



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

PAULO VICTOR MIRANDA FIGUEIREDO

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DOS PIGMENTOS CLOROFILADOS
NAS PROXIMIDADES DE UM CULTIVO DE OSTRAS (FAMÍLIA: OSTREIDAE)
NA REGIÃO DA RAPOSA/MA**

SÃO LUÍS - MA

NOV./2018

Paulo Victor Miranda Figueiredo

Distribuição espacial e sazonal dos pigmentos clorofilados nas proximidades de um cultivo de ostras (Família: Ostreidae) na região da Raposa/MA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Samara Aranha Eschrique

SÃO LUÍS - MA

NOV./2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Figueiredo, Paulo Victor Miranda.

Distribuição espacial e sazonal dos pigmentos
clorofilados nas proximidades de um cultivo de ostras
Família: Ostreidae na região da Raposa/MA / Paulo Victor
Miranda Figueiredo. - 2018.
50 f.

Orientador(a): Samara Aranha Eschrique.
Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia,
Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do
Maranhão, 2018.

1. Clorofila-a. 2. Feopigmento. 3. Porção Estuarina.
I. Eschrique, Samara Aranha. II. Título.

Paulo Victor Miranda Figueiredo

Distribuição espacial e sazonal dos pigmentos clorofilados nas proximidades de um cultivo de ostras (Família: Ostreidae) na região da Raposa/MA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Samara Aranha Eschrique

Aprovada em ____ de

de _____

Banca Examinadora

Prof^a Dr^a Samara Aranha Eschrique

Prof^a Dr^a Larissa Nascimento Barreto

Prof. Dr. Walter Luis Muedas Yauri

DEDICATÓRIA

A minha família Alan, Roseane e Aline, por todo esforço e incentivo para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai e minha mãe, Claudio Alan A. Figueiredo e Roseane M. Figueiredo, que muito se sacrificaram e abdicaram para tornar possível a realização dos meus sonhos, além de todo amor e afeto que encurtou a distância física entre nós, à minha irmãzinha Aline Figueiredo que muito me incentivou e aconselhou para que minhas escolhas fossem sempre em encontro a minha felicidade.

À minha Sol, que mais que uma companheira e namorada, é e sempre será minha melhor amiga, que me ajudou a ser o melhor de mim.

À minha mãe científica Samara Eschrique, que sempre muito sábia me orientou além da vida acadêmica, tornando-se além de uma orientadora uma amiga.

Aos meus Brothers de laboratório Antônio, Catarina, Chris, Caíque, Darah, Malu, Mylena, Pedro, Potira e Suzy, que tornaram possível a realização desse estudo, e sempre com muitas risadas e companheirismo criaram uma relação de amizade que irá perdurar por muitos anos.

Aos meus tios, que me acolheram como um filho e sempre estiveram ao meu lado até nos momentos mais difíceis.

À todos os professores e funcionários do DEOLI, que auxiliaram e contribuíram para minha formação, além de toda a dedicação dada aos alunos do curso de oceanografia.

RESUMO

Este presente estudo tem por objetivo determinar a distribuição espacial e sazonal dos pigmentos clorofilados próximos a um sistema de cultivo de ostras, localizado na porção estuarina de Raposa/MA, durante o ano de 2018. O município de Raposa/MA é caracterizado como um ambiente tipicamente tropical, com um regime de macromarés semidiurnas. As coletas foram realizadas em três períodos distintos, com um intervalo de três meses entre cada campanha, sendo a primeira, segunda e terceira no período chuvoso, transição e estiagem, respectivamente. O pH, foi quantificado *in situ* através do pHmetro, com precisão de $\pm 0,01$ pH; ± 1 mV. Os valores de temperatura, salinidade e profundidade local foram obtidos por meio de um CTD (Conductivity, Temperature and Depth). A transparência da água foi medida através do coeficiente de extinção de luz sugerido por Poole & Atkins (1929), determinado pela profundidade do desaparecimento do disco Secchi. Em laboratório os parâmetros Sólidos Totais em Suspensão e Matéria Orgânica em Suspensão foram desenvolvidos pelo método descrito por APHA (2001). A determinação de oxigênio dissolvido foi de acordo com o método iodométrico de Winkler, segundo as recomendações de Strickland e Parsons (1972), e a Saturação de Oxigênio Dissolvido foi calculada segundo as recomendações de Aminot e Chaussepied (1983). A clorofila-*a* fitoplanctônica foi estimada por espectrofotometria, segundo a metodologia sugerida por Jeffrey & Humphrey (1975) para fitoplâncton misto. O feopigmento foi determinado segundo a metodologia sugerida por APHA (2001). Os resultados obtidos com este trabalho possibilitaram caracterizar a distribuição dos pigmentos clorofilados e parâmetros físicos e químicos (Transparência, Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Percentual de Saturação do Oxigênio, Sólidos Totais em Suspensão, Matéria Orgânica em Suspensão) próximo a um sistema de cultivo de ostras na porção estuarina de Raposa/MA, sendo estas, variáveis que estão sujeitas à sutis alterações, devido à distribuição temporal e sazonal, além de insolação, maré, precipitação. Estatisticamente, espacialmente e sazonalmente houve similaridades entre os pontos de coleta, demonstrando uma heterogeneidade entre os parâmetros. O referente trabalho possibilitou compreender o estado do ambiente ao longo das estações, de modo a contribuir com a comunidade, gerando dados que auxiliem no desenvolvimento econômico local, além da caracterização do ambiente ao longo do ano.

Palavras-chave: Porção Estuarina, clorofila-*a*, Feopigmento.

ABSTRACT

This current study aims to determine the spatial and seasonal distribution of chlorophyll pigments near an oyster culture system, located in the estuarine portion of Raposa/MA. The municipality of Raposa/MA is characterized as a typically tropical environment with a semidiurnal macrotidal regime. The collections were carried out in three different periods, with an interval of three months between each campaign, being the first, second and third in the rainy season, transition and drought, respectively. The pH was quantified in situ through the pH meter, with an accuracy of ± 0.01 pH; ± 1 mV. The values of temperature, salinity and local depth were obtained through a CTD (Conductivity, Temperature and Depth). The water transparency was measured by the extinction coefficient suggested by Poole & Atkins (1929), determined by the depth of the disappearance of the Secchi disk. In the laboratory, the parameters Total Suspended Solids and Suspended Organic Matter were developed by the method described by APHA (2001). The determination of dissolved oxygen was according to Winkler's iodometric method, as recommended by Strickland and Parsons (1972) and Dissolved Oxygen Saturation was calculated according to the recommendations of Aminot and Chaussepied (1983). The phytoplankton chlorophyll-*a* was estimated by spectrophotometry, according to the methodology suggested by Jeffrey & Humphrey (1975) for mixed phytoplankton. The phaeopigment was determined according to the methodology suggested by APHA (2001). The obtained results with this work allowed characterizing the distribution of chlorophyll pigments and physical and chemical parameters (Transparency, Temperature, Salinity, pH, Dissolved Oxygen, Percentage of Oxygen Saturation, Total Suspended Solids, Suspended Organic Matter) of oyster culture in the estuarine portion of Raposa/MA. being these, variables that are subject to the subtle alterations due to the temporal and seasonal distribution, besides insolation, tide, precipitation and even to the culture raft. Even showing similarities between the collection points and during the periods, they demonstrated a heterogeneity among the parameters. The reference work allowed to understand the state of the environment throughout the seasons, in order to contribute with the community, generating data that supports the local economic development, besides the characterization of the environment throughout the year.

Key words: Chlorophyll-*a*, estuarine portion, phaeopigment.

EPÍGRAFE

*Por vezes sentimos que aquilo que
fazemos não é senão uma gota de água
no mar. Mas o mar seria menor se lhe
faltasse uma gota.*

Madre Teresa de Calcutá

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Área de estudo situada na região da Raposa/MA.....15**
- Figura 2: Localização dos pontos de coleta na porção estuarina de Raposa/MA.....16**
- Figura 3: Variação da maré (m) durante a 1° Campanha (período chuvoso); 2° Campanha (período de transição); 3° Campanha (período de estiagem). As barras representam o horário de amostragem durante o ciclo de maré.....25**
- Figura 4: Profundidade local (m) na porção estuarina de Raposa/MA, durante a estação chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....27**
- Figura 5: Transparência local em metros, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....29**
- Figura 6: Distribuição espacial e temporal da temperatura na água medida em °C, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....30**
- Figura 7: Distribuição espacial e temporal da salinidade (g kg^{-1}), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....32**
- Figura 8: Distribuição espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....33**
- Figura 9: Distribuição espacial e temporal do percentual de saturação de oxigênio, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....35**
- Figura 10: Distribuição espacial e temporal do potencial hidrogeniônico (pH), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....36**
- Figura 11: Distribuição espacial e temporal dos sólidos totais em suspensão (TSS), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....37**
- Figura 12: Distribuição espacial e temporal da matéria orgânica em suspensão (MOS), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....38**
- Figura 13: Distribuição espacial e temporal da clorofila-*a* (Cl-*a*), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....40**

Figura 14: Distribuição espacial e temporal do feopigmento, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).....41

Figura 15: Análise dos componentes principais (ACP) para os parâmetros físicos, químicos e biológicos, referente as três campanhas de amostragem na porção estuarina de Raposa/MA.....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de localização, físicos, químicos e biológicos nos cinco pontos e durante as três campanhas de amostragem na porção estuarina de Raposa/MA.....14

Tabela 2: Tabela 2: Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão dos parâmetros, físicos e químicos na porção estuarina de Raposa/MA, durante as três campanhas.....15

Tabela 3: Valores dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para um $p < 0,05$41

Tabela 4: Análise dos componentes principais (ACP) na porção estuarina de Raposa/MA: a) período chuvoso (1ª campanha); b) período de transição (2ª campanha); c) período de estiagem (3ª campanha).....42

LISTA DE SIGLAS E UNIDADES

%OD - Porcentual de Saturação em Oxigênio Dissolvido.

$\mu\text{mol L}^{-1}$ - Micromol por litro.

ACP - Análise dos Componentes Principais.

APHA - American Public Health Association.

Cond. – Condutividade.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DEOLI – Departamento de Oceanografia e Limnologia.

Fig. – Figura.

g kg^{-1} - Gramas por Quilogramas.

hab. km^{-2} - Habitantes por quilômetros quadrados.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia.

km^2 - Quilômetros Quadrados.

LD – Limite de Detecção

m - Metros.

$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ - Metros Cúbicos por Segundo.

MA - Maranhão.

mg L^{-1} - Miligramas por Litro.

mS cm^{-1} – milsiemen por centímetro.

mL - Mililitro.

MOS - Matéria Orgânica em Suspensão.

OD - Oxigênio Dissolvido.

TSS Sólidos Totais em Suspensão

$^{\circ}\text{C}$ – Graus Celsius.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. METODOLOGIA	14
3.1 ÁREA DE ESTUDO	14
3.2 COLETAS DE CAMPO	16
3.2.1 Determinação das Variáveis Ambientais	17
3.3 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS	17
3.3.1 Determinação de Oxigênio Dissolvido	17
3.3.2 Percentual de Saturação do Oxigênio	18
3.3.3 Sólidos Totais em Suspensão (TSS)	18
3.3.4 Matéria Orgânica em Suspensão (MOS)	19
3.3.5 Transparência	20
3.3.6 Determinação de Clorofila-a	21
3.3.7 Determinação de Feopigmento	22
3.3.8 Análises Estatísticas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 MARÉ	23
4.2 PROFUNDIDADE LOCAL	26
4.3 TRANSPARÊNCIA	28
4.4 TEMPERATURA DA ÁGUA – T (°C)	30
4.5 SALINIDADE	31
4.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OD	33
4.7 PERCENTUAL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO - %OD	34
4.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - PH	35
4.9 SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENÇÃO – TSS	37
4.10 MATÉRIA ORGÂNICA EM SUSPENÇÃO – MOS	38
4.11 CLOROFIA- A – CL- A	39

4.12 FEOPIGMENTO	40
4.13 NORMALIDADE E SIMILARIDADE: SHAPIRO-WILK E ANOVA.....	41
4.15 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS - ACP.....	42
5. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) se tornou um pólo para o crescimento urbano, industrial e social, devido à sua abundância em recursos naturais renováveis e não renováveis e sua acessível exploração, gerando uma dependência do crescimento econômico sobre este ecossistema. No entanto, a ideia de colapso destes bens, criou uma série de paradigmas quanto à sua utilização, principalmente dos recursos pesqueiros, como o Código de Conduta para a Pesca Responsável, criado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 1995). Contudo, a aquicultura/maricultura surge, mesmo sendo economicamente emergente, como uma ferramenta para tornar possível a elaboração de um meio economicamente rentável, sem a ideia extrativista.

Nas últimas décadas, a criação de pacotes tecnológicos voltados a ostreicultura¹ viabilizou o crescimento deste meio de cultivo no Brasil. Ainda assim, grande parte dos avanços ligados a esta área se iniciou na década de 70 (WAKAMATSU, 1973; FERNANDES & LIMA, 1976; NASCIMENTO & LUNETTA, 1978), com sua expansão nos anos 80, tendo como principal núcleo o estado de Santa Catarina, somado ao título de pioneiros em grande parte das pesquisas ligadas a malacocultura².

Segundo FSADU (2010) e França *et al.* (2013), o estado do Maranhão apresenta uma faixa litorânea que corresponde a aproximadamente 640 km de extensão, o que representa um grande potencial no sentido de desenvolver a ostreicultura maranhense. Por outro lado, a capacidade existente para o crescimento do cultivo de ostra no litoral maranhense ainda não apresenta valores representativos, além da escassez em estudos ligados aos parâmetros produtivos e biológicos da ostra na localidade (FUNO *et al.*, 2016). Porém, no ano de 1999, o projeto POLOMAR (Pólo de Maricultura do Mar) financiado pelo governo do estado do Maranhão, iniciou os projetos de promover a modalidade no estado. No ano seguinte, o projeto BMLP (*Brazilian Mariculture Linkage Program*), avaliou o implemento e a criação de ostras nos municípios maranhenses.

¹ Ostreicultura – cultivo exclusivamente de ostras.

² Malacocultura – cultivo de escargots, ostras, vieiras, mexilhões.

Após a implementação dos programas de aperfeiçoamento da maricultura estadual, pouco se sabe a respeito da interação presente entre o ecossistema e os meios de produção, e como a relação entre os mesmos podem afetar determinadas espécies ao longo dos braços de mar e estuários do Maranhão.

Deste modo, compreender como ocorre a distribuição e a quantidade dos pigmentos clorofilados (clorofila-*a* e feopigmento) próximo ao cultivo de ostras, pode auxiliar na compreensão da relação entre o modelo de produção e o ecossistema. Os sistemas de balsas flutuantes para o cultivo de ostras (Família: Ostreidade), em águas salobras da Raposa/MA, pode afetar a dinâmica populacional das espécies regionais, visto que, o hábito alimentar (filtração) dos moluscos bivalves afeta diretamente uma parcela dos produtores primários (base da cadeia alimentar), sendo capaz de perturbar a disponibilidade e distribuição dos mesmos, interferindo nos níveis tróficos subsequentes (ALINNE *et al.*, 2012; PEARSE *et al.*, 1987; WARD, 1996; ZAVALA-CAMIN, 1996).

De acordo com Pearse *et al.* (1987) e Ward (1996), as ostras se alimentam através de partículas em suspensão (partículas orgânicas, microalgas e organismos planctônicos) na água, que são ingeridas como alimento. O fato do município da Raposa (MA) apresentar apenas 16% de esgotamento sanitário (IBGE, 2010), pode favorecer a disponibilidade de partículas em suspensão e de nutrientes tais como, compostos nitrogenados e fosfatados no corpo hídrico, gerando potencial de eutrofização nas suas águas, criando um desequilíbrio ecológico. Assim, sendo as ostras consumidoras primárias, elas podem agir como reguladores para o ecossistema, restringindo a produção exacerbada dos fitoplânctons.

Estudos ainda estão sendo dissertados quanto à distribuição dos compostos fitoplanctônicos próximos à viveiros de ostras e como esta pode afetar a sua concentração nestas áreas, sabendo que sua distribuição varia também em função de outras variáveis, tais como a sazonalidade, maré, parâmetros físicos e químicos da água, dentre outros. Sendo assim, a determinação da distribuição de clorofila-*a* se torna uma ferramenta de interesse ambiental, para inferir a relação das ostras com o ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a distribuição espacial e sazonal dos pigmentos clorofilados nas proximidades de um cultivo de ostras (Família: Ostreidae) na região de Raposa/MA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a distribuição dos parâmetros físicos e químicos (Transparência, Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Percentual de Saturação do Oxigênio, Sólidos Totais em Suspensão, Matéria Orgânica em Suspensão).
- Quantificar os pigmentos clorofilados (clorofila-*a* e feopigmento) nas proximidades de um cultivo na região de Raposa/MA, considerando as variações espaciais e sazonais.
- Diagnosticar se as condições físicas, químicas e biológicas das águas estuarinas da Raposa são adequadas para o desenvolvimento de um cultivo de ostras (Família: Ostreidae).

3. METODOLOGIA

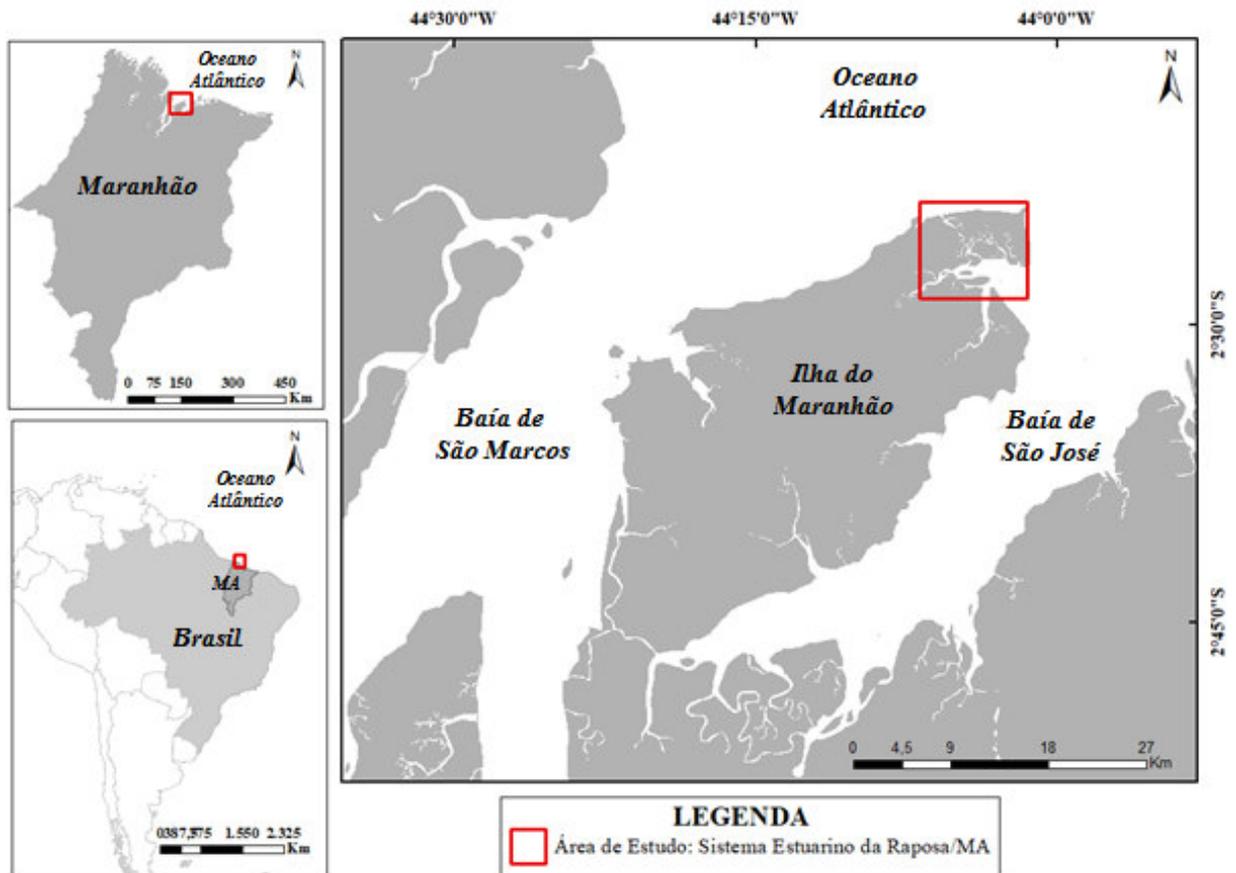
3.1 ÁREA DE ESTUDO

Área de estudo está localizada entre as Reentrâncias Maranhenses e o Golfão Maranhense, próximo ao delta do Rio Paciência (Figura 1), possuindo uma fração de terras demarcadas ao norte e a leste pelo Oceano Atlântico, desde a foz da Baía de São Marcos até o Oceano Atlântico, delimitado ao sul pela Baía de Curupu, e a oeste pelo município de Paço do Lumiar (DIAS *et al.*, 2006).

O município de Raposa está situado a NE da Ilha do Maranhão, distando aproximadamente 32 km do centro da Capital de São Luís, entre as coordenadas de 02°25'22"S e 44°05'21"W, possuindo uma população estimada em 30.863 habitantes e 66.280 km² de área (IBGE, 2017). A região é caracterizada por apresentar um clima tropical, com pequenas oscilações de temperatura, sendo a temperatura máxima de 32,5 °C e a mínima de 31,4 °C, caracterizando os períodos sazonais de chuva, que se estende de janeiro a junho, e de estiagem, que vai de julho a dezembro (INMET,

2018). A região apresenta um regime de macromaré, apresentando registros de maré acima de 8 m (MABESOONE & COUTINHO, 1970; RAMOS & DE CASTRO, 2004).

Figura 1: Área de estudo situada na região da Raposa/MA.

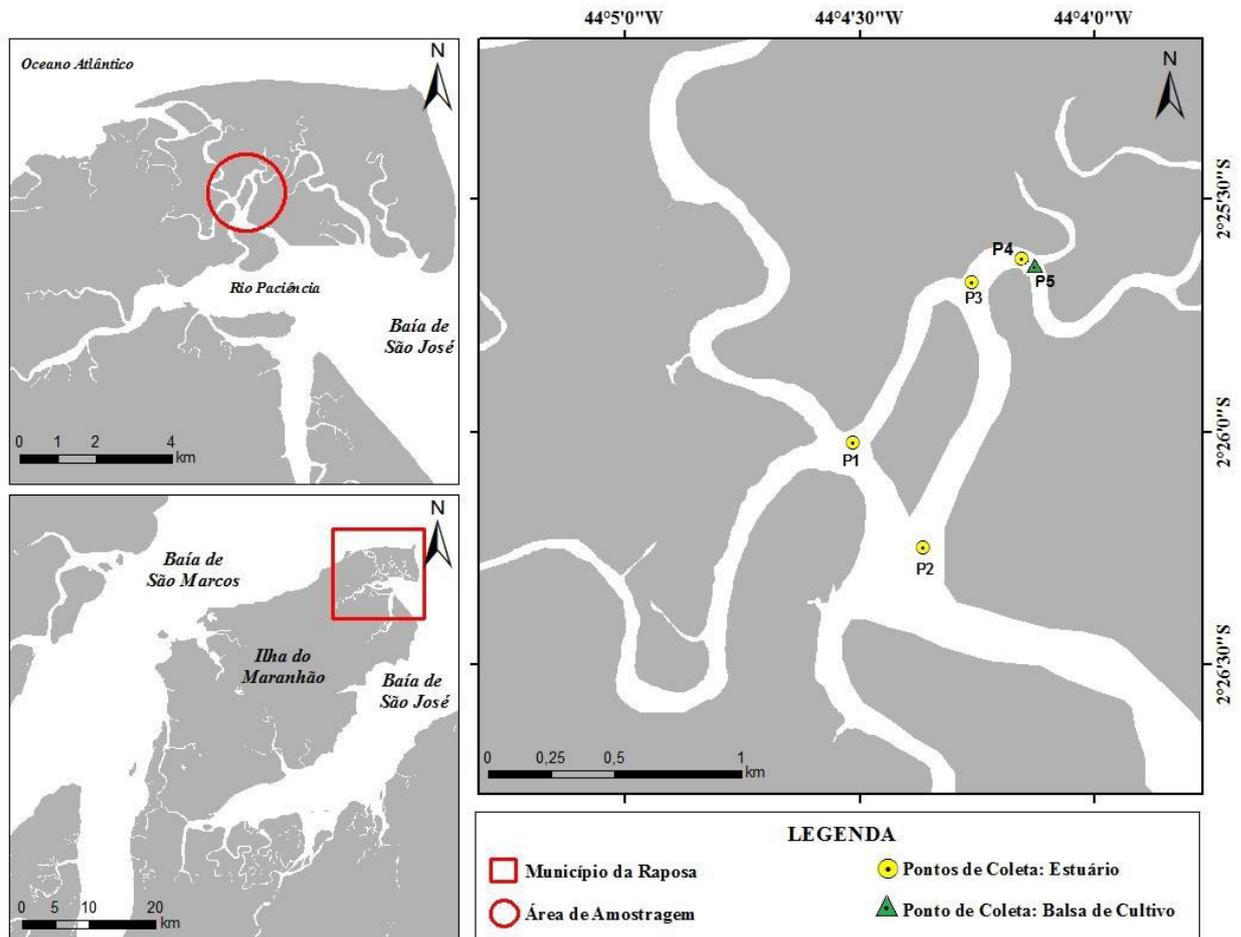


A principal renda econômica da região está ligada a pesca e ao turismo, em razão de abrigar a maior colônia de pescadores do Maranhão (Prefeitura Raposa, 2018), sua produção pesqueira representa 12,8 % de toda a pesca realizada no estado (CEPENE, 2006), sendo esta atividade a qual sustenta grande parte das famílias da região (YAURI, 2011).

3.2 COLETAS DE CAMPO

A área estuarina de estudo no município de Raposa (MA) compreendeu quatro pontos de amostragens (Figura 2), contemplando os principais canais de entradas e saída de água no local, e um ponto de coleta dentro da balsa de cultivo, a fim de compreender a relação entre a balsa de ostras e a dispersão espacial da clorofila-*a* fitoplanctônica. O estudo foi realizado em três campanhas ao longo do ano de 2018, com intervalos de três meses entre cada campanha. Desta forma, o trabalho englobou os períodos de chuva (8 de abril), transição (19 de julho) e estiagem (06 de outubro), sendo que todas as campanhas foram realizadas durante a maré de quadratura, de modo a padronizar as condições de coleta e minimizar erros e discrepâncias nos dados. Deste modo, a distância entre os pontos não apresenta um padrão definido.

Figura 2: Localização dos pontos de coleta na porção estuarina de Raposa/MA.



3.2.1 Determinação das Variáveis Ambientais

As amostras de água foram obtidas através do lançamento de garrafa hidrológica do tipo *van Dorn* de 5 litros em superfície. A primeira alíquota de amostra foi destinada para a determinação de oxigênio dissolvido, através da inserção de uma mangueira na torneira de saída da garrafa, que é introduzida até o fundo do frasco de DBO e mantido nessa posição, enquanto a amostra é transferida com o mínimo de agitação e turbulência. A amostra foi fixada e posteriormente determinada em laboratório, conforme será descrito posteriormente.

As alíquotas de água seguintes foram encaminhadas para as determinações dos parâmetros: Totais de Sólidos Suspensos (TSS) e clorofilados, de acordo com os métodos descritos a seguir.

As seguintes variáveis foram determinadas *in situ*: temperatura, salinidade e profundidade pelo uso de um CTD (Conductivity, Temperature and Depth marca YSI CastAway™. O Potencial Hidrogeniônico (pH) através de um pHmetro de bancada (Modelo K39-1014B), com precisão de $\pm 0,01$ pH; ± 1 mV. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi medida pelo lançamento do disco de Secchi, com cabo graduado em centímetros, para determinação posterior da transparência da água.

3.3 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

3.3.1 Determinação de Oxigênio Dissolvido

A determinação de oxigênio dissolvido foi de acordo com o método iodométrico clássico de Winkler, segundo as recomendações de Strickland e Parsons (1972). O método é baseado na titrimetria de oxidação e redução, no qual o oxigênio molecular dissolvido irá oxidar uma quantidade equivalente de hidróxido de manganês 2^+ (precipitado branco) a hidróxido de manganês 3^+ (precipitado marrom). Quando o precipitado marrom é dissolvido com ácido na presença de iodeto, o hidróxido de manganês 3^+ oxidado retorna ao estado reduzido de manganês 2^+ solúvel, e é liberado iodo em quantidade equivalente ao oxigênio original. O iodo formado é então titulado com solução padrão de tiosulfato de sódio, usando-se como indicador a suspensão de amido.

O método proposto dispõe de uma precisão ao nível de $0,35 \text{ mmol L}^{-1}$, o valor correto, para uma média de n determinações realizadas sob as condições próximas aquelas ideais, é de $\pm 0,0015/\sqrt{n} \text{ mmol L}^{-1}$.

3.3.2 Percentual de Saturação do Oxigênio

A Saturação de Oxigênio Dissolvido (% Sat. OD) foi calculada segundo as recomendações de Aminot e Chaussepied (1983), através da fórmula.

$$[O_2] = \frac{O_2(situ)}{O_2(CNTP)} \times 100$$

Onde:

$\%[O_2]$ = percentual de oxigênio calculado;

O_2 (CNTP) = concentração de oxigênio conforme as concentrações normais de temperatura e pressão (CNTP), segundo a tabela de Aminot e Chaussepied (1983).

O_2 (*in situ*) = concentração de oxigênio aferida *in situ*.

3.3.3 Sólidos Totais em Suspensão (TSS)

Os sólidos totais em suspensão presente nas águas estuarinas foram determinados por medida gravimétrica, segundo as metodologias descritas em APHA (2001).

Antes da coleta de campo, foram preparados os filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e porosidade nominal de $2,0 \mu\text{m}$ (ou menor). O filtro passou a ser inserido no aparato de filtração com o auxílio de uma pinça, a bomba de vácuo foi ligada e por três vezes consecutivas um volume de 20 ml de água destilada passou para lavagem dos filtros. Depois estes foram secos em estufa a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ até peso constante. Como a determinação de sólidos voláteis em suspensão é pretendida, os filtros também passaram por ignição em forno mufla a $550 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 minutos, resfriados em dessecador até atingir temperatura ambiente, depois pesado em balança

analítica, com precisão de $\pm 0,0001\text{g}$. O ciclo foi repetido até que o peso se torne constante.

Para a determinação do TSS, as amostras de água foram homogeneizadas e transferidas para uma proveta graduada um volume de amostra suficiente e adequado para que o TSS cubra uniformemente o filtro (quanto mais turva a amostra, menor o volume a ser filtrado). Anotou-se esse volume. Montou-se o equipamento de filtração e, com o auxílio de uma pinça, foi colocado o filtro pré-pesado sobre o suporte poroso. O béquer de filtração foi colocado cuidadosamente sobre o filtro. Ligou-se a bomba de vácuo (300 a 350 mmHg) e derramou-se lentamente um volume da amostra sobre o béquer do equipamento de filtração. Após filtrar toda a amostra, sem mexer no filtro, foi passado, por 3 vezes consecutivas, um volume aproximado de 10 ml de água destilada para lavagem, permitindo uma drenagem completa entre cada uma das lavagens e continuando a sucção por cerca de 3 minutos após a filtração estiver completa, para lavagem dos filtros (remoção dos sais, que ficam retidos junto com o material particulado em suspensão e que, cristalizados depois de seco o filtro, poderiam superestimar o resultado da análise). Depois, os filtros foram removidos com o auxílio de uma pinça, dobrados e colocados em placas de petri, devidamente identificadas, que foram colocados em estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante, sendo resfriado em dessecador e pesado em balança analítica, com precisão de $\pm 0,0001\text{g}$, repetindo o processo de secagem e pesagem até peso constante. A diferença entre o peso final e o inicial fornecerá o peso do sólido total em suspensão para um exato volume filtrado, com resultados em mg L^{-1} .

3.3.4 Matéria Orgânica em Suspensão (MOS)

A matéria orgânica em suspensão (MOS) foi determinada pela técnica gravimétrica, após a ignição da amostra em forno mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, de acordo como descrito em APHA (2001).

Os sólidos voláteis em suspensão são aqui chamados de matéria orgânica em suspensão (MOS), devido à matéria orgânica compor a maior parte dos sólidos que se volatilizam com ignição a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, embora a perda de material por ignição não seja restrita ao material orgânico, pois uma pequena parte de material inorgânico também é perdida por decomposição ou volatilização de alguns sais minerais.

Esta técnica consiste em levar os filtros utilizados na determinação do TSS para um forno mufla a uma temperatura de 550 °C por um período de 1 hora em temperatura constante. Um filtro de fibra de vidro em limpo (branco), mas que passou por todo o processo de preparação de filtro conforme descrito para TSS, será colocado na mufla junto com as amostras. Depois, de desligada a mufla, aguardou-se pelo resfriamento parcial das amostras ainda na mufla, para então retirar os filtros, que serão resfriados em um dessecador até atingir temperatura ambiente. Após o seu resfriamento, os filtros serão pesados em uma balança analítica, com precisão de $\pm 0,0001\text{g}$. O ciclo de ignição foi repetido em mufla por 30 minutos, resfriamento em dessecador e pesagem até peso constante. A diferença entre o peso do filtro antes da ignição e o resíduo da combustão representa a perda de matéria orgânica volatilizada, sendo que a partir deste dado, pode-se obter o percentual de matéria orgânica em suspensão. A perda de peso do branco será uma indicação de inadequação de uma marca ou tipo de filtro específico para esta análise, como controle de qualidade.

$$MOS(mgL^{-1}) = \frac{(B - C) \times 1000}{VOLUMEDAAMOSTRA(mL)}$$

Onde:

B = peso do filtro + resíduo seco antes da ignição (mg).

C = peso do filtro + resíduo seco depois da ignição (mg).

3.3.5 Transparência

A transparência da água foi determinada através do coeficiente de extinção de luz sugerido por Poole & Atkins (1929), através da medida da profundidade de desaparecimento do disco de *Secchi*. Segundo as equações a seguir:

$$k = \frac{1,7}{D}$$

$$Z_{eu} = \frac{4,6}{k}$$

Onde:

k = Coeficiente de extinção da luz;

D = Profundidade do desaparecimento do disco de *Secchi* (m);

Z_{eu} = Profundidade da camada de até 1% da luz incidente, que corresponde ao valor da transparência da água.

3.3.6 Determinação de Clorofila-*a*

A clorofila-*a* (cl-*a*) fitoplanctônica foi estimada por espectrofotometria na faixa de luz visível, segundo a metodologia sugerida por Jeffrey & Humphrey (1975) para fitoplâncton misto.

Optou-se pelo emprego da equação de Jeffrey & Humphrey (1975) para a estimativa das concentrações de clorofilados, por esta metodologia apresentar uma menor faixa de erro, segundo o teste comparativo de metodologias da UNESCO (1980), e pela grande variação de salinidade das águas estuarinas, a qual influencia diretamente na composição do fitoplâncton e conseqüentemente nas proporções de clorofila-*a* e demais clorofilas. As amostras de água foram filtradas em membrana de celulose com aproximadamente 0,45 µm de porosidade nominal e 47 mm de diâmetro.

A extração da clorofila-*a* foi realizada através da adição de 10 ml de solução de acetona 90% em tubos de centrífuga contendo os filtros, os quais foram macerados e se aguardou pelo tempo de extração (24 horas), sob a refrigeração de 4 °C. O sobrenadante foi retirado delicadamente dos tubos e colocado na cubeta de 1 cm de percurso óptico, realizando a leitura das amostras nos seguintes comprimentos de onda: 480, 530, 630, 645, 647, 663, 664, 665 e 750 nm. O branco das cubetas também foi lido em todos os comprimentos ópticos mencionados. Antes dos cálculos, as leituras de absorbâncias nos diversos comprimentos de onda foram corrigidas pela subtração do branco das cubetas (de acordo com a cubeta utilizada) e da turbidez (absorbância medida em 750 nm).

3.3.7 Determinação de Feopigmento

O feopigmento foi determinado segundo a metodologia sugerida por APHA (2001). Para a obtenção das concentrações de feopigmento foram lidos os valores de absorvância a 750 nm (correção de turbidez) e 665 nm (absorvância máxima para Cl-*a*) das amostras extraídas com solução de acetona 90%, conforme foi descrito anteriormente na análise de clorofila-*a*. Posteriormente, foi adicionado duas gotas de HCl 10% nas amostras e em seguida medida a extinção a 665 e 750 nm. Antes dos cálculos, as absorvâncias medidas no comprimento de onda (665 nm) foram corrigidas pela subtração do branco das cubetas (de acordo com a cubeta utilizada) e da turbidez (absorvância medida em 750 nm).

3.3.8 Análises Estatísticas

Para as análises estatísticas, foi realizado teste de normalidade de shapiro-wilk para um nível de significância de $p < 0,05$, visando verificar se a distribuição dos conjuntos de dados pode ser aproximada pela distribuição normal.

A análise de variância (ANOVA) foi aplicado para a determinação das similaridades entre os tratamentos a modo de verificar a ocorrência de diferenças ou semelhanças estatísticas.

Foi utilizada a Análise dos Componentes Principais (ACP) para as variáveis físicas e químicas da coluna d'água. A ACP é uma técnica matemática da análise multivariada, com identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perdas significativas de informações (VICINI & SOUZA, 2005).

Todos os testes foram realizados no software PAST 3.0. Este software livre é utilizado como uma ferramenta para análise de dados científicos, com funções de manipulação de dados, plotagem, estatística univariada e multivariada, análise ecológica, séries temporais e análises espaciais, morfometrias e estratigrafias (SOFTPEDIA, 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MARÉ

As campanhas foram realizadas em maré de quadratura e durante o intervalo de baixamar, a modo de homogeneizar as coletas durante os períodos de amostragem. Sendo que, durante a primeira campanha, obtivemos uma baixamar de 1,7m e uma preamar de 5,3m, para a segunda campanha a altura de maré variou de 1,9m a 5,4m, e durante a terceira a altura de maré obteve 0,3m na baixamar e 5,9m durante a preamar (BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS, 2018).

A pouca diferença de tempo entre as coletas do ponto P04 e P05, impossibilitou a visualização do ponto P04 nos gráficos (Figura 3), visto que a escala de tempo está em um intervalo de horas.

Tabela 1: Dados de localização, físicos, químicos e biológicos nos cinco pontos e durante as três campanhas de amostragem na porção estuarina de Raposa/MA.

	Pontos	Coodenadas		Data da Coleta	Hórarario da Coleta	Prof. Local (m)	Transparência	T (°C) ÁGUA	Sal. (g kg ⁻¹)	OD (mg L ⁻¹)	OD (%)	pH	TSS (mg L ⁻¹)	Cl-α (mg m ⁻³)	Feopigmento (mg m ⁻³)
		Latitude (°S)	Longitude (°W)												
1° Campanha	1	2,4340	44,0755	08/04/2018	16:24	8,29	2,46	29,44	24,46	4,74	84,0	8,45	15,61	0,88	2,60
	2	2,4403	44,0714	08/04/2018	17:19	4,18	3,33	29,45	24,25	4,94	30,0	8,33	36,21	7,28	9,21
	3	2,4323	44,0706	08/04/2018	19:02	1,29	-	29,23	24,19	5,03	15,0	7,95	16,72	5,82	10,16
	4	2,4272	44,0690	08/04/2018	19:56	7,71	-	29,28	23,70	4,29	12,0	7,82	12,28	1,50	0,50
	5	2,4272	44,0690	08/04/2018	19:59	6,31	-	29,27	23,53	4,27	17,0	7,82	32,27	1,82	5,01
2° Campanha	1	2,4344	44,0751	19/07/2018	14:48	7,23	2,65	29,65	29,69	5,61	73,0	7,93	15,50	8,26	<LD
	2	2,4285	44,0698	19/07/2018	15:26	5,58	3,11	29,15	29,71	2,03	76,0	7,91	19,17	3,74	<LD
	3	2,4271	44,0727	19/07/2018	13:28	1,49	3,38	29,05	29,59	0,99	77,0	7,88	62,50	4,75	<LD
	4	2,4271	44,0690	19/07/2018	13:51	6,13	2,95	28,98	29,71	0,83	66,0	7,99	9,00	8,62	<LD
	5	2,4406	44,0690	19/07/2018	13:53	7,48	2,95	28,99	29,71	1,13	66,0	7,79	11,17	4,97	<LD
3° Campanha	1	2,4341	44,0754	16/10/2018	08:50	7,48	2,62	28,34	36,06	1,87	29,0	7,48	113,75	11,84	3,74
	2	2,4410	44,0694	16/10/2018	10:33	4,47	2,98	28,64	36,02	3,24	51,0	7,42	83,56	0,49	20,56
	3	2,4288	44,0712	16/10/2018	12:53	3,00	2,57	29,44	36,23	3,73	59,0	7,30	67,07	15,39	3,12
	4	2,4273	44,0690	16/10/2018	13:23	9,09	2,71	29,36	36,21	3,44	55,0	7,21	54,90	0,85	19,22
	5	2,4273	44,0690	16/10/2018	13:26	9,64	2,44	29,38	36,22	3,57	57,0	7,08	90,25	12,48	22,61

*Limite de Detecção(LD) = 0,001 mg m⁻³

*<LD - Menor que o limite de detecção do método.

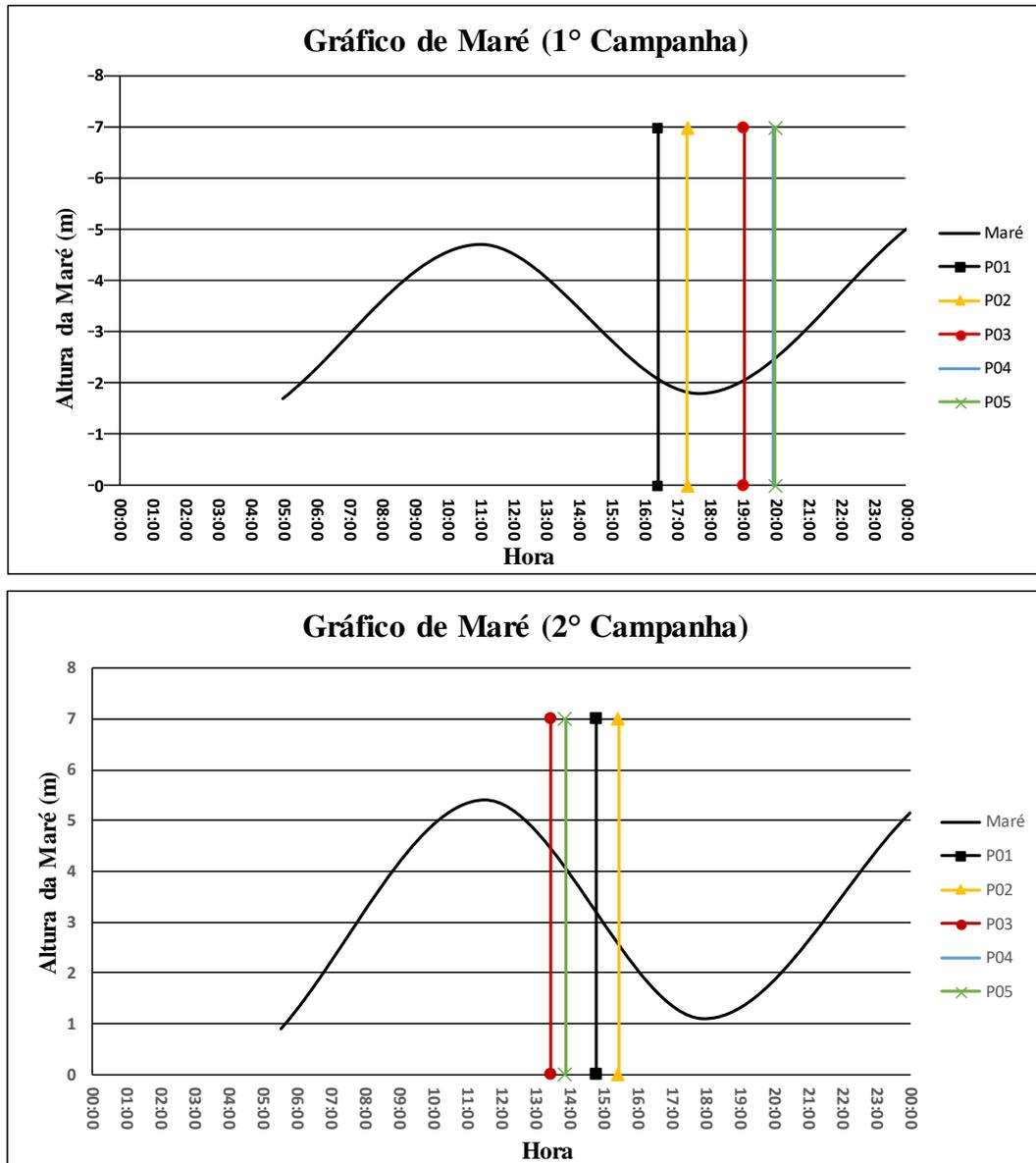
Tabela 2: Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão dos parâmetros, físicos e químicos na porção estuarina de Raposa/MA, durante as três campanhas.

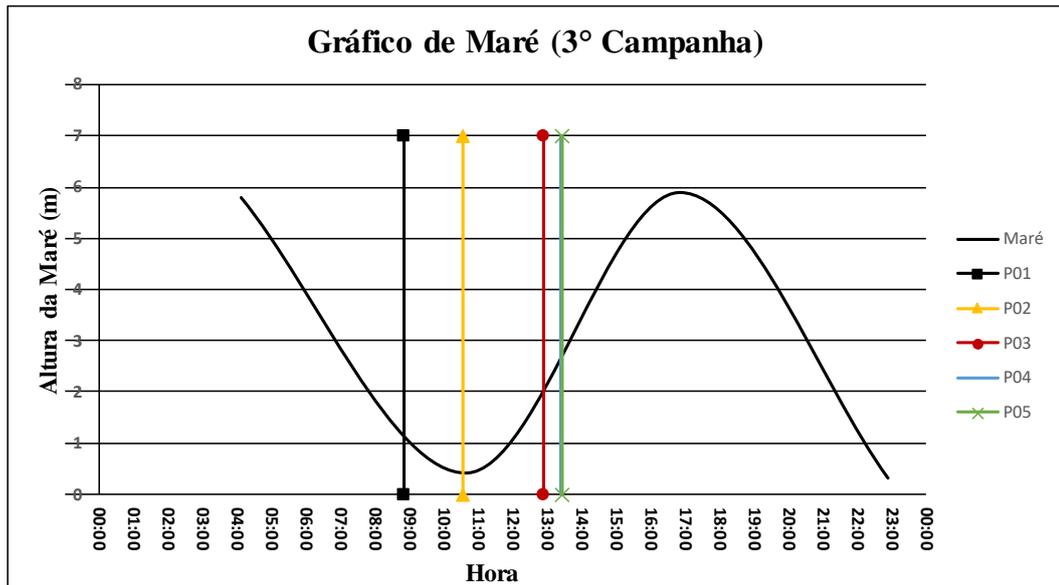
Parâmetro	Valores	Período Chuvoso (1° Campanha)	Período de Transição (2° Campanha)	Período de Estiagem (3° Campanha)
Profundidade Local (m)	Mín.	1,29	1,49	3,00
	Máx.	8,29	7,48	9,64
	Média	5,56	5,58	6,74
	Desv. Padrão	2,86	2,42	2,90
Transparência (m)	Mín.	2,46	2,95	2,44
	Máx.	3,33	3,38	2,98
	Média	2,90	3,01	2,66
	Desv. Padrão	0,62	0,27	0,20
T (°C) Água	Mín.	29,23	2,97	28,34
	Máx.	29,45	29,15	29,44
	Média	29,33	29,16	29,03
	Desv. Padrão	0,10	11,66	0,51
Salinidade (g kg ⁻¹)	Mín.	23,53	29,59	36,02
	Máx.	24,46	29,71	36,23
	Média	24,03	29,68	36,15
	Desv. Padrão	0,39	0,05	0,10
OD (mg L ⁻¹)	Mín.	4,27	0,83	1,87
	Máx.	5,03	5,61	3,73
	Média	4,65	2,12	3,17
	Desv. Padrão	0,36	2,01	0,75
OD (%)	Mín.	12,00	66,00	29,00
	Máx.	84,00	77,00	59,00
	Média	31,60	71,60	50,20
	Desv. Padrão	30,09	5,32	12,21
pH	Mín.	7,82	7,79	7,08
	Máx.	8,45	7,99	7,48
	Média	8,07	7,90	7,30
	Desv. Padrão	0,30	0,07	0,16
TSS (mg L ⁻¹)	Mín.	12,28	9,00	54,90
	Máx.	36,21	62,50	113,75
	Média	22,62	23,47	81,90
	Desv. Padrão	10,82	22,17	22,56
MOS (mg L ⁻¹)	Mín.	0,013	0,011	0,000
	Máx.	0,031	0,022	0,027
	Média	0,200	0,016	0,017
	Desv. Padrão	0,007	0,004	0,010
Cl-a (mg m ⁻³)	Mín.	0,88	3,74	0,49
	Máx.	7,28	8,62	15,39
	Média	3,46	6,07	8,21
	Desv. Padrão	2,89	2,22	7,01
Feopigmento (mg m ⁻³)	Mín.	0,50	<LD	3,12
	Máx.	10,16	<LD	22,61
	Média	5,50	-	13,85
	Desv. Padrão	4,16	-	9,59

*Limite de Detecção(LD) = 0,001 mg m⁻³

*<LD - Menor que o limite de detecção do método.

Figura 3: Variação da maré (m) durante a 1° Campanha (período chuvoso); 2° Campanha (período de transição); 3° Campanha (período de estiagem). As barras representam o horário de amostragem durante o ciclo de maré.



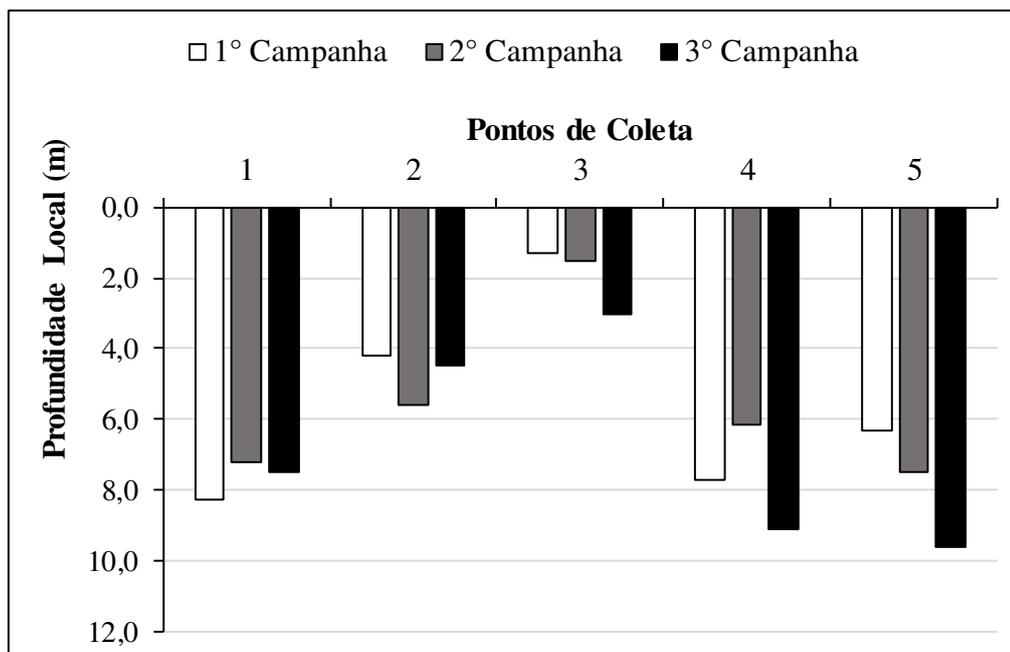


4.2 PROFUNDIDADE LOCAL

Segundo os testes de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) e ANOVA aplicados para os conjuntos de dados amostrados, espacialmente e sazonalmente os parâmetros não apresentam diferenças estatisticamente, deste modo a discussão se atentará aos valores máximos e mínimos entre os pontos e aos valores médios entre as estações.

A profundidade local (m) na porção estuarina estudada sob influência do Rio Paciência, apresenta características de um estuário relativamente raso, visto que durante a baixamar muitos dos seus canais secam por completo e outros ficam com a lâmina d'água reduzida a ponto de tornar inviável a navegação.

Figura 4: Profundidade local (m) na porção estuarina de Raposa/MA, durante a estação chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



Durante os períodos sazonais a variação na profundidade local foi pouco representativa, apresentando valores médios de 5,56 m, 5,58 m e 6,74 m, para o período de chuva, transição e estiagem, respectivamente. Este estuário apresenta características típicas de estuários da região nordeste como descrito por Da Silva (2004), que caracterizou o Estuário do Rio Formoso em Pernambuco ou Santiago (2005) caracterizando o estuário do Rio Pisa Sal no Rio Grande do Norte.

As profundidades obtidas durante o período chuvoso são menos acentuadas que o período de estiagem em quatro dos cinco pontos e para o período de transição três dos cinco pontos (Figura 4), tal ocorrência se dá no aumento do aporte sedimentar sendo lixiviado para os canais de drenagem, reduzindo a profundidade local e reduzindo a lâmina de água. Suas máximas nos três períodos de amostragem foram de 8,29m, 7,48m, e 9,64m e suas mínimas de 1,29m, 1,49m e 3,00m (Tabela 2).

Já a menor profundidade se apresentou no Ponto 3 que, por estar localizado em um encontro de dois canais meandantes, acumula material em sua margem interna, justificando seus menores valores durante as três campanhas realizadas (DRAGO, 1976, WETZEL, 1976).

O estuário ao se enquadrar como um ambiente relativamente raso, implica em compreender a importância da profundidade local obtida durante os períodos do ano, visto que a disponibilidade de fitoplâncton para o cultivo de ostras está diretamente ligada a

profundidade da lâmina de água, pois o processo de migração vertical durante o período noturno ou com pouca incidência solar pode implicar com o desenvolvimento dos organismos filtradores.

Compreender as áreas que ficam com o sedimento exposto durante a baixamar e durante os diferentes períodos do ano, possibilita a implementação de balsas de cultivo nos canais de drenagem em que a profundidade pouco varie e que apresente uma lâmina de água suficiente para que as ostras se mantenham submersas, sob variações de maré e sazonais.

Em áreas sob forte influência de maré, como os estuários, a profundidade é considerada um parâmetro importante, tendo em vista que há desprendimento dos sais nutrientes retidos no sedimento, dispersando-os na coluna d'água, enriquecendo a camada fótica, uma vez que conduz o transporte e a troca de materiais orgânicos e inorgânicos (TUNDISI, 1970). Segundo Smayda (1983), o material em suspensão nas águas estuarinas contém partículas orgânicas e inorgânicas, capazes de competir com o fitoplâncton, absorvendo parte da luz de determinadas faixas no espectro e refletindo parte da luz.

4.3 TRANSPARÊNCIA

Segundo os testes de normalidade e similaridade aplicados para os conjuntos de dados amostrados, espacialmente e sazonalmente os parâmetros não apresentam diferenças significativas, deste modo a discussão se atentará aos valores médios entre as campanhas e os valores máximos e mínimos entre os pontos.

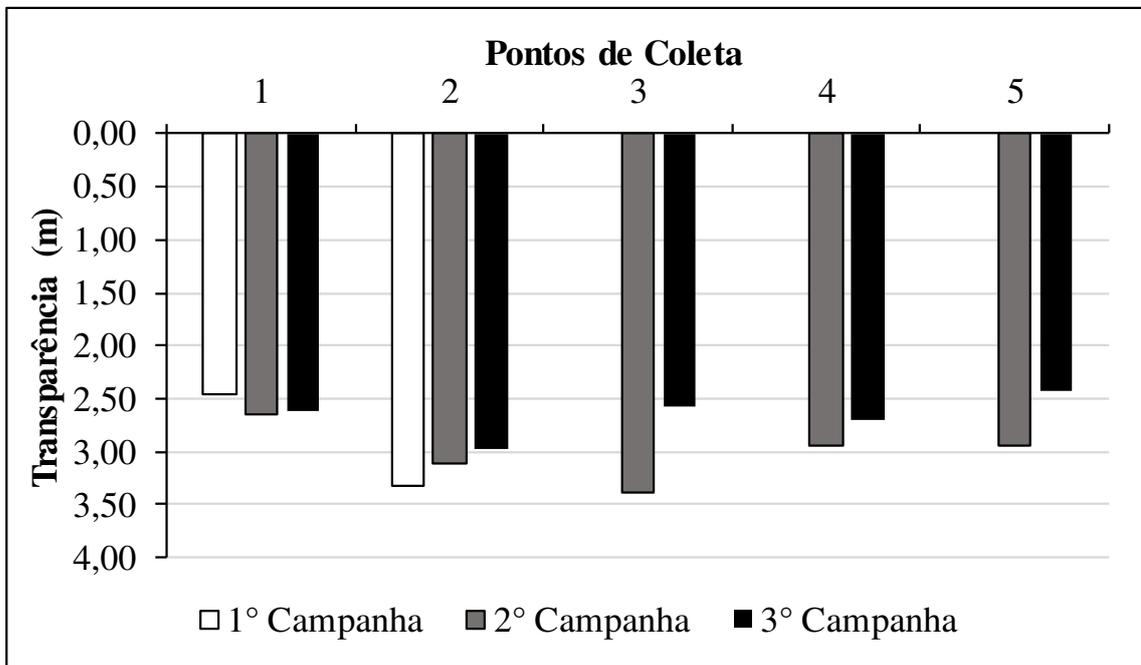
A transparência local, obtida através do lançamento do disco de Secchi até o limite máximo de visualização não pode ser quantificado nos pontos 3, 4 e 5 da primeira campanha (Figura 5), pois as amostragens foram realizadas durante o início da noite (Tabela 1), deste modo, o lançamento do disco não pode ser efetuado, pois o método leva em consideração a penetração do raio solar na coluna de água.

A transparência da água está associada diretamente à quantidade de matéria orgânica e os materiais em suspensão presentes no ambiente (MOTA, 2003). Sendo assim, as médias obtidas em cada campanha obtiveram uma transparência de 2,9m, 3,01m e 2,66m (Tabela 2). É possível observar que os valores médios para o período de estiagem (2,66m) apresentou os menores valores, ou seja, apresenta uma menor penetração dos raios solares, devido aos

processos de intensificação dos ventos alísios durante o segundo período que associado a dinâmica das macromarés, ressuspende ou disponibiliza o material sedimentado.

O ponto que apresentaram o menor valor, foi o ponto 5 durante a estiagem (Tabela 1), uma vez que a balsa de ostra é um atrativo turístico da região, o traslado de embarcações aumenta significativamente durante o período de estiagem, aumentando o fluxo de embarcações que promovem este retrabalhamento das partículas orgânicas decantadas e as disponibilizam novamente na lâmina de água.

Figura 5: Transparência local em metros, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



Já o ponto 3 durante o período de transição apresenta a maior transparência (Tabela 1), como mencionado anteriormente este ponto se localiza em um encontro de dois meandros, ou seja, o canal perde competência e turbulência, facilitando a deposição de materiais particulados e proporcionando maior penetração de luz na coluna da água. Sem mencionar que a amostragem deste ponto foi realizada às 13h e 28 minutos (Tabela 1), isto é, o sol estava mais a pino facilitando também a penetração dos raios solares.

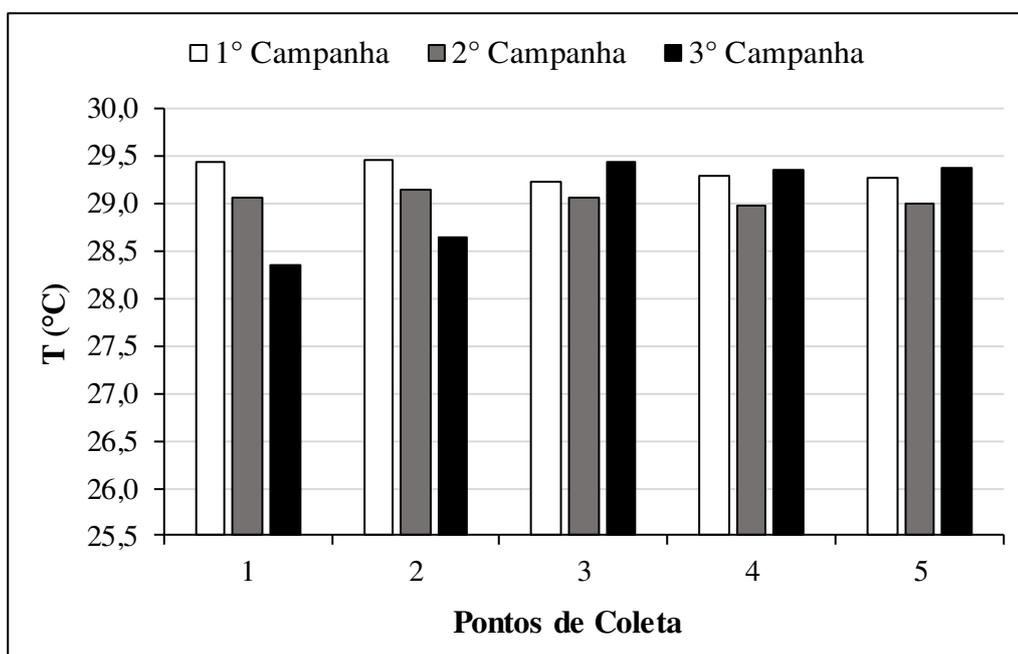
4.4 TEMPERATURA DA ÁGUA – T (°C)

A temperatura da água nas regiões tropicais é elevada e apresenta uma grande estabilidade temporal, uma vez que depende grandemente do período e grau de insolação e variações meteorológicas, sendo estas condicionadas por períodos de maior ou menor nebulosidade (FLORES MONTES, 1996).

A região por apresentar um clima tropical, revela pequenas oscilações de temperatura, sendo a temperatura média amostrada de 29,33 °C (1° Campanha), 29,16 °C (2° Campanha) e 29,03 °C (3° Campanha) (Tabela 2), em escala espacial e temporal a temperatura manteve-se quase homogênea durante o período de chuva e estiagem, com flutuações que não ultrapassaram pouco mais de 1°C.

A temperatura que obteve seu menor valor durante a coleta do período de estiagem mais precisamente no P01, devido ao horário de amostragem (Tabela 1) ser mais cedo, ou seja, a insolação não incidiu por muito tempo no corpo hídrico em comparação as demais campanhas.

Figura 6: Distribuição espacial e temporal da temperatura na água medida em °C, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



De modo geral as temperaturas obtidas estão dentro de um intervalo aceitável para o gênero *Crassostrea* (principal gênero na região), visto que, a tolerância da espécie (ou da população) para o gênero está entre 20 e 30°C (DE MIRANDA & GUZENSKI, 1999), os autores também afirmam que com o aumento da temperatura ocorre um aumento na taxa de crescimento das ostras, desde que a temperatura esteja dentro da faixa limite (20-30°C).

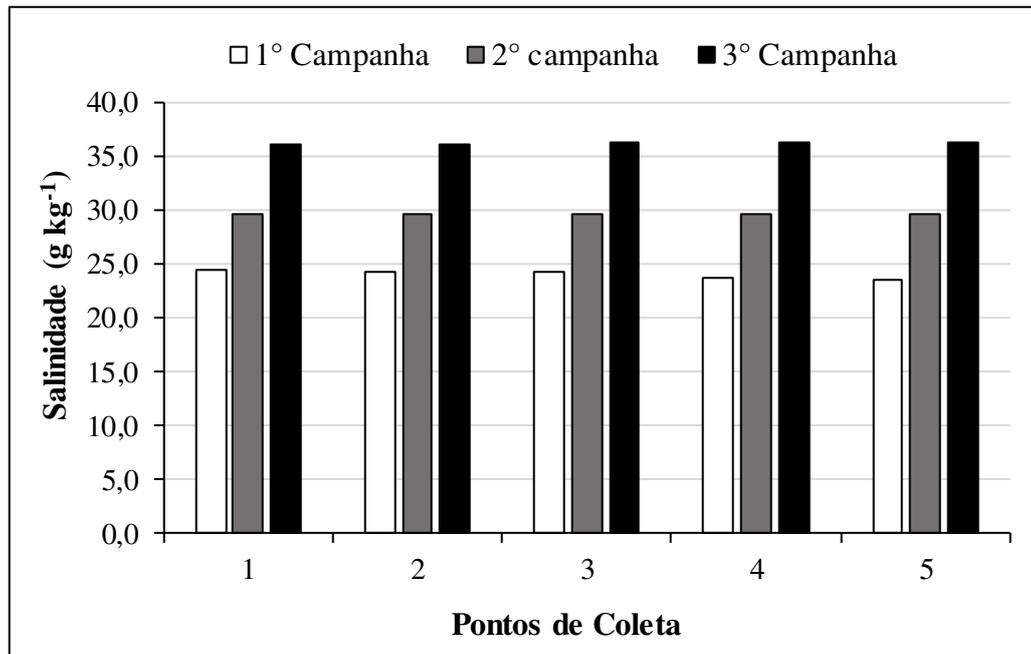
No entanto, segundo Morris et al (1974), Berman e Eppley (1974) e Peterson (1980), a temperatura tem influência na produtividade primária, uma vez que o metabolismo de qualquer organismo depende da temperatura. A temperatura pode estabelecer o limite superior da atividade do fitoplâncton e regula a taxa de fotossíntese e produção primária, pela regulação e controle do metabolismo. Sendo assim, as elevadas temperaturas podem influenciar indiretamente no cultivo, pois as altas temperaturas limitam a produção primária que reduz a disponibilidade de alimento para as ostras, afetando o seu desenvolvimento.

4.5 SALINIDADE

A disposição da salinidade durante as três campanhas apresentou médias para cada estação sendo de 24,03g kg⁻¹ (primeira campanha) 29,68 g kg⁻¹ (segunda campanha) e 36,15 g kg⁻¹ (terceira campanha), que segundo a resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2018), insere o ambiente estuarino de Raposa como estuário salobro durante a primeira e segunda campanha (período chuvoso e transição) e salino durante a terceira campanha (período de estiagem). No entanto, os valores de salinidade excedeu 35 g kg⁻¹, demonstrando uma característica de ambiente hipersalino, visto que, durante o período de estiagem a diminuição da competência do Rio Paciência (principal canal de drenagem do estuário de Raposa/MA), pois a precipitação foi inferior a 100 mm de chuva (INMET, 2018), implicando em uma maior intrusão da massa de água salina ou marinha sobre o estuário, proporcionando ao ambiente característica de um ecossistema oceânico, além da forte e constante insolação, característica de áreas tropicais, como mencionado anteriormente.

Vale ressaltar que, durante o segundo semestre a intrusão marinha também é favorecida pela ação significativa dos ventos alísios de NE sob o litoral da ilha do Maranhão, podendo apresentar ventos acima de 3m/s para o ano de 2018 (INMET,2018).

Figura 7: Distribuição espacial e temporal da salinidade (g kg^{-1}), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



A salinidade manteve um gradiente sutil e crescente em direção oposta a desembocadura do Rio Paciência, em quase todos os pontos de amostragem. Uma vez que, a concentração dos sais dissolvidos em um litro de água do mar é reduzida com a adição da água do rio que atua como um diluidor.

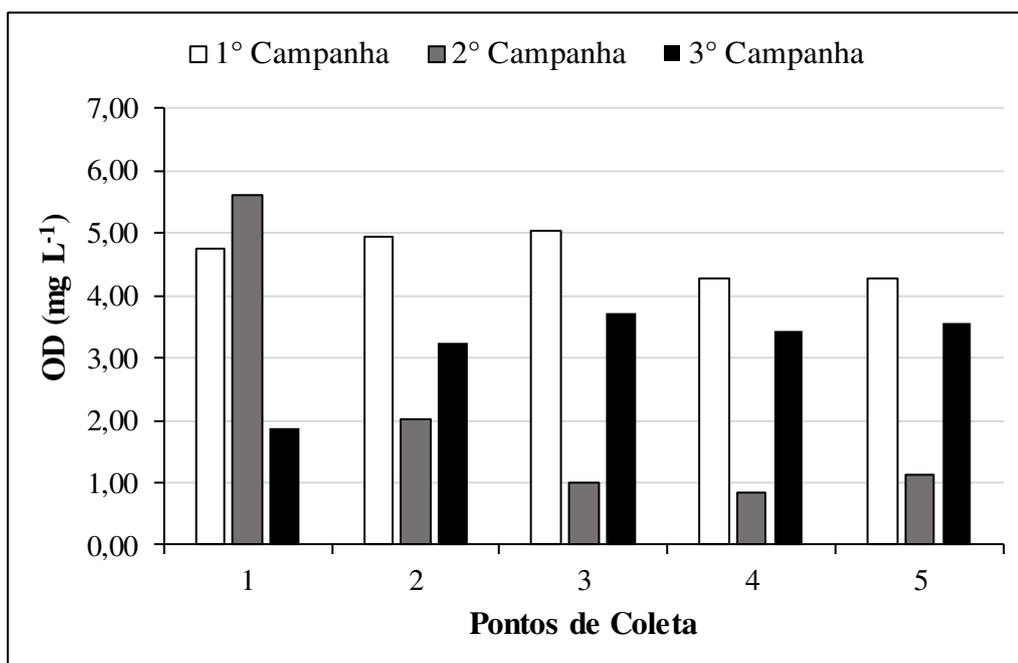
A salinidade em estuários tropicais é o principal parâmetro hidrofísico, capaz de influenciar na distribuição, metabolismo e fisiologia da fauna e flora aquática, adaptadas às suas recorrentes mudanças no meio aquático (TUNDISI, 1970; FEITOSA, 1997).

Segundo Guimarães *et al* (2008), o cultivo de ostras-do-mangue *C. rhizophorae* deve ser realizado em áreas com variação de salinidade na faixa de 15 – 25 g kg^{-1} para se maximizar a taxa de sobrevivência e crescimento, deste modo, durante o período de transição e estiagem a salinidade apresenta uma condição de agente estressor, podendo afetar a condição do cultivo e a produção local, mesmo as ostras possuindo a habilidade de fechar as valvas como meio de defesa em situações ambientais adversas.

4.6 OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OD

A disponibilidade de oxigênio é essencial para a vida aquática, além de auxiliar na decomposição da matéria orgânica. O oxigênio dissolvido é proveniente de duas principais fontes: da atmosfera, pelos movimentos ondulatórios causados pelos ventos e oscilações da temperatura da água; e da fotossíntese, realizada pelos organismos clorofilados que desdobram o gás carbônico sob a ação da luz solar, liberando o oxigênio no meio (KLEEREKOPER, 1990). Ele consiste em um sensível indicador de fenômenos biológicos e químicos, sendo uma das variáveis mais importantes na caracterização ambiental, podendo ser usado para avaliação da qualidade da água, consistindo em um indicador de condições de poluição por matéria orgânica. Sendo assim, uma água não poluída (por matéria orgânica) tende a apresentar maiores valores dessa variável. Por outro lado, teores baixos podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo a matéria orgânica lançada no corpo d'água (BARBOSA, 2000).

Figura 8: Distribuição espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



Dentre todas as médias, os valores de oxigênio dissolvido foi o que apresentou maior heterogeneidade (visualmente), pois durante a 1° campanha obtivemos $4,25 \text{ mg L}^{-1}$ de média,

na 2ª campanha 2,12 mg L⁻¹ e na 3ª campanha 3,17 mg L⁻¹. Entretanto as variações de temperatura e salinidade também regulam a disponibilidade de Oxigênio Dissolvido, diretamente associada às trocas laterais com as demais unidades do ecossistema manguezal quanto maior a temperatura e a salinidade, menor a disponibilidade de Oxigênio Dissolvido (De ANDRADE MEIRELES, 2007), deste modo parte se justifica devido ao aumento de tais parâmetros durante o período de transição e estiagem.

Segundo Ramos e De Castro (2004) concentrações muito baixas de Oxigênio Dissolvido podem levar os organismos cultivados a estresse e até mesmo à morte quando expostos por longo período, bem como à redução no consumo de alimento, tornando-os suscetíveis às enfermidades e a ataques de predadores. Conforme Nikolic & Afonso (1971), para seleção de área adequada para o cultivo de ostra do mangue, a concentração de oxigênio dissolvido deve estar entre 2 e 5 mg/l.

4.7 PERCENTUAL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO - %OD

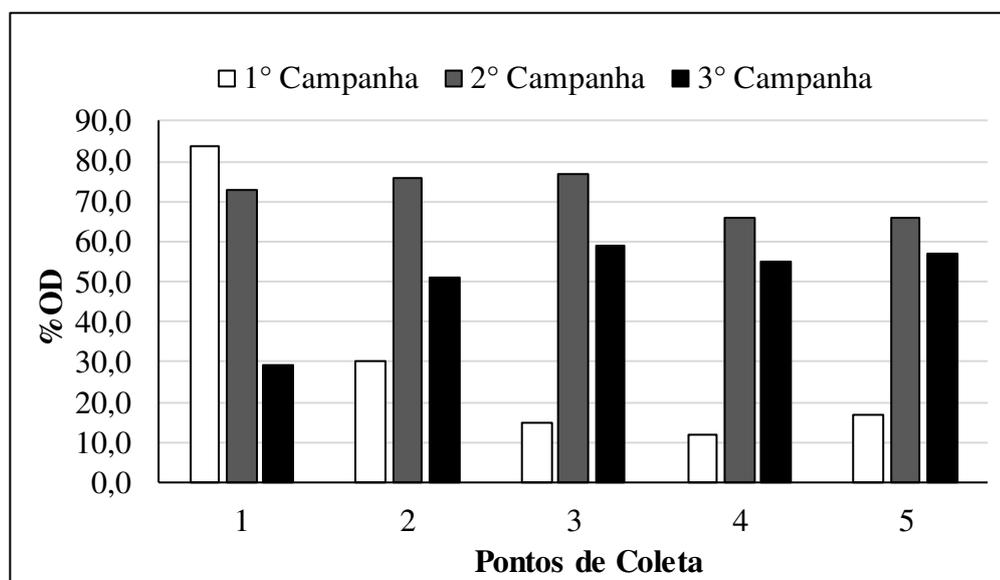
De acordo com Macêdo & Costa (1978) a classificação para os estuários do Nordeste Brasileiro de acordo com o percentual de saturação de OD, onde $\geq 100\%$ é uma zona saturada; entre 50 e 100% é uma zona de baixa saturação; entre 25 e 50% é uma zona semipoluída e $\leq 25\%$ é uma zona poluída.

O estuário de Raposa não se enquadra em uma zona saturada e poluída, entretanto podemos observar que os valores médios entre as estações obtiveram a classificação de estuário semipoluído para o período chuvoso (31,60%), zona de baixa saturação para o período de transição e estiagem (71,60% e 50,20%), respectivamente.

Espacialmente durante a primeira campanha com exceção do P01, os demais pontos apresentaram valores de uma zona semipoluída, podendo ser gerando devido a uma alta oxidação da matéria orgânica, que mesmo tendo um ambiente altamente dinâmico mantem os valores reduzidos durante o período chuvoso.

Os demais períodos apresentam maiores valores do %OD, visto que a maior influência da intrusão marinha sobre o estuário regula os valores deste parâmetro, pois águas marinhas possuem maiores concentrações de OD e as macromarés semidiurnas aumentam a hidrodinâmica, que facilita as trocas gasosas com a atmosfera.

Figura 9: Distribuição espacial e temporal do percentual de saturação de oxigênio, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



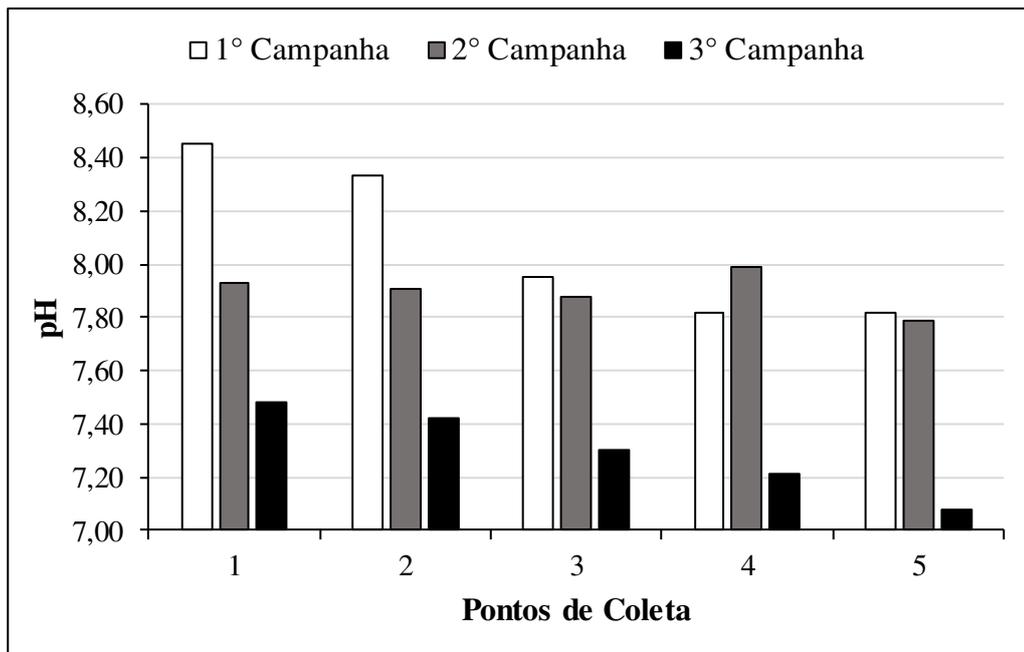
4.8 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO - PH

Descrito por Rozen e Belkin (2001), o pH da água do mar se situa normalmente entre 7,5 e 8,5 e é influenciado pela temperatura, pressão e atividades fotossintéticas e respiratórias dos microrganismos. A água do mar apresenta característica de solução tampão, ou seja, é uma mistura que tem capacidade de evitar grandes variações do pH. O CO₂ reage com a água marinha, conduzindo a várias formas de equilíbrio do carbonato e do bicarbonato (CASTELLO, J.P.; 2015). Por sua vez, o CO₂ produzido libera íons de hidrogênio na água, fazendo com que o ambiente restaure o equilíbrio liberando hidroxilas (OH⁻), bem como o consumo de CO₂ faz com que o ambiente libere íons de H⁺.

De acordo com essa descrição os valores médios para os três períodos estiveram dentro do limiar aceitável para água marinha, sendo eles 8,07 para o período de chuva, 7,90 para a transição e 7,30 para a estiagem (Tabela 2), entretanto o valor levemente básico encontrado durante a 1ª campanha sugere que o ambiente pode estar recebendo através dos processos de lavagem do solo esgoto doméstico, visto a presença de um residência próximo aos pontos de coleta. Em contraposição a 2ª e 3ª campanha reduziram os valores de pH, visto a presença mais evidente da maré, assim como o aumento na carga de Sólidos Totais em Suspensão (TSS), que aumenta a carga de orgânicos e reduz a concentração do pH, vale ressaltar que a

concentração de feopigmento, ou seja matéria orgânica degradada da clorofila, também apresentaram valores elevados durante toda a terceira campanha, podendo interferir diretamente no potencial hidrogeniônico.

Figura 10: Distribuição espacial e temporal do potencial hidrogeniônico (pH), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



Espacialmente é possível identificar que os menores valores de pH se mantêm entre os pontos 3, 4 e 5 (Figura 10), pontos próximos ao cultivo, indicando que o consumo de oxigênio das ostras também pode afetar a disponibilidade do pH, assim como o processo de exceção das mesmas que aumenta os níveis de matéria orgânica e consequentemente a redução do pH.

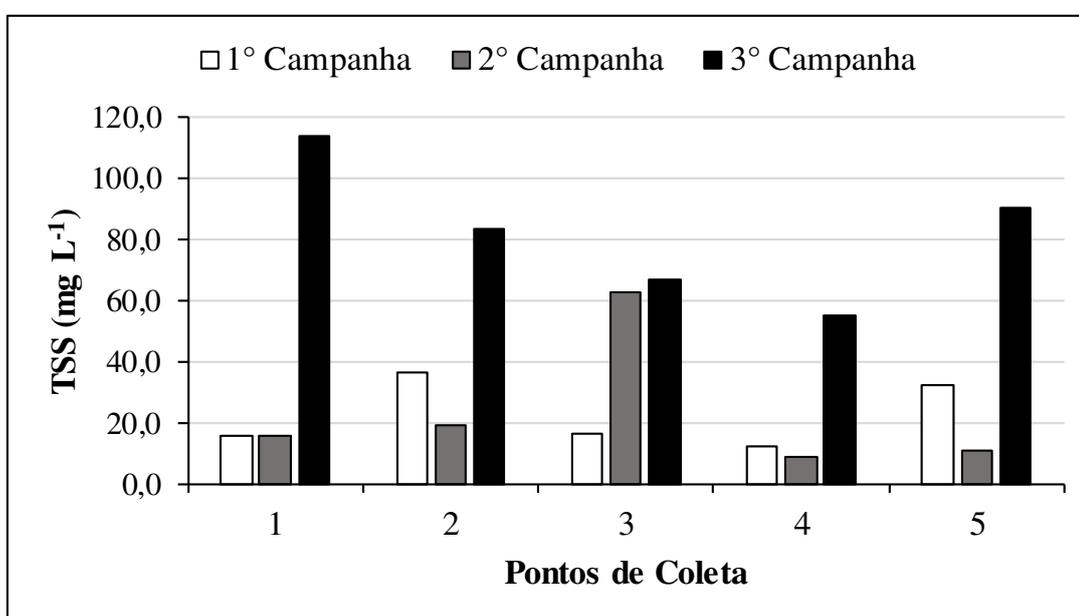
Os valores mais elevados se distribuem entre os pontos 1 e 2, pontos que estão mais expostos no canal, estando sujeitos a maiores interações com as dinâmicas da maré, além de apresentarem os menores valores para TSS (Figura 11), indicando pouca concentração de matéria orgânica.

4.9 SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO – TSS

A distribuição sazonal apresentou valores médios discrepantes entre as campanhas (Tabela 2), apresentando os valores mais elevados durante a 3ª campanha, que possivelmente está sendo afetada diretamente pelos ventos alísios de NE e a intrusão da massa de água marinha contribui para o incremento de materiais em suspensão, visto que o ambiente estuarino é altamente dinâmico e por apresentar um ambiente relativamente raso, a massa de água ao encontrarem este ambiente reduz a passagem do volume de água, mas aumenta a velocidade de entrada no estuário. Em contraposição a primeira campanha e a de transição obtiveram valores médios abaixo, devido a reduzida ação hidrodinâmica em relação ao período de estiagem.

Especialmente a terceira campanha apresenta os maiores valores, com um pico acentuado no ponto 1 (Figura 11), sendo o ponto mais exposto as ações dinâmicas da maré. Entretanto para as campanhas anteriores o aumento no fluxo do rio impossibilita a estagnação dos sólidos em suspensão visto a alta competência do Rio Paciência durante estas épocas do ano, desfavorecendo a manutenção do TSS em um local específico.

Figura 11: Distribuição espacial e temporal dos sólidos totais em suspensão (TSS), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1ª Campanha), transição (2ª Campanha) e estiagem (3ª Campanha).

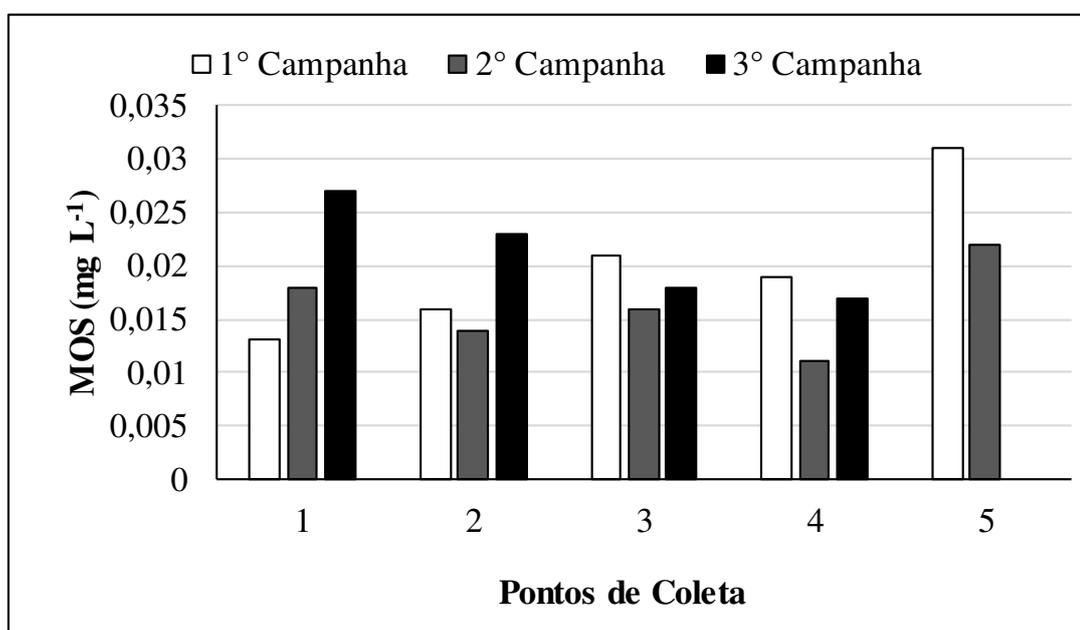


4.10 MATÉRIA ORGÂNICA EM SUSPENSÃO – MOS

A matéria orgânica em suspensão (MOS) apresentou pouca variação entre os pontos e os períodos de coletas (Figura 12). No período chuvoso, a variação foi entre $0,013 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,031 \text{ mg L}^{-1}$. No período de estiagem valor máximo de MOS foi de $0,027 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 12), para o período de transição maior valor foi de $0,022 \text{ mg L}^{-1}$ e o menor $0,011 \text{ mg L}^{-1}$. É possível observar que os pontos localizados próximos ao cultivo obtiveram valores abaixo que os demais pontos, fato ocorrido devido ao hábito alimentar das ostras que se alimentam também de matéria orgânica presentes na água além dos compostos fitoplanctônicos. Se correlacionarmos os dados de MOS e *Cl-a* podemos observar que os valores são inversamente proporcionais quando levado em consideração a balsa de cultivo.

Os valores médios para a primeira, segunda e terceira campanha foram respectivamente de $0,020 \text{ mg L}^{-1}$, $0,016 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,017 \text{ mg L}^{-1}$. A primeira campanha apresentou valores pouco mais acentuados que os demais, visto a característica de escoamento da matéria orgânica terrestre para o meio aquático, devido a percolação da chuva sobre o solo.

Figura 12: Distribuição espacial e temporal da matéria orgânica em suspensão (MOS), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



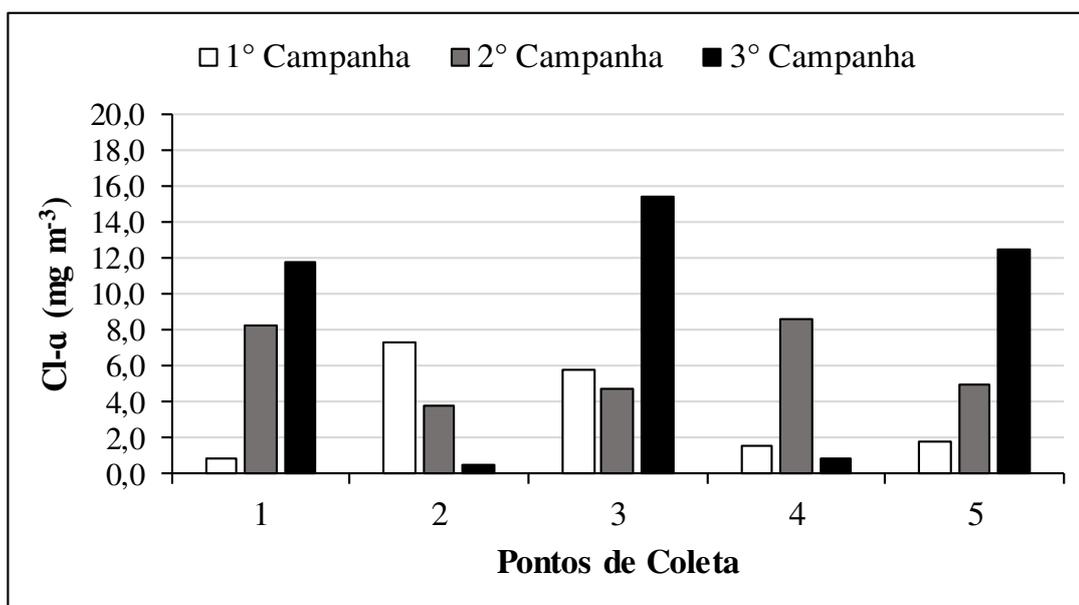
4.11 CLOROFIA-A – CL-A

Os valores médios obtidos para clorofila-*a* durante os três períodos apresentaram os seguintes valores: 3,46 mg m⁻³ para a primeira campanha, 6,07 mg m⁻³ para a segunda e 8,21 mg m⁻³ para a terceira (Tabela 2).

Durante a primeira campanha os valores de clorofila estão relativamente baixos, em todos os pontos com exceção do ponto 2, entretendo o fato demonstra que durante o período de chuva por mais que ocorra um acréscimo nos níveis de nutrientes ele não devem estar sendo disponibilizados para assimilação, possivelmente pela sua mudança de estado causado por demais fatores físicos e químicos como o oxigênio dissolvido que em grandes concentrações pode alterar o estados dos compostos nitrogenados, no caso do fosfato, sua característica em passar do estado dissolvido para o particulado, muitas das vezes o mesmo torna-se um fator limitante para a fotossíntese. Através dos dados espaciais de clorofila é possível identificar que o ambiente pode entrar em colapso, visto a natureza dos fitoplanctons em serem base da cadeia alimentar.

Os demais períodos apresentam valores mais elevados de clorofila-*a*, desta forma a implementação da balsa de cultivo pode vir ser um regulador ambiental, restringindo a produção primária a níveis aceitáveis ao ambiente de forma que um *bloom* algal não interfira de forma brusca nos demais parâmetros como o oxigênio dissolvido e pH que são fatores limitantes para o desenvolvimento de espécies.

Figura 13: Distribuição espacial e temporal da clorofila-*a* (Cl-*a*), na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



4.12 FEOPIGMENTO

A clorofila-*a* pode ser degradada para feofitina, feoforbide *a* e a Clorofilide também sendo um intermediário da diagênese da clorofila-*a*. Estes derivados são denominados de feopigmentos (RODRIGUES NETO *et al.*, 1998).

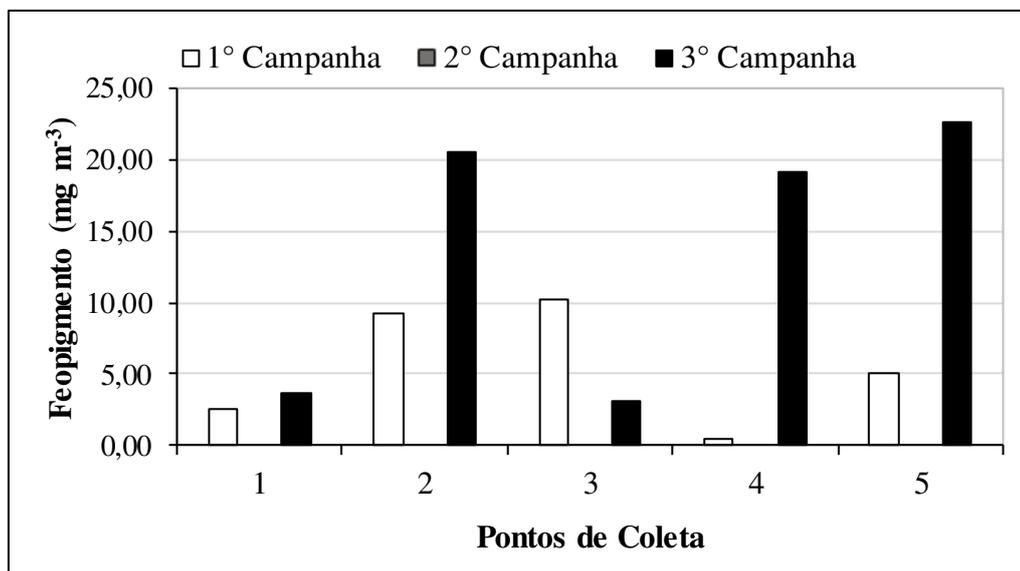
Especialmente, durante a segunda campanha os valores de feopigmento estiveram abaixo do limite de detecção do teste, equivalente a 0,001 mg m⁻³, ou seja, o método aplicado não conseguiu detectar os valores de feopigmento presente no ambiente, porém isso não indica ausência da matéria orgânica degradada.

Os valores médios durante a primeira e a terceira campanha foram respectivamente de 5,50 e 13,85 mg m⁻³ (Tabela 2), indicando que no primeiro período as concentrações foram menores, entretanto o feopigmento por se encontrar na forma particulada no meio aquático ele pode ser transportado facilmente pelo corpo hídrico, porém pela clorofila-*a* se encontrar em valores relativamente baixos no mesmo período a concentração de feo pode indicar uma transição do período *bloom* para um cenário pós-*bloom* algal. Já o período de estiagem apresentou valores acima do encontrado no primeiro período, fato que pode indicar que o

ambiente não está suportando o numero intenso de consumo de clorofila-*a* que está sendo convertida em feopigmento.

Espacialmente os pontos dentro do sistema de cultivo das ostra apresentou os maiores valores de feopigmento durante a terceira campanha (Figura 13), o que fortifica a justificativa anterior para valores tão elevados de feo, em contraposição, durante o primeiro período os valores se mantêm baixos, devido a presença mais atuante do Rio Paciência, pouco deste material deve estar se mantendo no ambiente e suas maiores concentrações devem estar sendo realocadas para as demais regiões adjacentes.

Figura 14: Distribuição espacial e temporal do feopigmento, na porção estuarina de Raposa, durante as estações de chuvosa (1° Campanha), transição (2° Campanha) e estiagem (3° Campanha).



4.13 NORMALIDADE E SIMILARIDADE: SHAPIRO-WILK E ANOVA

O teste de normalidade é utilizado para verificar se a distribuição de probabilidade associada a um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal, deste modo foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade, para posteriormente testar a similaridade através do teste de análise de variância (ANOVA).

Após a confirmação utilizando o programa estatístico PAST 3.0, o teste ANOVA confirmou que os parâmetros não apresentam diferença significativa espacialmente, ou seja, diferença entre os pontos, assim como estatisticamente os períodos sazonais e de transição também apresentam característica similares.

Tabela 3: Valores dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para um $p < 0,05$.

Variáveis	One Way ($P < 0,05$)
Transparência	0,679
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,817
Salinidade (g kg^{-1})	1
OD (mg L^{-1})	0,209
% OD	0,943
pH	0,791
TSS (mg L^{-1})	0,936
MOS (mg L^{-1})	0,9876
Cl-a (mg m^{-3})	0,705
Feopigmento (mg m^{-3})	0,8036

4.15 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS - ACP

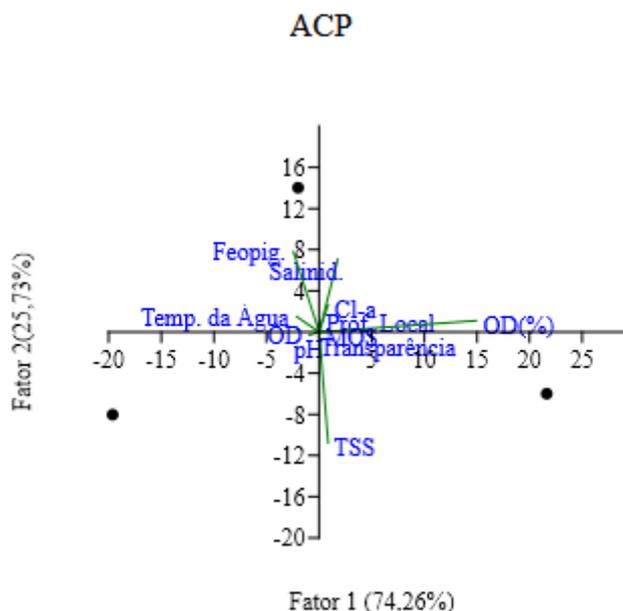
A análise dos componentes principais (ACP) foi realizada para as três campanhas, ao longo do ano (período chuvoso, transição e estiagem), para observar o comportamento da clorofila-*a*, feopigmento, e parâmetros físicos e químicos (Transparência, Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Percentual de Saturação do Oxigênio, Sólidos Totais em Suspensão, Matéria Orgânica em Suspensão) ao longo do ano. Para isso, foram calculadas as médias para cada parâmetro (Tabela 4) utilizando os valores obtidos durante as três amostragens. Optou-se por utilizar a média de cada parâmetro ao longo das estações, visto a sua representatividade e ausência de outliers.

A análise dos componentes principais explicou 99,99% das variações entre os parâmetros. Sendo que o fator 1 explicou 74,26% e o fator 2 explicou 25,73%.

Tabela 4: Análise dos componentes principais (ACP) na porção estuarina de Raposa/MA: a) período chuvoso (1ª campanha); b) período de transição (2ª campanha); c) período de estiagem (3º campanha)

Parâmetro	Fator 1 (74,26%)	Fator 2 (25,73%)
Prof. Local (m)	-0,002	0,055
Tranparência	0,003	-0,014
T (°C) Água	-0,138	0,097
Salinidade (g kg ⁻¹)	0,114	0,458
OD (mg L ⁻¹)	-0,060	-0,019
OD (%)	0,966	0,071
pH	-0,002	-0,033
TSS (mg L ⁻¹)	0,055	-6,974
MOS (mg L ⁻¹)	-9,39E-01	-6,10E-01
Cl-a (mg m ⁻³)	0,054768	0,1716
Feopig. (mg m ⁻³)	-0,1583	0,50509

Figura 15: Análise dos componentes principais (ACP) para os parâmetros físicos, químicos e biológicos, referente as três campanhas de amostragem na porção estuarina de Raposa/MA.



Foi observado que o fator 1 correlacionou diretamente com a salinidade, %OD (percentual de saturação de oxigênio), clorofila-*a* e inversamente com o feopigmento e temperatura da água. O fator 2 relacionou com TSS (Sólidos Totais em Suspensão) e MOS.

Através do teste das análises de componentes principais (ACP), foi possível determinar os parâmetros que se correlacionaram e os que exerceram influência sobre os demais parâmetros. A salinidade, clorofila-*a* e o percentual de saturação de oxigênio se agruparam mostrando que eles estão fortemente correlacionados e que a salinidade é uma forçante para o comportamento dos outros dois parâmetros.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este trabalho possibilitaram caracterizar a distribuição dos pigmentos clorofilados e parâmetros físicos e químicos (Transparência, Temperatura, Salinidade, pH, Oxigênio Dissolvido, Percentual de Saturação do Oxigênio, Sólidos Totais em Suspensão, Matéria Orgânica em Suspensão) próximo a um sistema de cultivo de ostras na porção estuarina de Raposa/MA. Sendo eles variáveis que estão sujeitas a sutis alterações quanto a distribuição temporal e sazonal, além de insolação, maré, precipitação e até mesmo a balsa de cultivo.

Os resultados apresentaram valores atípicos para os padrões convencionais, os valores de clorofila-*a* e feopigmento apresentaram um comportamento de transição em alguns pontos, passando de um estágio de *bloom* algal para um pós-*bloom*, onde a clorofila está sendo convertida a matéria orgânica degradada (Feopigmento).

Este presente trabalho proporciona compreender a interação da oceanografia com os meios de produção econômica da região de Raposa/MA, visto que os parâmetros físicos, químicos e biológicos podem contribuir para o desenvolvimento e implementação de novas balsas de cultivo a modo de contribuir com o comércio local e o turismo, além de proporcionar meios alternativos de renda para a região, retirando o peso presente na pesca predatória, que é uma das principais formas de recurso monetário local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Paris, p. 395. 1983.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: Port City Press, p. 34-38. 2001

BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS. Previsões de Maré (Máximas e Mínimas diárias).Disponível e <<<http://mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/30120Mai2017.htm>>> Acesso em: 20 de novembro 2018.

BARBOSA, L. P. Avaliação de procedimentos de extração sequencial de fósforo em sedimento do Rio Bacanga (São Luís – MA). Dissertação (Curso de Mestrado em Química) – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, p. 95. 2005.

CEPENE. (2006). Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Tamandaré, PE. Disponível em: <<http://www4.icmbio.gov.br/cepene/index>>. Acesso em 16 de junho de 2018.

DA SILVA, Marcos HONORATO et al. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplactônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso,(Rioformoso, Permnabuco, Brasil). Tropical Oceanography, v. 32, n. 1, 2004

DE ANDRADE MEIRELES, Antonio Jeovah et al. Impactos Ambientais Decorrentes das Atividades da Carcinicultura ao Longo do Litoral Cearense, Nordeste do Brasil (environmental impacts promoted by shrimp farm on the coast ceará, northeastern Brazil). Mercator, v. 6, n. 12, p. 83 a 106-83 a 106, 2007.

DE MIRANDA, Marcelo Bandecchi Botelho; GUZENSKI, João. Cultivo larval da ostra do mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), em diferentes condições de temperatura, salinidade e densidade. Arquivos de Ciências do Mar, v. 32, n. 1-2, p. 73-84, 1999.

DIAS, LJB; Rangel, MES; COELHO SOBRINHO, J. P. Geomorfologia e análises ambientais do sítio urbano de Raposa (MA),2006.

DRAGO, E. C. Origen y classificacion de ambientes leníticos en lanuras aluviales. Revista Asociacion Ciencia Natural, n. 7, p. 123-137. 1976.

DUÉ, Alinne et al. Itens alimentares de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)(Bivalvia: Ostreidae) cultivadas em um estuário tropical, no Nordeste do Brasil. *Títulos não-correntes*, v. 24, n. 2, 2012.

FAO. Código de conduta para la pesca responsável. FAO,Roma. 46p. 1995.

FERNANDES, Liana Marília Barroso; DE LIMA, Alcy Menezes. Possibilidades de cultivo da ostra de mangue *Crassostrea Rhizophorae* (Guilding 1828) em Pernambuco. SUDENE, 1976.

FLORES MONTES, M. J. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE. Dissertação de Mestrado, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 197 p., Recife, 1996.

FRANÇA, V.L. de; MONTELES, J.S.; ALMEIDA FUNO, I.C.S.; CASTRO, A.C.L. de. Seleção de áreas potenciais para o cultivo de ostra nativa, *Crassostrea* spp e Sururu, *Mytella falcata* em Raposa, Maranhão *Arquivo Ciências do Mar*, v.46, n.1, p.62-75, 2013.

FSADU. Fundação Sousaândrade de Apoio. Plano Local de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM’s do Maranhão: Icatu, Humberto de Campos e Primeira Cruz. São Luís, 2010. Disponível em: http://berbeladomar.bio.br/documentos/RELATORIO_PLDM_2010.pdf. Acesso em 10 de junho de 2018.

FUNO, Izabel Cristina da Silva Almeida et al. Avaliação de parâmetros produtivos e biológicos da ostra nativa *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) como subsídio ao desenvolvimento da ostreicultura em ambientes estuarinos do Estado do Maranhão. 2016.

GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. *Methods of Seawater Analysis*. 3rd ed. Florida: Verlage Chermie, 1999. 417 p.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa>>. Acessado em 10 de junho de 2018.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2017. Sinopse do Censo Demográfico 2017. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa>>. Acessado em 10 de junho de 2018.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2018. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Disponível em

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoesautomaticas>>. Acessado em 11 de junho de 2018.

JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.* n. 2, v. 167, p. 191-194. 1975.

KLEEREKOPER, H. *Introdução ao Estudo da Limnologia*. 2ed. Porto Alegre: DNPA, 1990. 329 p.

LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. *Fluvial processes in geomorphology*. Courier Corporation, 2012.

MABESOONE, Jannes Markus; COUTINHO, Paulo Nóbrega. Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. *Tropical Oceanography-ISSN: 1679-3013*, v. 12, n. 1, 1970.

MACEDO, SJ de; COSTA, K. M. P. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco-Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. *Ciência e Cultura*, v. 30, n. 7, p. 346-368, 1978.

MENEGHETTI, Graziela Thaís; KUX, Hermann Johann Heinrich. Mapeamento da cobertura da terra do município de Raposa (Ma) utilizando imagens Worldview-II, o aplicativo InterIMAGE e mineração de dados. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n. 66/2, 2014.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 3. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NASCIMENTO, I. A.; LUNETTA, J. E. Ciclo sexual da ostra de mangue e sua importância para o cultivo. *Bol. Fisiol. Animal Universidade de São Paulo*, v. 2, p. 63-93, 1978.

NIKOLIC, M. & ALFONSO, S.J. El ostión del mangle Cras- Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2013, 46(1): 62 - 75 75 *sostrea rhizophorae* (Guilding 1828): explotación del recurso y posibilidades para el cultivo. *FAO Fish. Rep.*, Rome, v.71, n.2, p.209-218, 1971.

PEARSE, Vicki et al. *Living invertebrates*. Blackwell scientific publications, 1987.

POOLE, H. H.; ATKINS, W. R. G. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 16, n. 1, p. 297-324, 1929.

PREFEITURA RAPOSA, Prefeitura Municipal de Raposa. Disponível em: <<http://www.raposa.ma.gov.br/novo/76-artigosem-destaque/512-gestao-municipal-investe-em-infraestrutura-e-a-cidade-se-torna-o-principal-polo-de-ecoturismo-da-ilha-2.html>>. Acesso em 16 de junho de 2018.

RAMOS, Roberto Santos; DE CASTRO, Antonio Carlos Leal. Monitoramento das Variáveis Físico-Químicas no Cultivo de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca)(Guilding, 1928) no Estuário de Paquatua-Alcântara/MA, Brasil. Boletim do laboratório de Hidrobiologia, v. 17, n. 1, 2004.

RAMOS, Roberto Santos; DE CASTRO, Antonio Carlos Leal. Monitoramento das Variáveis Físico-Químicas no Cultivo de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca)(Guilding, 1928) no Estuário de Paquatua-Alcântara/MA, Brasil. Boletim do laboratório de Hidrobiologia, v. 17, n. 1, 2004.

ROZEN, Y.; BELKIN, S. Survival of enteric bacteria in seawater. FEMS Microbiology Reviews, v. 725, p. 1- 17, 2001.

SANTIAGO, Marilene Felipe; DE OLIVEIRA PASSAVANTE, José Zanon; DA GLÓRIA SILVA-CUNHA, Maria. Caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológico em ambiente hipersalino, estuário do rio Pisa Sal (Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil). Tropical Oceanography, v. 33, n. 1, 2005..

SMAYDA, T. J. The phytoplankton of estuaries. In: KETCHUM, B. H. (Ed.). Estuaries and enclosed seas. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1983. cap. 4. p. 65-101.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin Fisheries Research Board of Canada. 2 ed. 1972.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd Can. v.169, p. 1-311. 1968.

TUNDISI, J. G. O plâncton estuarino. Contribuições Avulsas [do] Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, n. 19, p. 1-22, 1970. (Série Oceanografia Biológica).

UNESCO. Determination of chlorophyll in seawater: report of intercalibration tests. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (SCOR- UNESCO), UNESCO Technical Papers in Marine Science. n. 35, 20 p. 1980.

WAKAMATSU, Takeshi. A ostra de Cananéia e seu cultivo. Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista, 1975.

WARD, J. Evan. Biodynamics of suspension-feeding in adult bivalve molluscs: particle capture, processing, and fate. Invertebrate Biology, p. 218-231, 1996.

WETZEL, R. G. Limnology. Philadelphia. London. Toronto: W. B. Saunders Company. 742 pp. 1976.

YAURI, Walter Muedas Luis et al. Biometria e fator de condição dos moluscos arenícolas dominantes no estuário do Rio Paciência no município da Raposa/MA. In: X Congresso de Ecologia do Brasil. 2011.

ZAVALA-CAMIN, L.A. (1996). Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Maringá: EDUEM