

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA: PETRÓLEO E MEIO  
AMBIENTE - POSPETRO

RAMON MENDES FERREIRA

**A INFLUÊNCIA DO GRADIENTE HIDROLÓGICO SOBRE A DENSIDADE  
PLANCTÔNICA, DURANTE MARÉ DE SIZÍGIA, NA BAÍA DE TODOS OS  
SANTOS, BAHIA.**

Salvador  
2015

RAMON MENDES FERREIRA

**A INFLUÊNCIA DO GRADIENTE HIDROLÓGICO SOBRE A DENSIDADE  
PLANCTÔNICA, DURANTE MARÉ DE SIZÍGIA, NA BAÍA DE TODOS OS  
SANTOS, BAHIA.**

Dissertação a ser apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia como requisito parcial do projeto de dissertação para obtenção do título de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Jr.

Salvador  
2015

---

Ferreira. Ramon Mendes

A influência do gradiente hidrológico sobre a densidade planctônica, durante maré de sizígia, na Baía de Todos os Santos, Bahia / Ramon Mendes Ferreira. Salvador, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2015.

1. Densidade planctônica. 2. Qualidade da água. 3. Oceanografia dos estuários. 3. T I. Mafalda Junior, Paulo de Oliveira. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

---

**“A INFLUÊNCIA DO GRADIENTE HIDROLÓGICO SOBRE A  
DENSIDADE PLANCTÔNICA, DURANTE MARÉ DE SIZÍGIA, NA BAÍA DE  
TODOS OS SANTOS, BAHIA”.**

por

**RAMON MENDES FERREIRA**

(Oceanógrafo, Universidade Federal da Bahia – UFBA – 2012, Salvador – Bahia).

Orientador: **Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
Submetida em satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM GEOQUÍMICA: PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE**

À Câmara de Ensino de Pós-graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia

APROVAÇÃO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior (UFBA)**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Christiane Sampaio de Souza (UFBA)**

**Prof.<sup>a</sup> Dr. Doriedson Ferreira Gomes (UFBA)**

Data de Defesa Pública: 06/03/2013

Salvador, Bahia

Março de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram de alguma forma, para o meu crescimento durante essa jornada, em especial:

Meu pai, o homem de maior caráter que já conheci e a quem devo tudo que sou hoje.

Minha irmã, que sempre esteve ao meu lado.

Ao meu orientador, Paulo Mafalda, por toda dedicação e conhecimento transmitidos a mim.

Aos membros da banca examinadora, pela presença na defesa e avaliação deste trabalho.

Aos meus amigos oceanógrafos e futuros oceanógrafos: Carine, Nara, Horti, Léo, Dani, Carol, Bel, Gema, Drica, Bobô, Jonny, Geoff, 15, Tio Gabriel, Cropa, Maria... e todos os outros não mencionados que torceram por mim e me querem bem.

À toda equipe do laboratório de Plâncton.

A minha querida Naná, sempre me ligando para avisar dos meus prazos.

À FAPESB por viabilizar a execução deste projeto e pela concessão da bolsa de mestrado.

## RESUMO

Estudos com o plâncton são fundamentais para o aumento da compreensão sobre o funcionamento do ambiente pelágico, e por isto seu uso como objeto de estudo é amplo na literatura. Sendo a distribuição espaço-temporal dos organismos planctônicos limitada principalmente pela temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento, o presente trabalho busca verificar a existência de variações espaço-temporais no biovolume e na densidade planctônica e relacionar estas variações com a hidrologia da Baía de Todos os Santos (BTS). Para isso, foram realizadas coletas bimensais na BTS, entre fevereiro/2013 e dezembro de 2013, em 4 estações de amostragem. Em cada ponto, foram coletados in situ dados de temperatura, salinidade e transparência, amostras de água para determinação de oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a e nutrientes, e amostras de plâncton, para determinação do biovolume e densidade. Foi verificado que as maiores densidades de fito, zoo e ictioplâncton foram registradas durante as campanhas 3, 4 e 6, onde predominou a água Costeira, massa de água que apresentou maior temperatura, turbidez, concentração de nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a. Além disso, foi determinado que a abundância de fito, zoo e ictioplâncton (ovos e de larvas de peixes), aumentam da zona costeira em direção ao interior da BTS, indicando a importância das áreas estuarinas como local de desova e de crescimento de peixes. Esse estudo contribuirá no estabelecimento de um monitoramento, à longo prazo, das variáveis hidrológicas e biológicas da BTS, de forma que possamos verificar impactos decorrentes de mudanças climáticas naturais ou alterações causadas pelo homem.

**PALAVRAS-CHAVE:** fitoplâncton; zooplâncton; ictioplâncton; variabilidade espaço-temporal; biomonitoramento

## ABSTRACT

Studies with the plankton are critical to increasing the understanding of the functioning of the pelagic environment, and therefore its use as an object of study is extensive literature. Being the spatio-temporal distribution of planktonic organisms mainly limited by temperature, salinity and food availability, this paper seeks to verify the existence of spatio-temporal variations in plankton volume and plankton density and relate these changes to the Todos os Santos Bay (BTS) hydrology. For this, fortnightly collections in the BTS, between fevereiro/2013 and December 2013, were held on 4 sampling stations. At each point, were collected in situ data for temperature, salinity and transparency, water samples for determination of dissolved oxygen, pH, chlorophyll and nutrientes, and plankton samples, to determine the density and plankton volume. It was found that the highest densities of phytoplankton, zooplankton and ichthyoplankton were registered during campaigns 3, 4 and 6, where the predominant coastal water, water mass with the highest temperature, turbidity, nitrite, nitrate, phosphate, silica and chlorophyll concentrations. In addition, it was determined that the abundance of phytoplankton, zooplankton and ichthyoplankton (eggs and fish larvae), increase the coastal zone towards the interior of the BTS, indicating the importance of estuarine areas such as spawning grounds and fish growth This study will contribute to establishing a long-term monitoring of the hydrological and biological variables of the BTS, so that we can verify impacts of natural climate change or changes caused by man.

**KEYWORDS:** phytoplankton; zooplankton; ichthyoplankton; space-time variability; biomonitoring

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	10
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	10
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	10
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	11
<b>3.1 Área de estudo</b> .....	11
<b>3.2 Amostragem</b> .....	12
<b>3.3 Tratamento das amostras e determinações</b> .....	13
<b>3.4 Tratamento estatístico</b> .....	14
3.4.1 <i>Biovolume de zooplâncton</i> .....	14
3.4.2 <i>Densidade</i> .....	14
3.4.3 <i>Análise descritiva</i> .....	15
3.4.4 <i>Análise Inferencial</i> .....	15
3.4.5 <i>Análise Multivariada</i> .....	16
3.4.5.1 <i>Análise de Ordenação</i> .....	16
<b>4 A INFLUÊNCIA DO GRADIENTE HIDROLÓGICO SOBRE A DENSIDADE PLANCTÔNICA, DURANTE MARÉ DE SIZÍGIA, NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA</b> .....	18
<b>Resumo</b> .....	18
<b>Abstract</b> .....	18
<b>4.1 Introdução</b> .....	19
<b>4.2 Materiais e Métodos</b> .....	20
4.3 Resultados .....	23
4.3.1 <i>Precipitação Pluviométrica</i> .....	23
4.3.2 <i>Diagrama T-S</i> .....	23
4.3.3 <i>Variabilidade espacial da hidrologia</i> .....	25
4.3.4 <i>Variabilidade temporal da hidrologia</i> .....	28
4.3.5 <i>Variabilidade espacial do plâncton</i> .....	31
4.3.6 <i>Variabilidade temporal do plâncton</i> .....	33
4.3.7 <i>Análise de Componentes Principais (PCA)</i> .....	35



4.3.8 <i>Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA)</i> .....	36
4.3.9 <i>Análise de Redundância (RDA “STEP-WISE”)</i> .....	37
4.4 <b>Discussão</b> .....	39
4.4.1 <i>Ambiente oceanográfico e geoquímico</i> .....	39
4.4.2 <i>Densidade Planctônica</i> .....	43
4.5 <b>Conclusão</b> .....	46
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49
<b>APÊNDICE 1</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

O fito, zoo e ictioplâncton são componentes vitais das cadeias alimentares aquáticas. As comunidades planctônicas refletem a qualidade da água, não podendo isolar-se em condições adversas, como fazem as ostras, por exemplo, fechando suas conchas (SUTHERS; RISSIK, 2009). De forma que para gerenciarmos a qualidade da água, precisamos de um amplo entendimento sobre plâncton e a sua interação com o ambiente, visto que os organismos planctônicos podem responder, em um curto período de tempo, à mudanças como absorção de luz e concentração de nutrientes (RICHARDSON; KUNZ, 2006).

Devido à elevada diversidade de espécies e à capacidade de se adaptar ou suportar muitos fatores do meio, o fitoplâncton apresenta uma extensa distribuição geográfica, desempenhando papel fundamental na teia trófica, e sendo excelentes bioindicadores da qualidade da água (FERREIRA et. al, 2012). Para esses organismos, a composição físico-química do meio é um fator de grande influência sobre sua distribuição, reprodução e crescimento, que pode promover indesejáveis florações ou limitar certas espécies (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004; RAVEN et. al, 2007). Essas florações algais já foram descritas como a maior ameaça ao ambiente costeiro australiano (RICHARDSON; KUNZ, 2006).

O zooplâncton possui importante papel na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, especialmente na ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, sendo um elo entre produtores e consumidores (CAVALCANTI et al., 2008; SIMÕES; SONODA, 2009). Além disso, por serem organismos bem distribuídos em todo planeta, bem estudados, que possuem ciclo de vida curto e respondem rapidamente às mudanças que ocorrem no ambiente (ALTSCHULER et al., 2011; PALMER; YAN, 2013), são um excelente indicador da qualidade da água, com sua composição e diversidade refletindo não só a deterioração do sistema (ZAGANINI et al., 2011; REN et al., 2011) como também sua restauração (MIALET et al., 2011; CHALKIA; KEHAYIAS, 2013).

O ictioplâncton, que é caracterizado pelos ovos, larvas, pós-larvas e juvenis de peixes, tem elevada importância como constituinte das comunidades planctônicas marinhas, uma vez que, a grande maioria das espécies de peixes teleósteos possui ovos e larvas planctônicas e apresentam uma taxa de fecundidade muito elevada (BOLTOVSKOY, 2005). O estudo do padrão de distribuição das larvas de peixes contribui para uma melhor compreensão das inter-relações entre as espécies de peixes durante seus estágios iniciais de vida, bem como um entendimento do padrão de desova dos adultos (NONAKA et al., 2000). Além disso, permite avaliar o potencial comercial de recursos pesqueiros existentes em determinada área,

determinar a susceptibilidade dos mesmos e estabelecer medidas para o aproveitamento sustentável (NAVARRO-RODRÍGUEZ et al., 2006).

A determinação das densidades planctônicas e de sua relação com as massas de água, além da análise dos aspectos da história de vida, tais como a localização da área de desova e o período de desova, são determinantes para permitir uma análise do transporte desses organismos a partir dos resultados obtidos com as determinações dos campos de fluxo através da modelagem matemática da circulação (GROTHUES; COWEN, 1999).

A distribuição espaço-temporal dos organismos planctônicos é limitada principalmente pela temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e disponibilidade de alimento (RAVEN et al, 2007). São as correntes marinhas e a concentração de nutrientes os principais reguladores destes fatores (GROTHUES; COWEN, 1999). Assim, documentar a variabilidade espaço-temporal da densidade do plâncton correlacionando-a com a qualidade da água e as condições oceanográficas, constitui um passo essencial em direção à compreensão do processo de deriva desses organismos entre a Baía de Todos os Santos (BTS) e a porção estuarina do rio Paraguaçu. Além disso, como a comunidade planctônica é um indicador sensível do estresse direto e indireto sobre todo o ecossistema (FAUSCH et al., 1990), estamos realizando um trabalho de biomonitoramento, que deverá se estender por anos, gerando uma série temporal, com o intuito de avaliar a saúde desse ambiente.

Uma revisão de literatura abordando de forma mais profunda as comunidades planctônicas e a utilização desses organismos como biondicadores, além de outros estudos na BTS, é mostrada no Apêndice 1.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Verificar a influência do gradiente hidrológico sobre a densidade planctônica, durante maré de sizígia, na baía de Todos os Santos (BTS).

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar a precipitação pluviométrica mensal no ano de 2013.
- Caracterizar a estrutura das massas de água presentes na superfície, durante maré de sizígia, ao longo do perfil BTS.
- Descrever a variação temporal e espacial da temperatura, salinidade, transparência, turbidez, saturação do oxigênio dissolvido, pH, fosfato, nitrito, nitrato, sílica e clorofila-a.
- Descrever a variação espaço-temporal da densidade fitoplanctônica, biovolume de zooplâncton, densidade total de zooplâncton, densidade total de ovos de peixes e densidade total de larvas de peixes.
- Analisar a influência do gradiente hidrológico sobre a variabilidade espaço-temporal da biomassa e densidade planctônica.

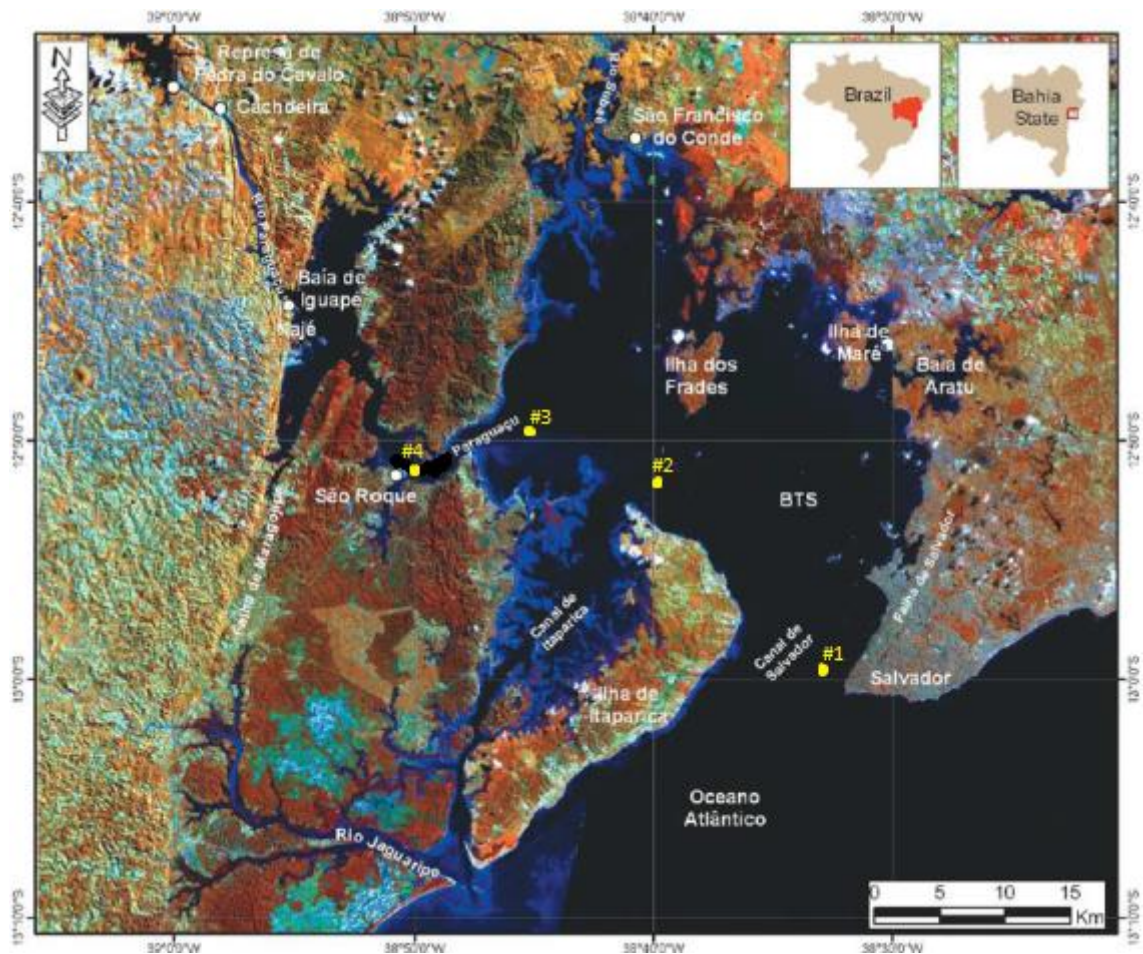
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será abordado onde e como foram feitas as coletas e o tratamento das amostras, além das análises estatísticas que serão empregadas.

#### 3.1 Área de estudo

A Baía de Todos os Santos (Figura 1), conhecida como BTS, é uma grande baía localizada nas bordas da terceira maior cidade brasileira, Salvador, capital da Bahia Centrada entre a latitude de  $12^{\circ}50'S$  e a longitude de  $38^{\circ}38'W$ , a BTS apresenta uma área de 1.233 km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior baía do Brasil (HATJE; ANDRADE, 2009). A BTS possui 184 km de extensão costeira da Ponta do Garcez até o Farol de Santo Antônio, sendo caracterizada pela presença de pequenas baías e enseadas, onde se encontram mais de 30 ilhas, com cerca de 221 km de linha de costa (DA SILVA, 1994).

**Figura 1-** Localização das estações de amostragem na Baía de Todos os Santos, Bahia



Fonte: Modificado de CIRANO e LESSA, 2007

A pequena descarga fluvial presente na BTS é refletida nas características essencialmente marinhas encontradas na maior parte da baía, onde a circulação é forçada pela maré, a coluna d'água é bem misturada e condições estuarinas são observadas apenas próximo a saída dos rios (HATJE; ANDRADE, 2009). As marés no interior da BTS são semi-diurnas e variam em menos de 2m no período de quadratura, até cerca de 3m no período de sizígia. Tem-se notícia de registros de velocidades de correntes da ordem de 1,3 m/s na superfície, no canal de acesso à baía. As velocidades médias das correntes alcançam a ordem de 0,4 m/s. A velocidade da corrente do Porto de Salvador alcança 0,81 m/s, 3 horas após a preamar (DHN, 1975). Esta baía é caracterizada pela presença de manguezais, que proporcionam refúgio contra predadores e constituem ricas áreas de alimentação (LOWE-MCCONNEL, 1999), além de atuarem como berçários para diferentes espécies de peixes (MAFALDA JÚNIOR et al., 2008; KATSURAGAWA et al., 2009). Contudo, possui em seu entorno indústrias químicas e um complexo portuário, que serve ao Centro Industrial de Aratu. Essas atividades industriais e portuárias comprometeram a qualidade da água e do substrato de fundo da baía (PEREIRA, 2008).

### 3.2 Amostragem

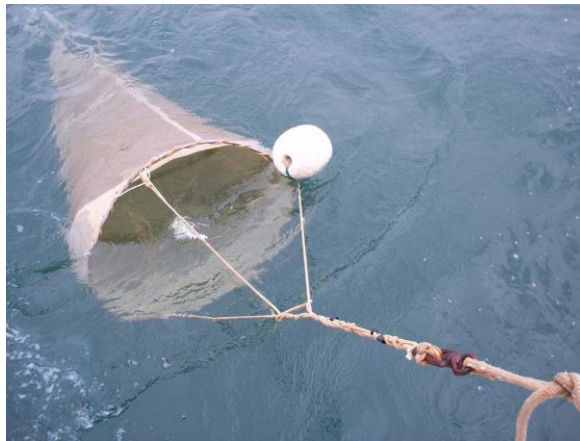
A amostragem foi realizada entre fevereiro/2013 e dezembro/2013 bimensalmente na maré de sizígia, utilizando-se uma lancha rápida ao longo do eixo principal da BTS entre o Porto da Barra e a cidade de São Roque, logo abaixo do rio Paraguaçu, principal sistema fluvial a desaguar na baía e atualmente foco de expansão da indústria naval e portuária na BTS. As coletas foram realizadas em 4 estações de amostragem (Quadro 1; Figura 1), com distância aproximada de 50 km, totalizando 6 cruzeiros e 24 estações oceanográficas. As estações de amostragem foram realizadas acompanhando o avanço da estofa de maré enchente para o interior da baía, mantendo a mesma situação dinâmica ao longo das estações o que caracteriza uma amostragem sinóptica.

**Quadro 1** - Latitude, longitude e profundidade média (PM) em metros das estações de amostragem ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

<b>Estação Amostr</b>	<b>PM</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>#1</b>	32	12°59'33.0"S	38°32'93.0"O
<b>#2</b>	28	12°52'0.0"S	38°39'39.0"O
<b>#3</b>	18	12°49'24.0"S	38°45'47.0"O
<b>#4</b>	33	12°51'3.6"S	38°50'26.4"O

As amostras para a análise da densidade fitoplanctônica foram coletadas em subsuperfície (análise quantitativa), mediante o uso de uma garrafa de Van Dor. Para as coletas do zoo e ictioplâncton foi utilizada uma rede cônica (Figura 2) de 200 micrômetros de abertura de malha e boca de 60 centímetros, dotada de fluxômetro mecânico para avaliação do fluxo de água, fornecendo subsídio para o cálculo do número de indivíduos coletados por m<sup>3</sup> de água filtrada. Em cada ponto, foram feitos arrastos subsuperficiais durante 3 minutos, a uma velocidade de 2 nós. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos apropriados e preservadas em solução aquosa de formaldeído 4%, neutralizada com tetraborato de sódio.

**Figura 2** - Rede cônica dotada de fluxômetro empregada na amostragem do zoo e ictioplâncton, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



Fonte: Foto de Ramon Mendes Ferreira

Em cada estação de amostragem foi realizada uma perfilagem vertical da coluna d'água com um CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*), visando a obtenção de dados de salinidade, temperatura e profundidade (Figura 3). O oxigênio dissolvido, o pH e a turbidez também foram medidos in situ, com sensores portáteis.

As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno previamente lavados com HCl1:1 e água destilada.

### 3.3 Tratamento das amostras e determinações

A contagem dos organismos fitoplanctônicos foi realizada em câmaras de Uthermöhl, após um tempo mínimo de 48 horas de sedimentação. O procedimento de contagem dos organismos foi o de quadrículas sorteadas (UEHLINGER, 1964) ou de câmara total quando necessário. O método adotado foi o da contagem de 100 indivíduos da espécie mais abundante

ou da segunda espécie mais abundante. Esta metodologia permite trabalhar com intervalos de confiança de +/- 20 % da média, a um nível de significância de 95 %, o que é considerado como suficiente para estudos desta natureza (LUND et al., 1958).

O estudo da densidade zooplânctônica foi realizado a partir de alíquotas de 20 mL, através de microscópio estereoscópico, com a quantificação dos organismos efetuada por m<sup>3</sup>, a partir do volume de água filtrada pela rede.

As amostras de ictioplâncton foram submetidas à triagem total envolvendo ovos, larvas e jovens de peixes, através de microscópio estereoscópico, visando sua quantificação por 100 m<sup>3</sup>, a partir do volume de água filtrada pela rede.

As amostras de água foram filtradas utilizando-se filtros de fibra de vidro Whatmann GF/F, previamente calcinados a 450°C e pesados para determinação da clorofila-a. O filtrado foi congelado em frascos de polietileno para posterior determinação de nutrientes inorgânicos dissolvidos, seguindo o método de Grasshoff et al. (1983). A determinação de clorofila-a foi realizada por fluorimetria (PARSONS et. al., 1984).

### 3.4 Tratamento estatístico

Nesse capítulo será abordado o tratamento estatístico utilizado no estudo.

#### 3.4.1 *Biovolume de zooplâncton*

A biomassa foi estimada através do cálculo do biovolume de zooplâncton (mL/m<sup>3</sup>) sendo este obtido através da sedimentação das amostras em proveta graduada durante 24 horas.

#### 3.4.2 *Densidade*

A densidade fitoplanctônica foi expressa em células por litro (cél L<sup>-1</sup>), calculada pela fórmula:

$$N = n \cdot A/a \cdot 1000/V$$

Onde:

N = Número de células por litro

n = Número de células contadas

a = Área contada

A = Área total da câmara

V = Volume total sedimentado



Para o zooplâncton, a densidade por metro cúbico de água (org/m<sup>3</sup>) foi obtida a partir do quociente entre o número total de organismos obtidos em cada amostra (N) e o volume de água filtrada (V), através da fórmula:  $N/m^3 = N/V$

Para os ovos e larvas de peixes, a densidade por 100 m<sup>3</sup> de água (N/100 m<sup>3</sup>) foi obtida a partir do quociente entre o número total de organismos obtidos em cada amostra (N) e o volume de água filtrada (V), através da fórmula:  $N/100 m^3 = (N/V) * 100$ .

### 3.4.3 *Análise descritiva*

A análise estatística descritiva das variáveis oceanográficas e do plâncton envolveu resultados de média, desvio-padrão e amplitude (valores mínimos e máximos) que foram representados em um diagrama estatístico do tipo Box-plot.

### 3.4.4 *Análise Inferencial*

Para testar se a pluviosidade mensal observada durante o ano de 2013 foi àquela esperada em relação à média dos últimos 16 anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2012), foi empregado o Teste de Qui-quadrado (teste de aderência para proporções esperadas desiguais).

A análise inferencial da variabilidade espacial e temporal da estrutura oceanográfica e do plâncton foi realizada mediante o emprego da Análise de Variância (ANOVA), sendo designada pelo F-teste em homenagem ao seu introdutor R.A.Fisher (AYRES et al., 2000). Os dados oceanográficos (temperatura, salinidade, transparência, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, fosfato, nitrito, nitrato, sílica e clorofila-a) e os dados de plâncton (densidade de fitoplâncton, biovolume de zooplâncton, densidade de zooplâncton, densidade de ovos de peixe e densidade de larvas de peixe) foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (SW) para avaliar a sua normalidade.

A análise empregada foi a ANOVA: dois critérios (ZAR, 1984), onde os resultados são apresentados sob a forma de 2 F-testes: tratamentos (variabilidade espacial) e blocos (variabilidade temporal) (AYRES et al., 2000). Neste caso os tratamentos foram as quatro estações de amostragem (1, 2, 3 e 4) e os blocos foram os seis cruzeiros realizados no período de estudo. Caso tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos ou entre os blocos, foi efetuado o teste de Tukey, um teste de comparações múltiplas, que permite testar a diferença entre duas médias, “a posteriori”.

A análise de variância foi empregada para verificar a existência de variabilidade espacial e temporal, da hidrologia e do plâncton. Todas as análises inferenciais foram realizadas através do programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2000).

#### 3.4.5 *Análise Multivariada*

A metodologia de análise empregada para avaliar estatisticamente o impacto ambiental é aquela que emprega ferramentas de análise multivariada visando a detecção de possíveis padrões espaço temporais das variáveis medidas oriundos de fatores naturais ou de impactos causados pela atividade antrópica (CLARKE; WARWICK, 1994). A análise multivariada utilizada no modelo analítico será a Análise Indireta de Gradiente (Análise de Componentes Principais - ACP). A regressão entre dados de hidrologia e os dados do plâncton foi realizada por meio de Análise Direta de Gradiente (Análise de Redundância - ADR), seguida do Teste de Permutações de Monte-Carlo. Isso com a finalidade de evidenciar a estrutura do conjunto de dados hidrológicos responsáveis pela variabilidade da densidade do plâncton.

##### 3.4.5.1 Análise de ordenação

Ordenação é o arranjo de objetos em um espaço dimensional, como num mapa, representando espacialmente as proximidades entre estes objetos. Quanto mais próximos dois objetos, mais similares entre si. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi empregada visando à ordenação dos dados da água, enquanto que a Análise de Redundância (RDA), foi empregada para ordenar os índices estruturais das comunidades biológicas. Tanto o PCA como a RDA são ordenações, baseadas em um modelo linear.

A Análise de Componentes Principais é indicada para conjuntos de medidas correlacionadas linearmente, o que permite reduzi-las a poucas variáveis sintéticas, denominadas componentes principais (PIELOU, 1984). Esta técnica multivariada paramétrica, criada por Pearson em 1901, continua sendo o método de ordenação mais usado em ecologia (VALENTIN, 2000).

A PCA assume que os dados sejam próximos à normalidade multivariada, onde a sua principal função é a discriminação das variáveis ambientais que mais captaram variância nos dois primeiros eixos. A eliminação das variáveis redundantes auxilia no aumento desta variância. Quando mesmo assim a captura da variância é baixa (< 50%), há indícios de que as

variáveis medidas não são apropriadas para descrever a estrutura do ambiente, ou que a qualidade dos dados é baixa.

O método linear utilizado para gerar um PCA foi baseado em uma matriz de correlações entre as variáveis ambientais, que exige uma padronização e transformação dos dados. Como para dados ambientais a normalização é geralmente essencial (CLARKE; WARWICK, 1994), padronizamos os dados através da divisão dos escores das variáveis pelo desvio-padrão. Para reduzir o efeito das diferentes escalas aplicamos uma transformação logarítmica ( $\log x+1$ ), recomendada inclusive para dados que envolvam poluentes (LEPS; SMILAUER, 1998). Os dados foram centrados pelos descritores (variáveis ambientais).

Com o objetivo de verificar qual o modelo (linear ou unimodal) mais indicado para a estrutura dos dados em questão, foram realizadas com as matrizes ambientais e biológicas, uma Análise Canônica de Correspondência não Tendenciosa (DCCA), para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Como o gradiente em todos os casos investigados foi sempre menor do que 3, indicando uma resposta linear das variáveis biológicas em relação ao referido gradiente ambiental optou-se pelo modelo da Análise de Redundância (LEPS; SMILAUER, 1998).

A Análise de Redundância, um modelo linear para análise direta de gradiente, utiliza a informação ambiental para forçar uma ordenação entre as espécies e as respectivas amostras. Esta técnica de ordenação multivariada foi empregada com o objetivo de avaliar a relação entre a hidrologia e o plâncton.

A matriz de dados ambientais (físico-químicos) foi submetida a uma análise de Redundância *Stepwise*, empregando o teste de Permutações de Monte-Carlo, visando avaliar a significância estatística de cada uma das variáveis para decidir sobre a sua inclusão final na respectiva RDA.

Durante a realização da RDA os dados foram centrados e estandardizados. Um procedimento inferencial posterior foi aplicado para testar a significância do primeiro eixo canônico e da soma de todos os eixos, através do Teste de permutações de Monte Carlo, visando validar estatisticamente estas análises.

#### **4 A INFLUÊNCIA DO GRADIENTE HIDROLÓGICO SOBRE A DENSIDADE PLANCTÔNICA, DURANTE MARÉ DE SIZÍGIA, NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA.**

THE INFLUENCE OF GRADIENT HYDROLOGICAL ON THE PLANKTONIC DENSITY, DURING SPRING TIDE, IN TODOS OS SANTOS BAY, BAHIA.

##### **Resumo**

Estudos com o plâncton são fundamentais para o aumento da compreensão sobre o funcionamento do ambiente pelágico, e por isto seu uso como objeto de estudo é amplo na literatura. Sendo a distribuição espaço-temporal dos organismos planctônicos limitada principalmente pela temperatura, salinidade e disponibilidade de alimento, o presente trabalho busca verificar a existência de variações espaço-temporais no biovolume e na densidade planctônica e relacionar estas variações com a hidrologia da Baía de Todos os Santos (BTS). Para isso, foram realizadas coletas bimensais na BTS, entre fevereiro/2013 e dezembro de 2013, em 4 estações de amostragem. Em cada ponto, foram coletados in situ dados de temperatura, salinidade e transparência, amostras de água para determinação de oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a e nutrientes, e amostras de plâncton, para determinação do biovolume e densidade. Foi verificado que as maiores densidades de fito, zoo e ictioplâncton foram registradas durante as campanhas 3, 4 e 6, onde predominou a água Costeira, massa de água que apresentou maior temperatura, turbidez, concentração de nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a. Além disso, foi determinado que a abundância de fito, zoo e ictioplâncton (ovos e de larvas de peixes), aumentam da zona costeira em direção ao interior da BTS, indicando a importância das áreas estuarinas como local de desova e de crescimento de peixes. Esse estudo contribuirá no estabelecimento de um monitoramento, à longo prazo, das variáveis hidrológicas e biológicas da BTS, de forma que possamos verificar impactos decorrentes de mudanças climáticas naturais ou alterações causadas pelo homem.

**Palavras-chave:** fitoplâncton; zooplâncton; ictioplâncton; variabilidade espaço-temporal; biomonitoramento

##### **Abstract**

Studies with the plankton are critical to increasing the understanding of the functioning of the pelagic environment, and therefore its use as an object of study is extensive literature. Being the spatio-temporal distribution of planktonic organisms mainly limited by temperature, salinity and food availability, this paper seeks to verify the existence of spatio-temporal variations in plankton volume and plankton density and relate these changes to the Todos os Santos Bay (BTS) hydrology. For this, fortnightly collections in the BTS, between fevereiro/2013 and December 2013, were held on 4 sampling stations. At each point, were collected in situ data for temperature, salinity and transparency, water samples for determination of dissolved oxygen, pH, chlorophyll and nutrientes, and plankton samples, to determine the density and plankton volume. It was found that the highest densities of phytoplankton, zooplankton and ichthyoplankton were registered during campaigns 3, 4 and 6, where the predominant coastal water, water mass with the highest temperature, turbidity, nitrite, nitrate, phosphate, silica and chlorophyll concentrations. In addition, it was determined that the abundance of phytoplankton, zooplankton and ichthyoplankton (eggs and fish larvae), increase the coastal zone towards the interior of the BTS, indicating the importance of

estuarine areas such as spawning grounds and fish growth This study will contribute to establishing a long-term monitoring of the hydrological and biological variables of the BTS, so that we can verify impacts of natural climate change or changes caused by man.

**Keywords:** phytoplankton; zooplankton; ichthyoplankton; space-time variability; biomonitoring

#### 4.1 Introdução

O fito, zoo e ictioplâncton são componentes vitais das cadeias alimentares aquáticas. Para gerenciarmos a qualidade da água, precisamos de um amplo entendimento sobre plâncton e a sua interação com o ambiente, visto que os organismos planctônicos podem responder, em um curto período de tempo, à mudanças como absorção de luz e concentração de nutrientes (RICHARDSON; KUNZ, 2006), e essas respostas podem acarretar em mudanças na comunidade planctônica e, conseqüentemente, em modificações estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho.

Os organismos planctônicos são excelentes indicadores da qualidade da água, e sua composição, diversidade e densidade refletem, não só as condições originais do sistema, mas também a sua deterioração (MATSUMURA-TUNDISI, 1997), de forma que a utilização de índices ecológicos como riqueza de espécies e abundância relativa dos organismos aquáticos é significativa para a avaliação do equilíbrio ecológico induzido pela qualidade da água (ZHOU et al., 2008). Sendo que, alterações em nível de população ou comunidade podem indicar uma perturbação no equilíbrio normal da área estudada, o que torna muito importante a realização de um programa de biomonitoramento.

As zonas costeiras e estuarinas apresentam maior estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais, uso indiscriminado do solo e lançamento de poluentes, que podem apresentar grandes concentrações de nitrogênio, fósforo e silício, além de vários outros compostos tóxicos como metais pesados e hidrocarbonetos. (CURDS, 1982; SMITH et. al, 1999). De maneira geral, os efeitos negativos decorrentes destas atividades são mais intensos em ambientes de circulação restrita, tais como enseadas, baías e porções internas de estuários (MEYER-REIL; KÖSTER, 2000). Nestes ambientes, o tempo de residência das massas de água e a baixa profundidade, são fatores que contribuem para a maior depleção dos teores de oxigênio dissolvido (usado pelos organismos decompositores para mineralizar a matéria orgânica), menor efeito de diluição e mistura de poluentes, e

também aumento da contribuição de carga orgânica através da ressuspensão do fundo (MAYER-PINTO; JUNQUEIRA, 2003).

Esse estudo teve como objetivo verificar a influência do gradiente hidrológico sobre a densidade planctônica, durante maré de sizígia, na baía de Todos os Santos (BTS) e descrever a variação temporal e espacial de variáveis físico-químicas e biológicas.

## 4.2 Materiais e Métodos

A Baía de Todos os Santos (Figura 3), conhecida como BTS, é uma grande baía localizada nas bordas da terceira maior cidade brasileira, Salvador, capital da Bahia. Centrada entre a latitude de 12°50'S e a longitude de 38°38'W, a BTS apresenta uma área de 1.233 km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior baía do Brasil (HATJE; ANDRADE, 2009). A pequena descarga fluvial presente na BTS é refletida nas características essencialmente marinhas encontradas na maior parte da baía, onde a circulação é forçada pela maré, a coluna d'água é bem misturada e condições estuarinas são observadas apenas próximo a saída dos rios (HATJE; ANDRADE, 2009).

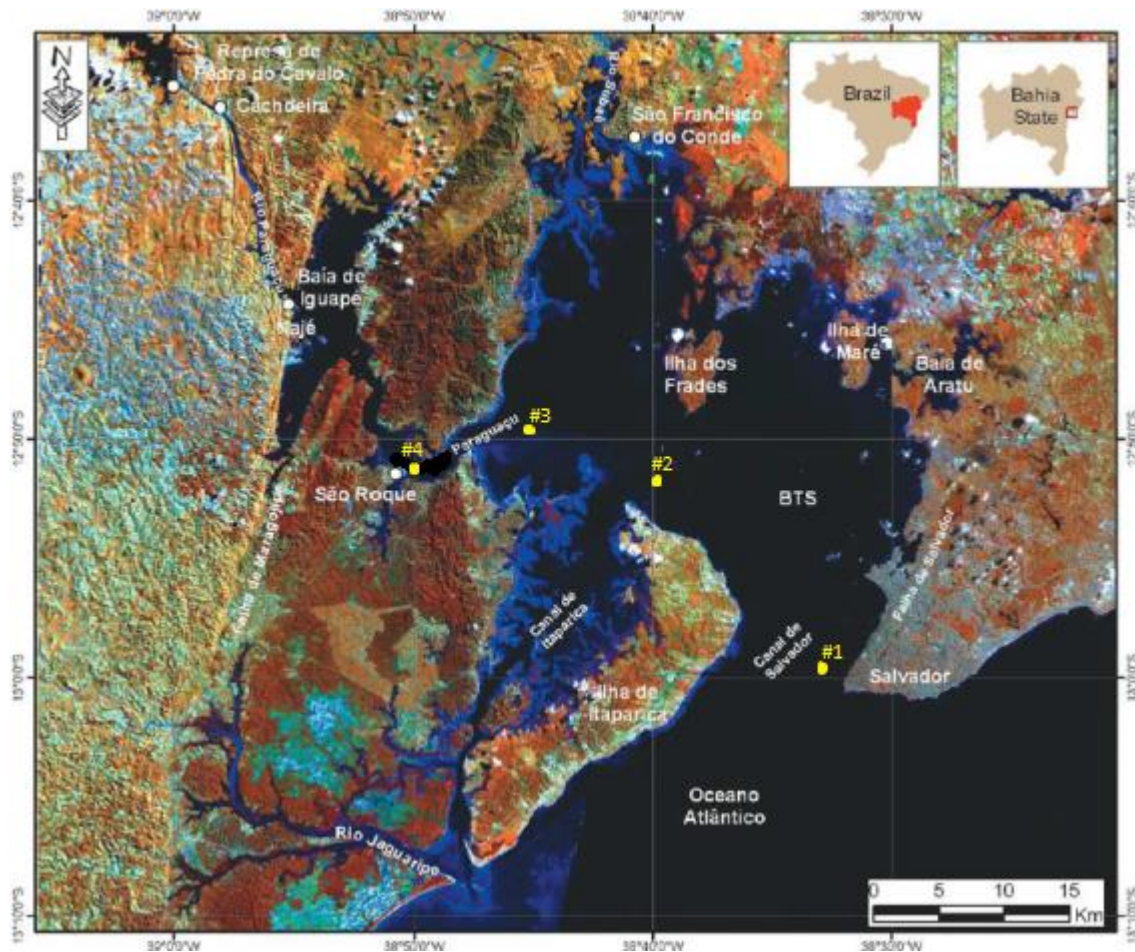
Esta baía é caracterizada pela presença de manguezais, que proporcionam refúgio contra predadores e constituem ricas áreas de alimentação (LOWE-MCCONNEL, 1999), além de atuarem como berçários para diferentes espécies de peixes (MAFALDA JÚNIOR et al., 2008; KATSURAGAWA et al., 2011). Contudo, possui em seu entorno indústrias químicas e um complexo portuário, que serve ao Centro Industrial de Aratu. Essas atividades industriais e portuárias comprometeram a qualidade da água e do substrato de fundo da baía (PEREIRA, 2008).

A amostragem foi realizada entre fevereiro/2013 e dezembro/2013 bimensalmente na maré de sizígia, utilizando-se uma lancha rápida ao longo do eixo principal da BTS entre o Porto da Barra e a cidade de São Roque, logo abaixo do rio Paraguaçu, principal sistema fluvial a desaguar na baía e atualmente foco de expansão da indústria naval e portuária na BTS. As coletas foram realizadas em 4 estações de amostragem (Quadro 2; Figura 3), com distância aproximada de 50 km, totalizando 6 cruzeiros e 24 estações oceanográficas. As estações de amostragem foram realizadas acompanhando o avanço da estufa de maré enchente para o interior da baía, mantendo a mesma situação dinâmica ao longo das estações o que caracteriza uma amostragem sinóptica.

**Quadro 2** - Latitude, longitude e profundidade média (PM) em metros das estações de amostragem ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

Estação Amostrал	PM	Latitude	Longitude
#1	32	12°59'33.0"S	38°32'93.0"O
#2	28	12°52'0.0"S	38°39'39.0"O
#3	18	12°49'24.0"S	38°45'47.0"O
#4	33	12°51'3.6"S	38°50'26.4"O

**Figura 3** - Localização das estações de amostragem na Baía de Todos os Santos, Bahia



Fonte: modificado de CIRANO e LESSA, 2007

As amostras para a análise da densidade fitoplanctônica foram coletadas em subsuperfície (análise quantitativa), mediante o uso de uma garrafa de Van Dor. Para as coletas do zoo e ictioplâncton foi utilizada uma rede cônica de 200 micrômetros de abertura de malha e boca de 60 centímetros, dotada de fluxômetro mecânico para avaliação do fluxo de

água, fornecendo subsídio para o cálculo do número de indivíduos coletados por m<sup>3</sup> de água filtrada. Em cada ponto, foram feitos arrastos subsuperficiais durante 3 minutos, a uma velocidade de 2 nós. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos apropriados e preservadas em solução aquosa de formaldeído 4%, neutralizada com tetraborato de sódio, para estudo quantitativo em microscópio binocular (fitoplâncton) e microscópio estereoscópico (zoo e ictioplâncton). A análise dos dados envolveu a estimativa de biovolume do zooplâncton e densidades do fito, zoo e ictioplâncton.

Em cada estação de amostragem foi realizada uma perfilagem vertical da coluna d'água com um CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*), visando a obtenção de dados de salinidade, temperatura e profundidade, e com sensores portáteis para obtermos o oxigênio, pH e a turbidez. As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno previamente lavados com HCl1:1 e água destilada. No laboratório, foram determinados os nutrientes inorgânicos dissolvidos e a clorofila-a, seguindo a metodologia de Grasshoff et al. (1983) e Parsons et. al. (1984), respectivamente.

Para testar se a pluviosidade mensal observada durante o ano de 2013 foi àquela esperada em relação à média dos últimos 16 anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2012), foi empregado o Teste de Qui-quadrado (teste de aderência para proporções esperadas desiguais).

Os dados oceanográficos (temperatura, salinidade, transparência, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, fosfato, nitrito, nitrato, sílica e clorofila-a) e os dados de plâncton (densidade de fitoplâncton, biovolume de zooplâncton, densidade de zooplâncton, densidade de ovo de peixe, densidade de larva de peixe) foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (SW) para avaliar a sua normalidade.

A análise inferencial da variabilidade espacial e temporal da estrutura oceanográfica e do plâncton foi realizada mediante o emprego da Análise de Variância (ANOVA): dois critérios (ZAR, 1984), onde os resultados são apresentados sob a forma de 2 F-testes: tratamentos (variabilidade espacial) e blocos (variabilidade temporal) (AYRES et al., 2000). Neste caso os tratamentos foram as quatro estações de amostragem (1, 2, 3 e 4) e os blocos foram os seis cruzeiros realizados no período de estudo. Caso tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos ou entre os blocos, foi efetuado o teste de Tukey, um teste de comparações múltiplas, que permite testar a diferença entre duas médias, “a posteriori”. Todas as análises inferenciais foram realizadas através do programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2000).

A Análise de Componentes Principais é indicada para conjuntos de medidas correlacionadas linearmente, o que permite reduzi-las a poucas variáveis sintéticas,



denominadas componentes principais (PIELOU, 1984). O PCA assume que os dados sejam próximos à normalidade multivariada, onde a sua principal função é a discriminação das variáveis ambientais que mais captaram variância nos dois primeiros eixos. A eliminação das variáveis redundantes auxilia no aumento desta variância. Quando mesmo assim a captura da variância é baixa (< 50%), há indícios de que as variáveis medidas não são apropriadas para descrever a estrutura do ambiente, ou que a qualidade dos dados é baixa. A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que este gradiente foi linear, optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na densidade planctônica em função das variáveis hidrológicas. O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística da Análise de Redundância.

### **4.3 Resultados**

#### *4.3.1 Precipitação Pluviométrica*

A pluviosidade mensal total (Tabela 1) registrada entre janeiro e dezembro de 2013, indicou que o volume de chuvas observado mensalmente, não foi o esperado em relação à média dos últimos 16 anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2012), conforme o teste de aderência para proporções esperadas desiguais (Teste de Qui-quadrado,  $p < 0,0001$ ). Apenas o mês de setembro de 2013 apresentou a pluviosidade esperada, todos os outros meses apresentaram uma pluviosidade superior ou inferior em relação ao esperado (Figura 4). O segundo semestre do ano não pode ser caracterizado como um período seco em função da elevada pluviosidade verificada entre agosto e dezembro.

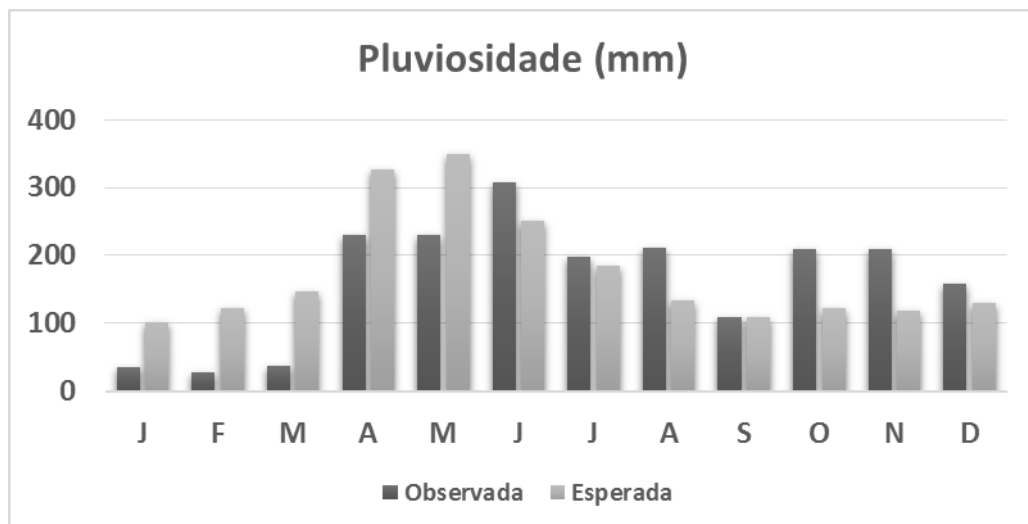
#### *4.3.2 Diagrama T-S*

As massas de água presentes no transecto BTS podem ser visualizadas no diagrama T-S (Figura 5). Nos meses junho, agosto, outubro e dezembro (Tabela 2), foi registrada a presença de massa de Água Costeira, com salinidade abaixo de 36. Nas duas primeiras campanhas foi registrada apenas a presença da massa de Água Tropical (AT), temperatura superior a 20 °C e salinidade maior que 36 (SILVEIRA et al., 2000).

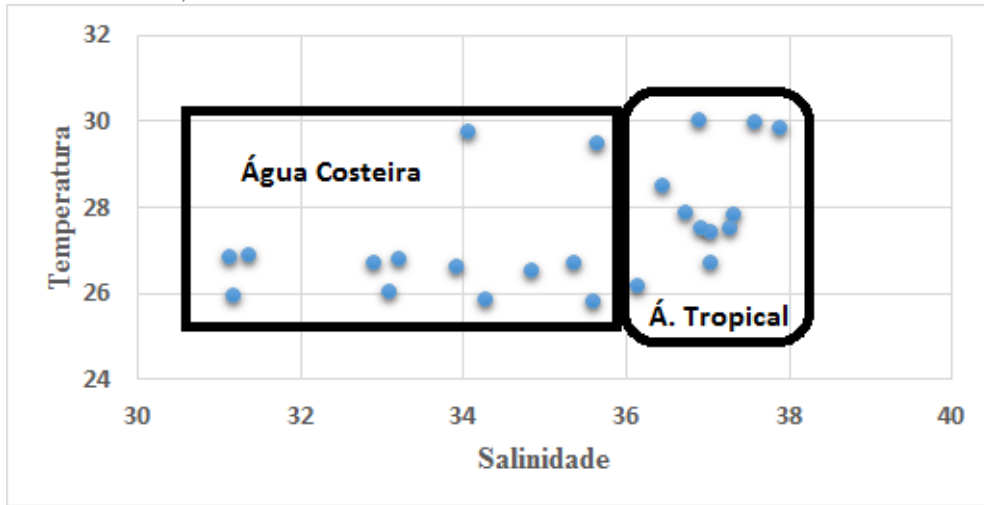
**Tabela 1** - Precipitação pluviométrica (mm), observada e esperada no ano de 2013, respectiva classificação do mês e massas de água (C, Água Costeira; T, Água Tropical), presentes durante a amostragem no transecto BTS, Bahia

Mês	Classificação	Observada	Esperada	Massa de água
jan/13	Seco	36	102	
fev/13	Seco	29	122	T
mar/13	Seco	38	148	
abr/13	Chuvoso	231	326	T
mai/13	Chuvoso	231	350	
jun/13	Chuvoso	314	251	C
jul/13	Chuvoso	198	185	
ago/13	Chuvoso	211	134	C
set/13	Seco	109	110	
out/13	Chuvoso	209	123	C, T
nov/13	Chuvoso	209	119	
dez/13	Chuvoso	158	131	C, T
<b>Média</b>		164	175	

**Figura 4** - Precipitação pluviométrica (mm) mensal observada (janeiro a dezembro de 2013), e esperada (média entre janeiro de 1997 e dezembro de 2012), em Salvador, Bahia



**Figura 5** - Diagrama T-S obtido entre janeiro e dezembro de 2013, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



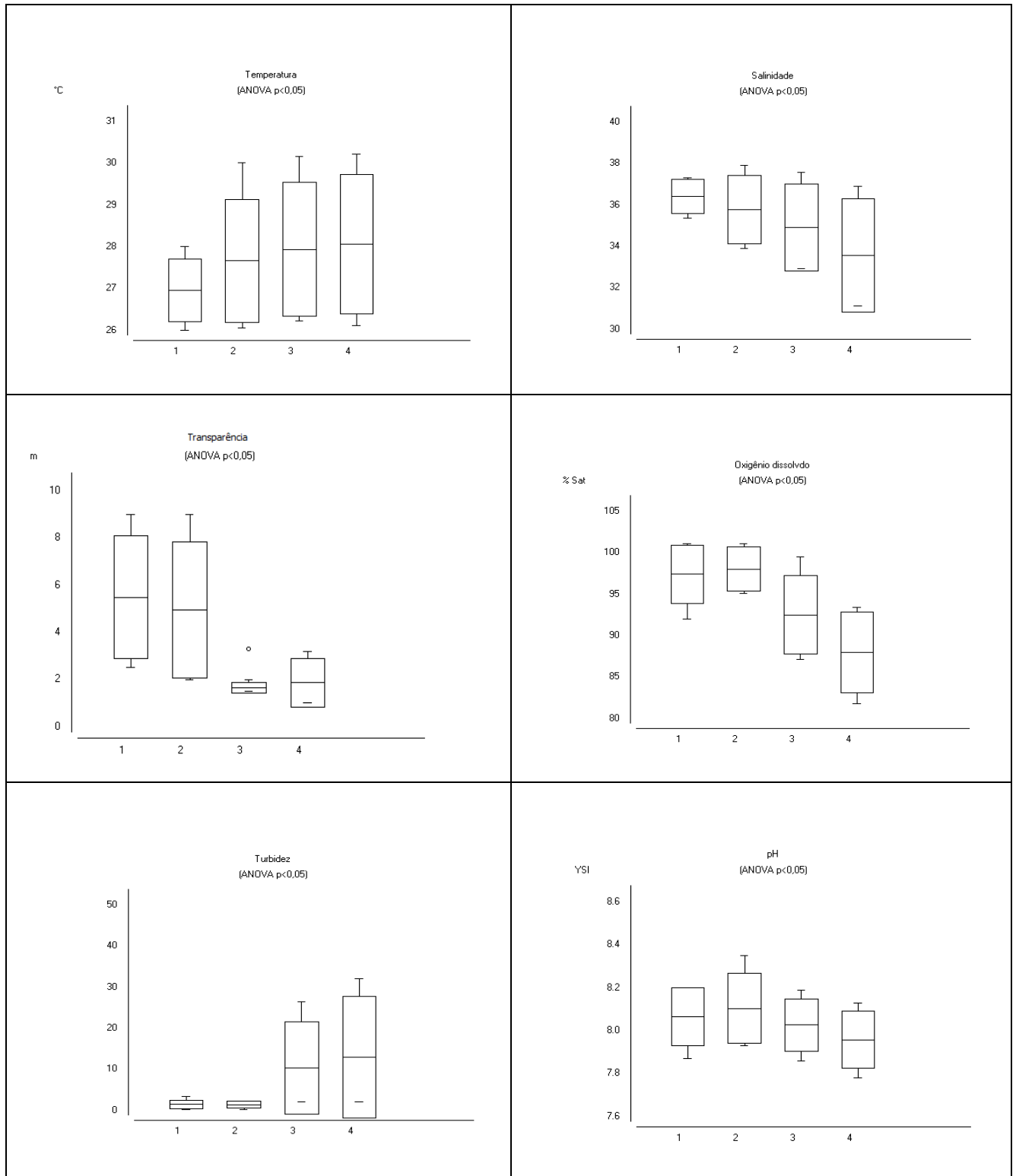
#### 4.3.3 Variabilidade espacial da hidrologia

Foi encontrada variabilidade espacial significativa entre as quatro estações de amostragem (ANOVA,  $p < 0,05$ ), para as seguintes variáveis hidrológicas (Tabela 2): temperatura (variando de 26,77 °C – 27,87 °C), salinidade (33,57 – 36,41), transparência (1,87 m – 5,48 m), percentual de saturação de oxigênio (88% – 98%), turbidez (1,3 – 12,92), pH (7,96 – 8,10), nitrito (0,05  $\mu\text{M}$  – 0,89  $\mu\text{M}$ ), sílica (3,16  $\mu\text{M}$  – 5,00  $\mu\text{M}$ ) e clorofila-a (0,54  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  – 1,72  $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Apenas para fosfato e nitrato não foi encontrada diferença estatística significativa entre as estações de amostragem. A análise estatística descritiva das variáveis hidrológicas analisadas no transecto BTS pode ser visualizada nas Figuras 6 e 7.

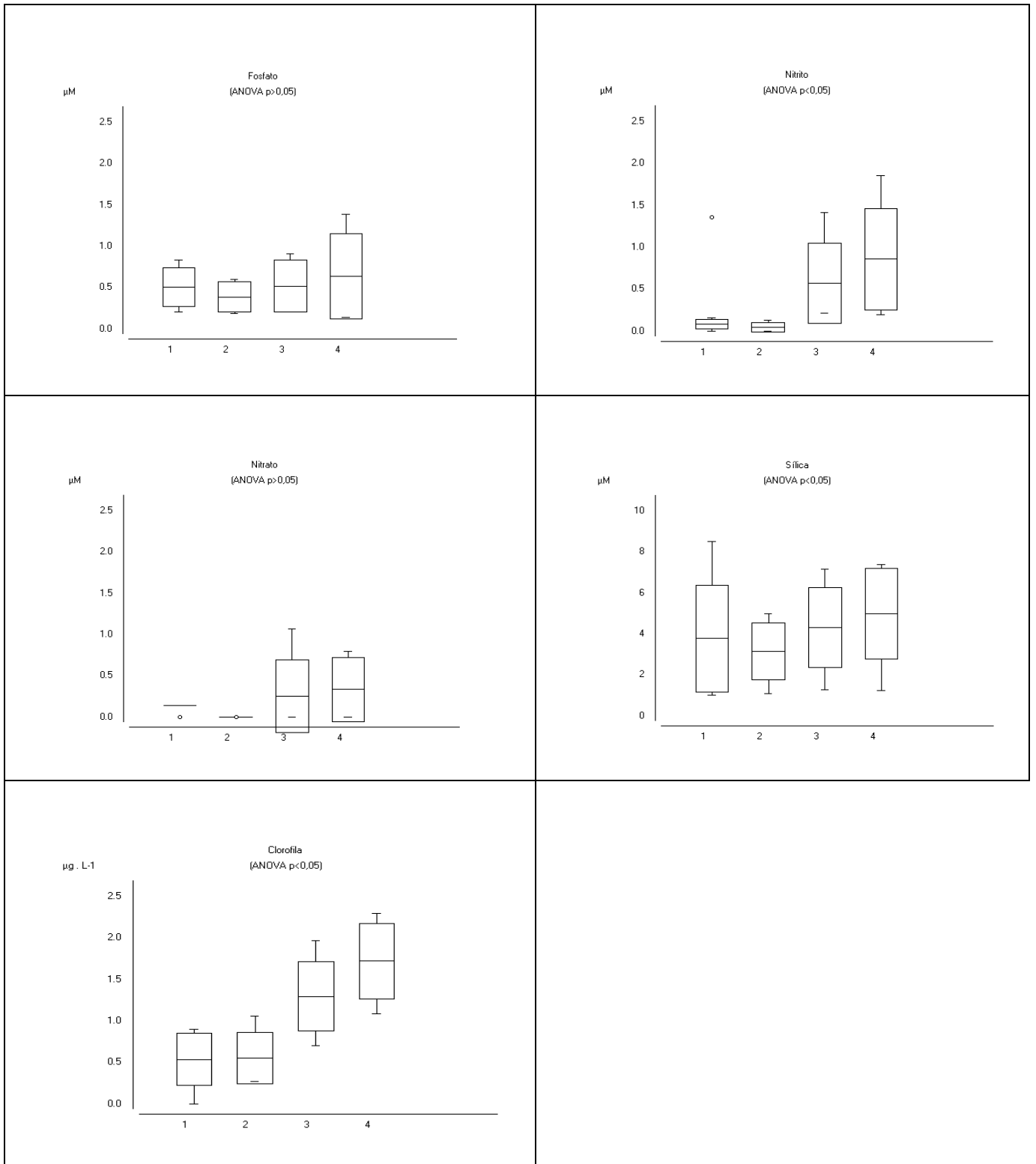
**Tabela 2** - Resultados da média das variáveis ambientais, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial (estações de amostragem: 1, 2, 3 e 4) ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

	1	2	3	4	ANOVA	1 x 2	1 x 3	1 x 4	2 x 3	2 x 4	3x4
<b>Temperatura (°C)</b>	26,77	27,47	27,74	27,87	<b>(p) &lt;0,05</b>			<0,05			
<b>Salinidade</b>	36,41	35,77	34,90	33,57	<b>(p) &lt;0,05</b>		<0,05	< 0.01		< 0.01	
<b>Transparência (m)</b>	5,48	4,95	1,93	1,87	<b>(p) &lt;0,05</b>		< 0.01	< 0.01	<0,05	<0,05	
<b>% Saturação de Oxigênio</b>	97	98	92	88	<b>(p) &lt;0,05</b>		<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05
<b>Turbidez</b>	1,42	1,36	10,37	12,92	<b>(p) &lt;0,05</b>						
<b>pH (YSI)</b>	8,06	8,10	8,03	7,96	<b>(p) &lt;0,05</b>			<0,01	<0,05	<0,01	<0,05
<b>Fosfato (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	0,51	0,39	0,52	0,64	<b>(p) &gt;0,05</b>						
<b>Nitrito (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	0,30	0,05	0,58	0,89	<b>(p) &lt;0,05</b>			<0,05		<0,01	
<b>Nitrato (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	0,14	0,01	0,25	0,34	<b>(p) &gt;0,05</b>						
<b>Sílica (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	3,78	3,16	4,32	5,00	<b>(p) &lt;0,05</b>					<0,01	
<b>Clorofila-a (<math>\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}</math>)</b>	0,54	0,55	1,30	1,72	<b>(p) &lt;0,05</b>		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05

**Figura 6** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para a qualidade da água (temperatura, salinidade, transparência, oxigênio dissolvido, turbidez e pH) entre as estações de coleta ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



**Figura 7** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para a qualidade da água (fosfato, nitrito, nitrato, sílica e clorofila-a) entre as estações de coleta ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



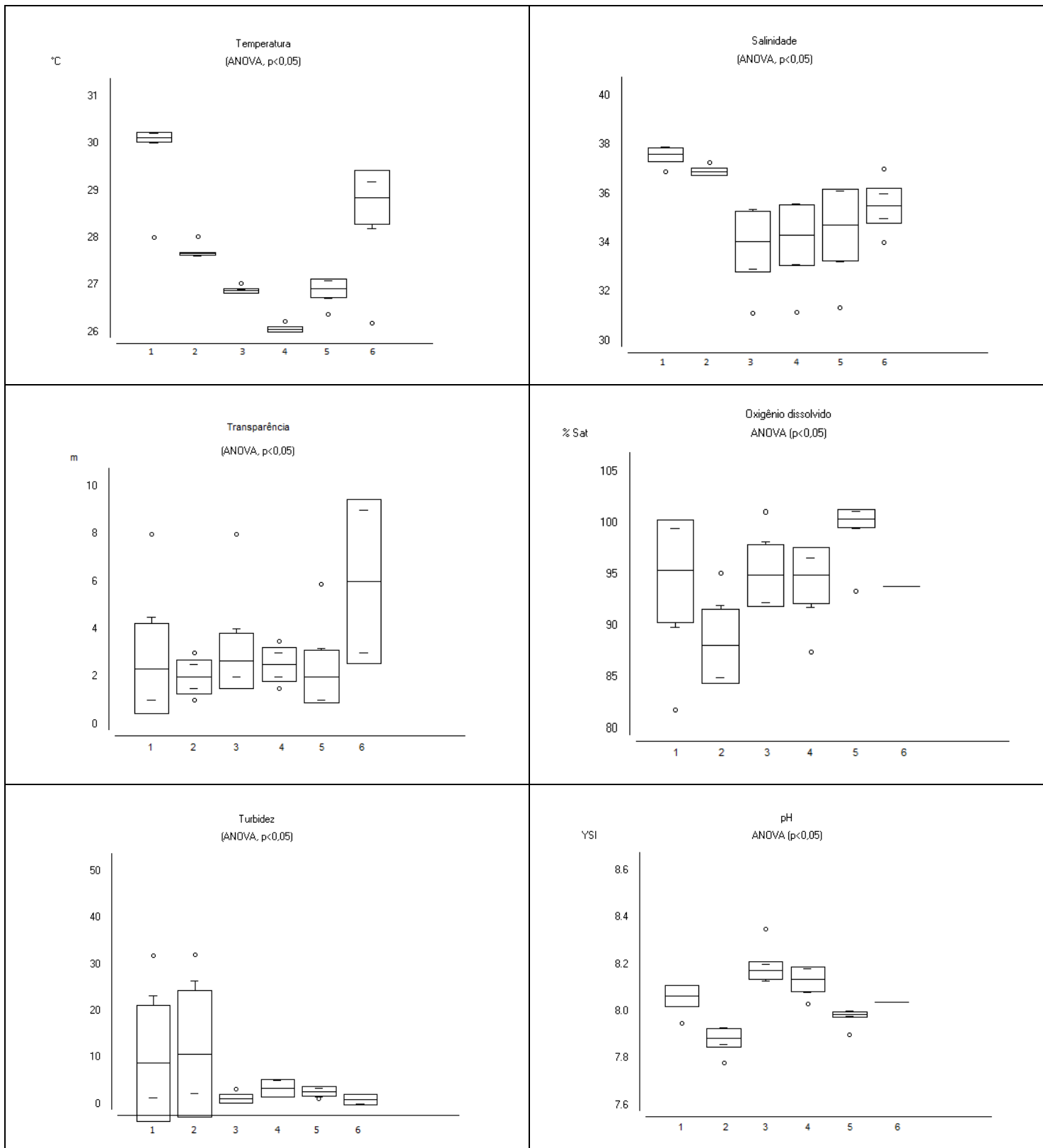
#### 4.3.4 Variabilidade temporal da hidrologia

Foi encontrada variabilidade temporal significativa entre as seis campanhas (**ANOVA,  $p < 0,05$** ), para as seguintes variáveis hidrológicas (Tabela 3): temperatura, salinidade, transparência, percentual de saturação de oxigênio, turbidez, pH, fosfato, nitrito, sílica e clorofila-a. Não encontramos variabilidade significativa entre as campanhas apenas para o nitrato. A análise estatística descritiva das variáveis hidrológicas analisadas no transecto BTS pode ser visualizada nas Figuras 8 e 9.

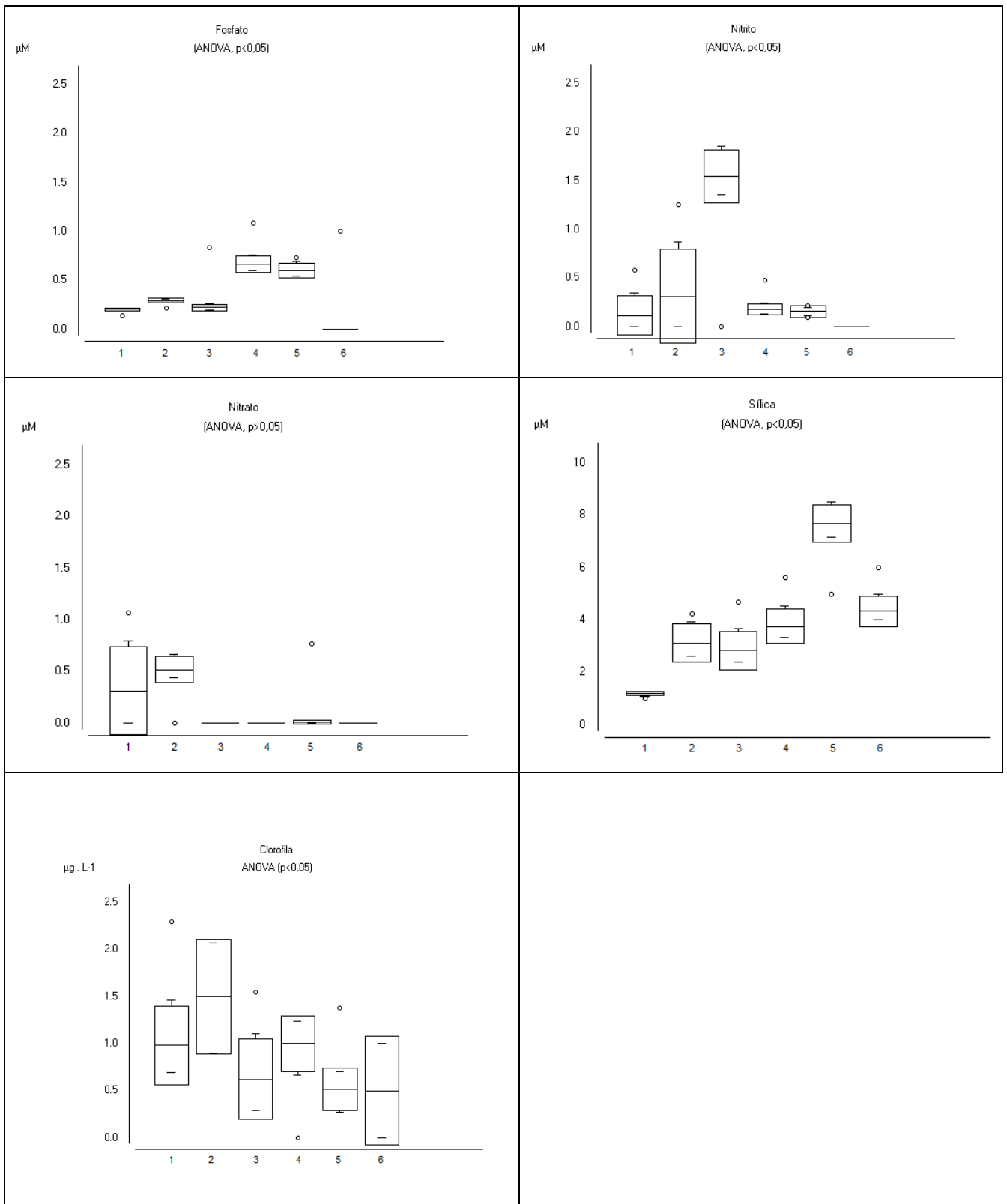
**Tabela 3** - Resultados da média das variáveis ambientais, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal (campanhas de amostragem: 1, 2, 3, 4, 5 e 6), ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>ANOVA</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	29,41	27,56	26,73	25,91	26,60	28,00	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Salinidade</b>	37,43	37,00	33,38	33,54	33,89	35,50	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Transparência (m)</b>	3,75	2,00	4,00	2,50	2,98	6,00	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>% Saturação de Oxigênio</b>	92	90	96	93	99	94	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Turbidez</b>	14,54	16,04	1,68	3,38	2,28	1,00	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>pH (YSI)</b>	8,04	7,86	8,23	8,11	7,96	8,0	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Fosfato (µM)</b>	0,18	0,28	0,38	0,77	0,63	0.6325	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Nitrito (µM)</b>	0,23	0,55	1,16	0,25	0,16	0,00	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Nitrato (µM)</b>	0,59	0,30	0,00	0,00	0,20	0,00	<b>(p) &gt;0,05</b>
<b>Sílica (µM)</b>	1,14	3,41	3,30	4,23	7,01	4,75	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Clorofila-a (µg . L<sup>-1</sup>)</b>	1,31	1,50	0,86	0,75	0,73	0,50	<b>(p) &lt;0,05</b>

**Figura 8** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para a qualidade da água (temperatura, salinidade, transparência, oxigênio dissolvido, turbidez e pH) entre as campanhas de amostragem, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



**Figura 9** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para a qualidade da água (fosfato, nitrito, nitrato, sílica e clorofila) entre as campanhas de amostragem, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia





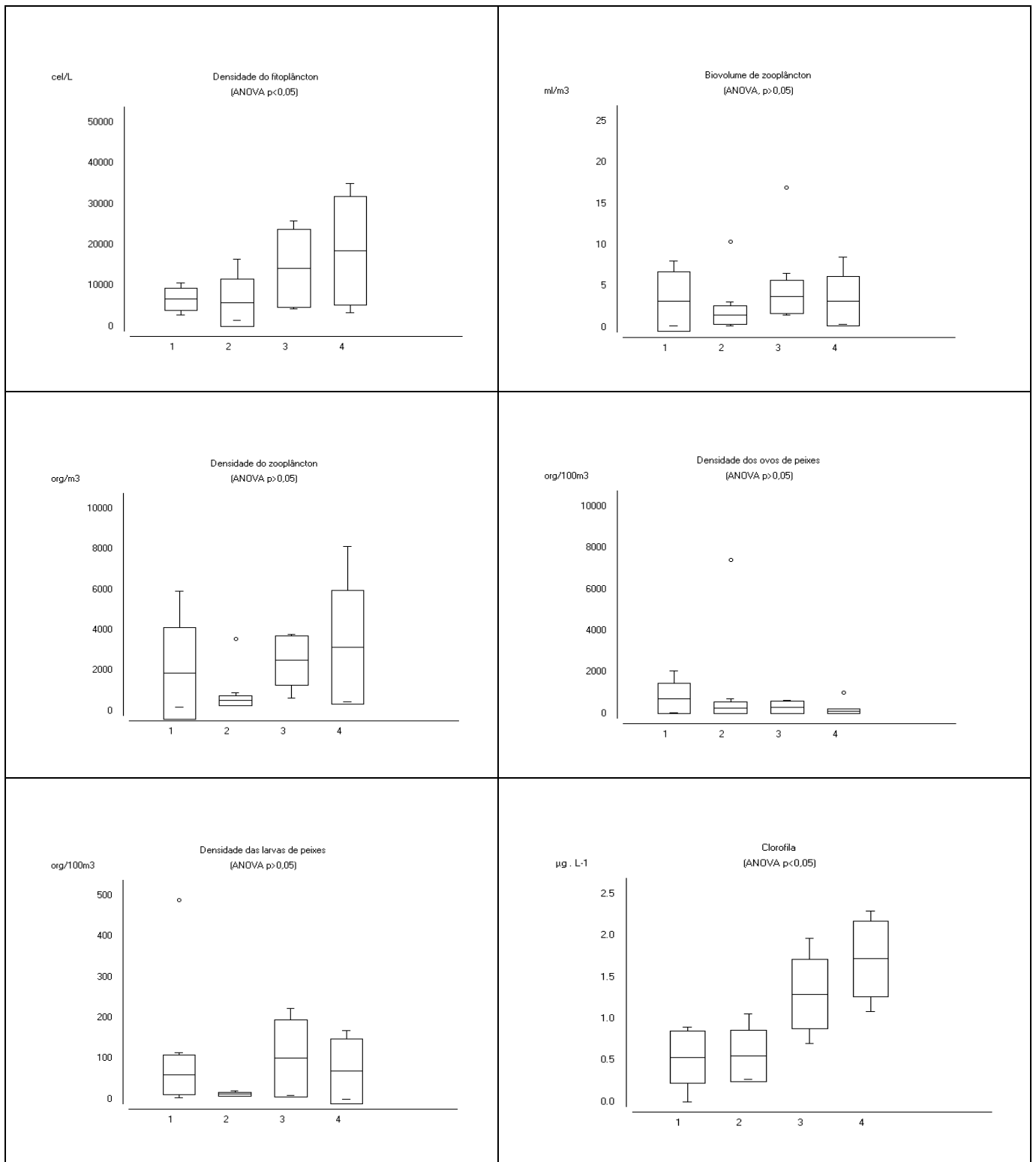
#### 4.3.5 Variabilidade espacial do plâncton

Foi encontrada diferença estatística significativa (Tabela 4) entre as quatro estações de amostragem (**ANOVA,  $p < 0,05$** ), apenas para a densidade do fitoplâncton (5861 cel/L – 14257 cel/L). Não houve variabilidade espacial significativa para o biovolume e densidade do zooplâncton, nem para a densidade de ovos e larvas de peixes. A análise estatística descritiva para as variáveis planctônicas pode ser visualizada nos Box-plot (Figura 10).

**Tabela 4** - Resultados da média das variáveis planctônicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial (estações de amostragem: 1, 2, 3 e 4), ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

	1	2	3	4	ANOVA	1 x 2	1 x 3	1 x 4	2 x 3	2 x 4	3x4
<b>Fitoplâncton (cel/L)</b>	6712	5861	14257	13377	<b>(p) &lt;0,05</b>			<0,05		<0,05	
<b>Biovolume (ml/m<sup>3</sup>)</b>	3,17	2,98	5,93	3,20	<b>(p) &gt;0,05</b>						
<b>Zooplâncton (org/m<sup>3</sup>)</b>	1867	1025	2496	3160	<b>(p) &gt;0,05</b>						
<b>Ovos de peixes (org/100 m<sup>3</sup>)</b>	730	1469	295	270	<b>(p) &gt;0,05</b>						
<b>Larvas de peixes (org/100 m<sup>3</sup>)</b>	132	12	100	69	<b>(p) &gt;0,05</b>						

**Figura 10** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para as variáveis planctônicas entre as campanhas de amostragem, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



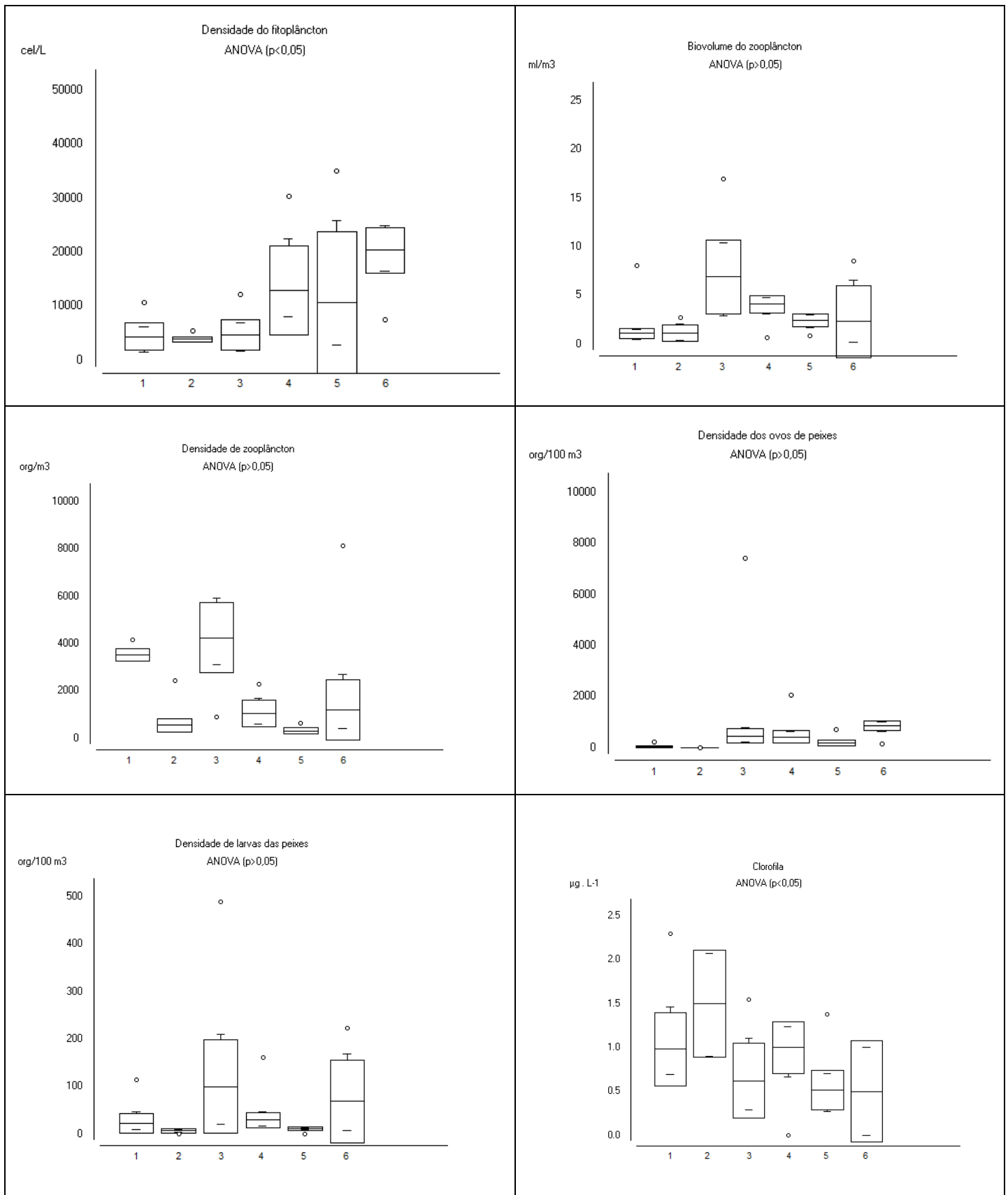
#### 4.3.6 Variabilidade temporal do plâncton

Foi verificada variabilidade temporal significativa (**ANOVA,  $p < 0,05$** ) somente para a densidade do fitoplâncton (4278 cel/L – 17291 cel/L). Não ocorreu diferença significativa entre as campanhas, para o biovolume do zooplâncton, a densidade do zooplâncton, e a densidade dos ovos e larvas de peixes (Tabela 5). A análise estatística descritiva para as variáveis planctônicas nos pontos de coleta pode ser visualizada nos Box-plot (Figura 11).

**Tabela 5** - Resultados da média das variáveis planctônicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal (campanhas de amostragem: 1, 2, 3, 4, 5 e 6) , ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>ANOVA</b>
<b>Fitoplâncton (cel/L)</b>	5949	4278	6597	17291	16838	17137	<b>(p) &lt;0,05</b>
<b>Biovolume (ml/m<sup>3</sup>)</b>	2,85	1,52	9,42	3,25	2,00	3,88	<b>(p) &gt;0,05</b>
<b>Zooplâncton (org/m<sup>3</sup>)</b>	3692	1025	3413	1361	394	2938	<b>(p) &gt;0,05</b>
<b>Ovos de peixes (org/100 m<sup>3</sup>)</b>	84	12	2205	834	323	688	<b>(p) &gt;0,05</b>
<b>Larvas de peixes (org/100 m<sup>3</sup>)</b>	46	26	198	63	32	108	<b>(p) &gt;0,05</b>

**Figura 11** - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para as variáveis planctônicas entre as campanhas de amostragem, ao longo do transecto realizado na Baía de Todos os Santos, Bahia



#### 4.3.7 Análise de Componentes Principais (PCA)

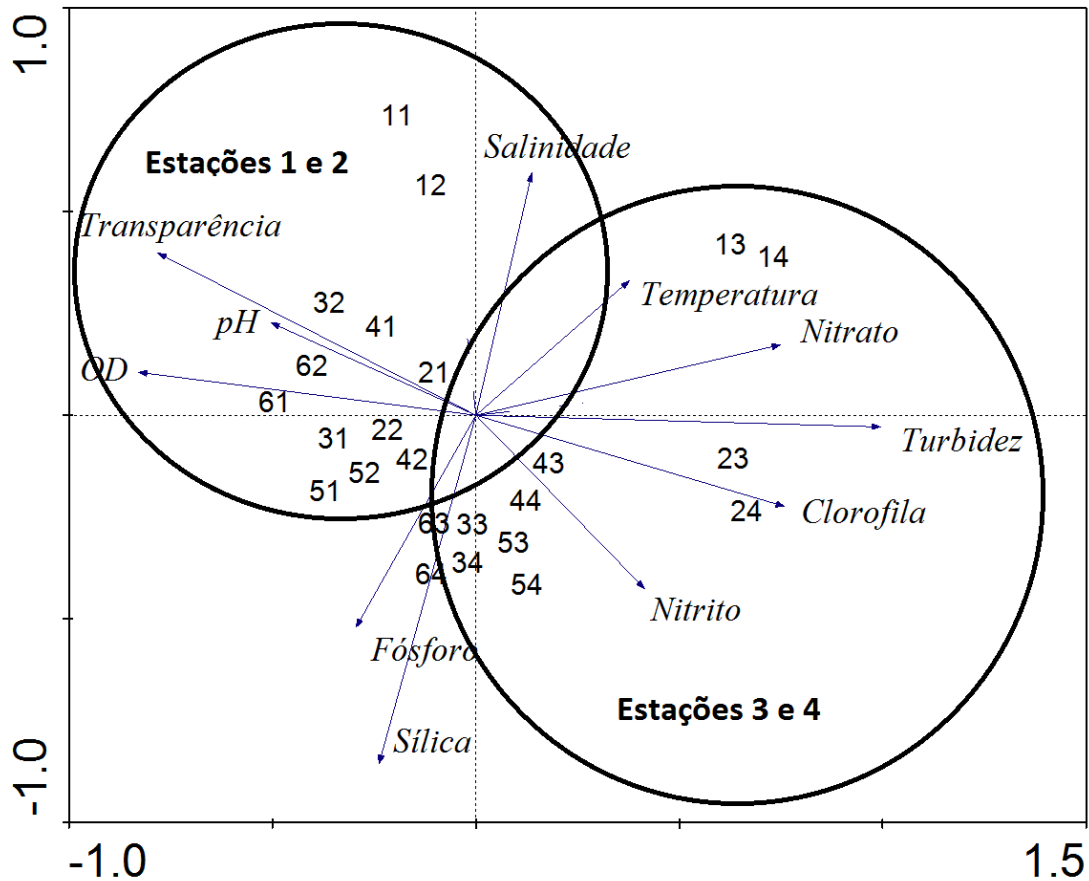
O primeiro componente principal explicou 75% da variância, enquanto que o segundo componente explicou 12% da variância total dos dados hidrológicos (Tabela 6). Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 87% da variância dos dados hidrológicos (estrutura oceanográfica e qualidade da água) e foram empregados para a elaboração do diagrama de ordenação (Figura 12).

**Tabela 6** - Resultados da Análise de Componentes Principais baseado na hidrologia, em 2013, no transecto BTS, Bahia

<b>Componentes</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>P.Acumulada (%)</b>
1	75	75
2	12	87
3	4	91
4	3	94

A separação das estações de amostragem foi consequência da variabilidade espacial da hidrologia, baseada na estrutura oceanográfica e na geoquímica da água, ao longo do transecto BTS (Figura 12). As estações de amostragem 1 e 2, realizadas nas campanhas 1 a 6, estiveram posicionadas no lado esquerdo do diagrama de ordenação, vinculadas a Água tropical, que apresentaram as maiores concentrações de salinidade, pH, oxigênio dissolvido e transparência. As estações de amostragem 3 e 4, também realizadas nas campanhas 1 a 6, situaram-se no lado direito do diagrama de ordenação, sob influência de água Costeira, com maior temperatura, turbidez, concentração de nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a.

**Figura 12:** Diagrama de Ordenação para a Análise de Componentes Principais relacionando as estações de amostragem, estrutura oceanográfica e qualidade da água, em 2013, no transecto BTS, Bahia. (O primeiro algarismo corresponde às campanhas 1 a 6, enquanto que o segundo algarismo corresponde às estações de amostragem 1 a 4)



#### 4.3.8 Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA)

A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental, ou seja a resposta das variáveis planctônicas a variabilidade espaço-temporal da hidrologia. Uma vez que este gradiente foi linear (igual a 1,1), optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na densidade fito, zoo e ictoplânctônica, em função da estrutura oceanográfica e da qualidade da água. A análise DCCA foi considerada significativa estatisticamente, uma vez que o teste de Monte-Carlo para a soma de todos os eixos canônicos apresentou valor significativo ( $p=0,004$ ).

#### 4.3.9 Análise de Redundância (RDA “STEP-WISE”)

O teste de Permutações de Monte Carlo foi empregado para verificar quais variáveis hidrológicas contribuíram de forma significativa para o gradiente ambiental ( $p < 0,05$ ), sendo estas variáveis (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, transparência, turbidez, nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a) selecionadas para a Análise de Redundância “step wise”. Este procedimento permitiu identificar o conjunto mínimo de variáveis que explica a variação nos dados de plâncton. Os coeficientes de correlação linear entre as variáveis oceanográficas ( $< 0,75$ ) obtidos durante as Análises de Redundância indicaram a ausência de covariáveis, ou seja, de variáveis altamente correlacionadas.

O diagrama de ordenação (Figura 13) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) porque eles explicaram 73,5% da variação percentual acumulada da relação entre o plâncton e as variáveis ambientais (Tabela 7). As correlações das variáveis ambientais com os dois primeiros eixos canônicos, foram usadas para avaliar a importância relativa de cada variável, onde valores absolutos de coeficientes de correlação  $> 0,4$ , são significativos e podem ser considerados importantes biologicamente. Desta forma, as variáveis hidrológicas apresentaram a seguinte ordem de importância na explicabilidade da variabilidade espaço-temporal do plâncton: turbidez, clorofila-a, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sílica, salinidade, nitrito, fósforo, nitrato e transparência.

A soma dos autovalores canônicos representou 76% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 7). Ou seja, nesta AR, cerca de 76% da variabilidade na densidade planctônica foi explicado pela variabilidade temporal da estrutura oceanográfica e da qualidade da água na BTS. Isto indica que não houve um efeito restritivo da construção do relacionamento ambiental dentro do modelo de AR. A correlação linear entre plâncton e hidrologia, apresentou valores muito elevados, oscilando entre 0,756 e 0,917.

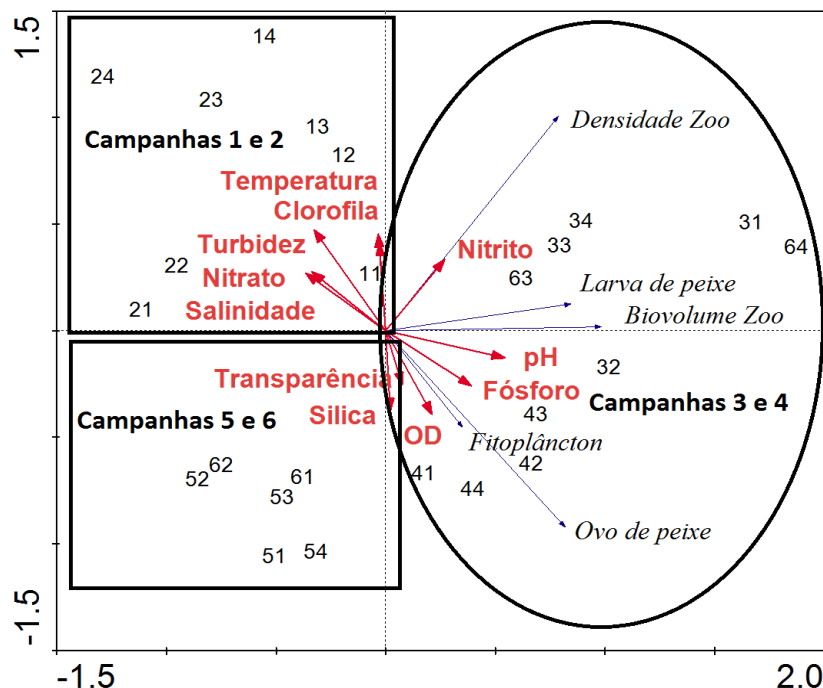
Neste diagrama de ordenação (Figura 13), verificou-se uma nítida separação das campanhas de amostragem, em função das correlações significativas entre a hidrologia e o plâncton. As estações de amostragem vinculadas as Campanha 1 e 2 (fevereiro e abril de 2013), apresentaram os maiores valores de turbidez, clorofila-a, temperatura, salinidade e nitrato, vinculados a menores concentrações de plâncton. As campanhas 3 e 4 (junho e agosto de 2013), apresentou os valores mais elevados de biovolume de zooplâncton, densidade zooplanctônica, densidade de ovos e larvas de peixes e densidade fitoplanctônica, associados as maiores concentrações de pH, oxigênio dissolvido, nitrito e fósforo. Já as campanhas 5 e 6 (outubro e

dezembro de 2013), apresentaram os valores mais elevados de transparência e sílica, bem como valores elevados de densidade fitoplanctônica e densidade de ovos de peixes.

**Tabela 7** - Resumo estatístico da Análise de Redundância realizada para a hidrologia e plâncton, em 2013, no transecto BTS, Bahia

	Eixos			
	1	2	3	4
<b>Autovalores</b>	0.383	0.175	0.132	0.046
<b>Correlações hidrologia e plâncton</b>	0.917	0.915	0.854	0.756
<b>Variância Percentual Acumulada:</b>				
<b>nos dados de plâncton</b>	38.3	55.8	69.0	73.6
<b>na relação plâncton e hidrologia</b>	50.5	73.5	90.9	96.9
<b>Soma de todos os Autovalores</b>	1			
<b>Soma dos autovalores Canônicos</b>	0.759			
<b>Significância do primeiro eixo canônico</b>	p=0.03			
<b>Significância de todos eixos canônicos</b>	p=0.004			

**Figura 13** - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, variáveis hidrológicas (estrutura oceanográfica e qualidade da água) e variáveis planctônicas (densidade de fitoplâncton, biovolume de zooplâncton, densidade de zooplâncton, densidade de ovos e de densidade de larvas de peixes), no transecto BTS, Bahia. (O primeiro algarismo corresponde às campanhas 1 a 6, enquanto que o segundo algarismo corresponde às estações de amostragem 1 a 4)





Os resultados do teste de Monte-Carlo para a significância do primeiro eixo canônico ( $p=0,02$ ) e para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ) indicam que a RDA realizada foi muito significativa estatisticamente, permitindo validar esta Análise de Redundância.

## **4.4 Discussão**

### *4.4.1 Ambiente oceanográfico e geoquímico*

O clima da Baía de Todos dos Santos é caracterizado como tropical-úmido com marcante ciclo sazonal. O padrão de precipitação pluviométrica de Salvador analisado ao longo de 40 anos, apresenta um período seco, entre agosto e fevereiro e, um período chuvoso entre março e julho (PEREIRA; LESSA, 2009). Durante os meses do período seco a pluviosidade é inferior a 140 mm e no período chuvoso é superior a este valor. Este é o mesmo padrão verificado no norte da Baía de Todos os Santos (MAFALDA JÚNIOR et al., 2003) e no litoral norte da Bahia (MAFALDA JÚNIOR et al., 2004a), que se apresenta como um padrão geral das chuvas da região nordeste, onde a época de maior pluviometria envolve o inverno e o outono e a época de menor pluviometria situa-se entre a primavera e o verão (TUBELIS, 1984). Como não choveu o esperado durante o ano de 2013, apenas a amostragem realizada no mês de fevereiro ocorreu durante um período seco (precipitação abaixo de 140 mm), enquanto que, as outras cinco campanhas foram realizadas no período chuvoso.

Ao longo do perfil BTS o gradiente oceanográfico foi estabelecido pela presença de duas massas de água, denominadas Água Costeira, de características euhalina (salinidade entre 30 e 40) e Água Tropical, com elevada temperatura e salinidade. A água Costeira predominou nas estações 3 e 4, enquanto que, a água Tropical predominou nas estações 1 e 2, localizadas na entrada da BTS. Nos meses de fevereiro e abril foi encontrada apenas água Tropical, caracterizada por temperaturas superiores a 20 °C e salinidade acima de 36 (SILVEIRA et al., 2000), que adentra a baía nos meses de verão (CIRANO; LESSA, 2007). A BTS é a única baía, das 24 presentes em litoral brasileiro que apresenta penetração de água Tropical em seu interior (LESSA et al., 2009). Esse fenômeno está relacionado com a estreita plataforma continental que bordeja o litoral norte do estado da Bahia, que no município de Salvador chega a ter 10km de extensão (SUMMERHAYES, 1975).

Entre os meses de junho e dezembro foi registrada também a formação de uma massa de água Costeira, caracterizada por ser menos salina e mais fria que a água Tropical, essa

massa de água dificulta a penetração da água Tropical, porém durante o período de estudo, em nenhum momento a massa de água Costeira foi exclusiva na BTS. A massa de água costeira é formada em função da elevação da pluviosidade e consequente aumento da vazão estuarina (MAFALDA JÚNIOR et al. 2003). No monitoramento hidroquímico realizado no norte da BTS, em 1994, tanto no período seco como no chuvoso, foi registrada apenas a Água Costeira (MAFALDA JÚNIOR et al., 2003). Já no porto de Aratu (FERREIRA et al., 2012; FORTENETO et al., 2014; MALTEZ et al., 2014) e no Porto de Salvador (UFBA/CODEBA, 2011) também foi registrada a ocorrência simultânea das massas de Água Tropical e Costeira, que foi observada no final do período chuvoso.

Evidenciou-se um padrão de variabilidade térmica na área de estudo, que se caracterizou por temperaturas mais elevadas durante as campanhas de fevereiro e dezembro e por temperaturas mais baixas nos meses de junho a outubro, padrão que também foi observado no norte da baía de Todos os Santos (MAFALDA JÚNIOR. et al., 2003), no litoral norte da Bahia (MAFALDA JÚNIOR et al., 2004a) e na baía de Aratu (FERREIRA et al., 2012; MALTEZ et al., 2014). Ficou claro também um gradiente de temperatura da estação 1 (entrada da BTS) à estação 4 (desembocadura do rio Paraguaçu), devido à menor profundidade encontrada no estuário e, conseqüentemente, um menor volume de água a receber incidência de luz solar. Padrão esse que já havia sido encontrado por Pereira (2013) e Aboim (2014) na BTS.

As variações sazonais que ocorrem em alguns parâmetros físicos e químicos da água de regiões tropicais estão relacionadas com fatores climatológicos, como a precipitação pluviométrica, a evaporação, a circulação local, as correntes e a ação dos ventos (NORIEGA, 2005). Nesse estudo, a campanha em fevereiro (única campanha em mês seco) apresentou os maiores valores de temperatura, salinidade, material particulado em suspensão, amônia, nitrato e os menores valores de fosfato e sílica.

O pH da água oceânica varia entre 8,0 e 8,3 (MARGALEF, 1989), como verificado no litoral norte da Bahia (MAFALDA JÚNIOR et al., 2004a), contudo em áreas costeiras a água do mar pode apresentar um pH maior ou menor do que 7,0 (FRIEDRICH, 1969), refletindo o efeito do aporte continental. Em estudo realizado também na Baía de Todos os Santos por Mafalda Júnior et al., 2003 foi registrada uma variação do pH entre 6,8 e 8,1. Durante o estudo o pH apresentou pequena variabilidade, com valores entre 7,78 e 8,2, dentro do estabelecido pela resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para águas salinas (pH entre 6,5 e 8,5), sendo os menores valores nos pontos de amostragem mais próximos ao estuário (BASTOS et. al., 2011).

Nas zonas costeiras, principalmente estuários, o teor de oxigênio variam muito, em função da dinâmica das marés. A importância da sua determinação se deve ao fato dele ser um gás essencial à vida (respiração, oxidação da matéria orgânica e processos metabólicos celulares) e um indicador das condições ambientais, uma vez que baixas concentrações podem indicar processos de eutrofização (poluição química, física ou biológica) (HONORATO DA SILVA et al., 2004; NORIEGA et al., 2005). Foi estabelecido para as águas costeiras do nordeste um sistema de classificação da qualidade da água, baseado na taxa de saturação do oxigênio dissolvido em quatro zonas: saturada (valores acima de 100%), baixa saturação (50%-100%), semipoluída (valores entre 25%-50%) e poluída (valores abaixo de 25%) (MACEDO; COSTA, 1978). De acordo com esta classificação, pode-se afirmar que a BTS varia de zona baixa-saturada a saturada, com o percentual de saturação de oxigênio dissolvido variando de 82% até 101%, com resultados semelhantes encontrados em outros estudos na BTS (MAFALDA JÚNIOR et al., 2003; MAFALDA JÚNIOR et al., 2008) e na zona costeira de Pernambuco (JUNIOR, 2012; SANTOS, 2012).

A ampla variação da turbidez e transparência demonstra que zonas costeiras são frequentemente submetidas a fatores de interferência, sejam de origem natural ou antrópica, podendo ser modificada em função dessas forçantes (STAATS et al., 2001). Devido ao aporte continental do rio Paraguaçu, foi verificado um gradiente nessas variáveis com a turbidez diminuindo do ponto 1 ao ponto 4 e a transparência aumentando. A turbidez é conhecida por ser um importante fator limitante da produtividade planctônica em estuários, uma vez que ela está ligada à presença de MPS, que têm tamanho reduzido e permanecem na coluna d'água, atenuando a transmissão da luz (ESTEVES, 1998).

Nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, são conhecidos como bioestimulantes e por serem os componentes fundamentais para as algas devem ser constantemente monitorados na obtenção do diagnóstico ambiental (KNOPPERS, 2005). Todos os nutrientes analisados (fosfato, nitrito, nitrato e sílica) apresentaram valores dentro do recomendando pela resolução Conama 357 para águas salinas (salinidade > 30), e, com exceção da amônia, aumentaram suas concentrações em direção ao interior da BTS.

Knoppers et al. (2005) verificou que os nutrientes nitrogenados, sobretudo o nitrato, são os mais importantes na limitação da produtividade primária no estuário do rio São Francisco. Segundo Noriega et al. (2005), baixos valores de nitrito podem ocorrer porque ele é convertido em nitrato de forma muito rápida, agindo como produto intermediário na nitrificação e denitrificação. Uma concentração elevada de nitrato, apesar de sua importância como nutriente limitante do fitoplâncton, pode causar alterações negativas ao ambiente

(JAMES; ADEJARE, 2010). As baixas concentrações de nitrato na água podem acontecer porque o nitrato é produzido de forma mais lenta do que é assimilado pelos produtores primários (CARMOUZE, 1994). O nutriente que apresentou os maiores teores foi o silicato (especialmente nos pontos 3 e 4), cuja concentração é fundamental na construção de carapaças das diatomáceas, além de dependente do seu crescimento populacional. Por sua origem terrígena (NORIEGA et al., 2005), este nutriente inorgânico costuma apresentar os maiores teores nos estuários.

Os maiores valores de clorofila-a foram encontrados no mês de abril (período chuvoso) nos pontos de coleta 3 e 4. Resultados semelhantes foram encontrados na baía de Todos os Santos (MAFALDA JÚNIOR et al., 2003; MAFALDA JÚNIOR et al., 2008; SANTOS, 2013), baía de Aratu (FERREIRA, 2012; FORTE-NETO, 2014) e valores menores foram verificados na zona costeira de Ilhéus e Porto Seguro (SANTOS, 2013), na desembocadura dos rios Capibaribe – PE (ANJOS, 2012) e Passos – PE (AQUINO et al., 2012). Os teores de clorofila-a podem variar espaço-temporalmente nas águas costeiras, e essa variação se dá tanto em função das condições climatológicas quanto das variáveis hidrológicas (BASTOS et al., 2005). Estudar essa variação espaço-temporal é de grande importância ecológica, pois permite avaliar a quantidade de matéria orgânica disponível para os demais níveis tróficos do ecossistema (PASSAVANTE, 1987/1989).

A análise de componentes principais revelou o gradiente espacial geoquímico, baseada na estrutura oceanográfica e na qualidade da água, ao longo do transecto BTS. As estações de amostragem mais próximas da entrada da BTS (estações 1 e 2) estiveram vinculadas à Água tropical, apresentando as maiores concentrações de salinidade, pH, oxigênio dissolvido e transparência. De uma maneira geral, a circulação do litoral norte da Bahia é definida pela Corrente do Brasil, transportando Água Tropical, que possui características oligotróficas devido ao escasso teor em nutrientes inorgânicos (PAREDES, 1991), na direção sul, ao largo da quebra da plataforma continental (BRANDINI et al., 1997).

Apesar de a maior parte da BTS possuir características essencialmente marinhas com a circulação forçada pela maré, a pequena descarga fluvial presente na baía propicia que condições estuarinas sejam observadas próximo a saída dos rios (HATJE; ANDRADE, 2009). Isso, em conjunto com um aumento da pluviosidade, possibilitou a formação de massa d'água Costeira, cujas estações de amostragem mais próximas da saída do rio Paraguaçu (3 e 4) estiveram associadas, exibindo maior temperatura, turbidez, concentração de nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a.

#### 4.4.2 Densidade Planctônica

A atividade do fitoplâncton, como todo organismo planctônico, em ambientes aquáticos é controlada por fatores físico-químicos (salinidade, temperatura, nutrientes etc.) hidrológicos (tempo de residência, descarga de água, etc.), e biológicos (herbivoria e competição) (SCHERWASS et al., 2010). Em ambientes tropicais, a assembléia fitoplanctônica pode ser tão informativa para a classificação do estado trófico quanto os indicadores anteriormente mencionados. Nesse estudo, a densidade do fitoplâncton variou de 1425 à 35085 cel/L. Da mesma forma que a clorofila-a, as maiores densidades fitoplanctônicas ocorreram nos pontos 3 e 4, provavelmente devido ao maior teor de nutrientes oriundos do aporte continental, visto que o fosfato, nitrito, nitrato e silicato tiveram suas maiores concentrações nesses pontos. Esses valores e padrão de maior densidade à jusante do rio corroboram com o encontrado no estuário do rio São Francisco-AL (BARBOSA, 2011) e no estuário do rio Curuçá-PA (COSTA, 2010). Na baía de Aratu (FORTE-NETO, 2014) foi verificado uma densidade menor do que a encontrada nesse estudo e Borges (2011) também encontrou valores menores de densidade do fitoplâncton na desembocadura do rio Massangana-PE (máximo de 4280 cel/L), mas o padrão de maior densidade nos pontos mais próximos ao desague também ocorreu. De acordo com Riley (1967), nos estuários existe uma tendência do fitoplâncton apresentar uma alta densidade e uma baixa diversidade com poucas espécies dominantes, o que pode explicar a grande densidade encontrada na BTS, especialmente nos pontos mais próximos da saída do Paraguaçu.

Era esperado que os valores de biovolume e densidade do zooplâncton fossem menores nos meses onde ocorreu apenas a presença da massa de Água Tropical (que apresenta um caráter oligotrófico), durante fevereiro e abril, porém esses valores não apresentaram variabilidade temporal significativa. O biovolume do zooplâncton encontrado nesse estudo variou entre 0,2 a 17 ml/m<sup>3</sup>. Uma amplitude maior foi encontrada na costa de Salvador (CONCEIÇÃO, 2014) com o biovolume variando de 0,01 até 24,5 ml/m<sup>3</sup>, enquanto que uma menor amplitude dessa variável foi vista no litoral norte de Salvador (SOUSA, 2013), com valores de 0,01 a 6 ml/m<sup>3</sup>.

A densidade total do zooplâncton foi relativamente alta em quase todas as campanhas, indo de 192 a 8148 org/m<sup>3</sup>. Resultados semelhantes foram vistos na costa de Salvador (CONCEIÇÃO, 2014), no litoral norte de Salvador (SOUSA, 2013), na baía de Aratu (FORTE-NETO, 2014) e na baía de Suape-PE (PESSOA et al., 2009). Para a região do

Arquipélago de São Pedro e São Paulo (DÍAZ, 2007) e no estuário Guajurá-Miri, no Pará (RAMOS, 2007), os valores de densidade foram maiores, chegando a 131964 org/m<sup>3</sup> e 30.273 org/m<sup>3</sup>, respectivamente. Já na foz do Rio São Francisco a densidade encontrada foi menor, variando entre 21 e 210 org/m<sup>3</sup> (NEUMANN-LEITÃO et al., 1999).

As maiores densidades zooplanctônicas foram encontradas nas campanhas 1 e 3, provavelmente devido aos maiores teores de nitrito e nitrato, visto que uma maior disposição de nutrientes no ambiente, devido a um maior aporte fluvial e/ou de efluentes domésticos, provoca um estímulo no aumento da produtividade primária (fitoplâncton) e consequentemente também do zooplâncton. Além disso, o MPS (boa parte de origem orgânica) também tem sido uma fonte importante de alimento para o zooplâncton estuarino (DAY et al., 1989), sendo encontrado os maiores valores de turbidez na campanha 1. Espacialmente, como era o esperado, os maiores valores de densidade foram encontrados nos pontos 3 e 4, seguindo as maiores densidade fitoplanctônicas, causadas pela maior concentração de nutrientes nesses pontos. O padrão sazonal de densidade do zooplâncton na BTS varia muito, de forma que esta falta de padrão é uma característica de muitos estuários tropicais e subtropicais, e são importantes na estruturação da comunidade (BUSKEY, 1993).

A disposição de nutrientes pode controlar a dinâmica dos organismos aquáticos por meio de interações tróficas em cascata, ou seja, alterações no topo da cadeia, como a redução da população de peixes que se alimentam do plâncton, pode causar um aumento na abundância zooplanctônica e consequente redução fitoplanctônica. Essa mudança indicam efeitos tróficos descendentes (controle *top-down*), afetando comunidades aquáticas de níveis tróficos menores, ou seja, população de peixes controlando o zooplâncton que regulam o fitoplâncton. No inverso (controle *bottom-up*) a base da cadeia impacta os níveis tróficos mais elevados, em um controle pelos recursos (nutrientes, luminosidade, etc), por exemplo (FRAGOSO et al., 2009; PETTIGROSSO; POPOVICH, 2009). Na BTS, as modificações nas densidades da comunidade fitoplanctônica coincidem com alterações nos teores da maioria dos nutrientes e é seguida por mudanças nas densidades zooplanctônicas.

A densidade de ovos de peixes apresentou elevada amplitude, com valores entre 0 e 7430 ovos/100m<sup>3</sup>, sendo compatível com as densidades encontradas em outros estudos realizados no litoral norte da Bahia (MAFALDA JÚNIOR et al., 2004b; MALTEZ, 2010), na baía de Todos os Santos (KATSURAGAWA et al., 2011; MAFALDA JÚNIOR et al., 2008) e na baía de Aratu (FORTE-NETO et al., 2014; MALTEZ et al., 2014). Estes valores foram bastante superiores aqueles verificados na zona oceânica entre Salvador e Aracaju por Silva (1997) que registrou valores muito baixos de densidade, oscilando entre 0 e 36 ovos/100 m<sup>3</sup>.

A densidade de larvas de peixes também apresentou uma grande amplitude, variando entre 0 e 490 larvas/100m<sup>3</sup>. No norte da baía de Todos os Santos, Mafalda Júnior et al. (2008) encontraram densidades menores, entre 0 e 57 larvas/100 m<sup>3</sup>. Estes valores de densidade de larvas de peixes encontrados são semelhantes aos verificados no litoral norte da Bahia, com registros máximos de 400 larvas/100m<sup>3</sup> (MALTEZ, 2010) e 300 larvas/100m<sup>3</sup> (MAFALDA JÚNIOR et al., 2004).

A densidade de ovos e larvas observadas foi compatível com o verificado em outras zonas costeiras tropicais do nordeste do Brasil, indicando o uso desta área da baía de Todos os Santos como sítio de desova e crescimento (MAFALDA JÚNIOR et al., 2008) para muitas espécies de peixes com importância comercial e ecológica. Devido à importância, tanto ecológica, quanto sócio-econômica, estes ambientes aquáticos despertam grande interesse na sua proteção, conservação e monitoramento (JORDAN; SMITH, 2005).

A análise de Redundância revelou o gradiente sazonal geoquímico, influenciando a densidade planctônica. As estações de amostragem vinculadas as Campanha 1 e 2 (fevereiro e abril de 2013), foram dominadas pela Água Tropical, apresentando os maiores valores de turbidez, clorofila-a, temperatura, salinidade e nitrato, vinculados a menores concentrações de plâncton. Era esperado que, devido a elevada precipitação no mês de abril, a campanha 2 apresentasse massa de água Costeira. Possivelmente, esse aporte pluvial ocorreu nos dias antes da coleta, que aconteceu no final do mês, dia 25/04. As campanhas 3 e 4 (junho e agosto de 2013), apresentaram os valores mais elevados de biovolume de zooplâncton, densidade zooplanctônica, densidade de ovos e larvas de peixes e densidade fitoplanctônica, associados as maiores concentrações de pH, oxigênio dissolvido, nitrito e fósforo. Já as campanhas 5 e 6 (outubro e dezembro de 2013), apresentaram os valores mais elevados de transparência e sílica, bem como valores elevados de densidade fitoplanctônica e densidade de ovos de peixes.

Através da análise do diagrama de ordenação fica evidente que a campanha 4 representa um período de desova na BTS, visto os maiores valores de densidade do fitoplâncton e dos ovos de peixes, e que as campanhas 3 e 6 evidenciam um momento onde ocorre criação dos organismos, uma vez que houve maiores densidades do zooplâncton e das larvas de peixes, além de maiores valores do biovolume do zooplâncton.

As baixas densidades do plâncton nas campanhas 1 e 2 podem ser consequência de uma elevada carga de material em suspensão (JONGE, 1983; NEUMANN et al., 1998; SILVA et al., 2004), onde a elevada carga de nitrato poderia favorecer o aumento da densidade fitoplanctônica, mas a turbidez limita a produção primária (KOENING et al., 2002;

SILVA et al., 2004). Ramos (2007) também verificou que uma maior densidade zooplanctônica estava associada a menores valores de turbidez e salinidade.

Os maiores valores de biovolume do zooplâncton e da densidade de zooplâncton e larvas de peixes estão associados aos menores valores das variáveis hidrológicas e dos nutrientes, exceto o nitrito, reforçando o caráter oligotrófico intenso da massa de água Tropical. Esta massa de água esteve presente em todas as campanhas do estudo, sendo tal comportamento já observado na costa nordeste brasileira por Neumann-Leitão (1999) onde os menores valores de densidade corresponderam às águas oligotróficas presentes na região.

Em águas estuarinas tropicais, a maior concentração de clorofila-a pode acontecer no período chuvoso (SANTIAGO et al., 2005; BASTOS et al., 2011), como foi na campanha 2, ou em meses mais quentes (COSTA et al., 2009; CLOERN; JASSBY, 2008; GAMEIRO et al., 2011), como observado na campanha 1. Nesse estudo, como já foi constatado na baía de Aratu (FERREIRA et al., 2012; FORTE-NETO et al., 2014; MALTEZ et al., 2014), houve um aumento da densidade do fitoplâncton estimulado pela elevada concentração de fósforo. Os resultados deste estudo demonstram haver uma variabilidade temporal na densidade do fitoplâncton na BTS, em resposta às mudanças meteorológicas, oceanográficas e nutricionais.

#### **4.5 Conclusão**

Este trabalho abordou a caracterização quantitativa dos organismos planctônicos, a estrutura da massa d'água e a mensuração de nutrientes, considerando que estes fatores podem ser alterados em virtude das atividade antrópicas.

Concluimos que há um gradiente oceanográfico espacial, ao longo do perfil BTS, gerado em função do aumento de temperatura, turbidez, nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a, acompanhados de uma diminuição dos valores de salinidade, transparência, pH, e oxigênio, em direção ao estuário do Paraguaçu, no interior da BTS. Concluimos também que a abundância de fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton (ovos e de larvas de peixes), aumentam da zona costeira em direção ao interior da BTS, indicando a importância das áreas estuarinas como local de desova e de crescimento de peixes.

Este trabalho está disponibilizando à comunidade científica dados relevantes sobre a Baía de Todos os Santos que serão utilizados para compor a continuidade deste estudo.

Atualmente existem poucos trabalhos desenvolvidos na região, em comparação com outros estados Brasileiros, demandando a continuidade dos estudos voltados ao conhecimento da



variabilidade temporal e espacial planctônico, considerando a sua importância como ferramenta para a avaliação e monitoramento aquático.

## 5 CONCLUSÕES

O padrão observado de precipitação pluviométrica mensal durante o ano de 2013, não seguiu o esperado, com elevada pluviosidade observada durante o período seco, alterando o gradiente climatológico e geoquímico.

Ao longo do perfil BTS o gradiente oceanográfico foi estabelecido pela presença de duas massas de água, denominadas Água Costeira (salinidade abaixo de 36) e Água Tropical, com elevada temperatura ( $>20$  °C) e salinidade (acima de 36).

A água Tropical foi caracterizada por apresentar maiores concentrações de salinidade, pH, oxigênio dissolvido, transparência e amônia.

A água Costeira apresentou maior temperatura, turbidez, material particulado em suspensão (MPS), concentração de nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a.

Foi comprovado a existência de um gradiente geoquímico espaço-temporal, gerado pela temperatura, salinidade, pH, percentual de saturação de oxigênio, transparência, turbidez, MPS, nitrito, fósforo, sílica e clorofila-a.

Não foi verificada a variabilidade espaço-temporal para amônia e nitrato.

Foi comprovada a variabilidade espaço-temporal na densidade fitoplânctônica, com valores mais elevados na quarta estação e na sexta campanha.

Provavelmente, devido ao gradiente climatológico e geoquímico alterado não foram detectadas modificações espaço-temporais significativas no zooplâncton e no ictioplâncton.

As maiores densidades de fito, zoo e ictioplâncton foram registradas durante as campanhas 3, 4 e 6, onde predominou a água Costeira.

As menores densidades de plâncton foram obtidas nas campanhas 1 e 2, sob domínio de Água Tropical.

Foi verificado um gradiente oceanográfico espacial, ao longo do perfil BTS, gerado em função do aumento de temperatura, turbidez, MPS, nitrito, nitrato, fósforo, sílica e clorofila-a, acompanhados de uma diminuição dos valores de salinidade, transparência, pH, oxigênio e amônia, em direção ao estuário do Paraguaçu, no interior da BTS.

A abundância de fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton (ovos e de larvas de peixes), aumentam da zona costeira em direção ao interior da BTS, indicando a importância das áreas estuarinas como local de desova e de crescimento de peixes.

## REFERÊNCIAS

- ABOIM, I. L. **Ocorrência e distribuição espaço-temporal de carangidae na Baía de Todos os Santos, Bahia**. 2014. 45 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- AJANI, P.; HALLEGRAEFF, G.; PRITCHARD, T. Historic overview of algal blooms in marine and estuarine waters of New South Wales, Australia. New South Wales, **Proceedings of the Linnean Society**, v. 123, p. 1–22. 2001.
- ALTSCHULER, I.; DEMIRI, B.; XU, S.; CONSTANTIN, A.; YAN, N.D.; CRISTESCU M.E. An integrated multi-disciplinary approach for studying multiple stressors in freshwater ecosystems: Daphnia as a model organism. **Integrative and Comparative Biology Advance**, Oxford, v. 51, p. 623–633. 2011.
- ANJOS, D. L. **Taxonomia e biomassa fitoplanctônica no estuário do rio Capobaribe (Recife, Pernambuco, Brasil)**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- AQUINO, E. P.; FIGUEIRÊDO, L. G. P.; ANJOS, D. L.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G. Biomassa fitoplanctônica e fatores ambientais em um estuário tropical do Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 40, n. 1, p. 17-28. 2012.
- ARAÚJO, H.M.P.; NASCIMENTO-VIEIRA, D.A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; LUCAS, A.P.O.; ALVES, J.P.H. Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. **Brazil Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 751-762. 2008.
- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. **BioEstat 2.0**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2000. 272 p.
- BARBOSA, W. F. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio São Francisco (Alagoas/Sergipe, Brasil)**. 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 33, n. 1, p. 1-18. 2005.
- BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; MACHADO, R. C. A.; MUNIZ, K. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca, Pernambuco – Brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 15, n. 1, p. 01-10. 2011.
- BOLTOVSKOY, D. 2005. Zooplankton of the South Atlantic Ocean: A taxonomic reference work with identification guides and spatial distribution patterns. **World Biodiversity Database Series**. Expert Center for Taxonomic Identification, 2005, Amsterdam. CD-ROM.

BONECKER, A.C.T., CASTRO, M.S., NAMIKI, C.A.P., BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18'-2°47'S/044°20'-044°25'W) during the dry season. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 235-241. 2007.

BONECKER, F. T.; CASTRO, M.S.; BONECKER, A.C.T. Larval fish assemblagem in a tropical estuary in relation to tidal cycles, day/night and seasonal variations. **Pan- American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, n. 2, p. 239-246. 2009.

BORGES, G. C. P. **Comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Massangana (Pernambuco – Brasil)**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BRANDINI, F.P., LOPES, R.M., GUTSEIT, K.S., SPACH, H.L., SASSI, R. Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil. **Diagnose e Revisão Bibliográfica**. REVIZEE, 196 p. 1997.

BUSKEY, E. J. Annual pattern of micro- and mesozooplankton abundance and biomass in a subtropical estuary. **Journal of Plankton Research**, Oxford, v. 15, n. 8, p. 907-924. 1993.

CAPUZZO, J.M.; KESTER, D.R. Biological effects of waste disposal: Results and predictive assessments. In: Capuzzo J.M.; Kester, D.R. (Eds.). **Oceanic Processes in Marine Pollution: Biological Processes and Wastes in the Ocean**. Malabar, Florida: Robert E. Krieger, 1987. p.3-15.

CARMOUZE, J. P. 1994. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: Fundamentos teóricos, métodos de estudos e análises químicas. São Paulo: Edgard Blucher/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1994. 253p.

CASTILLO, G., MUNOZ, H., GONZALEZ, H.; BERNAL, P. Daily analysis of abundance and size variability of fish larvae in relation to oceanic water intrusions in coastal areas. **Biologia Pesquera**, Talcahuano, v. 20, p. 21-35. 1991.

CAVALCANTI, E. A. H.; NEUMAN-LEITÃO, S.; VIEIRA, D. A. N. Mesozooplâncton do sistema estuarino de Barra das Jangadas, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 25, n. 3, p. 436-444. 2008.

CHALKIA, E.; KEHAYIAS, G. Zooplankton and environmental factors of a recovering eutrophic lake (Lysimachia Lake, Western Greece). **Biologia**, v. 68, n. 3, p. 459-469. 2013.

CIRANO, M., LESSA, G.C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 363-387. 2007.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Similarity-based testing for community Pattern: the two-way layout with no replication. **Marine Biology**, v. 118, n. 1, p. 167-176. 1994.

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Complex seasonal patterns of primary producers at the land-sea interface. **Ecology Letters**, v.11, p. 1294-1303. 2008.

CONCEIÇÃO, L. R. **Variabilidade espaço-temporal na estrutura das associações zooplantônicas através da plataforma continental de Salvador, Bahia.** 2014. 57 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução no. 357 de 15 de março de 2005. Brasília, DF. 2005.

COSTA, L. S.; HUSSAR, V. L. M.; OVALLE, A. R. Phytoplankton functional groups in a tropical estuary: hydrological control and nutrient limitations. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 508-521. 2009.

COSTA, B. O. **Variação nictemeral do microfitoplâncton em um estuário do nordeste paraense, Brasil.** 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca). Universidade Federal do Pará, Belém.

COWGILL, U. M. Changes in nitrogen, phosphorus and phytoplankton composition during the past decade in the Bay of aratu, Salvador (Bahia). **Brazilian Archive Hydrobiology**, v. 111, n. 1, p. 1-14. 1987.

CURDS, C. Pelagic protists and pollution. A review of the past decade. **Annales de l'Institut océanographique**, Paris, v. 58, p. 117–136. 1982.

DA SILVA, E. M. Programa de monitoramento dos ecossistemas ao norte da Baía de Todos os Santos – Estudos hidrobiológicos. **Relatório técnico-científico parcial.** Salvador, 1994. 23p.

DAY, J. W.; HALL, C. A. S.; KEMP, W. M.; YÁÑES-ARANCIBIA, A. **Estuarine Ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1989. 558 p.

DEMOTT, W. R.; ZHANG, Q.X.; CARMICHAEL, W.W. Effects of toxic cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of Daphnia. **Limnology and Oceanography**, v. 36, p. 1346–1357. 1991.

DÍAZ, X. F. G. **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - DHN. **Cartas de Corrente de Maré. Porto de Salvador.** 1. ed. Niterói, 1975. 30 p.

DOYLE, M.J., MORSE, W.W.; KENDALL JR., A.W. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of northeast Pacific and the northwest Atlantic ocean. **Bulletin of Marine Science**, Miami, v. 53, p. 588-644. 1993.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FAUSCH, K. D., LYONS, J. L., KARR, J. R. AND ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. **American Fisheries Society**, Bethesda, v. 8, p. 123-144. 1990.

FERREIRA, A.N., BERETA, M., MAFALDA JÚNIOR, P. Avaliação do impacto da dragagem sobre a associação fitoplanctônicas, do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 45, n.1, p. 30-46. 2012.

FORTE NETO, J. B.; BERETTA, M.; FERREIRA, A. N.; SOUZA, C. S.; MAFALDA JÚNIOR, P. O. A variabilidade da biomassa planctônica sob influência da sazonalidade e da dragagem do porto de Aratú, Baía de Todos os Santos, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n. 2, p. 230-242. 2014.

FRAGOSO, JR., C. R.; FERREIRA, T. F.; MARQUES, D. M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 304 p.

FRANK, K.T.; W.C. LEGGETT. Multispecies larval fish associations: accident or adaptation? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 40, p. 754-762. 1983.

FRIEDRICH, H. **Marine Biology**. London: Sidgwick and Jackson, 1969. 472 p.

GAMEIRO, C.; ZWOLINSKI, J.; BROTAS, V. Light control on phytoplankton production in a shallow and turbid estuarine system. **Hydrobiologia**, v. 699, p. 249-263. 2011.

GILBERT, J. J. Susceptibility of planktonic rotifers to a toxic strain of *Anabaena flos-aquae*. **Limnology and Oceanography**, v. 39, p. 1286–1297. 1994.

GRASSHOFF, K; EHRARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. Wheinhein: Verlag Chermie, 1983. 419 p.

GREEN, J. **The Biology of Estuarine Animals**. London: Sigwick and Jackson, 1968. 416 p.

GROTHUES, T.M.; COWEN,R.K. Larval fish assemblage and water mass history in a major faunal transition zone. **Continental Shelf Research**, v. 19, p. 1171-1198. 1999.

HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D.M.; CEMBELLA, A. D. **Manual on Harmful Marine Microalgae**. Paris: UNESCO Publishing, 2003. 23 p.

HATJE, V.; ANDRADE, J.B. 2009. **Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009. 304 p.

HONORATO DA SILVA, M.; PASSAVANTE, J. Z. DE O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; NASCIMENTO-VIEIRA.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Distribuição sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (Rio Formoso-Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**. Recife, v. 32, n. 1, p. 89-106. 2004.

HONORATO DA SILVA, M; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. DE O.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário

tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.23, n. 2, p. 355-368. 2009.

JAMES, B. K.; ADEJARE, L. I. Nutrients and phytoplankton production dynamics of a tropical harbor in relation on water quality índices. **Journal of American Science**, v. 6, n. 9, p. 261-275. 2010.

JONGE, V. N. Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the estuary. **Fisheries and Aquatic Sciences**, v.40, n. 1, p.289-300. 1983.

JORDAN, S.J.; SMITH, L.M. Indicators of ecosystem integrity for estuaries. In: BORTONE, S.A. (ed.). **Estuarine indicators**. London: CRC Press, 2005. p. 467-480.

JÚNIOR, A. C. S. **Estudo dos aportes continentais de carbono orgânico total em águas estuarinas do litoral sul de Pernambuco, Brasil**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco Recife.

KATSURAGAWA, M., ZANI-TEIXEIRA, M. L., GOÇALO, C. G., OHKAWARA, M. H.; ITAGAKI, M. K. Ichthyoplankton distribution and abundance in the northern Todos os Santos and Camamu Bays, Bahia State. Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 97-109. 2011.

KIORBOE, T.; HANSEN, J.L.S. Phytoplankton aggregate formation: observations of patterns and mechanisms of cell sticking and the significance of exopolymeric material. **Journal of Plankton Research**, Oxford, v. 15, n. 9, p. 993-101. 1993.

KNOPPERS, B.; MEDEIROS, P. R. P.; SOUZA, W. F. L.; JENNERJAHN, T. The São Francisco estuary, Brazil. **The Handbook of Environmental Chemistry**, v. 5, p. 1-20. 2005.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco – Brasil). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 407-420. 2002.

LAWRENCE, D.; VALIELA, I.; TOMASKY, G. Estuarine calanoid copepod abundance in relation to season, salinity, and land-derived nitrogen loading, Waquoit Bay, MA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n.3, p. 547-557. 2004.

LALLI, C.M.; PARSONS, T.R. **Biological Oceanography: An Introduction**. Oxford: Pergamon Press, 1993. 301p.

LEIS, J.M. Larval fish assemblages near Indo-Pacific coral reefs. **Bulletin of Marine Science**, Miami, v. 53, n. 2, p. 362-392. 1993.

LEPS, A., SMILAUER, P. CANOCO. **Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows**. Ithaca: Microcomputer Power, 1998. 352 p.

LESSA, G.C., CIRANO, M., TANAJURA, C.A.S.; SILVA, R.R. Oceanografia Física. In: Hatje V.; Andrade, J.B. (Org.). **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 68-119.

LEVINTON, J.S. **Marine Biology**: function, biodiversity, ecology. Oxford: Oxford University Press, 1995. 420p.

LIRA, M.C.A.; NOGUEIRA, E.M.S. Comunidade zooplanctônica da Baía de Todos os Santos. p. 271-278. In Queiroz, A.F.; Celino, J.J. (eds.), **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos**: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos. Salvador: Recupetro-Proamb, 2008. 300p.

LOPES, R.M; do VALE, R; BRANDINI, F.P. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 195-211. 1998.

LOPES, C.L. **Variação espaço-temporal do ictioplâncton e condições oceanográficas na região de Cabo Frio**. 2006. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Oceanografia. Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOURENÇO, S.O. **Cultivo de microalgas marinhas**: princípios e aplicações. São Paulo: RIMA, 2006. 588p.

LOWE-McCONNEL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Editora da USP, 1999. 535pp.

LUND, J.W. KIPLING, G.C., AND LE CREN, E. E. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, n. 2, p. 143-170. 1958.

MACÊDO, S. J.; COSTA, K. M. P. Estudos ecológicos da região de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 30, n. 7, p. 346- 368. 1978.

MAFALDA JÚNIOR, P. O.; SILVA, V. R. F. Caracterização do Ictioplâncton do sistema estuário lagunar de Jequiá, Alagoas. **Boletim de Ciências do Mar**, Maceió, v. 9, p. 89-104. 1996.

MAFALDA JÚNIOR, P. O.; SOUZA, P. M. DE; DA SILVA, E. M. et al. Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife. v. 31, n. 1, p. 31-51. 2003.

MAFALDA JÚNIOR, P, SINQUE, C., MUELBERT, J. H., SOUZA, C. S. Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 32, n. 1, p. 69-88. 2004a.

MAFALDA JUNIOR, P. O., SOUZA, C.S., VELAME, M.P.B. Fish larvae assemblage of a coastal area under influence of petrochemical activities, in Todos os Santos bay, Bahia, Brazil. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 11, p. 457-464. 2008.

MALTEZ, L. C. **Estrutura da associação de larvas de peixes na avaliação da influência de plumas de efluentes industriais na costa norte da Bahia, Brasil**. 2010. 72 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia. Salvador.



MALTEZ, L. C.; MAFALDA JUNIOR, P. O.; NEUMANN-LEITÃO, S. Influence of oceanographic seasonality and dredging activities on the fish larvae assemblage in the port of aratu, todos os santos bay. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 18, n. 2, p. 1-10. 2014.

MARCOLIN, C.R.; CONCEIÇÃO, B.L.; NOGUEIRA, M.M.; MAFALDA JÚNIOR., P.O.; JONHSON,R. Mesozooplankton and Ichthyoplankton composition in two tropical estuaries of Bahia, Brazil. **Check List**. São Paulo, v. 6, p. 210 – 216. 2010.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, 1989. 951p.

MATSUMURA-TUNDISI, T.M. Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.biota.org.br/info/historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

MAYER-PINTO, M.; JUNQUEIRA, A. O. R. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical Bay, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 11, p. 495-503. 2003.

MEYER-REIL, L. A.; KÖSTER, M. Eutrophication of marine waters: Effects of benthic microbial communities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, n. 1, p. 255-263. 2000.

MIALET, B.; GOUZOU, J.; AZÉMAR, F.; MARIS, T.; SOSSOU, C.; TOUMI, N.; VAN DAMME, S.; MEIRE, P.; TACKX, M. Response of zooplankton to improving water quality in the Scheldt estuary (Belgium). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Londres, v. 93, n. 1, p. 47-57. 2011.

MOSER, H.G.; SMITH, P.E. Larval fish assemblage and oceanic boundaries. **Bulletin of Marine Science**, Miami, v. 53, n. 2, p. 283-289. 1993.

NAVARRO-RODRIGUEZ, M.C., GUEVARA, L.F.G., FLORES-VARGAS, R., RUELAS, M.E.G.; GONZÁLEZ, F.M.C. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 41, n.1, p. 35-43. 2006.

NEUMANN-LEITÃO S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina do Porto de Suape – PE – Brasil**. 1994. 273 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

NEUMANN, V.H.; MEDEIROS, C.; PARENTE, L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; KOENING, M.L. Hydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton changes at Suape área (Pernambuco - Brazil) after a port complex implantation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.70, n.2, p.313-323. 1998.

NEUMANN-LEITÃO S.; SOUZA, M. R. M.; PORTO NETO, F. F.; MOURA, M. C. O.; SILVA, A. P.; GUSMÃO, L. M. O. Zooplâncton do estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal do Pernambuco**, v. 27, n. 1, p. 33-54. 1999.

NIBAKKEN, J.W. **Marine Biology**: an ecological approach. 3. ed. New York: HarperColling College Publishers, 1993. 462 p.

NONAKA, R.H., MATSUURA, Y.; SUZUKI, K. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic condition in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. **Fishery Bulletin**, v. 98, p. 767-784. 2000.

NORIEGA, C. D.; COSTA, K. M. P.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES-MONTES, M. J.; GREGO, C. K. S.; SOARES, G. S.; SILVA, H. P. Distribuição espacial da biomassa fitoplânctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil). **Arquivos de Ciência do Mar**, Fortaleza, v. 38, p. 5-21. 2005.

OLIVEIRA, E. C. **Introdução à biologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2003. 267p.

PAIVA, R. S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. DE O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guarujá e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). **Boletim do Museu do Pará Emílio Goeldi e Ciências Naturais**, Belém, v.1, n. 2, p. 133-146. 2006.

PALMER, M. E.; YAN, N. D. Decadal-scale regional changes in Canadian freshwater zooplankton: the likely consequence of complex interactions among multiple anthropogenic stressors. **Freshwater Biology**, v. 58, n. 7, p. 1366–1378. 2013.

PAREDES, J. F.; FREITAS, R. R. Dosagem de ferro nos sedimentos e interpretação da formação de espumas no estuário do Rio Jacuipe, quando na ocasião de cheias. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 32, n. 10, p. 84-87. 1980.

PARSONS, T. R.; MAITA, Y.; LALLI, C. M. **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Oxford: Pergamon Press, 1984. 173p.

PASSAVANTE, J. Z. O.; GOMES, N. A. ESKINAZI-LEÇA, E.; FEITOSA, F. A. N. Variação da clorofila-a e do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal do Pernambuco**, Recife, v. 20, p. 145-154. 1987/1989

PEIXINHO, V. M. C. **Estudos preliminares sobre o fitoplâncton da Baía de Aratu**. 1972. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.  
PEIXINHO, V. M. C.; PAREDES, J. F.; SIMAS, E.M. P. S. “Standing crop” na área estuarina SW da Baía de Todos os Santos, **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 283-289. 1980.

PEREIRA, M. A. G. **Caracterização da hidrodinâmica do canal de Cotegipe – Baía de Aratu (Baía de Todos os Santos, BA)**. 2008. 75 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

PEREIRA, A. G. V.; LESSA, G. C. Varying patterns of water circulation in canal de cotegipe . **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 103-119. 2009

PEREIRA, X. S. **A influência da estrutura oceanográfica na dispersão do ictioplâncton na Baía de Todos os Santos, Bahia.** 2013. 64 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

PESSOA, V.T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O.; SILVA, A.P.; PORTO-NETO, F.F. Comunidade zooplancônica na baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 80-94. 2009.

PETTIGROSSO, R. E.; POPOVICH, C. A. Phytoplankton-aloricate ciliate community in the Bahía Blanca estuary (Argentina): seasonal patterns and trophic groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 57, n. 3, p. 215-227. 2009.

PIELOU, E. C. 1984. **The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination.** New York: Wiley, 1984. 263p.

POLETTE, M.; DIEHL, F.L.; DIEHL, F. P.; SPERB, R.F.; SCHETTINI, C.A.F.; KLEIN, A.H.F. Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos: como compatibilizar tal desafio. **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997.** 1997. 35 p.

RAMOS, C. A. R. **Qualidade ambiental, distribuição e densidade do mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do estado do Pará.** 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830p.

RAYMONT, J.E.G. **Plankton and Productivity in the Oceans.** 2. ed.. Oxford: Pergamon Press, 1980. 489p.

REÍ, P. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica: guia de identificação de ovos e estados larvares planctônicos.** Lisboa: Câmara Municipal de Cascais, 1999. 114 p.

REN, L.; Zhang, Z.; Zeng, X.; Ma, Y.; Zeng, Y.; Zhou, C. Community structure of zooplankton and water quality assessment of Jialing river in Nan Chong. **Procedia Environmental Sciences**, v. 10, n. 2, p. 1321 – 1326. 2011.

RIBEIRO, C., WANIEK, J.J.; SHARPLES, J. Observations of the spring–neap modulation of the gravitational. **Ocean Dynamics**, v. 54, p. 299-306. 2003.

RICHARDSON, A. J.; KUNZ, T. J. Impacts of climate change on zooplankton. In: SUTHERS, I.M.; RISSIK, D (orgs.). **Plankton: a guide to their ecology and monitoring for water quality.** Collingwood: CSIRO Publishing, 2009. p. 19–26.

RILEY, G. A. **The plankton of estuaries.** Estuaries. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1967. p. 316-326.

SANTIAGO, M.F.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G. Caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológico em ambiente hipersalino, estuário do rio Pisa Sal (Galinhas, Rio Grande do Norte, Brasil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 33, n. 1, p. 39-55. 2005.

SANTOS, J. J. 1970. **Plâncton na Baía de Todos os Santos, com especial referência aos copépodos**. 1970. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, T.G.; GUSMÃO, L.M.O; NEUMANN-LEITÃO, S; CUNHA, A.G. Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 44-56. 2009.

SANTOS, D. H. C. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica em recifes artificiais da plataforma continental de Pernambuco, Brasil**. 2012. 150 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SANTOS, A. S. **Concentração de clorofila-a fracionada e nutrientes inorgânicos dissolvidos na plataforma continental da Bahia**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos e Tropicais). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

SCHERWASS, A.; BERGFELD, T.; SCHO, A.; WEITERE, M.; ARNDT, H. Changes in the plankton community along the length of the River Rhine: Lagrangian sampling during a spring situation. **Journal of Plankton Research**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 491-502. 2010.

SILVA, V. R. F. 1997. **Estudo sobre a comunidade ictioplanctônica da corrente do Brasil, entre Salvador, Ba e Aracaju, Se**. 1997. 44 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SILVA, A.P.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L.M.; ALMEIDA E SILVA, T. Mesozooplankton of an Impacted Bay in North Eastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, p.485-493. 2004.

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 171-183. 2000.

SIOKOU-FRANGOU, I.; PAPATHANASSIOU, E. Differentiation of zooplankton populations in a polluted area. **Marine Ecology Progress**, v. 76, n. 18, p. 41-51. 1991.

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

SMITH, V. H., TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication, impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 100, n. 179-196. 1999.

SOUSA, F. E. S. **O impacto de efluentes industriais sobre a biomassa do plâncton no litoral norte da Bahia.** 2013. 49 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

STAATS, N.; DECKERE, E.; KORNMAN, B.; LEE, W.; JUMAAT, R.; TERWINDT, J.; WINDER, B. Observations on suspended particulate matter (SPM) and microalgae in the Dollard estuary, the Netherlands: importance of late winter ice cover of the intertidal flats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Londres, v. 53, p. 297-306. 2001.

SUMMERHAYES, C. P., COUTINHO, P. N., FRANÇA, A. M. C.; ELLIS, J. P. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off Brazil. Part III - Salvador to Fortaleza, northeastern Brazil. **Contribution to Sedimentology**, v. 4, p. 44-78. 1975.

SUTHERS, I.M.; RISSIK, D. 2009. **Plankton: a guide to their ecology and monitoring for water quality.** Collingwood: CSIRO Publishing, 2009. 273 p.

TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** Rio de Janeiro: Nobel, 1984. 374p.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Archival Science**, v. 17, n. 2, p. 121 – 123. 1964.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA / COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DA BAHIA – CODEBA. 2011. Programa de Monitoramento da Dragagem de Aprofundamento do Porto organizado de Salvador. **Relatório Integrado das Campanhas de Pré Dragagem, Dragagem e Pós-dragagem.** Salvador, 2011. 258 p.

URIARTE, I.; VILLATE, F. Effects of pollution on zooplankton abundance and distribution in two estuaries of the Basque Coast (Bay of Biscay). **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, n. 3, p. 220-228. 2004.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2000. 117p.  
VEGA-PÉREZ, L. A. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. **Publicação especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 65-84. 1993.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. do C. E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 139-145. 2004.

ZAGANINI, R. L.; PERBICHE-NEVES, G.; NALIATO, D. A. O.; CARVALHO, E. D. Baixa diversidade de zooplâncton na desembocadura de uma represa eutrófica (SP, Brasil): reflexo da poluição? **Estudos de Biologia**, v. 32, n. 76, p. 17-24. 2011.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis.** New York: Prentice Hall, 1984. 960 p.

ZHOU, Q., ZHANG, J., FU, J., SHI, J., JIANG, G. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. **Analytica Chimica Acta**, v. 606, n. 2, p. 135–150. 2008.

ZIMMERMANN, S. J. C. Flora Diatomologica. Salvador. In: Congresso Brasileiro de Geografia, 5. **Anais...**, 1916. v. 1, p. 448-461.

## APÊNDICE 1 - REVISÃO DE LITERATURA

Nesse apêndice será abordado o que é o plâncton e como a comunidade planctônica pode ser utilizada em estudos de biomonitoramento, além de aspectos relacionados à zona costeira e aos estudos com os organismos planctônicos na BTS.

### **Comunidade planctônica**

O plâncton é constituído pelos organismos pelágicos que vivem na coluna d'água e que não possuem movimentos suficientemente fortes para que possam vencer as correntes, sendo sua distribuição controlada pela dinâmica das massas de água em que vivem (RÉ, 1999). Ele contribui com mais de 90% da produção orgânica anual dos oceanos, formando a base da teia alimentar marinha tendo a reação da fotossíntese como primeiro passo na fixação do carbono inorgânico em carbono orgânico particulado (RAYMONT, 1980; LALLI; PARSONS, 1993). Organismos planctônicos estabelecem relações intra e interespecíficas complexas, competindo por espaço e recursos orgânicos e inorgânicos na coluna de água, de forma que mudanças na comunidade planctônica acarretam profundas modificações estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho.

O fitoplâncton é constituído por microalgas, com mais de dez mil espécies identificadas em zonas costeiras e oceânicas, que vivem em suspensão na coluna d'água (SUTHERS; RISSIK, 2009). A maioria das espécies de fitoplâncton são capazes de produzir sua própria energia, ditos consumidores primários, convertendo energia solar e nutrientes em energia química, na forma de carboidratos, através da fotossíntese (OLIVEIRA, 2003; LOURENÇO, 2006). Um subproduto desse processo é a produção de oxigênio, sendo considerado que pelo menos metade do oxigênio atmosférico foi gerado pelo fitoplâncton (ESTEVEES, 1998; OLIVEIRA, 2003). Então, a grande abundância dos organismos fitoplanctônicos provem nutrição, direta ou indiretamente, para quase todas formas de vida marinha.

O fitoplâncton cresce na presença de luz solar e nutrientes, como nitrogênio e fósforo. A quantidade de dessas microalgas na coluna de água refletem a influência de um número de fatores e processos ambientais. Esses processos podem ser resumidos em “bottom-up”, como aqueles causados pela concentração de luz e nutrientes, e “top-down”, aqueles causados por organismos zooplanctônicos pastadores (SUTHERS; RISSIK, 2009). Um excesso de nutrientes no ambiente pode gerar um aumento da biomassa fitoplanctônica que é além da

capacidade natural do ambiente em assimilá-lo, isso é conhecido como eutrofização. (AJANI et al. 2001). A eutrofização pode afetar os recursos pesqueiros, a saúde humana e o funcionamento de todo um ecossistema de praias e baías (HALLEGRAEFF et al. 2003).

O zooplâncton, que é uma comunidade marinha constituída por uma riqueza de táxons de diversos tamanhos e morfologias, onde os mais numerosos são os crustáceos (BOLTOVSKOY, 2005). Praticamente todos os filos de invertebrados marinhos estão representados no zooplâncton, ao menos durante uma etapa do seu ciclo de vida (NIBAKKEN, 1993). Os organismos zooplanctônicos podem ser divididos em dois tipos básicos: o holoplâncton, que inclui os organismos que passam todo o seu ciclo de vida no plâncton (como os copépodos, cladóceros, sifonóforos, quetognatos e larváceas) e o meroplâncton que engloba os ovos, larvas e jovens daqueles organismos cujos adultos fazem parte de comunidades bentônicas ou demersais (larvas e pós-larvas de caranguejos, camarões e lagostas).

O conhecimento da comunidade zooplanctônica é de fundamental importância, pois apesar de serem compostas por herbívoros na sua maioria, também exercem forte influência como consumidores, fornecendo indicações sobre o grau de disponibilidade alimentar dentro do ecossistema (GREEN, 1968). Os organismos zooplanctônicos também respondem às alterações diárias no ambiente aquático, através de estratégias variadas, aumentando a complexidade funcional das comunidades pelágicas (LOPES et al., 1998). Desta forma, o conhecimento da variabilidade da composição e abundância do zooplâncton em diferentes escalas temporais e espaciais constitui um pré-requisito para a compreensão da dinâmica dos ecossistemas aquáticos (ARAÚJO et al., 2008).

Outro representante das comunidades planctônicas é o ictioplâncton, que consiste nos primeiros estágios do ciclo de vida dos peixes, representado por ovos, larvas, pós-larvas e juvenis (LOPES, 2006). São organismos extremamente importantes, uma vez que, a grande maioria das espécies de peixes teleósteos possui ovos e larvas planctônicas e apresentam uma taxa de fecundidade muito elevada (BOLTOVSKOY, 2005).

Estudos sobre o ictioplâncton são uma chave no entendimento da ecologia e evolução da fauna íctica e de suas populações constituintes (MOSER; SMITH, 1993). O estudo do padrão de distribuição das larvas de peixes contribui para uma melhor compreensão das inter-relações entre as espécies de peixes durante seus estágios iniciais de vida, bem como um entendimento do padrão de desova dos adultos (NONAKA et al., 2000). Do ponto de vista econômico, o ictioplâncton é o componente mais importante da comunidade planctônica pela relevância na renovação de estoques pesqueiros. Seu estudo é importante para avaliar o

potencial comercial de recursos pesqueiros existentes em áreas pouco conhecidas, determinar a susceptibilidade dos mesmos e estabelecer medidas para o aproveitamento sustentável (NAVARRO-RODRÍGUEZ et al., 2006).

### **Utilização do plâncton como bioindicador**

Os organismos planctônicos são excelentes indicadores da qualidade da água, e sua composição, diversidade e densidade refletem, não só as condições originais do sistema, mas também a sua deterioração (MATSUMURA-TUNDISI, 1997), podendo ser bastante úteis em pesquisas sobre o impacto de poluentes em comunidades marinhas (SIOKOU-FRANGOU; PAPATHANASSIOU, 1991; VEGA-PÉREZ, 1993; LEVINTON, 1995; NEUMANN-LEITÃO et al., 1999; ZHOU et al., 2008; SANTOS et al., 2009). Assim, existem vários estudos que utilizam as comunidades planctônicas como bioindicadores de poluição (SIOKOU-FRANGOU; PAPATHANASSIOU, 1991; NEUMANN-LEITÃO, 1994; LAWRENCE et al., 2004; URIARTE; VILLATE, 2004; ARAÚJO et al., 2008; SANTOS et al., 2009).

Segundo Zhou et al.(2008), a utilização de índices ecológicos como densidade, riqueza de espécies e abundância relativa dos organismos aquáticos é significativa para a avaliação do equilíbrio ecológico induzido pela qualidade da água. Sendo que, alterações em nível de população ou comunidade podem indicar uma perturbação no equilíbrio normal da área estudada, podendo causar graves sequelas, o que torna muito importante a realização de um programa de biomonitoramento. De acordo com Lawrence et al. (2004), cargas excedentes de nutrientes possuem efeitos sobre populações de copépodos calanoida que podem ocorrer a curto prazo, provocando alterações na atividade alimentar e fecundidade, ou a longo prazo, gerando mudanças na biomassa, abundância e composição da população.

Além disso, os padrões de distribuição espacial e temporal, bem como a abundância dos ovos e larvas de peixes, são influenciados pela interação de vários processos bióticos e abióticos. Os fatores bióticos incluem o local, momento e tipo de desova, a abundância dos adultos, a duração do estágio larval, abundância de presas e predadores, entre outros, enquanto que os fatores abióticos envolvem as características hidrológicas e climatológicas da região, tais como presença de diferentes massas d'água, correntes marinhas, vórtices, ventos e ressurgência (LOPES, 2006).

### **Zona costeira**



A zona costeira compreende uma faixa de terra seca e o espaço oceânico adjacente, na qual a parte terrestre e seus usos afetam diretamente a ecologia do espaço oceânico e vice-versa. Portanto, a zona costeira é uma faixa de largura variável que bordeia os continentes (POLETTE et. al, 1997). Comparada a outras áreas, esta região apresenta maior estresse ambiental, devido à excessiva exploração de seus recursos naturais, uso indiscriminado do solo e lançamento de poluentes, que podem apresentar grandes concentrações de nitrogênio, fósforo e silício, além de vários outros compostos tóxicos como metais pesados e hidrocarbonetos. (CURDS, 1982; SMITH et. al, 1999).

O lançamento de poluentes nas águas costeiras pode provocar efeitos nos ecossistemas tais como: processos de bioacumulação, biomagnificação de contaminantes químicos, introdução de organismos patogênicos, perturbações físicas no ecossistema marinho e eutrofização (CAPUZZO; KESTER, 1987). De maneira geral, esses efeitos negativos são mais intensos em ambientes de circulação restrita, tais como enseadas, baías e porções internas de estuários (MEYER-REIL; KÖSTER, 2000). Nestes ambientes, o tempo de residência das massas de água e a baixa profundidade, são fatores que contribuem para a maior depleção dos teores de oxigênio dissolvido (usado pelos organismos decompositores para mineralizar a matéria orgânica), menor efeito de diluição e mistura de poluentes, e também aumento da contribuição de carga orgânica através da ressuspensão do fundo (MAYER-PINTO; JUNQUEIRA, 2003).

Porém, as regiões costeiras marinhas são classificadas como ambientes de elevada biodiversidade e por isso tornam-se favoráveis aos estágios iniciais do ciclo de vida dos peixes, que as utilizam para desova e criação (DOYLE et al., 1993; LEIS, 1993). E áreas com baías e enseadas apresentam um padrão de circulação que favorece o aprisionamento dos organismos planctônicos (CASTILLO et al., 1991), sendo ambientes caracterizados pela maior disponibilidade de alimentos e pela escassez de predadores (FRANK; LEGGETT, 1983).

Segundo Cirano e Lessa (2007), a caracterização da temperatura e salinidade é relevante para a compreensão do comportamento das massas d'água dentro da Baía de Todos os Santos. Os mecanismos de troca de massas d'água, substâncias e organismos entre a baía e o oceano são regidos pela circulação residual (LESSA et. al., 2009), que também é determinada pelos gradientes longitudinais de densidade (RIBEIRO et. al., 2003). O transporte de material em suspensão (seston), tanto biótico (plâncton) como abiótico (tripton), é profundamente afetado pela circulação residual. A velocidade de decantação do MPS está relacionada ao tamanho dos agregados de partículas sedimentares gerados pelo processo de

floculação, que por sua vez é influenciado pela composição do sedimento. Fitoplâncton e zooplâncton são importantes elementos no processo de floculação, o primeiro por facilitar a adesão de partículas em suspensão (KIORBOE; HANSEN, 1993) e o segundo pela farta produção de agregados fecais.

### **Estudos anteriores na BTS**

Apesar dos estudos sobre o plâncton no Brasil terem sido iniciados com as diatomáceas coletadas na região da Baía de Todos os Santos (ZIMMERMANN, 1916), quase nada havia sido feito até a década de 70, quando foram realizados os trabalhos de (PEIXINHO, 1972) e (SANTOS, 1970) sobre a variação anual na composição e densidade do fito e zooplâncton na Baía de Todos os Santos. A seguir, Paredes et al. (1980) e Peixinho et al. (1980) estudaram a produtividade primária, a biomassa e seus fatores limitantes no sudoeste da Baía de Todos os Santos. Posteriormente, Cowgill (1987) avaliou os efeitos das mudanças nas concentrações de nitrogênio e fósforo sobre a composição do fitoplâncton durante uma década na Baía de Aratu.

Estudos desenvolvidos no norte da Baía de Todos os Santos, relacionando a hidroquímica com a biomassa fitoplanctônica e zooplanctônica, demonstraram a influência negativa das atividades petroquímicas (MAFALDA JÚNIOR et al., 2003). Em um recente estudo realizado no norte e no oeste da BTS, o microfitoplâncton foi dominado por diatomáceas do gênero *Coscinodiscus*, que perfazem 70% da abundância relativa, em razão da sua elevada taxa de multiplicação em ambientes eutrofizados (MELO-MAGALHÃES; ARAÚJO-BARBOSA, 2008). Em áreas estuarinas de influência oligohalina o microzooplâncton foi constituído por tecamebas, rotíferos e cladóceros, enquanto que em áreas euhalinas (> 30 ups) houve domínio de copépodos (*Acartia* e *Oithona*) e tintinídeos, onde a baixa riqueza e densidade de espécies foram atribuídas a ações antrópicas (LIRA, 2008).

Ainda existem poucos estudos sobre a composição da comunidade ictioplanctônica de regiões estuarino-costeiras do Nordeste do Brasil (MAFALDA JÚNIOR; SILVA, 1996; MAFALDA JÚNIOR et al., 2004; BONECKER, 2007; BONECKER, 2009; MARCOLIN et al., 2010).

No norte da BTS foi comprovado o efeito desfavorável das atividades petroquímicas sobre a comunidade ictioplanctônica, onde as variáveis ambientais (temperatura, amônia, hidrocarbonetos e clorofila-a) explicaram 94.7% da variação da associação de larvas de peixes (MAFALDA JÚNIOR et al., 2008). A composição desta associação costeira foi dominada por

larvas de Engraulidae, Gobiidae (*Gobionellus* spp.), Gerreidae (*Diapterus* spp. e *Eucinostomus* spp.) e Carangidae (*Oligoplites* spp. e *Caranx* spp.), com diferença significativa entre as estações influenciadas pelo impacto petroquímico e a estação controle (MAFALDA JÚNIOR et al., 2008).

Pereira (2013) avaliou a influência da pluviosidade e da estrutura oceanográfica sobre a dispersão do ictioplâncton ao longo de um perfil na Baía de Todos os Santos, determinando que a assembléia ictioplanctônica não apresentou variabilidade espacial para nenhum dos índices estruturais investigados, apesar do comprovado gradiente oceanográfico espacial gerado pela temperatura, salinidade e material particulado em suspensão. Além disso, também foi verificado que os ovos e larvas dos *taxa* característicos da associação estiveram associadas a Água Tropical, o que demonstra um transporte do ictioplâncton da entrada da Baía de Todos os Santos em direção ao interior do estuário do Paraguaçu.

Mais recentemente, Forte-Neto et al. (2014) e Maltez et al.(2014) examinaram o impacto da dragagem sobre a biomassa planctônica e a assembleia ictioplanctônica, respectivamente, no porto de Aratu. No primeiro estudo foi encontrado, durante a dragagem, os maiores valores de densidade de microfitoplâncton, mesozooplâncton e peso orgânico de mesozooplâncton, enquanto que no segundo estudo foi verificado os menores valores de densidade de ovos e larvas de peixes, de riqueza de famílias e diversidade, com uma subsequente recuperação no período após a dragagem. Ambos trabalhos verificaram uma variação temporal, na biomassa planctônica e na composição e abundância da assembleia ictioplanctônica, em resposta à sazonalidade e à qualidade da água, possivelmente afetada pela dragagem.

Com relação ao fitoplâncton, estudos realizados sobre sua composição na baía de Aratu apontaram para o declínio das diatomáceas e aumento das populações de cianobactérias devido ao aumento na concentração de nitrogênio em relação ao fósforo (COWGILL, 1987). Isso pode ter um impacto grande na associação zooplanctônica pois alguns grupos de cianobactérias podem produzir uma toxina intracelular e liberá-la no sistema (SUTHERS; RISSIK, 2009). Altas concentrações dessa cianotoxina são capazes de causar a morte de organismos do zooplâncton, enquanto que baixas concentrações podem reduzir o crescimento e a reprodução dos mesmos (DEMOTT et al., 1991; GILBERT, 1994).

Ainda na Baía de Aratu, Ferreira et al. (2012) caracterizaram a associação fitoplanctônica, visando comparar a sua estrutura ecológica, antes e durante a atividade de dragagem do Porto de Aratu, sob influência de condições oceanográficas e físico-químicas. Foi verificada uma redução da riqueza e um aumento da densidade na fase de dragagem.

Também foi visto que houve uma variabilidade temporal nas características oceanográficas da massa de água, em função do gradiente pluviométrico, e na qualidade da água, provavelmente em função da atividade de dragagem, de forma que a composição da associação fitoplanctônica refletiu essa variabilidade temporal, ocorrendo uma clara separação entre a fase de Dragagem e de Pré-dragagem.