OLIVEIRA M. M., 2013. Qualidade das águas da Lagoa do Taí, em São João da Barra, RJ. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*. Rio de Janeiro. v.7, n.1, p 139-151.

VINATEA-ARANA, L. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. Florianópolis: Editora da UFSC. 166 p. 1997.

VOLLENWEIDER, R. A. 1968. Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing Waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Paris Organization fo economic cooperation ond development. 192p.

11. CONCLUSÃO GERAL

- A comunidade fitoplanctônica, assim como as variáveis limnológicas analisadas apresentaram variação espacial horizontal na lagoa Juara, confirmando parte da primeira hipótese que norteou a pesquisa;
- As estações EA5 e EA6 da lagoa Juara foram influenciadas pelos valores de condutividade elétrica, turbidez, nitrogênio amoniacal, sólidos totais suspensos, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e pH; o que deve ser reflexo do lançamento de efluentes domésticos através do córrego Laranjeiras;
- A densidade total e a densidade de Cianobactérias da lagoa Juara estiveram fortemente influenciadas pelas condições das estações EA5 e EA6;
- A comunidade fitoplanctônica e as variáveis limnológicas da lagoa Jacuném não apresentaram diferenças espaciais longitudinais, com exceção dos nutrientes que apresentaram certa variação espacial;
- A estação amostral EA1 da lagoa Jacuném se apresentou como a mais impactada, devido à presença de efluentes domésticos com e sem tratamento; e isso é observado pelas análises de componentes principais e de correspondência canônica que agruparam essa estação com os dados de nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, nitrito e densidade fitoplanctônica;
- A diversidade e a equitabilidade foram baixas em ambas as lagoas possivelmente pela alta densidade de pequenos grupos de algas, principalmente da Classe Cyanophyceae;
- Ambas as lagoas foram caracterizadas pela elevada densidade e biomassa (biovolume e concentração de clorofila *a*);
- A concentração de clorofila *a* evidenciou uma condição eutrófica na estação EA1 da lagoa Jacuném e nas estações EA5 e EA6 da lagoa Juara;
- O IET médio caracterizou as estações EA4, EA5 e EA6 da lagoa Juara como hipereutrófica e as demais estações foram caracterizadas como eutróficas, provavelmente pela influência que essas estações possuem dos efluentes lançados pelo córrego Laranjeiras, confirmando a terceira hipótese da pesquisa;

- A lagoa Jacuném foi caracterizada como hipereutrófica em todas as estações amostrais pelo IET médio, evidenciando que esta lagoa se encontra em uma condição mais grave que a Juara e confirmando a segunda hipótese do trabalho.

12. ANEXOS

12.1. LISTA DE TÁXONS REGISTRADOS NA LAGOA JUARA E LAGOA JACUNÉM.

	Lagoa Juara						Lagoa Jacuném					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
CLASSE BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Achananthes</i> sp1			x									
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabenhorst											x	
<i>Diploneis finnica</i> (Ehrenberg) Clove			x		x							
<i>Diploneis</i> sp1			x									
<i>Diploneis</i> sp2		x										
<i>Diploneis</i> sp3			x	x								
<i>Eunotia acus</i> Metzeltin & Lange-Bertalot												x
<i>Eunotia brinckmannii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot							x					
<i>Eunotia curvata</i> Okuno										x		
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg							x		x		x	
<i>Eunotia pectinalis</i> (O. F. Muller) Rabenhorst					x							
<i>Eunotia pileus</i> Ehrenberg												x
<i>Eunotia rabenhorstiana</i> (Grunow) Hustedt										x		
<i>Eunotia</i> sp1							x					
<i>Eunotia</i> sp2		x									x	x
<i>Eunotia valida</i> Hustedt				x				x				x
<i>Eunotia ventricosa</i> Patrick												x
<i>Eunotia yanomami</i> Metzeltin & Lange-Bertalot								x			x	
<i>Eunotia zygodon</i> Ehrenberg			x									
<i>Frustulia romboides</i> (Ehrenberg) De Toni				x	x							
<i>Gomphonema archaeovibrio</i> Metzeltin e Lange-bertalot											x	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kutzing) Kutzing			x									
<i>Gomphonema</i> sp1							x	x				
<i>Gomphonema</i> sp2			x				x				x	
<i>Nitzschia elegantula</i> Grunow						x						
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	x					x	x				x	
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve e Grunow					x			x		x		
<i>Nitzschia martiana</i> (C. Agardh) Van Heurck										x		
<i>Nitzschia scalaris</i> (Ehrenberg) W. Smith											x	
<i>Nitzschia</i> sp1								x				
<i>Nitzschia</i> sp2			x	x								
Pennales 1					x				x		x	x
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith				x								
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith												x
<i>Pinnularia maculata</i> Krammer e Metzeltin												x
<i>Pinnularia major</i> (Kutzing) Ranhorst				x								
<i>Pinnularia nobilis</i> Ehrenberg								x			x	x

<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komarkova-Legnerová		x	x		x	x								
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nageli) Komarkova-Legnerová								x				x		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		x			x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pediastrum</i> sp1				x										
<i>Pediastrum</i> sp2													x	
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs					x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korsikov) Hegewald e Deason		x												
<i>Quadrigula chodatii</i> (Tanner-Fullemann) G M. Smith			x											
<i>Raphidiocelis danubiana</i> (Hindak) Marvan, Komárek e Comas	x	x	x	x	x			x						
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat				x	x		x	x	x	x	x	x		
<i>Scenedesmus acunae</i> Comas								x						
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann)					x									
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg ex Ralf) R, Chodat			x	x		x							x	
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat				x	x	x								
<i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kutzing				x	x	x	x	x			x	x	x	
<i>Scenedesmus securiformis</i> Playfair												x		
<i>Scenedesmus</i> sp1					x		x							
<i>Selenastrum gracile</i> Reins	x				x	x								
<i>Selenastrum rinoi</i> Komárek e Comas				x		x								
<i>Selenastrum</i> sp							x	x	x			x	x	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg		x												
<i>Tetraedron</i> sp1			x											
<i>Tetraedron Trigonum</i> (Nageli) Hansgirg														
CLASSE CHRYSOPHYCEAE														
<i>Dinobryon</i> sp1					x	x								
CLASSE CONJUGATOPHYCEAE														
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs		x					x							
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs				x										
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs			x		x	x								
<i>Closterium</i> sp1	x													
<i>Closterium</i> sp2				x										
<i>Closterium</i> sp3					x									
<i>Gonatozygon</i> sp			x											
<i>Hyalotheca</i> sp			x		x		x							
<i>Mougeotia</i> sp	x													
<i>Spirogyra</i> sp			x											
<i>Staurastrum grillatorium</i> Nordstedt								x						
<i>Staurastrum leptocladum</i> L. N. Johnson		x	x	x	x	x								
<i>Staurastrum quadrinotatum</i> R. L. Gronblad	x													
<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt	x	x	x	x	x	x								
CLASSE COSCINODISCOPHYCEAE														

<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbot) Ralfs								x						
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen			x	x	x	x	x							
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehremberg) Simonsen		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira granulata</i> var <i>angustissima</i> (O Muller) Simonsen	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lem.) Simonsen							x						x	
<i>Aulacoseira</i> sp1				x										
<i>Aulacoseira</i> sp2									x					
<i>Aulacoseira</i> sp3	x	x	x	x	x	x								
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutzling							x							x
<i>Cyclotella</i> sp				x						x				x
<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve et Grunow	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Melosira</i> sp1								x						
<i>Melosira</i> sp2											x			
<i>Melosira undulata</i> (Ehremberg) Kutzling													x	
<i>Melosira varians</i> C. Agardh					x					x		x		
<i>Orthoseira roseana</i> (Rabenhorst) O'Meara			x											
<i>Urosolenia</i> sp			x											
CLASSE CYANOPHYCEAE														
<i>Anabaena compacta</i> (Kutzling) Trevisan								x	x		x	x	x	
<i>Anabaenopsis cunningtonii</i> Taylor								x						
<i>Aphanizomenom gracile</i> Lemmermann			x	x				x						
<i>Aphanocapsa annulata</i> McGregor				x		x			x		x			
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West e West	x		x	x	x									
<i>Aphanocapsa elachista</i> West e West			x		x	x				x	x			x
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) Cronberg e Komarek		x	x			x	x			x	x	x	x	x
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (G.M.Smith) Komarek e Anagnostidis	x	x		x					x	x				
<i>Aphanocapsa</i> sp1											x			
<i>Aphanocapsa</i> sp2									x					
<i>Aphanothece clathrata</i> W. e West								x				x		
<i>Aphanothece minutissima</i> (W.West) Komarkova-Legnerova											x			
<i>Aphanothece smithii</i> Komarcová-Lgnorová e G. Cronberg								x						
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont								x	x	x	x	x	x	x
<i>Arthrospira</i> sp								x						
<i>Borzia trilocularis</i> Cohn ex Gomont			x											
<i>Calothrix fusca</i> Bornet e Flahault			x		x									
<i>Calothrix</i> sp 1				x										
<i>Calothrix</i> sp2		x												
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann			x	x										
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann								x			x	x		
<i>Chroococcus minor</i> (Kutzling) Nageli	x													
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kutzling) Nageli													x	
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nageli					x									
<i>Coelosphaerium</i> sp											x			

<i>Radiocystis fernandoi</i> Komarek e Komarková-Legnerová				x		x	x	x		x		x
<i>Raphidiopsis</i> sp					x							
<i>Romeria</i> sp1										x		
<i>Romeria</i> sp2					x							
<i>Scytonema</i> sp		x										
<i>Sphaerocavum brasiliense</i> Azevedo et Sant'anna	x			x		x						x
<i>Stigonema</i> sp					x							
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Synechocystis</i> sp												
<i>Synechococcus nidulus</i> (E.G.Pringsheimii) Komarek	x	x	x	x	x	x	x			x		
<i>Synechococcus sigmoideus</i> (G. Moore e N. Carter) Komarek	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Synechococcus</i> sp1											x	
<i>Tychonema bourrellyi</i> (J.W.G.Lund) Anag. e Komarek								x	x			
CLASSE DINOPHYCEAE												
<i>Gonyaulax</i> sp										x		
CLASSE EUGLENOPHYCEAE												
<i>Euglena acus</i> Ehremberg					x							
<i>Euglena ehrembergii</i> Klebs		x		x								
<i>Euglena proxima</i> Dang					x							
<i>Euglena sanguinea</i> Ehremberg							x					
<i>Euglena</i> sp1							x					
<i>Euglena</i> sp2										x		
<i>Euglena spirogyra</i> Ehremberg				x	x							
<i>Euglena subehrembergii</i> Skuja							x					
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (Carter) Lemmermann								x	x			
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann				x				x				
<i>Lepocinclis</i> sp					x	x						
<i>Lepocinclis salina</i> Fritsch		x	x	x								
<i>Phacus curvicauda</i> Swirenko					x							
<i>Phacus hamatus</i> Pochm.				x								
<i>Phacus orbicularis</i> Hubn		x										
<i>Phacus platelea</i> Pouques			x									
<i>Phacus pleuronectes</i> (Muller) Dujardin							x					
<i>Phacus suecicus</i> Lemmermann	x		x	x	x							
<i>Phacus</i> sp1							x					
<i>Phacus</i> sp2			x									
<i>Phacus</i> sp3							x					
<i>Phacus</i> sp4				x								
<i>Phacus swirenkoi</i> Skv.								x				
<i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Sk.								x				
<i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre				x								
<i>Strombomonas rotunda</i> (Plauf.) Deflandre					x							

<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg			x		x				x				
<i>Oocystis</i> sp	x												
CLASSE XANTHOPHYCEAE													
<i>Centrtractus africanus</i> Fritsch et Rich			x	x	x	x							
<i>Centrtractus belenophorus</i> (Schmidle) Lemmermann	x	x	x	x	x								
<i>Centrtractus dubius</i> Printz	x	x											
<i>Isthmochloron lobulatum</i> (Nageli) Skuja	x	x	x	x	x	x							
<i>Isthmochloron</i> sp	x	x	x	x		x						x	
<i>Pseudostaurastrum lobulatum</i> (Nageli) Bourrelly			x	x	x	x							
<i>Pseudostaurastrum</i> sp1	x	x	x										
<i>Pseudostaurastrum</i> sp2			x										
<i>Tetraplektron</i> sp					x	x							
<i>Tetraplektron torsum</i> (W. B. Turner) Ded. - Sh.		x	x	x									