

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL
(PPGBIO)
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Amanda Vilar Rocha

Foraminíferos bentônicos e biopolímeros como indicadores ambientais em ecossistema
hipersalino: Laguna de Araruama, Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

2019

AMANDA VILAR ROCHA

FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E BIOPOLÍMEROS COMO INDICADORES AMBIENTAIS EM ECOSISTEMA HIPERSALINO: LAGUNA DE ARARUAMA, RIO DE JANEIRO.

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do grau de Mestre em Biodiversidade Neotropical.

Orientador: Prof. Dr. Lazaro Luiz Mattos Laut

Co-orientador: Dra. Iara Martins Matos Moreira Clemente

Rio de Janeiro

2019

VR672

Vilar Rocha, Amanda

Foraminíferos bentônicos e biopolímeros como indicadores ambientais em ecossistema hipersalino: Laguna de Araruama, Rio de Janeiro. / Amanda Vilar Rocha. -- Rio de Janeiro, 2019.

92 f

Orientador: Lazaro Luiz Mattos Laut.

Coorientadora: Iara Martins Matos Moreira Clemente.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2019.

1. Biopolímeros. 2. Impacto Ambiental. 3. Componentes da Matéria Orgânica. 4. Bioindicadores. I. Mattos Laut, Lazaro Luiz, orient. II. Martins Matos Moreira Clemente, Iara, coorient. III. Título.

Amanda Vilar Rocha

**FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS E BIOPOLÍMEROS COMO INDICADORES
AMBIENTAIS EM ECOSSISTEMA HIPERSALINO – LAGUNA DE
ARARUAMA, RIO DE JANEIRO**

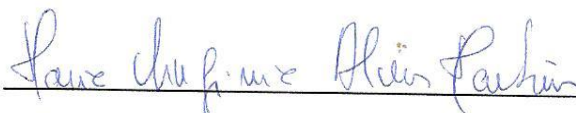
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2019.

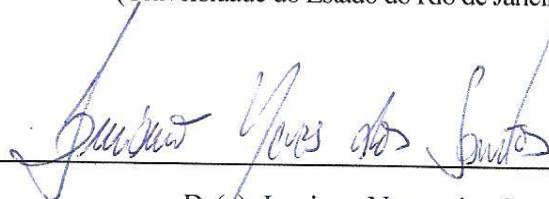
Banca Examinadora



Dr(a). Lazaro Luiz Mattos Laut (Orientador)
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro/UNIRIO)



Dr(a). Maria Virgínia Alves Martins
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro/UERJ)



Dr(a). Luciano Neves dos Santos
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro/UNIRIO)

AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me ajudado a caminhar por toda a trajetória para, finalmente, chegar aqui.

Aos meus pais, Joana e Edmilson, que me acompanharam em mais uma empreitada acadêmica. Se pude chegar onde eu cheguei, foi porque eu tive apoio e companhia da minha família nos momentos bons e ruins. Sem a minha base, eu não seria nada.

Ao Augusto, que acompanhei nesse período a criança ser deixada de lado e um adolescente com mais responsabilidades. Estarei ao seu lado para o que der e vier. Você sempre será o irmão que pedi para a estrelinha quando era criança, não esqueça.

Ao meu companheiro, cúmplice, melhor amigo e namorado Luciano, que embarcou comigo nessa aventura. Aprendeu junto comigo o que era esse novo mundo, bem diferente do que tive durante a graduação. Obrigada por voar comigo.

À minha grande amiga Leilane, que cresceu junto comigo como profissional, cada uma na sua área. Aprendemos juntas que somos mulheres incríveis, mesmo que ainda haja muito a caminhar. Somos grandes, somos o Sol.

Aos amigos que conheci fora da faculdade, e aos meus familiares por entender minhas ausências e muitas vezes compartilhar das minhas angústias.

Aos membros do LABMICRO-UNIRIO e LABMICRO-UERJ, os atuais e os passados, pelos ensinamentos, companheirismo, risadas e momentos sérios também. Em especial a Débora, minha companheira de turma, que passou por esses perrengues junto comigo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lazaro Laut, que me acolheu no laboratório e me mostrou como é realmente ter um orientador e me ensinou demais. Obrigada pela paciência!

A minha co-orientadora Dra. Iara Clemente, pelos conselhos, dicas e motivação, tanto no pessoal, quanto no profissional.

A Prof. Dra. Maria Virginia Martins, por aceitar o convite para ser membro da banca e também ter me acolhido em seu laboratório como técnica PROATEC, propiciando que eu continuasse meu mestrado e aprendesse sobre outras áreas.

Ao Prof. Dr. Luciano Neves dos Santos por aceitar o convite de ser membro da banca.

Ao Laboratório de Palinofáceis e Fáceis Orgânicas (LAFO-UFRJ) e Laboratório de Estratigrafia Química e Geoquímica Orgânica (LGQM-UERJ) pelos dados obtidos.

Ao CNPq (Universal 445830/2014-0) e a FAPERJ (RJ E26-11.399/2012) pelo financiamento dos projetos que viabilizaram a coleta na Lagoa de Araruama e a infraestrutura de laboratório para tratamento dos dados.

Aqueles que contemplam a beleza da Terra, encontram reservas de força que irão perdurar enquanto a vida durar. Há algo infinitamente curativo nos refrãos repetidos da natureza: a garantia de que o amanhecer vem depois da noite e a primavera depois do inverno. ”

-Rachel Carson

RESUMO

Este estudo tem como objetivo qualificar e quantificar a distribuição de biopolímeros no sedimento da Laguna de Araruama e os impactos sobre a comunidade de foraminíferos vivos, visando o reconhecimento da qualidade ambiental do sedimento e de bioindicadores que possam ser utilizados no monitoramento de ambientes hipersalinos. Para isso foram coletadas dezesseis amostras da foz do Canal do Itajuru até o terceiro bolsão do corpo lagunar como objetivo de reconhecer o gradiente de influência da maré e possível transporte de matéria orgânica através do canal. A Laguna de Araruama, demonstrou um claro gradiente de aumento dos parâmetros físico-químicos no sentido do canal para região mais interna da laguna indicando a redução da influência no corpo lagunar. Através da análise da composição da matéria orgânica (biopolímeros) foi possível identificar a prevalência do aporte de matéria orgânica proveniente de origem fitoplanctônica e de detritos vegetais. Contudo, em alguns locais específicos da laguna (região de atividade das marinas e áreas mais confinadas) há alta concentração de matéria orgânica, principalmente lipídios que refletem na baixa densidade de foraminíferos. De uma maneira geral, a densidade e riqueza na Laguna de Araruama pode ser considerada alta. A riqueza de foraminíferos, mesmo que alta, decresce sentido interior do corpo lagunar, demonstrando o confinamento para a comunidade. As espécies *Criboelphidium excavatum* e *Ammonia tepida* foram indicadoras da presença de matéria orgânica, carbono orgânico total, sedimentos finos e biopolímeros, principalmente de origem antropogênica. Em contrapartida, as espécies *Adelosina milletti*, *Ammonia parkinsoniana* e *Quinqueloculina seminula* foram indicadoras de ambientes com maior influência marinha, sendo *A. parkinsoniana* e *Q. seminula* sensíveis a alta presença de biopolímeros e matéria orgânica. A razão carboidrato/proteína evidencia que a maior parte da área amostrada possui matéria orgânica refratária, demonstrando que o sistema tende a acumular ao invés de degradar ou transportar a matéria orgânica. Sendo assim, a laguna de Araruama pode ser considerada com um sistema deposicional vulnerável ao processo de eutrofização. Por outro lado, O Canal do Itajuru, exceto na região das marinas, tem predominância da fração arenosa, maior influência marinha e hidrodinâmica acentuada que não permite o acúmulo de matéria orgânica.

Palavras-chave: Biopolímeros; Impacto Ambiental; Componentes da Matéria Orgânica; Bioindicadores

ABSTRACT

This study aims to qualify and quantify the biopolymer distribution in the Araruama Lagoon sediment and the impacts on the living foraminifera community, aiming to recognize the environmental quality of the sediment and bioindicators that can be used to monitor hypersaline environments. Sixteen samples were collected from the mouth of the Itajuru Channel to the third Sector of the lagoon body in order to recognize the tidal influence gradient and possible transport organic matter through the canal. The Araruama Lagoon, showed a clear gradient of increase of the physical-chemical parameters in the direction of the channel to the innermost region of the lagoon indicating the reduction of the influence in the lagoon body. Through the composition analysis of the organic matter (biopolymers) it was possible to perceive that the input of organic matter coming from phytoplanktonic origin and from vegetal detritus prevails. However, in some lagoon specific regions (area of marine activity and more confined areas) there is a high organic matter concentration, mainly lipids that reflect the low foraminifera density. In general, the density and species richness of the Araruama Lagoon can be considered high. The foraminifera richness, even if high, decreases the interior sense of the lagoon body, demonstrating that of confinement to the community. The species *Criboelphidium excavatum* and *Ammonia tepida* were indicative of the presence of organic matter, total organic carbon, fine sediments and biopolymers, mainly of anthropogenic origin. On the other hand, the species *Adelosina milletti*, *Ammonia parkinsoniana* and *Quinqueloculina seminula* were indicative of environments with greater marine influence, being *A. parkinsoniana* and *Q. seminula* sensitive to the high presence of biopolymers and organic matter. The carbohydrate / protein ratio shows that most of the sampled area has refractory organic matter, demonstrating that the system tends to accumulate rather than degrade or transport organic matter. Thus, the Araruama lagoon can be considered with a depositional system vulnerable to the eutrophication process. On the other hand, the Itajuru Channel, except in the marine region, has a sandy predominance, greater marine influence and marked hydrodynamics that does not allow the organic matter accumulation.

Key words: Biopolymers; Environmental Impact; Organic Matter Compounds; Bioindicators

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo I – Caracterização do estado trófico do sedimento do Canal do Itajuru e adjacências (Laguna de Araruama, Rio de Janeiro) com base na análise de biopolímeros

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo22

Figura 2: Mapa de distribuição da profundidade e das variáveis físico-químicas e das estações amostradas na Laguna de Araruama 26

Figura 3: Mapa de distribuição das frações granulométricas (%) (areia e finos) e carbonato (%) da região amostrada na Laguna de Araruama27

Figura 4: Mapa de distribuição de MO (%), COT (%), ET (%) da área de estudo na Laguna de Araruama28

Figura 5: Mapa de distribuição de Biopolímeros (mg C g⁻¹) da região amostrada na Laguna de Araruama29

Figura 6: *Principal Component Analysis* do Canal do Itajuru e adjacências (MO- matéria orgânica; CHO- Carboidratos; LIP- Lipídios; PTN- Proteínas; CBT- Carbono Biopolimérico Total; COT- Carbono Orgânico Total; ET- Enxofre total; PROF- Profundidade; OD- Oxigênio Dissolvido; SAL- Salinidade; TEMP- Temperatura; CO₃²⁻- Carbonato)30

Capítulo II - Foraminíferos bentônicos e componentes da matéria orgânica como *proxies* de estado trófico em Lagoa Hipersalina: Lagoa de Araruama- Brasil

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Canal do Itajuru: Estações AR01 a AR07; Setor 1: AR08 e AR09; Setor 2: AR10 a AR13; Setor 3: AR14 a AR1652

Figura 2: Temperatura, pH, Salinidade e Oxigênio Dissolvido (DO) da região amostrada na Laguna de Araruama 57

Figura 3: Granulometria (fração de areia e finos) e carbonato (CO_3^{2-}) do Canal do Itajuru e adjacências	58
Figura 4: Matéria Orgânica (OM), Carbono Orgânico Total (TOC) e Enxofre Total (TS) da área região amostrada na Laguna de Araruama	59
Figura 5: Carbono Biopolimérico (BPC), Proteínas (PTN), Carboidratos (CHO), Lipídios (LIP) e razão Proteínas/Carboidratos (razão PTN/CHO) no Canal do Itajuru e adjacências	60
Figura 6: Densidade, Riqueza (S), Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade (J') da região amostrada da Laguna de Araruama	61
Figura 7: Análise de DCA da assembleia viva e variáveis abióticas da área de estudo da Laguna de Araruama (CHO- Carboidratos; LIP- Lipídios; PTN- Proteínas; Temp- Temperatura; Sal- Salinidade; OM- Matéria Orgânica; CO_3^{2-} - Carbonato; TOC- Carbono Orgânico Total; TS- Enxofre Total; DO- Oxigênio Dissolvido)	62
Figura 8: Análise de <i>Cluster</i> no Q-mode para estações e R-mode para espécies. 1) Mapa com a distribuição dos Grupos no Q-mode; 2) Análise em Q-mode; 3) Análise de cluster em R-mode	64

LISTA DE TABELAS

Capítulo I – Caracterização do estado trófico do sedimento do Canal do Itajuru e adjacências (Laguna de Araruama, Rio de Janeiro) com base na análise de biopolímeros

Tabela 1: Teor de Carbono Biopolimérico Total da MO em sedimentos superficiais de diferentes ambientes costeiros36

Tabela 2 (Apêndice 1): Dados do Canal do Itajuru e adjacências: Coordenadas geográficas, parâmetros físico-químicos da água (Sal.- salinidade; pH; OD- oxigênio dissolvido; Temp.- temperatura), profundidade e parâmetros do sedimento (MO- matéria orgânica; CO₃²⁻- Carbonato; Areia- Fração Arenosa; Finos- Fração Fina; COT- Carbono Orgânico Total; ET- Enxofre Total; CHO- Carboidratos; LIP- Lipídios; PTN- Proteínas; CBT- Carbono Biopolimérico Total; PTN/CHO- razão proteína/carboidrato)48

Capítulo II - Foraminíferos bentônicos e componentes da matéria orgânica como *proxies* de estado trófico em Lagoa Hipersalina: Lagoa de Araruama- Brasil

Tabela 1: Conjunto de Dados da Lagoa de Araruama: Coordenadas geográficas; valores dos parâmetros da água (Sal.- salinidade; pH; DO- oxigênio dissolvido; Temp.- temperatura) e parâmetros do sedimento (OM- matéria orgânica; CO₃²⁻- Carbonato; Sand- fração de areia; Fine- fração fina; TOC- carbono orgânico total; TS- enxofre total; CHO- carboidratos; LIP- lipídios; PTN- proteínas; BPC- carbono biopolimérico; PTN/CHO- razão proteínas/carboidratos) 56

Tabela 2 (Anexo 1): Estações georreferenciadas na Laguna de Araruama com a abundância relativa, densidade, diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade (J') e Riqueza (S) dos foraminíferos vivos 83

SUMÁRIO

1 Introdução	14
2 Objetivos	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
Capítulo I – Caracterização do estado trófico do sedimento do Canal do Itajuru e adjacências (Laguna de Araruama, Rio de Janeiro) com base na análise de biopolímeros	17
Capítulo II - Foraminíferos bentônicos e componentes da matéria orgânica como <i>proxies</i> de estado trófico em Lagoa Hipersalina: Lagoa de Araruama- Brasil	49
3 Conclusões Gerais	86
4 Referências bibliográficas	87

1. INTRODUÇÃO

Lagunas são corpos de água salobra ou salgada e possuem origem marinha ou fluvio-marinha e podem ser isoladas completamente ou parcialmente do mar por cordões arenosos ou restingas (Suguio, 1992). Estes ecossistemas são influenciados pelos regimes de marés, mesmo quando não se comunicam diretamente com o mar e constituem cerca de vinte por cento de toda zona costeira do mundo (Milênio, 2009). Estes ecossistemas possuem grande importância ecológica e econômica porque possuem elevada produção primária, logo, alta atividade fotossintética (Passavante & Kening, 1984).

O sistema lagunar costeiro, em geral, recebe aporte de efluentes domésticos e capta o escoamento superficial da região devido à urbanização (Carreira *et al.*, 2001). Como consequência, esses ecossistemas têm se tornado um ambiente com altas concentrações de poluentes que aceleram o processo de eutrofização do corpo hídrico e alteram a qualidade da água (FEEMA, 1988; Carreira *et al.*, 2001; Kfoury *et al.*, 2003). De acordo com Sílvia (2009), o impacto causado pelas ações antrópicas degrada o ecossistema, causando reflexos na economia e na cultura da população, principalmente local.

A abundância e a composição da matéria orgânica em sedimentos costeiros dependem de uma combinação de fatores que envolvem a fonte e os processos físico-químicos que ocorrem na água e no sedimento e são essenciais para monitoramento e conhecimento dos ecossistemas (Jones, 2001). O uso da composição de sedimentos orgânicos (biopolímeros) pode ser considerado como uma boa ferramenta, pois são úteis para classificar o estado trófico e avaliar a origem da matéria orgânica sedimentar dos ecossistemas marinhos e costeiros (Silva *et al.* 2011; Laut *et al.*, 2016b; Dias *et al.*, 2017). Estas análises têm sido amplamente utilizadas em ambientes marinhos, estuarinos e alguns ambientes lagunares em regiões tropicais e temperadas, principalmente para avaliar os efeitos da composição e quantidade de biopolímeros na distribuição da microbiota bentônica, como foraminíferos (Martins *et al.*, 2015a, b; Clemente *et al.*, 2015; Belart *et al.*, 2018; Raposo *et al.*, 2018).

Organismos da microfauna, como foraminíferos bentônicos, têm sido utilizados como bioindicadores no monitoramento ambiental e compreensão da qualidade ecológica (Vilela *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2016; Laut *et al.*, 2016a; Raposo *et al.*, 2016). A distribuição desses microorganismos estão associados com a matéria orgânica e a concentração dos tipos de biopolímeros (carboidratos, lipídios e proteínas) (Murray, 2006; Martins *et al.*, 2015a, b;

Clemente *et al.*, 2015; Laut *et al.*, 2016a; Belart *et al.*, 2018, 2019; Raposo *et al.*, 2018). Raposo *et al.* (2018) demonstraram que os foraminíferos vivos da Laguna de Itaipu são influenciados diretamente pela distribuição de biopolímeros e pela granulometria. Na Laguna de Saquarema, Belart *et al.* (2018) constataram que os foraminíferos sofrem influência da concentração de biopolímeros e de outros fatores referentes a hidrodinâmicas na distribuição da comunidade. O mesmo foi observado na Laguna de Aveiro que é um ambiente que apresenta clima semiárido influenciado por ressurgência costeira (Martins *et al.*, 2015b).

Alguns estudos têm sido realizados com a fauna de foraminíferos bentônicos em lagunas costeiras hipersalinas em todo o mundo como na Lagoa de Abu Dhabi, no Golfo Pérsico (Murray, 1970), Lagoa Shuaiba, na Arábia Saudita (Abu-Zied & Bantan, 2013), Lagoa de Bizerte, na Tunísia (Martins *et al.*, 2015a) e Laguna de Saquarema (Belart *et al.*, 2018; 2019). Dentre estes estudos, as metodologias para relacionar a distribuição dos foraminíferos e a concentração de biopolímeros foram aplicados somente nas lagunas Saquarema e Bizerte. No Brasil, os foraminíferos foram identificados e utilizados como bioindicadores em lagunas costeiras nos últimos anos (Debenay *et al.*, 2000, 2001; Guerra *et al.*, 2011; Vilela *et al.*, 2011; Raposo *et al.*, 2016; Raposo *et al.*, 2018; Belart *et al.*, 2018, 2019). No entanto, existem poucos estudos comparando assembleias de foraminíferos com a qualidade e quantidade de biopolímeros (Raposo *et al.*, 2018; Belart *et al.*, 2018).

Foram realizados apenas dois trabalhos na Laguna de Araruama com foraminíferos. Debenay *et al.* (2001) reconheceu a distribuição das assembleias de foraminíferos e caracterizou ambientalmente a laguna. Já Geslin *et al.* (2002) relacionaram diferentes deformações de indivíduos do Gênero *Ammonia* com possíveis estressores, incluindo fatores físico-químicos da água e escassez de alimento.

No estudo de Debenay *et al.* (2001) a análise foi baseada na assembleia total (vivos + mortos) e por essa razão as relações ecológicas são prejudicadas, pois os processos tafonômicos podem alterar severamente a assembleia original (Schönfeld *et al.*, 2012). Belart *et al.* (2018) ressaltaram uma grande diferença entre a assembleia viva e morta na Laguna de Saquarema no Rio de Janeiro, indicando que poucas áreas de baixa hidrodinâmica apresentam correspondência entre elas. Estes fatores demonstram então a necessidade de se estudar os foraminíferos bentônicos vivos da Laguna de Araruama e os fatores que influenciam sua presença e distribuição.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo qualificar e quantificar a distribuição de biopolímeros no sedimento da Laguna de Araruama e os efeitos sobre a comunidade de foraminíferos vivos, visando o reconhecimento da qualidade ambiental do sedimento e de bioindicadores que possam ser utilizados no monitoramento de ambientes hipersalinos.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização físico-química e sedimentológica da Laguna de Araruama.
- Análise quantitativa e qualitativa de biopolímeros presentes no sedimento.
- Identificação taxonômica dos foraminíferos viventes na laguna.
- Identificação de espécies ou assembleias associadas ao excesso de biopolímeros na área de estudo.

CAPITULO I

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block 1]

[Redacted text block 2]

[Redacted text block 3]

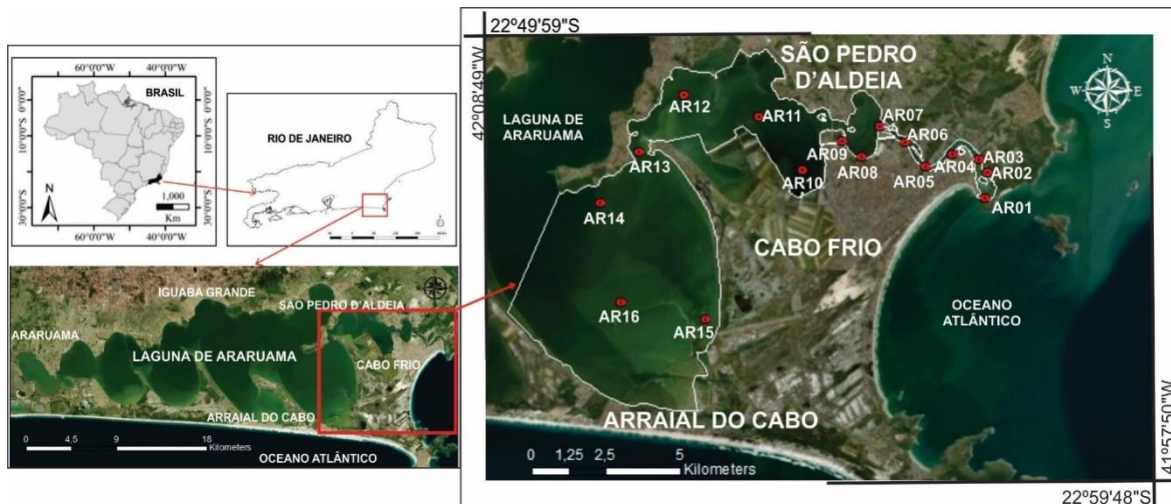
[Redacted text block 4]

[Redacted text block 5]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted text block]

I
[Redacted text block]

[Redacted text block]

I
[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

|

[Redacted text block]

|

[Redacted text block]

|

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

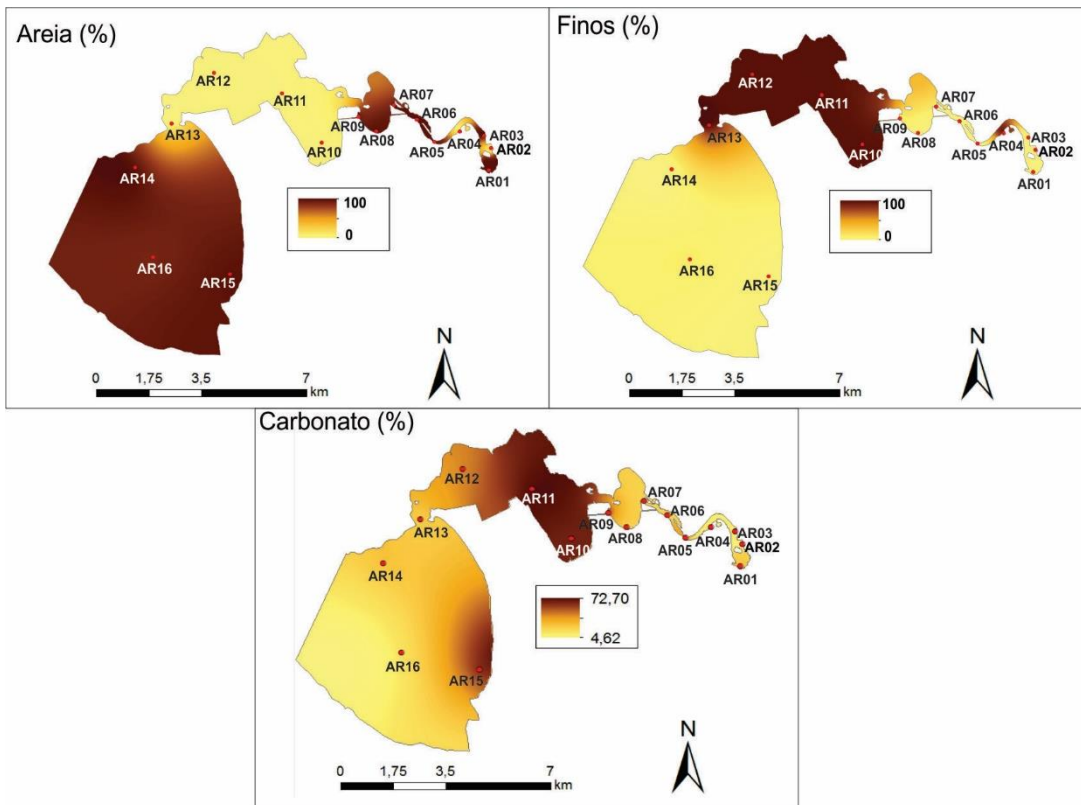
[REDACTED]

[REDACTED]

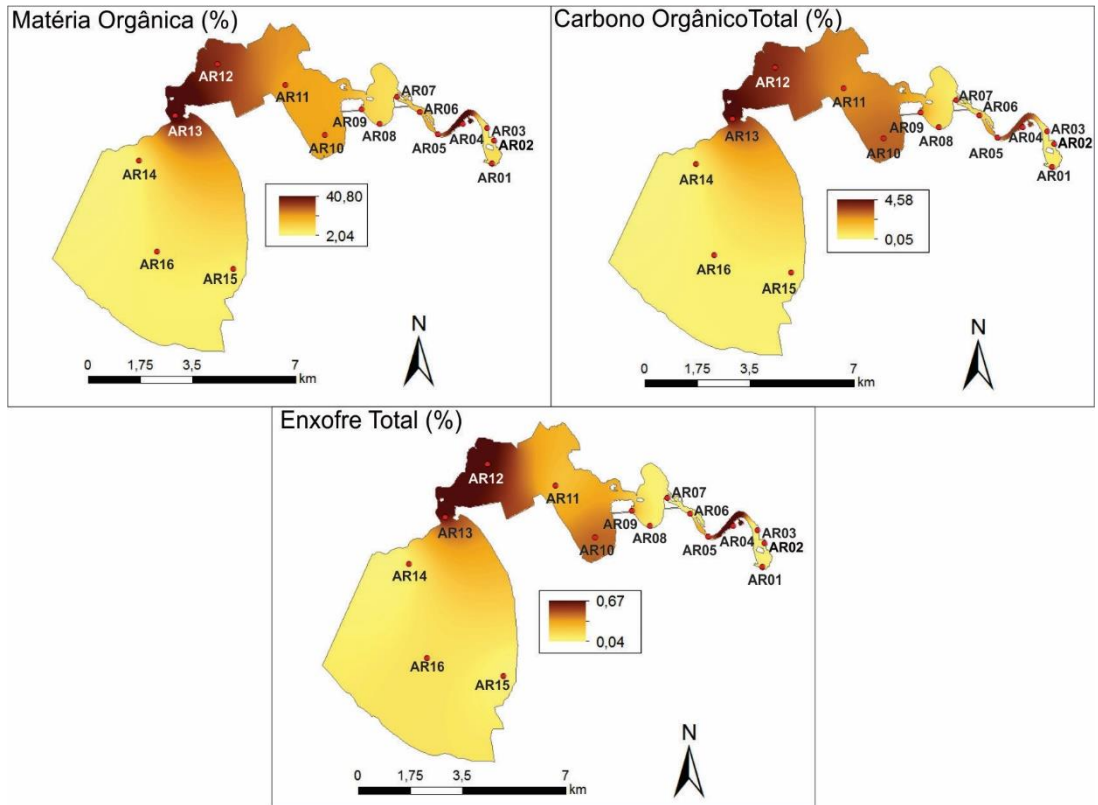
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted text block]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

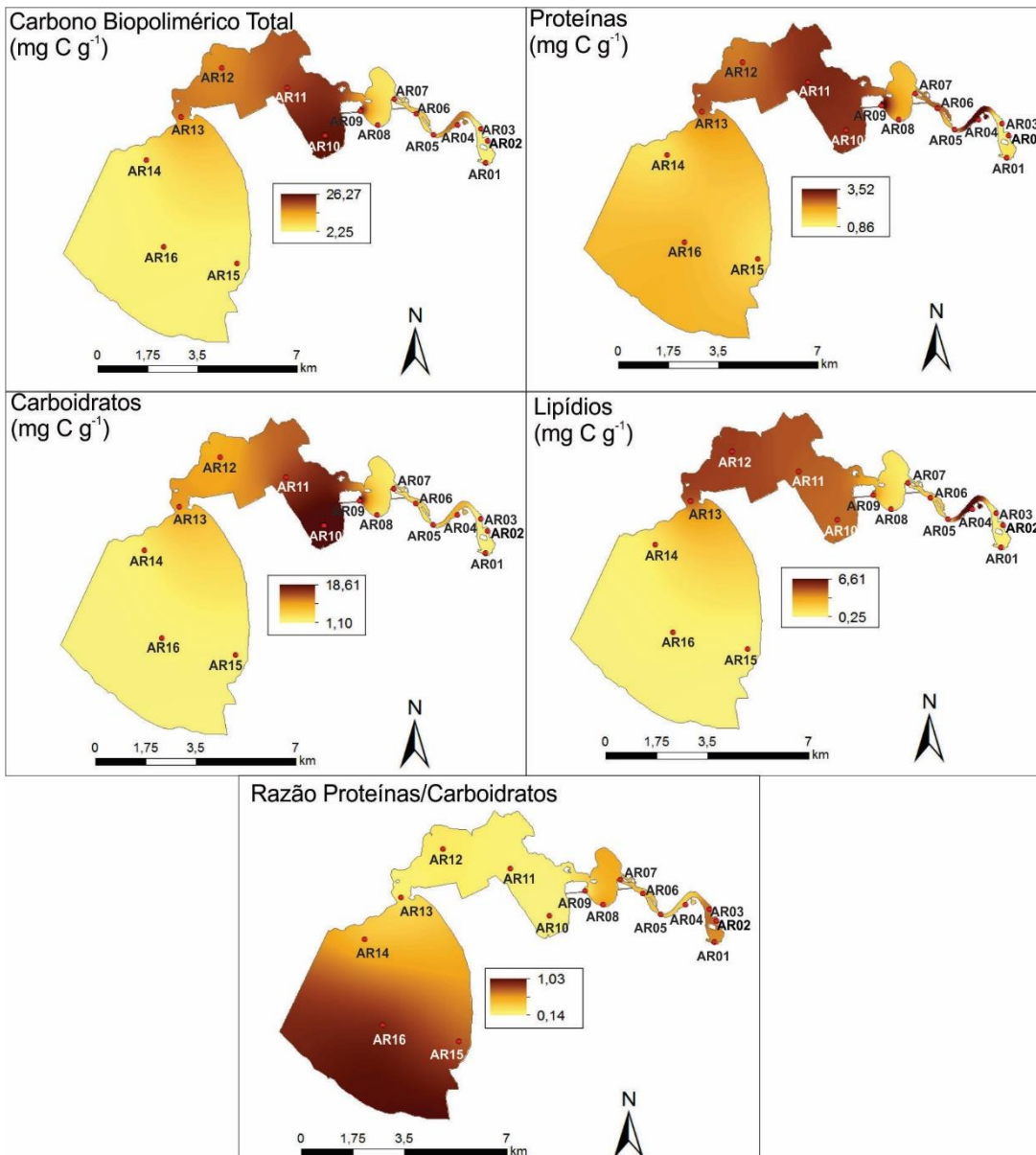
[Redacted text block]

[Redacted text block]

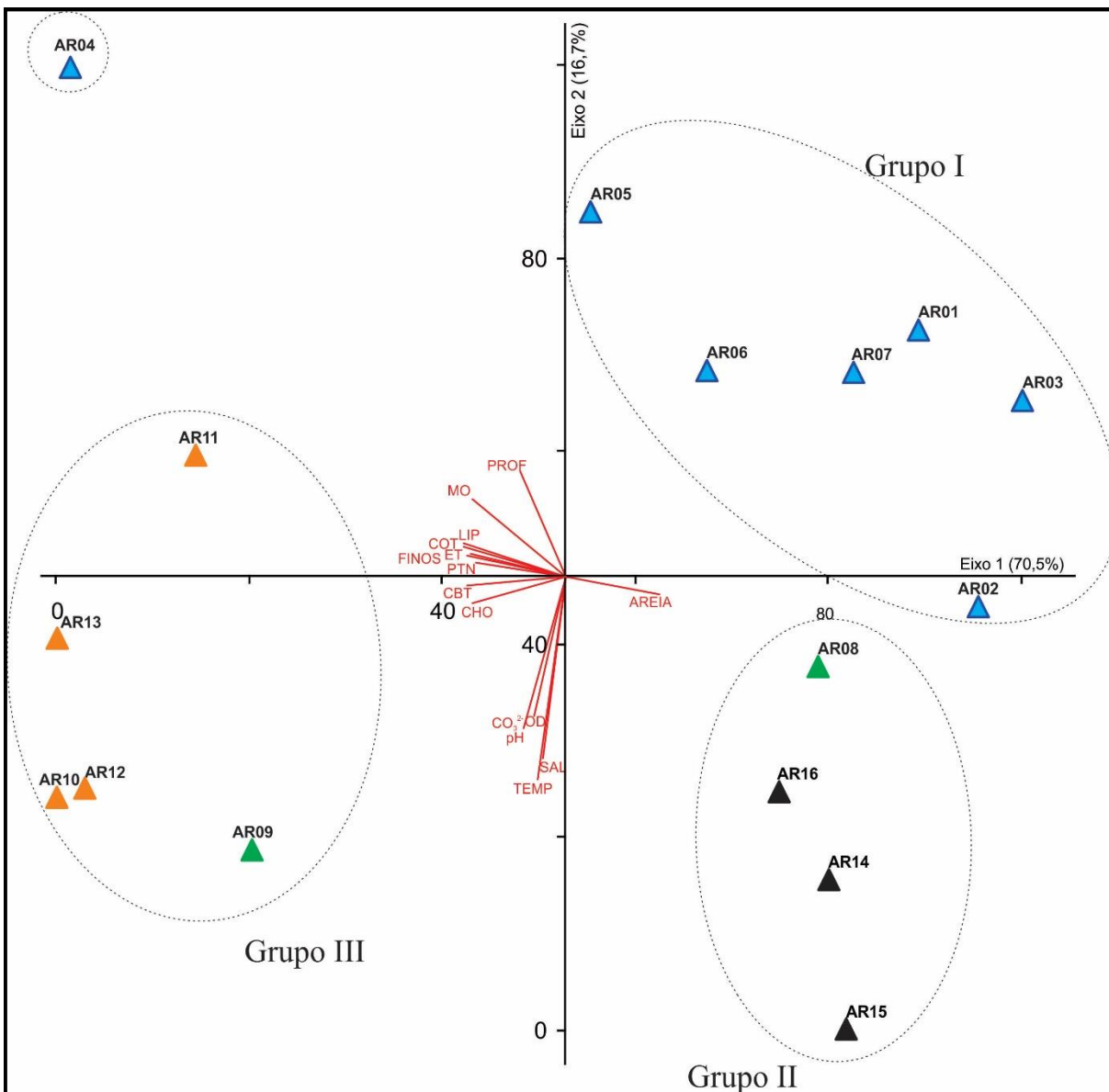
[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



[Redacted text block]



[Redacted text block]

[REDACTED]

|

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

I

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block containing multiple lines of blacked-out content]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block containing multiple lines of obscured content]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

CAPÍTULO II

Artigo a ser submetido na *Marine Pollution Bulletin*

Benthic foraminifera and organic matter compounds as proxies to trophic state in
Hypersaline Environments: Araruama Lagoon- Brazil

[Redacted text block containing multiple lines of blacked-out content]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

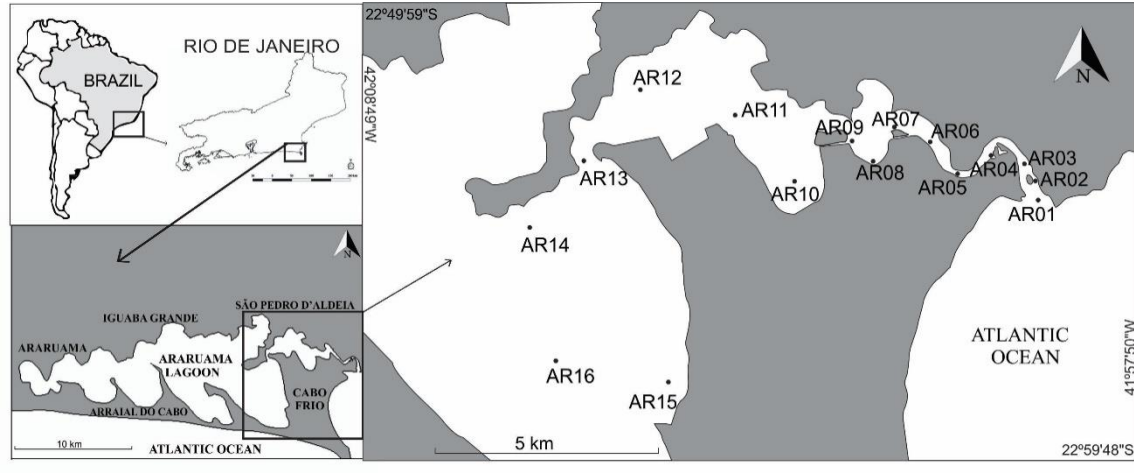
[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

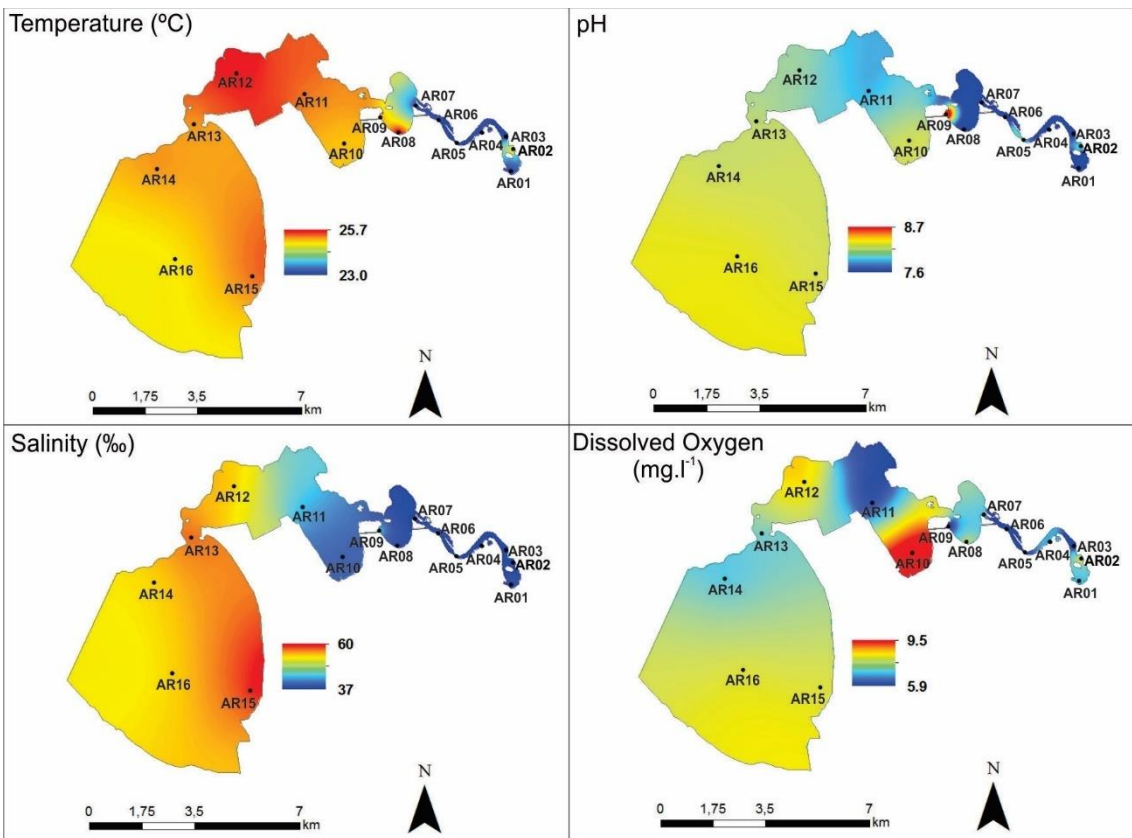
[REDACTED]

[REDACTED]

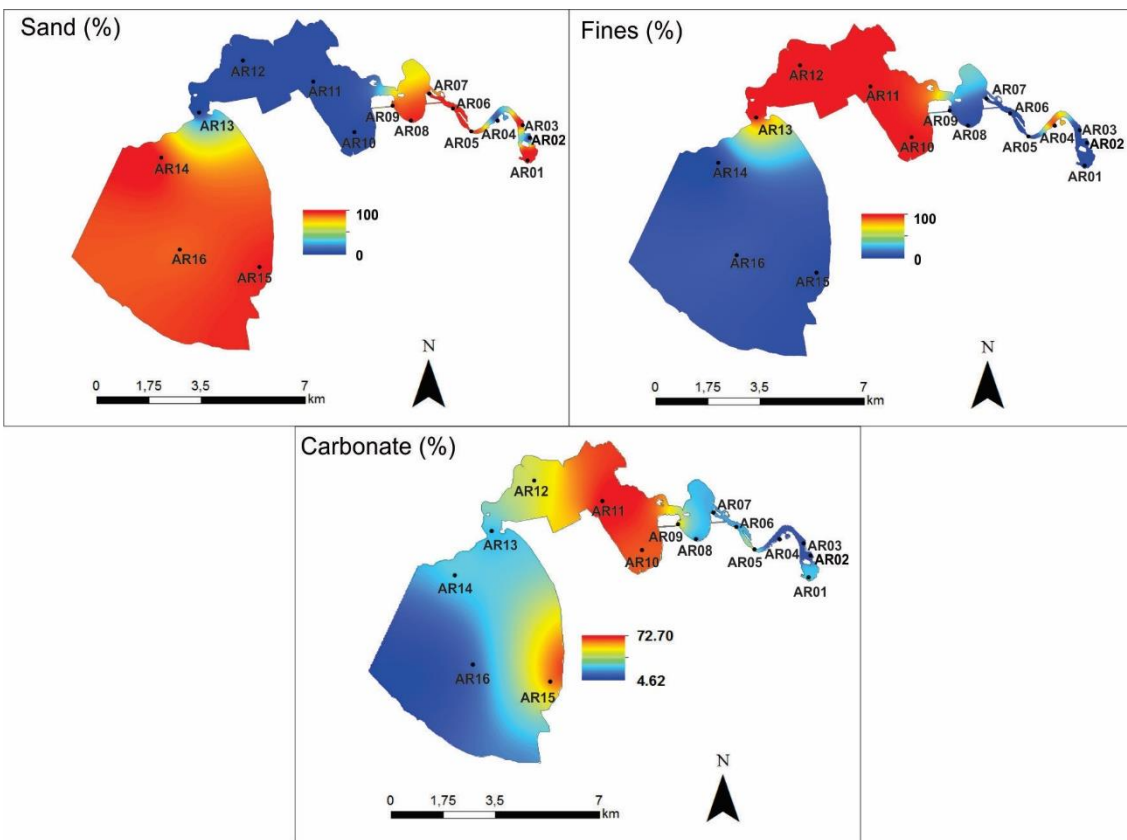
[REDACTED]

[REDACTED]

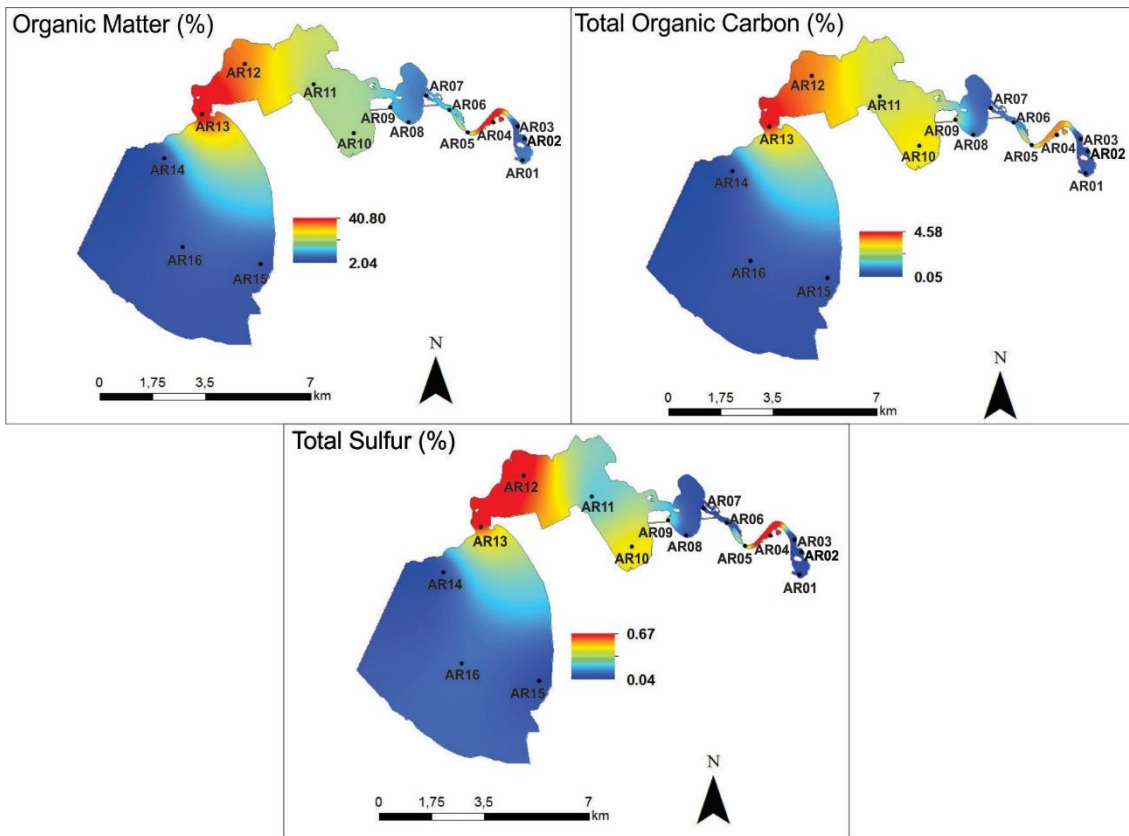
[REDACTED]



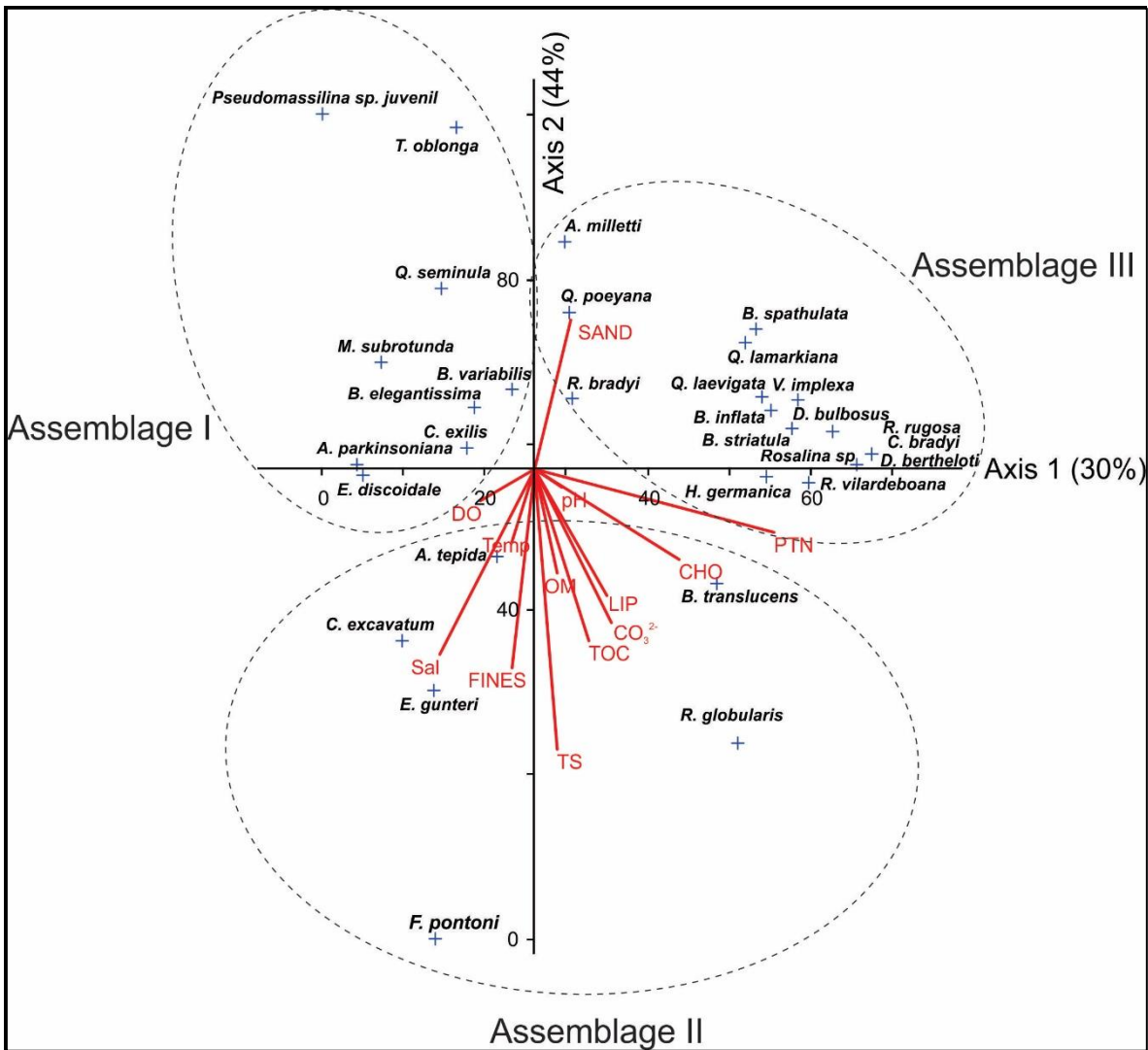
[REDACTED]



[Redacted text block]

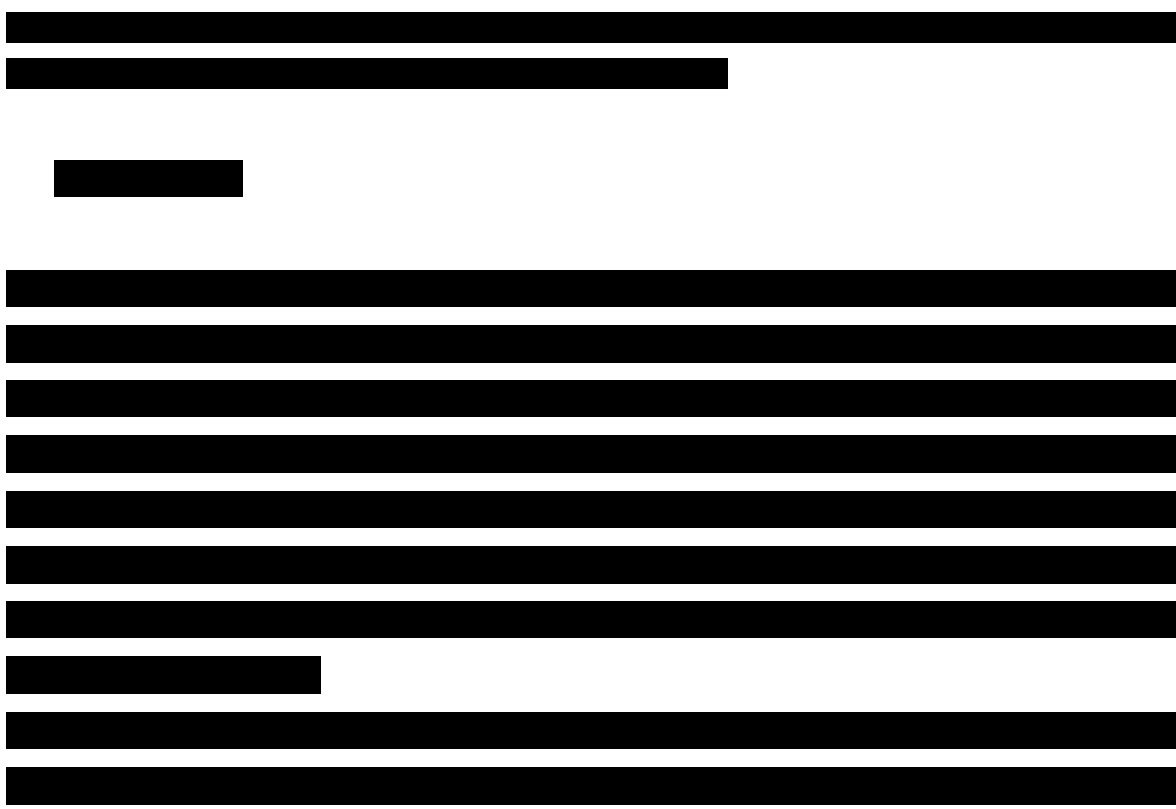
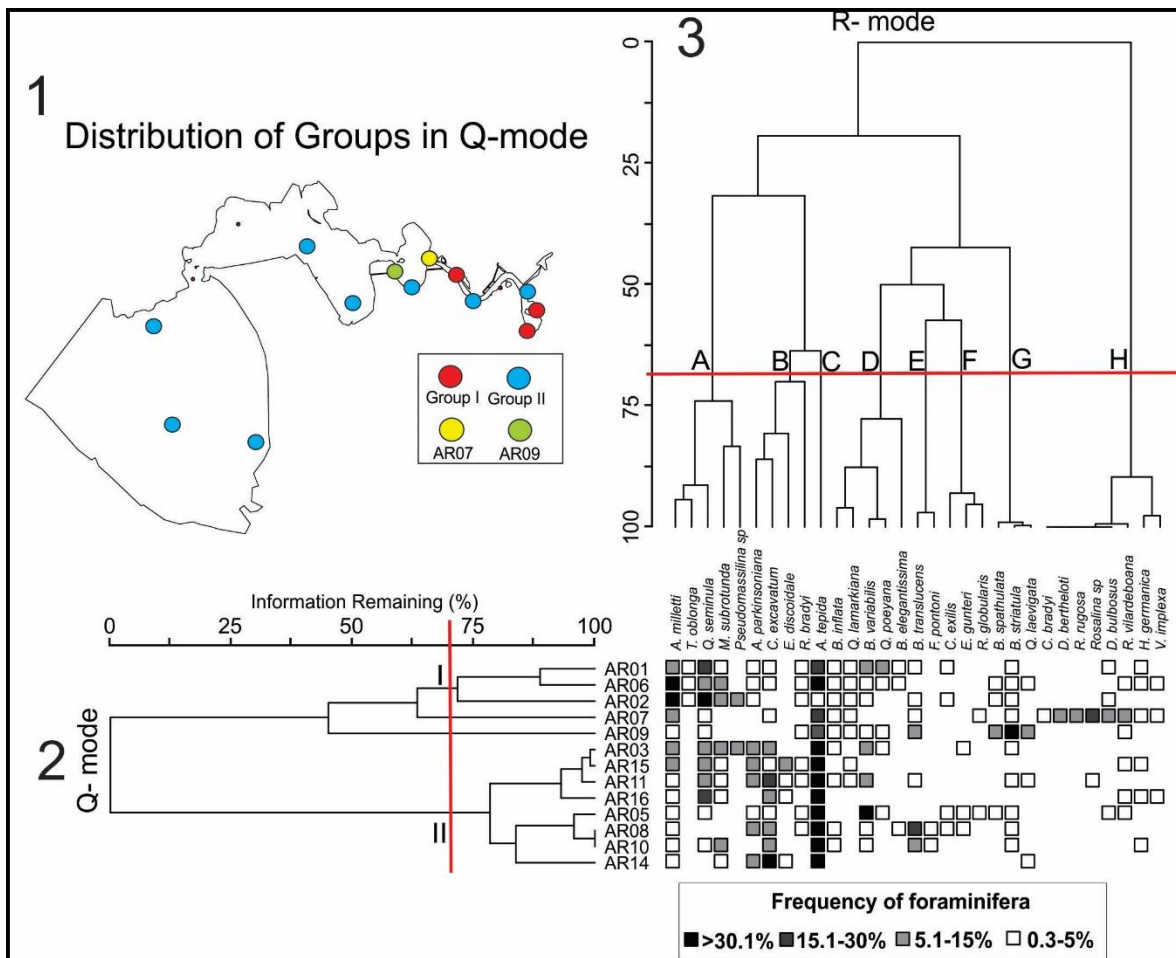


[Redacted text block]



[REDACTED]

[REDACTED]



[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block containing multiple lines of obscured content]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[Redacted text block containing approximately 30 lines of obscured content]

[Redacted text block consisting of multiple lines of blacked-out content]

[REDACTED]

[Redacted text block]

[REDACTED]

[REDACTED]

3. Conclusões Gerais

O Canal do Itajuru e adjacências, na Laguna de Araruama demonstrou um claro gradiente de aumento dos parâmetros físico-químicos no sentido do canal para região mais interna da laguna indicando a redução da influência no corpo lagunar. Ainda assim, a região apresentou altos níveis de diversidade e riqueza de foraminíferos vivos comparada a outras lagoas hipersalinas devido a alto teor de OD resultante da influência marinha (no Canal do Itajuru) ou de células de circulação internas do corpo lagundar. Através da análise da composição da matéria orgânica (biopolímeros) foi possível perceber que há maior aporte de matéria orgânica proveniente de origem fitoplanctônica e detritos vegetais. Este estudo demonstrou que em locais específicos da laguna há alta concentração de matéria orgânica principalmente lipídios. Estes locais foram os mesmos que apresentaram baixa densidade de foraminíferos vivos, o que indica a sensibilidade dos organismos ao acúmulo de matéria orgânica de origem antropogênicos.

As espécies dominantes na Laguna de Araruama foram *Q. seminula*, *A. parkinsoniana*, *A. tepida* (presente em 100% das estações), *C. excavatum* e *A. milletti* foram consideradas bioindicadores para este ambiente hipersalino. As espécies *Q. seminula* e *A. parkinsoniana* foram indicadoras de fração arenosa, alta hidrodinâmica e sensível a presença de matéria orgânica e biopolímeros. O *cluster* que está é a característica da maior parte das espécies presentes no início e próximo ao final do Canal do Itajuru. Já *A. tepida* e *C. excavatum* foram consideradas indicadoras de espécies com alta tolerância a matéria orgânica, Carbono Orgânico Total, Enxofre Total, lipídios, regiões de fração fina e salinidade. Ao longo do canal, início dos Bolsões 1 e 2 e todo o Bolsão 3 foram áreas com maior presença dessas espécies mais resistentes. Por fim, *A. milletti* foi considerada indicadora de ambientes com influência marinha e com tolerância a presença de proteínas, que inclui o final do canal e Bolsão 1.

A espécie *T. oblonga* foi dominante em um estudo preliminar na Laguna de Araruama com a assembleia total de foraminíferos (vivos + mortos), algo que não foi encontrado nesse estudo. A justificativa é pelo tempo de diferença entre as coletas e a possibilidade desses organismos terem sido transportados e estarem mortos. É necessário trabalho posterior comparando as assembleias vivas e mortas para confirmação desse transporte.

O resultado de biopolímeros demonstrou que o sistema não apresenta sinais de eutrofização, exceto em estações pontuais. Contudo, a razão CHO/PTN evidencia que a maior parte da área amostrada possui matéria orgânica antiga, que significa que o sistema

tende a acumular ao invés de degradar ou transportar a MO, sendo assim, a laguna de Araruama pode ser considerada com um sistema deposicional vulnerável ao processo de eutrofização. Por outro lado, O Canal do Itajuru, exceto da região das marinas, tem predominância da fração arenosa, maior influência marinha e hidrodinâmica acentuada o que não permite o acúmulo de matéria orgânica.

4. Referências bibliográficas

- ABU-ZIED, R. H., BANTAN, R.A. 2013. Hypersaline benthic foraminifera from the Shuaiba Lagoon, eastern Red Sea, Saudi Arabia: Their environmental controls and usefulness in sea-level reconstruction. *Marine Micropaleontology*, 103: 51-67.
- BELART, P., CLEMENTE, I., RAPOSO, D., HABIB, R., VOLINO, E. K., VILLAR, A., MARTINS, M. V. A., FONTANA, L. F., LORINI, M. L., PANIGAI, G., FRONTALINI, F., FIGUEIREDO, M. S. L., VASCONCELOS, S. C., LAUT, L. 2018. Living and dead Foraminifera as bioindicators in Saquarema Lagoon System, Brazil. *Latin American Journal Aquatic Research*, 46(5): 1055-1072.
- BELART, P, HABIB, R., RAPOSO, R., CLEMENTE, I., MARTINS, M. V. A., FRONTALINI, F., FIGUEIREDO, M. S. L., MARIA LUCIA LORINI, M. L., LAUT, L. 2019. Seasonal Dynamics of Benthic Foraminiferal Biocoenosis in the Tropical Saquarema Lagoonal System (Brazil). *Estuaries and Coasts*, 42(208):1-20
- CARREIRA, R., WAGENER, A. L. R., TIMOTHY, F., READMEAN, J. W. 2001. Distribuição do coprostanol em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara: Indicador da poluição recente por esgotos domésticos. *Química nova*, 24: 37-42.
- CLEMENTE, I. M. M. M., SILVA, F. S., LAUT, L. L. M., FRONTALINI, F., COSTA, V. L., RODRIGUES, M. A. C., PEREIRA, E., BERGAMASCHI, S., FILHO, J. G. M., MARTINS, M. V. A. 2015. Biochemical Composition and Foraminifera Content of Sediments for Determining Bottom Sector Environments in Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 315: 1190-1204.
- DIAS, P., MARTINS, M.V., CLEMENTE, I., CARELLI, T., DA SILVA, F., FONTANA, L., LORINI, M. L., DI PANIGAI, G., HABIB, R., MENDONÇA-FILHO, J., LAUT, L. 2017. Assessment of the Trophic State of Saquarema Lagoonal System, Rio de Janeiro (Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, 2 (1): 49-64.
- DEBENAY J. P., GUILLON J. J., REDOIS F., GESLIN E. 2000. Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments. A base for using foraminifera as

bioindicators. In: Martin R.E. (ed.). *Environmental Micropaleontology*. Topics in Geobiology, v. 15: 39–64.

DEBENAY, J., GESLIN, E., EICHLER, B. B., DULEBA, W., SYLVESTRE F., EICHLET, P. 2001. Foraminiferal Assemblages in a Hypersaline Lagoon, Araruama (RJ), Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*. 31(2): 133-151

FEEMA (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE). 1988. Perfil Ambiental do Município de Araruama, Rio de Janeiro, Fundação Estadual de Estudos do Meio Ambiente. 45 p.

GESLIN, E., DEBENAY, J. P., DULEBA, W., Bonetti, C. 2002. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: Comparison between polluted and non-polluted areas. *Marine Micropaleontology*, 45(2):151-168

GUERRA, L.V., SAVERGNINI, F., SILVA, F.S., BERNARDES, M. C., CRAPEZ, M.A.C. 2011. Biochemical and microbiological tools for the evaluation of environmental quality of a coastal lagoon system in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71(2): 461-468.

Jones, R. 2001. Foraminifera and their Applications. Cambridge, Cambridge University Press. 401 p.

KFOURI, P. B. P., EICHLER, B. B., EICHLER, P. B., PEREIRA, E. R. M., FIGUEIRA, R., ABESSA, D. M. S., SOUSA, E.C.P.M. 2003. Toxicidade dos sedimentos da Baía de Guanabara- RJ determinada pela ocorrência das associações de foraminíferos bentônicos e testes com anfípodos *Tiburonella viscana*. In: CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICA, 2, Recife, 2003. Anais, Recife, UFPE, 1-4.

LAUT, L. L. M., CLEMENTE, I. M. M. M., BELART, P., MARTINS, M. V. A., FRONTALINI, F., LAUT, V. M., GOMES, A., BOSKI, T., LORINI, M. L., FORTES, R. R., RODRIGUES, M. A. C. 2016a. Multiproxies (benthic foraminifera, ostracods and biopolymers) approach applied to identify the environmental partitioning of the Guadiana River Estuary (Iberian Peninsula). *Journal of Sedimentary Environments*, 1(2): 184-201.

LAUT, L.L.M., MARTINS, M.V.A, FONTANA, L.F., SILVA, F.S., MENDONÇA-FILHO, J. G., CLEMENTE, I. M. M. M., FRONTANINI, F., RAPOSO, D., BELART, P., BALLALAI, J. 2016b. Ecological status evaluation of Itaipu Lagoon (Niterói) based on biochemical composition of organic matter. *Journal of Sedimentary Environments*, 1(3): 304-323

MARTINS, M.V. A, ZAABOUB, N., ALEVA, L., FRONTALINI, F., PEREIRA, E., MIRANDA P., MANE, M., ROCHA, F., LAUT, L., EL BOUR, M. 2015a. Environmental

Quality Assessment of Bizerte Lagoon (Tunisia) Using Living Foraminifera Assemblages and a Multiproxy Approach. *PLoS ONE*, 10(9): e0137250.

MARTINS, M. V. A., FRONTALINI, F., RODRIGUES, M. A. C., DIAS, J. A., LAUT, L. L. M., SILVA, F., CLEMENTE, I. M., RENO, R., MORENO, J., SOUSA, S., ZAABOUB, N., EL BOUR, M., ROCHA, F.

2015b. Foraminiferal Biotypes and their Distribution Control in Ria de Aveiro (Portugal): a multiproxy approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(12), 8875-8897.

MARTINS, M. V. A., LAUT, L. L. M., FRONTALINI, F., SEQUEIRA, C., RODRIGUES, R., DA FONSECA, M. V. M., BERGAMASCHI, S., PEREIRA, E., DELAVY, F. P., FIGUEIREDO-JR., A. G., MIRANDA, P., TERROSO, D., PENNA, A. L., LAUT, V. M., FIGUEIRA, R., ROCHA, F. 2016. Controlling Factors on the abundance, diversity and size of living benthic foraminifera in the NE Sector of Guanabara Bay (Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, 1(4): 393-410.

MILÊNIO (2009), Projeto Instituto do Milênio. Online, [acesso em 17/12/2018]. URL: <http://www.institutomilenioestuarios.com.br/zonacosteiras>.

MURRAY, J. 1970. the foraminifera of the hypersaline abu dhabi lagoon, Persian Gulf. *Lethaia*, 3 (1): 51-68.

Murray, J., 2006. Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge University Press, 426 pp.

PASSAVANTE, J. Z. O., KOENING, M. L. 1984. Estudo ecológico da região de Itamaracá, Pernambuco Brasil. XXVI. Clorofila a e material em suspensão no estuário do rio Botafogo. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 18: 207-230.

RAPOSO, D., LAUT, V., CLEMENTE, I., MARTINS, V., FRONTALINI, F., SILVA, F., LORINI, M.L., FORTES, R., LAUT, L., 2016. Recent benthic foraminifera from the Itaipu Lagoon, Rio de Janeiro (southeastern Brazil). *Check List* 12 (5).

RAPOSO, D., CLEMENTE, I., FIGUEIREDO, M., VILAR, A., LORINI, M.L., FRONTALINI, F., MARTINS, V., BELART, P., FONTANA, L., HABIB, R., LAUT, L. 2018. Benthic foraminiferal and organic matter compounds as proxies of environmental quality in a tropical coastal lagoon: The Itaipu lagoon (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 129 (1): 114-125.

SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUN, S., SPEZZAFERRI, S., MEMBERS OF THE FOBIMO GROUP, 2012. FOBIMO (FOraminiferal Bio-

MONitoring) initiative—towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94–95.

SILVA, F. S., BITENCOURT, J. A. P., SAVERGNINI, F., GUERRA, L. V., BAPTISTA-NETO, J. A., CRAPEZ, M. A. C. 2011. Bioavailability of organic matter in the superficial sediment of Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*. 34(1): 52-63.

SÍLVIA, P. M. M. 2009. A laguna de Itaipu e os serviços ambientais na região oceânica de Niterói, RJ. Bacharelado em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Monografia, 77p.

SUGUIO, K. 1992. Dicionário de Geologia Marinha. T.A. Queiroz, Editor, 171p., São Paulo.

VILELA, C.G., BATISTA, D.S., BAPTISTA NETO, J.A., GHISELLI, R.O. 2011. Benthic foraminifera distribution in a tourist lagoon in Rio de Janeiro, Brazil: a response to anthropogenic impacts. *Marine Pollution Bulletin*, 62:2055–2074.