

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**O PAPEL DE MACRÓFITAS SUBMERSAS NA ESTRUTURA E INTERAÇÕES  
ENTRE FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS**

Mestranda: Cacilda Michele Cardoso Rocha  
Orientadora: Jarcilene Silva de Almeida-Cortez  
Co-Orientadora: Maristela Casé Costa Cunha

**RECIFE, 2016**

**CACILDA MICHELE CARDOSO ROCHA**

**O PAPEL DE MACRÓFITAS SUBMERSAS NA ESTRUTURA E INTERAÇÕES  
ENTRE FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Biologia Vegetal da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito para obtenção do título de  
mestre.

Orientadora: Jarcilene Silva de Almeida-Cortez  
Co-Orientadora: Maristela Casé Costa Cunha

**RECIFE, 2016**

Catálogo na fonte  
Elaine Barroso  
CRB 1728

**Rocha, Cacilda Michele Cardoso**

**O papel de macrófitas submersas na estrutura e interações entre fitoplâncton e zooplâncton em reservatórios/ Cacilda Michele Cardoso Rocha– Recife: O Autor, 2016.**

**79 folhas : il., fig., tab.**

**Orientadora: Jarcilene Silva de Almeida-Cortez**

**Coorientadora: Maristela Casé Costa Cunha**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Biologia Vegetal, 2016.**

**Inclui referência e anexos**

- 1. Plantas aquáticas 2. Plâncton 3. Reservatórios I. Almeida-Cortez, Jarcilene Silva (orientadora) II. Cunha, Maristela Casé Costa (coorientadora) III. Título**

**581.76**

**CDD (22.ed.)**

**UFPE/CCB-2016-166**

CACILDA MICHELE CARDOSO ROCHA

**O PAPEL DE MACRÓFITAS SUBMERSAS NA ESTRUTURA E INTERAÇÕES  
ENTRE FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON EM RESERVATÓRIOS**

Aprovada em 29/02/2016

Banca examinadora:

---

Dra. Jarcilene Silva de Almeida-Cortez (Orientadora) – UFPE

---

Dra. Maria do Carmo Martins Sobral- UFPE

---

Dr. Mauro de Melo Júnior - UFRPE

RECIFE, 2016

*Aos meus pais e aos muitos que me  
ajudaram nessa jornada.  
Com amor DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

O ambiente fértil, curioso e prazeroso brotou gosto pelas ciências aquáticas. Foi um trabalho desenvolvido com muita dedicação e carinho organizado nas páginas que seguem. A razão da curiosidade em ciências aquáticas vem do empenho, dedicação e disciplina ao tempo de estudo desde quatro anos atrás especificamente.

À minha família, agradeço à minha mãe América Cardoso e o meu pai Charles Xavier que me deram amor e bem estar em família. A educação foi criativa. Remeto à luta diária deles como uma conquista construída na perseverança dia a dia. A educação “pra vida” me fez forte. Meus irmãos e meus sobrinhos, família de pessoas queridas com os quais compartilhei muitos momentos em união. Fortaleceram-me com suas alegrias e incentivos aos estudos. O Juan Cela, meu marido quem me ajudou a empreender mais um período intenso de estudos, grande companheiro de aventuras. Obrigada pelo carinho, convivência em harmonia e sonhos compartilhados. Desde o início estive comigo quando nos sentamos em frente do computador para escolher o curso de graduação. Obrigada por fazerem parte da minha vida. Sou muito grata.

Ao finalizar esta etapa agradeço especialmente a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pela estrutura física e acadêmica para o desenvolvimento desta dissertação. Pelo crescimento pessoal, profissional e científico ofertados. Agradeço de forma especial ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (PPGBV), pelo embasamento teórico através das disciplinas, palestras, cursos e encontros. Aos professores do PPGBV, que foram maravilhosos nos ensinamentos pelo gosto às ciências. Vivi um período de muito estudo e relações interpessoais. Aprendi muito! Ao Departamento de Botânica nos Laboratórios de Anatomia e Ecofisiologia Vegetal pela infraestrutura disponibilizada com equipamentos de microscopia e espectrofotometria para análises da água. Aos funcionários da UFPE, que tornaram a realização deste trabalho mais tranquila e prazerosa. Especialmente à bióloga Marlene Bezerra, do herbário da UFPE, Hildebrando Manuel da Silva e Soraya Melo secretários do PPGBV. Muito profissionais e gentis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de mestrado e taxa de bancada, imprescindíveis para a realização desta pesquisa. E ao Ministério de Ciência e Tecnologia pelo apoio logístico, diárias para trabalhos em campo Inovação.

Aos pesquisadores do projeto INNOVATE, agradeço especialmente aos mestres Débora Lima pela parceria e amizade, e ao Florian Selge por disponibilizarem parte de seus dados para confrontar nossos achados nessa pesquisa. À Profa. Dr<sup>a</sup>. Silvana Calado do Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Química pela parceria para análises da água. Tivemos todo apoio técnico e instrumental, a Mestre Karina Rossiter, ao químico Romário, e as estudantes de engenharia química Dora Pavão, Hannah Pereira, Rayssa Andrade e Manoel Ribeiro. Obrigada pela inestimável ajuda e pelo carinho. Às biólogas Gérsica Moraes e Érika Tavares, muito queridas, pela parceria nos trabalhos de campo e de laboratório. Muitíssimo obrigada.

Às orientadoras, a Prof<sup>a</sup>. Jarci (Dr<sup>a</sup>. Jarcilene de Almeida-Cortez), pelo aprendizado em ecologia, obrigada pela parceria, orientação, incentivos e críticas. A “Jarci” se esforçou para facilitar a logística de campo e parceiras como laboratórios e atendeu todas as necessidades da pesquisa. Um doce de pessoa é muito querida. “Muito obrigada Jarcy pela confiança!”. A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maristela Casé Costa Cunha, primeiramente obrigada pela identificação e contagem do fitoplâncton. O sentimento de gratidão é grande. A “Maris” me apresentou um mundo, o da água doce, norteou a escolha pela área que decidi atuar, a ecologia aquática. Desde sempre me encorajou, orientou e depositou muita confiança em mim, que foi o que me impulsionou ir além e desenvolver esse projeto.

Agradeço à Profa. Sigrid Neumann-Leitão do Departamento de Oceanografia da UFPE pelo auxílio no desenho experimental do zooplâncton. E à Profa. Dr<sup>a</sup>. Emília Arruda e toda sua equipe, que muito gentilmente disponibilizou o laboratório de Anatomia Vegetal para análise das amostras do zooplâncton.

À Mestre Gabriela Frosi pelo total apoio na aplicação do protocolo para análise de Clorofila da água, no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal. Muitíssimo obrigada. À Dra. Júlia Caram pela valiosíssima contribuição nas análises de dados no programa R e curso introdutório ofertado.

Aos meus amigos Ariane S. Cardoso, Anthony E. Alves, Ericarlos Neiva e Jucélia Tavares. Vivi momentos inesquecíveis e de muito aprendizado profissional com vocês. As trocas de experiências como “limnólogos práticos” me ajudaram muito seguir adiante. Muito obrigada gente.

Aos companheiros do Laboratório de Interações Multitróficas pela ótima convivência, inestimável ajuda e crescimento pessoal durante esse tempo. Especialmente agradeço à minha querida amiga do coração, a Mestre Débora Alani Oliveira, pessoa especialíssima, me

incentivou desde o início a participar de todos os eventos e grupos de discussão sobre ciências do PPGBV. Obrigada.

Aos amigos dos Laboratórios de Ecologia Vegetal e Interação Planta Animal foi um período inesquecível de muito estudo sobre ecologia e amizade. Amei trabalhar ecologia da Caatinga e compartilhar momentos de descontração e festas com vocês! Especialmente agradeço a Clarissa, Joana, Júlia, Fernanda e José. Eu amei conhecer vocês!

Agradeço aos colegas do PPGBV com os quais compartilhei um período muito produtivo de estudos.

Aos membros titulares da banca examinadora da dissertação, a Profa. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo M. Sobral e Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior por terem aceitado enriquecer esse trabalho com suas colocações. Agradeço especialmente ao Prof. Mauro pela identificação dos Copepoda e possibilidade de parceira. Muitíssimo obrigada.

Muito, muito obrigada a TODOS. Amei a história que construímos.

## RESUMO

Macrófitas submersas promovem atributos das comunidades zooplancônicas mediante estrutura física, transparência da água, habitat, e abrigo de predadores. Enquanto competem por luz e nutrientes, afetando negativamente o crescimento do fitoplâncton atuando nas interações de controle base-topo e promovendo efeito de controle topo-base do zooplâncton. Pouco foi investigado sobre o papel da vegetação submersa nas interações do zooplâncton e fitoplâncton em áreas sobre influência de reservatório no semiárido brasileiro. Nesse sentido, de maneira a identificar principais lacunas e perspectivas para estudos futuros sobre as macrófitas e interações tróficas enfatizando buscas por estudos realizados na América do Sul, realizamos uma análise cienciométrica, e acreditamos que o número de artigos na área exibirá uma tendência crescente ao longo dos anos, onde a América do Sul apresentará participação significativa tanto no número de publicações quanto na cooperação internacional. Além disso, com a finalidade de investigar se nas áreas com pressões pelos usos em reservatório e solo, plantas submersas são afetadas positivamente, e estruturam riqueza e abundância para o zooplâncton, e suas interações afetam negativamente o fitoplâncton durante quatro períodos, coletamos evidências de efeitos de controle base-topo e topo-base de macrófitas sobre o plâncton. Para tanto, comparamos atributos de comunidades e nutrientes dissolvidos em bancos de plantas na zona litorânea e centros correspondendo à pelágica. Para análise Cienciométrica, acessamos publicações usando base de dados internacional entre 1980 a 2015. A coleta do material no campo mediante navegação pelas áreas em distâncias superiores de 3.5km, com coletas simultâneas da cobertura vegetal, comunidades planctônicas e nutrientes nitrogenados e fósforo total dissolvido. Áreas de cobertura das plantas submersas foram estimadas por medição da proporção de presença e ausência de espécies em 24 pontos em transectos paralelos às margens em área superior a 3.5 km. Coletamos 24 amostras do fitoplâncton e de nutrientes. Para o zooplâncton, realizamos amostragem composta da coluna d'água na vertical e horizontal através de arrastos totalizando 48 amostras. A Ciencimetria mostrou que o número de pesquisas sobre essas interações tróficas cresceram nos últimos anos na América do Sul, com contribuições do Brasil, Argentina e Uruguai. O conhecimento sobre as interações tróficas em tem norteado abordagens técnicas e pesquisas científicas em países temperados para melhorar a qualidade da água e restaurar lagos e reservatórios eutrofizados, mas a América do Sul avançou pouco. Constatamos que o maior volume de artigos indexados tratou sobre a dinâmica e estrutura das assembléias aquáticas, teias e interações tróficas, para as quais reservatórios e áreas alagadas receberam pouca atenção. Grande número de estudos

contemplam toda comunidade aquática e interações entre macrófitas, fitoplâncton zooplâncton e peixes. Com relação à pesquisa de campo, as macrófitas ocorreram em alta densidade e cobertura vegetal em 12 pontos por baía (60%; 70%) a diferentes profundidades (2m a 6m). Nas baías, fósforo (médias= 0.03 e 0.05 mg/L) e nitrogênio (0.4 e 0.9 mg/L) apresentaram baixas concentrações. A transparência de Secchi foi alta nas duas baías (>3.8). O fitoplâncton teve riqueza de 17 táxons, dos quais Cyanophyta e Bacillariophyta foram mais representativos. Baixas densidades registradas refletiram nos baixos valores de clorofila-*a* (médias= 9 e 12 µg/l). O zooplâncton apresentou alta dissimilaridade na riqueza (97 spp.) dos Rotifera, Cladocera e Copepoda e abundância relativa, com densidades variando significativamente na zona pelágica (24 a 2013 ind./m<sup>3</sup>) e litorânea (28 a 1260 ind./m<sup>3</sup>) de ambas as baías. Nesse contexto, confrontando esses resultados com os dados encontrados da vegetação, juntamente com as baixas concentrações de nutrientes dissolvidos, clorofila-*a* e alta transparência da água (Secchi), há forte indício da ocorrência de interações com controles base-topo e topo-base sobre o fitoplâncton. Nossos dados suportam a hipótese de prováveis efeitos dessas interações estejam contribuindo para a manutenção das condições de transparência da água nas baías, favorecendo baixa riqueza e biomassa algal. Uma vez que o conhecimento sobre as interações tróficas, particularmente as que ocorrem em cascata tem sido desenvolvido com sucesso em na reestruturação e restauração da qualidade da água em diversos países. Esta pesquisa contribui para o conhecimento das interações mediadas pelas macrófitas, sobre o zooplâncton e fitoplâncton em áreas de influência de reservatórios. Contudo, estudos na área das interações tróficas mediadas pelas macrófitas poderão ser direcionados de maneira a atenuar assimetrias internacionais, encorajando o aumento da produtividade científica na América do Sul. Esforços para restaurar as baías no entorno do reservatório no Brasil poderão ser despendidos usando técnicas combinadas para aumentar a qualidade da água e incrementar atributos das comunidades aquáticas.

**Palavras-chave:** macrófitas submersas, interações base topo e topo-base, reservatórios tropicais, América do Sul, análise cienciométrica.

## ABSTRACT

Submerged macrophytes promote attributes of planktonic communities by physical structure, water transparency, habitat, and shelter from predators. As they compete for light and nutrients, affecting negatively the phytoplankton growing, mediated bottom-up and top-down control interactions of zooplankton. Little has been investigated on the role of submerged vegetation in the interactions of zooplankton and phytoplankton in areas of reservoir influence in the Brazilian semiarid region. In order to identify major gaps and perspectives for future studies of macrophytes and trophic interactions, emphasizing searches for studies in South America, we conducted a scientometric analysis. We believe that the number of articles in the area show an increasing tendency to over the years, where South America will present significant participation in both the number of publications and in international cooperation. In order to investigate the impact of land use areas surrounding reservoir in submerged plants on planktonic communities, during four periods, we collect evidence of bottom-up and top-down controls of macrophyte on plankton. Our hypothesis is that the macrophytes are affected positively in that areas, and at the same time, can provide structure for richness and abundance to zooplankton and their interactions affect phytoplankton negatively. In the field we compare attributes of communities and dissolved nutrients in plant beds in the littoral and pelagic zones. For scientometrical analysis, we access publications using international database from 1980 to 2015. In the field, the samples were collected by boat, where greater distances with simultaneous sampling of vegetation, plankton communities and nitrogenous nutrients and total phosphorus dissolved. The submerged plant coverage areas were estimated by reducing the proportion of presence and absence of species in 24 points in parallel transects an area greater than 3.5 km. We collected 24 samples of phytoplankton and nutrients. For zooplankton, carry out sample composed of the water column vertically and horizontally, through hauls totaling 48 samples. The scientometrical analysis results showed that the number of trophic interactions researches grown in recent years in South America, with contributions from Brazil, Argentina and Uruguay. We found that the highest volume of indexed articles deals with the dynamics and structure of aquatic assemblages, webs and trophic interactions. Reservoirs and wetlands have received little attention. The large number of studies includes all aquatic community and interactions between macrophytes, phytoplankton, zooplankton and fish. Macrophytes occurred in high density and vegetation cover at 12 points per bay (60%; 70%) at different depths (2m to 6m). In the bays, phosphorus (mean = 0.03 and 0.05 mg / L) and nitrogen (0.4 and 0.9 mg / L) had lower concentrations. We found high Secchi transparency (>3 both bays. The phytoplankton richness was 17 taxa, of which Cyanophyt

Bacillariophyta were most representative. Low densities recorded reflected in lower values Chlorophyll-*a* (mean = 9.12 µg/l). Zooplankton showed high dissimilarity in the richness (97 spp.) of rotifers, Cladocera and Copepoda, with relative abundance. Densities varying significantly in the pelagic (24-2013 ind./m<sup>3</sup>) and littoral zones (28-1260 ind./m<sup>3</sup>) of both the bays. In this context, comparing these results with data from the vegetation, along with low concentrations of dissolved nutrients, chlorophyll-*a* and high water transparency, there is strong evidence of the occurrence of macrophytes and zooplankton interactions with bottom-up and top-down controls on phytoplankton. Our data support the hypothesis that probably, effects of these interactions are contributing to the maintenance of conditions of water transparency, favoring low richness and algal biomass. The knowledge of trophic interactions, particularly which occur in cascades, has been successfully developed in the restructuring and restoration of water quality in several countries. This research brings to contributes to the knowledge of macrophytes, zooplankton and phytoplankton interactions in areas influenced by reservoirs. However, studies in the area of trophic interactions mediated by macrophytes may be directed in order to mitigate international asymmetries by encouraging increased scientific productivity in South America. Efforts to restore the bays around the reservoir in Brazil may be spent using combined techniques to increase the quality water and increase attributes of aquatic communities.

**Keywords:** submerged macrophytes, top-down and bottom-up interactions, tropical, reservoirs, South America, scientometric analysis.

## ÍNDICE

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>            | <b>6</b>  |
| <b>RESUMO .....</b>                    | <b>9</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                   | <b>10</b> |
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>              | <b>14</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>17</b> |

### **CAPÍTULO 1: ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA E PERSPECTIVAS DE ESTUDO SOBRE MACRÓFITAS AQUÁTICAS MEDIANDO INTERAÇÕES TRÓFICAS. 20**

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>2. Metodologia .....</b> | <b>25</b> |
| <b>3. Resultados.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4. Discussão.....</b>    | <b>28</b> |
| <b>Agradecimentos.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>Referências.....</b>     | <b>33</b> |

### **CAPÍTULO 2: IMPACTO DE MACRÓFITAS SUBMERSAS NA ESTRUTURA E INTERAÇÃO DO ZOOPLÂNCTON E FITOPLÂNCTON EM ÁREAS DE RESERVATÓRIO TROPICAL .....**

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abstract.....</b>                                                 | <b>42</b> |
| <b>Introdução .....</b>                                              | <b>43</b> |
| <b>Materiais e métodos .....</b>                                     | <b>44</b> |
| <b>Área de estudo.....</b>                                           | <b>44</b> |
| <b>Amostragem e análise dos parâmetros abióticos e bióticos.....</b> | <b>46</b> |
| <b>Plâncton.....</b>                                                 | <b>46</b> |
| <b>Macrófitas submersas.....</b>                                     | <b>47</b> |
| <b>Análise de dados .....</b>                                        | <b>48</b> |
| <b>Resultados.....</b>                                               | <b>49</b> |
| <b>Variáveis abióticas e bióticas.....</b>                           | <b>49</b> |
| <b>Plâncton.....</b>                                                 | <b>51</b> |
| <b>Macrófitas aquáticas .....</b>                                    | <b>64</b> |
| <b>Discussão.....</b>                                                | <b>64</b> |
| <b>Conclusões .....</b>                                              | <b>69</b> |
| <b>Agradecimentos.....</b>                                           | <b>71</b> |
| <b>Referências.....</b>                                              | <b>71</b> |

### **CONCLUSÕES GERAIS.....77**

### **ANEXO-A: Normas para submissão de manuscrito ao Brazilian Journal of Biology.78**

### **ANEXO-B: Normas para submissão de artigo na revista Hydrobiologia .....79**

## APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos o número de rios que foram represados aumentou devido à maior demanda por energia hidroelétrica e suprimento de água (ESTEVES, 1998; TUNDISI et al., 1998). Reservatórios propulsionam economias regionais e, localmente experimentam alta pressão pelos diversos múltiplos usos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2003). Construídos próximos a centros urbanos e aliado à intensidade das atividades de agricultura com irrigação intensiva, captação, aquicultura e navegação, a qualidade da água desses sistemas passou a ser comprometida favorecendo processos de eutrofização (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2008).

O represamento de rios acarreta mudanças severas na dinâmica de comunidades aquáticas, cujos impactos negativos remetem à eutrofização (PINTO-COELHO; BEZERRA-NETO; MORAIS-JR, 2005; CROSSETTI et al., 2008). Processos de eutrofização tem levado à diminuição da biodiversidade aquática mediante aumento da carga de efluentes, florescimento de cianobactérias com potencial toxicológico e elevada turbidez (JEPPESEN et al., 2005). Nesses ecossistemas modificados as macrófitas aquáticas, muitas vezes indesejadas, tem sido problema para gestão desses ambientes (JEPPESEN et al., 2014). Com ampla distribuição biogeográfica (CHAMBERS et al., 2008) macrófitas colonizam ecossistemas pouco profundos, tornando-se importantes componentes nos processos de ciclagem de nutrientes e atributos das assembléias aquáticas associadas (ESTEVES, 1998). Contudo, em detrimento da elevada biomassa, estudos sobre macrófitas indesejadas em reservatórios tem recebido atenção pelos cientistas há anos (HOLM; WELDON; BLACKBURN, 1969; BOYD, 1971; NICHOLS, 1991; POMPÊO, 2008; MORMUL et al., 2010).

O papel preponderante que de macrófitas submersas na estruturação das interações tróficas e estabilidade e transparência da coluna d'água (JEPPESEN et al., 1997; SCHEFFER, 1999), é devido ao aumento da heterogeneidade e complexidade de microhabitats que incrementam abundância e diversidade aquática (DECLERCK et al., 2007; THOMAZ et al., 2008; THOMAZ; CUNHA, 2010). As interações tróficas promovidas por sua vez são resultado dos alicerces físicos, que possibilita existência de abrigos para zooplâncton da predação de peixes, repouso, desova ou deposição de ovos fertilizados (THOMAZ et al., 2008). As interações tróficas mediadas pelas plantas submersas geram efeitos em cascata que atuam diminuindo abundância de comunidades do fitoplâncton através de controles topo-base, tanto pelos peixes zooplancívoros quanto pelo

zooplâncton (STANSFIELD et al., 1997). Além disso, macrófitas submersas contribuem para redução do crescimento fitoplânctônico mediante extração de nutrientes ou substâncias alelopáticas (VAN DONK; VAN DE BUND, 2002).

O conhecimento sobre as interações tróficas e efeitos em cascata ganharam destaque como ferramenta promissora para restauração de ecossistemas aquáticos degradados e eutrofizados (CARPENTER; KITCHELL; HODGSON, 1985) há mais de trinta anos, cujo conhecimento das interações tróficas é imprescindível (JEPPESEN et al., 2012). Objetivos de pesquisas desenvolvidas em países da região temperada têm sido particularmente focados em entender processos biológicos que promovam uma diminuição da biomassa algal, turbidez e altas concentrações de nutrientes na água (SHAPIRO; LAMARRA; LYNCH, 1975; JEPPESEN et al., 2014). Iniciativas técnicas têm sido conduzidas experimentalmente através de biomanipulação de interações tróficas aquáticas em cascata com resultados satisfatórios desde então (JEPPESEN et al., 2005; 2012). Entender processos que regem a dinâmica das comunidades biológicas em reservatórios e a ciclagem de nutrientes é chave para restaurá-los da eutrofização (VON SPERLING, 1997), nesses ambientes a biodiversidade não é totalmente conhecida (AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005). No Brasil esforços para entender como as interações tróficas entre peixes, zooplâncton e fitoplâncton atuam para incremento da qualidade da água em reservatórios eutrofizados foram despendidos com sucesso (ARCIFA; NORTHCOTE; FROEHLICH, 1986; NORTHCOTE; ARCIFA; MUNRO, 1990). Diante do exposto, compreender o papel mediado pelas macrófitas submersas nas interações tróficas, consiste em avanço científico, cujo conhecimento nos trópicos é insipiente e pode nortear aplicabilidade de técnicas promissoras para aumentar a qualidade da água.

Inúmeros reservatórios para fins hidroelétricos vêm sendo construídos no Brasil, com impactos negativos nos ecossistemas naturais que foram represados. Além das transformações nas faunas e floras aquáticas desses ambientes, os rios represados afetaram os usos da água pelas populações humanas que passaram a afetar sua qualidade. Na região semiárida do Brasil, Itaparica é um dos nove reservatórios da série que foram construídos para aproveitamento hidroelétrico com represamento do rio São Francisco. Extensas áreas foram inundadas e algumas originaram baías artificiais como as da orla da cidade Petrolândia e Icó-Mandantes, em Pernambuco. Os usos sustentáveis do reservatório têm sido fomentados através de pesquisas em colaboração entre instituições brasileiras e alemãs. O programa INNOVATE (*Interplay among multiple uses of water reservoirs via inNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems*) foi desenvolvido com a finalidade

de otimizar os usos múltiplos do reservatório. Através da transferência de informações e conhecimento científico, em cenário de mudanças climáticas, sete subprojetos abriram frente para várias linhas de investigação. Dentro das propostas conjuntas de pesquisa abordadas o presente estudo versa sobre a biodiversidade aquática. Nesse sentido, a despeito dos impactos do represamento, esta dissertação tem como objetivo principal entender qual o papel de macrófitas submersas na estrutura das comunidades do fitoplâncton e zooplâncton e nas suas interações entre as baías sob influência do reservatório. Especificamente investigamos lacunas de estudos sobre macrófitas aquáticas e interações tróficas enfatizando contribuições de países da América do Sul através de análise Cienciométrica (1º Capítulo) e o papel de macrófitas submersas na estrutura das comunidades do fitoplâncton e zooplâncton e influência de variáveis físico-químicas da água comparando esses parâmetros entre os bancos de macrófitas submersas na região litorânea (margens) e pelágica (centros) das baías (2º Capítulo).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, A. A. A.; THOMAZ, S. . S.; GOMES, L. L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 71–78, 2005.
- ARCIFA, M.; NORTHCOTE, T.; FROEHLICH, O. Fish-zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian reservoir. **Hydrobiologia**, v. 139, n. 1, p. 49–58, 1986.
- CARPENTER, S.; KITCHELL, J.; HODGSON, J. Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity. **BioScience**, v. 35, n. 10, p. 634–639, 1985.
- CHAMBERS, P. et al. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 9–26, 2008.
- CROSSETTI, L. et al. Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. **Braz. J. Biol.**, v. 68, n. 4, p. 1061–1067, 2008.
- DECLERCK, S. et al. Plankton Biodiversity along a Gradient of Productivity and Its Mediation by Macrophytes. **Ecology**, v. 88, n. 9, p. 2199–2210, 2007.
- ESTEVES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- JEPPESEN, E. et al. Top-down control in freshwater lakes : the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. **Hydrobiologia**, n. 342/343, p. 151–164, 1997.
- JEPPESEN, E. et al. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes. In: REDDY, M. V. (Ed.). . **Restoration and Management of Tropical Eutrophic Lakes**. [s.l.] Enfield, N.H.: Science Publishers, 2005. p. 341–359.
- JEPPESEN, E. et al. Biomanipulation as a Restoration Tool to Combat Eutrophication: Recent Advances and Future Challenges. **Advances in Ecological Research**, v. 47, p. 411–488, 2012.
- JEPPESEN, E. et al. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes by Eutrophication of lakes. In: **Tropical eutrophic lakes: Their restoration and management (in press)**. [s.l: s.n.]. p. 1–12.
- NORTHCOTE, T.; ARCIFA, M.; MUNRO, K. An experimental study of the effects of fish zooplanktivory on the phytoplankton of a Brazilian reservoir. **Hydrobiologia**, v. 194, n. 1, p. 31–45, 1990.
- PINTO-COELHO, R.; BEZERRA-NETO, J.; MORAIS-JR, C. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. **Braz. J. Biol.**, v. 65, n. 2, p. 325–338, 2005.
- SCHEFFER, M. The effect of aquatic vegetation on turbidity; how important are the filter feeders? **Hydrobiologia**, v. 408-409, p. 307–316, 1999.
- STANSFIELD, J. et al. Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladocera against fish predation: observations on seasonal changes in relation to macrophyte cover and

predation pressure. **Hydrobiologia**, v. 342/343, p. 229–240, 1997.

THOMAZ, S. et al. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 2, p. 358–367, 2008.

THOMAZ, S.; CUNHA, E. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 218–236, 2010.

TUNDISI, J. et al. Reservoir Management in South America. **International Journal of Water Resources Development**, v. 14, p. 141–155, 1998.

TUNDISI, J.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. **Hydrobiologia**, v. 500, p. 231–242, 2003.

TUNDISI, J.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. (4, Suppl.), p. 1133–1135, 2008.

VAN DONK, E.; VAN DE BUND, W. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. **Aquatic Botany**, v. 72, n. 3-4, p. 261–274, abr. 2002.

**CAPÍTULO 1: ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA E PERSPECTIVAS DE ESTUDO  
SOBRE MACRÓFITAS AQUÁTICAS MEDIANDO INTERAÇÕES TRÓFICAS**

Manuscrito a ser submetido no periódico *Brazilian Journal of Biology*

## **Análise cienciométrica e perspectivas de estudo sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas**

*Rocha, CMC.<sup>a</sup>, Lima, D.<sup>b</sup>, Cunha; MCC.<sup>c</sup> and Almeida-Cortez, JSde.<sup>a\*</sup>*

<sup>a</sup>Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco.  
Av. Profº. Moraes rêgo, s/nº., Cidade Universitária. CEP.50.670-901 – Recife – Pe

<sup>b</sup>Department of Water Quality Control. Berlin Institute of Technology- Germany  
TU Berlin, Straße des 17. Juni , 135, KF4, 10623 Berlin

<sup>c</sup>Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia/UNEB  
E-mail: \*jacortez@ufpe.br

(com 10 figuras)

## Abstract

Aquatic macrophytes has recognized functions in ecosystems, structuring communities, plays important roles on trophic cascades interactions, important knowledge to development theory and applied ecology to improve water quality. In the last years, the number of studies about the role of aquatic macrophytes in interactions an trophic weeb increasing but, South American has made little progress. In this study we determined the trends and gaps of macrophytes and trophic interactions studies around the world, especially by South American scientists. We investigated publications in an international database (Thomson-ISI) between 1980 and 2015. We ranked for each article, biological organization and taxa groups in interaction (phytoplankton, periphyton, zooplankton, aquatic invertebrates, fishes and birds) ecosystems and studies approaches, the research countries in cooperation and authors affiliation. The data showed that in the last years, the number of publication of trophic interactions increased (n=243), but compare these trends with 32 countries, South American nations have few scientific production. In Latin American, just Brazil, Argentina and Uruguay nations has investigated these areas with few publications in cooperation (n=9). Major volume papers indexed by researchers are about, dynamic and aquatic assemblage structure, food web and trophic interactions. The most studies comprised all communities, and macrophytes, phytoplankton, zooplankton and fish trophic interactions. Ecosystems such reservoir and wetlands have been received little attention. In conclusion, those studies can be more deliberately targeted to reduce international asymmetries encouraging increased scientific productivity studies in South American. Particularly cascades trophic interactions knowledge, has been developed successfully in many countries, reestructuring communities and restauration the water quality of many ecosystems.

**Keywords:** aquatic macrophytes, trophic interactions, South American, reservoir, scientometric analyses.

## Resumo

Macrófitas aquáticas tem reconhecida função na estruturação de ecossistemas e importante papel nas interações tróficas em cascata, cujo entendimento é chave para avanço de técnicas de ecologia aplicada e teórica para melhorar a qualidade da água. Nos últimos anos, o número de estudos sobre o papel das macrófitas aquáticas nas interações e teia trófica aumentaram mas, a América do Sul progrediu pouco em pesquisas da área. Nesse estudo investigamos principais lacunas e perspectivas para estudos futuros sobre macrófitas e interações tróficas analisando publicações mundiais, especialmente aquelas conduzidas por pesquisadores sul-americanos. Acessamos publicações usando base de dados internacional (Thomson Reuters ISI Web of Knowledge) entre 1980 a 2015. Computamos para cada artigo organização biológica e grupos taxonômicos em interação (fitoplâncton, perifíton, zooplâncton, invertebrados aquáticos, peixes e aves), ecossistema e abordagem do estudo, países que publicam em cooperação e filiações. Os resultados mostraram que estudos publicados (n=243) enfatizando plantas aquáticas em interações tróficas cresceram em 35 anos. Comparando as contribuições dos 32 países investigados, aqueles da América do Sul apresentaram baixo número de publicações (n=26), poucos em cooperação (n=9). O maior volume de artigos indexados pelos pesquisadores trataram sobre a dinâmica e estrutura das assembléias aquáticas, teias e interações tróficas. Reservatórios e áreas alagadas tem recebido pouca atenção. Grande número de estudos compreenderam abordagens de toda comunidade aquáticas e interações entre macrófitas, fitoplâncton zooplâncton e peixes. Em síntese, concluímos que estudos na área da interações tróficas medaídas pelas macrófitas

poderão ser direcionados de maneira a atenuar assimetrias internacionais, encorajando o aumento da produtividade científica na América do Sul. O conhecimento sobre as interações tróficas em cascata tem sido desenvolvido com sucesso em diversos países cujas finalidades tem sido reestruturar comunidades e restaurar a qualidade da água de muitos ecossistemas.

*Palavras-chave:* macróftas aquáticas, interações tróficas em cascata, América do Sul, reservatórios, análise cienciométrica.

## 1. Introdução

Entender padrões e processos que governam a biodiversidade de ecossistemas é chave para avançarmos no melhoramento de técnicas de ecologia aplicada e teórica (Thomaz; Souza; Bini, 2003). Pesquisas sobre o funcionamento dos ecossistemas de água doce são bem reportados na literatura científica, especialmente no hemisfério Norte (Esteves, 1998). Em países da América do Sul, o conhecimento sobre a limnologia e ecologia precisa avançar, particularmente o de reservatórios para um manejo sustentável de seus múltiplos usos (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2003).

Em países de clima temperado, o interesse pelas interações tróficas aquáticas e efeitos em cascata surgiu como uma das questões centrais para diminuir a formação da biomassa fitoplanctônica, incrementando abundância e a pressão de predação pelo zooplâncton, como maneira de aumentar a transparência da água (Carpenter; Kitchell; Hodgson, 1985). Então, a limnologia e ecologia passaram de um caráter empírico para a experimentação, objetivando desenvolver modelos peditórios que possibilitassem compreender efeitos advindos das relações tróficas das comunidades aquáticas visando melhorar a qualidade da água (Shapiro; Lamarra; Lynch, 1975; Mcqueen; Post; Mills, 1986). A teoria das interações tróficas em cascata elucidou que são os efeitos recíprocos das interações entre predadores (peixes) e presas (zooplâncton) que alteram abundância, biomassa ou produtividade de populações e comunidades fitoplanctônicas (Carpenter; Kitchell; Hodgson, 1985). Mas, compreender essas interações em cascata consistia entender qual papel da vegetação aquática, estruturadora das comunidades nos processos que medeiam equilíbrio de estados de turbidez, transparência da água e ciclagem de nutrientes em lagos. Desse contexto emergiu a teoria do equilíbrio alternativo em lagos rasos de Scheffer et al. (1993), que elucidou o papel das plantas aquáticas submersas nas interações tróficas. Macrófitas submersas aumentam a transparência da água através de mecanismos físicos (diminuindo ressuspensão de sedimentos), químicos (alelopatia), e afetam as interações tróficas em cascata através da diminuição da pressão de predação de peixes sobre o zooplâncton, responsáveis pela diminuição do crescimento algal.

Em reservatórios, grande parte dos problemas para o manejo adequado ainda consiste em diminuir a formação da biomassa de macrófitas indesejadas, cujos problemas vem sendo reportados há anos (Holm; Weldon; Blackburn, 1969; Boyd, 1971; Nichols, 1991; Pompêo, 2008; Mormul et al., 2010). Isso porque com o barramento dos rios, há uma mudança do estado lótico para lântico favorecendo a estabilização e proliferação de plantas aquáticas em consequência da eutrofização (Thomaz; Bini, 1998). E processos de

eutrofização tem levado a diminuição da biodiversidade aquática nesses ambientes, mediante aumento da carga de efluentes, favorecendo florescimento de cianobactérias com potencial toxicológico e elevando a turbidez (Jeppesen et al., 2005). Lagos e reservatórios tropicais são dinâmicos e experimentam complexos processos de eutrofização, que estão diretamente relacionados com o aumento da biomassa de produtores primários (fitoplâncton e macrófitas) e fontes de nutrientes, cujo entendimento é chave para restaurá-los (Von Sperling, 1997).

O número de ecólogos e limnólogos brasileiros cresceram juntamente com o incentivo às pesquisas pelos órgãos de fomento (Melo; Bini; Carvalho, 2006). Porém, os estudos sobre o papel das macrófitas aquáticas em pesquisas com abordagens preditivas com testes de hipótese pouco avançaram, particularmente em países do Neotrópico segundo Padial; Bini e Thomaz, (2008). Países da América do Sul tem um número insuficiente de publicações sobre teia trófica aquática, cujo entendimento é um importante passo para a gestão, planejamento e restauração de ambientes naturais (Tao et al., 2015). Entender como a vegetação aquática influencia interações tróficas é importante para o avanço da ecologia aquática aplicada, e uma ferramenta promissora para melhorar a qualidade da água diminuindo processos de eutrofização.

Uma vasta gama de indicadores para medir e mapear resultados das atividades do progresso científico e tecnológico se desenvolveu nos últimos anos. À luz desse avanço, a pesquisa cienciométrica se tornou um instrumento crítico, que identifica lacunas e perspectivas para que a ciência possa se desenvolver (Verbeek et al., 2002). Enquanto ferramenta de pesquisa quantitativa, visa avançar no desenvolvimento, em interface com questões pertinentes à sociedade para as quais maior atenção deve ser despendida (Van Raan, 1997).

Na tentativa de encontrar as principais perspectivas para investigações futuras e identificar tendências nas pesquisas sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas, este estudo teve como propósito aceder o quanto a produção científica mundial avançou sob a ótica cienciométrica, enfatizando as contribuições da América do Sul. Endereçamos as seguintes questões: i) A produção científica mundial sobre macrófitas e interações tróficas está aumentando ao longo do tempo? ii) Qual é o total da produção gerada pela América do Sul? iii) O número de publicações da América do Sul para área da Ecologia e Limnologia em jornais internacionais é alto? iv) Quais países são responsáveis pelo maior numero de publicações e qual é a frequência de cooperação com autores da América do Sul? v) Quais revistas publicaram a maior parte dos estudos da área? vi) Qual é a natureza da pesquisa?

vii) Quais são os principais ecossistemas, áreas, níveis de organização ecológica e componentes estudados? Nossa hipótese é que o número de artigos na área exibe uma tendência crescente ao longo dos anos, para os quais os países da América do Sul apresenta participação expressiva tanto no número de publicações quanto na cooperação internacional. Não pretendemos ser conclusivas nessa abordagem, mas destacar algumas contribuições importantes dos estudos que foram desenvolvidos desde então.

## **2. Metodologia**

Usamos a base de dados da Thomson Reuters (ISI Web of Knowledge/<http://www.webofscience.com/>) com finalidade, levantar estudos de artigos publicados nos principais periódicos voltados para os estudos de ecossistemas de água doce entre 1980 a 2015, com citações sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas. Utilizamos buscadores de argumentos para levantamento dos artigos mediante combinação de operadores de proximidade de palavras chave no campo dos títulos, resumos e corpo dos artigos. Combinamos no campo de pesquisa no idioma inglês as seguintes palavras: submerged macrophytes or macrophytes or aquatic plants and phytoplankton or plankton or planktonic community or phytoplankton and zooplankton\* and trophic levels or trophic interactions or trophic web. O número total de artigos foram computados de acordo com a nacionalidade dos primeiros autores. Posteriormente, selecionados os documentos abrangendo informações do continente, país de afiliação da autoria, área do estudo, cooperação internacional e revista da distribuição. Adicionalmente agrupamos as informações: i) tipo de estudo: experimental, levantamento de dados, revisão, observação ou modelagem; ii) ecossistema estudado: todo ecossistema, lago/lagoa, rio/riacho, laboratório, reservatório, córrego, brejo, estuário; iii) área pesquisada: ecossistema, estrutura do ecossistema e das comunidades, dinâmica de populações e comunidades, teia e interação trófica, ciclagem de nutrientes, produtividade primária, ecotoxicologia, biomanipulação e restauração; iv) nível de organização: ecossistêmica, teia e interação trófica, comunidade, população; v) grupo de macrófita aquática: submersa, emergente, flutuante-fixa, flutuante-livre; vi) componente: comunidade aquática; macrófitas; fitoplâncton; perifíton; zooplâncton; invertebrados e vertebrados.

Os dados foram analisados através da Microsoft Excel® e os gráficos editados no ambiente de desenvolvimento integrado de livre acesso R.

### 3. Resultados

A Cienciometria congregou artigos publicados em 32 idiomas nos últimos trinta e cinco anos; o argumento de busca selecionou 5600 artigos. Selecionados para análises 243 artigos atendendo critério metodológico adotado. A produção científica de estudos mundiais sobre as macrófitas aquáticas mediando interações tróficas cresceu significativamente em trinta e cinco anos ( $r^2=0.50$ ;  $p<0,0001$ ) (ver Figura 1). Observamos que entre os períodos de 1991 a 2010 o número de artigos publicados ultrapassou em mais de cinco vezes a quantidade de indexações realizadas na década de 80, similar ocorreu com a contagem de publicações ocorridas entre os anos de 2011 a 2015 que somaram quatro vezes mais.

Na América do Sul a cienciometria detectou artigos publicados apenas para Argentina, Brasil e Uruguai, que juntos somam 10,3% do total de artigos publicados (ver Figura 2). O Brasil ( $n=13$ ) contribuiu mais que a Argentina ( $n=9$ ), foram os primeiros a publicarem estudos referentes às macrófitas aquáticas mediando interações tróficas em periódicos indexados na ISI. O Uruguai ( $n=4$ ) surgiu como terceiro a publicar mais. Juntos, esses três países reúnem menos de um quarto dos artigos publicados mundialmente sobre o tema, mas o número de pesquisas variaram ao longo dos anos.

Publicações em revistas de alto fator impacto ( $> 1$ ) estão sendo desenvolvida em países de importante e reconhecida produtividade científica. Dez congregam maior número: Estados Unidos da América (EUA) lideram a lista com o maior percentual (18%), seguidos pela contribuição dos países da América do Sul, Brasil, Argentina e Uruguai (11%), a Inglaterra (7%) surge na terceira posição (ver Figura 3). Os países Dinamarca (6,6%), Suécia, China e Canadá (6%) surgem cada um com igual taxa. Na sequência aparece a Holanda (5%), Bélgica e Alemanha contribuem com igual percentual (4%). Os demais países (22) somaram juntos 28% das demais publicações mundiais sobre as macrófitas aquáticas e interações tróficas.

A colaboração internacional entre países com mais publicações em revistas de auto impacto é baixa na América do Sul. Apesar desse número de artigos publicados em cooperação, países europeus como a Dinamarca ( $n=3$ ) e Holanda ( $n=2$ ) tem cooperado com pesquisadores do Uruguai ( $n=2$ ) em pesquisas experimentais e de campo. O Canadá e Senegal ( $n=1$ ) também contribuíram para as publicações em cooperação, porém em menor número (ver Figura 4).

Existe grande número de revistas cujo escopo compreende publicações voltadas para ciências aquáticas e Limnologia ( $n=89$ ) (ver Figura 5). As cinco revistas que juntas incorporaram mais artigos ( $n=112$ ) foram: Hydrobiologia ( $n=57$ ), Freshwater Biology

(n=32), Archives Für Hydrobiologie, Ecology (n=9), Wetlands (n=7) e Oecologia (n=7). Do total dos artigos indexados na ISI, os autores da América do Sul somaram ao todo 26 publicações.

Na América do Sul, estudos experimentais, observações e levantamentos variaram no total publicado (ver Figura 6). Argentina lidera em número de publicações experimentais (n=8), em seguida o Uruguai (n=3). Brasil possui o maior número de estudos observacionais e levantamentos (n=11). Mundialmente, pesquisas experimentais abrangeram mais artigos publicados (n=114), mostrando a importância da experimentação nos estudos sobre plantas aquáticas e suas interações tróficas. No entanto, estudos de observação e levantamentos somaram considerável contribuição para este conhecimento (n=109). As modelagens e revisões indexaram pequeno número de artigos (n=18).

A teia trófica aquática foi o nível ecológico mais estudado pelo Brasil e Argentina (n=5; 2) respectivamente, a dinâmica de comunidades (n=7) somou mais estudos publicados entre esses pesquisadores (ver Figura 7). As interações tróficas e biomanipulação foram áreas cuja abordagens congregaram mais estudos, tanto no Brasil (n=1; 5) e Argentina (n=2; 3) quanto mundialmente (n=55; 45) respectivamente. No Uruguai a dinâmica de comunidades aquáticas e interações (n=2; 2) somaram mais publicações.

Investigação abordando toda a comunidade aquática foi o componente biológico mais estudado nos 35 países e na América do Sul (n=99; 12) respectivamente (ver Figura 8). As interações tróficas entre macrófitas aquáticas, fitoplâncton e zooplâncton apareceram com ótima contribuição no número de investigações (n=53; 8), em seguida as interações entre as plantas, a comunidade zooplancônica e peixes (n=47; 2). A interação menos investigada foi da vegetação aquática e vertebrados (n=9; 3) quarta colocação como interação mais estudada (n=9).

Ecossistemas classicamente mais estudados pelos limnólogos e ecólogos, os lagos (n=173) lideraram com o maior volume de publicações, seguido de investigações em rios (n=23) (ver Figura 9). Estudos conduzidos em laboratórios apareceram em terceiro lugar (n=15), e os reservatórios (n=8) surgiram na quarta posição. Os lagos, pântanos, córregos e estuários somaram menos de 6% do total das publicações analisadas.

A forma de vida submersa livre e fixa foi o grupo de macrófitas aquáticas que se destacaram como mais da metade das indexações de artigos (n=140) (ver Figura 10). O interesse em investigar interações entre toda comunidade de macrófitas aquáticas apareceu com o segundo maior número de publicações (n=51). As demais formas de vida apareceram em estudos que englobaram vários grupos de macrófitas, o quais incluíram as emergentes

(n=20), estudadas em conjunto surgiram as formas de vida submersas, flutuantes-livre e fixa e emergentes (n=14), flutuantes (livres e fixas) (n=10) e as submersas e flutuantes (livres e fixas) (n=8).

#### **4. Discussão**

A cienciometria constitui uma fonte adequada de informação para mapear áreas e subáreas científicas ou tecnológicas, para assessorar compilações significativas de maneira que a ciência depende fortemente para avançar (Verbeek et al., 2002).

A análise cienciométrica detectou as principais perspectivas para investigações futuras sobre as macrófitas e interações tróficas em ecossistemas de água doce com as tendências e principais abordagens teóricas para América do Sul. Os achados analisados com base nas categorias, palavras-chave dos títulos, resumos e artigos suportam nossa predição. Observamos que houve aumento substancial nos últimos 35 anos do número de publicações sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas. A tendência temporal de pesquisas sobre a vegetação aquática e suas interações tróficas é crescente. Identificamos duas principais fases nas quais houve uma maior contribuição de publicações, que foram entre os anos de 2001 a 2010 e entre 2011 a 2015. Apesar desse aumento considerável, a cooperação internacional em parceria com autores da América do Sul foi baixíssima. Observamos que países com a maior produtividade científica como EUA e Inglaterra não cooperaram com países latinos nas áreas investigadas enfatizando o papel de macrófitas mediando interações tróficas. Em fato porque ainda há uma série de pesquisas em desenvolvimento e diversidade de ecossistemas aquáticos a serem estudados, altos investimentos demandados, distância geográfica, empasses burocráticos e interinstitucionais.

O ecossistema aquático tornou-se um importante campo de pesquisa atraindo cada vez mais atenção das comunidades científicas (Liao; Huang, 2014). O interesse pela ecologia das macrófitas aquáticas na América do Sul se deve ao fato da biodiversidade deste grupo se concentrar nessa região (Chambers et al., 2008). A importância do papel das macrófitas favorecendo complexidade e heterogeneidade de habitats é crucial para proteção e conservação da biodiversidade, e ainda há interesse em compreendê-las (Padial; Bini; Thomaz, 2008). Componentes chave no fluxo de energia, a vegetação aquática desempenha importantes funções ecossistêmicas, atuando principalmente na preservação da integridade dos ambientes onde ocorrem, promovendo por suas vez interações entre comunidades

(Thomaz; Cunha, 2010; Kovalenko; Thomaz; Warfe, 2011). Finalmente, parte dessa atenção se deve à intensidade dos impactos negativos de origem antropogênica, que aumentaram a pressão pelos usos da água e da terra elevando a carga de poluentes e a complexidade dos ambientes naturais aumentando o número de espécies ameaçadas (Agostinho; Thomaz; Gomes, 2005; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2008). Sérios problemas, como a eutrofização, estão associados à elevada produtividade de algumas espécies de macrófitas atribuídos principalmente à mudança na dinâmica natural de grandes rios represados (Thomaz, 2002; Pompêo, 2008). Os usos múltiplos de grandes corpos d'água como reservatórios necessitam de estudos que integrem a pesquisa ao manejo de maneira a otimizar seus usos e conservar a qualidade da água e biodiversidade (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2003).

Na América do Sul, países como o Brasil, Argentina e Uruguai apresentam baixa contribuição do total de artigos publicados sobre macrófitas e interações tróficas, cuja participação é baixa (10,3%). Contudo, cabe ressaltar que, com exceção dos países mais produtivos (EUA e Inglaterra), em comparação com os demais oito países de maior produtividade na área pesquisada, a contribuição da América Latina é promissora. Apesar disso, entender como as interações tróficas moldam e direcionam a dinâmica das comunidades aquáticas demanda abordagens científicas arrojadas, altos investimentos para testar hipóteses experimentalmente em micro e mesocosmos no campo e laboratórios. Os escassos estudos desenvolvidos na área podem ser atribuídos ao elevado custo que implica a pesquisa. Nações economicamente desenvolvidas exibem investimentos massivos para que sua população tenha acesso a educação de qualidade como produção de conhecimento e tecnologia, resultando em recursos humanos altamente qualificados (Krauskopf et al., 1995). Análise cienciométrica desenvolvida por Padial; Bini; Thomaz (2008) mostrou um aumento do número de publicações de países latinos, mas estudos fundamentalmente empíricos. Apesar da baixa produtividade, estudos cienciométricos prévios sobre macrófitas no Neotrópico e produção científica latinoamericana evidenciam o aumento na participação desses países no número de artigos indexados nos últimos dez anos (Hill, 2004). América do Sul vem investindo nas áreas de engenharia e ciências nos últimos anos, reflexo do desenvolvimento econômico dessas nações de economia emergente. Estudos bibliométricos apontam EUA com maior produtividade científica em diversas áreas do conhecimento, artigos mais citados e cooperação internacional há anos (Hill, 2004; Cao et al., 2012; Liao; Huang, 2014; Tao et al., 2015). Prioridades para financiamento científico de um país tanto pelo governo como por empresas é decidido com base na produção do conhecimento (King, 2004). Nesse contexto, a esmagadora posição no número de publicações dos EUA de alto

impacto sobre teia trófica, que lidera o ranking juntamente com a Inglaterra, reflete nos investimentos massivos em educação para formação de recursos humanos prolíficos destas nações (Tao et al., 2015). Países europeus como a Dinamarca e Holanda vem cooperando para a formação de pesquisadores da América do Sul e somaram importantes contribuições em cooperação. Os dinamarqueses e canadenses estão elecados como pesquisadores com maior número de estudos citados (Hill, 2004) e produtividade para o conhecimento da teia trófica aquática no mundo há mais de 40 anos (Tao et al., 2015).

Atualmente há um volume considerável de periódicos endereçados aos estudos voltados para ciências aquáticas, cujos escopos abarcam uma espantosa quantidade de tópicos abrangendo em seus volumes desde estudos moleculares a revisões. Nesse universo de periódicos, muito dos quais antigos, o *Archives Für Hydrobiologie* (1906) uma das primeiras revistas científicas em circulação voltadas para o estudo dos ecossistemas aquáticos recentemente designado como *Fundamental and Applied Limnology*. O jornal *Hydrobiologia* (1948) vem ganhando destaque pelo escopo amplo, que agrupa grande parte das publicações sobre ciências aquáticas em interface com a biologia incluindo estudos de limnologia e oceanografia, é o preferido pelos cientistas do Brasil e América Latina (Melo; Bini; Carvalho, 2006; Padial; Bini; Thomaz, 2008). *Freshwater Biology* (1971) por se tratar de um periódico restrito aos estudos dos ecossistemas aquáticos continentais inclui boa parte das pesquisas da área, mas em menor quantidade. Grande parte das pesquisas desenvolvidas mundialmente na atualidade sobre a teia trófica aquática estão sendo publicados nos dois últimos periódicos citados (TAO et al., 2015).

A natureza das pesquisas sobre os compartimentos aquáticos e interações tróficas tem sido realizadas experimentalmente há anos. Isso porque a reestruturação de comunidades biológicas para restauração de lagos e reservatórios eutrofizados norteou os primeiros estudos sobre a biomanipulação nestes ecossistemas (Shapiro; Lamarra; Lynch, 1975). O entendimento da cadeia trófica decorrem da importância como ferramenta na tomada de decisões de planejamento e manejo de ecossistemas visando restaurá-los (Carpenter et al., [S.D.]; Tao et al., 2015). Em contrapartida, os estudos observacionais ainda são necessários, tendo em vista que os esforços despendidos das investigações de base dão suporte aos pesquisadores e norteiam novas pesquisas de maneira que a ciência possa avançar (Padial; Bini; Thomaz, 2008). Mas o engajamento de limnólogos e ecólogos aquáticos para entender o funcionamento de sistemas biológicos em conjunto, com seus padrões e mecanismos representa grandes desafios futuros (Thomaz & Bini, 2003). Além disso, a cienciometria revelou que o número de pesquisas macrófitas mediando interações

tróficas ainda é incipiente, os quais ainda continuam pouco explorados (Kovalenko; Thomaz; Warfe, 2011).

Devido à importância das macrófitas para os ecossistemas onde ocorrem, há um maior volume de artigos publicados contemplando majoritariamente a dinâmica e natureza das comunidades aquáticas, suas interações, teia trófica e a biomanipulação. É interessante notar que há grande interesse pelos pesquisadores em compreender os diferentes níveis tróficos dos ecossistemas de água doce, enfatizando interações entre macrófitas submersas, fitoplâncton e zooplâncton, que surgiram como componentes mais estudados em conjunto. O papel das macrófitas promovendo recursos e diversidade aquática na região tropical é bem compreendido principalmente em rios represados (Thomaz et al., 2008; Simões et al., 2013). Porém, os efeitos de macrófitas sobre as interações tróficas são mais complexos de compreender nos trópicos, visto haver abundantes formas de vida (Iglesias et al., 2006).

O maior volume de artigos publicados mundialmente contemplam a dinâmica e natureza das comunidade aquáticas, suas interações, teia trófica e a biomanipulação. É interessante notar que há grande interesse pelos pesquisadores em compreender os diferentes níveis tróficos dos ecossistemas de água doce enfatizando as produtividades primária e secundária, para as quais as macrófitas submersas, fitoplâncton e zooplâncton aparecem como mais estudados em conjunto. A vegetação submersa funciona suprimindo o crescimento algal pela competição por recursos e através de substâncias alelopáticas (van Donk; van de Bund, 2002) e aumentam a pressão de predação do zooplâncton sobre o fitoplâncton.

Fundamentalmente lagos e lagoas juntamente com os rios têm sido os ecossistemas mais pesquisados, para os quais atenção tem sido despendida ainda hoje. Em contrapartida, as interações tróficas mediadas pelas macrófitas em áreas alagadas como os brejos e reservatórios receberam pouca atenção de pesquisadores. Os estudos das ciências aquáticas originaram na Europa e EUA que exibem em sua gênese diversos ecossistemas lagunares. Ecossistemas como os lagos apresentam vantagens de estudo, como maior controle de variáveis ambientais e custos operacionais. No entanto, em países da América do Sul, região com menor quantidade de artigos indexados, há grande número de áreas alagadas, ambientes modificados, ecossistemas complexos em sua natureza física com elevada biodiversidade (Agostinho; Thomaz; Gomes, 2005; Chambers et al., 2008).

O entendimento da dinâmica das comunidades é determinante para compreender a diversidade biológica, essencialmente as métricas requeridas para restauração de lagos e reservatórios decorrem de informações sobre dinâmica, estrutura e interações da teia trófica

das comunidades (Carpenter; Kitchell; Hodgson, 1985). Nesse sentido, seus efeitos em cascata podem ser melhor compreendidos mediante aplicação de análises experimentais auxiliando na biomanipulação de componentes que se deseja limitar a produtividade como forma de restaurar e incrementar a qualidade da água (Carpenter et al., 1987).

Ecossistemas naturais vem sendo drasticamente modificados e eutrofizados sem precedentes, onde grande número de rios tiveram sua dinâmica natural alterada pelos represamentos (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Particularmente as pressões pelos usos da terra no entorno de grandes reservatórios tem aumentado e passaram a comprometer a qualidade da água (Tundisi; Matsumura-Tundisi; Tundisi, 2008). Estados Unidos, Europa e China têm acumulado conhecimentos sobre técnicas para biomanipulação e interações tróficas em cascata, as quais têm norteado a restauração e reestruturação de comunidades aquáticas que vem incrementando a qualidade da água em diversos tipos de ecossistemas degradados (Jeppesen et al., 2012).

Apesar do expressivo número de publicações analisadas, os estudos enfatizando o papel das macrófitas mediando interações tróficas em países como Brasil, Argentina e Uruguai ainda carecem compreensão, a maior contribuição ainda é proveniente majoritariamente da América do Norte e Europa. Merece atenção pesquisas em cooperação internacional, cujos números são pouco expressivos. Análise cienciométrica identificou principais lacunas e perspectivas de estudos para o avanço da ciência aquática nessa região, particularmente em países como o Brasil. Tendo em vista que a massiva quantidade de estudos com abordagens nas interações tróficas tem sido realizadas através de abordagens experimentais em campo e laboratório, os esforços em investigações futuras poderão ser despendidos principalmente para estudo da dinâmica das comunidades aquáticas e das suas interação em conjunto. O foco das pesquisas poderão ser conduzida para testar hipóteses que com base em experimentos objetivando beneficiar diretamente a sociedade.

## **Agradecimentos**

Esta pesquisa recebeu fomento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio da concessão de bolsa de estudos pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia Vegetal (PPGBV). Este estudo é parte do programa de pesquisa “Interplay among multiple uses of water reservoirs via inNOvate coupling aquatic and terrestrial ecosystems- INNOVATE” uma cooperação entre o Brasil e Alemanha. Recebeu recursos provenientes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq- processo N°: 483099/2011-2), Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e o German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

### **Referências**

Agostinho, A., Thomaz, S. & Gomes, L., 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), pp.71–78.

Boyd, C.E., 1971. The Limnological Role of Aquatic Macrophytes and Their Relationship to Reservoir Management. *Reservoir Fisheries and Limnology*, Special Ed(8), pp.153–166.

Cao, X. et al., 2012. Research status and trends in limnology journals: A bibliometric analysis based on SCI database. *Scientometrics*, 92(3), pp.735–746.

- Carpenter, A.S.R. et al., 1987. Regulation of Lake Primary Productivity by Food Web Structure Published by: Ecological Society of America. , 68(6), pp.1863–1876.
- Carpenter, S., Kitchell, J. & Hodgson, J., 1985. Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity. *BioScience*, 35(10), pp.634–639.
- Carpenter, S.R. et al., Trophic Cascades in Lakes: Lessons and Prospects. In J. Terborgh & J. A. Estes, eds. *Trophic Cascades*. Washington D.C, pp. 1–19.
- Chambers, P. et al., 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, pp.9–26.
- Dibble, E., Killgore, K. & Dick, G., 1996. Measurement of Plant Architecture in Seven Aquatic Plants. *Journal of Freshwater Ecology*, 11(3), pp.311–318.
- van Donk, E. & van de Bund, W., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany*, 72(3-4), pp.261–274. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377001002054>.
- Esteves, F. de A., 1998. *Fundamentos de Limnologia* 2nd ed. Interciência, ed., Rio de Janeiro: Interciência.
- Hill, D.L., 2004. Latin America Shows Rapid Rise in S&E Articles. *Science Resources Statistics InfoBrief*, NSF 04-336(703), pp.1–9.
- Holm, L., Weldon, L. & Blackburn, R., 1969. Aquatic weeds. *Science*, 166, pp.699–709.
- Jeppesen, E. et al., 2012. Biomanipulation as a Restoration Tool to Combat Eutrophication: Recent Advances and Future Challenges. *Advances in Ecological Research*, 47, pp.411–488.
- Jeppesen, E. et al., 2005. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes. In M. V. Reddy, ed. *Restoration and Management of Tropical Eutrophic Lakes*. Enfield, N.H.: Science Publishers, pp. 341–359. Available at: <http://www.mendeley.com/research/lake-restoration-and-biomanipulation-in-temperate-lakes-relevance-for-subtropical-and-tropical-lakes-1/>.
- King, D.A., 2004. The scientific impact of nations. *Nature*, 430, pp.311–316.
- Kovalenko, K., THOMAZ, S. & WARFE, D., 2011. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685(1), pp.1–17. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10750-011-0974-z> [Accessed May 29, 2014].
- Krauskopf, M. et al., 1995. A citationist perspective on science in Latin America and the Caribbean, 1981–1993. *Scientometrics*, 34(1), pp.3–25. Available at: <http://www.springerlink.com/index/U767J716T4266215.pdf>  
<http://www.springerlink.com/content/u767j716t4266215/>.
- Liao, J. & Huang, Y., 2014. Global trend in aquatic ecosystem research from 1992 to 2011.

Scientometrics, 98(2), pp.1203–1219. Available at:  
<http://link.springer.com/10.1007/s11192-013-107.z>

McQueen, D.J., Post, J.R. & Mills, E.L., 1986. Trophic Relationships in Freshwater Pelagic Ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(8), pp.1571–1581. Available at: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f86-195>.

Meerhoff, M., 2006. An experimental study of habitat choice by *Daphnia*: plants signal danger more than refuge in subtropical lakes. *Freshwater Biology*, 51, pp.1320–1330. Available at: [http://www2.dmu.dk/pub/phd\\_mm.pdf](http://www2.dmu.dk/pub/phd_mm.pdf).

Melo, A.S., Bini, L.M. & Carvalho, P., 2006. Brazilian articles in international journals on Limnology. *Scientometrics*, 67(2), pp.187–199. Available at:  
<http://www.akademai.com/index/432155U12HL3K64W.pdf>.

Mormul, R. et al., 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. *Rev.Biol.Trop.*, 58(4), pp.1437–51. Available at:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21246998>.

Nichols, S.A., 1991. The interaction between biology and the management of aquatic macrophytes. , 41, pp.225–252.

Padial, A., Bini, L. & Thomaz, S., 2008. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. *Brazilian journal of biology*, 68(4 Suppl), pp.1051–1059.

Pompêo, M., 2008. Monitoramento e Manejo de Macrófitas Aquáticas. *Oecol. Bras.*, 12(3), pp.406–424.

Van Raan, a. F.J., 1997. Scientometrics: State-of-the-art. *Scientometrics*, 38(1), pp.205–218. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF02461131>.

Scheffer, M. et al., 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Tree*, 8(8), pp.275–9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21236168>.

Shapiro, J., Lamarra, V. & Lynch, M., 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. *Limnological Research Center*, pp.85–96. Available at:  
<http://www.indiana.edu/~lynchlab/PDF/Lynch2.pdf>.

von Sperling, E., 1997. The process of biomass formation as the key point in the restoration of tropical eutrophic lakes. *Hydrobiologia*, 342343, pp.351–354.

Tao, J. et al., 2015. Trends and potential cautions in food web research from a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 105(1), pp.435–447. Available at:  
<http://link.springer.com/10.1007/s11192-015-1679-2>.

Thomaz, S., 2002. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de Macrófitas Aquáticas e desafios de manejo. *Planta Daninha*, 20, pp.21–33.

Thomaz, S. & Bini, L., 2003. Capítulo 1: Análise crítica sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In A. Braccini, ed. *Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas*.

Maringá, PR.: Universidade Estadual de Maringá, pp. 19–38.

Thomaz, S. & Bini, L., 1998. Ecologia e manejo de Macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10(1), pp.103–116.

Thomaz, S. & Cunha, E., 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2), pp.218–236.

Thomaz, S., Souza, D. & Bini, L., 2003. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir ( Itaipu Reservoir , Brazil ): the influence of limnology and morphometry. *Hydrobiologia*, 505, pp.119–128.

Tundisi, J. & Matsumura-Tundisi, T., 2008. Biodiversity in the Neotropics: ecological, economic and social values. *Brazilian journal of biology = Revista brasileira de biologia*, 68(4 Suppl), pp.913–915.

Tundisi, J. & Matsumura-Tundisi, T., 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500, pp.231–242.

Tundisi, J., Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J., 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4, Suppl.), pp.1133–1135.

Verbeek, A. et al., 2002. Measuring progress and evolution in science and technology - I: The multiple uses of bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, 4(2), pp.179–211. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/1468-2370.00083>  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1468-2370.00083/abstract>.

## Lista de figuras

Figura 1. Análise de regressão linear simples do número de artigos publicados mundialmente e indexados na ISI entre 1980 e 2015, sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas (número de artigos=243).

Figura 2. Número de artigos publicados na América do Sul indexados na ISI entre 1980 e 2015, sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas (n=26).

Figura 3. Os dez países com maior número de publicações (%) indexados na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas mediando interações tróficas (n=243). (Legenda: EUA: Estados Unidos da América; Ingl: Inglaterra; Din: Dinamarca; Suec: Suécia; Chn: China; Cand: Canadá; Hold: Holanda; Bra: Brasil; Bel: Bélgica; Alem: Alemanha; Out.: demais países (22)).

Figura 4. Número de publicações em cooperação com autores de países da América do Sul indexados na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas mediando interações tróficas (número de artigos=243).

Figura 5. Publicação mundial e dos países da América do Sul (AmSul) nas cinco principais revistas e com artigos indexados na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas mediando interações tróficas (número de artigos=112).

Figura 6. Tipo de pesquisas com publicações indexadas na ISI entre 1980 e 2015 com estudos sobre macrófitas mediando interações tróficas realizadas na América do Sul (número de artigos=26).

Figura 6. Principais áreas com publicações indexadas na ISI entre 1980 e 2015 estudadas sobre macrófitas mediando interações tróficas realizadas na América do Sul (número de artigos=26). Legenda: TTr: teia trófica; Dypop.: dynamics of populations; InTr.: interações tróficas; Biom.: biomanipulação; CiNut: ciclagem de nutrientes; Ecosy.: ecologia de ecossistemas.

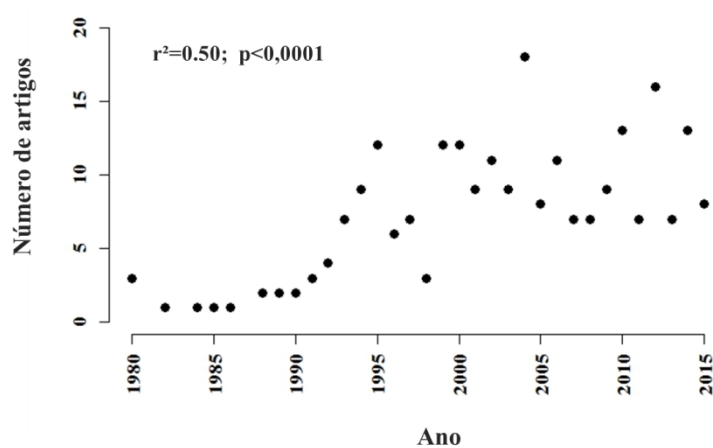
Figura 7. Interações mais investigadas com publicações indexadas na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas mediando interações tróficas realizadas mundialmente e na América do Sul (South American) (Número de artigos=243). Legenda: CoAq.: comunidade aquática; Ma.: macrófitas; Fi.: fitoplâncton; Zo.: Zooplâncton; Pe.: perifíton; Pei.: peixes e Ver.: vertebrados.

Figura 8. Tipos de ecossistema com publicações indexadas na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas mediando interações tróficas realizadas mundialmente (número de artigos=243). (Legenda: Riv.: river; lab.: laboratory; Reserv.: reservoirs; Wetl.: wetlands).

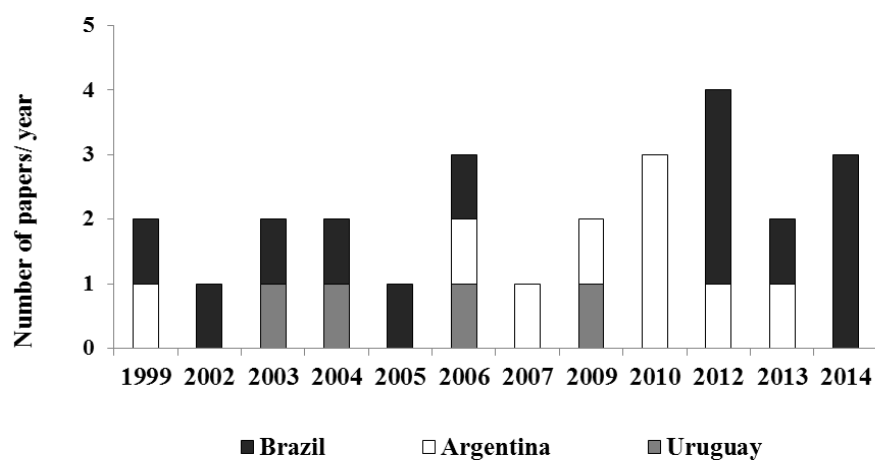
Figura 9. Grupo de macrófitas aquáticas estudado com publicações indexadas na ISI entre 1980 e 2015 sobre macrófitas aquáticas mediando interações tróficas realizadas mundialmente (número de artigos=243). Legenda: Sub.: submersas livre e fixa; Macrop.: all community of macrophytes; Emer.: emergent; Sub/Flo/Eme: submerged, free-floating and floating-leaves, emergent; Subm/Flot: submerged and flotings (free and floating-leaves).

## Figuras

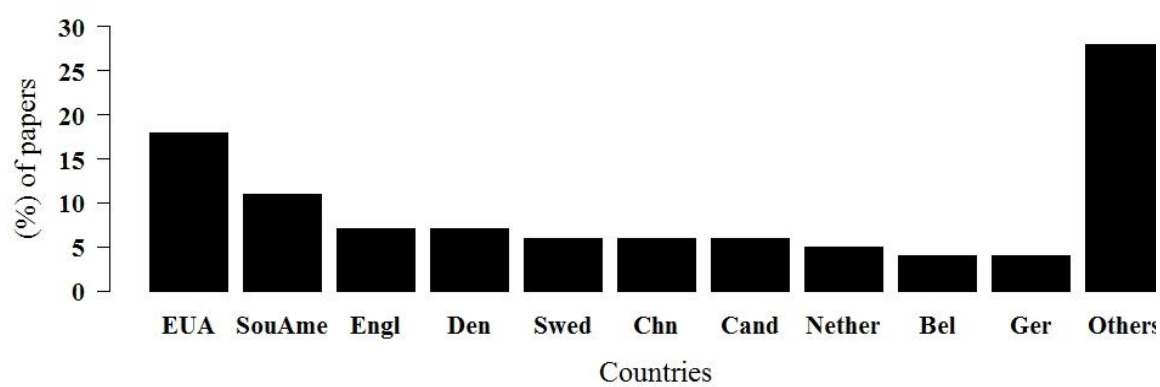
1.



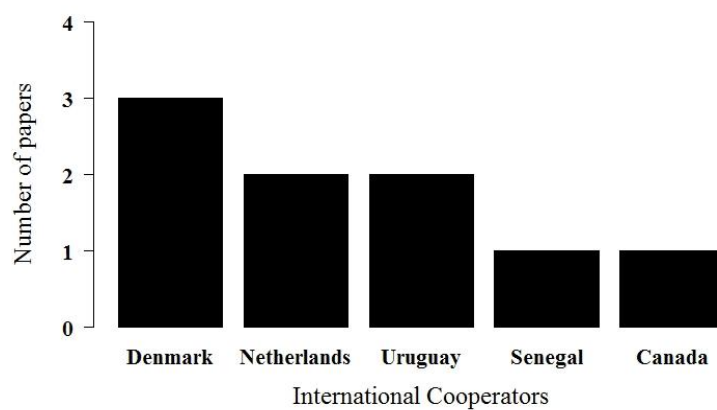
2.

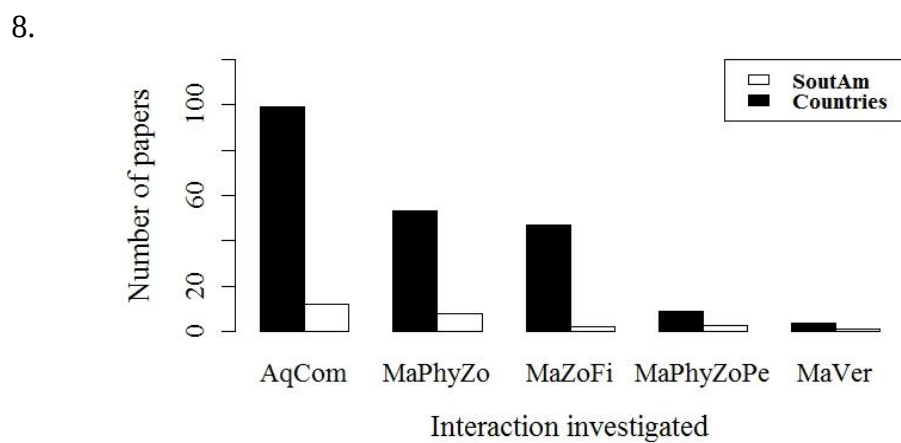
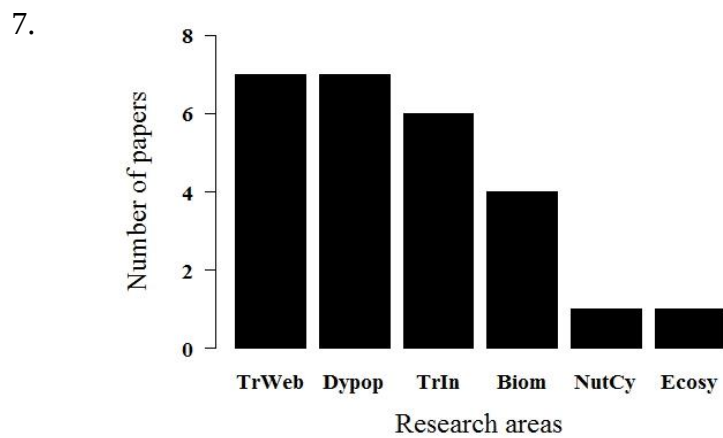
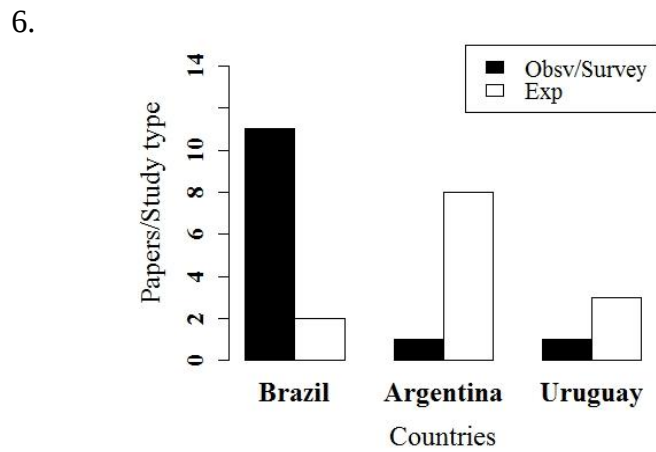
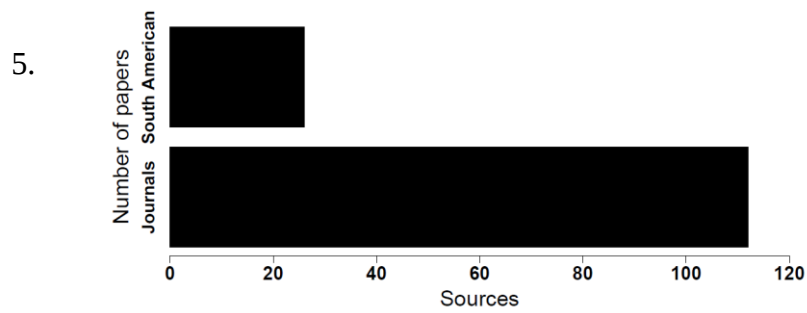


3.

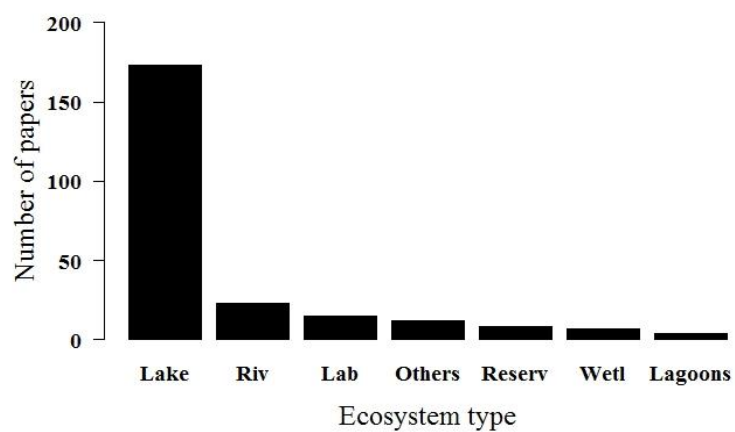


4.

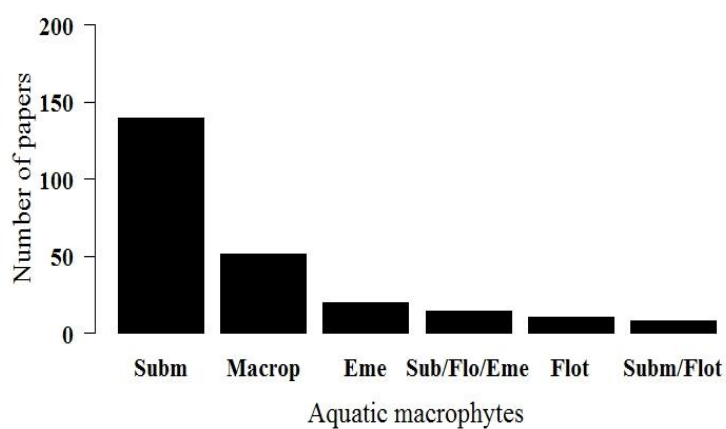




9.



10



**CAPÍTULO 2: IMPACTO DE MACRÓFITAS SUBMERSAS NA ESTRUTURA E  
INTERAÇÃO DO ZOOPLÂNTON E FITOPLÂNTON EM ÁREAS DE  
RESERVATÓRIO TROPICAL**

Manuscrito a ser submetido ao periódico *Hydrobiologia*

# **Impacto de macrófitas submersas na estrutura e interação do zooplâncton e fitoplâncton em áreas de reservatório tropical**

**Rocha, C.M.C.<sup>a</sup>, Cunha; M.C.C.<sup>b</sup> and Almeida-Cortez, JS de.<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup>Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco.

Av. Profº. Moraes rêgo, s/nº., Cidade Universitária. CEP. 50.670-901 – Recife – Pe

<sup>b</sup>Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia/UNEB. R. da Gangorra, 503 - Gen. Dutra, Paulo Afonso - BA, CEP. 48608-240

E-mail: \*jacortez@ufpe.br

## **Abstract**

Submerged macrophytes play import role in bottom-up and top-down control interactions, particularly of zooplanktonic communities on phytoplankton. Through the physical structure macrophytes provides for zooplankton, shelter to predators, habitat and increasing water transparency. The role of submerged plants in planktonic interactions in bays surrounding Brazilian reservoir areas is not clear, and during four periods we investigated evidences of submerged macrophytes in bottom-up and top-down controls of zooplankton on phytoplankton. We performed comparisons between littoral and pelagic areas in two bays in plants beds when coverage were made, comparing plankton attributes, water Secchi transparency, nitrogenous and total phosphorus dissolved. The samples and variables mensuration were collected simultaneously by boat. Macrophytes showed high covered areas (70% and 60%) in depths ranging from 2 m to 7 m. The water column exhibited low phosphorus concentrations (means= 0.03 and 0.05 mg/L) and nitrogen (0.4 and 0.9 mg/L) in the areas. We identified 17 phytoplankton taxa and low Chlorophyll-a (means= 12 and 9 µg/l). Zooplankton showed high dissimilarity in richness (97 spp.) of Rotifera, Cladocera and Copepoda with relative abundance. The densities varied greatly over the pelagic and littoral areas of both bays (24-2013 ind./m<sup>3</sup>). High density, abundance of vegetation and zooplankton, low concentration of nutrients, high water transparency suggests bottom-up and top-down controls on phytoplankton. These mechanisms probably play a major role in maintaining clear water conditions in these bays, acting concurrently for the low algal richness and biomass, data support these evidences. Efforts to restore these ecosystems surrounding reservoirs can be used combining physico-chemical and biological methods knowledge that has been used in several countries to improve water quality on degraded and eutrophic ecosystems.

**Keywords:** submerged macrophytes, zooplankton, phytoplankton, tropical reservoirs, Brazilian, semiarid region.

## Introdução

Ecossistemas aquáticos experimentam mudanças rápidas na composição de suas comunidades quando há alterações na sua dinâmica natural. Muito se tem debatido como a alta pressão imposta aos lagos e reservatórios em decorrência das atividades humanas aceleram esses processos (Shapiro et al. 1975; Holm et al. 1969; Sobral et al. 2007). Particularmente, em áreas de reservatórios, práticas como aquicultura, agricultura irrigada com agrotóxicos, fertilizantes e esgoto não tratado têm aumentado cargas de substâncias carregadas a esses sistemas promovendo sua deterioração (Tundisi; Matsumura-Tundisi; Güntel; Selge; Sobral, 2013). No entanto, tem se tornado factível de intervenção a manipulação da estrutura das comunidades aquáticas para restauração e manejo desses ecossistemas aquáticos eutrofizados (Shapiro; Lamarra; Lynch, 1975; McQueen; Post; Mills, 1986; Carpenter Et Al., 1987; Jeppesen et al., 2005a).

Compreender quais mecanismos e processos moldam e direcionam as interações tróficas aquáticas tem norteado pesquisas para restauração de ambientes degradados (Carpenter; Kitchell; Hodgson, 1985). A extensão e força dessas interações são determinadas pela estrutura da teia trófica (Pace et al. 1999), que depende fortemente da produtividade do ecossistema cujos, efeitos recíprocos entre consumidores e produtores tem resultado na alteração da abundância, biomassa ou produtividade de determinadas populações ou comunidades (Carpenter; Kitchell; Hodgson, 1985). A comunidade zooplânctônica, eficientes predadores do fitoplâncton, tem sido o ponto chave para diminuição da biomassa algal mediante efeito topo-base, cujas interações são objetivo da biomanipulação desses ambientes (Shapiro et al. 1975; Lynch & Shapiro 1981; McQueen et al. 1986).

Importantes funções são atribuídas às plantas submersas nos mecanismos que reduzem a biomassa fitoplânctônica, mediante efeitos de controle topo-base e base-topo que promovem (Blindow et al. 2000). Macrófitas submersas participam da ciclagem de nutrientes (Carpenter; Lodge, 1986) como consequência da complexidade e heterogeneidade ambiental, que diversifica a existência de microhabitats para demais assembleias aquáticas associadas (Thomaz; Bini, 1998). O papel das macrófitas submersas influenciando interações tróficas em cascata é bem reportado (Scheffer 1999; Jeppesen et al. 1997), principalmente, porque alguns dos mecanismos mediados incluem interações recíprocas na diminuição da produtividade algal pela extração de nutrientes ou substâncias alelopáticas (van Donk & van de Bund 2002), manutenção da transparência da água (Scheffer 1999), que por sua vez favorece o incremento da produtividade e abundância do zooplâncton e aumento da proteção contra predadores (Stansfield et al., 1997; Declerck et

al., 2007). Particularmente em países de clima temperado, esforços têm sido despendidos para entender o papel atribuído à vegetação submersa nos mecanismos envolvidos nas interações tróficas em cascata com controle topo-base do zooplâncton sobre o fitoplâncton, conhecimento chave para restauração de lagos e reservatórios (Jeppesen et al. 2014).

A ecologia das comunidades aquáticas (Thomaz & Bini, 2003) vem direcionando pesquisas na região Neotropical (Agostinho; Thomaz; Gomes, 2004; Thomaz et al., 2014). Entretanto, os impactos de macrófitas submersas na estrutura e interações tróficas são pouco compreendidos e explorados em áreas tropicais (Kovalenko et al. 2011), especialmente em rios represados em áreas urbanizadas, onde a pressão pelos usos da água possa ser comprometida devido à intensidade das atividades humanas acelerando processos que degradam a qualidade do suprimento de água (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2003; Tundisi; Matsumura-Tundisi; Tundisi, 2008). Extensas áreas são colonizadas por vegetação submersa em reservatórios do rio São Francisco na região semi-árida do Brasil, e informações sobre estudos do papel dessas plantas na estrutura das comunidades planctônicas e suas interações nesses ambientes são escassas.

Nesse sentido, investigamos a hipótese que, nas áreas com pressões pelos usos do reservatório e solo, macrófitas submersas são afetadas positivamente, e estruturam riqueza e abundância para o zooplâncton, e suas interações afetam negativamente o fitoplâncton. Objetivamos nesse estudo, compreender o papel de macrófitas submersas na estrutura e interação do fitoplâncton e zooplâncton em baías em áreas de influência de reservatório. Especificamente almejamos: i) analisar a composição das comunidades do fitoplâncton e zooplâncton em bancos de macrófitas submersas no litoral e centro das baías e ii) determinar a influência de parâmetros físico-químicos da água nas comunidades planctônicas.

## **Materiais e métodos**

### **Área de estudo**

Iniciativas inovadoras do conhecimento científico e técnico para o uso sustentável de reservatórios têm sido fomentadas através de pesquisas em colaboração entre instituições brasileiras e alemãs (INNOVATE, 2014). Nesse contexto, o projeto INNOVATE (*Interplay among multiple uses of water reservoirs via inNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems*) foi desenvolvido objetivando otimizar os usos múltiplos de reservatório em áreas sobre influência e no corpo hídrico central, como o da hidroelétrica Itaparica. Através da transferência de informações e conhecimento acadêmico,

o manejo sustentável em cenário de mudanças climáticas abriu frente para várias linhas de investigação, que foram subdivididas em sete subprojetos de pesquisa que integra o projeto maior. Dentro das vertentes abordadas, o presente estudo integra o que versa sobre a biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Itaparica é um dos oito reservatórios construídos para fins hidroelétricos na bacia do São Francisco inserido no sub-médio do rio. Abrange o semi-árido brasileiro, no domínio do bioma Caatinga, entre os estados da Bahia e Pernambuco. A construção desse reservatório de nome Luiz Gonzaga data de 1988, opera principalmente para geração de energia hidroelétrica, além de regularizar vazões afluentes das usinas a montante do rio (CHESF 2015). O reservatório possui uma área normal de 828 km<sup>2</sup>, de forma dendrítica, formou pequenas baías (< 9 km<sup>2</sup>). Uma está situada na orla do município de Petrolândia (8°58'S/ 38°13'W) 25 km jusante da usina, e 30 km abaixo na zona rural, a vila dos pescadores Icó-Mandantes (038°23'W/ 08°48'S) (Tabela 1; Figura 1). Ambas ocupam aproximadamente 8 km<sup>2</sup> e 9 km<sup>2</sup> respectivamente, com profundidades inferiores a 13 m.

A economia da região é impulsionada por agricultura irrigada de fruticultura e familiar, piscicultura e pesca artesanal (CODEVASF, 2014), que são os principais usos do corpo aquático central e baías. A ocupação, pressão pelos usos da terra no entorno dessas áreas promove facilitado aporte de nutrientes com grandes riscos à eutrofização. A água do sistema de drenagem superficial naturalmente polui o reservatório com sais, pesticidas e sedimento pelo escoamento (Sobral; Carvalho; Figueiredo, 2007). Além disso, devido localização em área urbanizada, a entrada de efluentes é favorecida, e a formação de densos bancos da macrófita submersa *Egeria densa* Planch., nas áreas contribui para eutrofização. O papel das macrófitas submersas influenciando atributos de comunidade do zooplâncton e fitoplâncton nessas localidades é desconhecido. Neste sentido, realizamos uma coleta piloto em junho de 2014 para reconhecimento das áreas de pesquisa e delineamento amostral.

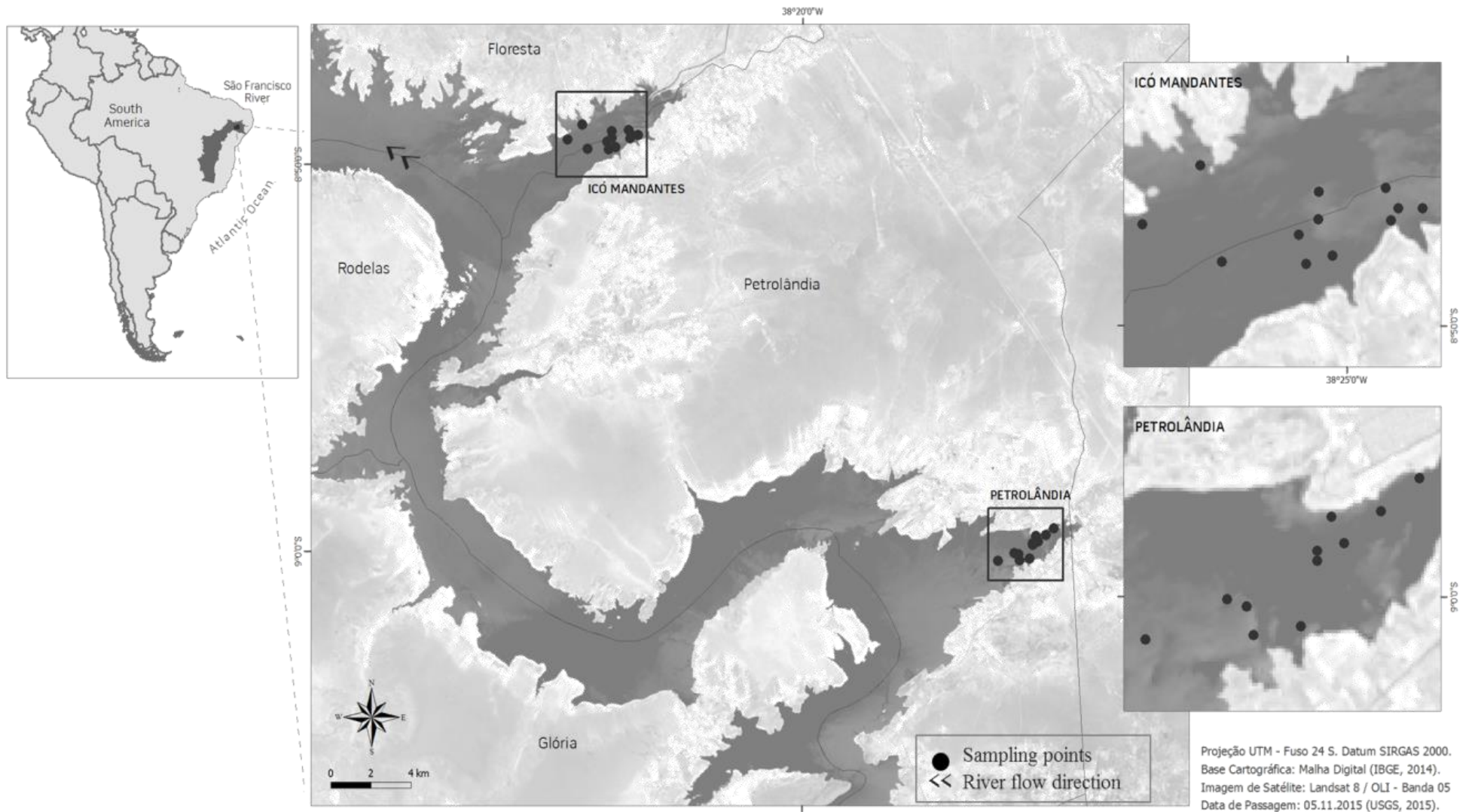


Figura 1. Baías do município de Petrolândia e Icó-Mandantes, no entono do reservatório Itaparica na bacia do rio São Francisco PE-Brasil.

Tabela 1. Parâmetros ambientais das baías de Icó-Mandantes e Petrolândia, com médias e desvios padrão.

| <b>Parâmetro</b>            | <b>Icó-Mandantes</b>        | <b>Petrolândia</b>          |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                             | <b>Média e Desv. Padrão</b> | <b>Média e Desv. Padrão</b> |
| Profundidade amostrada (m)  | 5.65 ( $\pm$ 2.28)          | 7.48 ( $\pm$ 2.97)          |
| pH                          | 7.3 ( $\pm$ 0.39)           | 7.2 ( $\pm$ 0.57)           |
| Temperatura da água (°C)    | 25.8 ( $\pm$ 0.99)          | 27.25 ( $\pm$ 1.76)         |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)  | 8.25 ( $\pm$ 1.05)          | 7.68 ( $\pm$ 2)             |
| Condutividade ( $\mu$ S/cm) | 76.5 ( $\pm$ 2.1)           | 75.54 ( $\pm$ 4.66)         |
| Precipitação (mm)           | 32 ( $\pm$ 14)              | 32 ( $\pm$ 14)              |

#### Amostragem e análise dos parâmetros abióticos e bióticos

Para o propósito desta pesquisa, a cada coleta escolhemos 03 pontos aleatórios nas margens (direita e esquerda) correspondendo à região litorânea em bancos de macrófitas submersas, e pelágica no centro das baías de Icó-Mandantes e Petrolândia. Um total de 24 amostras foi coletado entre setembro/ 2014 e agosto/2015, compreendendo dois períodos secos e dois chuvosos. Em cada ponto georeferenciado, realizamos coletas simultâneas para exame de nutrientes dissolvidos, plâncton e macrófitas submersas.

Para análise dos nutrientes inorgânicos totais dissolvidos (mg/L), Fósforo, Nitrogênio, Nitrato, Nitrito e Amônia, procedeu-se coleta de amostras em triplicatas na superfície da água, que foram acondicionadas, preservadas e refrigeradas em campo (Brandão et al. 2011). Os parâmetros temperatura da água (°C), pH e condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm<sup>-1</sup>) foram mensurados com sonda multiparâmetros, e a transparência com disco de Secchi (m). Oxigênio total dissolvido (mg/L) foi analisado pelo método de Winkler, o fósforo após digestão foi determinado com persulfato e o nitrogênio Kjeldahl segundo APHA (2005b; 2005c). Para análise do nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) utilizamos kits NitrVer e NitraVer Permachem® da Hagen®, e a concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pelo método fotométrico com kit de teste da Merck Millipore®.

#### Plâncton

Analizamos os atributos riqueza, abundância e densidade de espécies das comunidades do plâncton. Para o fitoplâncton, adicionalmente calculamos a biomassa (clorofila-*a*), que foi obtida mediante filtragem de 1 litro de água em campo (Brandão et al., 2011), e as extrações foram realizadas com acetona 90% determinadas por

espectrofotometria (APHA, 2005a). Análises qualitativas para exame de espécies fitoplanctônicas foram realizadas mediante coleta manual, submergindo garrafa de 1 litro na superfície da água. As amostras foram fixadas posteriormente com lugol (Brandão et al., 2011). A identificação e contagem foram realizadas em microscópio óptico binocular com 400 vezes de aumento em campos aleatórios, transectos ou em toda câmara, quando a densidade e riqueza encontrada atingiram 100 indivíduos da espécie mais frequente (célula/ml). Estimamos densidades das populações através da sedimentação das células com câmara de Palmer Malony (APHA, 2012). Adotamos diferentes sistemas de classificação para o enquadramento dos táxons. Ao nível de filo foi Cavalier-Smith, (2004), para os demais usamos Anagnostidis e Komárek (1988), e Komárek; Anagnostidis, (1998) para as cianobactérias, Buchheim; Michalopoulos e Buchheim (2001) para as clorofíceas, Medlin e Kaczmarska, (2004) para as diatomáceas.

O zooplâncton foi coletado com redes de nylon de 64 µm de interstício através de dois arrastos vertical e horizontal em barco com velocidade constante. As distâncias percorridas variaram entre 300 m e 1100 m, mensuradas com GPS. Coletamos um total de 48 amostras que foram preservadas com formol neutralizado com tetraborato de sódio (Brandão et al. 2011). O volume filtrado foi calculado pela equação:  $Vf = \pi r^2 d$ ; onde  $Vf$  é o volume filtrado da amostra,  $r$  é o raio da abertura da rede e  $d$  é a distância percorrida no arrasto (Pinto-Coelho 2004). As profundidades de coleta variaram entre 2.0 e 6.3 m. Em laboratório identificamos amostras em microscópio binocular com 400 vezes de aumento no menor nível taxonômico possível com literatura específica (Koste, 1978; Elmoor-Loureiro, 1997; Segers, 2002; Almeida et al., 2006; Melo-Júnior et al., 2007; Soares; Elmoor-Loureiro, 2011). A densidade das comunidades foi estimada pela contagem em câmara de Sedgwick-Rafter (CETESB 2000) através da retirada de 3 subamostras de 1ml, para a qual contabilizamos no mínimo 200 indivíduos por amostra. A densidade foi expressa em ind./ m<sup>3</sup>.

#### Macrófitas submersas

O levantamento florístico das macrófitas submersas procedeu com a utilização de um rastelo de alumínio com base de 0.30m de largura por 0.26m de comprimento, cabo composto de duas partes acopláveis de 1.5m de comprimento cada (Johnson & Newman 2011). Para levantamento da flora submersa, coletamos apenas indivíduos com ramos floridos e em estágio vegetativo. A classificação das espécies seguiu o proposto pelo site da Lista de Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>).

A cobertura vegetal foi estimada usando transectos paralelos nas duas margens (MA e MD) correspondendo à região litorânea, e o centro (C) a pelágica, nas mesmas áreas de coleta do zooplâncton. Ao longo do percurso nas baías, estimamos visualmente a cobertura em 12 pontos cada. A técnica consistiu em avaliar a cobertura a partir de unidades amostrais pontuais com auxílio de ancinho cobrindo área de 5 m<sup>2</sup> por ponto selecionado. E na sequência registro de presença ( $m_i$ ) ou ausência (Matteucci & Colma 1982). A proporção da cobertura foi realizada nos pontos da presença de espécies derivadas de um número infinito de unidades amostrais possíveis equivale à cobertura vegetal da espécie ( $x_i$ ), dada pela fórmula:  $x_i = (m_i/M_T) \times 100$ ; onde  $M_T$  = número total de pontos.

### Análise de dados

Para analisar composição do plâncton para as margens direita e esquerda (MA e MB) e centro (C) de ambas as baías, analisamos as comunidades em termos de riqueza, abundância e densidade. Calculamos para o zooplâncton os índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ), equabilidade de Pielou ( $E = H/H_{\max}$ ,  $H$  = índice de Shannon,  $H_{\max}$  = máxima diversidade). Para determinar a influência de parâmetros físico-químicos da água nas áreas sobre a abundância das comunidades planctônicas. Fizemos cálculo ANOVA em blocos (Kruskal-Wallis (KW)) para análise de variâncias, seguido de comparações múltiplas pelo teste *a posteriori* Dunn ( $p < 0,05$ ) de forma a detectar possíveis diferenças significativas tanto das variáveis físico-químicas quanto das densidades do zooplâncton nas áreas investigadas. De maneira similar, analisamos diferenças médias quanto dos atributos riqueza, diversidade e equabilidade das comunidades zooplanctônicas, para as quais tomamos como fatores, as baías, as margens A e B e centro.

Para averiguarmos se os nutrientes inorgânicos dissolvidos, clorofila-*a* e a transparência de Secchi são bons preditores da densidade (ind./ m<sup>3</sup>) do zooplâncton nas baías (Ico1, 2, 3, 4 e Pe1, 2, 3, 4) construímos duas matrizes por baía uma das variáveis abióticas e outra com as densidades. Estandarizamos os dados das matrizes e realizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando a matriz de covariância. Posteriormente, essa matriz foi utilizada na Análise de Correspondência Canônica (CCA). Para comparar a variação espacial da estrutura das densidades zooplanctônicas nas diferentes margens e centro das baías. Então a matriz incluiu dados de 48 po 48 margens e centro amostrados em cada coleta, que foi construída em modo posteriormente submetida a uma análise de *outliers* com nível de corte 2.

De forma a complementar a definição de grupos nas áreas, calculamos o coeficiente de dissimilaridade Bray-Curtis e utilizamos o Método dos Pesos Proporcionais (WPGMA) (Sneath; Sokal, 1973) no agrupamento e construímos um dendrograma. Para testar existência de diferença significativa entre os grupos obtidos pelo agrupamento, aplicamos o teste de hipótese do “Multi-Response Permutation Procedures” (MRPP) com 999 permutações. O MRPP representa um método robusto não paramétrico, que utiliza o índice de similaridade de Sørensen para testar a hipótese nula de que dois ou mais grupos definidos tenham composição igual (McCune; Grace, 2002). O índice A do MRPP descreve a homogeneidade dentro dos grupos e varia entre zero e 1, onde  $A = 0$  significa que as heterogeneidades dentro e entre os grupos são iguais e  $A = 1$  significa que todos os membros de cada grupo são idênticos entre si e diferentes dos membros dos outros grupos (McCune & Grace, 2002).

As análises foram realizadas no software RStudio version 0.98.1091 (Development Core Team) usando o pacote Vegan (Oksanen et al. 2008) e no FITOPAC 2.1 (Shepherd 2010).

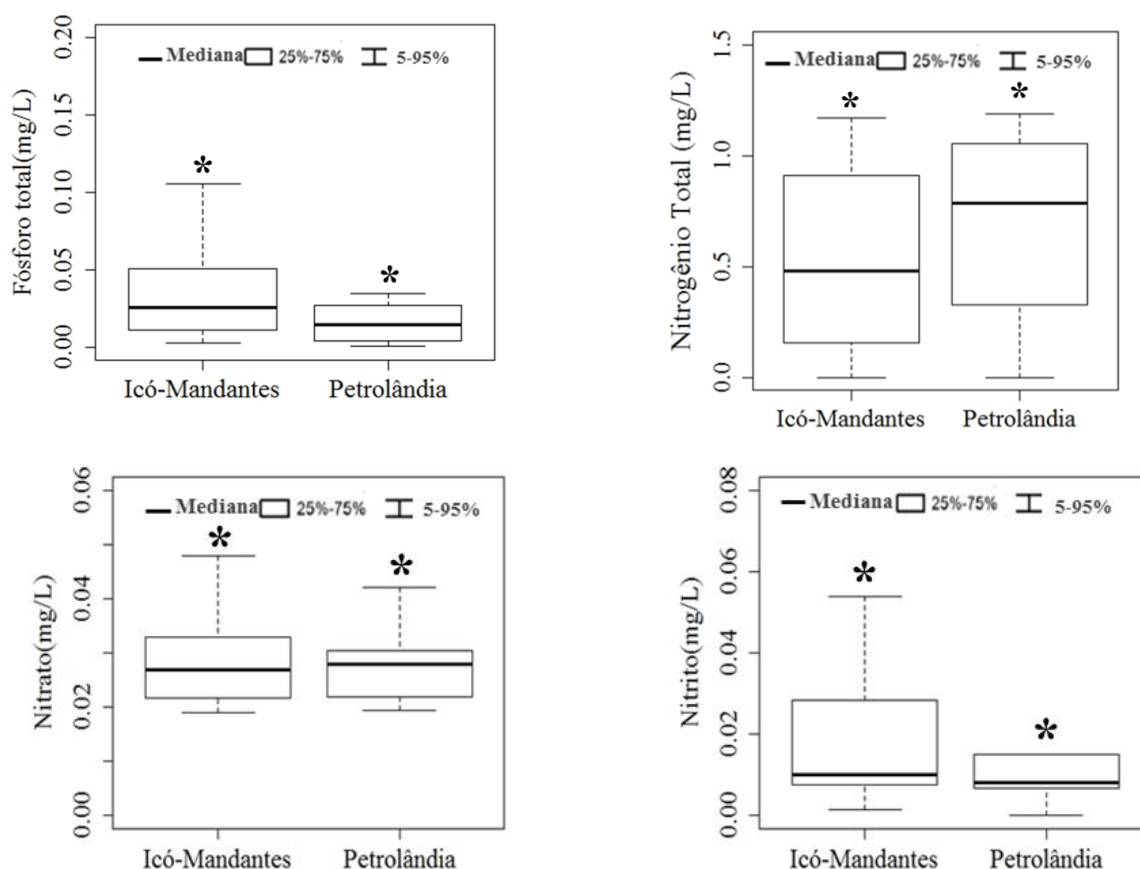
## Resultados

### Variáveis abióticas e bióticas

As médias do pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L), a condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e precipitação acumulada durante as coletas se mantiveram homogêneas entre as baías de Icó-Mandantes e Petrolândia. No entanto, as concentrações dos nutrientes totais dissolvidos, a transparência de Secchi e a *clorofila-a* por área mostraram variações significativas (KW:  $\chi^2=71.82$ ; gl=13;  $p < 0.0001$ ) entre si durante coletas (Figura 1).

Na baía de Icó-Mandantes a concentração média do fósforo (0.05 mg/L) foi mais alta que Petrolândia (0.03 mg/L) ao longo das amostragens, as quais estiveram acima do limite proposto pela resolução Conama 357, a qual prescreve concentrações médias inferiores a 0.02 mg/L. Os nutrientes nitrogenados não mostraram variações nas concentrações ao longo dos períodos (Figura 1). Contudo, as concentrações máximas registradas em ambas as áreas estiveram dentro do limite estabelecido pelas recomendações da resolução citada. Observamos que em Petrolândia, apesar da alta média do nitrogênio total dissolvido (0.69 mg/L) observada ter se mostrado em maior concentração, número não apresentou diferenças médias (desvios  $>1\%$ ) entre as amostragens de Icó-

Mandantes (0.53 mg/L). Nitrato total mostrou variações idênticas entre Icó-Mandantes (0.029 mg/L) e Petrolândia (0.027 mg/L) nos mesmos períodos. O nitrito manteve concentrações (médias= 0.02 mg/L) semelhantes em todas as estações em ambas as áreas, bem como o nitrogênio amoniacal em Icó-Mandantes (média= 0.07 mg/L) e Petrolândia (média= 0.08 mg/L). A transparência de Secchi foi alta tanto em Icó-Mandantes (média= 3.8 m) quanto em Petrolândia (média= 3.9 m). Em termos de biomassa fitoplancônica, a clorofila-*a* variou abruptamente ao longo dos períodos, a qual ultrapassou ligeiramente os limites máximos estabelecidos pela resolução (*op.cit*), que prevê limite de 10 µg/L. As concentrações mínimas foram extremas em relação às máximas (min.= 0.00, máx.= 62 (µg/L)) nas duas baías. Apesar disso Petrolândia (16 µg/L) apresentou a maior concentração média, enquanto que Icó-Mandantes (12 µg/L), cuja concentração esteve relativamente mais baixa.



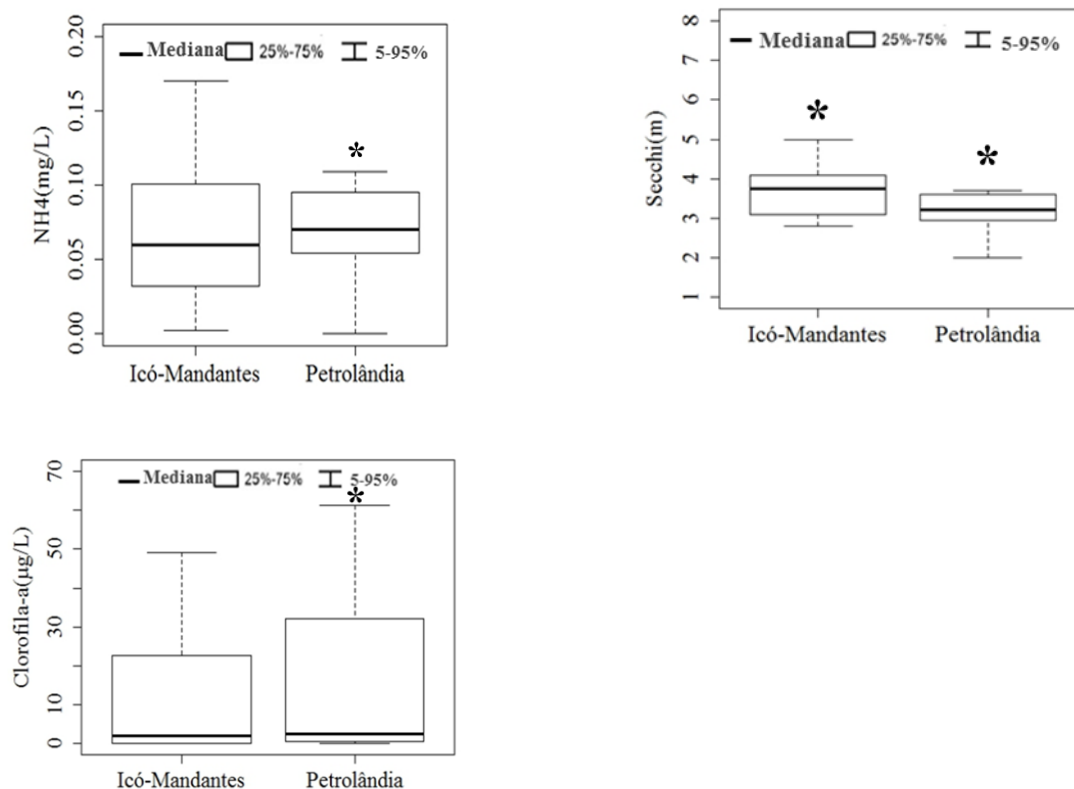


Figura 10. Boxplot das variáveis físico-químicas e ambiental nas baías de Icó-Mandantes e Petrolândia no entorno do reservatório de Itaparica. Símbolo asterisco representa variâncias médias significativas (Kruskal-Wallis ANOVA:  $p < 0,0001$ ).

## Plâncton

O fitoplâncton esteve representado por 13 espécies. Icó-Mandantes apresentou a maior riqueza ( $n=13$ ) em relação à Petrolândia ( $n=10$ ). Cyanophyta e Bacillariophyta ocorreram em maior número de táxons ( $n=05$ ;  $n=04$ ), e as divisões das Chlorophyta ( $n=2$ ) e Dinophyta ( $n=1$ ) foram menos representativas (23% do total). Quatro espécies foram comuns às duas áreas, a cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba-Raju considerada potencialmente tóxica, as bacilariófitas *Fragilaria crotonensis* Kitton 1869 e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Comperè, e uma clorofícea (*Sphaerocystis Schroeteri* Chodat 1897). Cianobactérias apresentaram alta abundância relativa e dominaram dentre os demais táxons, nas duas baías (contribuíram  $>97\%$  do total) (Tabela 2). Entretanto, foi no período mais seco do ano em maio e agosto, que as Bacillariophyta apresentaram abundâncias relativas de 85% e 71% respectivamente em Petrolândia, as quais dominaram dentre os demais grupos.

Tabela 2. Abundância Relativa (%) do fitoplâncton durante quatro períodos distintos nas baías estudadas.

| <b>Baías</b>         | <b>Períodos</b>  |                  |                  |                  |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Icó-Mandantes</b> | <b>Set./2014</b> | <b>Mar./2015</b> | <b>Mai./2015</b> | <b>Ago./2015</b> |
| Cyanophyta           | 99%              | 100%             | 98%              | 97%              |
| Bacillariophyta      | 1%               | --               | 1%               | 1,5%             |
| Chlorophyta          | --               | --               | 1%               | 1,5%             |
| Dinophyta            | --               | --               | --               | --               |
| <b>Petrolândia</b>   | <b>Set./2014</b> | <b>Mar./2015</b> | <b>Mai./2015</b> | <b>Ago./2015</b> |
| Cyanophyta           | 100%             | 100%             | 9%               | 14%              |
| Bacillariophyta      | --               | --               | 86%              | 71%              |
| Chlorophyta          | --               | --               | 5%               | 1%               |
| Dinophyta            | --               | --               | --               | 14%              |

Tabela 3. Densidade (cel./mL<sup>-1</sup>) das populações fitoplanctônicas durante os períodos estudados nas baías. Legenda: Icó-Mandantes (Ico-1, 2, 3,4), Petrolândia (Petro-1, 2, 3,4).

| <b>Táxons</b>                                                              | <b>Pontos amostrados</b> |              |              |              |             |             |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                            | <b>Ico-1</b>             | <b>Ico-2</b> | <b>Ico-3</b> | <b>Ico-4</b> | <b>Pe-1</b> | <b>Pe-2</b> | <b>Pe-3</b> | <b>Pe-4</b> |
| <b>Cyanophyta</b>                                                          |                          |              |              |              |             |             |             |             |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. and G. S. West 1912                    |                          |              | 3585         | 190          |             |             |             |             |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya et Subba-Raju | 78                       | 6            |              |              | 12          | 30          | 32          |             |
| <i>Chroococcuss</i> sp.                                                    |                          | 22           |              |              |             |             |             |             |
| <i>Dolicospermum</i> sp.                                                   |                          |              | 302          | 16           |             |             |             |             |
| <i>Pseudanabaena</i> sp.                                                   |                          |              | 1038         | 55           |             |             |             |             |
| <b>Subtotal</b>                                                            | <b>78</b>                | <b>28</b>    | <b>4925</b>  | <b>261</b>   | <b>12</b>   | <b>30</b>   | <b>32</b>   |             |
| <b>Bacillariophyta</b>                                                     |                          |              |              |              |             |             |             |             |
| <i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg                                           |                          |              | 19           | 1            |             |             |             |             |
| <i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton 1869                                  |                          |              | 19           | 1            |             |             | 264         | 358         |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Comperè                                   | 1                        |              |              |              |             |             | 19          | 19          |
| <i>Cymbella</i> sp.                                                        |                          |              |              |              |             |             | 19          | 19          |
| <i>Navicula</i> sp.                                                        |                          |              |              |              |             |             | 19          | 0           |
| <b>Subtotal</b>                                                            | <b>1</b>                 |              | <b>38</b>    | <b>2</b>     |             |             | <b>321</b>  | <b>396</b>  |
| <b>Chlorophyta</b>                                                         |                          |              |              |              |             |             |             |             |
| <i>Scenedesmus longus</i> Meyen, 1829                                      |                          |              | 75           | 4            |             |             |             |             |
| <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat 1897                                |                          |              |              |              |             |             |             | 4           |
| <b>Subtotal</b>                                                            |                          |              | <b>75</b>    | <b>4</b>     |             |             |             | <b>4</b>    |
| <b>Dinophyta</b>                                                           |                          |              |              |              |             |             |             |             |
| <i>Gymnodinium</i> sp.                                                     |                          |              |              |              |             | 19          |             | 76          |
| <b>TOTAL</b>                                                               | <b>79</b>                | <b>28</b>    | <b>5038</b>  | <b>267</b>   | <b>12</b>   | <b>49</b>   | <b>353</b>  | <b>476</b>  |

As densidades das comunidades fitoplancônicas exibiram maiores altas (5300 cel./mL<sup>-1</sup>) no terceiro período de amostragem e coincidiu com a estação chuvosa nas áreas (Tabela 3). Cyanophyta contribuíram com as maiores densidades em Icó-Mandantes, com destaque para *A. delicatissima* (3200 cel./mL<sup>-1</sup>) e para os gêneros *Dolicospermum* sp. e *Pseudanabaena* sp. (1340 cel./mL<sup>-1</sup>). Bacillariophyta apresentaram altas densidades em dois períodos distintos em Petrolândia onde a *F. crotonensis* (720 cel./mL<sup>-1</sup>) foi a espécie que apresentou a mais alta densidade.

A comunidade zooplancônica esteve representada por 97 espécies, das quais os rotíferos apresentaram o maior número (73), seguido dos microcrustáceos cladóceros (18) e copépodos (3) (Tabela 2). A baía de Petrolândia apresentou mais espécies (76 espécies 05 gêneros) que Icó-Mandantes (60 espécies e 06 gêneros). Do total das espécies identificadas, 24 foram exclusivas de Petrolândia, 12 de Icó-Mandantes e 59 ocorreram em ambas.

A riqueza de espécies por famílias foi similar em Icó-Mandantes e Petrolândia. Os Rotifera estiveram distribuídos em 21 famílias, a maior riqueza foi observada para Brachionidae (15 espécies), Lecanidae (10 espécies) e Flosculariidae (6 espécies). Os Cladocera abrangeram 05 famílias, das quais Daphniidae apresentou a maior riqueza (06 espécies) seguida de Chydoridae e Bosminidae (04 espécies). Registramos apenas 02 famílias dos Copepoda representadas por Cyclopidae (02 espécies) e Diaptomidae (01 espécie) (Figura 2).

Abundância Relativa (%) mostrou resultados semelhantes nas margens e centro de ambas as baías (Tabela 4). Observamos que Rotifera, Cladocera e Copepoda obtiveram abundância em proporções idênticas em Icó-Mandantes e Petrolândia. Os rotíferos ocorrerem em maior percentagem, e o gênero *Keratella* foi o mais rico (6). Destes, as espécies destaque foram: *K. cochlearis* (60% Icó-Mandantes e 62% Petrolândia), *K. americana* (10%; 14%) e *K. paludosa* (13%; 0,3%). As *K. lenzi*, *K. quadrata* e *Keratella tropica* juntas representaram 5,7%. Diferentes famílias do filo contribuíram para abundância, com destaque para as espécies *Epiphanes macrourus* (34%; 27%), *Gastropus stylifer* (3%; 14%) e *Polyarthra vulgaris* (3%; 7%). O gênero *Conochilus* (19%; 5.3%) foi expressivo em Icó-Mandantes. As demais famílias de rotíferos (17) somaram boa parte da abundância com poucas variações ao longo das coletas.

Copepoda também apresentou espécies abundantes nas duas baías. *Notodiaptomus isabelae* teve maior percentual (12%; 31%) que a *Mycrocyclops anceps* (3%; 3%) e *Thermocyclops decipiens* (0.4; 1.4%) juntas. Importantes para a teia trófica, os náuplios

(90%; 79%) e os juvenis copepoditos (11%; 20%) também ocorreram em altas percentagens.

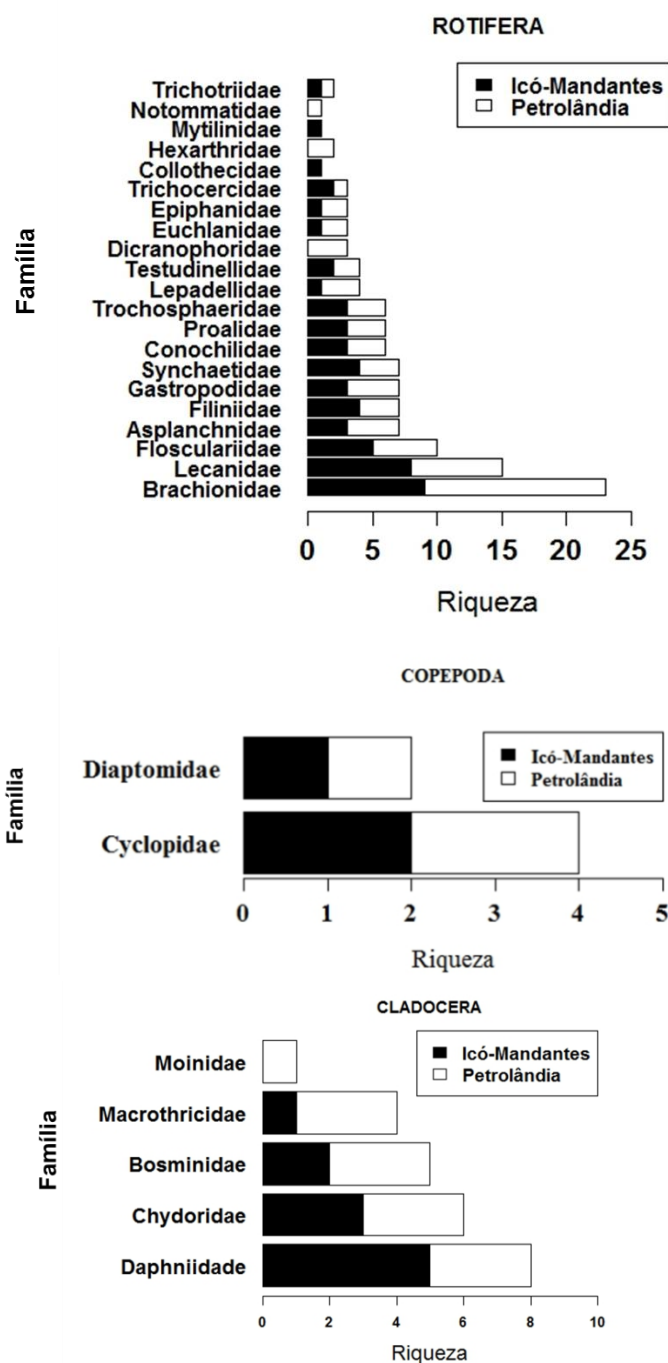


Figura 11. Número de espécies por cada família, Rotifera, Cladocera e Copepoda nas baías de Icô-Mandantes e Petrolândia no entorno do reservatório de Itaparica.

Tabela 4. Riqueza, Abundância Relativa (AR (%)) e Frequência de Ocorrência (F.O (%)) da comunidade Zooplancônica nas baías de Icó-Mandantes e Petrolândia no entorno do reservatório de Itaparica.

| ROTIFERA                                          | Icó-Mandantes |       |        |       | Petrolândia |       |            | F.O(%) |
|---------------------------------------------------|---------------|-------|--------|-------|-------------|-------|------------|--------|
|                                                   | MA            | C     | AR (%) |       | C           | MB    |            |        |
| MB                                                |               |       | MA     |       |             |       |            |        |
| <b>Asplanchnidae</b>                              |               |       |        |       |             |       |            |        |
| <i>Harringia eupoda</i> De Beauchamp 1912         | 0.17          | -     | 0.05   | -     | -           | -     | Acessórias |        |
| <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850           | 0.4           | 0.4   | 0.4    | 0.45  | 0.49        | 0.98  | Frequente  |        |
| <i>Asplanchnopus hyalinus</i> Harring 1913        | -             | -     | 0.01   | -     | -           | -     | Acidentais |        |
| <b>Brachionidae</b>                               |               |       |        |       |             |       |            |        |
| <i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)            | -             | -     | -      | 0.03  | 0.01        | 0.02  | Frequente  |        |
| <i>Anuraeopsis navicula</i> Rousselet 1910        | -             | 0.02  | -      | 0.21  | 0.06        | -     | Frequente  |        |
| <i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898        | -             | -     | -      | 0.06  | -           | 0.01  | Acessórias |        |
| <i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851           | -             | -     | -      | 0.01  | 0.10        | 0.01  | Frequente  |        |
| <i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermanns, 1783) | 0.024         | -     | -      | -     | -           | -     | Acidentais |        |
| <i>Brachionus dolabratus</i> Harring 1915         | 0.01          | 0.04  | 0.1    | 0.01  | 0.17        | 0.03  | Frequente  |        |
| <i>Keratella americana</i> Carlin 1943            | 2.6           | 4.2   | 3.0    | 1.91  | 7.24        | 5.30  | Frequente  |        |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)         | 14.4          | 23.0  | 22.1   | 16.19 | 24.83       | 20.89 | Frequente  |        |
| <i>Keratella lenzi</i> (Hauer, 1953)              | -             | -     | -      | 0.05  | 0.10        | 0.01  | Frequente  |        |
| <i>Keratella paludosa</i> (Lucks, 1912)           | 0.2           | 0.2   | 12.4   | 0.08  | 0.12        | 0.17  | Frequente  |        |
| <i>Keratella quadrata</i> (O.F.M., 1786)          | 0.1           | 0.03  | 0.6    | 0.08  | -           | 0.01  | Frequente  |        |
| <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)          | 0.233         | 0.162 | 0.475  | 3.75  | 0.02        | -     | Frequente  |        |
| <i>Notholca caudata</i> Carlin, 1943              | -             | -     | -      | 0.03  | -           | 0.01  | Acessórias |        |
| <i>Notholca foliaceae</i> (Ehrenberg, 1838)       | -             | -     | -      | 0.03  | 0.04        | 0.01  | Acessórias |        |
| <i>Notholca</i> sp.                               | -             | 0.084 | -      | -     | -           | -     | Acidentais |        |
| <b>Collotheceidae</b>                             |               |       |        |       |             |       |            |        |
| <i>Collotheca ornata</i> (Ehrenberg, 1832)        | 0.1           | -     | -      | -     | -           | -     | Acidentais |        |

|                                                    |       |       |       |      |       |      |            |
|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|------------|
| <b>Conochilidae</b>                                |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Conochilus dossuarius</i> (Hudson, 1875)        | 2.4   | 1.7   | 1.6   | 0.98 | 1.39  | 1.01 | Acessórias |
| <i>Conochilus hippocrepis</i> (Schränk, 1830)      | -     | 0.042 | 0.850 | -    | 0.222 | -    | Frequente  |
| <i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)      | 7.0   | 3.4   | 2.6   | 0.15 | 0.49  | 1.04 | Frequente  |
| <b>Dicranophoridae</b>                             |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Encentrum putorius</i> Donner, 1943             | -     | -     | -     | 0.02 | -     | 0.09 | Acessórias |
| <i>Paradicranophorus</i> sp.                       | -     | -     | -     | -    | -     | 0.13 | Acidentais |
| <b>Euchlanidae</b>                                 |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)        | -     | 0.03  | 0.03  | 0.03 | -     | -    | Frequente  |
| <b>Epiphanidae</b>                                 |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois & Daday, 1894) | 9.0   | 7.9   | 16.7  | 5.71 | 13.32 | 7.67 | Frequente  |
| <i>Epiphanes senta</i> (O.F Müller, 1776)          | -     | -     | -     | -    | 0.02  | 0.09 | Acidentais |
| <b>Filiniidae</b>                                  |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Filinia camasecla</i> Myers 1938                | 0.042 | 0.021 | 0.076 | -    | -     | -    | Frequente  |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)         | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.08 | 0.20  | 0.25 | Frequente  |
| <i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)        | 0.02  | -     | -     | -    | 0.17  | 0.02 | Frequente  |
| <i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)            | -     | 0.034 | -     | 0.06 | 0.17  | 0.25 | Frequente  |
| <b>Flosculariidae</b>                              |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Ptygura libera</i> Myers 1934                   | 0.5   | 0.3   | 0.4   | 0.11 | 0.65  | 0.40 | Frequente  |
| <i>Ptygura pedunculata</i> Edmondson, 1939         | 0.2   | 0.3   | 0.2   | -    | 0.02  | -    | Frequente  |
| <i>Ptygura</i> sp.                                 | -     | -     | -     | 0.03 | -     | 0.06 | Acessórias |
| <i>Sinatherina aripripes</i> Edmondson 1939        | 1.0   | 0.9   | 0.0   | 0.04 | 0.09  | -    | Acessórias |
| <i>Sinatherina semibullata</i> (Thorpe 1889)       | -     | -     | 0.022 | -    | -     | -    | Acessórias |
| <i>Sinatherina spinosa</i> (Thorpe, 1893)          | 0.1   | 0.2   | 0.7   | -    | -     | 0.09 | Acessórias |
| <b>Gastropodidae</b>                               |       |       |       |      |       |      |            |
| <i>Ascomorpha agilis</i> Zacharias 1893            | -     | -     | -     | 0.07 | 0.01  | 0.03 | Frequente  |
| <i>Ascomorpha ecaudis</i> (Perty, 1850)            | -     | -     | -     | 0.22 | 0.28  | 0.03 | Frequente  |

|                                                |       |       |       |       |      |      |            |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------------|
| <i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendahl, 1892)    | 0.013 | -     | 0.044 | -     | -    | 0.27 | Frequente  |
| <i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch 1870         | 1.428 | 0.935 | 3.118 | -     | -    | -    | Frequente  |
| <i>Gastropus styliifer</i> Imhof, 1891         | 0.3   | 1.0   | 1.4   | 0.98  | 4.90 | 7.74 | Frequente  |
| <b>Hexarthridae</b>                            |       |       |       |       |      |      |            |
| <i>Hexarthra bulgarica</i> (Wiszniewski, 1933) | -     | -     | -     | 0.27  | 0.18 | 0.05 | Frequente  |
| <i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)      | 0.0   | 0.1   | 0.0   | 0.00  | 0.15 | 0.09 | Frequente  |
| <b>Lecanidae</b>                               |       |       |       |       |      |      |            |
| <i>Lecane aculeata</i> (Jakubski, 1912)        |       |       |       | -     | 0.02 | -    | Acidentais |
| <i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)              | 0.1   | 0.2   | 0.1   | 0.16  | 0.01 | 0.09 | Frequente  |
| <i>Lecane leontina</i> (Turner, 1892)          | -     | -     | -     | 0.08  | -    | -    | Acidentais |
| <i>Lecane ludwigi</i> (Eckstein, 1893)         | 0.1   | 0.1   | 0.1   | -     | 0.07 | -    | Frequente  |
| <i>Lecane luna</i> (O.F Müller, 1776)          | 0.1   | -     | 0.1   | 0.27  | 0.05 | -    | Frequente  |
| <i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)        | -     | -     | -     | 0.07  | -    | -    | Acidentais |
| <i>Lecane nana</i> (Murray, 1913)              | -     | -     | -     | -     | 0.05 | -    | Acidentais |
| <i>Lecane pusilla</i> Harring 1914             | -     | 0.1   | -     | -     | -    | -    | Acidentais |
| <i>Lecane sagula</i> H. & M. 1926              | 0.1   | -     | 0.1   | -     | -    | -    | Acessórias |
| <i>Lecane stichaea</i> (Harring, 1913)         | -     | -     | 0.1   | -     | -    | -    | Acidentais |
| <b>Lepadellidae</b>                            |       |       |       |       |      |      |            |
| <i>Lepadella ehrenbergi</i> (Perty, 1850)      | -     | -     | -     | 0.023 | -    | -    | Acidentais |
| <i>Lepadella patella</i> (O.F Müller, 1786)    | -     | -     | -     | 0.04  |      |      | Acidentais |
| <i>Colurella</i> sp.                           | 0.021 | 0.021 | 0.038 | -     | -    | -    | Frequente  |
| <i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)    | -     | -     | 0.1   | -     | -    | -    | Acidentais |
| <b>Mytilinidae</b>                             |       |       |       |       |      |      |            |
| <i>Mytilina</i> sp.                            |       |       | 0.1   |       |      |      | Acidentais |
| <b>Notommatidae</b>                            |       |       |       |       |      |      |            |
| <i>Notommata</i> sp.                           | -     | 0.040 | 0.151 | -     | -    | -    | Acessórias |
| <b>Proalidae</b>                               |       |       |       |       |      |      |            |

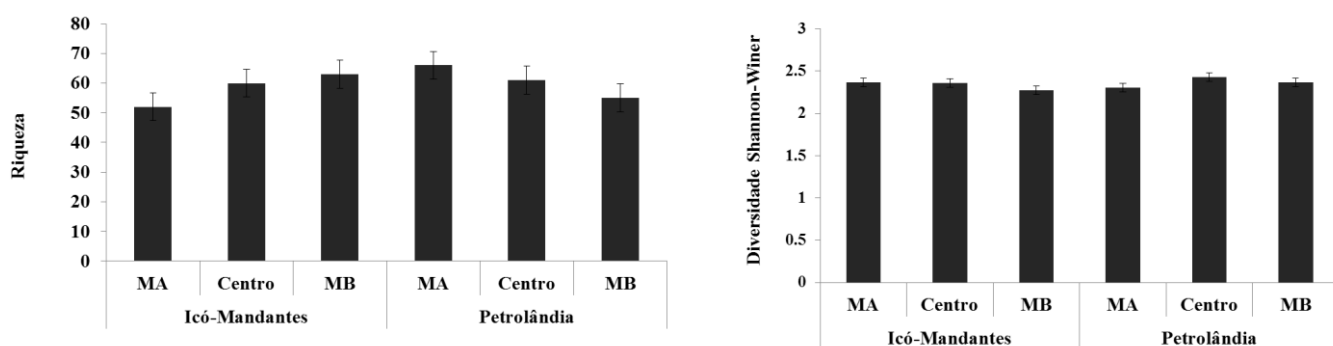
|                                                 |       |       |       |      |      |      |            |
|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------------|
| <i>Proales</i> sp.                              | -     | 0.1   | 0.3   | 0.00 | 0.15 | 0.29 | Frequente  |
| <i>Proales gigantea</i> (Glascott, 1893)        | -     | -     | 0.026 | 0.10 | -    | -    | Acessórias |
| <i>Proales theodora</i> (Gosse, 1887)           | -     | -     | 0.1   | 0.19 | 0.04 | 0.00 | Acessórias |
| <b>Synchaetidae</b>                             |       |       |       |      |      |      | Acessórias |
| <i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943         | 0.1   | 0.4   | 2.1   | 1.18 | 1.99 | 3.68 | Frequente  |
| <i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893       | 0.9   | 0.8   | 0.3   | 1.06 | 0.02 | 0.08 | Frequente  |
| <i>Ploesoma hudsoni</i> (Imhof, 1891)           | -     | -     | 0.199 | -    | -    | -    | Acessórias |
| <i>Ploesoma truncatum</i> (Levander, 1894)      | 0.0   | 0.1   | 0.0   | 0.00 | 0.07 | 0.00 | Frequente  |
| <b>Testudinellidae</b>                          |       |       |       |      |      |      |            |
| <i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)      | -     | 0.042 | 0.074 | 0.30 | 0.12 | 0.09 | Frequente  |
| <i>Pompholyx triloba</i> Pejler, 1957           | -     | 0.1   | 0.2   | 0.22 | 0.58 | 0.53 | Frequente  |
| <b>Trichocercidae</b>                           |       |       |       |      |      |      |            |
| <i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)     | -     | 0.021 | -     | -    | 0.11 | -    | Acessórias |
| <i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)   | -     | -     | 0.015 | -    | -    | -    |            |
| <b>Trichotriidae</b>                            |       |       |       |      |      |      |            |
| <i>Macrochaetus sericus</i> (Thorpe, 1893)      | 0.023 | -     | -     | 0.04 | -    | 0.01 | Frequente  |
| <b>Trochosphaeridae</b>                         |       |       |       |      |      |      |            |
| <i>Horaella brehmi</i> Donner, 1949             | -     | -     | 0.1   | 0.04 | 0.12 | 0.01 | Frequente  |
| <i>Horaella thomassoni</i> Koste 1973           | -     | -     | -     | 0.02 | 0.02 | 0.31 | Frequente  |
| <i>Trochosphaera aequatorialis</i> Semper, 1872 | 0.2   | 0.1   | 0.3   | -    | -    | -    | Frequente  |
| <i>Trochosphaera solstitialis</i> Thorpe, 1893  | 0.013 | 0.013 | -     | 0.08 | 0.26 | 0.37 | Frequente  |
| <b>CLADOCERA</b>                                |       |       |       |      |      |      |            |
| <b>Chydoridae</b>                               |       |       |       |      |      |      |            |
| <i>Alonella hamulata</i> (Birge, 1879)          | 0.1   | -     | -     | 0.04 | 0.02 | 0.20 | Frequente  |
| <i>Chydorus nitidulus</i> (Sars, 1901)          | -     | -     | -     | 0.14 | -    | -    | Acidentais |
| <i>Leydigiopsis brevirostris</i> Brehm, 1938    | 0.024 | 0.021 | -     | -    | -    | -    | Acessórias |
| <i>Ephemeroporus</i> sp.                        | -     | -     | 0.1   | -    | -    | -    | Acidentais |

|                                                      |      |      |      |       |       |       |            |
|------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------------|
| <b>Bosminidae</b>                                    |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Bosminopsis</i> sp.                               | 0.3  | -    | -    | 0.04  | -     | -     | Acidentais |
| <i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895            | 1.2  | 0.6  | 0.5  | 0.24  | 2.13  | 3.80  | Frequente  |
| <i>Bosmina freyi</i> (Elmoor-Loureiro, et. al, 2004) | 0.7  | 0.5  | 0.4  | 0.78  | 1.35  | 1.55  | Frequente  |
| <i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904              | -    | -    | -    | -     | 0.5   | -     | Acidentais |
| <b>Daphniidae</b>                                    |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886               | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 0.38  | 0.44  | 0.13  | Frequente  |
| <i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)        | -    | -    | -    | 0.31  | 0.40  | -     | Acidentais |
| <i>Ceriodaphnia richardi</i> Sars, 1901              | -    | 0.03 | 0.04 | 0.08  | 0.20  | 0.16  | Frequente  |
| <i>Daphnia ambigua</i> Scourfield, 1947              | 1.6  | 1.3  | 0.8  | 0.76  | 0.20  | 0.27  | Frequente  |
| <i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967                 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.07  | -     | -     | Frequente  |
| <i>Simocephalus mixtus</i> , Sars, 1903              | 5.2  | 5.9  | 0.1  | 0.03  | -     | -     | Frequente  |
| <b>Macrothricidae</b>                                |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)          | -    | -    | -    | -     | 0.022 | -     | Acidentais |
| <i>Macrothrix sioli</i> (Smirnov, 1982)              | -    | -    | -    | 0.07  | -     | -     | Acidentais |
| <i>Macrothrix superaculeata</i> (Smirnov, 1992)      | 0.09 | 0.02 | 0.05 | -     | 0.02  | -     | Frequente  |
| <b>Moinidae</b>                                      |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Moina reticulata</i> (Daday, 1905)                | -    | -    | -    | -     | -     | 0.10  | Acidentais |
| <b>COPEPODA</b>                                      |      |      |      |       |       |       |            |
| <b>Diaptomidae</b>                                   |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Notodiaptomus isabelae</i> (Wright S., 1936)      | 5.4  | 4.6  | 1.8  | 20.00 | 4.47  | 6.82  | Frequente  |
| <b>Cyclopidae</b>                                    |      |      |      |       |       |       |            |
| <i>Microcyclops anceps</i> (Richard, 1897)           | 1.5  | 1.1  | 0.05 | 1.20  | 1.07  | 0.88  | Frequente  |
| <i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)        | 0.17 | 0.15 | 0.11 | 0.94  | 0.14  | 0.28  | Frequente  |
| Copepodito                                           | 6.2  | 3.8  | 0.9  | 4.87  | 6.91  | 8.64  | Frequente  |
| Nauplii                                              | 34.8 | 31.7 | 23.5 | 30.66 | 22.98 | 24.88 | Frequente  |

Cladocera apresentou menor abundância em relação aos demais grupos, mas ocorreu na mesma proporção em todas as margens das áreas. Grandes predadores como *Daphnia ambigua*, *Daphnia gessneri* e *Simocephalus mixtus* somaram bom percentual (15.4%; 3.5%) do registro, e os pequenos herbívoros *Bosmina freyi* (1.6%; 3.6%) e *Bosminopsis deitersi* (2%; 6%) em menor proporção.

A Frequência de Ocorrência (F.O) evidenciou que as espécies com maior abundância relativa também foram as mais frequentes. Das espécies identificadas mais de 50% estiveram em situação frequente, 24% Acidentais e apenas 16% Acessórias (Tabela 4).

Observamos, que tanto na região litorânea (margens A e B) quanto na pelágica (Centro) das baías, os atributos mensurados das comunidades riqueza, diversidade e equabilidade apresentaram valores, evidenciando que as diferenças das áreas não refletiram em variações significativas da composição das espécies estudadas, ao contrário. A riqueza das espécies (K.W:  $x^2 = 0.43$ ; gl= 1;  $p=0.51$ ), apresentou padrão similar ao da diversidade e a equabilidade (K.W:  $x^2=5$ ; gl= 1,  $p= 0.41$ ) das espécies identificadas nos diferentes pontos, a qual se manteve distribuída com relativa homogeneidade durante os períodos estudados (Figura 3). Petrolândia mostrou riqueza ( $60 \pm 5.5$ ) e diversidade média ( $2.36 \pm 0.06$ ) ligeiramente mais alta que em Icó-Mandantes ( $58 \pm 5.6$ ) e ( $2.33 \pm 0.05$ ) respectivamente. Porém, a equabilidade foi idêntica na primeira ( $0.57 \pm 0.023$ ) e segunda baía ( $0.58 \pm 0.020$ ) concomitantemente, refletindo em alta similaridade entre as áreas.



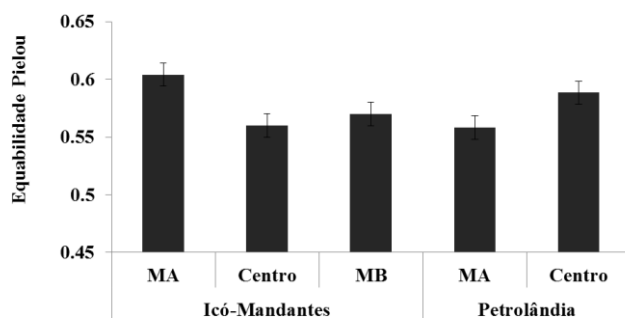


Figura 12. Riqueza, diversidade e equabilidade do zooplâncton nas margens e centro (MA; MB e C) das baías de Icó-Mandantes e Petrolândia (barras representam desvios-padrão) no entorno do reservatório de Itaparica.

As densidades do zooplâncton variaram significativamente entre si nas baías (K.W:  $\chi^2 = 345.3$ ; gl= 267;  $p < 0.001$ ) (figura 4), nos centros ocorreram as maiores variações (18 a 2013 ind./m<sup>3</sup>). As densidades das margens B de Icó-Mandantes e Petrolândia (28 a 1260 ind./m<sup>3</sup>) ocorreram maiores variações e o oposto foi encontrado nas margens A (30 a 116 ind./m<sup>3</sup>) das baías respectivamente. Já nos centros as densidades atingiram maiores altas em Petrolândia (30 a 2000 ind./m<sup>3</sup>) que em Icó-Mandantes (24 a 264 ind./m<sup>3</sup>). Com relação aos grupos zooplancônicos, os rotíferos foram os que apresentaram as maiores densidades, tanto em Petrolândia (2843 ind./m<sup>3</sup>) quanto em Icó-Mandantes (637 ind./m<sup>3</sup>). Copepoda foi o segundo grupo mais denso na primeira baía citada (2273 ind./m<sup>3</sup>), com cerca de dez vezes mais organismos que a segunda (245 ind./m<sup>3</sup>). Cladocera tiveram menor contribuição, apesar disso, Petrolândia (240 ind./m<sup>3</sup>) apresentou treze vezes mais cladóceros que Icó-Mandantes (18 ind./m<sup>3</sup>).

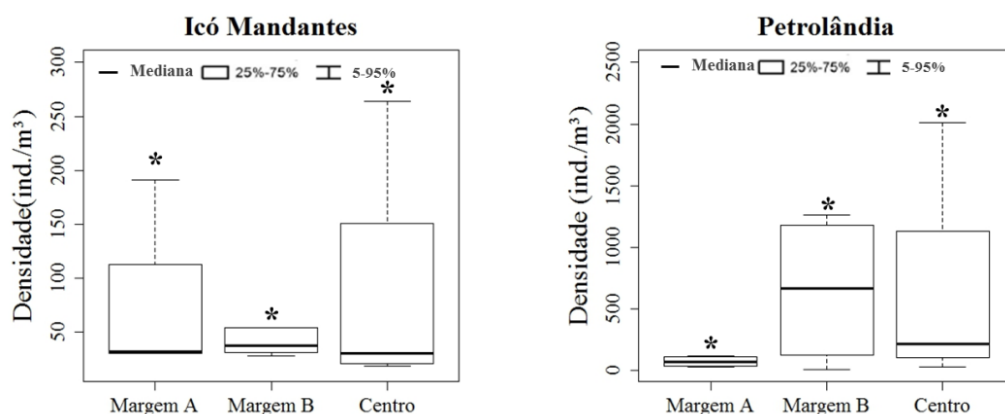


Figura 13. Boxplot das densidades do zooplâncton nas margens (A e B) e Centro das baías de Icó-Mandantes e Petrolândia no entorno do reservatório de Itaparica. Símbolo asterisco representa variâncias médias significativas (Kruskal-Wallis ANOVA:  $p < 0,05$ ).

A PCA da matriz das variáveis físico-químicas resultou em um diagrama homogêneo (Figura 5). A porcentagem de variância acumulada nos dois primeiros eixos foi de 81%, estando acima daquela esperada pelo modelo *broken stick* (55%). O primeiro eixo foi que o mais fortemente covariou com o Nitrogênio total (0.73) e a Clorofila-*a* (-0.59). Já o segundo eixo apresentou maior covariância com a transparência de Secchi (0.49) e o Fósforo total (-0.70).

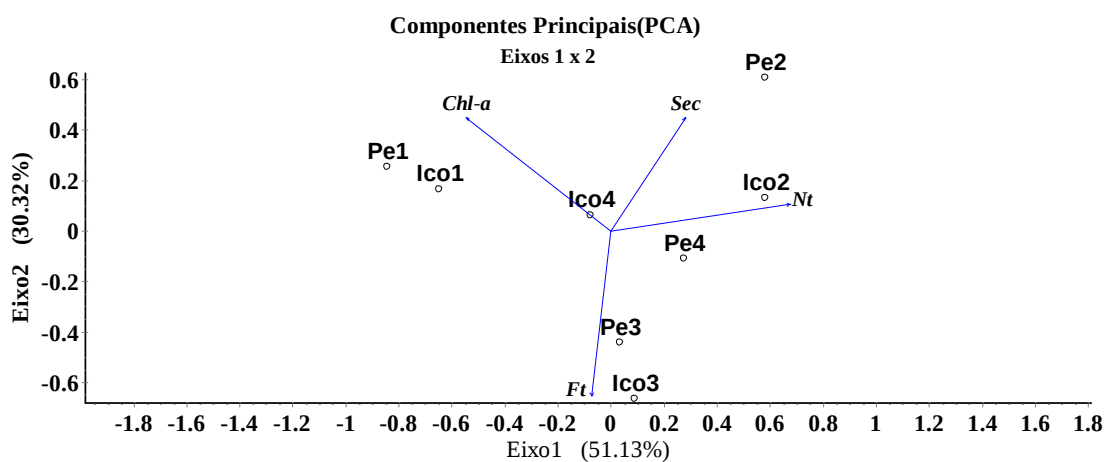


Figura 14. Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) da matriz das variáveis físico-químicas das baías de Icó-Mandantes (Ico1, 2,3 e 4) e Petrolândia (Pe1, 2, 3 e 4) no entorno do reservatório Itaparica. Círculos denotam as baías.

A influência das variáveis físico-químicas sobre a estrutura das comunidades zooplancônicas (espécies identificadas) nas duas baías foi explorada através da ordenação de uma CCA (Figura 6). Observamos que a CCA não revelou formação de gradientes nos eixos como observado na PCA. As variáveis físico-químicas mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo do ambiente (escores LC) foram o fósforo total (0.22) e o nitrogênio total (-0.37). Já o segundo eixo esteve mais correlacionado com a *clorofila-a* (0.54) e a transparência de Secchi (-0.19). Os autovalores (AV) canônicos obtidos para os três primeiros eixos da análise foram 0.20; 0.06 e 0.03; sendo responsáveis, respectivamente, por 29%; 9% e 5% da variância total acumulada dos dados. As porcentagens de variância acumulada nos três primeiros eixos foram menores do que aquelas esperadas pelo modelo “*broken stick*” (AV1 esperado 29%; AV2 38% e AV3 43%). Os resultados da CCA não explicam a variação existente entre as

densidades (ind./m<sup>3</sup>) com as variáveis analisadas. O resultado do teste de Monte Carlo não foi significativo para os três primeiros eixos da ordenação (AV2: p= 0.96; AV2: p= 0.96 e AV3: p= 0.40).

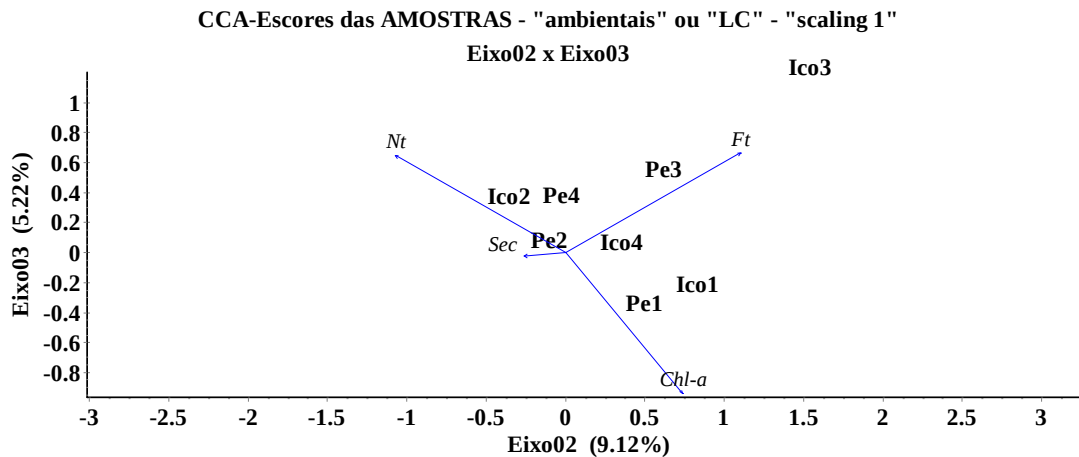


Figura 15. Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) da matriz das variáveis físico-químicas e densidade do zooplâncton das baías de Icó-Mandantes (Ico1, 2,3 e 4) e Petrolândia (Pe1, 2, 3 e 4) no entorno do reservatório Itaparica.

A análise de agrupamento por WPGMA (correlação cofenética 0.82) mostrou formação de grupos definidos, tanto nas margens como no centro de Icó-Mandantes e Petrolândia. Contudo, a MRPP revelou que esses grupos formados tem a mesma heterogeneidade ( $A=0.04$ ,  $p=0.7$ ). Sendo assim, a composição das comunidades dentro dos agrupamentos não difere daquela esperada ao acaso, ou seja; a hipótese de que não há diferença significativa entre os grupos foi aceita. Conforme verificado na análise de dissimilaridade, a amostra IMB2 de Icó-Mandantes se comporta como *outliers* dentro do conjunto amostral, apresentando desvio padrão de 2.5, porém não a retiramos da análise pela proximidade do ponto de corte de 2.

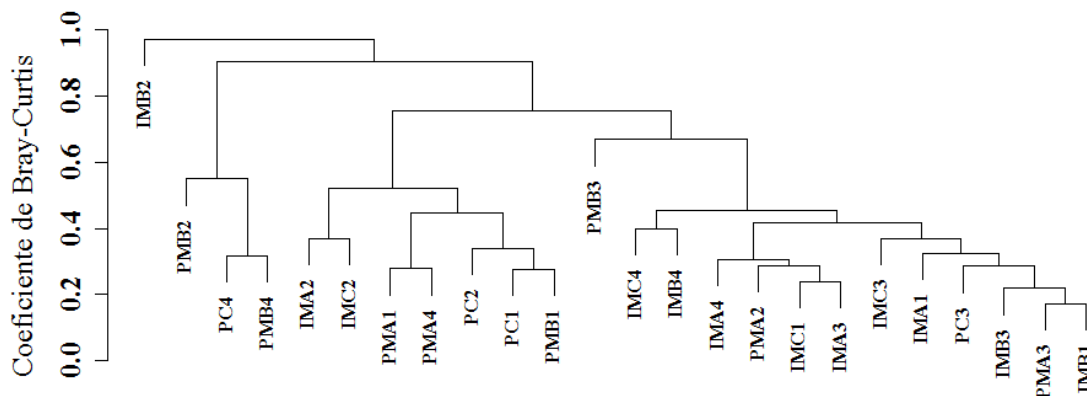


Figura 16. Dendrograma de dissimilaridade (coeficiente de Bray-Curtis) obtido pelo método de ligação de Média dos Pesos Proporcionais (WPGMA) a partir da matriz de densidade do zooplâncton dos 24 pontos amostrados em Icó-Mandantes- IM (Margem A e B (IMA/IMB: 1,2,3 e 4), Centro: (IMC1, 2, 3 e 4)) e Petrolândia-PM (Margem A e B (PMA/PMB:1,2,3 e 4), Centro: (PMC1, 2, 3 e 4)) no entorno do reservatório de Itaparica.

## Macrófitas aquáticas

As macrófitas *Egeria densa* Planch. e *Chara guairensis* R. M. T. Bicudo cobrem extensas áreas das baías Icó-Mandantes e Petrolândia. A primeira forma densos bancos monoespecíficos em ambas as áreas, foi dominante nos pontos de cobertura estimada, e a segunda espécie foi registrada em pontos isolados de margens arenosas em profundidades inferiores a 0.5 m em baixa densidade e frequência.

A cobertura vegetal estimada nas margens e centro (12 pontos) da baía Icó-Mandantes foi de 66%, porém, foi na região litorânea (MA, MB) que a vegetação apresentou maior cobertura percentual (50%) em comparação com a região pelágica que foi de 16%, nessa porção da baía os pontos amostrados ultrapassaram os 7m de profundidade. Em Petrolândia registramos cobertura vegetal de 50%, onde *E. densa* dominou, nessa baía as profundidades médias amostradas ultrapassaram os 7.5 m. Entretanto, os pontos mensurados da região litorânea estiveram com cerca de 40% de vegetação submersa e a pelágica com apenas 8%.

## Discussão

Nas áreas com pressões pelos usos do reservatório e solo investigadas, observamos que há elevada cobertura e densidade de macrófitas submersas, baixa biomassa e riqueza fitoplânctônica, abundância e densidades significativas do zooplâncton. Em Icó-Mandantes e Petrolândia a comunidade zooplânctônica apresentou similaridades nos atributos riqueza, diversidade e equabilidade entre os bancos de macrófitas submersas nas áreas do litoral e zona pelágica. Considerando a densidade e abundância desse componente biológico estudado nos bancos de plantas submersas e a biomassa algal (clorofila-*a*), nossos resultados sugerem que macrófitas favorecem o zooplâncton e afetam o fitoplâncton. Além das propriedades das comunidades pesquisadas, a análise exploratória a partir da PCA (Figura 5) revelou alta covariância entre as variáveis agrupadas, explicando a densidade do zooplâncton (ind./m<sup>3</sup>) entre as baías pelos nutrientes dissolvidos e transparência da água (Secchi (m)).

As oscilações abruptas observadas nas baías para as concentrações de fósforo total e clorofila-*a* no período que corresponde à época da estiagem. Segundo Günkeli; Selge; Sobral (2013) o nível de operação regular das usinas interligadas do rio São Francisco variam consideravelmente expondo a região litorânea das baías favorecendo a dessecação da *E.densa* que contribui para o aporte de nutrientes. Além disso, estudos sugerem que macrófitas desempenham importante função na ciclagem de nutrientes, a exemplo de estudo experimental desenvolvido no reservatório Pampulha, Pinto-Coelho e Greco (1999) no qual macrófita flutuante livre e zooplâncton (Cladocera e Copepoda) mostraram-se eficientes na ciclagem do fósforo em diferentes estações do ano (seca e chuvosa). Na região subtropical, forte relação entre a elevada densidade de plantas submersas com as baixas concentrações de fósforo dissolvido (mg/L) e clorofila-*a* (µg/L) foi encontrada em estudo realizado em 34 lagos (Moreno 2009). As concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> encontradas nas baías, mesmo mostrando oscilações nas concentrações ao longo das amostragens, podem ser explicadas pela ciclagem de nutrientes por parte das macrófitas submersas em face às associações de epífitas. Isso ocorre porque os tecidos das plantas retém significativa fração de compostos nitrogenados segundo Mazzeo et al. (2003), que encontraram resultados idênticos em baía na região subtrópica. Estes estudos elucidam parte do que já vem sendo debatido por alguns cientistas sobre os diversos mecanismos acionados principalmente pela vegetação submersa (Carpenter; Lodge, 1986; Scheffer, 1999; Van Donk; Van De Bund, 2002; Declerck Et Al., 2007; Thomaz; Cunha, 2010).

O impacto da *Egeria densa* e *Chara guairensis* na estrutura do zooplâncton e fitoplâncton em áreas de influência de reservatório na região semiárida são pouco

compreendidos, sendo este um dos primeiros estudos. Os ecossistemas estudados foram formados após represamento do Rio São Francisco na década de 80 quando a hidroelétrica de Itaparica foi construída. Computamos estudos antigos e pontuais naquela região, antes do funcionamento do reservatório (Neumann-Leitão & Nogueira-Paranhos 1989) e após (Barros 2004). A riqueza zooplanctônica que registramos para Rotifera (73), Cladocera (18) e Copepoda (3) foram maiores que a encontrada por Neumann-Leitão e Nogueira-Paranhos (1989) (total 71) ao longo do rio a partir de Sobradinho até Belém do São Francisco naquela época, e Barros (total 41), depois do funcionamento do reservatório. Possivelmente, passado mais de trinta anos desde a construção do reservatório Itaparica e dos primeiros estudos, e por se tratar de um ecossistema dinâmico, o ambiente possivelmente já passou por diversas mudanças na composição de sua fauna possibilitando um aumento nos atributos das comunidades de organismos. A alta riqueza dos Rotifera é um padrão para ecossistemas lênticos em reservatórios brasileiros eutrofizados, nos quais a diversidade da comunidade zooplanctônica é relativamente baixa (Arcifa, 1984; Neumann-Leitão; Nogueira-Paranhos, 1989; Matsumura-Tundisi; Tundisi, 2005; Almeida et al., 2009; Paranhos et al., 2013).

Em Petrolândia as densidades do zooplâncton foram mais que altas que em Icó-Mandantes. Os rotíferos (2845 ind./m<sup>3</sup>) apresentaram maiores densidades, depois os náuplios (1440 ind./m<sup>3</sup>), copépodos (adultos e copepoditos) (835 ind./m<sup>3</sup>) e cladóceros (240 ind./m<sup>3</sup>). A densidade encontrada nas baías de maneira geral foi alta, quando comparados com dados obtidos antes da operação do reservatório Itaparica por Neumann-leitão e Nogueira-Paranhos (1989), que registraram alta densidade para os mesmos grupos, com destaque para os Rotifera. Em reservatórios eutróficos da região semiárida, tanto Eskinazi-Sant'Anna et al., (2007) quanto Almeida et al., (2009) indicaram que os rotíferos e náuplios sempre ocorreram em altas densidades. As baías são pouco profundas e a densa vegetação submersa favoreceu abundância de gêneros como *Keratella*, *Conochilus* e *Daphnia* spp. que ocorrem em regiões litorâneas (Colares et al. 2013). As adaptações à vida perifítica explicam abundância de algumas espécies de Rotifera (17) tanto nos bancos de macrófitas da região litorânea (Margens A e B) quanto na pelágica (Centro) onde a densidade da vegetação submersa foi baixa (Duggan et al. 2001).

Os microcrustáceos *Notodiaptomus isabellae* e *Mycrocyclops anceps* juntos apresentaram alta abundância relativa (43%; 6%) em ambas as baías em todas as amostragens, assim como os pequenos *Bosmina freyi* (4%; 2%) e *Bosminopsis deitersi* (3%; 6%) (Tabela 66 quando comparados às demais espécies. *Daphnia ambigua*, grande predador do fitoplâncton

(Dent et al. 2002) somou juntamente com *Ceriodaphnia* spp. e *Simocephalus mixtus* uma significativa fração da abundância dos Cladocera. A vegetação aquática favorece a densidade e abundância de pequenos Cladocera e copepodos Cyclopoida, que podem ser especialmente encontrados nos trópicos em lagos e reservatórios (Pinto-Coelho, Pinel-Alloul, et al. 2005).

Nossas análises exploratórias explicaram parte da densidade do zooplâncton pelos nutrientes e transparência de Secchi. A PCA mostrou auto-covariância entre as variáveis físico-químicas e a densidade zooplanctônica de Icó-Mandantes e Petrolândia. Em contrapartida, a ordenação da variável fósforo, nitrogênio, clorofila-*a* e transparência de Secchi não explicaram a densidade do zooplâncton das margens e centro das baías pela CCA. As baías são rasas (< 11 m) indicando cenário de estado de equilíbrio alternativo (Scheffer et al. 1993), onde o predomínio de plantas submersas e baixa produtividade fitoplanctônica indica competição por recursos (nutrientes e luz) e intensidade da predação pelo zooplâncton (Scheffer, 1990; Dent; Cumming; Carpenter, 2002).

Cianobactérias são importantes constituintes da fração fitoplanctônica em ambientes lênticos e foram dominantes nas duas baías. O fósforo (mg/L) é limitante para o crescimento algal, contudo, observamos mesmo apresentando baixas concentrações nas coletas, estas parecem não haver limitado o crescimento das Cyanophyta. A comunidade zooplanctônica foi composta em sua maioria por pequenos rotíferos e cladóceros. A fração dos grandes predadores do fitoplâncton *Daphnia* e *Simocephalus* mesmo tendo sido dez vezes maior em Petrolândia (19 ind./m<sup>3</sup>) que Icó-Mandantes (9 ind./m<sup>3</sup>), parece não atuar no pastejo das Cyanophyta. Esse grupo é reportado e bem conhecido na literatura como uma fração não comestível do fitoplâncton devido ao tamanho dos seus filamentos, formas coloniais e potencial tóxico, nesse sentido o zooplâncton teria preferência pelo fitoplâncton comestível como as algas verdes (Jeppesen et al. 2000). Além disso, o fato de as Cyanophyta terem apresentado maior abundância relativa (%) e densidade (cel./mL<sup>-1</sup>) que os demais grupos fitoplanctônicos em ambas baías indica que o zooplâncton pode estar atuando no controle topo-base das demais microalgas como as Chlorophyta que ocorreram em baixíssima densidade (83 cel./mL<sup>-1</sup>) nas duas baías. A competição por recursos e substâncias alelopáticas entre a vegetação submersa funciona suprimindo o crescimento algal (Van Donk; Van De Bund, 2002) e reduz disponibilidade de nutrientes (Carpenter & Lodge 1986). Outro fato é que a predação p<sup>67</sup> sobre o zooplâncton ocorre onde há elevada turbidez da água (Pinto-Coelho 1998). Na transparência foi alta (> 2 m) sugerindo efeito de controle base-topo pelas plantas submersas e

topo-base do zooplâncton na estrutura do fitoplâncton. Nossos achados estão em consonância com pesquisas desenvolvidas em sistemas subtropicais eutrofizados (Mazzeo et al. 2003; Meerhoff 2006) e temperados (Jeppesen Et Al., 1997; Blindow; Hargeby; Gunnar, 2002). Mas, diferem daqueles que foram desenvolvidos em lagos e reservatórios em série e eutrofizados da região semiárida (Almeida et al. 2009; Dantas et al. 2009) e Sudeste do Brasil (Matsumura-Tundisi; Tundisi, 2005; Pinto-Coelho; Bezerra-Neto; Morais-Jr, 2005; Tundisi; Matsumura-Tundisi; Abe, 2008). Naqueles sistemas, o impacto da eutrofização afetou os atributos da comunidade zooplanctônica, refletindo na baixa riqueza e diversidade de espécies. Mas, aumentou o número de espécies do fitoplâncton, além de elevadas concentrações de fósforo, nitrogênio, *clorofila-a* e turbidez. É oportuno salientar que essas pesquisas não mediram a influência dos bancos de plantas aquáticas sobre os atributos das comunidades planctônicas, os quais diferem das condições encontradas em Icó-Mandantes e Petrolândia.

A grande contribuição das macrófitas aquáticas para o zooplâncton e outros invertebrados é bem reportada nos ambientes naturais do Brasil (Thomaz et al., 2008; Colares et al., 2013) e no Hemisfério Norte (Basu; Kalff; Pinel-Alloul, 2000; Declerck et al., 2007). Até mesmo em lagos, reservatórios e áreas alagadas sob forte pressão urbana e usos da terra para agricultura, a riqueza do zooplâncton foi maior em áreas colonizadas por macrófitas (Dodson; Lillie; Will-Wolf, 2005).

As interações tróficas em cascata de ambientes em estado de equilíbrio alternativo mediado pela vegetação submersa são pouco compreendidas na região tropical, o número de publicações ainda é escasso (Pinto-Coelho, 1998; Jeppesen et al., 2005; Meerhoff et al., 2006). O reservatório Itaparica foi projetado inicialmente para fins hidroelétricos, mas vem sendo usado para agricultura de irrigação intensiva e piscicultura. Diante deste contexto, a oligotrofia é a melhor estratégia de gestão daqueles ambientes (Günkel et al. 2013). Uma prática que vem sendo adotada em diversos países com vistas à restauração de lagos e reservatórios eutrofizados há mais de trinta anos (Shapiro; Lamarra; Lynch, 1975; Jeppesen et al., 2012). Macrófitas submersas atuam nos mecanismos que direcionam a ciclagem de nutrientes e interações tróficas em cascata no Hemisfério Norte. Apesar das importantes contribuições para o entendimento das interações tróficas em reservatórios brasileiros que surgiram ao longo dos anos (Arciú 68 al. 1986; Starling et al. 2002; Torres et al. 2015), todavia há pouca evidência sobre o papel macrófitas submersas atuando nesses mecanismos.

## Conclusões

Este estudo provê indícios de efeitos controle base-topo pelas macrófitas submersas sobre o fitoplâncton nas baías de Icó-Mandantes e Petrolândia. Os atributos riqueza, abundância e densidade, diversidade e equabilidade do zooplâncton mensurados nos bancos de plantas submersas apresentaram resultados interessantes em comparação a outros estudos, sugerindo efeito de controle topo-base sobre comunidades fitoplanctônicas. As baías de Icó-Mandantes e Petrolândia apresentam alta transparência (Secchi > 2 m), baixa concentração de nutrientes e biomassa fitoplanctônica. Além dos resultados inéditos em áreas sobre influência do Rio São Francisco. Nossa pesquisa traz importantes contribuições para a ciência, no que tange o entendimento do papel de macrófitas submersas nas interações do zooplâncton e fitoplâncton.

Milhões de pessoas e animais dependem de suprimento água de reservatórios e lagos para sobrevivência. Estudo da teia trófica aquática vem sendo aprimorados há mais de trinta anos em países de clima temperado, é uma técnica arrojada e efetiva, que vem sendo aplicada para melhorar a qualidade da água em ecossistemas deteriorados. Todavia, investigações sobre efeitos prevalentes das interações tróficas vêm sendo testadas experimentalmente em laboratórios e campo. No Brasil, estudos realizados em baixa escala obtiveram resultados satisfatórios. Essa abordagem em pesquisa tem alto custo operacional. Investimentos de apoio para fomento em pesquisas de novas tecnologias em ecologia aquática e limnologia práticas seguem sendo a alternativa viável de investimento por parte dos órgãos de fomento à pesquisa do governo e iniciativas privadas.

Nosso estudo se trata de dados inéditos com base nas amostragens das baías ao redor do reservatório Itaparica, formadas após represamento do rio São Francisco, cujo manejo sustentável é apropriado, e a oligotrofia consiste em desafios. Todavia, precisamos desenvolver e ampliar pesquisas com base em experimentações de campo e laboratório, no sentido de identificar como macrófitas submersas beneficiam espécies zooplanctônicas, e quais atuam no controle topo-base do fitoplâncton. Para que desta maneira, as medidas para restauração 69 áreas de influência de reservatórios possam ser bem sucedidas no futuro.

## Agradecimentos

Esta pesquisa recebeu fomento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio da concessão de bolsa de estudos pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia Vegetal (PPGBV). Este estudo é parte do programa de pesquisa “Interplay among multiple uses of water reservoirs via inNOvate coupling aquatic and terrestrial ecosystems-INNOVATE” uma cooperação entre o Brasil e Alemanha. Recebeu recursos provenientes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq- processo N°: 483099/2011-2), Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e o German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Os autores agradecem à professora pesquisadora do INNOVATE, A Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Candeias, pela confecção do mapa das áreas de estudo.

## Referências

- Agostinho, A., Thomaz, S.M. & Gomes, L.C., 2004. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 4(3), pp.255–256.
- Almeida, V. et al., 2009. Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*, 69(1), pp.57–65.
- Almeida, V.L.S. et al., 2006. Rotífera das zonas limnética e litorânea do reservatório de Tapacurá, Pernambuco, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 96(4), pp.445–451.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J., 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. *Archives Hydrobiology Supplement* vol. 80 (Algological Studies 50-53), 80, pp.327–472.
- APHA-American Public Health Association, 2005a. 10200 Plankton: 10200 B: Sample Collection. In APHA-American Public Health Association, ed. *Standard Methods for The Examination and Wastewater*. pp. 2–31.
- APHA-American Public Health Association, 2005b. 4500-Nitrogen\* 4500-NB. In-Line UV / Persulfate Digestion and Oxidation with Flow Injection Analysis. In *Standard Methods for The Examination and Wastewater*. pp. 103–108.
- APHA-American Public Health Association, 2005c. 4500-Phosphorus. In APHA-American Public Health Association, ed. *Standard Methods for The Examination and Wastewater*-. pp. 146–162.
- Arcifa, M., Northcote, T. & Froehlich, O., 1986. Fish-zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia*, 139(1), pp.49–58.
- Arcifa, M.S., 1984. Zooplankton composition of ten reservoirs in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 113(1), pp.137–145. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF00026600>.
- Barros, Ac., 2004. Evolução de fatores hidrobiológicos no reservatório Itaparica, Rio São Francisco (1987,1989,2002).pp.104.
- Blindow, I. et al., 2000. How important is the crustacean plankton for the maintenance of water clarity in shallow lakes with abundant submerged vegetation? *Freshwater Biology*, 44(2), pp.185–197.
- Blindow, I., Hargeby, A. & Gunnar, A., 2002. Seasonal changes of mechanisms maintaining clear water in a shallow lake with abundant Chara vegetation. *Aquatic Botany*, 72, pp.315–334.
- Brandão, C. et al., 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-

CETESB: Brasília: ANA, ed., São Paulo: CETESB.

Buchheim, M., Michalopoulos, E.A. & Buchheim, J.A., 2001. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S rDNA data. *Journal of Phycology*, 37, pp.819–835.

Carpenter, S. et al., 1987. Regulation of lake primary productivity by food web structure. *Ecology*, 68(6), pp.1863–1876.

Carpenter, S., Kitchell, J. & Hodgson, J., 1985. Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity. *BioScience*, 35(10), pp.634–639.

Carpenter, S. & Lodge, D., 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, pp.341–370.

Cavalier-Smith, T., 2004. Only six kingdoms of life R. S. L. B., ed. R. Soc. Lond. B., 271, pp.1251–1262.

CETESB, 2000. CETESB L5- 304- Zooplâncton de água doce- Métodos quantitativos e qualitativos de ensaio., São Paulo.

CHESF, 2015. Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. , p.< <http://www.chesf.gov.br>>.

COLARES, M. et al., 2013. Structure of the zooplankton communities in macrophytes stand of a Neotropical floodplain ( the Paraná River , Brazil ). *International Review of hydrobiology*, 98, pp.89–103.

Dantas, E. et al., 2009. Efeito das variáveis abióticas e do fitoplâncton sobre a comunidade zooplancônica em um reservatório do Nordeste brasileiro. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 99(2), pp.132–141.

Declerck, S. et al., 2007. Plankton Biodiversity along a Gradient of Productivity and Its Mediation by Macrophytes. *Ecology*, 88(9), pp.2199–2210.

Dent, C.L., Cumming, G.S. & Carpenter, S.R., 2002. Multiple states in river and lake ecosystems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 357(1421), pp.635–645.

Dodson, S., Lillie, R. & Will-Wolf, S., 2005. Land use ,water chemistry, aquatic vegetation, and zooplankton community structure of shallow lakes. *Ecological Applications*, 15(4), pp.1191–1198.

van Donk, E. & van de Bund, W., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany*, 72(3-4), pp.261–274. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377001002054>.

Duggan, I.C., Green, J.D. & Shiel, R.J., 2001. Distribution of rotifers in North Island , New

Zealand, and their potential use as bioindicators of lake trophic state. *Hydrobiologia*, 446/447, pp.155–164.

Elmoor-Loureiro, L., 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil Universa., ed., Brasília.pp.156

Eskinazi-Sant’Anna, E. et al., 2007. Composição da Comunidade Zooplancônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis*, 11(03), pp.410–421. Available at: <http://www.ppgecologia.biologia.ufrj.br/oecologia/index.php/oecologiabrasiliensis/article/view/155/121>.

Günkel, G., Selge, F. & Sobral, M., 2013. Re-oligotrophication of tropical water reservoirs to minimize environmental impact. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 172(VII), pp.313–326.

Holm, L., Weldon, L. & Blackburn, R., 1969. Aquatic weeds. *Science*, 166, pp.699–709.

Jeppesen, E. et al., 2012. Biomanipulation as a Restoration Tool to Combat Eutrophication: Recent Advances and Future Challenges. *Advances in Ecological Research*, 47, pp.411–488.

Jeppesen, E. et al., 2005. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes. In M. V. Reddy, ed. *Restoration and Management of Tropical Eutrophic Lakes*. Enfield, N.H.: Science Publishers, pp. 341–359. Available at: <http://www.mendeley.com/research/lake-restoration-and-biomanipulation-in-temperate-lakes-relevance-for-subtropical-and-tropical-lakes-1/>.

Jeppesen, E. et al., 2014. Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes by Eutrophication of lakes. In *Tropical eutrophic lakes: Their restoration and management* (in press). pp. 1–12.

Jeppesen, E. et al., 1997. Top-down control in freshwater lakes : the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*, (342/343), pp.151–164.

Jeppesen, E. et al., 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: Changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, 45(2), pp.201–218.

Johnson, J. & Newman, R., 2011. A comparison of two methods for sampling biomass of aquatic plants. *J.Aquat. Plan. Manage.*, 49, pp.1–8.

Komárek, J. & Anagnostidis, K., 1998. Cyanoprokaryota. I. Teil Chroococcales H. ETL et al., eds., *Süßwasserflora von Mitteleuropa*: Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 548p.

Koste, W., 1978. Rotatoria: die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt, Berlin e Stuttgart.pp.637

Kovalenko, K., Thomaz, S. & Warfe, D., 2011. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685(1), pp.1–17. Available at:

<http://link.springer.com/10.1007/s10750-011-0974-z> [Accessed May 29, 2014].

Lynch, M. & Shapiro, J., 1981. Predation , Enrichment , and Phytoplankton Community Structure. *Limnology and Oceanography*, 26(1), pp.86–102.

Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J.G., 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia*, 542(1), pp.367–378. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10750-004-9461-0> [Accessed October 27, 2014].

Matteucci, S. & Colma, A., 1982. Metodología para el estudio de la vegetación, Coro, Estado Falcón, Venezuela: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Available at: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=137297&indexSearch=ID>.

Mazzeo, N. et al., 2003. Effects of *Egeria densa* Planch. beds on a shallow lake without piscivorous fish. *Hydrobiologia*, 506-509, pp.591–602.

McCune, B. & Grace, J., 2002. Analysis of Ecological Communities M. Press, ed., Oregon.

McQueen, D.J., Post, J.R. & Mills, E.L., 1986. Trophic Relationships in Freshwater Pelagic Ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(8), pp.1571–1581. Available at: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f86-195>.

Medlin, L.. & Kaczmarek, I., 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia*, 43, pp.245–270.

Meerhoff, M., 2006. An experimental study of habitat choice by *Daphnia*: plants signal danger more than refuge in subtropical lakes. *Freshwater Biology*, 51, pp.1320–1330. Available at: [http://www2.dmu.dk/pub/phd\\_mm.pdf](http://www2.dmu.dk/pub/phd_mm.pdf).

Meerhoff, M. et al., 2006. An experimental study of habitat choice by *Daphnia*: plants signal danger more than refuge in subtropical lakes. *Freshwater Biology*, 51, pp.1320–1330. Available at: [http://www2.dmu.dk/pub/phd\\_mm.pdf](http://www2.dmu.dk/pub/phd_mm.pdf).

Melo-Júnior, M. et al., 2007. O estado da arte da biodiversidade de rotíferos planctônicos de ecossistemas límnicos de Pernambuco Introdução Resultados e Discussão. *Biot. Neot.*, 7(3), pp.110–117.

Moreno, M.J., 2009. Analysis of the Relationship Between Submerged Aquatic Vegetation ( SAV ) and Water Trophic Status of Lakes Clustered in Northwestern Hillsborough County, Florida. *Water Air Soil Pollut*, pp.1–8.

Neumann-Leitão, S. & Nogueira-Paranhos, J., 1989. Zooplâncton do Rio São Francisco, região Nordeste do Brasil. *Trab.Oceanogr.Univ.Fed.PE*, 20, pp.173–196.

Oksanen, J. et al., 2008. Vegan Community Ecology Package. RStudio.

- Pace, M.L. et al., 1999. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems ‘ S. Tree, 14, pp.483–488.
- Paranhos, J. et al., 2013. The zooplankton biodiversity of some freshwater environments in Parnaíba basin (Piauí , Northeastern Brazil ). Brazilian Journal of Botany, 73(1), pp.125–134.
- Pinto-Coelho, R., Pinel-Alloul, B., et al., 2005. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 62, pp.348–361.
- Pinto-Coelho, R., 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir : a 4-year study in Pampulha Lake , Brazil. Freshwater Biology, 40, pp.159–173.
- Pinto-Coelho, R., 2004. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de águas epicontinentais. In C. Bicudo & D. Bicudo, eds. Amostragem em Limnologia. São Carlos: RiMA, pp. 149–166.
- Pinto-Coelho, R., Bezerra-Neto, J. & Morais-Jr, C., 2005. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. Braz. J. Biol., 65(2), pp.325–338.
- Pinto-coelho, R. & Greco, M., 1999. The contribution of water hyacinth ( Eichhornia crassipes ) and zooplankton to the internal cycling of phosphorus in the eutrophic Pampulha Reservoir , Brazil. Hydrobiologia, 411, pp.115–127.
- Scheffer, M. et al., 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. Tree, 8(8), pp.275–9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21236168>.
- Scheffer, M., 1990. Multiplicity of stable states in freshwater systems. Hydrobiologia, 200/201, pp.475–486.
- Scheffer, M., 1999. The effect of aquatic vegetation on turbidity; how important are the filter feeders? Hydrobiologia, 408-409, pp.307–316. Available at: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017011320148>  
<http://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1017011320148>.
- Segers, H., 2002. The nomenclature of the Rotifera: annotated checklist of valid family- and genus-group names. Journal of Natural History, 36, pp.631–640.
- Shapiro, J., Lamarra, V. & Lynch, M., 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. Limnological Research Center, pp.85–96. Available at: <http://www.indiana.edu/~lynchlab/PDF/Lynch2.pdf>.
- Shepherd, G., 2010. Fitopac. Manual do usuário. Departamento de Botânica-UNICAMP.
- Soares, C. & Elmoor-Loureiro, L., 2011. Uma atualização da lista de Cladocera Cladocera (Crustacea , Branchiopoda) do Estado de Pernambuco , Brasil. Biot. Neot., 11(2), pp.409–414.

- Sobral, M., Carvalho, R. & Figueiredo, R., 2007. Environmental risk management of multipurpose use of reservoirs in area of São Francisco River, Brazil. In G. Gunkel & M. Sobral, eds. *Reservoir and River Basin Management: Exchange of Experiences from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, pp. 14–26.
- Starling, F. et al., 2002. Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. *Freshwater Biology*, 47, pp.2443–2452.
- Thomaz, S. et al., 2014. Aquatic invasive species: general trends in the literature and introduction to the special issue. *Hydrobiologia*, pp.1–12.
- Thomaz, S. et al., 2008. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology*, 53(2), pp.358–367.
- Thomaz, S. & Bini, L., 1998. Ecologia e manejo de Macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10(1), pp.103–116.
- Thomaz, S. & Bini, L., 2003. *Macrófitas aquáticas: ecologia e manejo* 1ª ed. S. Thomaz & L. Bini, eds., Maringá, PR. Available at: [http://www.eduem.uem.br/livros/ebook/ebook\\_eemdma.pdf](http://www.eduem.uem.br/livros/ebook/ebook_eemdma.pdf) [Accessed June 26, 2014].
- Thomaz, S. & Cunha, E., 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2), pp.218–236.
- Thomaz, S.M. et al., 2009. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol.*, 69(2 Suppl), pp.617–25. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19738968>.
- Torres, S. et al., 2015. Cyanobacteria are controlled by omnivorous filter-feeding fish (Nile tilapia) in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, pp.1–15.
- Tundisi, J. & Matsumura-Tundisi, T., 2008. Biodiversity in the Neotropics: ecological, economic and social values. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*, 68(4 Suppl), pp.913–915.
- Tundisi, J. & Matsumura-Tundisi, T., 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500, pp.231–242.
- Tundisi, J., Matsumura-Tundisi, T. & Abe, D., 2008. The ecological dynamics of Barra Bonita (Tietê River, SP, Brazil) reservoir: implications for its biodiversity. *Braz. J. Biol.*, 68 (4: Sup, pp.1079–1098.
- Tundisi, J., Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J., 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian Journal of Biology*, 68((4, Supl.)), pp.1133–1135.

## CONCLUSÕES GERAIS

Análise cienciométrica detectou que o número de publicações abrangendo os estudos das interações promovidas pelas macrófitas aquáticas avançou a nível mundial, mas, em países como o Brasil, essas abordagens em pesquisa consistem em desafios para os pesquisadores. No 2º capítulo, foi possível inferir que os atributos das comunidades zooplanctônicas foram expressivos nos bancos de plantas submersas. Nosso estudo provê indícios de efeitos de controle base-topo pela vegetação submersa e topo-base pelo zooplâncton sobre o fitoplâncton em Icó-Mandantes e Petrolândia.

As respostas obtidas com este trabalho ensejam muitas outras perguntas importantes para o entendimento das interações mediadas pelas macrófitas. Particularmente em reservatórios, onde a pressão pelos usos da terra e da água tem aumentado, e a qualidade da água tem sido comprometida. Esforços poderão se despendidos especialmente em estudos experimentais e de longa duração de maneira a investigar a dinâmica, estrutura das comunidades, a força, direção e efeito das suas interações tróficas.

Pesquisas direcionadas à biomanipulação das interações tróficas aquáticas tem alto custo operacional, em contrapartida, alguns países têm investido nesse conhecimento, o qual vem orientando processos de restauração e reestruturação de comunidades em lagos e reservatórios há mais de 30 anos com sucesso, com benefícios diretos para a sociedade.

Dentro das propostas conjuntas de pesquisa abordadas pelo projeto INNOVATE, o presente estudo contribuiu para o conhecimento da diversidade do plâncton em áreas de influência de reservatório. É sabido que plantas aquáticas aumentam a complexidade ambiental e favorece comunidades aquáticas. Nossa pesquisa demonstrou que os atributos das comunidades do zooplâncton foram significamente beneficiados.

Observamos que, todavia, a ecologia das interações aquáticas precisa avançar experimentalmente. Para que desta forma, os mecanismos que atuam nos controles topo-base e base-topo de espécies zooplanctônicas e plantas submersas sobre o fitoplâncton possam ser identificados, e as medidas para restauração de áreas de influência de reservatórios possam ser bem sucedidas no futuro. Particularmente no Brasil, onde inúmeros ecossistemas vem sendo modificados a velocidades sem precedentes. Além disso, consiste em progresso no campo da ecologia aplicada e teórica desenvolver tecnologias para transferência do conhecimento científico das interações entre comunidades aquáticas.

## **ANEXO-A: Normas para submissão de manuscrito ao Brazilian Journal of Biology**

Link de acesso: <<http://www.scielo.br/revistas/bjb/pinstruc.htm>>

### **Finalidade e normas gerais**

O Brazilian Journal of Biology publica resultados de pesquisa original em qualquer ramo das ciências biológicas. Estará sendo estimulada a publicação de trabalhos nas áreas de biologia celular, sistemática, ecologia (auto-ecologia e sinecologia) e biologia evolutiva, e que abordem problemas da região neotropical. A revista publica somente artigos em inglês. Artigos de revisões de temas gerais também serão publicados desde que previamente propostos e aprovados pela Comissão Editorial.

### ***Informações Gerais***

Os originais deverão ser enviados à Comissão Editorial e estar de acordo com as Instruções aos Autores, trabalhos que não se enquadrem nesses moldes serão imediatamente devolvidos ao(s) autor(es) para reformulação.

Os trabalhos que estejam de acordo com as Instruções aos Autores, serão enviados aos assessores científicos, indicados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. Em caso de recomendação desfavorável por parte de um assessor, será usualmente pedida a opinião de um outro. Os trabalhos serão publicados na ordem de aceitação pela Comissão Editorial, e não de seu recebimento.

### ***Preparação de originais***

O trabalho a ser considerado para publicação deve obedecer às seguintes recomendações gerais:

Ser digitado e impresso em um só lado do papel tipo A4 e em espaço duplo com uma margem de 3 cm à esquerda e 2 cm à direita, sem preocupação de que as linhas terminem alinhadas e sem dividir palavras no final da linha. Palavras a serem impressas em itálico podem ser sublinhadas.

O título deve dar uma idéia precisa do conteúdo e ser o mais curto possível. Um título abreviado deve ser fornecido para impressão nas cabeças de página.

### ***Nomes dos autores***

As indicações Júnior, Filho, Neto, Sobrinho etc. devem ser sempre antecedidas por um hífen. Exemplo: J. Pereira-Neto. Usar também hífen para nomes compostos (exemplos: C. Azevedo-Ramos, M. L. López-Rulf). Os nomes dos autores devem constar sempre na sua ordem correta, sem inversões. Não usar nunca, como autor ou co-autor nomes como Pereira-Neto J. Usar *e*, *y*, *and*, *et* em vez de & para ligar o último co-autor aos antecedentes.

## **ANEXO-B: Normas para submissão de artigo na revista Hydrobiologia**

Link de acesso: <<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750>>

Instructions for authors

### *General*

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test–objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

### *Language*

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

### *Editorial Policy*

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English–speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor–in–chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.