



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**EFEITOS DO ESTADO TRÓFICO SOBRE AS COMUNIDADES  
PLANCTÔNICAS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO  
PARAÍBA – SEMIARIDO - BRASIL**

Campina Grande

2012

**FLÁVIA OLIVEIRA DIAS**

**EFEITOS DO ESTADO TRÓFICO SOBRE AS COMUNIDADES  
PLANCTÔNICAS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA –  
SEMIARIDO - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - MCTA, Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental. Defendida em 19 de junho de 2012.

**Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa**

Campina Grande  
2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

D541e      Dias, Flávia Oliveira.

Efeitos do estado trófico sobre as comunidades planctônicas de reservatórios da Bacia do Rio Paraíba – semiárido - Brasil [manuscrito]. / Flávia Oliveira Dias. – 2012.

53 f.: il. color.

Digitado

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia”.

1 Eutrofização. 2. Fitoplâncton. 3. Zooplâncton. 4. Qualidade de água. 5. Condições ambientais. 6. Contaminantes. I. Título.

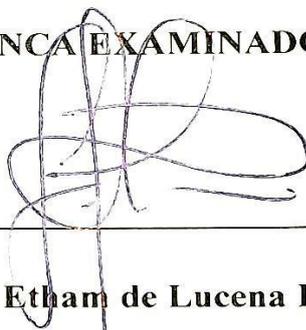
21. ed. CDD 363.738

**FLÁVIA OLIVEIRA DIAS**

**EFEITOS DO ESTADO TRÓFICO SOBRE AS COMUNIDADES  
PLANCTÔNICAS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA –  
SEMIARIDO - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - MCTA, Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa - UEPB**

**Orientador**



---

**Profª Drª Beatriz Suzana de Ovruski Ceballos- UEPB**

**Examinador interno**



---

**Profª Drª Maria José dos Santos Wisniewski - UNIFAL**

**Examinador externo**

*“A fé é uma estrela luminosa que guia o investigador  
através dos segredos da natureza ...”*

*Paracelso*

## *Agradecimentos*

Ao Senhor meu Deus por ter me dado força para trilhar todas as etapas desse processo de crescimento profissional.

Ao meu orientador, pela paciência, apoio e parceria sempre dialogando todas as decisões. Obrigada por me permitir fazer parte dessa equipe Leaq.

A professora Beatriz Ceballos (Bia), por todo carinho e amizade, que me mostraram como podemos ser profissional, responsável, doce e forte na busca pelo crescimento.

A professora Maria José Santos Wisniewski (prof.<sup>a</sup> Zezé), obrigada pelo acolhimento, obrigada por passar parte dos seus conhecimentos sobre os organismos zooplancônicos.

A minha amiga, companheira, assistente de pesquisa, Janiele Vasconcelos (Jane), que participou intimamente de todas as etapas de planejamento do meu estudo, muito obrigada, sem você tudo iria ser ainda mais difícil.

Obrigada ao meu querido amigo Paulo, por estar presente em todas as minhas coletas, fazendo com que tudo fosse ainda mais divertido. Obrigada a minha

*pequena Shakira, a Silvana, Dani, Evaldo... a todos  
vocês que fizeram parte desta caminhada, muito obrigada.*

*Obrigada ao meu esposo, incentivador, motivador  
e exemplo de um profissional que está sempre em busca do  
crescimento... obrigada, meu amor.*

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS.....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

<b>FIGURA 1</b> - Mapa demonstrativo da inserção da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e os reservatórios em estudo compondo parte do curso do rio em cascata: Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa.....	14
<b>TABELA 1</b> – Caracterização dos reservatórios, Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.....	16
<b>FIGURA 2</b> – Variação na precipitação acumulada e volume dos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	20
<b>TABELA 2</b> - Média, desvio Padrão e Amplitude de variação das variáveis limnológicas nos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	21
<b>FIGURA 3</b> – Variação na profundidade, secchi e zona eufótica (Zeu) dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	21
<b>FIGURA 4</b> – Temperatura da água dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	22
<b>FIGURA 5</b> - Variação do pH dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011 .....	23
<b>FIGURA 6</b> – Distribuição da alcalinidade dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	24
<b>FIGURA 7</b> – Variação das concentrações de oxigênio dissolvido nas águas dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	25
<b>FIGURA 8</b> – Distribuição da amônia nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú	26

(B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....

**FIGURA 9** – Distribuição do nitrito nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Epitácio Pessoa (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011..... 27

**FIGURA 10** - Distribuição do nitrato nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011..... 27

**FIGURA 11** - Distribuição dos valores de fósforo nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro de 2010 à setembro de 2011..... 28

**TABELA 3** – Relação dos valores classificatórios para águas doces de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011..... 29

**TABELA 4** - Relação dos valores classificatórios do fósforo de acordo com o Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011..... 29

**TABELA 5** - Relação dos valores classificatórios do fósforo de acordo com o Modelo Simplificado do fósforo de Estado Trófico de Salas e Martino (1991), nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011..... 30

**TABELA 6** - Lista de presença e ausência de táxons fitoplanctônicos nos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa ..... 31

**FIGURA 12** - Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ)..... 32

**FIGURA 13** – Variação do biovolume dos organismos fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro de 2010 a setembro de 2011. 33

**FIGURA 14** – Ordenação (NMDS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade 34

fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).....	35
<b>FIGURA 15</b> - Diversidade de H' da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.....	
<b>TABELA 7</b> – Lista de presença e ausência de táxons zooplanctônicos nos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa .....	
<b>FIGURA 16</b> – Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade zooplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ), no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	36
<b>FIGURA 17</b> – Variação do biovolume dos organismos zooplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro de 2010 a setembro de 2011.....	37
<b>FIGURA 18</b> – Ordenação (NMDS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade zooplanctônica Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ), no período de setembro de 2010 à setembro de 2011.....	38
<b>FIGURA 19</b> – Diversidade de H' da comunidade zooplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.....	39
<b>FIGURA 20</b> - Diagrama de Ordenação pela CCA das unidades amostrais nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.....	40

## RESUMO

O processo de eutrofização cultural vem ao longo dos anos causando modificações nos corpos aquáticos, prejudicando a boa qualidade e alterando as suas condições ambientais. O objetivo deste estudo é avaliar os efeitos dos diferentes estados tróficos sobre as comunidades planctônicas de três reservatórios (Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções) do semiárido – Brasil. O estudo foi realizado no período de setembro de 2010 à setembro de 2011, com intervalos de três meses, em uma estação de amostragem na região limnetica dos reservatórios, em quatro profundidades, seguindo percentuais de penetração de luz: 100%, 50%, 1% e região mais profunda. Foram analisadas variáveis físicas (temperatura e transparência da água), químicas (pH, concentrações de oxigênio dissolvido, alcalinidade, nutrientes nitrogenados e fosfatados) e biológicas (comunidades zooplanctônicas e fitoplanctônicas). Em relação à distribuição da luz na coluna de água, os valores mais elevados foram observados para o reservatório Epitácio Pessoa, seguido de Camalaú e Poções. Com relação aos nutrientes, os valores de fósforo registrados para todos os ambientes valores que excederam o limite indicado pelas normas do CONAMA 357/05, assim como para os parâmetros testados pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental-CETESB e através do modelo simplificado proposto por Salas e Martino (1991). Foram observadas diferenças na composição e estrutura das comunidades planctônicas em relação às diferentes condições tróficas dos reservatórios. Para as comunidades fitoplanctônicas, foi observado que o estado de trofia dos reservatórios concordaram com a composição fitoplanctônica, destacando-se a classe das Cianobactéria, a qual foi melhor representada com o maior número de táxons e biomassa, ratificando as condições de trofia dos reservatório, já para as análises das comunidades zooplanctônicas, com relação ao reservatório Poções, para o qual todos os parâmetros indicaram processo de eutrofização, foi verificado que os organismos do filo Rotífera, que foram mais representativos são típicos de ambientes eutróficos.

**Palavras-chave:** Eutrofização, fitoplâncton, zooplâncton, qualidade de água.



# *Introdução*



Flávia Oliveira Dias  
Junho de 2012

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil, país com um importante aporte hídrico, vê-se num emaranhado de problemas sanitários e ambientais ocasionados pela má distribuição e gestão das águas, o que leva a graves problemas de saúde nas populações menos favorecidas, comumente expostas condicionalmente ao uso de águas de má qualidade para o consumo humano. Particularmente, a região nordeste vem sofrendo por décadas com a distribuição irregular das águas, seja pelas características particulares de seu pulso hidrológico ou por gestão, mau uso desta e retorno ao ambiente sem tratamento.

Para a região semiárida, os reservatórios exerce um importante papel socioeconômico, promovem a regularização dos cursos d'água, irrigação, projetos de piscicultura, dessedentação de animais, promove a recreação, armazenamento e abastecimento de cidades e municípios vizinhos (SIMÕES; SONODA, 2009).

No entanto, ações muitas vezes desordenadas e sem monitoramento tem ocasionado diversas alterações aos corpos aquáticos, prejudicando a boa qualidade da água e alterando as condições ambientais. Dentre esses problemas, pode-se citar a eutrofização como consequência do mau uso dos lagos e reservatórios de todo o mundo e principalmente dos países em desenvolvimento. A eutrofização está relacionada aos usos múltiplos dos reservatórios e de suas bacias hidrográficas, atividades humanas como agricultura, pesca e despejo de esgotos in natura, vem sendo os grandes fatores que favorecem os fenômenos da eutrofização apresentados com as florações características de cianobactérias e desenvolvimento de macrófitas, podendo alterar o desenvolvimento natural da cadeia trófica planctônica, modificando desde a reprodução até o aparecimento de alguns grupos taxonômicos.

Entre os processos antrópicos, é relevante citar a problemática das ações realizadas pelo manejo inadequado das culturas agrícolas. Em muitos casos para melhorar a produtividade, os agricultores fazem uso de compostos nitrogenados com o objetivo de fertilizar o solo, auxiliando assim no melhor desenvolvimento de seus cultivares. Estes compostos compartilham com o ciclo de poluentes aquáticos quando utilizados de forma excessiva, sendo transportados de rios a mares (TOWNSEND,

BEGON & HARPER, 2006), podendo passar nesse percurso por reservatórios. Estes são também contaminados diretamente pelo carreamento do solo de suas margens e da bacia hidrográfica.

A eutrofização tem se tornado um fator preocupante para qualidade dos ecossistemas de água doce e marinhos de todo o mundo, permanecendo ainda muitas questões por serem respondidas, como a relação dos nutrientes com os ecossistemas aquáticos (SMITH; SCHINDLER, 2009).

Alguns estudos vem ao longo dos anos demonstrando importantes correlações que envolvem características de ambientes oligotróficos, mesotróficos e eutróficos, relacionando desde a concentração de nutrientes a impactos causados à biota aquática. Nesse sentido, Porcuna, Rodriguez e Martinez (2002) realizaram um estudo durante um ano em um reservatório com características mesotróficas com o objetivo de “determinar a dinâmica das populações zooplanctônicas, relacionando com a disponibilidade de alimento, concentrações de nutrientes e regime hidrológico”, tendo observado que a limitação por P é um fator importante na dinâmica dos rotíferos e ainda nas interações entre fitoplâncton e zooplâncton. Já Pinto-Coelho, Bezerra-Neto e Morais-JR, (2005) analisaram os efeitos do aumento da eutrofização sobre organismos zooplanctônicos em um reservatório eutrófico, e durante 5 anos de estudos observaram que o fósforo é uma importante variável para eutrofização e que no período estudado, os organismos zooplanctônicos sofreram variações. Estes pesquisadores registraram respostas relacionadas ao tamanho e biomassa dos organismos zooplanctônicos.

Observa-se que há variações na comunidade zooplanctônica de acordo com a disponibilidade de nutrientes assim como para as comunidades fitoplanctônicas, variações nas condições de temperatura, pH e características específicas dos distintos ambientes, favorecendo o aparecimento ou não de algumas espécies. Para reservatórios eutróficos, essas variações na comunidade podem ser observadas pela riqueza da comunidade planctônica como foi observado no estudo feito no reservatório eutrófico de Barra Bonita, SP, Brasil (MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2005). A biota existente nos reservatórios também sofre as influências de pressões geradas por seus tributários, podendo estes contribuir de forma positiva ou negativa para esses ecossistemas e para dinâmica dos organismos.

Os reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções estão localizados no cariri paraibano e foram utilizados neste estudo para relacionar seus processos de trofia e seus efeitos sobre as comunidades planctônicas – fitoplâncton e zooplâncton.

Sob condições naturais o cariri é desfavorável as formações de massas de água, sendo sua bacia de drenagem desconectada dos reservatórios artificiais no períodos de seca, sofrendo interligações no período chuvoso quando alguns destes reservatórios chegam a sangrar. No entanto, observa-se que a má gestão desses recursos geram problemas ambientais que podem alterar a dinâmica e saúde desses corpos aquáticos.

Tamanho e morfometria, bem como impactos sofridos de influencias antropogênicas podem diferir na qualidade da água associados a “eutrofização cultural” (OSTOJIC; CURCIC; COMIC; TOPUZOVIC, 2007). Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos dos estados tróficos sobre as comunidades planctônicas em reservatórios com diferentes estados tróficos no semiárido tropical. Para tanto foi testada a hipótese de que reservatórios com diferentes estados tróficos apresentam diferenças na estrutura (composição, biomassa e diversidade) das comunidades, sendo esperado que reservatórios eutróficos apresentem menor riqueza e diversidade de espécies, no entanto maior biomassa planctônica.

## **OBJETIVOS**

Objetivo geral:

Avaliar os efeitos do estado trófico sobre a estrutura (composição, diversidade, biomassa e biovolume) das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas em reservatórios do semiárido tropical. Objetivos específicos:

- I. Avaliar as características limnológicas dos três reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções localizados no semiárido tropical;
- II. Realizar levantamento taxonômico e biomassa das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas de três reservatórios (Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções) do semiárido tropical;
- III. Verificar se reservatórios com diferentes estados tróficos apresentam diferenças na estrutura (composição, diversidade e biomassa) das comunidades planctônicas;



# *Referencial Teórico*

Flávia Oliveira Dias

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **EUTROFIZAÇÃO CULTURAL**

A construção de reservatórios vem há anos sendo uma alternativa para tentar garantir o armazenamento de água para abastecimento e ainda ser utilizada como fonte de energia.

Os reservatórios são ecossistemas artificiais construídos nos seguimentos de grandes rios, caracterizando as barragens em cascatas. Estes acabam por interferir em muitas vezes o fluxo dos rios e alterando os sistemas aquáticos e terrestres e ainda sofrendo permanentes manipulações antropogênicas (TUNDISI, 1999). Além desses impactos, é importante ressaltar o problema desde sua construção - como um “ecossistema aquático artificial” – os reservatórios sofrem importantes influencias de bacias hidrográficas sendo de origem pontual ou direta, podendo sofrer com a persistência desses impactos acumulativos produzindo modificações nos fatores físicos, biológicos e químicos (TUNDISI, 2005).

A eutrofização vem sendo um dos grandes problemas gerados nesses ecossistemas, sendo caracterizada pela grande disponibilidade de nutrientes no corpo aquático como fósforo e nitrogênio. Neste sentido, a eutrofização cultural vem ao longo dos anos sendo um contínuo de preocupações para estudiosos dos corpos aquáticos. Este processo causador de transformações na dinâmica de organismos em especial os planctônicos como fitoplâncton e zooplâncton, tornou-se mais evidente no século passado, quando estudos nesta área foram direcionados à causas e consequências do processo de eutrofização (OSTOJIC; CURCIC; COMIC e TOPUZOVIC, 2007).

Assim, as causas da eutrofização abrangem desde fontes pontuais a difusas e ambas correspondem à relação dos reservatórios com o crescimento populacional. Para as fontes pontuais os corpos d'água passam a receber efluentes domésticos e industriais, e para as fontes de origens difusas, provindos de resíduos agrícolas, como fertilizantes, herbicidas, fungicidas etc (PRADO; NOVO, 2007) alterando significativamente o corpo aquático. Estes últimos podem ser favorecidos pelo carreamento causado pela prática da irrigação, desflorestamento de matas ciliares, processos erosivos e alterações artificiais na geomorfologia do solo e manejo inadequado deste.

Para tanto, estes fatores que estão ligados a demografia, como crescimento populacional, rápida industrialização e intensificação das práticas agrícolas, tem se observado a anos a relação com o aumento dos processos de eutrofização (VOLLEWEIDER, 1981).

Estes efeitos acumulativos são condições importantes e características de ambientes antropofizados; por manejo inadequado e indiscriminado dos reservatórios e de suas bacias, transcorrendo em uma das importantes condições de má qualidade da água refletida na eutrofização. Esta condição leva a implicações que afetam a biota aquática e ainda impede a utilização para seus diversos fins, aumentando consideravelmente as comunidades algais de cianobactérias que podem se apresentar como produtoras de substâncias tóxicas, afetando os processos de desenvolvimento de alguns organismos e em outros casos favorecendo os fatores de bioacumulação dessas substâncias tóxicas.

Neste sentido, observa-se que o aumento dos compostos nitrogenados e de fósforo gerado pelas atividades humanas, que aceleram de forma significativa o que seria transformado naturalmente – o processo de eutrofização natural – modificando a qualidade da água de lagos e reservatórios (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

## **BIOTA AQUÁTICA: FITOPÂNCION, ZOOPLÂNCION X CONDIÇÕES TRÓFICAS**

Variações de temperatura, alterações na transparência, pH, alcalinidade, podem favorecer à perturbações para a biota aquática transformando em uma barreira para pequenos organismos fitoplanctônicos e zooplanctônicos, podendo alterar seu desenvolvimento e reprodução. Em vista destas características que respondem às mudanças ambientais, funcionando como organismos bioindicadores e compreensão das “interações entre os processos físicos” e suas respostas biológicas tem aumentado o interesse de diversos pesquisadores o estudo da relação organismos planctônicos e respostas a perturbações ambientais (NOGUEIRA, M.G; MATSUMURA-TUNDISI, T, 1996).

Observa-se nesses estudos que, os nutrientes em excesso podem também afetar a dinâmica dos organismos aquáticos, indicando que as comunidades planctônicas vivem sob influências das condições físicas e químicas do ambiente respondendo às alterações da qualidade da água (LEITÃO; FREIRE; ROCHA et. al., 2006). O fósforo por exemplo, normalmente encontra-se na coluna de água sob a forma de ortofosfato, sendo facilmente assimilado pelos organismos planctônicos (SILVA et. al., 2010). Esta variável é de suma importância para o desenvolvimento do fenômeno da eutrofização, relacionado à interferência e respostas no tamanho e biomassa de alguns grupos de organismos zooplanctônicos (PINTO-COELHO; BEZERRA-NETO; MORAIS-JR, 2005).

Para os organismos fitoplanctônicos, o aumento desta variável se apresenta como um fator limitante para o desenvolvimento das massas algais, respondendo ao processo de eutrofização com uma diminuição da diversidade de espécies (FERRÃO-FILHO, 2009). Este fenômeno acelerado de forma artificial nos corpos aquáticos continentais, torna-se bastante preocupante podendo resultar em modificações das comunidades e levando como consequência do processo de eutrofização na dominância de cianobactérias ocasionando em efeitos “ao longo da cadeia alimentar” (FERRÃO-FILHO et. al., 2009).

As cianobactérias são organismos que compõem naturalmente o fitoplâncton, podendo ser encontradas em diversos ambientes, marinhos, estuarinos e de água doce, sendo frequentemente encontradas em lagos e reservatórios podendo formar grandes florações com uma elevada biomassa e assim, ocasionando baixa nas concentrações de oxigênio, o que causa a morte de diversos organismos aquáticos e alterando cor e odor da água (PANOSSO et. al., 2007) elas ainda não são importantes nutricionalmente para os organismos zooplanctônicos (DELAZARI-BARROSO et. al., 2011). No entanto, para os organismos fitoplanctônicos, o zooplâncton exerce uma importante influência tendo em vista a herbivoria do zooplâncton sobre o fitoplâncton, o que favorece ao controle do crescimento dessas algas (DELAZARI-BARROSO et. al., 2011).

É sabido, que as algas fitoplanctônicas hoje têm contribuído de forma significativa para o monitoramento de corpos aquáticos, sendo utilizadas como parâmetros a composição e diversidade das comunidades para avaliar a saúde ambiental

e poder interferir com o monitoramento, no sentido de minimizar as causas dos danos ao ambiente (GENTIL et. al., 2008).

Essas contribuições podem ser registradas a partir de análises da estrutura das comunidades, tanto fitoplanctônicas como zooplanctônicas. Tais comunidades respondem às diferentes condições tróficas quando um ambiente em condições oligotróficas por exemplo, podem ser registrados respostas dessas comunidades em relação à riqueza e diversidades de suas espécies. Como exemplos, pode-se relacionar um ambiente oligotrófico que apresenta um elevado número de espécies, no entanto com um pequeno número de indivíduos, já em ambientes eutrofizados ocorre o inverso, um pequeno número de espécies com um elevado número de indivíduos de cada espécie (MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 2005).

Assim, como se sabe, o crescimento urbano, industrial e dos setores agrícolas tem contribuído consideravelmente com o aumento de lançamentos de compostos nitrogenados e de fósforos, favorecendo o desenvolvimento de cianobactérias por serem capazes de depositar fósforo em seu interior, contribuindo para seu crescimento quando o ambiente sofre uma deficiência deste nutriente (FERNANDES et. al., 2009). Por outro lado, entende-se que a ligação entre florações de cianobactérias com diferentes graus de trofia, quando ocorre o aumento do fósforo no ambiente acarreta a uma elevação da produtividade fitoplanctônica, resultando no fenômeno da eutrofização (SOUZA et. al., 2008).

Essa produtividade é ainda controlada não só pela disponibilidade de nutrientes como o fósforo, mas por outro importante fator - a luz, agindo em sinergismo ou não, assim, essa disponibilidade no caso (fósforo, nitrogênio entre outros nutrientes), em corpos aquáticos como os reservatórios com características híbridas, a introdução de nutrientes por cargas externas através dos seus tributários, exerce uma contribuição adicional de enriquecimento nesses corpos aquáticos (HENRY; NUNES; MITSUKA et. al., 1998).

Deste modo, para o desenvolvimento do fitoplâncton a correlação com as maiores concentrações de fósforo pode ser positiva para algumas espécies, assim, a estrutura das assembleias fitoplanctônicas pode ser considerada como um importante bioindicador das diferentes condições apresentadas em um reservatório como foi

verificado por Nogueira; Ferrareze; Moreira et. al.(2010), em um estudo realizado sobre as assembleias fitoplanctônicas em um reservatório em cascata.

Do mesmo modo, organismos zooplanctônicos pode responder como bioindicadores por possuírem também um curto ciclo de vida o que reflete rapidamente as modificações causadas pelas ações antrópicas. Fatores controladores da abundância e riqueza da comunidade zooplanctônica, funcionam como estratégias para o desenvolvimento dessas comunidades , o aporte de nutrientes tem um papel importante na dinâmica nessas dinâmicas (COELHO-BOTELHO,2003) ocasionados pela eutrofização alterando a composição de espécies do zooplanctônicas (JUNIOR et. al., 2003).

Para tanto, em vista de verificar e promover parâmetros para estudos da qualidade dos corpos aquáticos, vários índices e parâmetros são utilizados para auxiliar na determinação da condição de um corpo aquático para as diversas características que possibilitem a compreensão e verificação da saúde ambiental dos corpos aquáticos. Para tanto, em relação ao fósforo utiliza-se normativas regidos por leis do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual refere-se à qualidade das águas,

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (CONAMA, 2005).

Com bases nessas normativas pode-se fazer uso de índices de trofia, como forma a auxiliar estudos analíticos desenvolvidos ambientes nos aquáticos. Para tanto, os índices de fósforo são utilizados para este fim, sendo importantes para quantificar quanto um determinado corpo aquático está comportando deste nutriente, dando a compreensão de um fator importante na condição de saúde ambiental do corpo aquático. Neste sentido, são inúmeros os trabalhos relacionados com os diversos índices entre eles o desenvolvido por Carlson e adaptado por Toledo (FIA; TEIXEIRA de MATOS; CARTERI CORADI et. al. 2008; LAMPARELLI, 2004; PEREIRA; RODRIGUEZ, 2006; SILVA; MIOLA; SILVÉRIO da SILVA et. al., 2010).

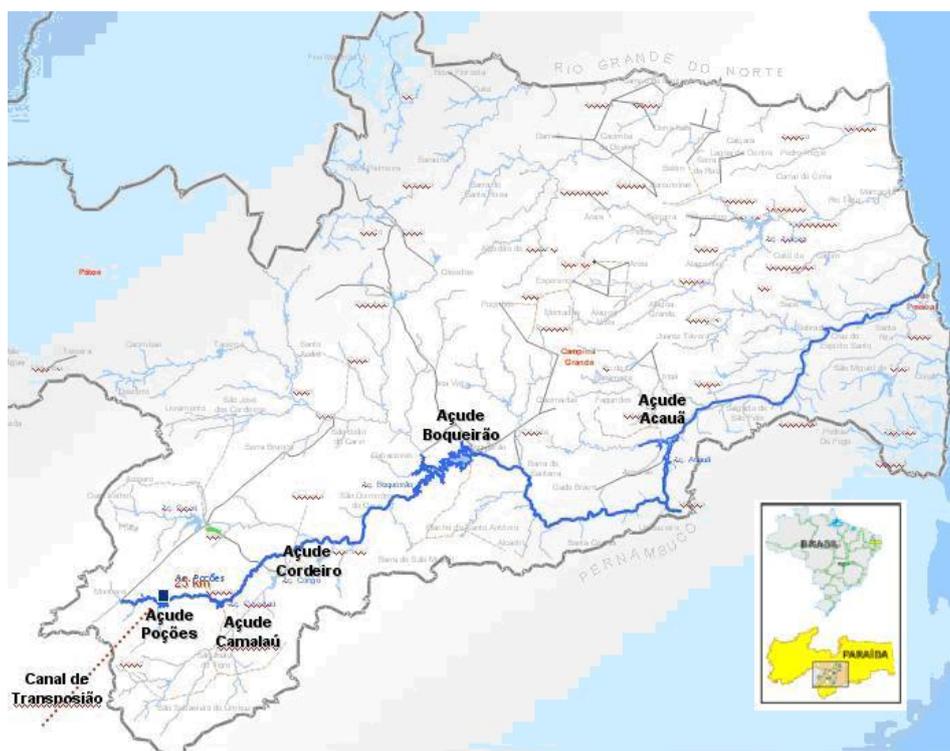
Para este estudo foi realizado uma relação entre a normativa do Conselho Nacional do Meio Ambiente através da lei 357/05, os parâmetros elaborados pelos estudos da Companhia de Tecnologia de Saneamento do Estado de São Paulo

(CETESB-2001) e os valores de fósforo do modelo simplificado elaborado por Salas e Martino (1991) comparando com os resultados obtidos durante o período do estudo.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (Figura 1), com uma área de 20.071,83 km<sup>2</sup>, compreendida ente as latitudes 6°51'31'' e 8°26'21'' Sul e as longitudes 34°48'35'' e 37°2'15'' Oeste de Greenwich, é a segunda maior do Estado da Paraíba, sendo composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba (PARAÍBA,2007).



**Figura 1.** Mapa demonstrativo da inserção da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e os reservatórios em estudo compoendo parte do curso do rio em cascata: Poções, Camalaú e Eptácio Pessoa.

Trata-se de uma bacia estadual (toda rede de drenagem pertencente ao Estado). As nascentes do rio ficam na mesorregião da Borborema, microrregião do Cariri Ocidental, nas proximidades do município de Sumé, no ponto de confluência dos rios do Meio e Sucurú. A região da Bacia em pauta é denominada de **Alto Curso do Rio Paraíba** situando-se na parte sudoeste do Planalto da Borborema, conforma-se sob as latitudes 7°20' 45'' e 8°26'21'' Sul e entre as longitudes 36°7'36'' e 37°21'15'' a Oeste de Greenwich. Drena uma área de aproximadamente 6.717,39 km<sup>2</sup> e possui como principal rio o Paraíba que nasce na confluência dos rios Sucurú e do Meio no

município de Sumé. Além destes que são afluentes pela margem esquerda, nessa região o Paraíba recebe as contribuições dos rios Monteiro e Umbuzeiro, pela margem direita.

A área está inserida na microrregião homogênea dos Cariris Velhos, denominada como região fisiográfica de Borborema Central. Em termos de climatologia de acordo com a classificação de Köppen, a região do Alto Paraíba possui clima do tipo BSw<sup>h</sup>, ou seja, semi-árido quente, com estação seca atingindo um período que compreende de 9 a 10 meses e precipitações médias em torno de 400 mm. Em torno do município de Cabaceiras, a região classifica-se como semi-árida de tipo desértico BWwh<sup>h</sup>. Trata-se da região menos chuvosa do Brasil com índice pluviométrico médio anual inferior a 300 mm.

As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22°C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais de 28 a 31°C entre os meses de novembro e dezembro. A umidade relativa do ar alcança uma média mensal de 60 a 75%, observando-se que os valores máximos ocorrem, geralmente, no mês de junho e os mínimos no mês de dezembro. A insolação apresenta variações nos valores médios mensais da seguinte forma: de janeiro a julho a duração efetiva do dia é de 7 a 8 horas diárias, e de agosto a dezembro é de 8 a 9 horas diárias. Quanto à velocidade do vento na região, os valores alcançados não são relevantes, isto é, oscilam entre 3 a 4 m/s. Os totais anuais da evaporação, medidos em tanque Classe A, variam entre 2.500 a 3.000 mm com valores decrescentes de oeste para leste.

O regime pluviométrico na região do Alto curso do rio Paraíba apresenta precipitações médias anuais que variam entre 350 a 600 mm. Sendo que os totais anuais se concentram em um período de quatro meses, que geralmente, corresponde aos meses de fevereiro, março, abril e maio.

Os reservatórios escolhidos para o estudo, estão localizados no curso do Rio Paraíba, foram construídos com o objetivo de favorecer primordialmente ao abastecimento público. No entanto, com o passar dos anos foram sendo utilizados para os diversos usos múltiplos tais como: irrigação, abastecimento público e projetos que contribuem para o desenvolvimento das comunidades locais.

O maior dos três reservatórios é o Epitácio Pessoa popularmente conhecido pelo nome da cidade onde está localizado (Boqueirão), este tem a maior capacidade de

acúmulo de água. Este reservatório é de grande importância no tocante aos valores sociais e econômicos, sendo utilizado para irrigação e abastecimento urbano. O reservatório Camalaú localizado na cidade de mesmo nome é o intermediário em tamanho e volume dentre os reservatórios em estudo, também é utilizado para irrigação e abastecimento. Já o reservatório Poções é o menor dos três com a menor capacidade de acúmulo de água (tabela 1).

**Tabela 1: Caracterização dos reservatórios a serem monitorados**

<b>Reservatório</b>	<b>Localização</b>	<b>Capacidade de acumulação (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Usos</b>
<b>Porções</b>	(7°53'38"S e 37°0'30"W)	29.861.562	Irrigação, abastecimento público
<b>Camalaú</b>	7°53'33.94" S 36°50'39.16" W	46.437.520	Irrigação, abastecimento, pesca, lazer
<b>Boqueirão</b>	7°31'6"S 36°13'6" W	411.686.287	Abastecimento, irrigação, pesca, lazer

### **Planejamento Amostral**

**Amostragem** – Foram realizadas coletas com intervalos de três meses de setembro 2010 à setembro de 2011, em uma estação de amostragem em cada reservatório, sendo realizada em quatro profundidades seguindo percentuais de penetração de luz: 100%, 50%, 1% e região mais profunda. A água foi coletada com garrafa de Van Dorn.

Em relação aos dados climáticos foram registrados os dados fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A).

**Análise das amostras** - Amostras de água foram filtradas em filtros Whatman GF/C para análise de nutrientes dissolvidos (fósforo solúvel reativo - SRP, íon amônio – N-NH<sub>4</sub>, nitrato N-NO<sub>3</sub> e nitrito – N-NO<sub>2</sub>, que foram analisadas conforme APHA (1998). Em relação aos dados físicos tais como:

- temperatura foi medida pelo método eletrométrico obtendo o resultado em °C através do equipamento termistor Fac;

- transparência foi obtida em metros através do Disco de Secchi;
- oxigênio dissolvido foi medido em  $\text{mg.L}^{-1}$ , através do método titulométrico (Wikler, segundo Golteman et. al., 1978);
- pH pelo método potenciométrico com o equipamento Potenciômetro Tecnal;
- alcalinidade total foi obtida em  $\text{mg.L}^{-1}$  pelo método titrimétrico (Mackereth et al. (1978).

### **Biota Aquática**

**a) Fitoplâncton:** Amostras de água foram coletadas com garrafa tipo Van Dorn, (1 litro), da qual foi separada uma alíquota de 250ml, posteriormente acondicionada em frasco de polietileno e fixada com formol a 4%. Em laboratório, as subamostras foram colocadas em câmaras de sedimentação (Uthermöhl). O período de sedimentação estabelecido foi de três horas para cada centímetro de altura da cubeta de sedimentação (ROTT, 1981). Após esse período, as subamostras foram contadas em microscópio invertido, segundo o método de Uthermöh (1958). Na contagem dos organismos (células, colônias, filamentos, etc.), foi utilizado o método dos campos aleatórios, procurando-se contar tantos campos aleatórios quanto os necessários para a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (área mínima) ou no mínimo 100 organismos da (s) espécie(s) mais abundante (s), sendo desta forma, o erro inferior a 20%, com coeficiente de confiança de 95% (LUND et al., 1958).

As células fitoplanctônicas foram medidas para determinação das classes de tamanho ( $\mu\text{m}$ ) e biovolume ( $\mu\text{m}^3$ ), utilizando-se ocular milimetrada. Para determinação do biovolume, foram empregadas as fórmulas geométricas e adaptações descritas em Edler (1979). A coleta de amostras qualitativas foi realizada através de uma rede de plâncton com 20  $\mu\text{m}$  de abertura de malha, sendo as amostras posteriormente preservadas com formol neutro a 4%. A identificação dos organismos foi feita utilizando-se um microscópio binocular Zeiss, com até 1000 vezes de aumento e baseada em literatura especializada.

## **b) Zooplâncton**

Nesse estudo foram amostrados zooplâncton na zona limnética, onde foram coletados com garrafa tipo Van Dorn, sendo separado 100ml em frasco de polietileno com preparado de solução de formol-sacarose a 4%. As análises qualitativas foram realizadas em câmara de Bogorov em microscópio estereoscópio e a contagem e identificação das espécies foram realizadas na cubeta de Sedwick-Rafter. Para determinação do biovolume foram empregadas as fórmulas geométricas para os rotíferos (ROSSA, 2007) e para os copépodes e cladóceros foi realizado medições de comprimento e largura para cálculos paramétricos (PINTO-COELHO, 2004).

## **Índice do Estado Trófico**

Foi realizado uma análise dos valores de fósforo totais relacionando com os parâmetros do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA para classe I, classe II e classe III, o parâmetro utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, para os valores de fósforo e os valores classificatórios do fósforo de acordo com o Modelo Simplificado do fósforo de Estado Trófico de Salas e Martino (1991).

## **Análise estatística**

As diferenças no padrão de distribuição entre os reservatórios foram analisadas através de ANOVA de medidas repetidas (Instat) e LSD o teste *post hoc*. Para análise dos padrões na estrutura das comunidades foi realizado a análise Escalonamento não métrico Multidimensional (NMDS), realizado no software PC ORD 5.0 associado ao teste de ANOSIN (MaCUNE, 2002). A realização desta análise não necessita de pressupostos sobre o padrão de distribuição das espécies estudadas (MaCUNE, 2002).

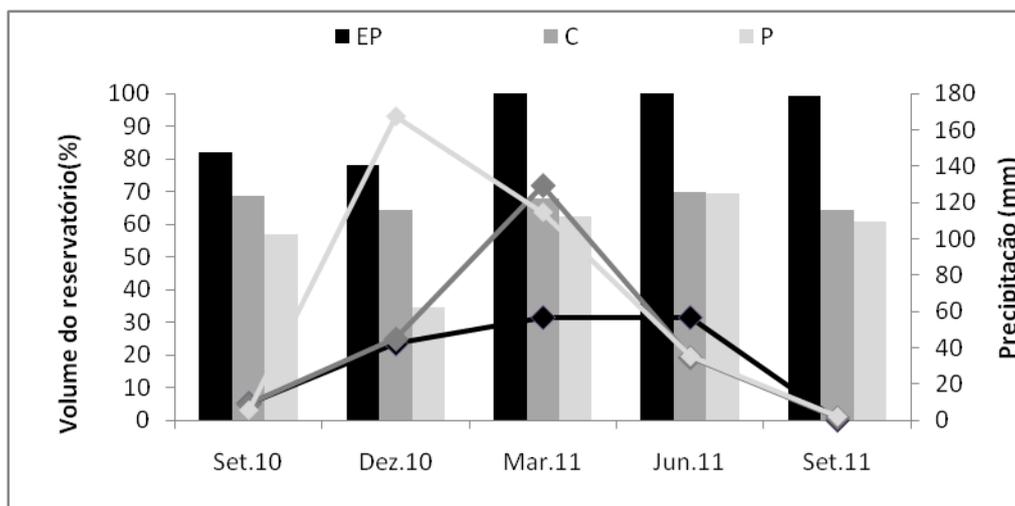
Com o objetivo de analisar as respostas das comunidades planctônicas as variações dos codeterminantes ambientais foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA).

## **RESULTADOS**

### **VOLUME DOS RESERVATÓRIOS E PRECIPITAÇÃO**

A precipitação pluviométrica na região dos reservatórios apresentou dois períodos distintos, sendo um de seca, entre os meses de setembro a dezembro/2010, e setembro/2011, o qual caracterizou-se por escassas precipitações e baixo volume de acumulação nos reservatórios (figura 2), e outro de chuva, nos meses de março a junho/2011, com intensas precipitações na região dos reservatórios e aumento no volume dos mesmos. Na região do reservatório Poções, foi registrado um evento de intensa precipitação em dezembro/2010.

Os três reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções, receberam variáveis níveis de precipitação, sendo observados menores registros de chuva nos meses de setembro de 2010, dezembro de 2010 e setembro de 2011, exceto para o reservatório Poções quando no mês de amostragem de dezembro de 2010 apresentou o maior precipitação. Já para os períodos de coleta entre março de 2011 e junho de 2011 foram registrados maiores picos de precipitação no mês de março de 2011 para os reservatórios Epitácio Pessoa e Camalaú. Em relação ao volume dos reservatórios, foi observado maiores níveis volumétricos entre os períodos amostrais de março, junho e setembro de 2011 e no reservatório Camalaú registrou-se maiores níveis volumétricos em setembro de 2010, seguido de março de 2011 e junho registrando maior pico em relação ao período de amostragem. Para o reservatório Poções os maiores níveis registrados foram nos meses de dezembro de 2010 e março de 2011 (figura 2)



**Figura 2:** Variação na precipitação acumulada (linhas) e volume dos reservatórios (barras) Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011.

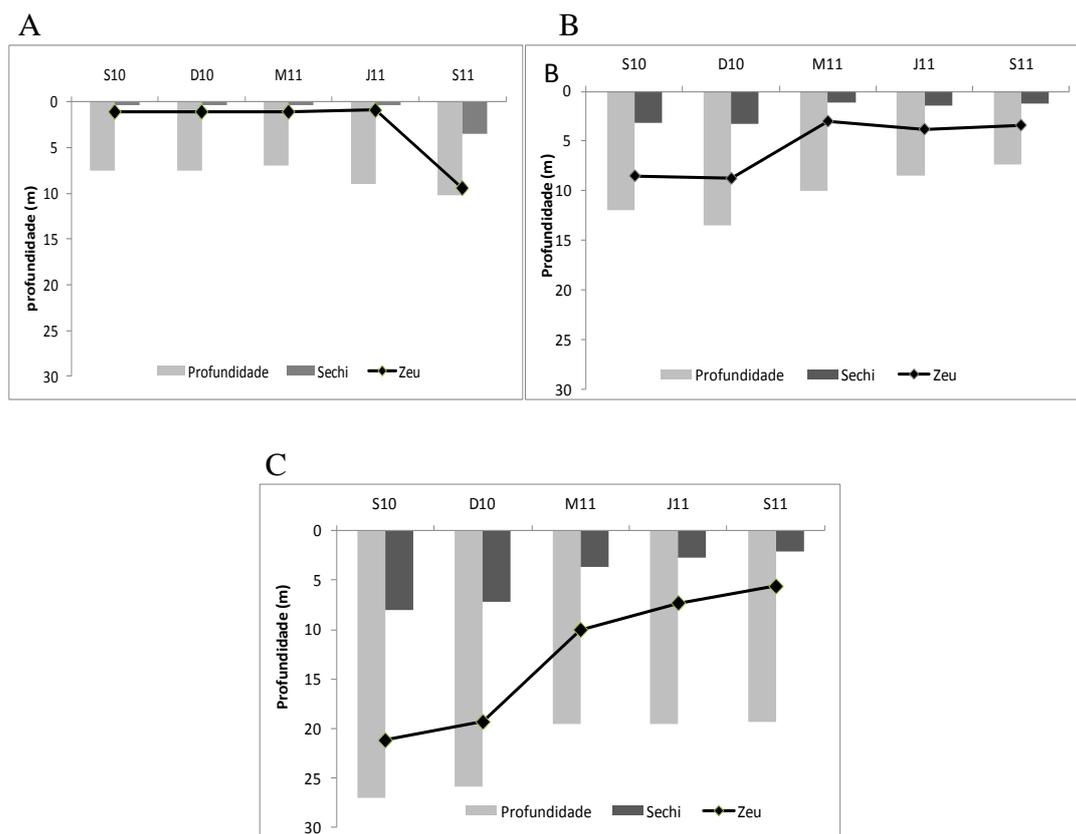
## CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA

Foram registradas diferenças significativas na transparência da água entre os reservatórios ( $p < 0.01$ ), ocorrendo maiores valores médios no reservatório Epitácio Pessoa, seguido de Camalaú e Poções (tabela 2). Nota-se uma diminuição na transparência da água ao longo dos meses de amostragem (figura 3), exceto para o reservatório Poções, o qual apresentou maior valor em junho de 2011. Com relação a distribuição da luz na coluna de água, observou-se elevados valores de  $Z_{eu}$  para o reservatório Epitácio Pessoa no período de setembro/2010 a março/2011 variando de 51,3 a 78,4% da coluna de água. Nos meses de junho e setembro/2011 a maior incidência de luz ocorreu na coluna de água do reservatório Camalaú correspondendo a aproximadamente 45% da coluna de água. Para o reservatório Poções em setembro/2011, toda a coluna de água apresentou-se iluminada, nos demais meses apenas 14% da mesma apresentou-se iluminada (figura 3).

**Tabela 2:** Média, desvio Padrão e Amplitude de variação das variáveis limnológicas nos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa no período de setembro/2010 a setembro/2011. P refere-se aos resultados da ANOVA e LSD o teste *post hoc*.

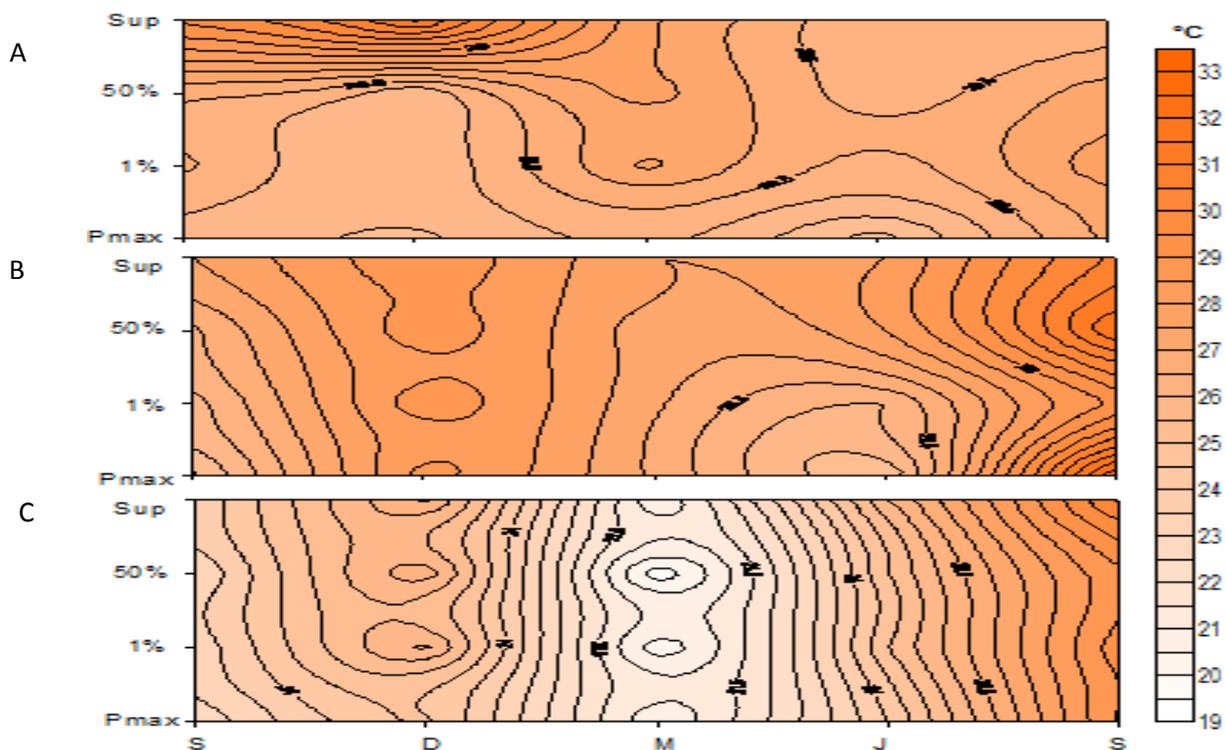
Reservatórios	Poções			Camalaú			Epitácio Pessoa			p	LSD
	X	DP	Amplitude	X	DP	Amplitude	X	DP	Amplitude		
Transparência da água (m)	0.6	0.4	0.35 -1.5	2.0	1.0	1.1 - 3.2	4.7	2.5	2.1 - 8.0	0.001	B≠C≠P
Temperatura (°C)	25	3.2	19.7 - 31.0	28.0	2.1	24.9 - 33.0	26.9	1.6	24.8 - 31.6	0.001	(B=C)≠P
pH	8.2	0.4	7.3 - 9.1	8.2	0.4	7.3 - 8.7	8.4	0.2	8.1 - 8.7	0.12*	(B=P)≠C
OD (mg/L)	2.7	2.5	0.53 - 9.9	4.5	2.1	0.2 - 7.1	7.5	5.2	1.7 - 21.4	0.32*	B≠(P=C)
Alc (mg/lCaCO2)	19	14	2.5 - 39.0	23.6	6.1	9.0 - 36.0	20.6	6.6	4.0 - 34.0	0.003	B=C=P
N-NH3 (µg/L)	85	141	4 - 609.0	25.4	16.6	4.0 - 5.9	39.0	35.3	4.0 - 112.0	0.07*	B=P=C
N-NO2(µg/L)	2.8	2.8	0.2 - 8.5	3.3	5.4	0.2 - 20.4	4.8	3.0	0.2 - 9.6	0.26*	B=P=C
N-NO3(µg/L)	29	11	9.18 - 49.0	54.7	53.9	16.6 - 277.0	80.7	74.7	6.7 - 249.0	0.01	B≠P=C
P-PO4(µg/L)	11	11	1.6 - 34.0	23.2	37.2	1.6 - 162.0	11.1	11.2	1.6 - 35.6	0.16*	B=P=C
Pt(µg/L)	113	65	43 - 260.0	59,7	59.7	6.3 - 258.0	51.1	42.2	6.3 - 140.0	0.002	(B=C)≠P

\*valor não significativo



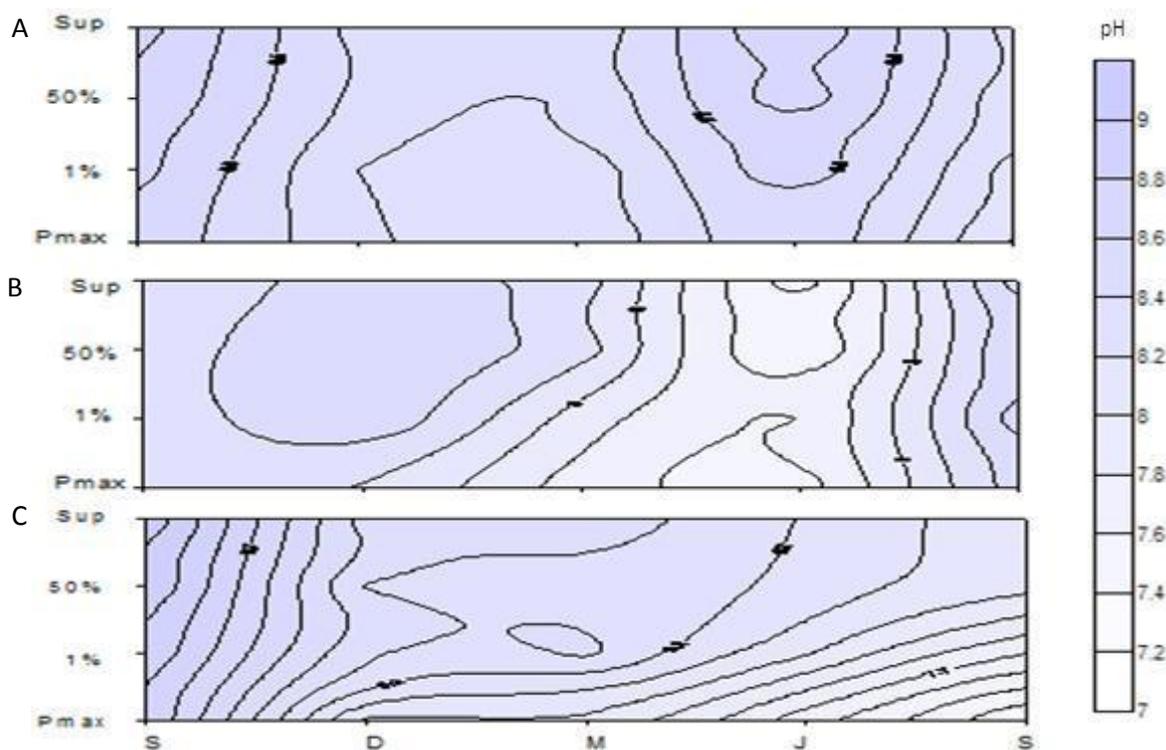
**Figura 3:** Variação da profundidade, sechi e zona eufótica ( $Z_{eu}$ ) nos reservatórios Poções (A), Camalaú (B) e Epitácio Pessoa (C) nos meses de setembro/2010 a setembro/2011.

As temperaturas médias nas águas dos reservatórios variaram de 25 a 28°C ocorrendo diferenças significativas apenas em relação ao reservatório Poções, o qual apresentou menores temperaturas (tabela 2). Ao longo do período de amostragens padrões diferenciados de estratificação e mistura foram observados na coluna de água. Para o reservatório Epitácio Pessoa o oposto foi observado, ou seja, nos períodos de menor volume acumulado (setembro/2010 e dezembro/2010) verificou-se estratificações térmicas com amplitudes de 3,8 e 6,1°C em 10,5m de profundidade (figura 4A). Em Camalaú, foi verificada mistura na coluna de água nos meses de menor volume do reservatório compreendidos entre Dezembro/2010 e Março/2011 ocorrendo estratificações nos demais períodos com amplitudes variando de 2,6 a 3,0°C (figura 4B). Os maiores valores de temperatura foram registrados na superfície, seguido de 50%, 1% e Pmax de intensidade luminosa apresentado menores valores, exceto para setembro de 2011, quando também foi registrada estratificações na coluna d'água em 50% de penetração de luz em 1,1m de profundidade com valores de temperatura de 32°C e em 1% em 2,15m de profundidade com valores de 29,1°C. Foi registrado para o reservatório Poções estratificações durante todo o período de amostragens, exceto no mês de Março/2011 (figura 4C).

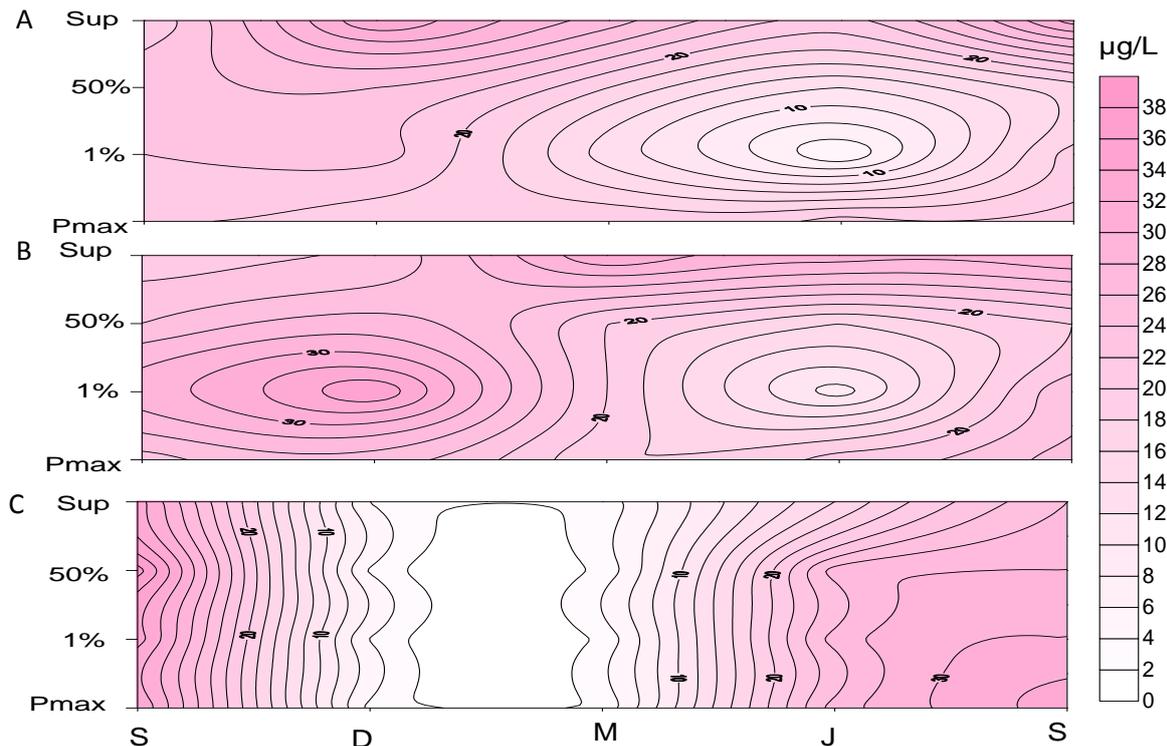


**Figura 4:** Temperatura da água nos reservatórios de Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no meses de setembro/2010 a setembro/2011.

As águas dos reservatórios Epitácio Pessoa e Poções são mais alcalinas em detrimento ao reservatório Camalaú (figura 6B). Elevados valores de alcalinidade foram registrados nos três reservatórios, no entanto não foram observadas diferenças significativas entre os mesmos ao longo do tempo (figura 6A, 6B, 6C) entre as profundidades dos reservatórios.



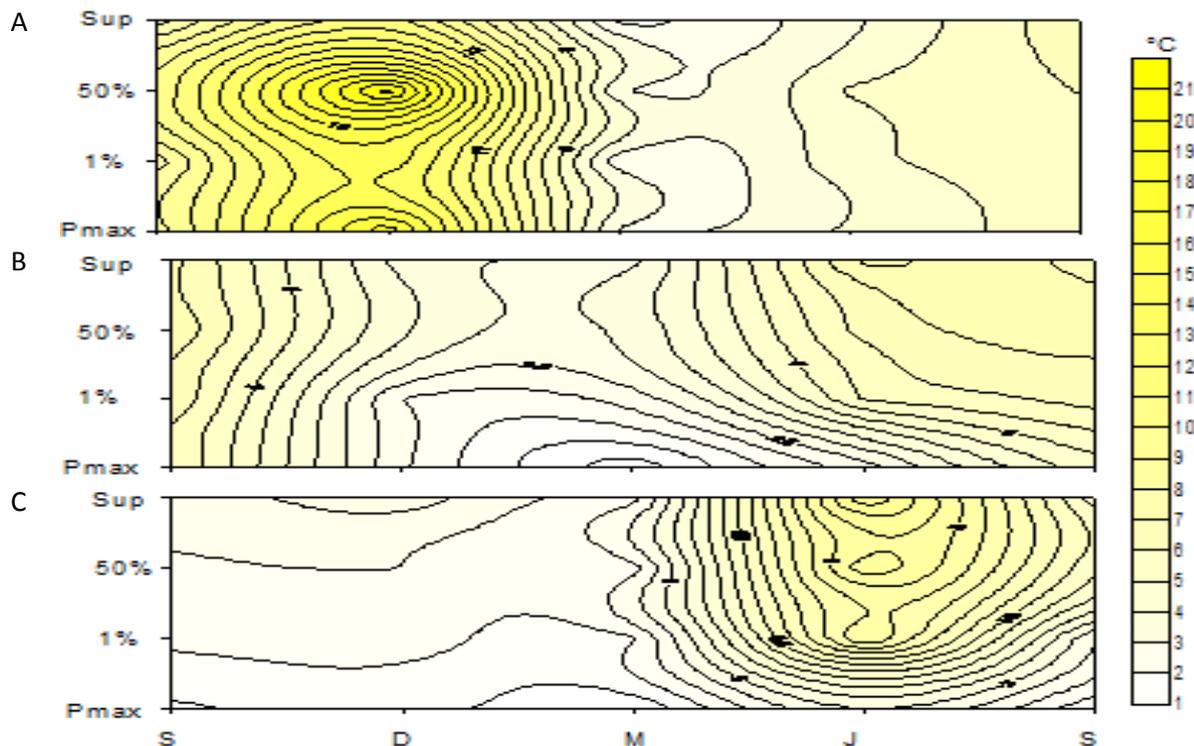
**Figura 5:** Variação do pH nas águas dos reservatórios de Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) nos meses de setembro/2010 a setembro/2011.



**Figura 6:** Variação da alcalinidade nas águas dos reservatórios de Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) nos meses de setembro/2010 a setembro/2011.

Foram registrados concentrações médias de oxigênio dissolvido variando de 2,7 mg/L a 7,5 mg/L (figura 7A, 7B, 7C), no entanto as diferenças observadas foram significativas apenas para o reservatório Epitácio Pessoa, o qual apresentou maiores teores desta variável (figura 7A). Uma consequência do desenvolvimento das estratificações térmicas foi o desenvolvimento do perfil clinogrado de distribuição do oxigênio, para os três reservatórios, ocorrendo eventos de hipóxia na região hipolimnética. Ao longo do período amostral as mudanças nas concentrações de oxigênio foram extremamente significativas entre os reservatórios (figura 7). Em Poções (figura 7C) foi observado águas bem oxigenadas apenas em um período amostral quando o reservatório apresentou o maior volume, no epilimnio valores de oxigênio dissolvido registrado foi de 9,92mg/L em na superfície da zona eufótica, em 50% com 8,8mg/L, em 1% 7,97mg/L e Pmax 3,01mg/L.

**Figura 7:** Variação das concentrações de oxigênio dissolvido nas águas dos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) Poções e (C) nos meses de setembro/2010 a setembro/2011.

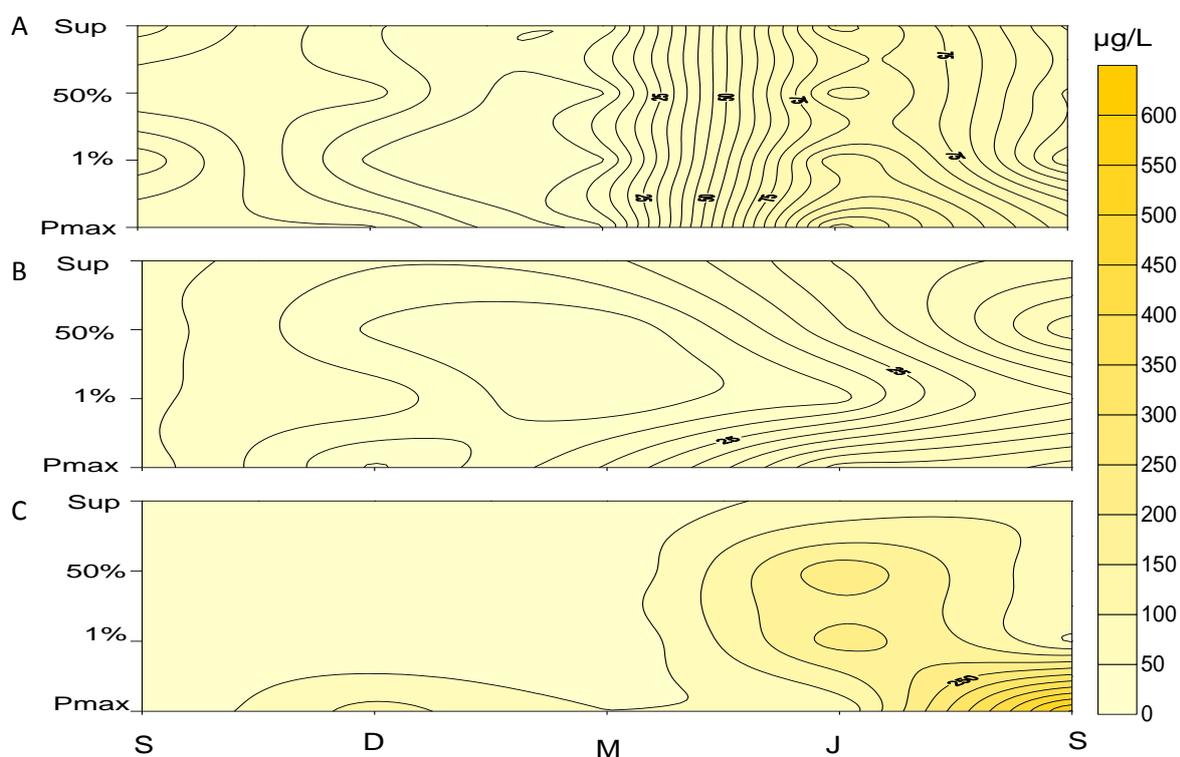


Dentre os nutrientes nitrogenados inorgânicos, o nitrato apresentou maiores concentrações médias nas águas dos reservatórios, exceto para o reservatório Poções, onde a amônia foi mais abundante durante todo o período de amostragem (figura 8C).

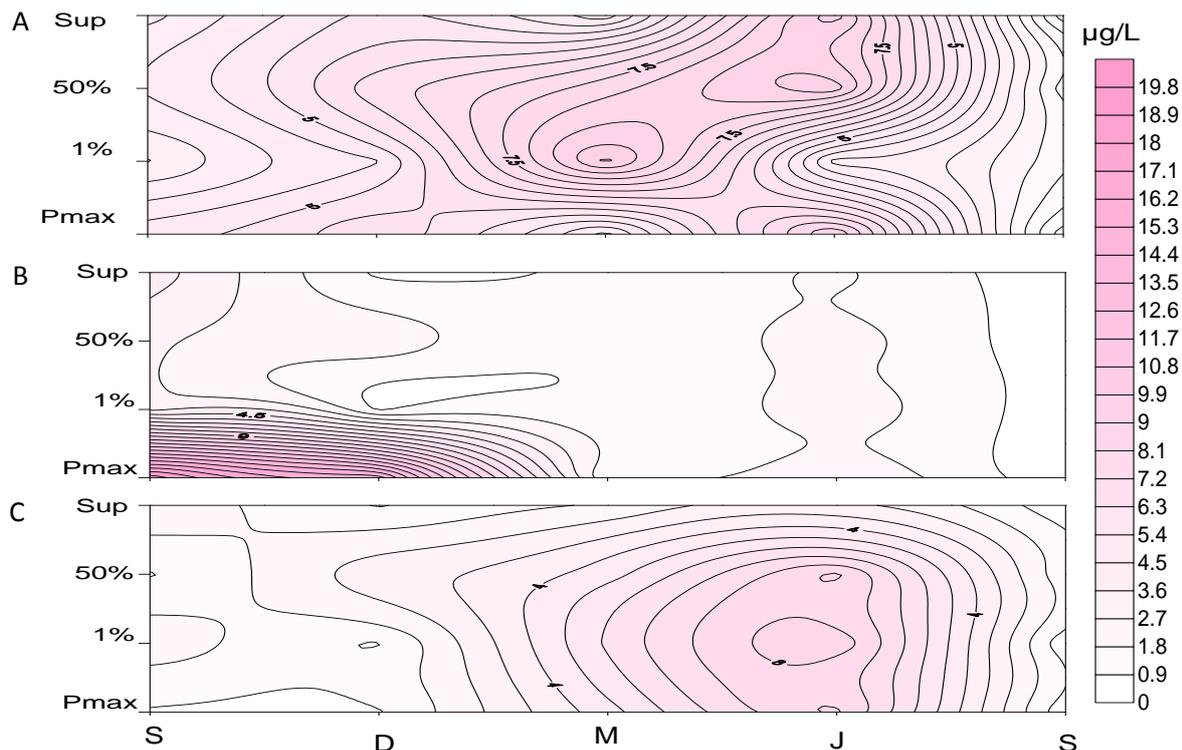
As concentrações médias de amônia variaram de 25,4 a 85  $\mu\text{g/L}$ , não ocorrendo diferenças significativas entre os reservatórios. Na coluna de água estratificações relativas a distribuição deste íon foi observado para os reservatórios Poções e Camalaú, ocorrendo aumento nas concentrações desta variável nas regiões mais profundas dos reservatórios com valores em Pmax de 22,33  $\mu\text{g/L}$  em setembro de 2010, 112,23  $\mu\text{g/L}$  em junho de 2011 e 57,33  $\mu\text{g/L}$  em setembro de 2011 para Camalaú (figura 8B) e em Poções (figura 8C) na região mais profunda Pmax os valores registrados foram 122,33  $\mu\text{g/L}$  em dezembro de 2010, 50,67  $\mu\text{g/L}$  em março de 2011, em 1% da zona eufótica 225,67  $\mu\text{g/L}$  em junho de 2011 e 609  $\mu\text{g/L}$  em setembro de 2011. Ao longo do período de monitoramento foi verificado um acréscimo significativo nas concentrações de amônia nos reservatórios de Camalaú (figura 8B) chegando nos últimos meses de amostragens Junho e setembro de 2011, a registrar na região mais profunda 112,23  $\mu\text{g/L}$  e 57,33  $\mu\text{g/L}$  respectivamente, já para o Epitácio Pessoa (figura

8A) 112,33  $\mu\text{g/L}$  e 77,33  $\mu\text{g/L}$ . As concentrações de nitrito variaram de 2,8 a 4,8  $\mu\text{g/L}$ , sem diferenças significativas entre os reservatórios e os meses de coleta (figura 9).

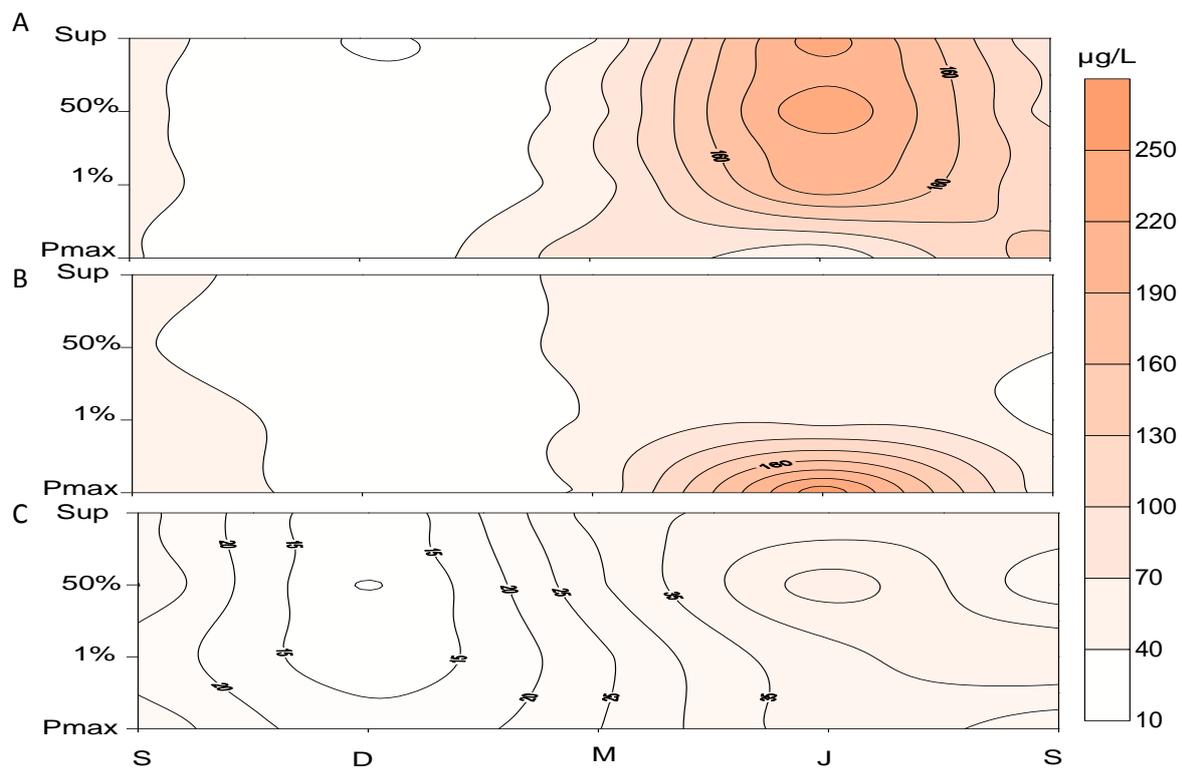
As concentrações de nitrato apresentaram médias de 29,0  $\mu\text{g/L}$ ; 54,7  $\mu\text{g/L}$  e 80,7  $\mu\text{g/L}$  para os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa respectivamente, com diferenças significativas apenas para o reservatório Epitácio Pessoa (figura 10A). Um aumento significativo, nos teores desta variável, foi verificado nas águas dos reservatórios Epitácio Pessoa e Poções (figura 10A e 10C).



**Figura 8:** Distribuição da amônia nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.



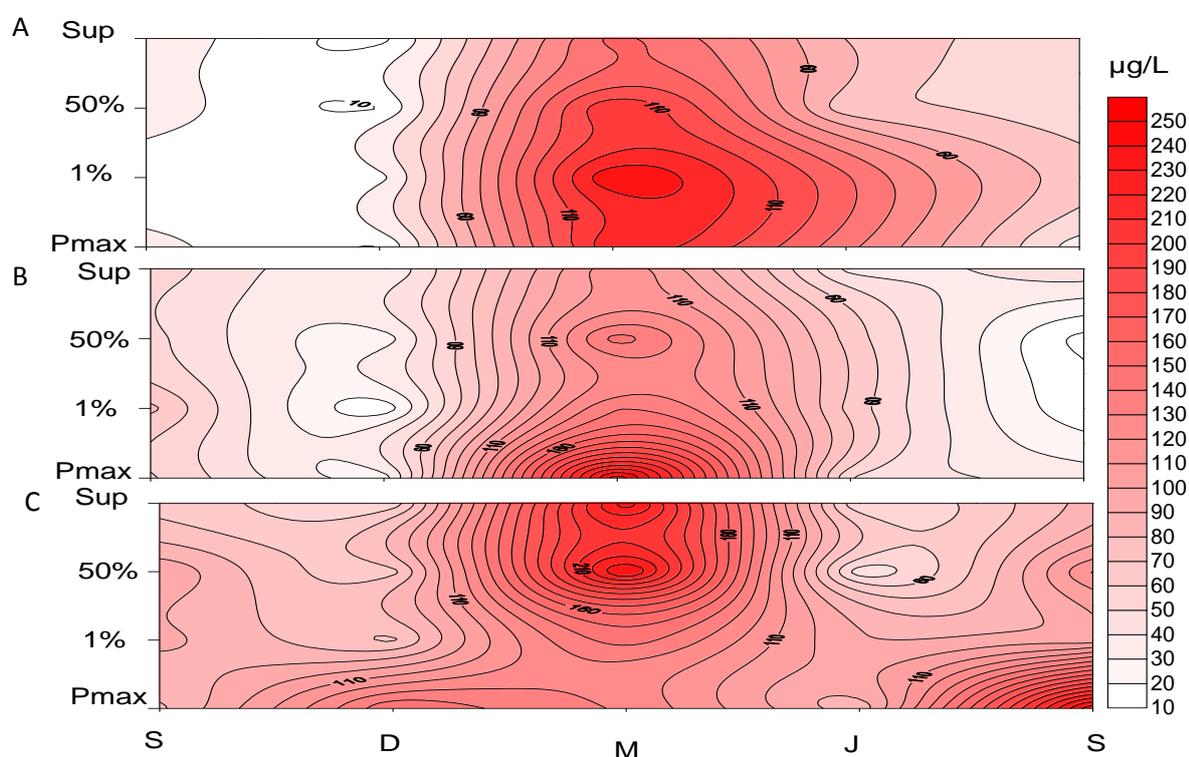
**Figura 9:** Distribuição do nitrito nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.



**Figura 10:** Distribuição do nitrato nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações médias do fósforo solúvel reativo (SRP) entre os reservatórios (tabela 2). As concentrações

médias desta variável estiveram compreendidas entre 11,0  $\mu\text{g/L}$  nos reservatórios Epitácio Pessoa e Poções e 23,2  $\mu\text{g/L}$  em Camalaú. Foi observado maiores valores em Pmax de 161,1  $\mu\text{g/L}$  em março de 2011, 1% de 59,6  $\mu\text{g/L}$  e em 50% 55,6  $\mu\text{g/L}$  em junho de 2011. No que concerne a distribuição do fósforo total nestes reservatórios, foram observadas diferenças significativas para o reservatório Poções sendo as concentrações médias de 113,0  $\mu\text{g/L}$ , o que segundo os critérios de eutrofização propostos por Thorton e Rast (1993) o classificam como eutrófico. Já os reservatórios de Camalaú e Epitácio Pessoa apresentaram concentrações médias de fósforo de 59,7  $\mu\text{g/L}$  e 51,1  $\mu\text{g/L}$  sendo considerados mesotróficos pelo mesmo critério. Ao longo do período de amostragens nota-se variações significativas desta variável para todos os reservatórios ocorrendo maiores valores para os meses de março de 2011 a setembro/2011, exceto no reservatório Poções (figura 11C). Em Camalaú (figura 11B) foram observadas elevadas concentrações na coluna de água registradas no mês de março de 2011, em 50% 144 $\mu\text{g/L}$  e em Pmax 258  $\mu\text{g/L}$ , já para o reservatório Epitácio Pessoa (figura 11A) em 1% 139,67  $\mu\text{g/L}$  e em Pmax 128  $\mu\text{g/L}$ . Neste período observou-se maior amplitude de variação na distribuição do fósforo na coluna de água (figura 11).



**Figura 11:** Distribuição do fósforo total, nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

De acordo com a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05 (tabela 3) os valores de fósforo não podem exceder a 20 µg/L para em ambientes lênticos de classe I, para a classe II o valor corresponde a 30 µg/L e classe III 50 µg/L . Os valores obtidos das médias anuais nas análises de fósforo foram diferentes nos três reservatórios sendo no reservatório Epitácio Pessoa (51,1 µg/L), Camalaú(59,7 µg/L) e Poções (113µg/L) representando uma qualidade bem inferior em relação ao Epitácio Pessoa e Camalaú.

As concentrações de fósforo observadas, quando aplicados ao índice de Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB Epitácio Pessoa foi classificado para o período do estudo como mesotrófico, Camalaú e Poções foram classificados como eutróficos (tabela 4). No entanto segundo critérios estabelecidos por Salas e Martinho (1991) para sistemas tropicais, todos os reservatório foram classificados como ambientes eutróficos (tabela 5).

**Tabela 3:** Relação dos valores de fósforo, classificatórios para águas doces de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011.

<b>Fósforo Total – CONAMA</b>			
	<b>Classe I</b>	<b>Classe II</b>	<b>Classe III</b>
<b>Reservatórios</b>	<b>20mg/m<sup>3</sup></b>	<b>30mg/m<sup>3</sup></b>	<b>50mg/ m<sup>3</sup></b>
<b>Ep.Pessoa</b>			51,1
<b>Camalaú</b>			59,7
<b>Poções</b>			113

**Tabela 4:** Relação dos valores classificatórios do fósforo de acordo com o Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011.

<b>Nível Trófico</b>	<b>Fósforo Total -</b>		<b>Ep.</b>		
	<b>CETESB(mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Pessoa</b>	<b>Camalaú</b>	<b>Poções</b>
<b>Oligotrófico</b>	P ≤ 26,5				
<b>Mesotrófico</b>	26,5 < P ≤ 53,0		<b>51,1</b>		
<b>Eutrófico</b>	53,0 < P ≤ 211,9			<b>59,7</b>	<b>113</b>
<b>Hipereutrófico</b>	211,9 < P				

**Tabela 5:** Relação dos valores classificatórios do fósforo de acordo com o Modelo Simplificado do fósforo de Estado Trófico de Salas e Martino (1991), nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro/2010 a setembro/2011.

Nível Trófico	Fósforo Total - Salas e			
	Martinho(mg/m3)	Ep. Pessoa	Camalaú	Poções
<b>Oligotrófico</b>	21,3			
<b>Mesotrófico</b>	39,6			
<b>Eutrófico</b>	118,7	<b>51,1</b>	<b>59,7</b>	<b>113</b>

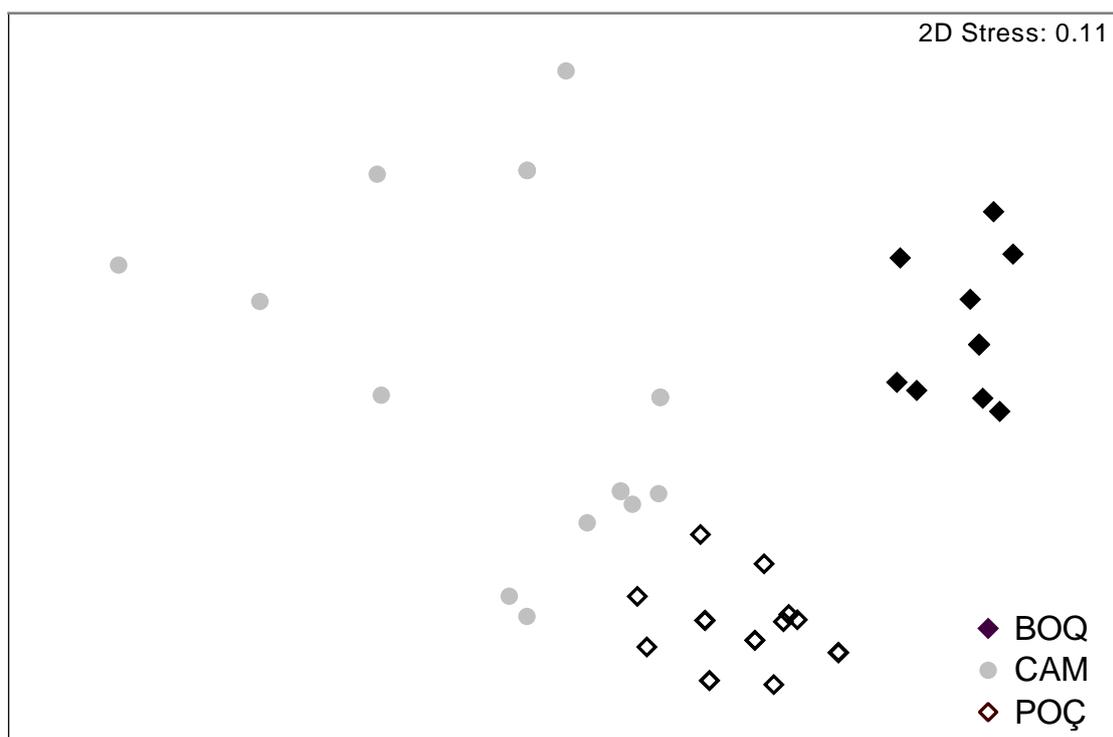
## COMUNIDADE PLANCTÔNICA

O registro taxonômico da comunidade fitoplanctônica foi composto por 29 táxons distribuídas em 4 classes taxonômicas, Chlorophyceae, Cyanobactéria, Bacillariophyceae e Zygnemaphyceae. Dentre esses grupos taxonômicos as cianobactérias foram a melhor representada em número de táxons, destacando-se *Coelomoron sp.*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp.* e *Planktothrix agardhii* os quais estiveram presente nos três reservatórios. As espécies *Actinastrum hantzschii* (Chlorophyceae) e *Coelomoron sp.*, *Anabaena circinalis*, *Oscillatoria sp.*, *Planktothrix agardhii*, *Pseudoanabaena sp* (cyanophyceae) foram exclusivas do reservatórios Camalaú e Poções. Nos reservatórios Epitácio Pessoa e Poções foram registrados em comum 7 espécies de cianobactérias e para o Epitácio Pessoa e Camalaú foram observados uma espécie da classe das Chlorophyceae e 5 da classe das cianobactérias (Tabela 6).

**Tabela 6:** Lista de presença e ausência de táxons fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.

<b>Espécies</b>	<b>Epitácio Pessoa</b>	<b>Camalaú</b>	<b>Poções</b>
<b>Chlorophyceae</b>			
<i>Actinastrum hantzschii</i>		X	X
<i>Actinastrum sp</i>		X	
<i>Desmodesmus communis</i>			X
<i>Dictyosphaerium sp.</i>			X
<i>Eudorina elegans</i>	X	X	
<i>Pandorina sp.</i>		X	
<b>Cianobactéria</b>			
<i>Aphanocapsa</i>		X	
<i>Coelosphaerion</i>		X	
<i>Coelastrum sp</i>			X
<i>Coelomoron sp.</i>	X	X	X
<i>Anabaena circinalis</i>		X	X
<i>Anabaena sp</i>		X	X
<i>Aphanizomenon sp</i>			X
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	X	X	X
<i>Gleitlerinema sp</i>		X	X
<i>Merimospedia mínima</i>	X		X
<i>Merismopedia sp</i>	X		X
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X	X	X
<i>Microcystis protocystis</i>		X	X
<i>Microcystis sp</i>			X
<i>Oscillatoria sp.</i>	X	X	X
<i>Planktothrix agardhii</i>	X	X	X
<i>Pseudoanabaena sp</i>		X	X
<i>Radiococcus planktonicus</i>	X		
<i>Sphaerocavum brasiliensis</i>		X	
<i>Sphaerocystis sp.</i>		X	
<b>Diatomaceas</b>			
<i>Aulacoseira granulata</i>	X		
<i>Navicula sp</i>		X	
<b>Zygnemaphyceae</b>			
<i>Staurastrum sp</i>		X	

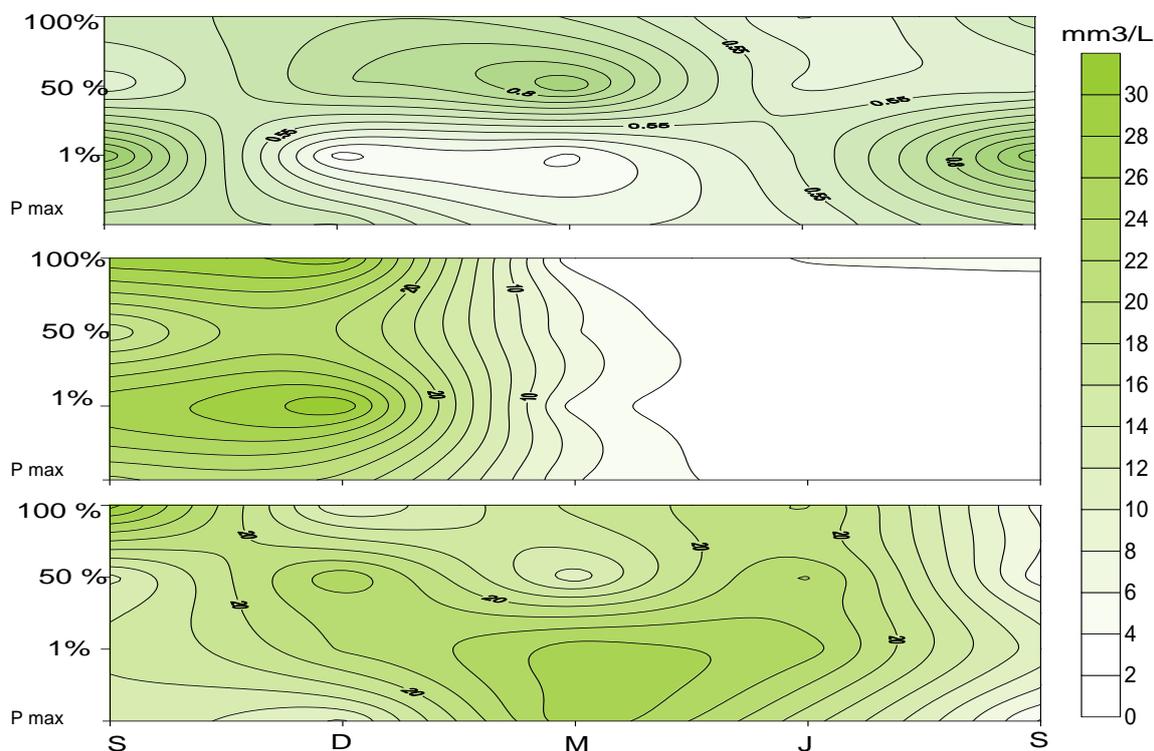
A ordenação NMDS resultou em um stress = 0,11, com um R = 0,73, indicando que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na composição de espécies fitoplanctônicas nos reservatórios. A ordenação dos casos apresentaram padrões de segregação distintos entre os reservatórios (figura 12), o que foi corroborado pelo teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ( $p < 0,01$ ).



**Figura 12:** Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

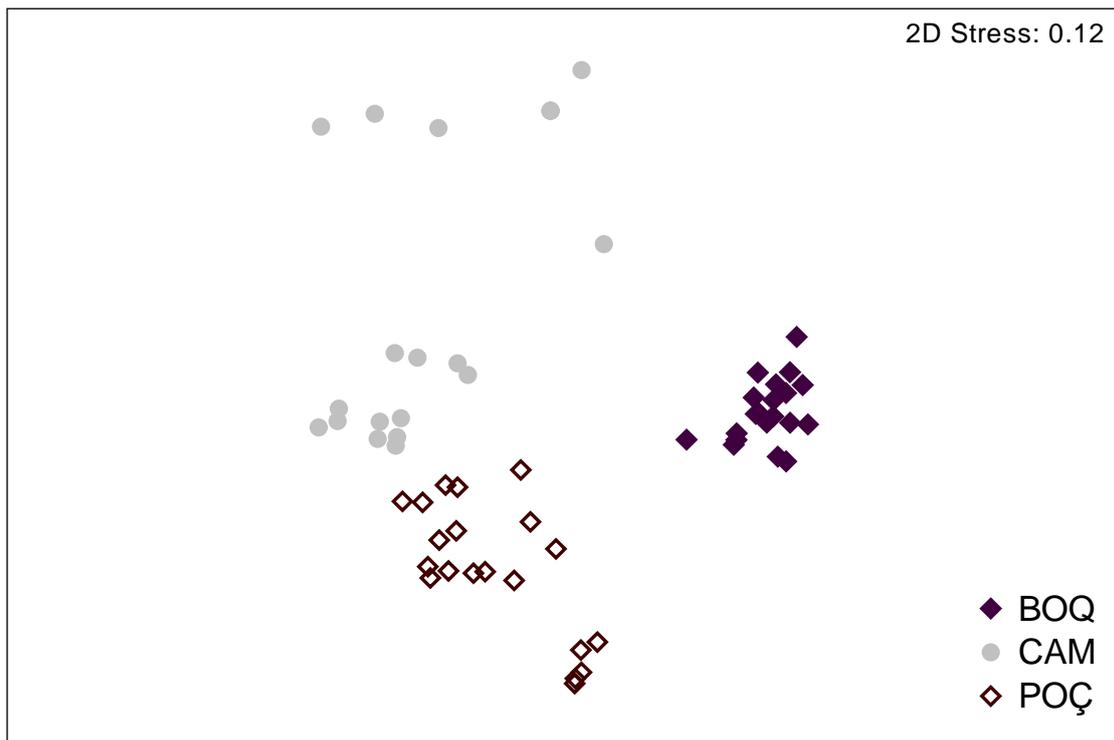
Os menores valores obtidos do biovolume dos organismos fitoplanctônicos foram observado no reservatório Camalaú com uma média de  $23,38\text{mm}^3/\text{L}$  e para o reservatório Epitácio Pessoa um média de  $12,31\text{mm}^3/\text{L}$  em todo período amostral. O maiores valores foram registrados no reservatório de Poções com uma média de  $33,94\text{mm}^3/\text{L}$ . Em relação as profundidades os maiores valores obtidos para o reservatório Epitácio Pessoa em 1% de intensidade luminosa foram observados os maiores valores de biovolume em setembro de 2010 e 2011 com  $0,99\text{mm}^3/\text{L}$ . Para o reservatório Camalaú foi registrado maiores valores no mês de dezembro de 2010 com  $31,62\text{mm}^3/\text{L}$  em 1% de luz seguido de setembro 2010 com  $29,32\text{mm}^3/\text{L}$  em 100% de

intensidade luminosa, já para o reservatório Poções foi observado maiores valores em setembro de 2010 com 30,85 mm<sup>3</sup>/L em 100% de luz (figura 13).



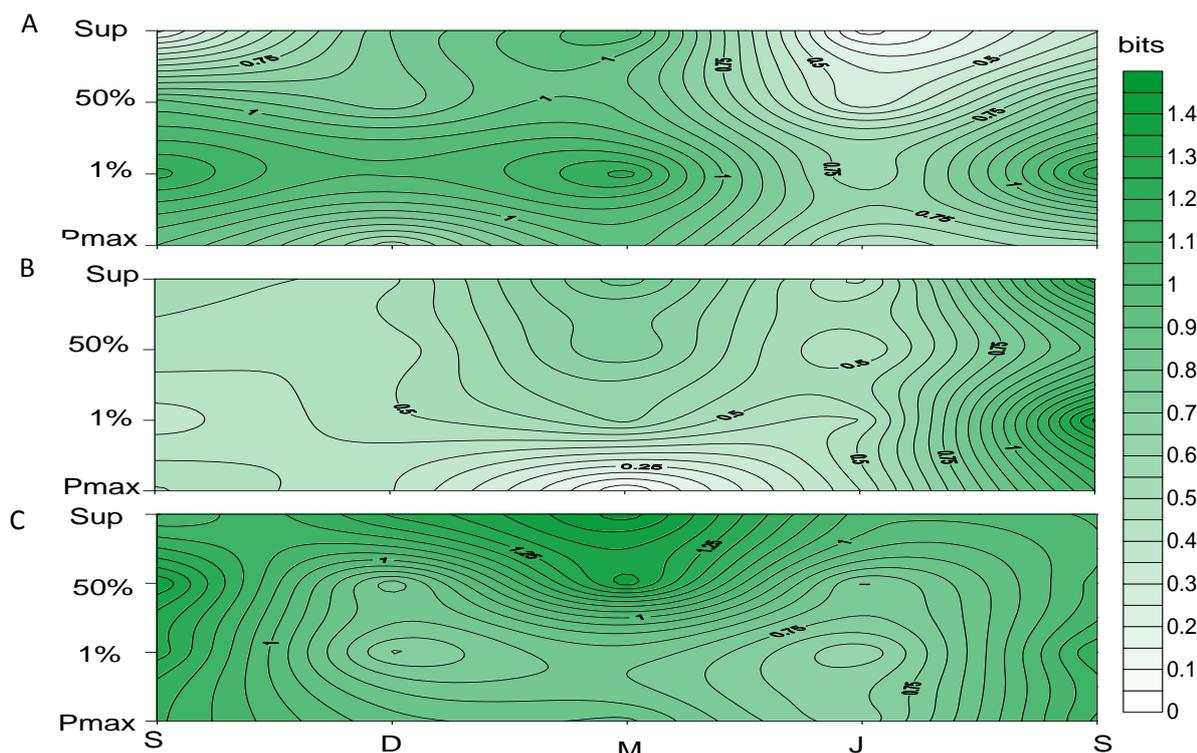
**Figura 13:** Variação do biovolume dos organismos fitoplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camaláu e Poções no período de setembro de 2010 a setembro de 2011.

A NMDS aplicada aos dados do biovolume da comunidade fitoplanctônica resultou em um stress = 0,12, com um R = 0,75, indicando que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na distribuição do biovolume dos organismos nos reservatórios (figura 14). A ordenação dos casos apresentaram padrões de segregação distintos entre os reservatórios, a exemplo do observado para a composição de espécies, o que foi corroborado pelo teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ( $p < 0,01$ ). Esta diferença relaciona-se a maior abundância de cianobactérias nos reservatórios Poções e Camaláu, onde *Microcystis aeruginosa* apresentou abundância relativa de 87% e 64% da densidade total respectivamente. Já para o reservatório Epitácio Pessoa, a espécie *Planktothrix agardhii* foi dominante com mais de 90% da biovolume total.



**Figura 14:** Ordenação (NMDS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

Foi observado de acordo com o índice de diversidade Shannon no reservatório Epitácio Pessoa (figura 15A) os maiores valores de diversidade para as comunidades fitoplanctônicas nas amostras dos meses de setembro de 2010 em 50% (1,02) e 1% (1,27) de luz, em dezembro de 2010 os maiores índices de diversidade foram registrados na subsuperfície (0,90) e em 1% (1,10) de luz. Os dados de equitabilidade revelaram uniformidades exceto para o mês de amostragem em setembro de 2011. De acordo com as análises do ANOSIM foram observados diferenças significativas na diversidade de espécies fitoplanctônicas entre os reservatórios Epitácio Pessoa - Camalaú ( $p < 0,007$ ) e Camalaú (figura 14B) – Poções ( $p < 0,001$ ). Para os reservatórios Epitácio Pessoa e Poções (figura 15C) não foram registrado diferenças significativas ( $p < 0,16$ ) entre a diversidade da comunidade fitoplanctônica.



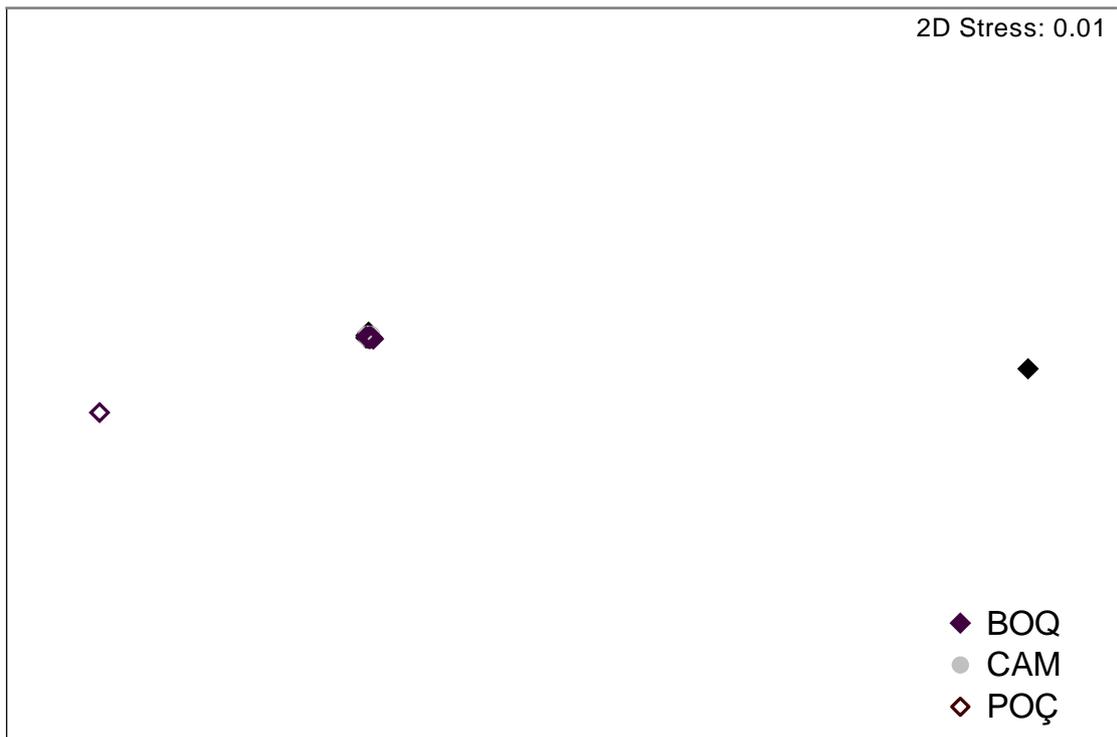
**Figura 15:** Diversidade de  $H'$  da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

Com relação a composição da comunidade zooplanctônica nos reservatórios foram registrados 25 táxons entre copépodos calanóida, ciclopoida, formas larvais e juvenis (nauplios e copepoditos), cladóceros e rotíferos. Entre os táxons foi observado maior registro entre os rotíferos com maior representatividade no reservatório Poções, sendo apenas a espécie *Brachionus havanaensis* comum entre os três reservatórios, os demais rotíferos foram bem representados apenas em Poções. Para os copépodos foi registrado em comum aos três reservatórios formas larvais e juvenis, espécies de calanóida (*Argyrodiaptomus sp.*, *Notodiaptomus iheringi*, *Notodiaptomus sp.*), um gênero de ciclopoida apresentou-se em comum entre os três reservatórios (*Microcyclops sp.*) e apenas no reservatório Epitácio Pessoa e Poções foi registrado o gênero *Thermocyclops sp.* Para a classe dos cladoceros foi observado três espécies comuns entre os reservatórios Epitácio Pessoa e Camalaú (*Ceriodaphnia cornuta rigaudii*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Daphnia ambígua* e *Diaphanosoma sp.*). No reservatório Camalaú e Poções foi observado apenas uma espécie em comum (*Ceriodaphnia cornuta cornuta*) e para os reservatórios Epitácio Pessoa e Poções foi registrado uma espécie em comum (*Daphnia gessneri*) (tabela 7).

**Tabela 7:** Lista de presença e ausência de táxons zooplanctônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções.

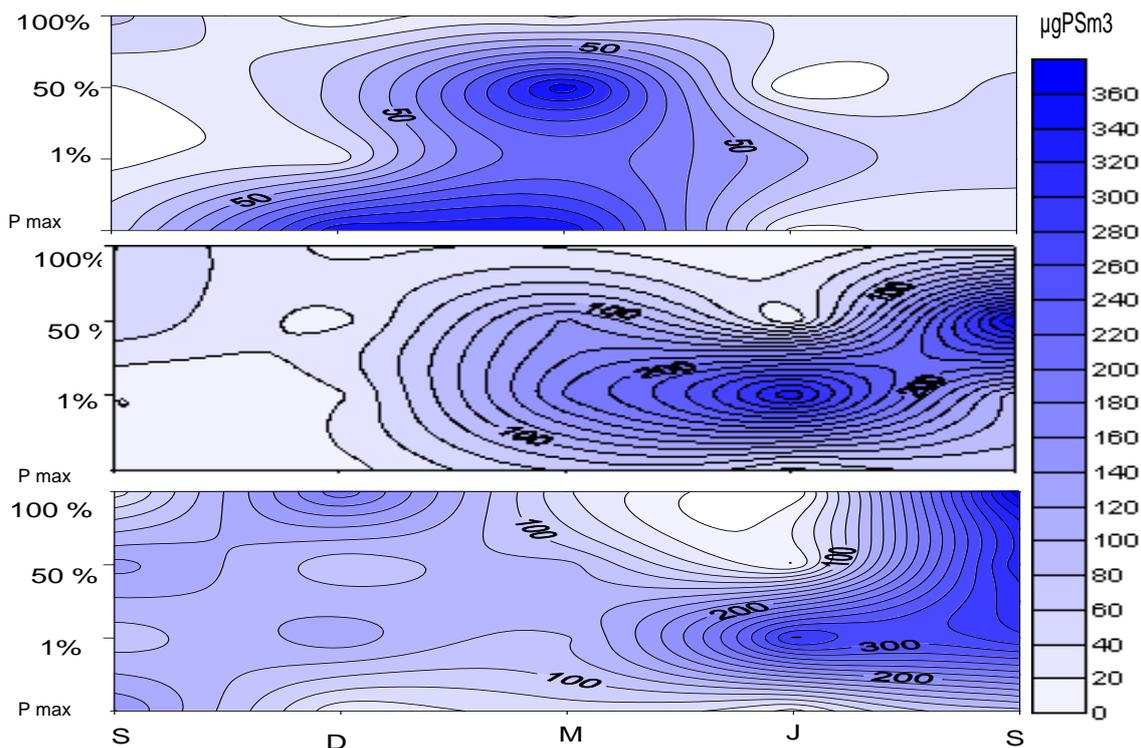
Espécies	Ep. Pessoa	Camalaú	Poções
<b>COPEÓDESES</b>			
<i>Nauplio</i>	X	X	X
<i>Copepodito</i>	X	X	X
<b>Calanoida</b>			
<i>Argyrodiaptomus sp.</i>	X	X	X
<i>Notodiatptomus iheringi</i> Wrieth, 1935	X	X	X
<i>Notodiatptomus sp.</i>	X	X	X
<b>Ciclopoida</b>			
<i>Microcyclops sp.</i>	X	X	X
<i>Thermocyclops sp.</i> Kiefer, 1927	X		X
<b>CLADÓCEROS</b>			
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudii</i> Sars, 1886	X	X	
<i>Ceriodapinia cornuta</i> Sars, 1886	X	X	
<i>Ceriodaphnia cornuta cornuta</i> Sars, 1886		X	X
<i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967	X		X
<i>Daphnia ambigua</i> Scourfiel, 1947	X	X	
<i>Daphnia sp.</i>	X		
<i>Diaphanosoma sp.</i> Herbst, 1967	X	X	
<i>Moina sp.</i>		X	
<b>ROTÍFEROS</b>			
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766			X
<i>Brachionus dolabratus</i> Haring, 1914			X
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898			X
<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911	X	X	X
<i>Plationus patulus</i>			X
<i>Eucalis sp.</i>			X
<i>Filinia opoliensis</i> Zacharias, 1898			X
<i>Hexarthra intermedia brasiliensis</i> Hauer, 1953			X
<i>Hexathra sp.</i> Hauer, 1953			X
<i>Keratella coelhearis</i> Gosse, 1851			X
<i>Keratella sp.</i> Gosse, 1851			X
<i>Lecane sp.</i>			X

A análise de ordenação para a composição de organismos zooplanctônicos entre os reservatórios resultou em um stress = 0,01, com um R = 0,30, indicando que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na distribuição dos organismos nos reservatórios. A ordenação dos casos apresentaram padrões de segregação distintos entre os reservatórios (figura 16), o que foi corroborado pelo teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ( $p < 0,01$ ).



**Figura 17:** Ordenação (NMDS) dos casos referentes a composição da comunidade zooplanctônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

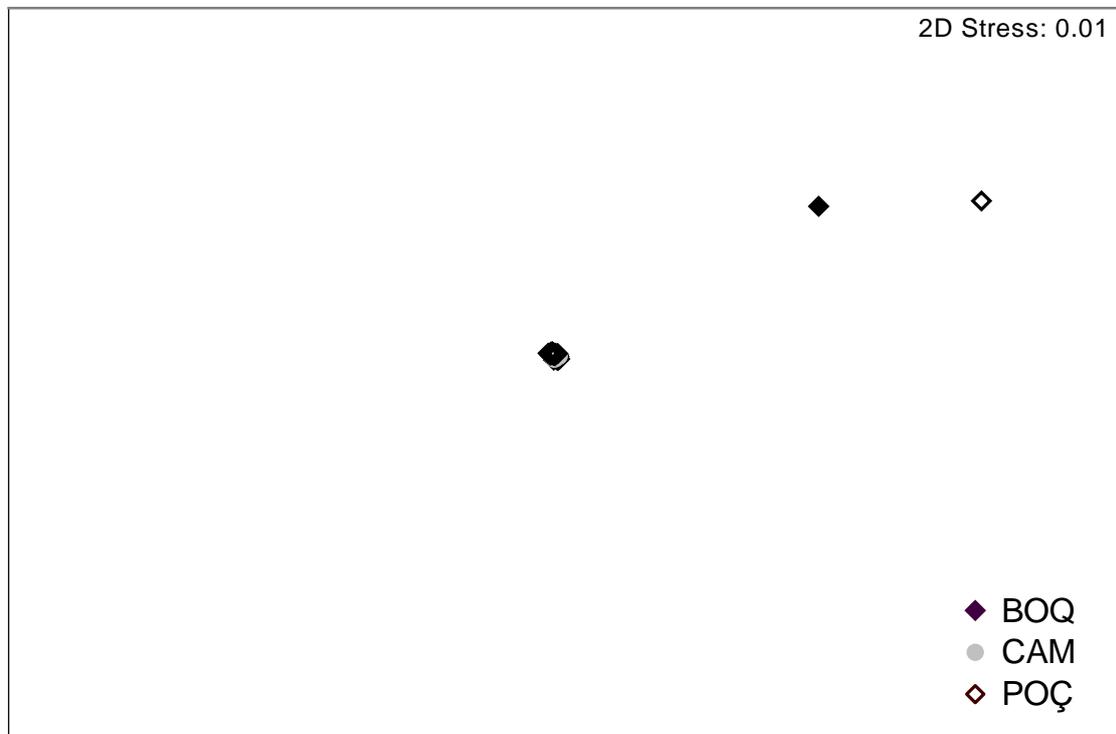
Em relação as análises do biovolume foram observados diferenças entre os três reservatórios deste estudo. As menores valores de biovolume foram registrados no reservatório Epitácio Pessoa com uma média de  $68,09 \mu\text{gPSm}^3$  no período amostral. Já os maiores picos de biovolume foram verificados no reservatório Poções com uma representatividade média em todo período amostral de  $292,67 \mu\text{gPSm}^3$  (figura 17).



**Figura 17:** Variação do biovolume dos organismos zooplancônicos nos reservatórios Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções no período de setembro de 2010 a setembro de 2011.

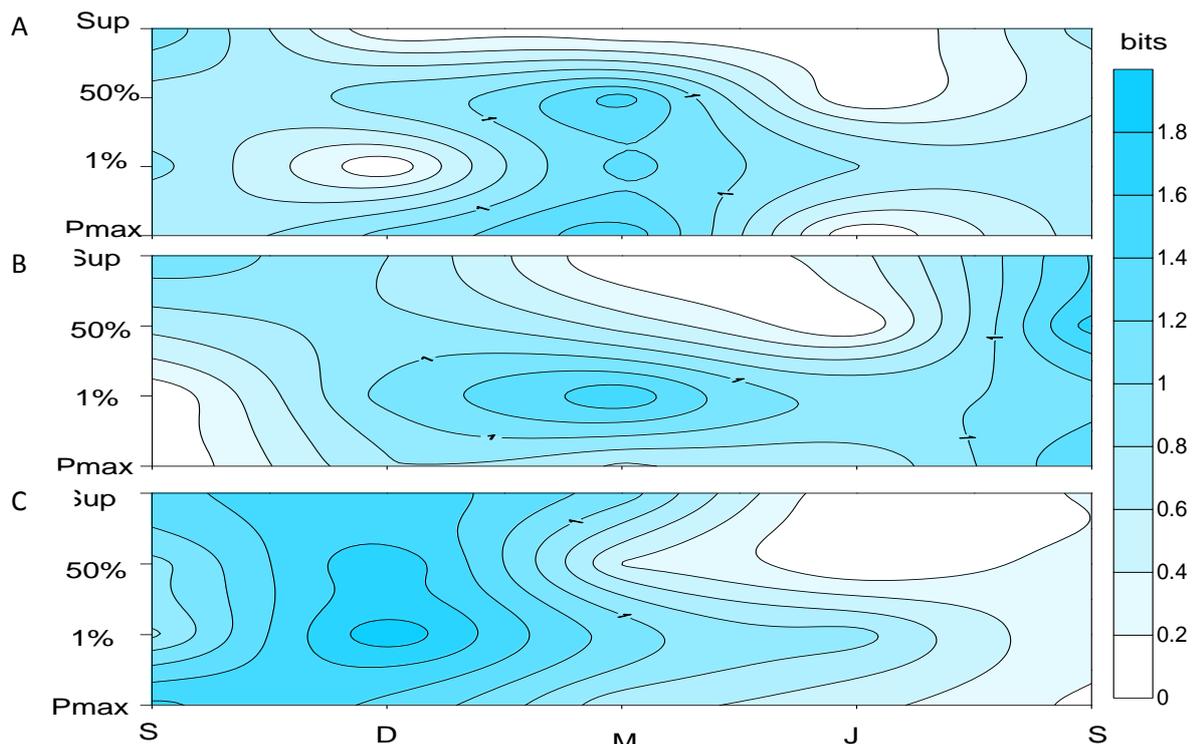
A ordenação NMDS para o biovolume da comunidade zooplancônica dos reservatórios resultou em um stress = 0,01, com um R = 0,31, indicando que a ordenação foi capaz de recuperar os principais padrões na composição de espécies zooplancônicas nos reservatórios. A ordenação dos casos apresentaram padrões de segregação distintos entre os reservatórios (figura 18), o que foi corroborado pelo teste de ANOSIM que apontou diferenças significativas entre os três reservatórios ( $p < 0,01$ ). A distribuição das médias em todo período amostral para o biovolume, a maior média registrada foi para o reservatório Poções com  $2686,4 \mu\text{gPSm}^3$ , seguido de Camalaú com  $1089,24 \mu\text{gPSm}^3$  e o reservatório Epitácio Pessoa com  $445,39 \mu\text{gPSm}^3$ . Os organismos que representaram maior biovolume no reservatório Epitácio Pessoa foram o *Notodiptomus sp.* com  $158,74 \mu\text{gPSm}^3$  com 50% de representatividade seguido do gênero *Argyrodiptomus sp.* com um biovolume de  $\mu\text{gPSm}^3$  e 32% de representatividade. Para o reservatório Camalaú os organismos com maior representatividade são pertencentes a ao filo rotífera da espécie *Brachionus havanaensis* com 47% de representatividade e com um biovolume de  $223,03 \mu\text{gPSm}^3$  em março/2011 e  $275,56 \mu\text{gPSm}^3$  em junho/2011 e as formas larvais tiveram 18% de

representatividade com um biovolume de  $170,46 \mu\text{gPSm}^3$ . Já para o reservatório Poções a maior representatividade foi para a espécie do filo rotífera *B. patulus* com 68% e biovolume de  $1196,2 \mu\text{gPSm}^3$  seguido de *Moina sp.* com maior biovolume em dezembro/2010 de  $191,3 \mu\text{gPSm}^3$  seguido dos *Notodiaptomus sp.* Com  $272,8 \mu\text{gPSm}^3$ .



**Figura 18:** Ordenação (NMDS) dos casos referentes ao biovolume da comunidade zooplancônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (BOQ), Camalaú (CAM) e Poções (POÇ).

De acordo com o índice de Shannon foram observados para o reservatório Epitácio Pessoa valores entre  $1,55 \text{ bits.ind}^{-1}$  (março de 2011) e  $0,56 \text{ bits.ind}^{-1}$  (setembro de 2011). Em relação a equitabilidade ocorreu variações não apresentando uniformidade. Para o reservatório Camalaú foram registrados maiores valores de diversidade de  $1,7 \text{ bits.ind}^{-1}$  (setembro de 2011) e menores valores de  $0,33 \text{ bits.ind}^{-1}$  (junho de 2011) e a equitabilidade houve grandes variações entre 0,0 à 0,95 em todo período de amostragem. Já para o reservatório Poções observou-se de setembro de 2010 à dezembro de 2010 maiores diversidades sendo registrado valores entre  $0,75 \text{ bits.ind}^{-1}$  a  $1,9 \text{ bits.ind}^{-1}$  respectivamente, nos meses subsequentes foi observado uma baixa na diversidade chegando ao máximo de  $1,12 \text{ bits.ind}^{-1}$  em março de 2011 (figura 16).



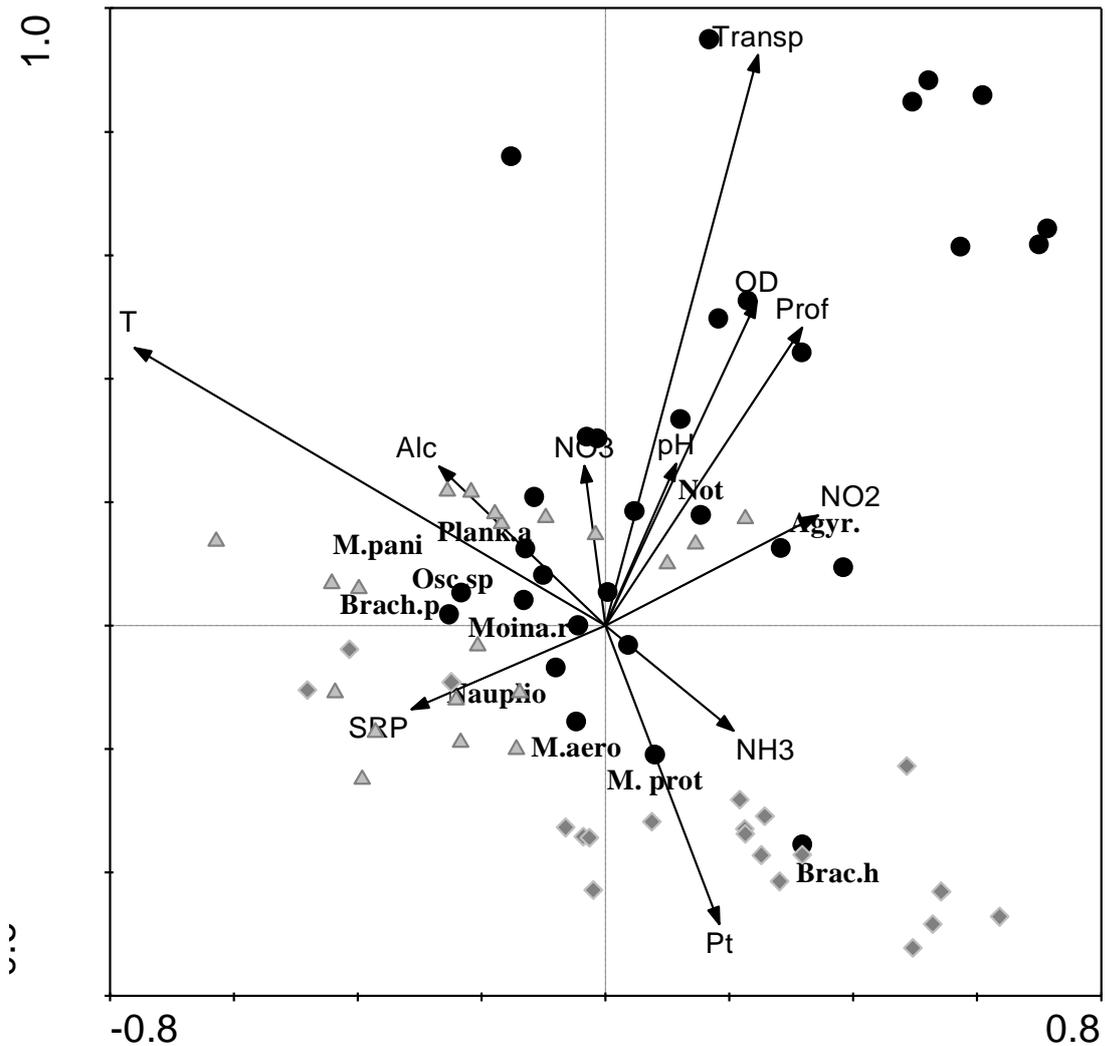
**Figura 19:** Diversidade de H' da comunidade zooplancônica nos reservatórios Epitácio Pessoa (A), Camalaú (B) e Poções (C) no período de setembro/2010 a setembro/2011.

Uma análise de correspondência canônica (CCA) foi utilizada com o propósito de verificar as relações das variáveis ambientais com a distribuição das comunidades planctônicas – fitoplâncton e zooplâncton e testar a hipótese de que os diferentes graus de trofia influenciam na estrutura das comunidades fitoplancônicas e zooplancônicas.

Os dois primeiros eixos da ACC resumiram em 31,9% a variabilidade dos dados. Destes 39,47% correspondem à variabilidade das variáveis ambientais (eixo 1: 28,7%; eixo 2: 11,07%). O teste de Monte Carlo revelou que os eixos 1 e 2 foram estatisticamente significantes ( $p < 0,05$ ), o que indica impossibilidade de acontecimentos ao acaso e representa fielmente as relações existentes entre as variáveis ambientais e as espécies do fitoplâncton (tabela 6).

As variáveis ambientais relacionadas positivamente com o primeiro eixo foram transparência da água ( $r=0,92$ ), oxigênio dissolvido ( $r=0,52$ ) e nitrito ( $r=0,34$ ), os quais influenciaram a segregação dos casos referentes ao reservatório Epitácio Pessoa e a ocorrência de copépodes calanoidas (*Notodiaptomus sp.* e *Argyrodiaptomus sp.*). No plano negativo do eixo situaram-se as unidades amostrais referentes ao reservatório Poções, associadas aos maiores valores de temperatura ( $r=-0,76$ ), e SRP ( $R=-0,31$ ) que

favoreceram a ocorrência de cianobactérias (*Microcystis sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Planktothrix agardhii*), nauplios, *Brachionus sp.* e *Moina sp.*. No eixo sub-eixo negativo do eixo II observou-se a segregação dos casos referentes ao reservatório Camalaú relacionadas a maiores concentrações de fósforo total ( $r=-0,48$ ) e do íon amônia ( $r=-0,36$ ) favorecendo a ocorrência de *Brachionus havanaenses* e *Microcystis protocystes* (figura 20).



**FIGURA 20.** Diagrama de Ordenação pela CCA das unidades amostrais nos reservatórios ● Epitácio Pessoa, ◆ Camalaú e △ Poções, geradas a partir de 10 variáveis ambientais e 6 componentes da comunidade zooplancônica e 4 da comunidade fitoplanctônica. Variáveis ambientais: Transparência (Transp), temperatura (T), pH (pH), nitrito (NO<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>), ortofosfato (SRP), fósforo total (Pt), alcalinidade (Alc), oxigênio dissolvido (OD), profundidade (Prof). Componentes da comunidade zooplancônica: *Brachionus havanaenses* (Brac.h), *Brachionus sp.* (Brach.p), *Argyrodiaptomus sp.* (Argyr.), *Notodiatomus sp.* (Not), *Moina sp.* (Moina.), Nauplio (Nauplio). Componentes da comunidade fitoplanctônica: *Microcystis*

*aeruginosa* (M.aero), *Microcystis protocystis* (M. prot), *Microcystis sp.* (M.pani),  
*Planktothrix agardhii* (Plank.a).

## DISCUSSÃO

As relações ecológicas e a dinâmica dos reservatórios do semiárido podem ser caracterizados por um ciclo, com uma fase termicamente estratificada e outra de águas misturadas variando a capacidade de ciclagem dos nutrientes e interferindo no processo de eutrofização (ARFI, 2003). Os reservatórios em estudo apresentaram padrões de estratificação térmicas do tipo polimítico quente, ou seja, apresentam muitos períodos anuais de circulação.

As concentrações de fósforo total, clorofila-a e a transparência do disco de Secchi são variáveis muito utilizadas como indicadores de eutrofização. Em lagos de zonas úmidas temperadas, o fósforo é o principal nutriente limitante à produção primária e suas concentrações na água são altamente correlacionadas com a biomassa de algas (DILLON & RIGLER, 1974; OECD, 1982). Por outro lado, Thornton & Rast (1989, 1993) relataram que reservatórios de zonas semi-áridas respondem diferentemente à eutrofização quando comparados com lagos de zonas úmidas, de onde se originaram os conceitos clássicos da eutrofização. Desta forma, as funções de força que interferem na dinâmica limnológica podem não ser semelhantes para lagos e reservatórios e, por conseguinte, as respostas dos sistemas ao enriquecimento de nutrientes podem ser diferentes (THORNTON, 1990; TUNDISI et al. 1990).

Neste sentido, as concentração de fósforo apresentaram a cima do indicado para todos os ambientes estudados, de acordo com os três valores limites analisados, tanto para as normativas do CONAMA (classe I, classe II e classe III), para a CETESB e para o modelo simplificado do estado trófico realizado por Salas e Martino (1991).

Thornton & Rast (1993) propuseram que concentrações superiores a  $60 \mu\text{g/l}^{-1}$  de fósforo total é indicativo de estado eutrófico em reservatórios de zonas semi-áridas, pois nesses ambientes a biomassa de algas seria mais limitada por luz do que por fósforo, neste caso, podemos classificar o reservatório Poções apresentou-se no período do estudo como eutrófico e o reservatório Epitácio Pessoa e Camalaú como mesotrófico. Do mesmo modo, foi verificado para o IET simplificado apenas para o reservatório Epitácio Pessoa.

Os índices que dão um diagnóstico das condições do estado trófico, auxiliam como “registro das atividades humanas nas bacias hidrográficas” oferecendo

formas para planejamento e gestão dos ambientes aquáticos, com o objetivo de proporcionar estratégias que favoreçam os diversos usos dos corpos aquáticos com qualidade (RONALDO; TEIXEIRA de MATOS; CARTERI CORADI et. al., 2009).

Nesse sentido, a estrutura apresentada em relação aos organismos fitoplanctônicos e zooplanctônicos corroboraram com as características de condições tróficas dos reservatórios. Em relação a composição das espécies fitoplanctônicas, apresentadas nos reservatórios, foi registrado o maior número de espécies fitoplanctônicas no reservatório Camalaú seguido de Poções e o reservatório Epitácio Pessoa. A classe fitoplanctônica que foi melhor representada no período deste estudo foi a Cianobactéria concordando com os resultados dos nutrientes, indicando o estado de trófico dos reservatórios, como resposta bastante comum aos processos de eutrofização (FERRÃO-FILHO et. al., 2009).

Em relação a comunidade zooplantônica foram registrados dos 25 táxons, copépodes calanoida, ciclopoidea, formas larvais e juvenis, foi observado que o de maior registro esteve entre os rotíferos com maior representatividade em relação a riqueza foi no reservatório Poções, o organismo da espécie *Brachionus havanaensis*, representante comum nos três ambientes deste estudo, esta espécie é caracterizada como bioindicadora de ambientes eutrofizados. Estes organismos são estrategistas e podem se sobressair diante de condições adversas tais como, alterações na temperatura, aumento na concentração de fósforo e assim, utilizando estratégias de reprodução para se manter no ambiente (BINI et. al., 2008).

A correlação das comunidades planctônicas com os teores de fósforo total de acordo com Crossetti et. al. (2008), já foi inserida em diversos estudos importantes sendo utilizado como “modelo” para análise dos padrões temporais em relação a perda da biodiversidade, o que foi registrado no estudo conduzido em um reservatório tropical que, a diminuição ou perda da biodiversidade não está atrelada apenas a um fator como no caso fósforo total, mas sim a outros fatores avaliados em conjunto que podem variar e alterar os níveis de biomassa.

Este fato pode auxiliar na diminuição das divergências em torno da aplicação dos índices de estado trófico desenvolvido para lagos temperados e adaptados para lagos tropicais, os quais tem sido amplamente questionado (BOUVY et al. 2000; HUZSAR et al. 2000; COSTA et al. 2006; PANOSSO et al. 2007). Estes autores

concluíram que mudanças na composição da comunidade fitoplanctônica podem refletir melhor as características tróficas dos reservatórios tropicais.

Esta relação também vem sendo inferida aos organismos zooplanctônicos, tendo em vista a ligação da dominância de algumas espécies com ambientes mesotrófico e eutróficos. E assim, analisando sua biomassa pode-se determinar as condições de um ambiente favorecendo como meios de análise da estrutura de um ecossistema, podendo está relacionado com a disponibilidade de nutrientes (SANTOS, 2007).

Vários estudos em ecossistemas aquáticos tropicais buscando estabelecer indicadores biológicos através de organismos zooplanctônicos, relacionando com as condições de eutrofização, indicaram que a presença ou dominância de copépodos Ciclopoida sobre os Calanoida, indicariam um processo de evolução da eutrofização (PINTO-COELHO; PINEL-ALLOUL; METHOT et. al., 2005). No entanto, um estudo realizado sobre a composição da comunidade zooplanctônica em reservatório eutróficos do semiárido do nordeste (ESKINAZI-SANT'ANA et. al., 2007), indicaram o inverso corroborando com nossos resultados, que em sistemas mesotróficos para eutróficos foi observado dominância de copépodas Calanoidas .

O fato descrito a cima pode ser observado nos resultados obtidos nos reservatórios em estudo. O reservatório Epitácio Pessoa teve 50% de representatividade o gênero *Notodiatomus sp.* Seguido do gênero *Argyrodiatomus sp.* com 32% de representatividade, estes organismo corroboram com as características mesotróficas apresentada de acordo com a relação dos limites de fósforo analisado. Já para o reservatório Poções foi o *B. patulus* com 68% e *Notodiatomus sp.* com 15% assim como para o reservatório Epitácio Pessoa os resultados também revelaram relação dos organismos com a variável que indicam relação com as condições de estado trófico desse ambiente.

Neste sentido, é importante compreender que para uma análise significativa da saúde ambiental dos corpos aquáticos, é necessário um conjunto de índices que possam determinar de forma segura a qualidade desses ambientes, por existir controvérsias entre os diversos índices e parâmetros utilizados para uma mesma variável. A consideração das comunidades bioindicadoras de qualidade da água, de como esses organismos se comportam diante das perturbações é de bastante valia para a

compreensão do conjunto de dados indicativos de como está o ambiente em determinado período.

## CONCLUSÕES

Com base nas concentrações de fósforo, podemos concluir que os resultados para os três (Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções) reservatórios apresentaram divergências quanto aos parâmetros relacionados a esta variável. Em relação às características limnológicas relacionadas com as concentrações do fósforo total, representaram valores acima do permitido segundo as leis que regem o CONAMA para os três reservatórios, Epitácio Pessoa, Camalaú e Poções. Para os valores limites indicados pela da CETESB o reservatório Epitácio Pessoa no período do estudo foi caracterizado como mesotrófico. Já os reservatórios Camalaú e Poções foram classificados como eutróficos. Com relação às comunidades fitoplanctônicas concluímos que o estado de trofia dos reservatórios corroboraram com a composição fitoplanctônica destacando-se a classe das Cianobactéria, a qual foi melhor representada com a maior número de táxons, indicando estar relacionado com o estado trófico dos reservatórios.

As análises do ANOSIM indicaram diferenças significativas na composição fitoplanctônica nos três reservatórios. Em relação ao biovolume, por apresentarem diferenças também verificadas na composição faz com que tenha-se concluído que as diferentes concentrações de fósforos pode ter contribuído para as diferenças na composição, densidades e biovolume entre os reservatórios.

Para as análises das comunidades zooplanctônicas, conclui-se que o reservatório Poções, para o qual todos os parâmetros indicaram processo de eutrofização, foi verificado que os organismos que registraram maior representatividade são típicos de ambientes eutróficos. Para Poções as espécies *Brachionus havanaensis*, *B. calyciflorus*, *B. dolabratus* e *Brachionus patulus* são de estados de eutrofização.

Assim como para o fitoplâncton, os resultados da composição e biovolume do zooplâncton, indicaram que existe diferenças entre os reservatórios. E as espécies que podem ser caracterizadas para estes ambientes sugeriram relação com as condições tróficas verificadas a partir dos parâmetros de concentração de fósforo.

## REFERÊNCIAS

AESA. **Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba**. Ano Hidrológico 2008/2009.

ARFI R. Effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué reservoir (Mali, West Africa). *Lakes Reserv.: Res. Manage.* v. **8**, p. 247–57, 2003.

APHA. AWWA; WPCF. American Public Health Association - **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998, 1569p.

BINI, L. M. et al. Zooplankton assemblage concordance patterns in Brazilian reservoir. *Hydrobiologia*. v. 598, n. 1, p. 247-255, 2008.

BOUVY, M. et. al. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 23, p. 13-27, 2000.

COELHO-BOTELHO, M. J. **Dinâmica da Comunidade Zooplanctônica e sua Relação com o Grau de Trofia em Reservatórios**. Disponível em: <[www.biota.org.br](http://www.biota.org.br)> Acesso em: 15 de junho de 2011.

COSTA I. A. S. et. al.. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian Semi-arid reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66 (1b) p. 29-41, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, 2000, p. 227.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente 357/05**. p. 280-303, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

CONDE-PORCUNA, J. M. et al. Correlations between nutrient concentrations and zooplankton in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology*, v. 47, n. 8, p. 1463-1473, 2002.

CROSSETTI, L. O. Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1061-1067, 2008.

DELAZARI-BARROSO, et al. Phytoplankton-zooplankton interactions at Duas Bocas Reservoir, Espírito Santo State, Brazil: Growth responses in the absence of grazing. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 1, p. 27-34, 2011.

DILLON P.J. AND RIGLER F.H.. The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 19, p. 767-772, 1974.

Edler, L. (ed.) (1979) Phytoplankton and Chlorophyll: Recommendations on Methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. **Baltic Marine Biologists Publication** No. 5.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universa, 1997.

ENRICH-PRAST, A.; SANTORO, A. L. Regulação microbiológica da disponibilidade de nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 12, 2011.

FERNANDES, V. O. et al. Ecologia de cianobactérias: fatores promotores e consequências das florações. **Oecologia Brasiliensis**. v. 13, n. 2, p. 247-258, 2009.

FERRÃO-FILHO, A. S. et al. Ecologia, ecofisiologia e toxicologia de cianobactérias. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n. 2, p. 225-229, 2009.

FERRÃO-FILHO, A. S. Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n. 2, p. 272-312, 2009.

FIA, R. et al. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2008.

GENTIL, R. C. et al. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 265-280, 2008.

GOLTERMAN, H. L.; Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. 2a ed. Osford, Blackwell Scientific Publication, 214p. (IBP handbook, 8). 1978.

HENRY, R. et. al. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 571-590, 1998.

HUSZAR, V.L.M. et. al. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, v.424, p. 67-772000.

JUNIOR, M. S. et. al. Composição da comunidade de zooplânctônica de um reservatório eutrofizado do altíssimo Rio Iguaçu, região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. In: **IV Seminário do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas de Abastecimento Público na Bacia do Altíssimo Iguaçu**, Curitiba-PR, 18 e 19 de novembro de 2003.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEITÃO, A. C. et. al. Zooplankton community composition and abundance of two Brazilian semiarid reservoirs. [Acta Limnologica Brasiliensia](#), v, 18, p. 451-468, 2006.

LOPES, P. M.; CALIMAN, A. A Contribuição de ecossistemas lênticos para o entendimento da importância de processos regionais e locais sobre padrões geográficos de biodiversidade. **Sociedade Brasileira de Limnologia**. Limnotemas. p. 1-29, 2008.

LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LECREN, E.D. 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia** 11:143-170.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brasil). **Hydrobiologia**. p. 367-378, 2005.

NOGUEIRA, M. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia de Sistema Artificial Raso (Represa do Monjolinho – São Paulo, SP). Dinâmica das Populações Planctônicas. **Acta Limnologia Brasiliensia**. v. 8, p. 149-168, 2009.

NOGUEIRA, MG., JORCIN, A., VIANNA, NC. and DE BRITTO, YCT., 2005. Reservatório em Cascata e os efeitos na limnologia e Organização das Comunidades Bióticas (Fitoplâncton, Zooplâncton e Zoobentos) - Um Estudo de Caso no Rio Paranapanema (SP/PR). In NOGUEIRA, MG., HENRY, R. and JORCIN, A. (Eds.). **Ecologia de Reservatórios**, São Carlos: Ed. Rima. p. 459.

NOGUEIRA, MG. et al. Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical – subtropical river (SE, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 781-793, 2010.

OSTOJIC, A. et al. Effects of anthropogenic influences on the trophic status of two water supply reservoirs in Serbia. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, v. 12, p. 175-185, 2007.

OECD (organization for Economic Cooperation and Development). **Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control**. Final Report. OECD, 1982.

PANOSSO, R. et al. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estados do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 433-449, 2007.

PINTO-COELHO, R. M. **Métodos de Coleta, Preservação, Contagem e Determinação de Biomassa em Zooplâncton de Águas Epicontinentais** In: BICUDO, C. E. M; BICUDO, D. C. (org.), 2004. **Amostragem em Limnologia**, São Carlos: Ed. Rima. p. 351.

PINTO-COELHO, R. M. et al. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 2, p. 325-338, 2005.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 5-18, 2007.

PARAÍBA, 2007 Secretaria de Planejamento. **Avaliação da infra-estrutura hídrica e do suporte para o sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado da Paraíba.** João Pessoa, SEPLAN, 144 p.

ROSSA, D.C.; BONECKER, C.C.; FULONE, L.J. Biomassa de Rotíferos em ambientes dulcícolas: Revisão de métodos. **Interciência**, v. 32, n. 4, p. 220-226, 2007.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Water Research**, v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991.

SANTOS, R.M.; NEGREIROS, N. F.; WISNIEWSKI, M.J.S. Diversidade e biomassa de cladocera em quatro pontos do reservatório da UHE de Furnas (Rios Cabo Verde, Muzanbão, Sapucaí e a junção dos três rios). **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2007.

SIMÕES, R. N; SONODA, L. S. Estrutura da assembleia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem de Pedra, Estado da Bahia, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 1, p. 89-95, 2009.

SMITH, V. H; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here?. **Elsevier**. v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

SILVA, G. S. et al. Avaliação da Qualidade das Águas do Rio São Francisco Falso, Tributário do Reservatório de Itaipu, Paraná. **Eclética química**. São Paulo, v. 35, n. 3, p. 117-122, 2010.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Composição da comunidade zooplanctônica em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 410-421, 2007.

SOUZA, W. et. al. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Plankton Research**. V. 30, n. 6, p. 699-708, 2008.

TUNDISI J.G.; MATSUMURA-TUNDISI T.; Calijuti M.C.1990. **Limnology and management of reservoirs** in Brazil. In: M. Straskrabra, J.G.Tundisi & A. Duncan (eds.), 1993. **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**, Kluwer Academic Publishers. 1-24.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos**. Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C,T&I. PARCERIAS ESTRATÉGICAS – NÚMERO 20 – 2005.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed. 2006. p. 591.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo, 2008, p. 631.

THORNTON J.A. & W. Rast. Preliminary observations on nutrient enrichment of semi-arid, manmade lakes in the Northern and Southern Hemispheres. *Lake and Reservoir Management*, v.5, p.59-66, 1989.

THORNTON, K.W 1990. **Perspectives on Reservoir Limnology**. In: Thornton K.W.; Kimmel B.L.; Payne F.E. *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. Wiley – Interscience.

THORNTON J.A. & W. Rast. 1993. **A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes**. In: M. Straskraba, J.G.Tundisi & A. Duncan (eds.), 1993. *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, Kluwer Academic Publishers. 1-24.

UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilung Internationalen Verein Limnologie* 9: 1- 38

VOLLENWEIDER, R. A. Eutrophication: a global problem. **Water Qual. Bull.**, Canada, v. 6, n.3, p. 59-62, 1981.