

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA: PETRÓLEO E MEIO
AMBIENTE - POSPETRO**

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA A PARTIR DE
FORAMINÍFEROS PARÁLICOS DE CANAIS E ZONAS DE
MANGUEZAL NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS UNA, PARDO E
JEQUITINHONHA - LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA**

Salvador

2014

ISABEL HONORATA DE SOUZA AZEVEDO

**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA A PARTIR DE
FORAMINÍFEROS PARÁLICOS DE CANAIS E ZONAS DE
MANGUEZAL NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS UNA, PARDO E
JEQUITINHONHA - LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Fernando Souza de Queiroz

Co-Orientadora: Profa. Dra. Simone Souza de Moraes

Salvador

2014

**CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA A PARTIR DE
FORAMINÍFEROS PARÁLICOS DE CANAIS E DE ZONAS DE
MANGUEZAL NOS ESTUÁRIOS DOS RIOS UNA, PARDO E
JEQUITINHONHA - LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA.**

por

Isabel Honorata de Souza Azevedo
(Licenciatura em Ciências Naturais - Universidade Federal da Bahia – UFBA - 2008, Salvador - BA)

Orientador: **Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza Queiroz**
Co-orientadora: **Profa. Dra. Simone Souza de Moraes**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM GEOQUÍMICA DO PETRÓLEO E AMBIENTAL

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

APROVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

 Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza Queiroz (UFBA)

 Profa. Dra. Simone Souza de Moraes (UFBA)

 Profa. Dra. Altair de Jesus Machado (UFBA)

 Profa. Dra. Helisângela Acris Borges de Araújo (IAT)

Data da Defesa Pública: 03/04/2014

SALVADOR-BAHIA
ABRIL/2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção e guarda durante todas as etapas deste Trabalho.

Agradeço também às minhas duas mães, Raquel Martins de Souza e Antônia Pereira de Almeida que sempre estiveram presentes durante toda minha vida escolar e agora acadêmica, colaborando, compreendendo, me apoiando e se preocupando.

Agradeço às amigas Juliete Vidal e Maria Luiza Morely, pelas muitas comemorações, pela confiança, por compreenderem minhas ausências e sempre me apoiarem.

Agradeço ao meu grande amigo, Wagner Magalhães, que mesmo longe nunca deixou de se preocupar comigo, pelo apoio, consideração comigo e pela paciência em ler e corrigir muitas das minhas produções, além de estar sempre presente na minha vida.

Agradeço em especial, à Taís dos Santos Costa pelos grandes momentos de alegria, descontração, amizade e pelo constante apoio.

Agradeço aos amigos do grupo GEF, Diogenes, Marcus, Matheus e Ruth, por vários momentos de descontração, em meio a tantas horas que passei sob o estereomicroscópio, à Amanda e Vitor pelas ajudas com as triagens das amostras.

Agradeço às amigas que fiz no POSPETRO, Ana Carina Matos, Andressa Nery, Núria Mariana Campos e Daiane Oliveira, por todas as ajudas durante o desenvolvimento do trabalho, por todo apoio e amizade; à Narayana, Fabiany, Josana, Carine, Maria, Maria Luiza, Leila Maria, Leila Oliveira e Sheila por muitas risadas que me proporcionaram durante as etapas mais difíceis.

Agradeço à Daniela Anunciação, “Dani”, pelas infinitas ajudas com as análises estatísticas, pelas correções, auxílios nas apresentações orais e palavras de incentivos sempre que precisei.

Aos técnicos do LEPETRO, Gisele, Sarah e Jorginho, por serem sempre prestativos e dispostos a ajudar, quanto ao uso da capela.

Agradeço aos meus orientadores, o Prof. Dr. Antônio Fernando, pela confiança ao meu trabalho e oportunidade e a Profa. Dra. Simone Moraes, pela paciência, empenho, por estar sempre disposta a me ajudar e pela magnífica orientação.

Aos Coordenadores do POSPETRO, Prof. Dr. Antônio Fernando e Profa. Dra. Olívia Maria, pelas dedicações na realização deste projeto e aos professores do curso, que transmitiram seus saberes com responsabilidade e dedicação.

À CAPES, pela bolsa do mestrado.

À Queiroz Galvão Exploração e Produção, através do Projeto “Diagnóstico Geoambiental de Zonas de Manguezal e Desenvolvimento de Processos Tecnológicos Aplicáveis a Remediação dessas Zonas: Subsídios a um Programa de Prevenção de Impactos em Áreas com Potencial para Atividades Petrolíferas na Região Litoral Sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL)”, pelo financiamento desta pesquisa.

A todos que de alguma forma ajudaram na realização deste trabalho.

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra! Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”

Charles Chaplin

RESUMO

Foraminíferos são amplamente reconhecidos como eficazes ferramentas para identificar variações ambientais antigas e recentes provenientes de fatores naturais e abióticos. Dentre as diversas aplicações científicas destes, pode-se destacar seu uso como bioindicadores de estresse ambiental e na caracterização e biomonitoramento de regiões costeiras. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as zonas de manguezal e canais estuarinos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Litoral Sul do Estado da Bahia, utilizando os foraminíferos parálicos e dados geoquímicos do sedimento. Para isso, foram realizadas duas amostragens sazonais, em novembro de 2011 e abril de 2012, para a coleta, em cada período, de 10 amostras de sedimento superficial de fundo nos canais e 6 amostras de sedimento próximo aos espécimes de *Avicennia* nos manguezais dos estuários já referenciados. Na primeira campanha foram obtidas 770 testas de foraminíferos nos canais e 763 nos manguezais, dentre as quais, respectivamente, 12,21% e 4,06% estavam vivas no ato da coleta. Nessa mesma campanha, foram registradas 19 espécies (13 encontradas no canal e 17 no manguezal), sendo que *Ammonia beccarii*, *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina fusca*, *Trochammina inflata* e *Trochammina squamata* são comuns aos três ambientes estudados. Na segunda amostragem, registrou-se 125 testas nos canais e 272 nos manguezais, das quais, respectivamente, 9,6% e 9,55% estavam vivas no momento da coleta. Nesse período, foram identificadas 20 espécies (14 encontradas no canal e 17 no manguezal), sendo *A. beccarii*, *A. tepida*, *H. wilberti*, *T. inflata*, *T. squamata* e *Quinqueloculina fusca* encontradas nas três áreas de estudo. Ressalta-se que no rio Pardo foi registrada a presença das espécies planctônicas *Globigerinoides sp.* e *Globigerina pachyderma*, as quais são típicas de ambientes marinhos distantes da costa, mas que, devido à influência das correntes marinhas e marés, foram transportadas para dentro do estuário. Além disso, a presença das espécies *A. beccarii*, *A. tepida*, *H. wilberti* e *E. Excavatum* deve-se ao fato destas serem as mais tolerantes aos fatores ambientais, a exemplo das variações de salinidades ocorridas nos rios Pardo e Jequitinhonha, além de serem espécies que preferem ambientes com altas concentrações de nutrientes, características das regiões em estudo, as quais ocorrem o predomínio das frações silte e argila, composição textural que favorece o aporte de matéria orgânica, tanto nos canais quanto nas zonas de manguezal das três regiões estudadas.

Palavras-chave: foraminíferos, Una, Canavieiras, Belmonte, manguezal.

ABSTRACT

Foraminifera are widely recognized as effective tools to identify old and recent environmental changes from natural and abiotic factors. Among the many scientific applications of these, we can highlight their use as bio-indicators of environmental stress and characterization and biomonitoring coastal regions. This study aims to characterize the areas of mangroves and estuaries of the rivers Una, Pardo and Jequitinhonha, South Coast of Bahia, using the foraminifera parálícos sediment geochemical data. For this, there were two seasonal samplings, in November 2011 and April 2012 for the collection, in each period of 10 samples of surface sediment bottom in the channels and 6 sediment samples near the *Avicennia* specimens in mangrove estuaries already referenced. In the first campaign were obtained 770 foreheads of foraminifera in the channels and 763 in the mangroves, among which, respectively, 12.21% and 4.06% were alive at the time of collection. That same year, 19 species were recorded (13 and 17 found in the channel in the mangrove), and *Ammonia beccarii*, *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina fusca*, *inflata Trochammina* and *Trochammina squamata* are common to all three study sites. In the second sampling, it recorded 125 foreheads in the channels and 272 in the mangroves, of which, respectively, 9.6% and 9.55% were alive at the time of collection. During this period, we identified 20 species (14 found in the mangrove channel and 17), and *A. beccarii*, *tepida* A., *H. wilberti*, *T. inflata*, *T. squamata* and *Quinqueloculina fusca* found in three areas of study. It is noteworthy that in the Pardo River was recorded the presence of planktonic species *Globigerinoides sp.* and *Globigerina pachyderma*, which are typical of marine environments far from the coast, but due to the influence of marine and tidal currents, were transported into the estuary. In addition, the presence of *A. beccarii*, *tepida* A., and *H. wilberti* excavatum is due to the fact that these are the most tolerant to environmental factors, like the salinity variations in Pardo and Jequitinhonha, besides they are species that prefer environments with high concentrations of nutrients, characteristics of the regions under study, which occur the predominance of silt and clay fractions, textural composition that favors the input of organic matter, both in the channels and in the mangrove areas of the three regions studied.

Keywords: foraminifera, Una, Canavieiras, Belmonte, mangrove.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
	FORAMINÍFEROS	10
	Tafonomia de foraminíferos	12
	Caracterização das áreas estudadas.....	14
2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
	PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO	19
	Análises de foraminíferos	19
	Análises do sedimento dos canais e zona de manguezal	19
	Análises estatísticas	21
3	CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DO CANAL E DA ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO UNA, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA, COM BASE EM FORAMINÍFEROS PARÁLICOS E DADOS GEOQUÍMICOS DO SEDIMENTO	23
	INTRODUÇÃO.....	23
	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	46
4	RESPOSTAS DE FORAMINÍFEROS PARÁLICOS ÀS DIVERSAS FONTES DE POLUENTES: UM ESTUDO DE CASO DO CANAL E ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO PARDO, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA. ..	52
	INTRODUÇÃO.....	52
	MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	77
5	ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA E DAS ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS PARÁLICOS NO CANAL E ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO JEQUITINHONHA, LITORAL SUL DA BAHIA.....	83
	INTRODUÇÃO.....	83
	MATERIAIS E MÉTODOS.....	84
	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
	CONCLUSÕES	105
	REFERÊNCIAS	108
6	CONCLUSÃO GERAL	112
	REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

O termo estuário é utilizado para designar ambientes que representam uma fronteira entre os meios marinhos, terrestres e fluviais, comunicando a área oceânica às zonas litorâneas. São influenciados por agentes naturais (por exemplo, eventos climáticos, geológicos, biológicos, químicos, oceanográficos e hidrológicos) que acontecem nas bacias de drenagem e também próximos aos oceanos, atuando nos processos vitais dos organismos e interferindo, assim, na sua distribuição e abundância nesses ambientes (D'AQUINO et al., 2010; LESTER et al., 2011). Desse modo, os ambientes estuarinos, por apresentarem aspectos fisiográficos e padrões de circulação hidrodinâmica distintos entre si, devido à associação da geomorfologia de cada região com o regime de marés e descargas fluviais, assumem um comportamento de filtrador da água ou exportador de nutrientes para zonas costeiras adjacentes (SCHETTINI et al., 2000).

Dentre os ambientes estuarinos, destaca-se o manguezal por ser um ambiente extremamente alagado que recebe um grande aporte de sedimento, o qual pode ter diversas origens (como a decomposição de rochas de vários tipos, ou restos de plantas e animais) e também estar submetido a vários tipos de transporte, que vão desde ações das marés e dos ventos até o fluxo dos rios (COSTA et al., 2011). Além disso, a mistura das águas marinhas e fluviais, bem como as inundações frequentes causadas pela movimentação das marés, provocam grandes alterações de seu pH devido à disponibilidade de sulfetos que favorecem a precipitação de metais nas condições redutoras da camada superficial do sedimento (PEREIRA et al., 2011).

Assim, aspectos biogeoquímicos, tais como, produção primária e floculação da matéria orgânica, aumentam a capacidade do manguezal de produzir matéria orgânica, constituindo-se em um local de alimentação e nutrição para vários animais e plantas (OLIVEIRA et al., 2011). Outro aspecto importante é o fato de que a sua geomorfologia contribui para fixar os solos instáveis através de vegetações típicas, uma vez que essas plantas acompanham a sedimentação, estabilizando as margens costeiras e estuarinas (CUNHA-LIGNON et al., 2009). Portanto, os manguezais estão entre os mais importantes ecossistemas costeiros, já que abrigam uma grande diversidade de aves, insetos, peixes, moluscos e crustáceos, muitos dos quais residem nesse ecossistema por todo o seu ciclo de vida e apresentam grande valor econômico e social, tais como ostras, camarões, sururus, tainhas e siris (KATHIRESAN; QASIM, 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

Por outro lado, em decorrência do desenvolvimento e instalação das atividades humanas próximas às zonas costeiras, os canais estuarinos e manguezais estão entre as regiões mais afetadas por intensas pressões demográficas e econômicas destacando-se, por exemplo, desmatamentos, aporte de esgotos domésticos, agrícolas ou industriais, aterros, pavimentação, drenagens e construção de estradas; e também por alterações dos condicionantes da circulação estuarina com construções de barragens e represas e retificações de canais e dragagem para implementação de atividades portuárias, gerando alterações ecológicas nesses ambientes (SODRÉ et al., 2002; QUEIROZ et al., 2008; RODRIGUES, 2011; STATHAM, 2012).

Tendo em vista que tais regiões constituem áreas de grande produtividade biológica e de nutrientes, programas de diagnóstico, monitoramento e manejo de estuários tornam-se cada vez mais necessários para uma exploração racional de seus recursos naturais e um melhor monitoramento ambiental (QUEIROZ et al., 2000; BURFORD, 2012). Assim, a aplicabilidade e o uso de bioindicadores bentônicos, já que são os mais expostos à poluição (DONNICI et al., 2012), têm se intensificado, sendo que destes destacam-se os foraminíferos, devido à sua alta sensibilidade à poluentes, especialmente elementos químicos não essenciais (SAMIR, 2000; DEBENAY, 2001; UEHARA-PRADO et al., 2007).

Sendo assim, o presente trabalho teve como **objetivo utilizar as características dos foraminíferos parálicos e dados geoquímicos do sedimento para descrever os canais estuarinos e zonas de manguezal dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, litoral sul da Bahia**, contribuindo desse modo para a formação de uma base de dados científica para o monitoramento ambiental contínuo dessa região.

1.1 FORAMINÍFEROS

Foraminíferos são protistas dotados de uma testa calcária, protéica, silicosa ou aglutinante e que apresentam uma ampla distribuição nas faixas estuarinas e no ambiente marinho, ocorrendo abundantemente nas mais variadas latitudes (MURRAY, 1991; KOUKOUSIOURA, 2011). Podem ser bentônicos (encontrados na superfície ou dentro do sedimento de fundo ou associados a substrato fixo) ou planctônicos (habitam águas marinhas tropicais, subtropicais ou polares, com salinidade normal, já que são estenohalinos) (ZILI et al., 2008; MORIGI, 2009).

Devido à complexidade e diversidade de habitats, os foraminíferos apresentam uma grande variedade alimentar, alimentando-se de pequenos organismos, a exemplo de bactérias, diatomáceas, larvas de invertebrados que são capturadas através de seus pseudópodos (DIZ et al., 2006).

O ciclo de vida desses protozoários pode variar de um mês a um ano, no qual a reprodução pode ocorrer de forma sexuada e assexuada, resultando em reorganizações genéticas que possibilitam sua resposta rápida às alterações ambientais e os tornam os primeiros organismos da comunidade parálisa a responder aos efeitos do estresse ambiental, quer sejam estes de curta ou de longa duração (ARMSTRONG; BRASIER, 2005; PRAZERES, 2007 SARASWAT et al., 2011).

Dentre os fatores ambientais que aumentam a maturação e reprodução dos foraminíferos, controlando sua diversidade e também distribuição, estão a intensidade e disponibilidade de luz, temperatura, salinidade, pH, teor de oxigênio, composição química dos elementos primários e secundários da água, quantidade e tipo de presa e turbulência da água (BOLTOVSKOY et al., 1980; LEVIN et al., 2001; REBOTIM, 2009). Sendo assim, as águas intersticiais ácidas, salobras e pouco oxigenadas com sedimentação rica em matéria orgânica, que constituem as lamas dos manguezais e os bancos argilosos das margens estuarinas, oferecem elevado estresse à microbiota (DEBENAY, 1990). Dessa forma, apresenta uma assembleia de foraminíferos muito particular e geralmente composta por *taxa* aglutinantes e/ou espécies oportunistas (BRÖNNIMANN et al., 1992; DEBENAY et al., 2002). Tal fato, resulta em baixos índices de diversidade e equitatividade e elevada dominância (SEMENSATTO JR.; DIAS-BRITO, 2004).

Além disso, a presença de testas de foraminíferos com malformações tem sido relatada em áreas contaminadas por elementos químicos não essenciais, esgotos domésticos ou vários outros poluentes químicos, incluindo hidrocarbonetos líquidos (YANKO et al., 1994). Dentre os fatores ecológicos que influenciam na deformação das testas desses protozoários destacam-se: a salinidade, um dos mais fortes condicionantes de distribuição destes microorganismos; o pH, pois pode impedir o crescimento desses organismos; e o teor de oxigênio dissolvido, que determina a distribuição dos foraminíferos nos sedimentos superficiais de fundo e entre os grãos de sedimento, principalmente em situações de contaminação de águas rasas (BARBOSA et al., 2005).

Segundo Boltovskoy e Wright (1976), uma vez que as malformações em foraminíferos podem ser causadas por processos ontogênicos naturais ou por efeitos deletérios oriundos de eventos ecológicos (e.g. variações bruscas de salinidade), apenas percentuais que ultrapassem 1% de indivíduos deformados são considerados significativos para a determinação de poluentes (GESLIN et al., 2002).

1.1.2 Tafonomia de foraminíferos

A tafonomia é o estudo dos processos de preservação e como eles afetam a informação no registro fóssilífero, compreendendo duas amplas subdivisões: a bioestratinomia, que engloba a história sedimentar dos restos esqueléticos até o soterramento, incluindo as causas de morte de um determinado organismo, sua decomposição, transporte e soterramento; e a diagênese dos fósseis, a qual reúne os processos físicos e químicos que alteram os restos esqueléticos após o soterramento (SIMÕES; HOLZ, 2000).

No caso dos foraminíferos, tais estudos incluem o estado de preservação e a variação de cor dos mesmos, de modo que a partir da sua distribuição espacial e das análises morfológica, morfológica e tafonômica de suas testas pode-se estabelecer padrões de hidrodinâmica (LANÇONE et al., 2005) e também interpretar taxas de deposição, erosão e retrabalhamento do sedimento (LEÃO; MACHADO, 1989). Devido a isso, estes organismos são também empregados em estudos geológicos, pois, com a sua morte, as testas se unem ao sedimento passando a se comportar como grãos sedimentares (KOHO, 2008), de modo que muitos trabalhos foram realizados utilizando os padrões de variação da coloração das testas dos foraminíferos em sedimentos marinhos recentes (MORAES; MACHADO, 2003; MORAES, 2006; LEMOS JÚNIOR, 2011; ARAUJO et al., 2011; MACHADO et al., 2012).

Esses protistas, no geral, apresentam testas brancas ou incolores, mas dependendo da presença de algumas impurezas, a exemplo do ferro, as suas cores podem ser alteradas (MORAES; MACHADO, 2003). Portanto, a coloração é resultado da história deposicional do sedimento e da estrutura do grão, podendo indicar:

- predomínio de grãos pretos – uma alta taxa de retrabalhamento, com a remoção desses grãos pretos da camada inferior para a superfície (LEÃO; MACHADO, 1989) ou erosão da camada oxidante (MORAES, 2006);
- predomínio de grãos marrons – uma lenta taxa de sedimentação causada por um intenso, porém não rápido, trabalho da erosão e/ou de bioturbadores, fazendo com que os grãos pretos fiquem expostos à ação oxidante da superfície (MAIKLEM, 1967);
- predomínio de grãos amarelos – fenômeno similar ao que acontece com os grãos marrons, porém em uma velocidade ainda menor (ALMASI, 1978);
- predomínio de grãos brancos – significa uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo adicionado ao sedimento, ou uma taxa muito lenta, com material extremamente exposto e totalmente oxidado e/ou ausência de ferro (MACHADO, 1997).

Já o mosqueamento está relacionado à estrutura do grão, uma vez que o agente corante localiza-se de preferência ao longo das suturas, dentro dos microporos da parede das aberturas e câmaras vazias da testa (LEÃO; MACHADO, 1989). Por isso, um dos poucos autores que discutem a interpretação ambiental desse padrão são: Duleba (1994), sugerindo que seja um estágio transitório entre monossulfeto e hidróxido/óxido de ferro; e Moraes e Machado (2003) que interpretaram as testas mosqueadas (brancas e amarelas), como indicadoras de transição entre duas condições ambientais distintas, como a hidrodinâmica ambiental e, possivelmente, exposição dos grãos a oxidação.

Dessa forma, variações na coloração de testas de foraminíferos podem ser utilizadas em reconstruções paleoambientais (DULEBA, 1994) e para interpretar, taxa de deposição, erosão e retrabalhamento do sedimento (DEBENAY, 1996), uma vez que, essas variações refletem a história deposicional e diagenética do sedimento (TOLER; HALLOCK 1998).

Além disso, segundo Cottey e Hallock (1988), vários padrões de desgaste podem modificar a estrutura e aparência das testas desses organismos após sua morte, de maneira que se conhecem três tipos de desgaste: a dissolução, a abrasão e o quebramento. A dissolução ocorre geralmente em ambientes com baixa energia e com sedimento rico em matéria orgânica, de modo que a superfície inicialmente lisa das testas dos foraminíferos se torna opaca, áspera, vítrea ou pulveréa até ser perfurada; os poros, quando presentes, são aumentados; a camada superficial é destruída e a matriz orgânica fica exposta fazendo com que a testa se torne suscetível ao quebramento, ou seja, completamente dissolvida (MURRAY; WRIGHT, 1970). Isso pode se dar por processos: bioquímicos, através da ação das enzimas do trato digestivo de poliquetas, crustáceos, gastrópodos, equinodermas e peixes ou pela exposição a ambientes ricos em algas e bactérias (HICKMAN; LIPPS, 1983); ou geoquímicos, quando o microambiente ao redor das testas encontra-se intermitentemente subsaturado (COTTEY; HALLOCK, 1988), sendo menos marcante ao longo das suturas e mais pronunciada sobre as partes topograficamente altas das testas e em câmaras individuais, de modo que uma leve abrasão pode promover a dissolução dessas partes (MURRAY; WRIGHT, 1970).

O outro padrão é a abrasão, que é muito comum em ambientes de alta energia está relacionado à exposição das testas ao movimento da água, sendo mais severo em ambientes rasos e relativamente expostos (COTTEY; HALLOCK, 1988).

Por fim, o quebramento se apresenta com maior frequência em ambientes de alta energia (WETMORE, 1987). No entanto, diversos trabalhos têm demonstrado que a dissolução da camada externa das testas (MURRAY; WRIGHT, 1970); a bioerosão - ingestão de foraminíferos por invertebrados e vertebrados marinhos - (SWINCHATT, 1965; HICKMAN;

LIPPS, 1983); e a reprodução assexuada desses organismos (ROSS, 1972) podem, conjuntamente ou não, enfraquecer a testa promovendo o quebraamento de sua periferia ou a perda de uma ou mais de suas câmaras com a mesma eficiência que o movimento da água (COTTEY; HALLOCK, 1988).

Desta forma, o quebraamento não indica nenhum ambiente específico de deposição porque pode resultar de diversos processos físicos, químicos ou biológicos, mas em ambientes de baixa energia prevalece a dissolução, enquanto que a abrasão ocorre em ambientes rasos e de plataforma aberta (COTTEY; HALLOCK, 1988).

Portanto, a partir do estudo da composição de espécies e análises tafonômicas de foraminíferos, é possível inferir o padrão de circulação estuarina, identificar massas de água e compreender a dinâmica sedimentar local (ARMYNOT DU CHATELET et al., 2008). Além disso, auxilia na compreensão de problemas ambientais, tanto de ordem natural quanto antrópica, por permitir o registro desses eventos na composição geoquímica e/ou isotópica de suas testas (FRONTALINI; COCCIONI, 2008).

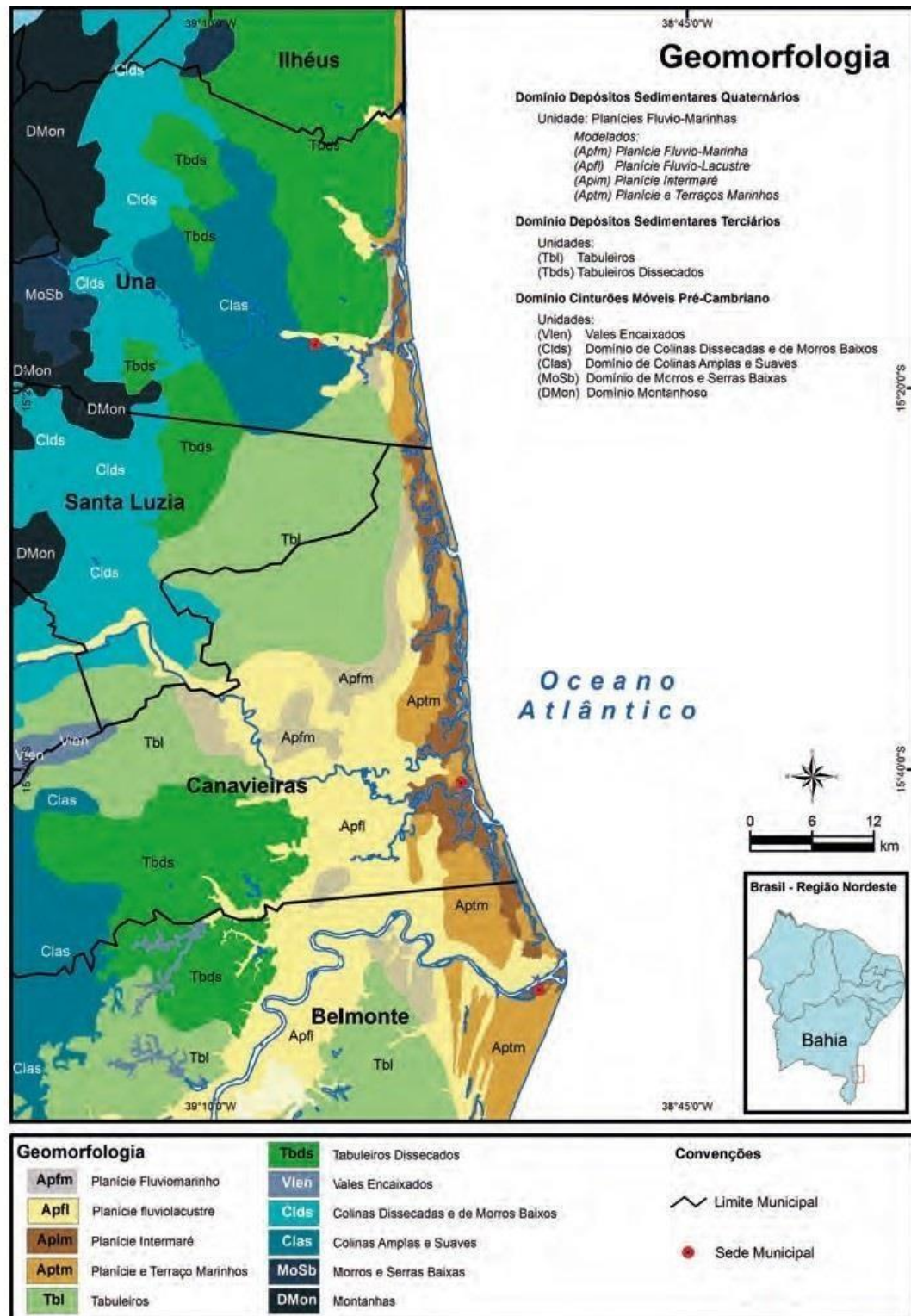
1.2 Caracterização das áreas estudadas

A área de estudo corresponde aos canais e zonas de manguezal nos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha em cujas margens situam-se, respectivamente, os municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, localizados na Costa do Dendê, litoral sul do Estado da Bahia (Figura 1.1).

Essa região é marcada por um clima quente e úmido, com chuvas bem distribuídas, havendo um predomínio de meses chuvosos (outubro a abril), notando-se apenas de 1 a 2 meses (maio e agosto) mais secos (DE PAULA et al., 2012). Possui umidade relativa acima de 85%, que decresce para o interior (BARRETO, 2005).

Do ponto de vista ambiental, a região é caracterizada pela presença de uma série de ecossistemas litorâneos, tais como áreas de restingas, praias arenosas, dunas, costões rochosos, ilhas oceânicas e os brejos (charco), além de remanescentes florestais de mata atlântica e a presença de estuários, onde se encontra o ecossistema manguezal, no qual se desenvolvem as espécies *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* e *Avicenia* spp (PERH-BA, 2003).

Figura 1.1 – Mapa de localização dos Municípios de Una, Canavieiras e Belmonte e unidades geomorfológicas da área de estudo



Elaboração: Adriano de Oliveira Vasconcelos
 Fonte: VASCONCELOS; CELINO, 2014, p. 32.

As áreas de manguezal são cortadas por canais de maré e formam um complexo estuarino que conecta as fozes dos rios Pardo e Jequitinhonha. Além dos canais de maré, a forte ação erosiva dos rios Pardo e Jequitinhonha promove a expansão dos terraços fluviais, os quais foram ocupados pela floresta (SANTOS, 2007).

O rio Una nasce na Serra de São Roque dentro das delimitações do município de Arataca a um desnível de 620 m acima do nível do mar, e está inserido dentro dos domínios da Mata Atlântica, percorrendo 94 km desde sua nascente até a foz (HIGESA ENGENHARIA, 1996a), onde se encontra uma população de 22.989 habitantes, distribuída em uma área de 1.177,440 km². Seus manguezais remanescentes ocupam uma área de 0,01853 km², representando 1,6% da área total do município (IBGE, 2013). Na área de abrangência da bacia do rio Una existem duas pequenas hidrelétricas, a de Juçari e Dendhevea (ROCHA, 1976), cujo fornecimento de energia é destinado à atividades como casa de farinha, sarraria, fabricação de borracha, uso doméstico, dentre outros (PDTS, 2010). Outras ações de destaque para a região são as plantações de cacau iniciadas no século XVIII (desenvolvidas plenamente apenas no século XIX) juntamente com atividades extrativistas, cultivo de cana-de-açúcar, lavoura de subsistência e carcinicultura (PLANO DE MANEJO, 1997).

A bacia do rio Pardo nasce no município de Rio Pardo de Minas, a uma altitude de 750 m, no Estado de Minas Gerais, e possui uma extensão de 565 km (XAVIER, 2009). Drena 27 municípios do sudeste do Estado da Bahia (PERH-BA, 2003), concluindo o seu curso no município de Canavieiras (15°41'S e 38°57'W), o qual tem 33.570 habitantes em uma área de 1.326,931km², cujo manguezal abrange 0,07403 km²(5,4% da área total do município) (IBGE, 2013). O Município de Canavieiras (BA), apresenta na pesca artesanal, uma importante atividade econômica, sendo possuidor de significativa riqueza natural, como por exemplo, extensão litorânea e estuarina; abrangentes áreas de manguezal e grande diversidade de espécies da fauna e flora (AGUIAR et al., 2011). Neste sentido, foi criado em junho de 2006 a Reserva Extrativista (RESEX), em áreas litorâneas e também em áreas com previsão de instalação de alguns resorts, no sentido de restaurar e/ou conservar o meio ambiente já degradado e aquele ameaçado de degradação (AGUIAR et al., 2011). Assim, pode-se destacar um conjunto de impactos ambientais sobre o manguezal do município de Canavieiras: desmatamento do manguezal dentro da Resex; Implantação de fazendas de camarão sobre áreas de Apicum; assoreamento do manguezal; drenagens de várias áreas úmidas (brejos e lagoas); pressões humanas decorrentes das ocupações desordenadas; ausência de um sistema de esgotamento sanitário (AGUIAR et al., 2012). Além disso, são registrados também problemas causados por atividades agrícolas e pecuária, desenvolvidas nas áreas de transição entre manguezal e restinga.

Entretanto, ressalta-se que as principais causas de estresse ambiental, são oriundas de carcinicultura no entorno do manguezal (DIAS et al., 2012).

Com uma extensão de 920 km, o rio Jequitinhonha nasce na Serra do Espinhaço, a sul da cidade de Diamantina, em Minas Gerais, a uma altitude de cerca de 1.200 m, e deságua no Oceano Atlântico, no município de Belmonte, no litoral sul da Bahia, que tem uma população de 23.471 habitantes, distribuída em uma área de 1.970,142 km² (IBGE, 2013).

Na área de estudo, os impactos são provocados pelas atividades pastoris e agrícolas, ocupação irregular, lançamento do lixo doméstico, e um intenso assoreamento que compromete a navegação, principalmente no rio Jequitinhonha. A região também vem sendo pressionada por atividades ligadas à carcinicultura, exploração petrolífera e silvicultura, que provavelmente têm afetando diretamente os ambientes litorâneos (FARIAS, 2007). Além disso, o mau uso do solo é um dos principais responsáveis pela degradação na qualidade das águas, sendo que essa interferência evidenciada pela alteração de valores de manganês total, ferro dissolvido, turbidez, sólidos em suspensão totais e alumínio total (IMGA, 2010).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No âmbito do cumprimento dos objetivos deste trabalho foram realizadas duas coletas: uma no período chuvoso, de 25 a 27/11/2011; e a segunda no período seco, de 21 a 23/04/2012.

Dessas coletas, foi obtido um conjunto amostral de 96 amostras (Figura 2) da seguinte maneira:

- 30 amostras de sedimento superficial de fundo no canal estuarino dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha (10 amostras em cada canal por campanha, totalizando 60 amostras) obtidas utilizando-se um van Veen; e
- 18 amostras do sedimento superficial coletadas manualmente, com auxílio de uma colher de polietileno nas proximidades de espécimes de *Avicennia* em zonas de manguezal dos municípios de Una, Belmonte e Canavieiras (6 amostras em cada manguezal por campanha, totalizando 36 amostras).

Em ambos os casos, as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos com tampa rosqueada e à elas foi adicionado o corante Rosa de Bengala para fixação dos indivíduos capturados vivos no ato da coleta.

Ainda no campo, foram registradas as coordenadas geográficas dos pontos com o uso de um GPS e os parâmetros físico-químicos da água foram mensurados através de sonda multiparamétrica.

Figura 2.1 – Amostragem manual do sedimento de manguezal no estuário do rio Una, durante a primeira campanha (nov/2011)



PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

No laboratório foram realizadas as análises geoquímicas nos sedimentos, ou seja, análises granulométricas, de metais e nutrientes. Referente aos foraminíferos, foram registradas de sinais tafonômicos nas carapaças das espécies.

Análises de foraminíferos

Nos Laboratórios do Núcleo de Estudos Ambientais – NEA (Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia), todas as amostras foram lavadas sob água corrente e posteriormente levadas à estufa para secagem à temperatura de 60°C por três dias.

Posteriormente, cerca de 3g de sedimento seco foi vertido em béqueres e, posteriormente, adicionado Tricloroetileno para a separação da parte orgânica (sobrenadante) da parte inorgânica do sedimento (Figura 3). Em seguida, todo o material flotado foi colocado em papel filtro e deixado na estufa por aproximadamente 5 minutos para secagem.

Após a retirada da estufa, cada papel de filtro contendo a parte orgânica, frequentemente incluindo abundantes restos vegetais, foi armazenado em sacos plásticos, até o momento da sua observação em um estereomicroscópio (Figura 4), sendo então realizada a triagem e identificação das testas no Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF/UFBA).

A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada, a partir de Loeblich e Tappan (1988) e durante este procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração e ao seu estado de preservação conforme Moraes e Machado (2003). Também foi registrada, quando presente, a ocorrência de anomalias nas testas.

Análises do sedimento dos canais e zona de manguezal

O sedimento coletado foi analisado por pesquisadores do Projeto "Diagnóstico Geoambiental de Zonas de Manguezal e Desenvolvimento de Processos Tecnológicos Aplicáveis a Remediação dessas Zonas: Subsídios a um Programa de Prevenção de Impactos em Áreas com Potencial para Atividades Petrolíferas na Região Litoral Sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL)". Dessa maneira, os dados das análises granulométricas, de fósforo assimilável, matéria orgânica, nitrogênio total e metais do sedimento dos canais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha foram obtidos de Escobar (2013; Celino et al., 2014; Escobar et al., 2014) e os das zonas de manguezal encontram-se em Cruz (2012), com os procedimentos metodológicos sintetizados no quadro a seguir.

Figura 2.2 – Procedimento de flotação das testas de foraminíferos dos estuários e canais dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha



Figura 2.3 – Procedimento de identificação dos foraminíferos, com auxílio de estereomicroscópio, dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha



Quadro 2.1 - Métodos de análises das 32 amostras de sedimento superficial e de fundo coletadas na zona de manguezal e no canal de Una, Pardo e Jequitinhonha.

Parâmetros	Análises/Determinação
Granulometria	Pré-tratamento da amostra, segundo Embrapa (1997). Análise realizada em analisador de partículas com difração a laser (mod. Silas 1064) e tratamento dos dados com programar GRADSTAT.
Matéria Orgânica - M.O.	Matéria orgânica - M.O. Determinação do carbono orgânico total pelo método de Walkey - Black (1947). Para o cálculo de M.O., tomou-se o valor de C.O.x 1,724 (EMBRAPA, 1997).
Nitrogênio Total - NT	Nitrogênio Total - NT. Utilizado o método Kjeldahl, seguindo recomendação Embrapa (1997).
Fósforo Assimilável - P	Fósforo Assimilável - P. Foi determinado através dos métodos de Grasshoff et al., (1983) e Aspilla (1976).
Extração Parcial de Metais	Extração Parcial de Metais. Foi utilizado HNO ₃ a 65%, sendo realizada seguindo a metodologia D 5258-92 (ASTM, 1992).
Extração Total de Metais	Extração Total de Metais. Foi utilizado HNO ₃ a, HCl a 37%, HF a 40%, sendo realizada seguindo a metodologia EPA 3052 (USEPA, 1996).

Fonte: adaptado de SANTOS, 2013

Análises estatísticas

Para as análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculadas a abundância relativa e a frequência relativa e de ocorrência (AB'SABER et al., 1997). A frequência relativa (F) é definida como a razão entre o número de indivíduos de uma categoria (n) e o total de indivíduos de todas as categorias (T), expresso em percentagem, a saber

$$F = n \cdot \frac{100}{T}$$

Foram adotadas, segundo Dajoz (1983), as seguintes classes: principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1).

A frequência de ocorrência baseia-se no número de ocorrências de uma categoria (p), em relação ao número total de amostra (P) (AB'SABER et al., 1997)

$$C = p \cdot \frac{100}{P}$$

Sendo adotada a classificação de Dajoz (1983), para a avaliação da frequência de ocorrência, ou seja, constante (ocorrências >50%), acessória (49-25%) e acidental (<24%).

Além disso, com auxílio do programa Primer 6.0, foram calculados os índices de riqueza (índice de Margalef), equitatividade (índice de Pielou) diversidade (índice de Shannon-Wiener)

(CLARKE; WARWICK, 2001). Para o estabelecimento da relação entre a distribuição dos foraminíferos e as variáveis ambientais, os resultados faunísticos foram reunidos aos dos parâmetros físico-químicos e das análises granulométrica e geoquímica para a elaboração de uma matriz de dados, a partir da qual foram realizadas as análises de componentes principais no programa Statistica 7.0 (StatSoft, 2007).

3 CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA DO CANAL E DA ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO UNA, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA, COM BASE EM FORAMINÍFEROS PARÁLICOS E DADOS GEOQUÍMICOS DO SEDIMENTO

Resumo

Associações de espécies e características das testas de foraminíferos foram relacionadas aos teores de metais-traço do sedimento da zona de manguezal e do canal estuarino do rio Una, litoral sul da Bahia, no intuito de avaliar se os níveis desses elementos estão afetando a microfauna. Foram realizadas duas amostragens sazonais (novembro/2011 e abril/2012) para a coleta, em cada campanha, de 10 amostras de sedimento superficial no fundo do canal estuarino e 6 amostras de sedimento próximo a espécimes de *Avicennia* no manguezal, totalizando 32 amostras. No canal estuarino, foram obtidas 21 testas de foraminíferos na primeira campanha (28,58% dos espécimes foram coletados vivos; e nenhuma das testas estava malformada) pertencentes a 5 espécies, das quais destacam-se *Haplophragmoides wilberti*, *Ammonia beccarii* e *Elphidium excavatum*. Na segunda amostragem, foram registradas 96 testas (11,45% de vivos; 0% de anomalias) de 11 espécies com predomínio de *T. inflata*, *H. wilberti*, *Ammonia beccarii* e *Elphidium excavatum*. Já na zona de manguezal, na primeira campanha, foram obtidas 483 testas (2,08% de vivos; 0,0% de anômalos) de 10 espécies sendo as mais frequentes *A. beccarii*, *H. wilberti*, *T. inflata* e *T. squamata*. Na segunda campanha, foram registradas apenas 86 testas (10,46% de vivos; 0,0% de anomalias) destacando-se *H. wilberti*, *A. tepida*, *T. inflata* e *E. excavatum*. No canal, as concentrações de todos os elementos estão abaixo do limiar de efeitos adversos à biota, mas no manguezal os teores de chumbo e cádmio ultrapassaram os limites de referência. No canal estuarino, a correlação negativa dos indivíduos vivos com $MO > OD$ durante a estação chuvosa indica sua presença em locais com elevado consumo de oxigênio dissolvido e matéria orgânica. Na estação seca, os organismos relacionaram-se aos teores de $OD > MD > FS$ devido ao aumento da precipitação do sedimento fino e a concentração de nutrientes. Por outro lado, o quantitativo de indivíduos mortos apresentou correlação negativa com os teores de areia grossa nas duas campanhas devido à influência da energia hidrodinâmica. No manguezal, por sua vez, a distribuição dos foraminíferos vivos não se correlacionou com nenhum dos parâmetros analisados, sugerindo que tenha sido influenciada pelos teores de salinidade; enquanto que a de indivíduos mortos foi relacionada com $pH > VS$ devido à sua deposição preferencial em condições de baixa energia hidrodinâmica. Já no período seco, os foraminíferos vivos e mortos relacionaram-se com o pH devido ao aumento dos valores da salinidade.

Palavras Chaves: Foraminíferos, rio Una, manguezal, estuário

INTRODUÇÃO

Estuários são regiões costeiras onde ocorre uma diluição mensurável das águas marinhas pelas dulcícolas, comunicando assim a drenagem continental à área oceânica (LEGORBURU et al., 2013). A geomorfologia desses ambientes em conjunto com os regimes de marés e

descargas fluviais propiciam padrões distintos de circulação das águas em cada estuário, permitindo que esses ambientes funcionem como filtradores e exportadores de nutrientes para as regiões costeiras adjacentes (BRICKER et al., 2008). Por outro lado, estão intensamente sujeitos aos impactos ambientais decorrentes das atividades antropogênicas, como por exemplo, urbanísticas, industriais, químicas, agrícolas, pesqueiras e recreativas, que afetam o funcionamento natural desse ecossistema (DONNICI et al., 2012).

Outro ambiente sensível às ações do homem é a zona de manguezal que, sob a ótica ambiental, é caracterizada como ecossistema tropical que porta comunidades vegetais típicas de ambientes alagados com grandes variações de salinidade, além de funcionar como berçário e aporte de nutrientes para uma enorme quantidade de espécies animais e vegetais (SATYANARAYANA et al., 2013).

Tendo em vista que as regiões estuarinas e de manguezal abrigam um grande número de espécies e organismos, muitos desses de alto valor econômico associado aos recursos pesqueiros e de lazer (MAIA et al., 2012), estudos de impactos ambientais nestes locais têm se tornado comuns em todo o mundo (e.g. TEODORO et al., 2010; SANTOS et al., 2012; 2014). Assim, existem diversas maneiras de estudar e caracterizar as condições desses ecossistemas, mas a mais eficazmente utilizada é aquela que reúne análises granulométricas e geoquímicas do sedimento a estudos de bioindicadores (DAUVIN, 2007). Dentre estes, destacam-se os foraminíferos parálidos por sua elevada sensibilidade às alterações físicas e químicas do ambiente, de modo que estudos com esses organismos vêm sendo cada vez mais realizados em todas as regiões do mundo, a fim de entender a dinâmica natural dos ecossistemas e também detectar alterações antrópicas promovidas nesses ambientes (FRONTALINI et al., 2008; TEODORO et al., 2009; 2010; 2011; EICHLER et al., 2012).

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo utilizar as características dos foraminíferos parálidos e dados geoquímicos do sedimento para avaliar se os níveis de metais traços estão afetando a microfauna do canal estuarino e zona de manguezal do rio Una, litoral sul da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao canal e à zona de manguezal do estuário do rio Una no litoral sul do Estado da Bahia (Figura 3.1). O rio Una nasce na Serra de São Roque dentro das delimitações do município de Arataca a 620 m acima do nível do mar e percorre 94 km até a

sua foz (DE PAULA et al., 2012), onde se encontra o município de Una com uma população de 22.989 habitantes, distribuída em uma área de 1.177,440 km² (IBGE, 2014).

Do ponto de vista ambiental, a região é caracterizada pela presença de uma série de ecossistemas litorâneos muito impactados, como áreas de restingas, praias arenosas, dunas, costões rochosos, ilhas oceânicas e os brejos (charco), além de remanescentes florestais de mata atlântica e a presença de estuários, onde se encontra o ecossistema manguezal, no qual se desenvolvem as espécies *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa* e a *Avicenia* sp (BAHIA, 2010).

Essa região pode apresentar precipitações superiores aos 2000 mm, de modo que o predomínio de chuvas caracteriza o clima como tropical chuvoso (com breve período de estiagem), aumentando o rendimento hídrico da bacia do rio Una (RECIFE, 2011). O período úmido compreende os meses entre abril e agosto (em geral, nos meses de junho e julho ocorrem os maiores deflúvios, com valores de vazão média anual de 16m³ seg⁻¹⁷), enquanto que o período de estiagem ocorre de outubro a março (DE PAULA et al., 2012). Entretanto, nos meses das amostragens, houve uma anomalia no regime pluviométrico da região, tendo o maior índice (332 mm mensal) sido registrado durante a primeira campanha, comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem a taxa pluviométrica foi reduzida (50 mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca (ESCOBAR et al., 2014), o que certamente influenciou os valores dos parâmetros registrados durante as coletas. Assim, apenas para fins deste trabalho, a primeira campanha será considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

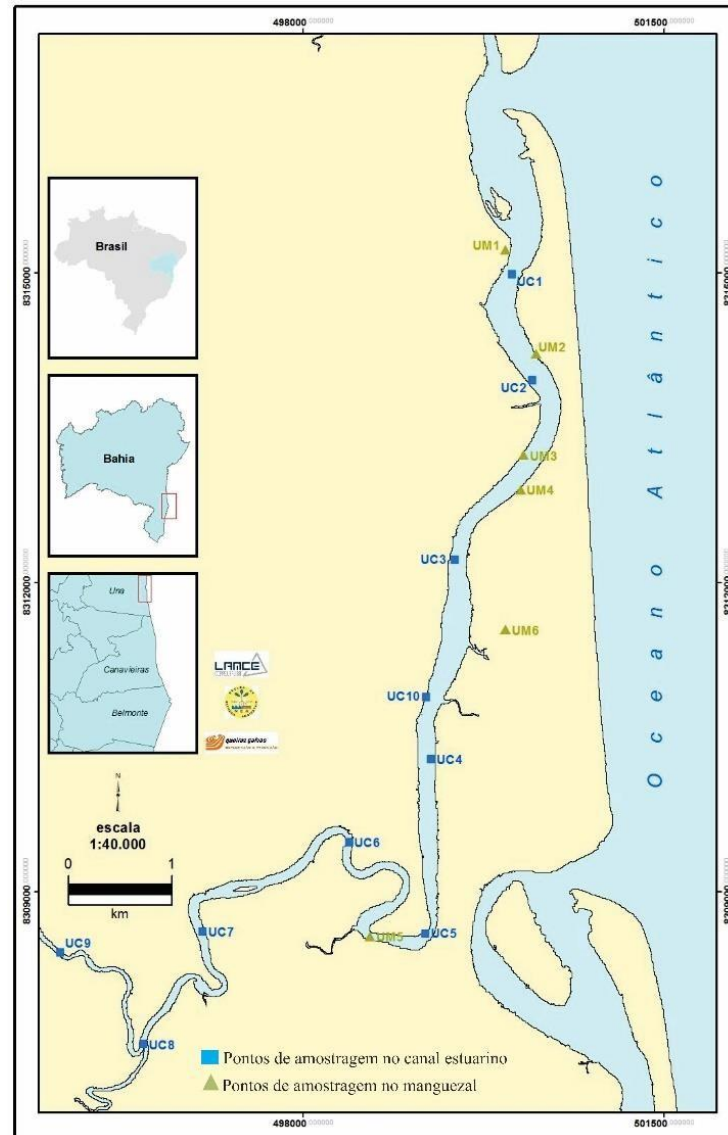
Procedimento amostral: coletas de amostras e análise

Foram realizadas duas campanhas de amostragem - uma na estação considerada chuvosa (25/11/2011) e a outra no período de estiagem (23/04/2012) – nas quais 10 amostras de sedimento superficial do fundo do canal estuarino do rio Una foram obtidas utilizando-se um van Veen. Além disso, nos manguezais, seis amostras do sedimento próximo a espécimes de *Avicennia* foram coletadas com o auxílio de uma colher de polietileno.

Em ambos os casos, foram coletados dois grupos de amostras: um destinado ao estudo dos foraminíferos e outro às análises granulométricas e geoquímicas do sedimento. As amostras do primeiro grupo foram acondicionadas em frascos plásticos com tampa rosqueada e à elas foi adicionado o corante Rosa de Bengala para fixação dos indivíduos capturados vivos no ato da coleta, sendo mantidas refrigeradas até o momento da análise. Já as amostras do segundo grupo,

foram armazenadas em recipientes de alumínio e congeladas até o seu processamento no laboratório.

Figura 3.1 – Procedimento Mapa de localização do Município de Una e dos pontos de amostragem no canal e manguezal. Extraído de Queiroz e Oliveira (2013)



Fonte: QUEIROZ e OLIVEIRA, 2013

Durante as coletas foram registrados os parâmetros físico-químicos, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), da água do canal estuarino e água intersticial do manguezal e potencial hidrogeniônico (pH), e potencial de oxirredução (Eh) dos sedimentos do canal e manguezal, utilizando-se sondas multiparamétricas.

Análises da fauna de foraminíferos

Nos Laboratórios do Núcleo de Estudos Ambientais – NEA (Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia), as amostras destinadas ao estudo dos foraminíferos foram lavadas sob água corrente e levadas à estufa a 60°C. Após a secagem, cerca de 3g do sedimento foi vertido em béqueres, nos quais foi adicionado Tricloroetileno para a separação das testas do sedimento por flotação. Em seguida, o sobrenadante foi colocado em papel filtro e deixado na estufa por aproximadamente 5 minutos para secagem.

No Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos - LGEF, com o auxílio de estereomicroscópio, as testas foram retiradas do papel de filtro e fixadas com cola orgânica em lâminas para microfósseis. A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada, a partir de Loeblich e Tappan (1988) e durante este procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração e ao seu estado de preservação conforme Moraes e Machado (2003), e a ocorrência de anomalias nas testas.

Análises do sedimento

Os resultados das análises do sedimento do canal e do manguezal do rio Una foram fornecidos por pesquisadores do NEA, de modo que os procedimentos e os dados das análises granulométricas, de fósforo assimilável, matéria orgânica, nitrogênio total e metais encontram-se em Celino et al. (2014), Escobar et al. (2014) e Cruz (2012).

Os critérios para os teores de metais traços no sedimento estabelecidos pela legislação ambiental brasileira encontram-se na Resolução nº 454 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 2012), mas para efeito de comparação, adotou-se também os parâmetros da *Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG)*, *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*, (1998).

Análises estatísticas

Para as análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculadas a abundância relativa e a frequência de ocorrência e adotadas, segundo Dajoz (1983), as seguintes classes: principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1); e constante (ocorrências >50%), acessória (49-25%) e acidental (<24%). Além disso, com auxílio do programa Primer 6.0, foram calculados os índices de riqueza (índice de Margalef),

equitatividade (índice de Pielou) diversidade (índice de Shannon-Wiener) (CLARKE; WARWICK, 2001).

Para o estabelecimento da correlação entre a distribuição dos foraminíferos e as variáveis ambientais, os resultados faunísticos foram reunidos aos dados dos parâmetros físico-químicos, granulométricos e geoquímicos para a elaboração de uma matriz de dados, a partir da qual foram realizadas as análises de componentes principais no programa Statistica 7.0 (StatSoft, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados, neste estudo, apresentaram uma anomalia pluviométrica, nos meses das amostragens, de modo que esta apresentou um maior índice pluviométrico (332mm mensal) durante a primeira campanha (nov 2011), comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem (abr 2012) a taxa pluviométrica foi reduzida (50mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca (ESCOBAR, 2013), o que certamente influenciou os valores de salinidade, temperatura e dos demais parâmetros registrados durante as coletas. Assim, apenas para fins deste trabalho, a primeira campanha será considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

Canal estuarino do rio Una: parâmetros físico-químicos

Conforme esperado, os valores de temperatura foram menores na estação chuvosa (25,1 a 25,7 °C em nov/2011) do que na estiagem (27,2 a 29,0 °C em abr/2012) (Figura 3.2 e Tabela 3.1).

Em ambas as campanhas, as águas estuarinas do canal do rio Una apresentaram-se bem oxigenadas (9,3 a 26,0 mg/L⁻¹ na primeira e 5,2 a 10,9 mg/L⁻¹ na segunda campanhas) (Figura 3.2), sendo que os menores valores registrados na estação seca podem estar relacionados à redução do volume de água e aumento da temperatura, como também pelo consumo de oxigênio através da decomposição da matéria orgânica (Tabela 3.1), processos respiratórios de organismos aquáticos e nitrificação e oxidação de íons metálicos (CELINO et al., 2014).

Os valores de pH do sedimento se mostraram alcalinos a ligeiramente neutros (5,2 a 7,1 na primeira e 5,9 a 7,3 na segunda campanhas) (Figura 3.2). Na primeira campanha, quando se analisa a localização dos pontos de coleta no estuário, constata-se condições levemente mais ácidas a partir do ponto 7, confirmando a expectativa de que os pontos próximos à foz sofrem

maior influência do sistema marinho do que os pontos à montante, o qual está sob forte influência fluvial (VEIGA, 2010), porém este padrão não é observado na segunda campanha, quando a pluviosidade foi mais baixa.

Para os dados de Eh do sedimento, na primeira campanha, foram obtidos valores negativos até o ponto 6, configurando-os como um ambiente redutor, enquanto que os pontos 7 ao 10 estavam sob condições oxidantes. Já na segunda campanha, apenas os pontos 8 e 9 tiveram valores de Eh negativos (Figura 3.2).

Análises do sedimento

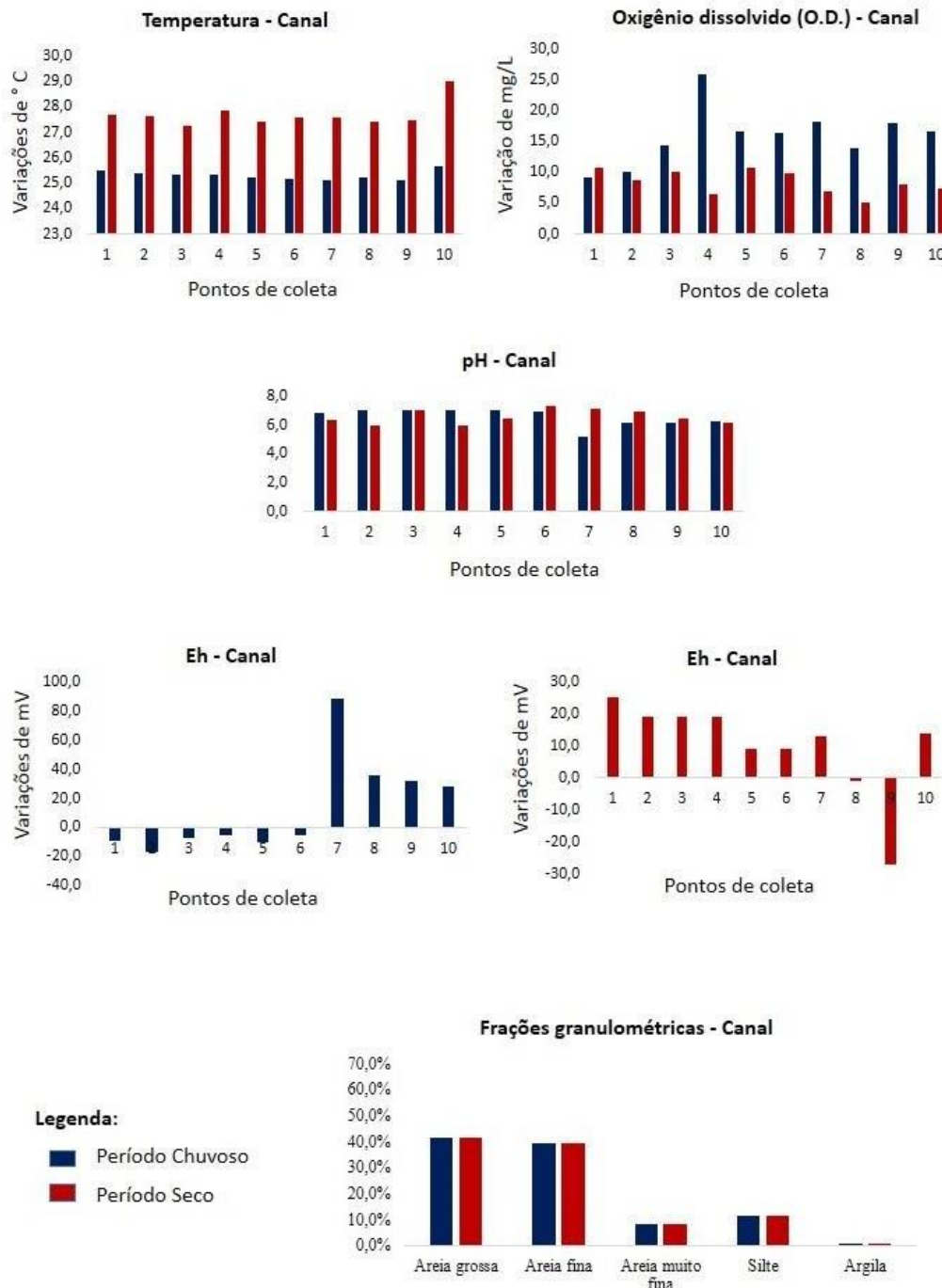
Em ambas as amostragens, a areia grossa foi a fração granulométrica predominante, indicando uma condição de maior energia hidrodinâmica no canal, embora os percentuais da fração areia fina também tenham sido elevados (Figura 3.2).

Na estação seca, houve aumento dos valores de fósforo assimilável (12,0mg/L a 124,7mg/L na primeira campanha e de 2,4mg/L a 83,5mg/L na segunda) e de nitrogênio total (0,0mg/L a 2,6mg/L e 0,5mg/L a 10,2mg/L); e redução dos de matéria orgânica (2,1mg/L a 4,7mg/L e 0,1mg/L a 4,5mg/L) (Tabela 3.1).

Comparando-se os teores dos elementos analisados com os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 454/2012 (BRASIL, 2012) e pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998) percebe-se que a concentração de Ni, Cr, Cu, Pb e Cd no sedimento é baixa e, por isso, não deve estar causando efeitos adversos à biota do canal do rio Una (Tabela 3.2). Entretanto, estas normatizações não estabelecem limites para Mn e Fe, o que impossibilita avaliar o efeito destes elementos.

No que tange às fontes destes metais, Escobar et al. (2014) afirmam que as concentrações de Ni e Pb são maiores no período chuvoso (Tabela 3.2) devido à influência da precipitação, embora a variabilidade na distribuição destes elementos entre as estações de amostragem indique a existência de fontes pontuais. Estes mesmos autores registraram maiores concentrações de Fe, Mn, Cr, Cu e Cd no material particulado em suspensão (MPS) na estação seca e, por isso, atribuíram a elevação dos teores destes metais no sedimento ao aumento deposição do MPS neste período, sugerindo assim as atividades agropecuárias e o lançamento de esgoto e lixo sem tratamento como possíveis fontes destes metais no estuário do rio Una.

Figura 3.2 – Valores dos parâmetros físico-químicos temperatura, oxigênio dissolvido (O.D.) da água e potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (Eh) e frações granulométricas do sedimento do canal estuarino do rio Una, relativas às campanhas de nov/2011 (período chuvoso) e abr/2012 (período seco)



Fauna de foraminíferos

No canal do rio Una, no período chuvoso (nov/2011), foram obtidas 21 testas, das quais apenas 6 indivíduos estavam vivos. Quase todas as testas foram encontradas nos pontos 1 e 2, mas não foram registrados indivíduos anômalos. Nessa estação, foram identificadas apenas 5

espécies, sendo *Haploprhagmoides wilberti* (42,9%), *Ammonia beccarii* (38,1%) e *Elphidium excavatum* (9,5%) as espécies principais (Tabela 3.3).

No período seco, foram obtidos 96 indivíduos, dos quais 11 estavam vivos. Foram registrados indivíduos apenas até o ponto 4, mas todas as testas estavam normais. Nesta campanha, foram identificadas 11 espécies, dentre as quais *Trochammina inflata* (37,5%), *H. wilberti* (24,0%), *A. beccarii* (19,9%) e *Elphidium excavatum* (5,2%) foram consideradas principais (Tabela 3.3).

As espécies do gênero *Ammonia* e *Elphidium* são típicas de mares e oceanos, mas podem colonizar ambientes estuarinos. Já *Haploprhagmoides* e *Trochammina* são comuns em águas estuarinas com baixas salinidades (MURRAY, 2006). Tendo em vista que as concentrações de metais no sedimento foram baixas, a não ocorrência de foraminíferos a partir do ponto 3 na estação chuvosa e do ponto 5 no período seco se deve, possivelmente, a baixos valores de salinidade impossibilitando a sobrevivência até mesmo das espécies mais resistentes, o que pode ser corroborado pelo aumento do número de indivíduos, espécies e ocorrência durante a estação seca (Tabela 3.3) quando espera-se que haja aumento da influência marinha no estuário. Contudo, não foram mensurados os valores de salinidade no canal estuarino durante as amostragens.

Os valores de riqueza variaram de 0,8 a 1,1 na estação chuvosa e de 1,0 a 2,7 no período seco e os de equitatividade foram todos acima de 0,5, sugerindo a inexistência de dominância em ambas as amostragens (CLARKE; WARWICK, 2001). Já os valores de diversidade oscilaram de 0,7 a 1,4 (Tabela 3.3), sendo estes considerados baixos quando comparados com aqueles obtidos por Gomes (2010) no estuário do rio Jacuípe, BA (1,0 a 4,4) e por Teodoro (2009 e 2010) nos Canais de São Sebastião (0,3 a 2,8) e Araça (2,5 a 3,0), SP.

Tafonomia das testas

Em ambas as campanhas, a maioria das testas exibiu coloração branca/incolor (54,55% na primeira campanha e 77,08% na segunda) ou mosqueada (22,73% e 12,50%). Quanto ao desgaste, predominaram as testas normais (31,82% e 33,33%), mas foram relevantes os percentuais de dissolução (27,27% e 33,33%) e quebramento (27,27% e 23,81%) (Figura 3.3).

O domínio de testas brancas e normais é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento (MORAES; MACHADO, 2003; MACHADO et al., 2012), principalmente durante a estação seca quando se espera que haja elevação da salinidade devido à redução do aporte fluvial no estuário.

Tabela 3.1 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes do canal estuarino do rio Una concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e limites das Resoluções do CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005)

Amostras	Parâmetros da água				Análises do Sedimento							
	T (°C)	OD (mg/L ⁻¹)	pH	Eh (mV)	AG (%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)	MO (mg/L)
CUI1	25,5	9,3	6,9	-9	79,7	14,5	3,4	1,8	0	2,6	124,7	2,1
CUI2	25,4	10	7	-17	9,1	81,1	6,1	3,7	0	0	12,4	4,4
CUI3	25,3	14,4	7,1	-7	0,2	0	25,1	73,6	0	0	12	4,3
CUI4	25,3	26	7	-5	36,1	53,9	5,9	4,1	0	0	12,9	4
CUI5	25,2	16,7	7	-10	91,1	7,8	0,4	0,5	0	0	13,7	4,7
CUI6	25,2	16,4	6,9	-5	55,6	38,7	3,3	2,4	0	0	13,6	4,6
CUI7	25,1	18,2	5,2	89	40	33,5	14,6	11,8	0	0	14,1	4
CUI8	25,2	14	6,1	36	29,1	62	6,2	2,7	0	0	13,7	4,4
CUI9	25,1	18	6,2	32	54,5	37	5,4	3	0	0	14	4,4
CUI10	25,7	16,7	6,2	28	43,9	45,7	6,6	3,8	0	0	13,6	4,4
Média	25,3	15,96	6,57	13,2	43,94	37,41	7,7	10,73	0	0,28	24,46	41,3
CUII1	27,7	10,7	6,4	25	10	81	4,6	4,4	0	8,6	83,5	4,5
CUII2	27,6	8,6	6	19	2,7	63,5	13,4	20,3	0,1	1,4	17,2	0,4
CUII3	27,2	10	7,1	19	22,3	69,7	5,3	2,7	0	1,9	9,8	0,4
CUII4	27,8	6,5	5,9	19	54,9	8,4	13,2	23,4	0,1	0,5	68,9	0,2
CUII5	27,4	10,9	6,4	9	15,2	77,9	4,6	2,3	0	10,2	67,8	3,8
CUII6	27,6	9,8	7,3	9	14,3	78,4	4,9	2,4	0	1,2	69,6	0,3
CUII7	27,6	6,9	7,1	13	24,6	65,9	6,6	2,9	0	1,1	2,4	0,2
CUII8	27,4	5,2	6,9	-1	23,8	65,5	7	3,7	0	1,6	19,8	0,3
CUII9	27,5	8	6,4	-27	46,5	47,7	3,6	2,2	0	3,5	36,9	0,1
CUII10	29	7,4	6,2	14	66	30,4	1,7	1,9	0	3,9	33,8	0,4
Média	27,7	8,4	6,59	9,9	28,02	58,85	6,49	6,61	0,03	3,39	40,96	1,07
CONAMA												
DOCE	<40,0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALINA	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALOBRA	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: CUII = Canal do rio Una da primeira campanha; T = Temperatura; O.D. = Oxigênio Dissolvido; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia Grossa; AF = Areia Fina; AMF = Areia Muito Fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT = Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Tabela 3.2 – Concentrações de metais (mg. Kg⁻¹) no sedimento do canal estuarino do rio Una, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA Nº 454/2012 (Brasil, 2012) e do *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Cu	Pb	Cd
CUI1	10,75	123,15	17597,2	19,67	5,04	8,22	0,02
CUI2	4,17	14,1	1528,83	2,34	0,01	0,85	0,00
CUI3	1,94	10,33	1746,76	0,05	0,01	0,57	0,00
CUI4	0,01	0,00	0,09	0,05	0,01	0,01	0,00
CUI5	4,28	25,42	1157,12	0,29	0,01	0,31	0,03
CUI6	0,01	1,83	561,61	0,05	0,28	0,51	0,05
CUI7	0,01	6,86	1212,83	0,11	0,01	0,47	0,03
CUI8	0,01	10,45	532,49	0,05	0,01	0,25	0,01
CUI9	0,01	11,14	925,75	0,05	0,01	0,46	0,01
CUI10	0,01	48,85	1850,43	2,66	0,01	0,73	0,01
Média	2,12	25,21	2711,31	2,53	0,54	1,24	0,02
CUII1	0,68	21,92	1505,34	2,15	0,41	0,83	0,39
CUII2	3,03	62,03	7241,09	9,57	2,34	2,50	0,56
CUII3	0,18	15,47	1430,48	1,49	0,18	1,14	0,46
CUII4	0,16	6,33	1651,25	0,99	0,08	0,50	0,44
CUII5	1,12	27,95	3440,94	4,02	0,87	1,38	0,49
CUII6	0,01	2,80	1087,72	1,51	0,43	0,80	0,38
CUII7	0,01	9,46	1060,95	0,98	0,06	0,66	0,43
CUII8	0,02	118,52	1641,12	2,00	0,89	0,01	0,49
CUII9	0,38	67,93	4062,48	2,80	1,13	0,01	0,48
CUII10	0,70	197,89	5808,78	4,32	1,80	0,01	0,53
Média	0,63	53,03	2893,02	2,98	0,82	0,78	0,47
LD	0,0041	0,0011	0,0258	0,0163	0,0033	1,49	0,0009
CONAMA N1	20,9	n.d.	n.d.	81	34	46,7	1,2
CONAMA N2	51,6	n.d.	n.d.	370	270	218	7,2
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,3	18,7	30,2	0,7
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	108	112	4,21

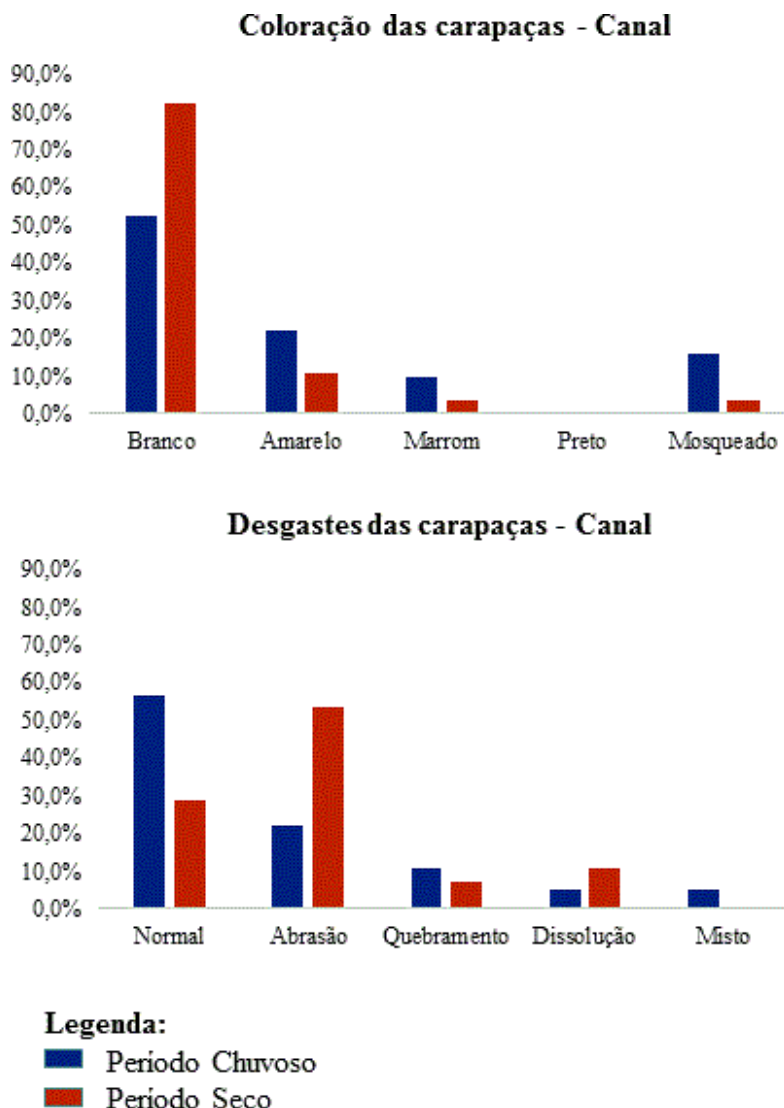
Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Tabela 3.3 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas no canal estuarino do rio Una concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Canal do rio Una	UI1	UI2	UI3	UI4	UI5	UI6	UI7	UI8	UI9	UI10	N	AR	UII1	UII2	UII3	UII4	UII5	UII6	UII7	UII8	UII9	UII10	N	AR
<i>Ammonia beccarii</i>	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	38,1	2	0	7	10	0	0	0	0	0	0	19	19,8
<i>Ammonia tepida</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cibicides sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2,1
<i>Elphidium excavatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9,5	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	5	5,2
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	42,9	8	2	4	9	0	0	0	0	0	0	23	24
<i>Miliammina fusca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4	4,2
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Spirillina sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Textularia aglutinans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2,1
<i>Trochammina inflata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	30	0	0	0	0	0	0	36	37,5
<i>Trochammina squamata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4,8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2,1
N por ponto	13	6	1	0	0	1	0	0	0	0	21	100	19	5	19	53	0	0	0	0	0	0	96	100
Nº de Espécies	3	3	1	0	0	1	0	0	0	0	-	-	6	3	9	5	0	0	0	0	0	0	-	-
Riqueza (Margalef)	0,8	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1,2	2,7	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1	0,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Diversidade (S -Wiener)	0,7	0,7	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1,2	0,7	1,4	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: UII = rio Una da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener)

Figura 3.3 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste dos foraminíferos no canal estuarino do rio Una, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012



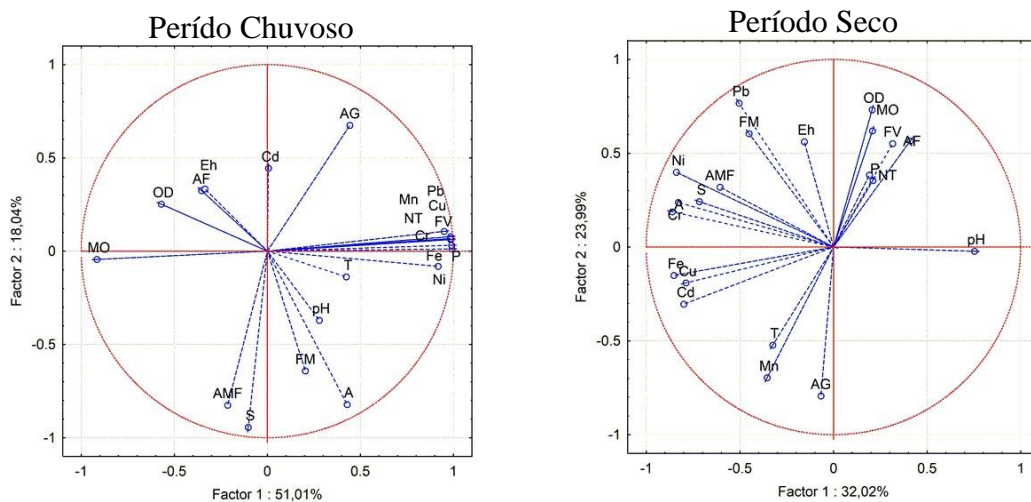
Distribuição dos foraminíferos

Na análise de componentes principais (Figura 3.4), o principal fator na estação chuvosa foram os valores de areia grossa, indicando a existência de uma energia hidrodinâmica elevada no canal estuarino. Neste período, a distribuição dos indivíduos vivos foi correlacionada aos teores de Fe>Pb>Cr>NT>P>Cu >Mn>Ni e apresentaram correlação negativa com MO>OD, ou seja, estavam presentes nos locais onde havia elevado consumo do oxigênio dissolvido e da matéria orgânica e nitrificação e oxidação química de íons metálicos como ferro e manganês (CELINO et al., 2014).

Por outro lado, na estação seca, o fator principal foram os teores de chumbo que se correlacionaram negativamente aos de AG>Mn>T (Figura 3.4). Nesta campanha, o quantitativo

de organismos vivos esteve relacionado aos teores de OD>MO>AF (Figura 3.4), já que a redução da pluviosidade e, conseqüentemente, da energia hidrodinâmica possibilitaram a precipitação do sedimento fino e a concentração de nutrientes, favorecendo assim a produtividade primária nestes locais (CELINO et al., 2014).

Figura 3.4 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais de parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do canal estuarino do rio Una, concernentes as campanhas realizadas em nov/2011 (P. chuvoso) e abr/2012 (P. seco)



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total; MO = matéria orgânica.

A distribuição dos indivíduos mortos, por sua vez, apresentou correlação negativa com os teores de areia grossa nas duas campanhas (Figura 3.4). Tendo em vista que os teores de metais no sedimento estão abaixo dos limites adversos à biota (Tabela 3.2), corroborado inclusive pela ausência de anomalias nas testas, atribui-se a presença dos foraminíferos mortos à influência da energia hidrodinâmica, visto que, após a morte destes organismos, as testas costumam ser depositadas em ambientes de menor energia, onde, conseqüentemente, predomina sedimentos de granulometria fina (MACHADO et al., 2012).

Manguezal do rio Una: parâmetros físico-químicos

Com relação às águas intersticiais nas zonas de manguezal do rio Una, os valores de temperatura também foram menores na primeira campanha (24,0°C a 25,0°C) que na segunda (28,1°C a 29,2°C) (Figura 3.5).

O sedimento do manguezal do rio Una estava ligeiramente ácido a neutro em ambas as amostragens (6,6 a 7,3 na primeira campanha e 6,0 a 7,1 na segunda campanha) (Figura 3.5), o que está dentro do esperado para zonas de manguezal já que a decomposição das folhas do mangue faz com que o solo apresente oscilações de pH entre 4,8 e 8,8 (BERRÊDO et al., 2008).

Os valores de Eh do sedimento foram negativos nos pontos 1 e 2 (-24,0 mV e -16,0 mV, respectivamente), caracterizando-os como um ambiente redutor, porém a partir do ponto 3 os valores foram positivos, evidenciando características de um ambiente oxidante nestes locais durante a primeira campanha. Todavia, na segunda campanha, os valores foram negativos do ponto 2 ao 4, conferindo-lhes um caráter predominantemente redutor, e positivos nos pontos 1, 5 e 6 (Figura 3.5).

Análises dos sedimentos

Houve predomínio das frações silte e areia muito fina em ambos os períodos de amostragem, corroborando a condição de ambiente deposicional de baixa energia hidrodinâmica, característico das zonas de manguezal (Figura 3.4).

Os altos teores de fósforo assimilável (132,5 a 360,0 mg/L na estação chuvosa e 42,1 a 202,4 mg/L no período seco - Tabela 3.4), principalmente nos pontos mais à montante, sugerem a influência de fontes antrópicas, como efluentes domésticos ou carcinicultura, emitindo dejetos ricos em fósforo que, por sua vez, são facilmente adsorvidos ao sedimento fino da região (MARTINS et al., 2011), então, durante o período chuvoso, o aumento da vazão do rio remobiliza o fósforo para a coluna d'água e transporta ao manguezal, elevando ainda mais a sua concentração.

Embora todos os pontos de coleta estivessem situados próximos ao município de Una, os valores de nitrogênio total foram considerados baixos (0,2 mg/L a 0,3mg/L na primeira campanha e 0,1 a 0,3 mg/L na segunda - Tabela 3.4), sugerindo que o mesmo não provém de ações antrópicas, mas de fontes naturais a partir de produções biológicas primárias do sistema aquático, como por exemplo, processos de assimilação ou consumo pelo fitoplâncton (REEF et al., 2010).

Figura 3.5 – Valores dos parâmetros físico-químicos temperatura, potencial hidrogeniônico e potencial de oxirredução das águas intersticiais e percentuais das frações granulométricas do sedimento da Zona de Manguezal do estuário do rio Una, relativas, às campanhas de nov/2011(período chuvoso) e abr/2012(período seco)

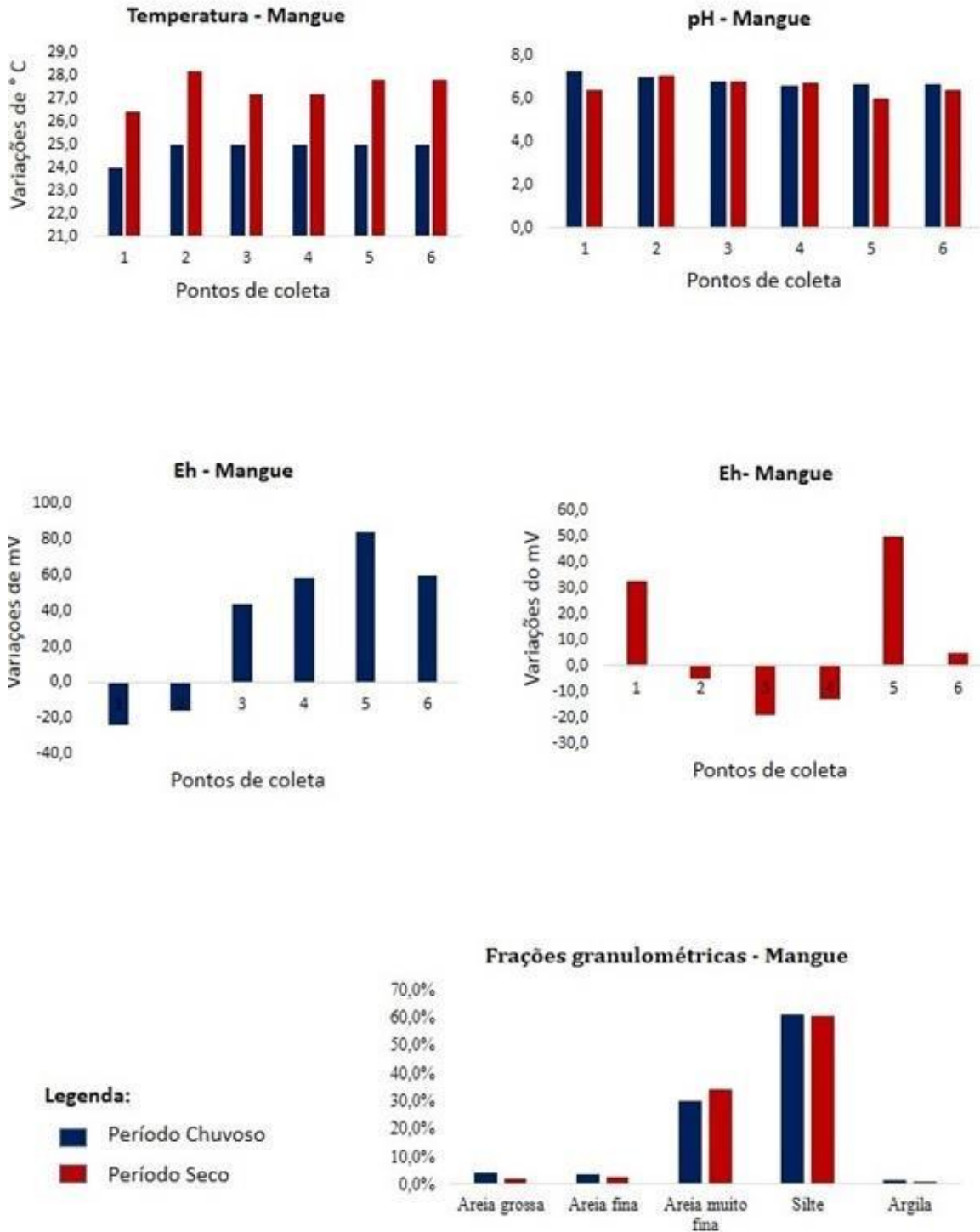


Tabela 3.4 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes da zona de manguezal do rio Una concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Amostras	Parâmetro da água	Análises do sedimento								
	T (°C)	pH	Eh (mV)	AG (%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)
MUI1	24,0	7,3	-24	2,7	6,2	37,2	52,7	1,2	0,2	270
MUI2	25,0	7,0	-16	2,2	0,0	20,9	75,6	1,4	0,2	132,5
MUI3	25,0	6,8	44	0,9	23,8	38,1	36,7	0,5	0,2	275
MUI4	25,0	6,6	58	6,6	0,0	23,6	67,8	2,0	0,3	345
MUI5	25,0	6,7	84	5,5	0,0	18,7	73,9	2,0	0,3	330
MUI6	25,0	6,7	60	17,3	0,0	19,4	61,6	1,7	0,3	360
Média	14,9	4,11	28,6	3,52	3,0	15,79	36,83	0,88	0,15	171,25
MUII1	26,4	6,4	33	0,7	9,1	39,4	50,2	0,6	0,1	42,1
MUII2	28,2	7,1	-5	1,0	0,1	32,1	65,4	1,4	0,0	98,7
MUII3	27,2	6,8	-19	0,6	3,3	43,6	51,8	0,8	0,3	184,8
MUII4	27,2	6,8	-13	2,2	0,0	28,5	67,8	1,4	0,2	202,4
MUII5	27,8	6,0	50	7,0	2,3	32,8	57,1	0,8	0,3	168,2
MUII6	27,8	6,5	5	0,1	0,0	27,8	70,6	1,6	0,3	137,6
Média	16,46	3,96	12,5	1,16	1,48	20,42	36,29	0,66	0,12	83,38

Legenda: MUI1 = Manguezal do rio Una da primeira campanha do ponto 1; Sal = Salinidade; T = Temperatura; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia grossa; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT= Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

Comparando-se os resultados obtidos para as concentrações dos metais traços (Tabela 3.5) com os limites estabelecidos pelo CONAMA e CEQG, observa-se que apenas o cádmio e chumbo apresentaram, em alguns pontos, valores acima dos limites de referência, os quais podem estar relacionados à drenagem de fertilizantes e compostos químicos utilizados no desenvolvimento agrícola da região à montante (ZOURARAH et al., 2009). Além disso, todos os elementos apresentaram teores mais elevados na estação seca devido à redução da vazão e o consequente aumento das concentrações na água, possibilitando sua deposição no sedimento, principalmente nos pontos à montante (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Concentrações de metais (em mg. Kg⁻¹) no sedimento da zona de manguezal do rio Una, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012) e do *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd
MUI1	9,68	198,15	15861,33	28,78	34,76	7,74	29,27	0,69
MUI2	6,36	60,70	14672,06	21,27	22,83	6,89	18,11	0,58
MUI3	8,17	195,60	16543,55	24,58	30,72	7,12	24,36	0,67
MUI4	10,1	246,06	19410,38	30,77	37,24	9,36	30,05	0,86
MUI5	9,64	232,49	21285,32	32,29	39,21	10,05	31,24	1,02
MUI6	10,87	316,34	21287,6	34,95	42,26	10,93	34,53	1,03
Média	9,14	208,22	18176,71	28,77	34,5	8,68	27,93	0,81
MUII1	4,12	52,14	7983,92	11,60	21,02	3,92	11,90	0,29
MUII2	8,74	131,30	17558,99	26,85	39,06	11,49	26,49	0,73
MUII3	12,22	245,63	22944,76	37,93	54,86	12,41	36,33	1,12
MUII4	13,46	334,12	23596,87	40,65	54,07	12,80	42,11	1,20
MUII5	7,68	136,02	18659,74	26,77	38,17	9,37	28,94	0,82
MUII6	12,88	430,51	24615,40	42,12	55,75	13,86	41,53	1,25
Média	9,85	221,62	19226,61	30,99	43,82	10,64	31,22	0,90
LD	0,00415	0,00111	0,02586	0,01632	0,00651	0,00336	1,49	0,00095
CONAMA N1	20,90	n.d.	n.d.	81	150	34	46,70	1,20
CONAMA N2	51,60	n.d.	n.d.	370	410	270	218	7,20
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,30	124	18,7	30,20	0,70
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	271	108	112	4,20

Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Fauna de foraminíferos

Na primeira campanha (nov/2011), foram obtidos 483 indivíduos, sendo que destes apenas 10 estavam vivos. Não foram encontradas testas no ponto 6 e, apesar das elevadas concentrações de cádmio e chumbo, não houve registro de testas anômalas em nenhum dos pontos. Nesta amostragem, foram identificadas 13 espécies sendo *Miliammina fusca* (28,4%), *A. beccarii* (26,3%), *H. wilberti* (21,5%), *T. inflata* (15,1%) e *Trochammina squamata* (5,4%) consideradas principais (Tabela 3.6).

Já na segunda campanha, foram obtidos 86 foraminíferos, sendo que apenas 9 estavam vivos. Não houve registro de testas no ponto 5 e nem de indivíduos anômalos. Foram identificadas 12 espécies, das quais *H. wilberti* (27,9%), *Ammonia tepida* (25,6%), *T. inflata* (22,1%) e *E. excavatum* (8,1%) foram consideradas principais (Tabela 3.6).

As espécies *Haploprhagmoides* e *Trochammina* são rotineiramente encontradas em associação em manguezais devido à presença de sedimento fino e rico em matéria orgânica (GÓMEZ; BERNAL, 2013; MACHADO et al., 2012), enquanto que *M. fusca* é registrada preferencialmente em áreas com baixa salinidade, como nas proximidades de tributários (DEBENAY et al., 1996; DEBENAY; GUILLOU 2002), de modo que sua ocorrência na estação chuvosa se deve ao aumento da influência fluvial no manguezal. Já *A. beccarii*, *A. tepida* e *E. excavatum* são espécies oportunistas, de modo que sua presença na área estudada foi favorecida pelo aporte de nutrientes (SEMENSATTO-JR et al., 2009) e por suas tolerâncias a altas concentrações de metais traços (MARTINS et al., 2013).

Os valores de riqueza foram maiores na segunda amostragem (0,6 a 1,9 no período chuvoso e 1,0 a 2,1 na estação seca – Tabela 3.6), mas em ambas as campanhas, os índices de equitatividade estiveram acima 0,5, indicando ausência de dominância (CLARKE; WARWICK, 2001). A diversidade foi levemente menor na estação seca (1,1 a 1,4 na primeira campanha e 0,8 a 1,4 na segunda) (Tabela 3.6), mas podem ser considerados altos quando comparados aos dados obtidos por Semensatto-Jr et al (2009) em um estudo realizado dentro de um ambiente de manguezal situado ao norte da Ilha do Cardoso, Baía de Cananéia-Iguape-SP (0,2 a 0,6).

Tafonomia das testas

Nos dois períodos de amostragem, a maioria das testas exibiu coloração branca/incolor (61,40 % na primeira e 61,32% na segunda) ou amarela (21,77% e 21,81%). Quanto ao

desgaste, predominaram as testas normais (44,35% e 44,24%), embora tenha sido relevante o percentual de abrasão (28,95% e 29,01%) (Figura 3.6).

Assim como ocorreu no canal estuarino, o domínio de testas brancas resulta da adição rápida de testas novas ao sedimento (MACHADO et al., 2012), o que é confirmado pelo predomínio de testas normais (Figura 3.6). Entretanto, houve também um alto percentual de testas abrasadas, o que ocorre em condições de alta energia, porém estes espécimes eram de *A. beccarii*, a qual também vive no canal estuarino do rio Una (Tabelas 3.3 e 3.6), de modo que as testas desgastadas foram transportadas pelas marés para dentro do manguezal.

Figura 3.6 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste das espécies de foraminíferos na zona de manguezal do rio Una, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012

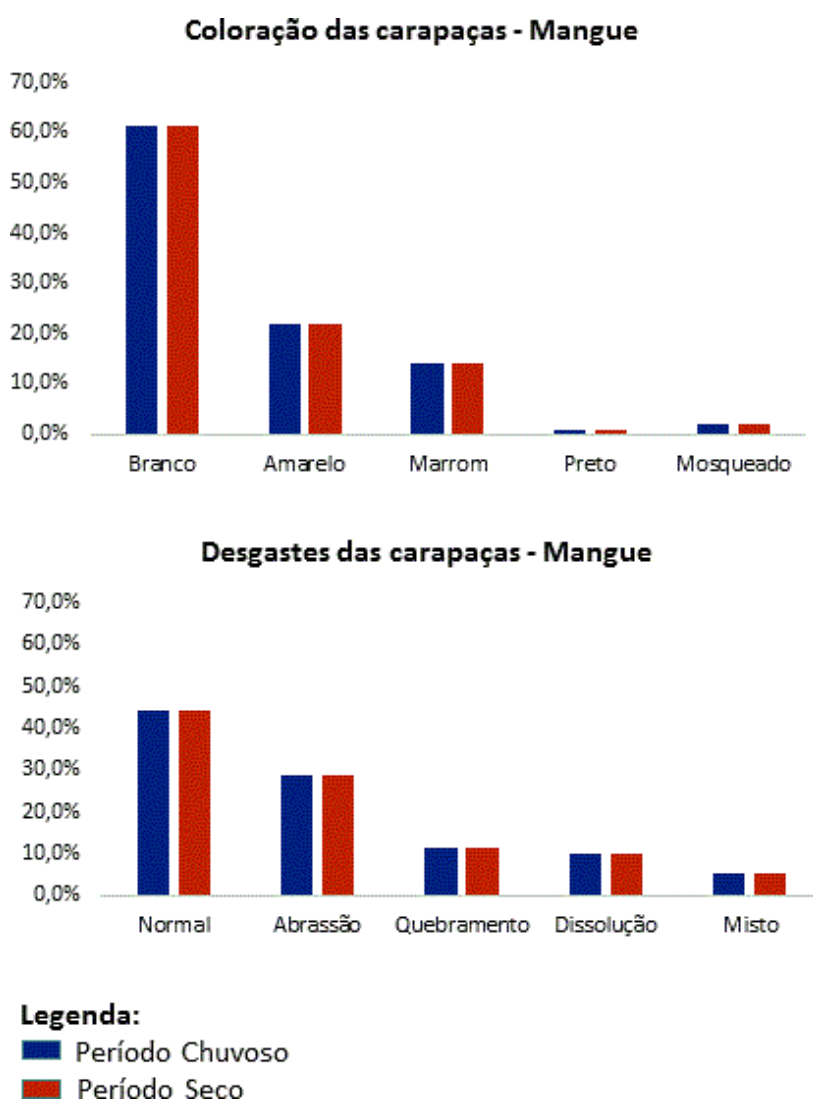


Tabela 3.6 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas na zona de manguezal do estuário do rio Una concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Manguezal do rio Una	UI1	UI2	UI3	UI4	UI5	UI6	N	AR	UII1	UII2	UII3	UII4	UII5	UII6	N	AR
<i>Ammonia beccarii</i>	5	0	91	21	10	0	127	26,3	0	0	1	0	0	0	1	1,2
<i>Ammonia tepida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	0	5	22	25,6
<i>Bolivina disformis</i>	0	0	1	0	0	0	1	0,2	0	0	1	0	0	0	1	1,2
<i>Bolivina pulchella</i>	0	0	1	0	0	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina striatula</i>	0	2	0	0	0	0	2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	2,3
<i>Elphidium bertelotti</i>	0	0	1	0	0	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium excavatum</i>	0	0	5	0	0	0	5	1	0	5	2	0	0	0	7	8,1
<i>Elphidium poeyanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1,2
<i>Elphidium sagrum</i>	0	0	1	0	0	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	10	0	29	4	61	0	104	21,5	1	3	5	8	0	7	24	27,9
<i>Miliammina fusca</i>	40	0	15	22	60	0	137	28,4	0	0	0	2	0	1	3	3,5
<i>Nonion grateloupi</i>	0	0	3	0	0	0	3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1,2
<i>Saccammina sphaerica</i>	0	0	2	0	0	0	2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Textularia aglutinans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	2,3
<i>Trochammina inflata</i>	10	0	48	15	0	0	73	15,1	0	3	14	1	0	1	19	22,1
<i>Trochammina squamata</i>	6	0	0	0	20	0	26	5,4	0	1	2	0	0	0	3	3,5
N por ponto	71	2	197	62	151	0	483	100	1	17	31	23	0	14	86	100
Nº de Espécies	5	1	11	4	4	0	-	-	1	7	8	4	0	4	-	-
Riqueza (Margalef)	0,9	0	1,9	0,7	0,6	-	-	-	-	2,1	2	1	-	1,1	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,8	-	0,6	0,9	0,9	-	-	-	-	0,9	0,8	0,8	-	0,8	-	-
Diversidade (S -Wiener)	1,2	0	1,4	1,2	1,1	-	-	-	0	1,4	1,4	0,9	-	0,9	-	-

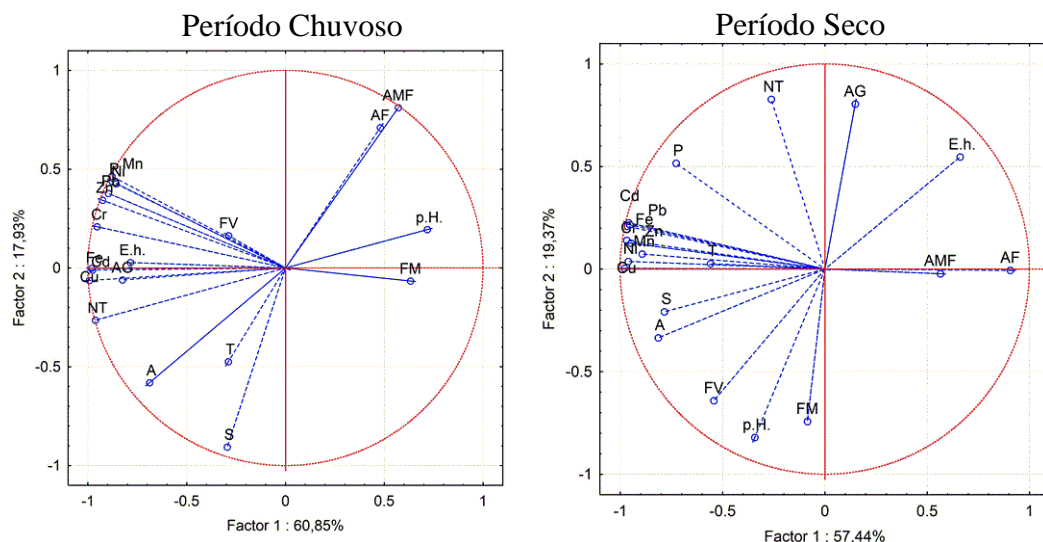
Legenda: UI1 = rio Una da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener)

Distribuição dos foraminíferos

Na primeira campanha, o principal fator foram os teores de areia muito fina seguido dos de areia fina. A distribuição dos vivos não apresentou correlação significativa com nenhum dos parâmetros analisados (Figura 3.7), sugerindo que tenha sido influenciada pelos valores de salinidade, o que pode ser corroborado pelo predomínio de *M. fusca*, porém este parâmetro não foi mensurado durante as amostragens. Já os indivíduos mortos relacionaram-se com pH>AMF devido à sua deposição preferencial em condições de baixa energia hidrodinâmica.

Na segunda amostragem, o principal fator foram os teores de nitrogênio total, seguidos de AG>Eh>P, sendo que o número de foraminíferos vivos relacionou-se negativamente com estes fatores e positivamente com pH>FM (Figura 3.7). Segundo Sarawast et al. (2015), o fluxo sazonal de água doce dos estuários afeta o pH fazendo com que seus valores decresçam juntamente com a salinidade, o que provoca efeitos adversos à calcificação e reprodução dos foraminíferos. Portanto, no presente estudo, a associação das testas com o pH se deve ao aumento da salinidade durante a estação seca.

Figura 3.7 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais, baseada em parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do sedimento da Zona de Manguezal do rio Una, concernentes às campanhas realizadas em nov/2011 e abr/2012



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total.

CONCLUSÕES

O canal estuarino do rio Una é constituído por águas bem oxigenadas, mas, devido à uma anomalia no regime pluviométrico da região, os valores de temperatura foram menores em novembro de 2011 do que em abril de 2012.

O sedimento apresentou-se alcalino a ligeiramente neutro e predominantemente redutor no período chuvoso, sendo a areia grossa sua fração granulométrica predominante, embora os percentuais da fração areia fina também tenham sido elevados.

A concentração de metais no sedimento esteve abaixo dos limites adversos à biota, o que foi corroborado inclusive pela ausência de anomalias nas testas.

Houve o predomínio de testas recentes de espécies estuarinas, porém a não ocorrência de foraminíferos a partir do ponto 3 na estação chuvosa e do ponto 5 no período seco se deve aos baixos valores de salinidade que impossibilitaram a sobrevivência até mesmo das espécies mais resistentes. Apesar disso não houve dominância de espécies, embora os valores de diversidade tenham sido considerados baixos quando comparados aos de outros estuários.

Embora o principal fator na estação chuvosa tenha sido os valores de areia grossa, a distribuição dos indivíduos vivos foi correlacionada aos teores de $Fe > Pb > Cr > TN > P > Cu > Pb > Mn > Ni$, sendo que sua correlação negativa $MO > OD$ indica a presença dos foraminíferos em locais com elevado consumo de oxigênio dissolvido e matéria orgânica e nitrificação e oxidação química de íons metálicos como ferro e manganês. Já na estação seca, o fator principal foram os teores de chumbo, mas o quantitativo de organismos vivos esteve relacionado aos teores de $OD > MO > AG$ devido ao aumento da precipitação do sedimento fino e a concentração de nutrientes.

Por outro lado, a distribuição dos indivíduos mortos apresentou correlação negativa com os teores de areia grossa nas duas campanhas devido à influência da energia hidrodinâmica, já que os teores de metais no sedimento estão abaixo dos limites adversos à biota.

No manguezal do rio Una, a elevada pluviosidade da primeira campanha ocasionou a redução dos valores de temperatura e de pH do sedimento. Nos dois períodos de amostragem, as frações areia muito fina e silte foram predominantes.

As altas concentrações de fósforo assimilável na zona de manguezal são oriundas de fontes antrópicas, como efluentes domésticos ou carcinicultura, assim como os altos teores de cádmio e chumbo que originaram-se das drenagens agrícolas. Além disso, todos os elementos apresentaram valores mais elevados na estação seca devido à redução da vazão e, conseqüentemente, da diluição destes na água.

Houve o predomínio de testas recentes de espécies estuarinas, mas não houve dominância de espécies, tendo os valores de diversidade sido considerados altos quando comparados aos de outros trabalhos.

Os teores de areia muito fina e areia fina foram os principais fatores durante a estação chuvosa, mas a distribuição dos foraminíferos vivos não se correlacionou com nenhum dos parâmetros analisados, sugerindo que tenha sido influenciada pelos teores de salinidade. Já a dos indivíduos mortos foi relacionada com pH>VS devido à sua deposição preferencial em condições de baixa energia hidrodinâmica.

No período seco, o principal fator foram os teores de nitrogênio total, porém os foraminíferos (vivos e mortos) relacionaram-se com o pH devido ao aumento dos valores da salinidade.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.S.; BRAGA, E.S.; FAVARO, D.T.; PERRETTI, A.R.; REZENDE, C.E.; SOUZA, C.M.M. Total mercury in sediments and in Brazilian Ariidae catfish from two estuaries under different anthropogenic influence. **Marine Pollution Bulletin.**, v.62, n.12, p.2724-2731, dec. 2011.
- AGUIAR, P.C.B.; MOREAU, A.S.S.; FONTES, E.O. Impactos na dinâmica ambiental do município de Canavieiras (BA) tendo a RESEX como fator de influência. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino.**, v.2, n.1, p. 61-78, 1ºSem. 2011.
- BAHIA (Estado). Secretaria de Desenvolvimento Territorial. **Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável do Território: Baixo Sul da Bahia.** Bahia: PRONAT, 2010. p.136. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio021.pdf>. Acesso em: 22 abr.2015.
- BOMFIM, C.S.; VILELA, C.G.; GUEDES, D.C. Benthic Foraminifera in Surface Sediments in the Maricá Lagoon, Rio de Janeiro State. **Anuário do Instituto de Geociências.**, v.33, n.1, p.9-19, 2010.
- BRICKER, S.B.; LONGSTAFF, B.; DENNISON, W.; JONES, A.; BOICOURT, K.; WICKS, C.; WOERNER, J. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: a decade of change. **Harmful Algae.**, v.8, n.1, p.21-32, dec. 2008.
- BERRÊDO, J.F.; DA COSTA, M.L.; VILHENA, M.P.S.P.; SANTOS, J.T. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). **Revista Brasileira de Geociências.**, v.38, n.1, p.24-35, mar. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

- CELINO, J.J. et al. Geoquímica da água superficial nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador: EDUFBA, 2014. p.63-76.
- CRUZ, F.C. **Elementos traço em substrato de manguezais dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, Bahia**. 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.
- CARDOZO, L.S.; PORTO, M.F.; PIMENTEL, P.C.B.; RODRIGUES, J.S.; SCHIAVETTI, A.; CAMPIOLO, S. Discussion of the Board of the Extractive Reserve of Canavieiras, Bahia, Brazil: fisheries management to environmental management. **Revista da Gestão Costeira Integrada.**, v.12, n.4, p.463-475, dec. 2012.
- CARVALHO, P.V.; SANTOS, P.J.; BOTTER-CARVALHO, M.L. Assessing the severity of disturbance for intertidal and subtidal macrobenthos: the phylum-level meta-analysis approach in tropical estuarine sites of northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v. 60, n.6. p.873-87, jun. 2010.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. **Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. 2nd ed. [s.l.]: Plymouth Marine Laboratory, 2001. 172p.
- CARR, M.R. **Plymouth routines in multivariate ecological research user manual**. 2nd ed. [s.l.]: Plymouth Marine Laboratory, 1996.
- CUNHA, L.H.DE O. **Reservas extrativistas: uma alternativa de produção e conservação da biodiversidade**. São Paulo: 1992. Disponível em: <<http://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/resex.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2014.
- DUQUET, M. **Ciências da vida: glossário de ecologia fundamental**. Porto: Porto Editora, 2007. 128p.
- DONNICI, S.; SERANDREI-BARBERO, R.; BONARDI, M.; SPERLE, M. Benthic foraminifera as proxies of pollution: The case of Guanabara Bay (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v.64, n.10, p.2015-2028, oct. 2012.
- DE PAULA, F.C.F.; SILVA, D.M.L.; SOUZA, C.M. Tipologias Hidroquímicas das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia. **Revista Virtual de Química.**, v.4, n.4, p.365-373, abr.2012.
- DAUVIN, J.C. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. **Marine Pollution Bulletin.**, v.55, n. 1-6, p.271-281, 2007.
- DEBENAY, J.P.; GUILLOU, J.J. Ecological Transitions Indicated by Foraminiferal Assemblages in Paralic Environments. **Estuaries.**, v.25, n.6A, p.1107-1120, dec. 2002.
- DEBENAY, J.P.; BECK-EICHLER, B.; FERANDEZ-GONZALEZ, M.; MATHIEU, R.; BONETTI, C.; DULEBA, W. Lês Foraminifères Paraliques Dês cotes D´Afrique et D´Amerique du sud de parte et D´autre de L´Atlantique: comparaison-discussion. Geologie de l´Afrique et de l´Atlantique Sud. **Actes Colloques Angers.**, v.1994, p.463-471, Jun. 1996.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 2ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472p.

EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B.; Gupta, B.S.; Rodrigues, A.R. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on inner continental shelf of southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v.64, n.1, p.22–30, jan. 2012.

ESCOBAR, N.F.C.; CELINO, J.J.; NASCIMENTO, R.A. Metais na água superficial, material particulado em suspensão e no sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador: EDUFBA, p.77-98, 2014.

ESCOBAR, N.F.C. **Geoquímica da água superficial e do sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia, Brasil**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

EIA - Estudo de Impacto Ambiental. **Sistema de controle de cheias da Bacia do Rio Una - Barragem Igarapeba**. Recife, 2011. 47p. (Relatório técnico).

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J.R.; MOZETO, A.A.; FADINI, P.S. Acid volatile sulfides and simultaneously extracted metals in the assessment of freshwater sediments. **Química Nova.**, v.34, n.9, p.1618-1628, maio. 2011.

FRONTALINI, F.; BUOSI, C.; DA PELO, S.; COCCIONI, R.; CHERCHI, A.; BUCCI, C. Benthic foraminifera as bio-indicators of trace element pollution in the heavily contaminated Santa Gilla lagoon (Cagliari, Italy). **Marine Pollution Bulletin.**, v.58, n.6, p.858-877, jun. 2009.

FILHO, N.E.M. **Caracterização química da matéria orgânica nos sedimentos do solo do manguezal e dinâmica de nutrientes nas águas superficiais e intersticiais no médio estuário do rio Paciência em Iguaíba – Paço do Lumiar (MA)**. 2009. 162f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminiferal for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine Coastal and Shelf Science.**, v.76, n.2, p.404-417, jan. 2008.

GÓMES, E.; BERNAL, G. Influence of the environmental characteristics of mangrove forests on recent benthic foraminifera in the Gulf of Urabá, Colombian Caribbean. **Ciências Marinas.**, v.39, n.1, p.69-82, 2013.

GONÇALVES, R.C.; COLONESE, J.; SILVA, M.; EGLER, S.; BIDONE, E.; CASTILHOS, Z.; POLIVANOV, H. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, Estado do Rio de Janeiro. **Geochimica Brasiliensis.**, v.25, n.1, p.35-45, 2011.

GOMES, R.C.T. **Caracterização da fauna de foraminíferos da zona euhalina do Estuário do Rio Jacuípe - Camaçari-Ba.** 2010. 168f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@, Canavieiras – BA.** 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=290630>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

LEGORBURU, I.; RODRÍGUEZ, J.G.; BORJA, A. MENCHACA, I.; SOLAUN, O.; VALENCIA, V.; GALPARSORO, I.; LARRETA, J. Source characterization and spatio-temporal evolution of the metal pollution in the sediments of the Basque estuaries (Bay of Biscay). **Marine Pollution Bulletin.**, v.66, n.1-2, p.25-38, jan. 2013.

LOPES, C.M. **Adsorção individual e competitiva de Cd, Cu, Ni e Zn em solos em função da variação de pH.** 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MARTINS, V.A. et al. Assessment of the health quality of Ria de Aveiro (Portugal): heavy metals and benthic foraminifera. **Marine Pollution Bulletin.**, v.70, n.1-2, p.18-33, may. 2013.

MACHADO, A.J.; ARAÚJO, T.M.F.; De ARAÚJO, H.A.B.; FIGUEIREDO, S.M.C. Análise batimétrica e tafonômica da microfauna de foraminíferos da plataforma e talude continentais do Município de Conde, Bahia. **Cadernos de Geociências.**, v.9, n.2, p.157-172, nov. 2012.

MAIA, R.C.; COUTINHO, R. Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries: A comparative study. **Revista de Biologia Marina e Oceanografia.**, v.47, n.1, p.87-98, abr. 2012.

MARTINS, R.V.; FILHO, P.F.J.; ESCHRIQUE, S.A.; LACERDA, L.D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.**, v.71, n.3, p.673-678, aug. 2011.

MARTINS, M.V.A.; DA SILVA, E.F.; SEQUEIRA, C.; ROCHA, F.; DUARTE, A.C. Evaluation of the ecological effects of heavy metals on the assemblages of benthic foraminifera of the canals of Aveiro (Portugal). **Estuarine, Coastal and Shelf Science (Print).**, v.87, n.2, p.293-304, apr. 2010.

MURRAY J. **Ecology and applications of benthic foraminifera.** Englan: Cambridge University Press, 2006. 426p.

ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.**, v.7, n.2, p.65-82, 2Sem. 2007.

QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. **Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal e desenvolvimento de processos tecnológicos aplicáveis a remediação dessas zonas: subsídios a um programa de prevenção de impactos em áreas com potencial para atividades petrolíferas na região litoral sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL).** Salvador: EDUFBA, 2013. 148p. (Relatório técnico)

REEF, R.; FELLER, I.C.; LOVELOCK, C.E. Nutrition of mangroves. **Tree Physiology**., v.30, p.1148-1160, 2010.

RODRIGUES, A.R.; MALUF, J.C.C.; BRAGA, E.S.; EICHLER, B.B. Recent benthic foraminiferal distribution and related environmental factors in Ezcurra Inlet (King George Island, Antarctica). **Antarctic Science**., v.22, n.4, p.343-360, 2010.

SARASWAT, R.; KOUTHANKER, M.; KURTARKAR, S.R.; NIGAM, R.; NAQVI, S.W.A.; LINSKY, V.N. Effect of salinity induced pH/alkalinity changes on benthic foraminifera: A laboratory culture experiment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**., v.153, p.96-107, feb. 2015.

SANTOS, L.C.M.; MATOS, H.R.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CUNHA-LIGNON, M.; BITENCOURT, M.D.; KOEDAM, N.; DAHDOUH-GUEBAS, F.E. Anthroógenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. **Ocean e Coastal Management**., v.89, p.39-50, 2014.

SATYANARAYANA. B.; MULDER. S.; JAYATISSA. L.P.; DAHDOUH-GUEBAS. F. Are the mangroves in the Galle-Unawatuna area (Sri Lanka) at risk? A social-ecological approach involving local stakeholders for a better conservation policy. **Ocean e Coastal Management**., v.71, p.225-237, 2013.

SANTOS, L.C.; CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CITRÓN-MORELO, G. Long-term effects of oil pollution in mangrove forests (Baixada Santista, Southeast Brazil) detected using a GIS-Based multitemporal analysis of aerial photographs. **Brazilian Journal of Oceanography**., v.60, p.161-172, 2012.

SEMENSATTO-JR., D.L.; FUNO, R.H.F.; DIAS-BRITO, D.; COELHO-JR., C. Foraminiferal ecological zonation along a Brazilian mangrove transect: Diversity, morphotypes and the influence of subaerial exposure time. **Revue de Micropaléontologie**., v.52, p.67-74, 2009.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S. Estudo multidisciplinar (geoquímica e associações de foraminíferos) para caracterizar e avaliar intervenções antrópicas na Baía do Araçá. **Geociências**., v.11, n.1, p.113-136, abr. 2011.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S.; PRADA, S.M.; LAMPARELLI, C.C.; BEVILACQUA, J.E. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**., v.60, p.536-553, 2010.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; LAMPARELLI, C.C. Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. **Pesquisas em Geociências**., v.38, p.467-475, 2009.

VEIGA, J.E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados**., v.24, n.68, p.39-52, 2010.

ZOURARAH, B.; MAANAM, M.; ROBIN, M. Sedimentary records of anthropogenic contribution to heavy metal content in Oum Er Bia estuary (Morocco). **Environ Chem Lett.**, v.7, p.67-78, 2009.

4 RESPOSTAS DE FORAMINÍFEROS PARÁLICOS ÀS DIVERSAS FONTES DE POLUENTES: UM ESTUDO DE CASO DO CANAL E ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO PARDO, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA.

Resumo

Foraminíferos são amplamente empregados em estudos de variações ambientais antigas e recentes, provenientes de fontes naturais e abióticas, destacando-se a utilização dos mesmos como bioindicadores de estresse ambiental. Assim, associações das espécies as características de suas testas foram relacionadas as concentrações dos metais-traços do sedimento da zona de manguezal do canal estuarino do rio Pardo, litoral sul da Bahia, com o objetivo de avaliar se os níveis desses elementos estariam afetando a microfauna. Foram realizadas duas amostragens sazonais (novembro/2011, abril/2012) para a coleta de 10 amostras de sedimento de fundo no canal e 6 amostras de sedimento superficial próximo aos espécimes de *Avicennia* no manguezal, totalizando 32 amostras. Foram obtidas, para a região do canal, 467 testas de foraminíferos na primeira campanha (15,8% dos espécimes foram coletados vivos e nenhuma das testas estava malformada) pertencentes a 8 espécies, das quais destacam-se *Ammonia beccarii*; *Trochammina inflata*; *T. squamata*; *Haploprhagmoides wilberti*; *Elphidium excavatum* e *E. poeyanum*. Na segunda amostragem, registraram-se 96 testas (11,4% de vivos; 0,0% de anomalias) de 12 espécies com predomínio de *A. tepida*; *T. inflata*; *H. wilberti*; *A. beccarii*; *E. excavatum* e *T. squamata*. Já na zona de manguezal, na primeira campanha, foram obtidas 157 testas (9,5% de vivos; 0,6% de anômalos) de 8 espécies com destaque para *H. wilberti*; *T. inflata*; *T. squamata* e *Quinqueloculina fusca*. Na segunda campanha, foram registradas apenas 43 testas (16,27% de vivos; 0,0% de anomalias) e 4 espécies: *H. wilberti*; *T. inflata*; *E. excavatum* e *A. beccarii*. O metal chumbo nos pontos 2, 3, 5 e 6 (primeira campanha) e pontos 1, 5 e 6 (segunda campanha) foi o único que apresentou elevadas concentrações para a Zona de Manguezal rio Pardo, segundo limites de referência Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME, 1998). Assim, *A. beccarii* e *E. excavatum* são espécies oportunistas muito frequentes em ambientes impactados, mas que, provavelmente, encontram-se na região devido ao aporte de nutrientes para a região do canal e zona de manguezal. Já as espécies *H. wilberti* e *T. inflata* são comuns no manguezal, por causa do predomínio de sedimentos de menor granulometria e consequente aporte de nutrientes e *M. fusca* devido a sua preferência por sedimentos lodosos.

Palavras Chaves: Foraminíferos, metais traços, Estuários, Brasil

INTRODUÇÃO

A zona costeira estende-se desde os limites dos estuários até as zonas de manguezal, correspondendo a um dos elos controladores dos fluxos e destinos de água e matéria do ambiente (KNOPPERS et al., 2006). Os estuários, particularmente, apresentam uma característica bastante dinâmica, resultante da interação e variabilidade temporal consequente

da incidência das correntes marítimas e do aporte fluvial (FÉLIX et al., 2012). Embora esse ambiente contribua significativamente para produção primária oceânica, como reatores na produção biogênica na interface terra-mar, os fluxos de águas e matéria orgânica para as zonas costeiras vêm sendo alterados devido às ações antrópicas, a exemplo do manejo de bacias de drenagens, construções de portos fluviais, atividades pesqueiras e recreativas, além da crescente urbanização, causado pelo aumento populacional (SANTOS et al., 2013).

Outro ambiente impactado por ações antropogênicas são as zonas de manguezal que sob a ótica ambiental, é caracterizado como ecossistema tropical, que porta comunidades vegetais típicas de ambientes alagados com grandes variações de salinidade, além de funcionar como berçário e aporte de nutrientes para uma enorme quantidade de espécies animais e vegetais (SATYANARAYANA et al., 2013). Além disso, o ecossistema manguezal é responsável por mais de 10% do aporte de carbono orgânico dissolvido, resultante dos processos do ciclo biogeoquímico que flui da terra para o mar (STIEGLITZ et al., 2013). No entanto, nos últimos dois séculos, o desenvolvimento industrial, o crescimento da população e o desenvolvimento do turismo culminaram em uma ocupação desordenada das regiões litorâneas que, por vezes, podem ser justificadas por questões econômicas (LOSADA, 2012).

Assim, existem diversas maneiras de estudar e caracterizar as condições desse ecossistema, mas a mais eficazmente utilizada é aquela que reúne análises biogeoquímicas dos organismos aquáticos e análises geoquímicas dos sedimentos a estudos de bioindicadores (DAUVIN, 2007). Dentre esses, destacam-se os foraminíferos parálicos por sua elevada sensibilidade às alterações físicas e químicas do ambiente, a fim de entender a dinâmica natural dos ecossistemas e também detectar alterações antrópicas promovidas nesses ambientes (FRONTALINI et al., 2008; TEODORO et al., 2009; 2010; 2011; EICHLER et al., 2012).

Deste modo, este trabalho teve como objetivo descrever as condições dominantes no canal estuarino e na zona de manguezal do rio Pardo, litoral sul do Estado da Bahia, através do estudo das características dos foraminíferos parálicos e dados geoquímicos do sedimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

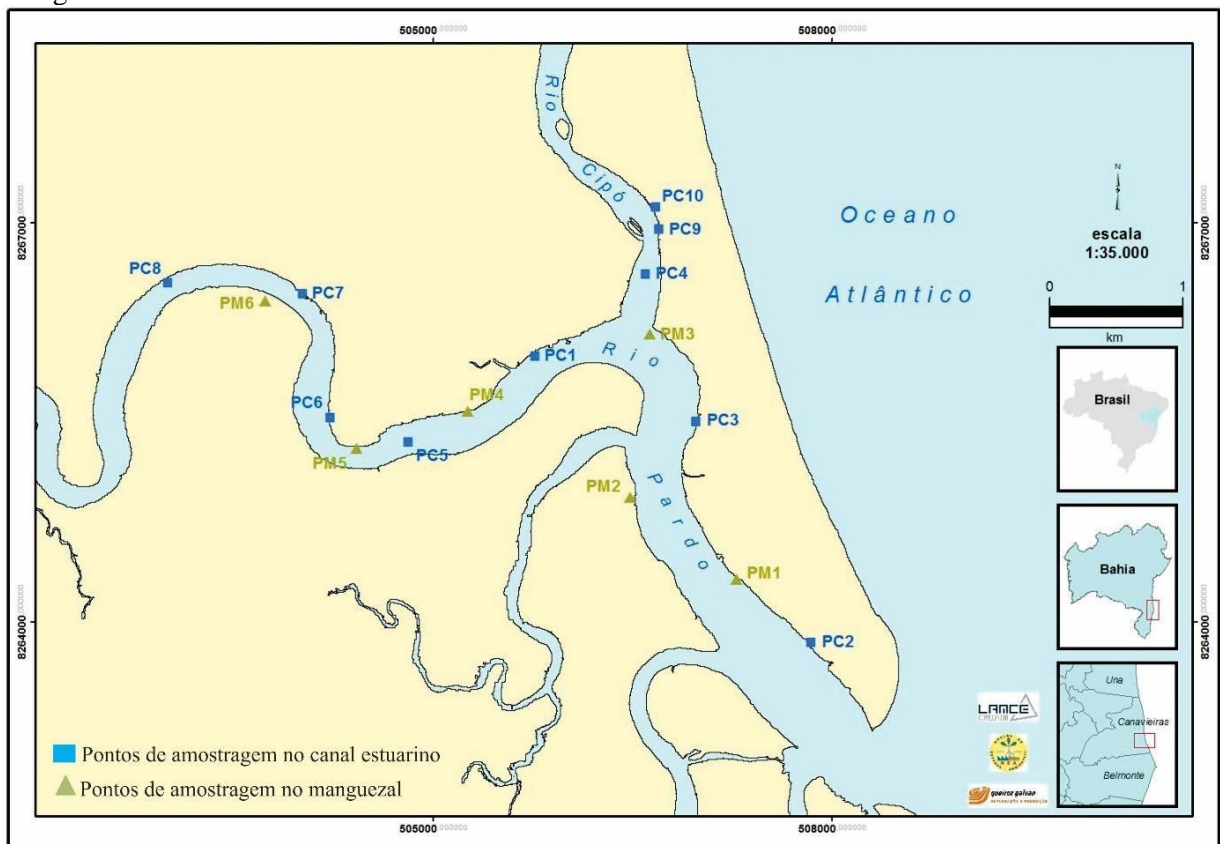
A área de estudo corresponde ao canal e à zona de manguezal do estuário do rio Pardo, cujas margens localizam-se, no município de Canavieiras, situado na Costa do Dendê, litoral sul do Estado da Bahia (Figura 4.1).

A bacia do rio Pardo nasce no município de Rio Pardo de Minas, a uma altitude de 750 m, no Estado de Minas Gerais, e possui uma extensão de 565 km (XAVIER, 2009). Drena 27 municípios do sudeste do Estado da Bahia (PERH-BA, 2003), concluindo o seu curso no município de Canavieiras (15°41'S e 38°57'W), o qual tem uma população de 33.570 habitantes e apresenta uma área de 1.326,931km² cujo manguezal abrange 0,07403 km² (5,4% da área total do município) (IBGE, 2014).

Na região estuarina, são encontrados solos aluviais, provavelmente onde se implantaram os primeiros plantios cacauzeiros do Brasil e areias costeiras. São encontradas também ilhas costeiras, destacando-se as ilhas de Passagem, pela extensão da área, e de Atalaia, cujas praias constituem o atrativo turístico da cidade de Canavieiras (AGUIAR et al., 2011).

As áreas de manguezal são cortadas por canais de maré e formam um complexo estuarino que conecta as fozes dos rios Pardo e Jequitinhonha. Além dos canais de maré, a forte ação erosiva dos rios Pardo e Jequitinhonha promove a expansão dos terraços fluviais, os quais foram ocupados pela floresta (SANTOS et al., 2002).

Figura 4.1 – Mapa de localização do Município de Canavieiras e dos pontos de amostragem no canal e manguezal



Fonte: QUEIROZ; OLIVEIRA, 2013.

Procedimento amostral

Foram realizadas duas coletas - uma no período de estiagem (25/11/2011) e a outra no início da estação chuvosa (23/04/2012) para a obtenção de 32 amostras de sedimento superficial em 10 pontos distribuídos no canal estuarino do rio Pardo e em 6 pontos nas proximidades de espécimes de *Avicennia* em zonas de manguezal do município de Canavieiras (Figura 4.1).

As amostras de sedimento superficial de manguezal foram coletadas manualmente, mas as de sedimento do canal estuarino foram obtidas com o auxílio de uma draga tipo van Veen (Figura 2A). Em ambos os casos, foram coletados dois grupos de amostras: um destinado ao estudo dos foraminíferos e outro às análises granulométricas e geoquímicas do sedimento. As amostras do primeiro grupo foram acondicionadas em frascos plásticos com tampa rosqueada e à elas foi adicionado o corante Rosa de Bengala, para fixação dos indivíduos vivos capturados no ato da coleta (TEODORO et al., 2009), sendo mantidas refrigeradas até o momento da análise laboratoriais (Figura 4.2B). Já as amostras do segundo grupo, foram armazenadas em recipientes de alumínio e congeladas até o seu processamento no laboratório.

Durante as coletas foram registrados os parâmetros físico-químicos (salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido) da água do canal estuarino e água intersticial do manguezal e (pH e Eh) do sedimento do canal e do manguezal, utilizando-se sondas multiparamétricas.

Análises da fauna de foraminíferos

Nos Laboratórios do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) (Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia), as amostras destinadas ao estudo dos foraminíferos foram lavadas sob água corrente e levadas à estufa a 60°C por 3 dias (Figuras 4.2C e 4.2D). Após a secagem, cerca de 3g do sedimento foi vertido em béqueres, nos quais foi adicionado Tricloroetileno para a separação das testas do sedimento por flotação (DONNICI et al., 2012) (Figura 4.2E). Em seguida, o sobrenadante foi entornado em papel filtro e deixado na estufa por aproximadamente 5 minutos para secagem.

Figura 4.2 – Procedimentos de coleta e análise laboratoriais das amostras de sedimento



No Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos (LGEF), com o auxílio de um estereomicroscópio, as testas foram retiradas do papel de filtro e fixadas com cola orgânica em lâminas para microfósseis. A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada e, durante este procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração e o estado de preservação (MACHADO et al., 2012) (Figura 4.2F). Também foi registrada, quando presente, a ocorrência de anomalias nas testas.

Análises do sedimento

Os resultados das análises do sedimento do canal e do manguezal do rio Pardo foram fornecidos por pesquisadores do NEA, de modo que os procedimentos para a realização das análises granulométricas, de fósforo assimilável, matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total e metais encontram-se descritos em Celino et al. (2014), Escobar et al. (2014) e Cruz (2012).

Análises estatísticas

Para as análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculadas a abundância relativa e a frequência relativa e de ocorrência (AB'SABER et al., 1997). A

frequência relativa (F) é definida como a razão entre o número de indivíduos de uma categoria (n) e o total de indivíduos de todas as categorias (T), expresso em porcentagem, a saber

$$F = n \cdot \frac{100}{T}$$

Foram adotadas, segundo Dajoz (1983), as seguintes classes: principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1%).

A frequência de ocorrência baseia-se no número de ocorrências de uma categoria (p), em relação ao número total de amostra (P) (AB'SABER et al., 1997)

$$C = p \cdot \frac{100}{P}$$

Sendo adotada a classificação de Dajoz (1983), para a avaliação da frequência de ocorrência, ou seja, constante (ocorrências >50%), acessória (49-25%) e acidental (<24%).

Além disso, com auxílio do programa Primer 6.0, foram calculados os índices de riqueza (índice de Margalef), equitatividade (índice de Pielou) diversidade (índice de Shannon-Wiener) (CLARKE; WARWICK, 2001). Para o estabelecimento da relação entre a distribuição dos foraminíferos e as variáveis ambientais, os resultados faunísticos foram reunidos aos dos parâmetros físico-químicos e das análises granulométrica e geoquímica para a elaboração de uma matriz de dados, a partir da qual foram realizadas as análises de componentes principais no programa Statistica 7.0 (StatSoft, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados, neste estudo, apresentaram uma anomalia pluviométrica, nos meses das amostragens, de modo que esta apresentou um maior índice pluviométrico (332mm mensal) durante a primeira campanha (nov 2011), comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem (abr 2012) a taxa pluviométrica foi reduzida (50mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca (ESCOBAR, 2013), o que certamente influenciou os valores de salinidade, temperatura e dos demais parâmetros registrados durante as coletas. Assim, apenas para fins deste trabalho, a primeira campanha será considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

Canal estuarino do rio Pardo: parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados apresentaram-se em conformidade com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e com base nos dados de salinidade, sugere uma classificação da água do canal estuarino do rio Pardo como salobra na primeira e salina na segunda campanha (BRASIL, 2005) (Figura 4.3). Diferente do esperado, os valores de salinidade e de temperatura foram menores na primeira (0,1 e 16,9 ups e 25,3 e 28,5 °C em nov/2011) do que na segunda (1,7 e 31,0ups e 26,4 e 29,2°C em abr/2012) campanha de amostragem (Figura 4.3). Isto porque, nos meses das amostragens, houve uma anomalia no regime pluviométrico da região, de modo que esta apresentou um elevado índice pluviométrico (332 mm mensal) durante a primeira campanha, comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem a taxa pluviométrica foi reduzida (50 mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca (ESCOBAR, 2013). Tal comportamento influenciou significativamente os dados de salinidade, temperatura e dos demais parâmetros registrados durante as coletas, o mesmo foi verificado por Rolls (et al., 2012) em seu trabalho.

Em relação aos valores de oxigênio dissolvido, foram observadas variações de (12,7 a 20,6 mg/L⁻¹, nos pontos 3 e 9, na primeira campanha, respectivamente, e 4,7 a 7,0 mg/L⁻¹, nos pontos 3 e 7, na segunda campanha, respectivamente) (Figura 4.3), visto que, os baixos valores de oxigênio dissolvido registrado na estação seca, possivelmente, estajam relacionados com a redução do volume de água e elevação da temperatura no mês da amostragem (AZEVEDO et al., 2011).

Os valores de pH do sedimento estavam ácidos a levemente neutro tanto na primeira (4,2 no ponto 7 a 7,3 no ponto 1) quanto na segunda campanha (6,2 no ponto 2 a 7,2 no ponto 8) (Figura 4.3). Na primeira campanha, quando se analisa a localização dos pontos de coleta no estuário, constata-se condições levemente ácidas a partir do ponto 5, já que os pontos à montante sofrem maior influência dos ácidos húmicos oriundos da decomposição da matéria orgânica do manguezal (BALDOTTO et al., 2011). Na segunda campanha, todos os pontos, foram registradas condições levemente ácidas, indicando aumento da concentração dos compostos ácidos em virtude da diminuição da vazão pluvial (Figura 4.3). Para os valores de Eh do sedimento, na primeira campanha foram obtidos valores negativos até o ponto 6 (-32,0 mV, -26,0 mV, -29,0 mV, -31,0 mV, -8,0 mV e -9,0 mV) e no ponto 9 (-1,0 mV), classificando-os como um ambiente redutor, enquanto que os pontos 7 (143,0 mV), 8 (110,0 mV) e 10 (14,0 mV) estavam sob condições oxidantes. Já na segunda campanha, apenas os pontos 2 (-23,0

mV), 5 (-25,0 mV), 6 (-21,0 mV) e 7 (-16,0 mV) tiveram valores de Eh negativos (Figura 4.3). De fato, no período chuvoso o aumento da pluviosidade provoca reduções do potencial redox (MESSIAS et al., 2013).

Análise do sedimento

Em ambas as amostragens, a areia fina foi a fração granulométrica predominante, indicando uma condição de baixa energia hidrodinâmica no canal (Figura 4.3).

Na estação seca (período de abr/2012), houve redução dos teores de fósforo assimilável (0,2 mg/L no ponto 2 a 689,0 mg/L no ponto 6, na primeira campanha e de 2,5 mg/L no ponto 1 a 106,4 mg/L no ponto 4 na segunda campanha), de matéria orgânica (0,1 mg/L no ponto 9 a 4,6mg/L no ponto 6, na primeira campanha e 0,1 mg/L no ponto 1 a 1,8mg/L no ponto 6, na segunda campanha) e de carbono orgânico (0,1 mg/L nos pontos 5, 9 e 10 a 2,7 mg/L no ponto 6, na primeira campanha e 0,1 mg/L nos pontos 3, 7 e 9 a 1,0 mg/L no ponto 6, na segunda campanha). Somente, os valores de nitrogênio total (0,1 mg/L no ponto 9 a 2,7 mg/L no ponto 6, na primeira campanha e 0,2 mg/L no ponto 4 a 7,0 mg/L no ponto 6, na segunda campanha) aumentaram (Tabela 4.1). Tais resultados evidenciam que as concentrações de fósforo assimilável, matéria orgânica e carbono orgânicos, provavelmente tenham sua origem em drenagens agrícolas (fontes difusas) das regiões próximas à montante, situação esta que se torna ainda mais intensa durante o período chuvoso, enquanto que o nitrogênio resulta dos efluentes urbanos e industriais (fontes pontuais), os quais ficam mais concentrados no período seco (CARVALHO et al., 2010).

O cromo é geralmente usado em ligas de aço inox, cromeações, curtumes, pigmentos, preservativos de madeira, sínteses orgânicas e alguns tipos de fertilizantes. O metal ferro é um dos elementos essenciais à vida e sua principal fonte é o intemperismo de rochas e dos solos, de modo que, altas concentrações são comumente encontradas em regiões estuarinas. O níquel ocorre naturalmente na crosta terrestre, mas a sua utilização pela indústria estende-se desde a produção de liga de níquel-cobre a pigmentos inorgânicos (FAGNANI et al., 2011). Já o cádmio, por sua vez, é considerado um metal não essencial de elevada toxicidade que costuma estar presente em altas concentrações em rochas sedimentares e fosfatos marinhos e nos sistemas aquáticos, de modo que sua presença deve-se a fatores como, por exemplo, intemperismo, erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas devido às indústrias, vazamentos em aterros e locais contaminados pelo uso de fertilizantes na agricultura (FAGNANI et al., 2011). Entretanto, Comparando-se os teores dos elementos

analisados com os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 454/2012 (BRASIL, 2012) e pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998) observou-se que a concentração de Ni, Cr, Cu, Pb e Cd no sedimento é baixa e, por isso, não deve estar contaminando de maneiras adversas à biota do canal do rio Pardo (Tabela 4.2). Porém, estas normatizações não estabelecem limites para Mn e Fe, o que inviabiliza avaliar o efeito destes elementos.

Figura 4.3 – Valores dos parâmetros físico-químicos, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido (O.D.) da água e potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (Eh) e frações granulométricas do sedimento do canal estuarino do rio Pardo, relativas às campanhas de nov/2011 (período chuvoso) e abr/2012 (período seco)

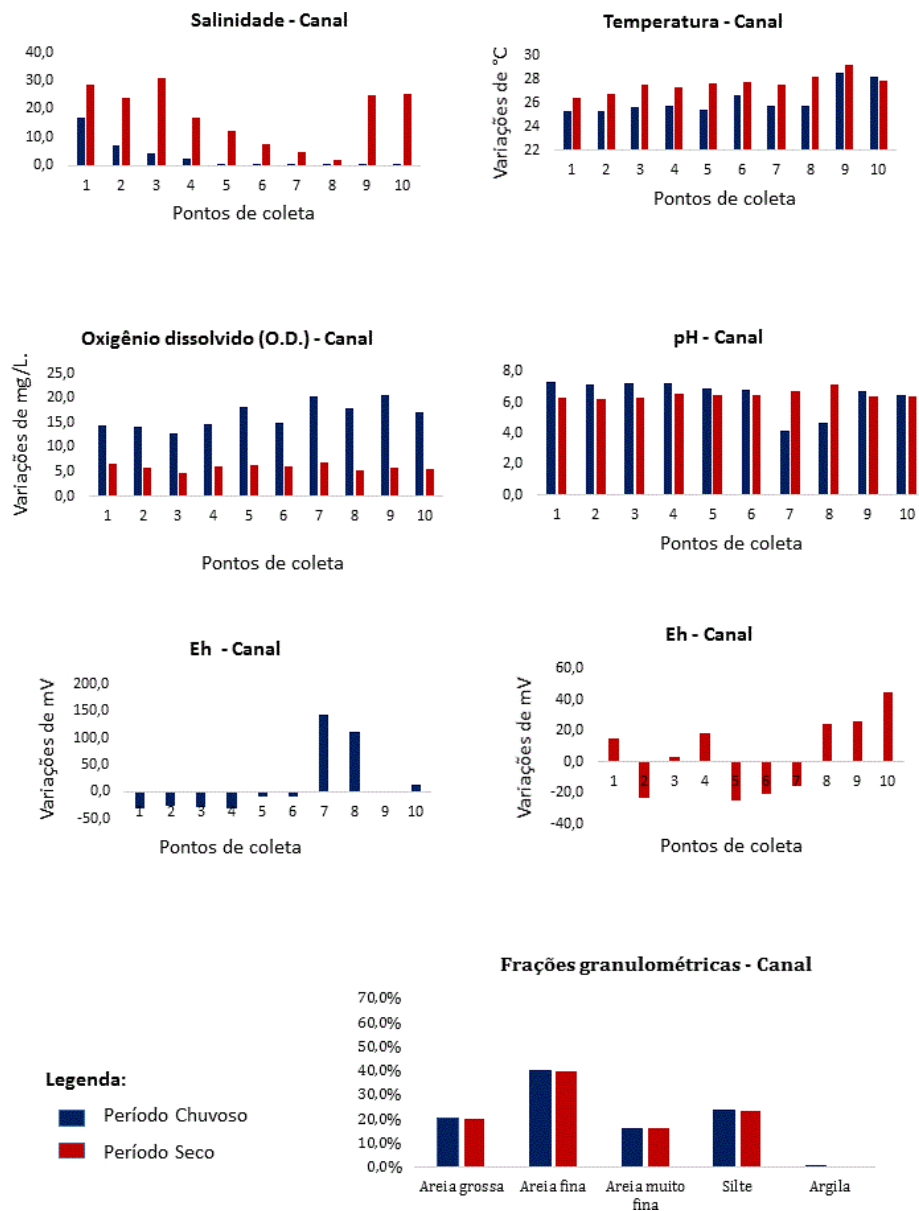


Tabela 4.1 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes da água e do sedimento do canal estuarino do rio Pardo concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e limites da Resolução 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (Brasil, 2005)

Amostras	Parâmetros da água					Análises do Sedimento							
	T (°C)	Sal (ups)	OD (mg/L ⁻¹)	pH	Eh (mV)	AG(%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)	MO (mg/L)
CPI1	25,3	16,9	14,5	7,3	-32	2,5	26,4	36,4	34,3	0,0	1,0	689	2,3
CPI2	25,3	7,1	14,2	7,2	-26	0,2	0,4	35,5	63,3	0,0	0,7	405000	3,3
CPI3	25,6	4,3	12,7	7,3	-29	22,8	61,9	9,5	5,8	0,0	1,8	437	3,9
CPI4	25,7	2,4	14,7	7,3	-31	57,6	16,5	9,4	16,4	0,0	0,3	309	1,6
CPI5	25,4	0,1	18,2	6,9	-8	18,0	70,4	7,5	4,1	0,0	0,0	274	0,2
CPI6	26,6	0,1	15,0	6,9	-9	0,5	0,0	23,5	73,8	0,0	2,7	0,2	4,6
CPI7	25,7	0,1	20,3	4,2	143	66,8	26,6	4,1	2,5	0,0	0,4	62,0	1,6
CPI8	25,7	0,1	18,0	4,7	110	65,4	24,6	3,4	5,8	0,0	0,3	58,2	0,6
CPI9	28,5	0,1	20,6	6,8	-1	18,0	70,5	7,6	4,0	0,0	0,1	18,9	0,1
CPI10	28,2	0,1	17,0	6,5	14	18,9	66,8	8,6	5,7	0,0	0,0	102,3	0,2
Média	26,2	3,1	16,5	6,5	40,3	27,1	36,4	14,6	21,6	0,0	0,7	40695,1	18,4
CPII1	26,4	28,6	6,8	6,3	15	27,3	62,7	5,6	4,5	0,0	0,5	9,9	0,0
CPII2	26,7	23,9	5,9	6,2	-23	37,6	53,8	4,8	3,8	0,0	1,7	2,5	0,7
CPII3	27,5	31,0	4,7	6,3	3	17,2	68,7	7,8	6,3	0,0	0,5	39,1	0,1
CPII4	27,3	16,7	6,2	6,5	18	47,2	46,1	3,5	3,2	0,0	0,2	106,4	0,0
CPII5	27,6	12,1	6,5	6,5	-25	12,9	56,0	13,4	17,5	0,3	3,8	49,1	0,9
CPII6	27,7	7,4	6,2	6,5	-21	5,7	46,3	18,0	29,6	0,4	7,0	79,6	1,8
CPII7	27,5	4,5	7,0	6,7	-16	6,3	0,0	24,8	67,4	1,5	1,0	22,0	0,3
CPII8	28,2	1,7	5,4	7,2	24	20,8	69,0	7,0	3,2	0,0	1,3	21,8	0,2
CPII9	29,2	25,0	5,8	6,5	26	16,3	61,1	8,8	11,9	2,0	1,5	36,8	0,2
CPII10	27,9	25,2	5,5	6,4	45	10,7	0,0	12,4	74,9	2,0	1,8	29,6	0,6
Média	27,6	17,61	6,0	6,5	4,6	20,2	46,4	10,6	22,2	0,6	1,9	39,7	4,8
CONAMA													
DOCE	<40,0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALINA	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALOBRA	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: CPII = Canal do rio Pardo da primeira campanha; T = Temperatura; Sal = Salinidade; O.D. = Oxigênio Dissolvido; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia Grossa; AF = Areia Fina; AMF = Areia Muito Fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT = Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Tabela 4.2 – Concentrações de metais (em mg. Kg⁻¹) no sedimento do canal estuarino do rio Pardo, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012) e *do Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Cu	Pb	Cd
CPI1	11,59	158,51	11479,55	15,89	6,95	8,79	0,15
CPI2	7,53	67,69	6703,02	5,85	2,56	4,30	0,00
CPI3	15,71	172,73	18917,72	21,22	7,75	9,37	0,32
CPI4	4,54	40,92	4611,31	5,50	2,72	2,80	0,00
CPI5	3,04	8,35	1120,80	0,00	0,06	0,67	0,03
CPI6	13,35	317,26	26373,81	26,33	10,5	13,39	0,09
CPI7	0,01	68,87	6396,22	7,63	2,50	3,50	0,00
CPI8	0,01	19,86	3739,74	2,00	0,01	1,76	0,02
CPI9	0,01	18,55	2272,49	0,05	0,01	1,19	0,00
CPI10	3,51	16,98	1575,51	0,76	0,01	1,33	0,00
Média	5,93	88,972	83190,17	8,523	3,307	4,71	0,061
CPII1	0,12	8,27	689,12	0,50	0,16	0,01	0,40
CPII2	0,81	55,74	2220,96	2,57	0,50	1,24	0,40
CPII3	0,32	7,30	529,60	0,30	0,08	0,01	0,41
CPII4	0,40	10,84	1188,50	0,98	0,18	0,26	0,40
CPII5	3,87	58,17	7213,64	10,22	3,30	2,87	0,58
CPII6	1,52	40,57	3860,36	4,82	1,33	1,85	0,49
CPII7	0,42	7,53	1116,23	0,38	0,27	0,01	0,40
CPII8	0,27	3,80	956,52	1,05	0,15	0,10	0,37
CPII9	0,61	32,22	1600,69	1,21	0,18	0,34	0,44
CPII10	0,68	17,31	2320,74	2,18	0,47	0,46	0,44
Média	0,902	24,175	2,169,636	2,421	0,662	0,72	0,433
LD	0,0041	500,111	0,02586	0,01632	0,00336	1,49	0,00095
CONAMA N1	20,9	n.d.	n.d.	81	34	46,70	1,20
CONAMA N2	51,6	n.d.	n.d.	370	270	218	7,20
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,3	18,7	30,20	0,70
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	108	112	4,21

Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Fauna de foraminíferos

No canal rio Pardo, no período chuvoso (nov/2011), foram obtidos 467 testas, das quais 74 corresponderam a organismos vivos. Nessa estação, foram identificadas 8 espécies, destacando-se *Ammonia beccarii* (30,6%); *Elphidium excavatum* (9,4%); *E. poeyanum* (5,1%); *Haplopragmoides wilberti* (12,2%); *Trochammina inflata* (19,5%) e *T. squamata* (12,6%) como as espécies principais (Tabela 4.3).

No período seco, foram obtidos 96 indivíduos, dos quais 11 estavam vivos. Nessa campanha, foram identificadas 12 espécies, dentre as quais *A. beccarii* (7,1%); *A. tepida* (32,1%); *E. excavatum* (7,1%); *H. wilberti* (10,7%); *T. inflata* (17,9%) e *T. squamata* (7,1%), foram consideradas principais (Tabela 4.3).

As espécies pertencentes aos gêneros *Ammonia* e *Elphidium*, são comumente encontradas em mares e oceanos, mas podem colonizar ambientes estuarinos, sendo registradas em águas salobras e em locais pouco oxigenados (MURRAY, 2006). Já as espécies *H. wilberti* (ponto 1, ponto 3, ponto 4, ponto 5 e ponto 6); *T. squamata* (ponto 1, ponto 2, ponto 4, ponto 7 e ponto 10) e *T. inflata* (ponto 1, ponto 6 e ponto 10), são comuns em ambientes estuarinos de baixa energia hidrodinâmica e tendência à hipossalinidade (BRUNO, 2013). A redução e ausência significativa das testas de foraminíferos, deve-se às elevadas concentrações de cádmio, destacando-se as espécies *Elphidium excavatum*, *A. tepida* e *A. beccarii*, como as mais tolerantes à contaminação por metais traços (Tabelas 4.1 e 4.3) (GÓMES; BERNAL, 2013).

Durante a primeira campanha, os valores de riqueza variaram de (0,7 a 1,4 na primeira e 2,1 a 2,3 – na segunda campanha), os de equitatividade variaram de (0,4 a 1,0 e 0,8 a 1,0), sendo que apenas no ponto 8 da primeira campanha houve dominância de espécies (valores inferiores a 0,5 – CLARKE; WARWICK, 2001). Os valores de diversidade oscilaram de (0,8 a 1,7 e 1,0 a 1,3) (Tabela 3), sendo estes considerados baixos quando comparados como aqueles obtidos Gomes (2010) no estuário do rio Jacuípe-BA (1,0 a 4,4), Teodoro (2009 e 2010) no Canal de São Sebastião, SP (0,3 a 2,8) e Araça (2,4 a 2,9), também próximo ao Canal de São Sebastião-SP.

A baixa diversidade de espécies de foraminíferos evidenciada no canal do rio Pardo é um fato relacionado, possivelmente a contaminação deste local por metais traços e provavelmente também, pela influência das águas mais salinas durante a segunda campanha (período seco).

Tabela 4.3 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas no canal estuarino do rio Pardo, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Canal do rio Pardo	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8	PI9	PI10	N	AR	PII1	PII2	PII3	PII4	PII5	PII6	PII7	PII8	PII9	PII10	N	AR	
<i>Ammonia beccarii</i>	46	10	22	9	2	12	0	12	3	27	143	30,6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	7,1	
<i>Ammonia tepida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	32,1	
<i>Bolivina laevigata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	
<i>Elphidium discoidale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium excavatum</i>	26	0	11	0	0	7	0	0	0	0	44	9,4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7,1	
<i>Elphidium poeyanum</i>	11	3	10	0	0	0	0	0	0	0	24	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	20	0	13	2	2	20	0	0	0	0	57	12,2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	10,7	
<i>Nonion grateloupi</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pyrgo nasuta</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Quinqueloculina fusca</i>	5	0	21	0	2	2	0	1	0	0	31	6,6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	
<i>Spirillina decorata</i>	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	1,9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	
<i>Textularia aglutinans</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0,4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	
<i>Trochammina inflata</i>	51	0	0	0	0	32	0	0	0	8	91	19,5	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	5	17,9	
<i>Triloculina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	
<i>Trochammina squamata</i>	20	9	0	10	2	0	6	0	0	12	59	12,6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7,1	
N por ponto	182	26	86	21	10	73	6	13	3	47	467	100	0	7	21	0	0	0	0	0	0	0	28	100	
Nº de espécies	8	4	6	3	4	5	1	2	1	3	-	-	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
Riqueza (Margalef)	1,4	0,9	1,1	0,7	1,4	0,9	0	0,4	0	0,5	-	-	****	2,1	2,3	****	****	****	****	****	****	****	****	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	****	0,4	****	0,9	-	-	****	1,0	0,8	****	****	****	****	****	****	****	****	-	-
Diversidade (S -Wiener)	1,7	1,1	1,6	0,8	1,0	1,2	****	0,2	****	0,9	-	-	****	1,0	1,3	****	****	****	****	****	****	****	****	-	-

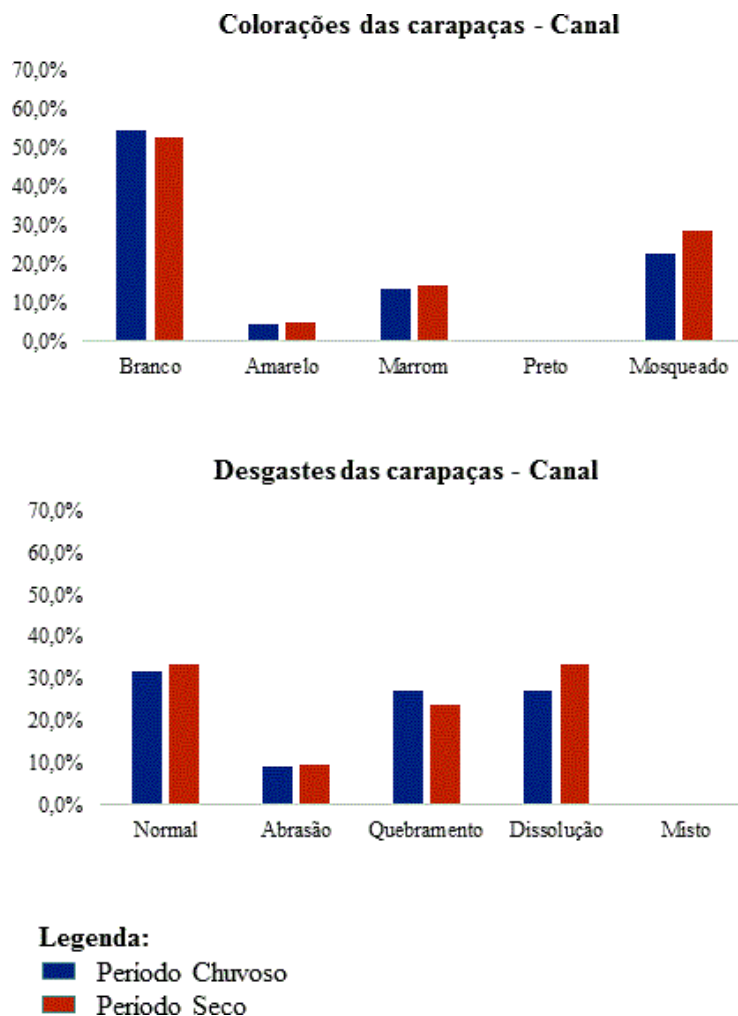
Legenda: CPII = Canal do rio Pardo da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener).

Tafonomia das testas

Em ambas as campanhas, a maioria das testas exibiu colorações brancas ou incolores (52,25% na primeira e 82,14% na segunda) ou amarelas (21,84% e 10,80%, respectivamente). Quanto ao desgaste, nas duas amostragens, 56,75% das testas estavam normais na primeira campanha, mas na segunda campanha 53,60% apresentaram sinais de abrasão (Figura 4.4).

O predomínio de testas brancas é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca. Entretanto, nesta mesma amostragem se torna predominante, indicando a existência de transportes destas testas ocasionada pelas marés (MORAES; MACHADO, 2003), o que é corroborado pelo aumento dos valores de salinidade e pela redução do número de testas das espécies *H. wilbert*, *T. squamata* e *T. inflata* (Tabelas 4.1 e 4.3).

Figura 4.4 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste das espécies de foraminíferos no canal estuarino do rio Pardo, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012

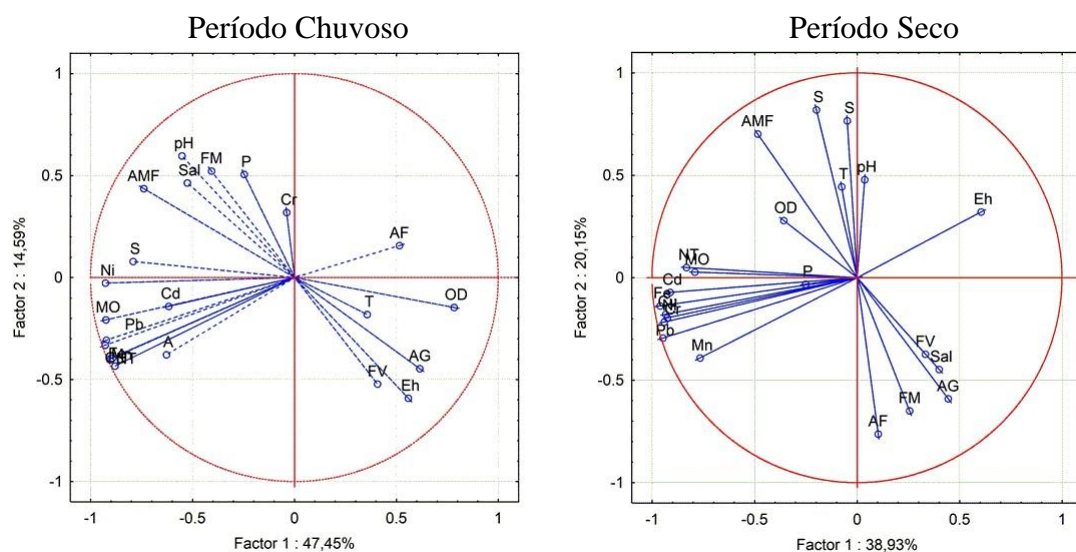


Distribuição dos foraminíferos

Na primeira campanha, a distribuição dos indivíduos vivos foi correlacionada positivamente com oxigênio dissolvido (Figura 4.5), sugerindo que estes organismos preferem ambientes bem oxigenados. Para a segunda campanha, os vivos apresentaram uma correlação positiva com a salinidade, indicando provavelmente que o aumento da salinidade favoreceu a sobrevivência das espécies (GÓMES; BERNAL, 2013).

Já a distribuição dos indivíduos mortos apresentou correlação positiva na primeira campanha com os elementos (areia muito fina>silte>fósforo) (Figura 4.5) e na segunda campanha (Figura 4.5) com areia fina, visto que, após a morte destes organismos, as testas costumam ser depositados em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde, conseqüentemente, predomina sedimentos de granulometria fina que, por sua vez, devido a tamanho reduzido, favorecem à deposição do fósforo (EICHLER et al., 2007).

Figura 4.5 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais de parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do canal estuarino do rio Pardo, concernentes as campanhas realizadas em nov/2011 e abr/2012



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total; MO = matéria orgânica.

Manguezal do estuário do rio Pardo: parâmetros físico-químicos

Com relação às águas intersticiais nas zonas de manguezal, na primeira campanha (período considerado chuvoso), os valores de salinidade nos pontos 4 a 6 foram 0,0 ups, enquanto que nos pontos 1, 2 e 3 os valores registrados foram de 20,0 ups; 5,0ups e 1,0ups,

respectivamente. Já na segunda campanha (período considerado seco), os valores da salinidade variaram de 20,0 ups a 35,0 ups nos pontos (Figura 4.6).

A temperatura durante a primeira campanha, variaram de 25,0°C a 25,8°C. Enquanto que na segunda amostragem, os valores variaram entre 25,3°C e 26,6°C (Figura 4.6).

Considerando-se o pH, o sedimento do manguezal do rio Pardo estava ligeiramente ácido a neutro em ambas as amostragens (6,3 a 7,2, na primeira campanha e 6,4 a 7,1 na segunda) (Figura 4.6), o que está dentro do esperado para zonas de manguezal, já que a decomposição das folhas do manguezal faz com que o solo apresente oscilações de pH entre 4,8 e 8,8 (BERRÊDO et al., 2008).

Os valores de Eh do sedimento foram negativos nos pontos 1 e 2, caracterizando-os como um ambiente redutor, porém a partir do ponto 3 os valores mostraram-se positivos, evidenciando um ambiente oxidante nestes locais durante a primeira campanha. Todavia, na segunda campanha, os valores foram positivos do ponto 1 ao 6, exceto no ponto 5, exibindo uma condição redutora, para esse ponto, durante o período seco (Figura 4.6).

Análise dos sedimentos

Houve predomínio das frações granulométricas silte e areia muito fina em ambos os períodos de amostragem, corroborando a condição de ambiente deposicional de baixa energia hidrodinâmica característico das zonas de manguezal (Figura 4.6).

Os altos teores de fósforo assimilável (215,0 a 770,0 mg/L na estação chuvosa e 203,5 a 290,2mg/L no período seco - Tabela 4.4), principalmente nos pontos mais à montante, indicam uma forte influência de fontes antrópicas, como efluentes domésticos e atividades de carcinicultura, emitindo dejetos ricos em fósforo que, por sua vez, são facilmente adsorvidos ao sedimento fino da região. Além disso, durante o período chuvoso, o aumento da vazão do rio remobiliza o fósforo para a coluna d'água, elevando ainda mais a sua concentração (MARTINS et al., 2011).

Os valores de nitrogênio total foram considerados baixos (0,1mg/L a 0,4mg/L na primeira campanha e 0,2 a 0,3mg/L na segunda - Tabela 4.4), sugerindo que o mesmo não provém de ações antrópicas, mas de fontes naturais a partir das produções biológicas primárias do sistema aquático, como por exemplo, processos de assimilação ou consumo pelo fitoplâncton (REEF et al., 2010).

Figura 4.6 – Valores dos parâmetros físico-químicos, salinidade, temperatura, potencial hidrogeniônico e potencial de oxirredução das águas intersticiais e percentuais das frações granulométricas do sedimento da Zona de Manguezal do estuário do rio Pardo, relativas, às campanhas de nov/2011 (período chuvoso) e abr/2012 (período seco)

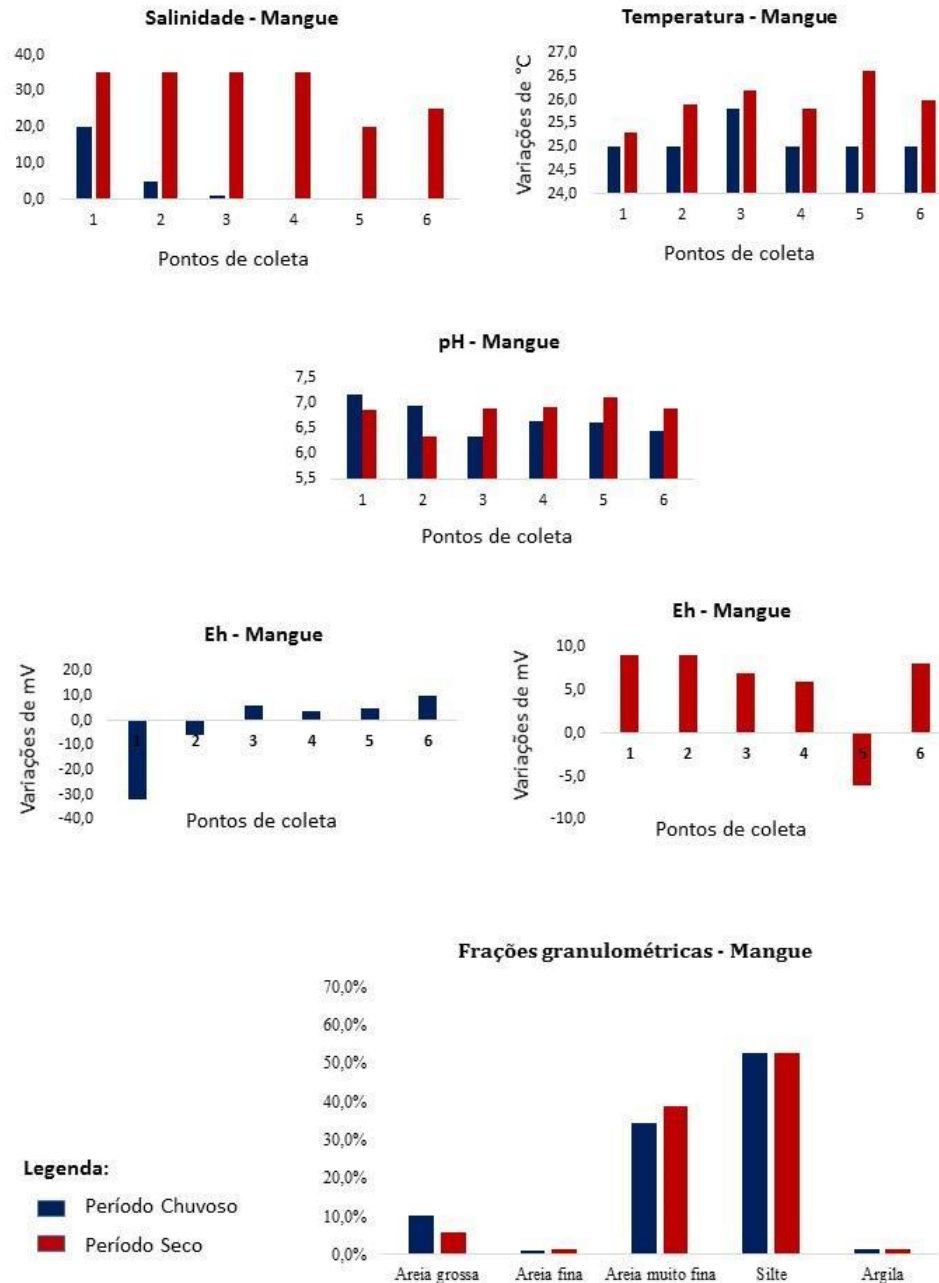


Tabela 4.4 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes da água e do sedimento da zona de manguezal do rio Pardo concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e limites Resolução 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (Brasil, 2005)

Amostras	Parâmetro da água				Análises do Sedimento						
	Sal	T (°C)	pH	Eh (mV)	AG (%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)
MPI1	20,0	25,0	7,2	-32	3,3	0,3	40,5	54,7	1,2	0,1	220
MPI2	5,0	25,0	7,0	-6	13,3	0,3	36,3	49,1	1,1	0,3	215
MPI3	1,0	25,8	6,3	6	13,1	0,0	21,8	63,4	1,8	0,3	390
MPI4	0,0	25,0	6,6	4	32,1	0,1	22,4	44,3	1,1	0,3	370
MPI5	0,0	25,0	6,6	5	32,1	0,1	22,7	44	1,2	0,3	770
MPI6	0,0	25,0	6,5	10	4,0	0,4	35,6	58,7	1,3	0,3	770
Média	2,6	15,08	4,02	6,3	9,79	0,12	17,93	31,42	0,77	0,16	273,5
MPII1	35,0	25,3	6,9	9	23,3	3,8	41,8	30,7	0,5	0,2	266,5
MPII2	35,0	25,9	6,4	9	6,1	2,0	44,3	46,9	0,7	0,0	208,1
MPII3	35,0	26,2	6,9	7	2,6	1,9	47,7	47,0	0,7	0,2	249,3
MPII4	35,0	25,8	6,9	6	1,2	1,8	44,1	51,8	1,1	0,2	257,3
MPII5	20,0	26,6	7,1	-6	0,3	0,0	25,6	71,5	2,6	0,0	203,5
MPII6	25,0	26,0	6,9	8	0,4	0,0	28,5	69,2	2,0	0,3	290,2
Média	18,5	15,58	4,11	4,5	3,39	0,95	23,2	31,71	0,76	0,09	147,49
CONAMA											
DOCE	< 5,0	<40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALINA	> 30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALOBRA	5,0 a 30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: MPII = Manguezal do rio Pardo da primeira campanha do ponto 1; Sal = Salinidade; T = Temperatura; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia grossa; AF = Areia fina; AMF = Areia muito fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT= Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente.

No que tange aos metais, comparando e analisando os resultados obtidos para as concentrações dos metais traços (Tabela 4.5), com os limites estabelecidos pelo CONAMA e CEQG, notou-se que apenas o chumbo apresentou, na primeira campanha (pontos 2, 3, 5 e 6) e na segunda campanha (pontos 1, 5 e 6), valores acima dos limites de referência, os quais podem estar relacionados à drenagem de fertilizantes e compostos químicos utilizados no desenvolvimento agrícola da região à montante (ZOURARAH et al., 2009).

Tabela 4.5 – Concentrações de metais (mg. Kg⁻¹) no sedimento da zona de manguezal do rio Pardo, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA Nº 454/2012 (Brasil, 2012) e do *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd
MPI1	5,86	120,30	10441,38	14,50	19,87	4,98	19,76	0,35
MPI2	9,96	169,96	17955,67	27,60	37,41	10,59	35,06	0,70
MPI3	10,96	138,12	19188,10	31,10	41,25	12,64	37,47	0,87
MPI4	12,00	174,01	20200,16	31,90	45,73	12,95	46,15	0,89
MPI5	11,10	202,40	19866,29	29,80	43,70	12,12	46,99	0,92
MPI6	11,41	312,56	21353,40	33,60	45,87	13,52	46,99	1,03
Média	10,21	186,22	18167,5	28,08	38,97	11,13	38,73	0,79
MPII1	13,69	295,00	21377,69	37,20	57,15	14,04	55,86	0,95
MPII2	11,50	178,31	19020,26	31,00	49,14	12,10	40,71	0,80
MPII3	11,62	266,10	20037,75	31,60	50,02	12,60	42,65	0,88
MPII4	12,30	262,84	21038,57	34,70	54,09	13,38	45,39	0,99
MPII5	13,83	191,10	23378,24	41,00	64,94	28,26	56,83	1,15
MPII6	12,05	125,36	21542,62	35,10	58,05	17,56	50,09	0,95
Média	12,49	219,78	21065,9	31,1	55,56	16,32	48,58	0,95
LD	0,004	0,001	0,02586	0,01632	0,00651	0,00336	1,49	0,00095
CONAMA N1	20,9	n.d.	n.d.	81	150	34	46,7	1,2
CONAMA N2	51,6	n.d.	n.d.	370	410	270	218	7,2
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,3	124	18,7	30,2	0,7
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	271	108	112	4,2

Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Fauna de foraminíferos

Para a primeira campanha (nov/2011), foram obtidos 157 foraminíferos, dentre os quais, 15 estavam vivos e 0,63% das testas estavam mal formadas. Foram identificadas 8 espécies, destacando-se *Haplophragmoides wilberti* (34,4%), *Trochammina inflata* (28,7%) *T. squamata* (14,7%) por serem as espécies principais e *Quinqueloculina fusca* (10,2%) (Tabela 4.6). A ocorrência dessas espécies indica um ambiente com predomínio de sedimentação fina e elevado conteúdo orgânico (MACHADO et al., 2012). Na segunda amostragem (abr/2012), foram obtidos 43 foraminíferos, das quais 7 estavam vivos. Foram identificadas 7 espécies, destacando-se *H. wilberti* (30,2%), *T. inflata* (27,9%), *Elphidium excavatum* (23,3%), *Ammonia beccarii* (7,0%). De acordo com Debenay et al. (2000) a espécie *T. inflata* associa-se aos sistemas radiculares do manguezal, que por sua vez, são ricos em matéria orgânica, condição ambiental preferencial da espécie *H. wilberti*. No presente trabalho, durante a segunda campanha, as maiores percentagens das testas obtidas na zona de manguezal foram justamente de *H. wilberti* e *T. inflata*, corroborando com os dados daqueles autores. Além disso, a redução significativa do número de foraminíferos na segunda campanha deve-se, possivelmente, às elevadas concentrações dos metais traços na região, destacando-se *A. beccarii* e *E. excavatum*, como as espécies mais tolerante aos teores dos metais traços nos sedimentos (GÓMES; BERNAL, 2013).

Os valores de riqueza foram maiores na segunda amostragem (0,6 a 1,4 no período chuvoso e 1,1 a 1,4 na estação seca – Tabela 4.6), mas em ambas as campanhas, os índices de equitatividade estiveram acima 0,5, indicando ausência de dominância (CLARKE; WARWICK, 2001). A diversidade foi levemente menor na estação seca (0,8 a 1,3 na primeira campanha e 0,3 a 1,2 na segunda) (Tabela 4.6). Entretanto, esses valores foram considerados altos, quando em comparação aos dados obtidos por Semensatto-Jr (et al, 2009) em um estudo realizado dentro de um ambiente de manguezal, situado ao norte da Ilha do Cardoso, Baía de Cananéia-Iguape-SP (0,2 a 0,6). Assim sendo, o elevado valor de riqueza, no período seco pode estar relacionado a tolerância de algumas espécies à contaminação por metais traço (Tabelas 4.3 e 4.6).

Tabela 4.6 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas na zona de manguezal do estuário do rio Pardo, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Manguezal do rio Pardo	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	N	AR	PII1	PII2	PII3	PII4	PII5	PII6	N	AR
<i>Ammonia beccarii</i>	1	0	0	0	3	0	4	2,6	2	0	1	0	0	0	3	7
<i>Bolivina laevigata</i>	0	0	1	0	0	0	1	0,6	2	0	0	0	0	0	2	4,7
<i>Elphidium discoidale</i>	0	0	4	0	0	0	4	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium excavatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	10	23,3
<i>Elphidium poeyanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globigerina parchyderma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2,3
<i>Globigerina trilobus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	4,7
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	2	19	19	14	0	0	54	34,4	11	0	0	0	1	1	13	30,2
<i>Nonion grateloupi</i>	1	0	1	0	0	0	2	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrgo nasuta</i>	0	0	0	5	0	0	5	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quinqueloculina fusca</i>	0	0	0	16	0	0	16	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Textularia aglutinans</i>	0	0	3	0	0	0	3	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triloculina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trochammina inflata</i>	0	12	31	0	0	2	45	28,7	9	3	0	0	0	0	12	27,9
<i>Trochammina squamata</i>	0	4	19	0	0	0	23	14,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	35	78	35	3	2	157	100	33	6	2	0	1	1	43	100
Nº de Espécies	3	3	7	3	1	1	-	-	5	3	2	0	1	1	-	-
Riqueza (Margalef)	1,4	0,6	1,4	0,6	0	0	-	-	1,1	1,1	1,4	****	****	****	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,9	0,9	0,7	0,9	****	****	-	-	0,9	0,9	1	****	****	****	-	-
Diversidade (S -Wiener)	0,6	0,8	1,3	0,9	****	****	-	-	1,2	0,7	0,3	****	0	0	-	-

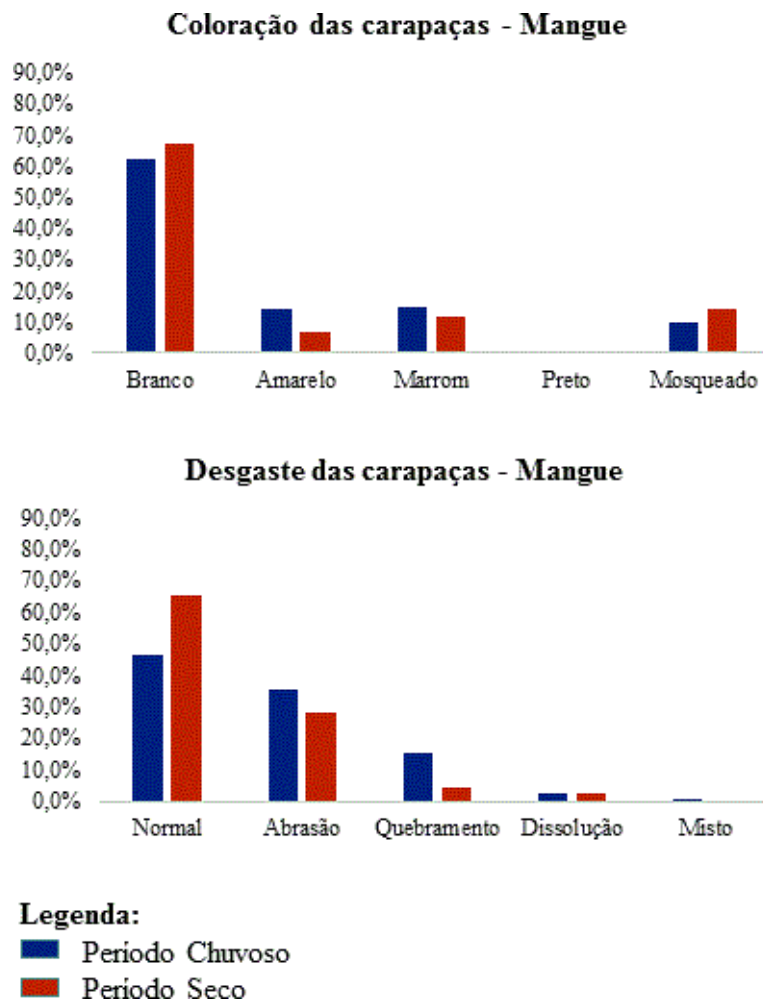
Legenda: MPII = Mangue do rio Pardo da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener).

Tafonomia das testas

Nos dois períodos de amostragem, a maioria das testas exibiu colorações brancas ou incolores (62,42 % na primeira e 67,44% na segunda) ou marrons (14,65% e 11,62%). Quanto ao desgaste, nas duas amostragens, 46,50% e 65,11% das testas estavam normais, embora 35,67% e 28,00% apresentaram abrasão (Figura 4.7). Assim como ocorreu no canal estuarino, o domínio de testas brancas resulta da adição rápida de testas novas ao sedimento (MACHADO et al., 1989), o que é confirmado pelo predomínio de testas normais (Figura 4.7).

Durante a primeira campanha, houve um alto percentual de testas abrasadas, condição indicadora de ambientes de alta energia. Entretanto, a presença da espécie *A. beccarii*, típica de ambientes estuarinos, evidencia um possível transporte de testas para dentro do manguezal, justificando os elevados teores de testas abrasadas nesta região (GÓMES; BERNAL, 2013).

Figura 4.7 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste das espécies de foraminíferos na zona de manguezal do rio Pardo, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012

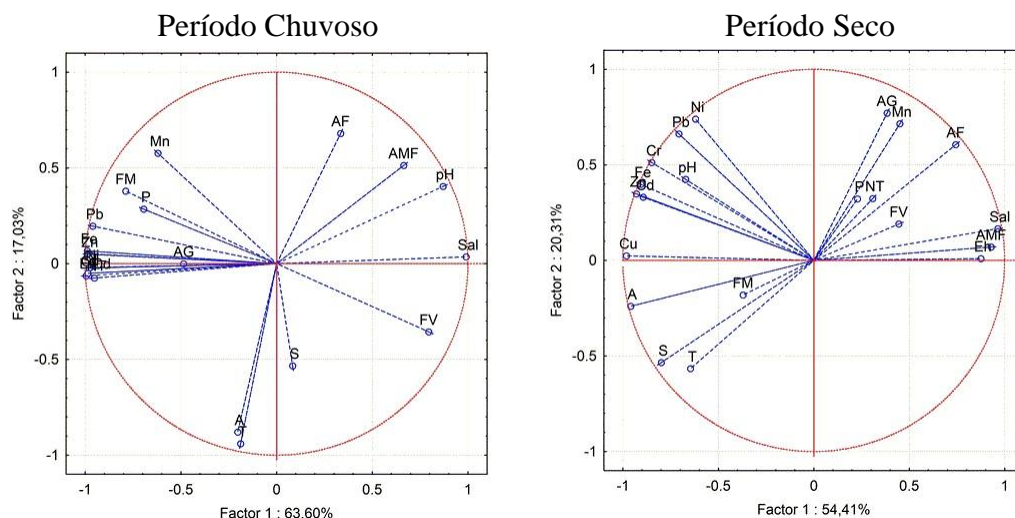


Distribuição das testas dos foraminíferos

O resultado da análise de correlação na primeira campanha, indica que houve correlação positiva com a fração silte, enquanto que na segunda campanha houve uma correlação positiva significativa entre os componentes areia fina, areia muito fina, salinidade, Eh, nitrogênio total e fósforo assimilável. Tais relações sugerem que as características granulométricas da região (frações de menores granulometrias) apresentam um maior aporte de conteúdo orgânico e devido ao tamanho reduzido dos grãos (ALCÂNTARA et al., 2011), conseqüentemente, favorecem as associações entre as espécies de foraminíferos vivos com a textura do sedimento (Figura 8).

Os mortos correlacionaram-se positivamente na primeira campanha com fósforo assimilável e os metais traços Mn e Pb. Já na segunda campanha, os indivíduos mortos apresentaram uma correlação positiva com as frações silte e argila (Figura 8). Isto ocorre, porque após a morte, os organismos tendem a se depositarem em ambientes de menor energia hidrodinâmica, no qual predominam as frações areia fina, silte e argila, estas por sua vez, devido as suas características texturais (granulometria fina) apresentam um maior conteúdo orgânico e favorecem as adsorções dos metais traços no sedimento (ONOFRE et al., 2007). Além disso, possivelmente as contaminações por metais traços na segunda campanha, favoreceu a redução das testas de foraminíferos comprometendo a sobrevivência destes indivíduos.

Figura 4.8 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais, baseada em parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do sedimento da zona de manguezal do rio Pardo, concernentes às campanhas realizadas em nov/2011 e abr/2012



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total; MO = matéria orgânica.

CONCLUSÕES

O canal estuarino do rio Pardo é constituído por águas salobras (0,1 a 16,9 - primeira campanha) e salinas (31,0 a 1,7 – segunda campanha) bem oxigenadas, mas os valores de salinidade e de temperatura foram menores em novembro de 2011 do que em abril de 2012 devido a uma anomalia no regime pluviométrico da região, de modo que, ao contrário do esperado, a primeira campanha foi considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

O pH dos sedimentos da região em estudo variou de ácido a neutro e mostrou-se predominantemente redutor no período chuvoso e oxidante no período seco. A areia fina foi a fração granulométrica predominante, confirmando a expectativa de uma condição de baixa energia hidrodinâmica no canal.

As concentrações de fósforo assimilável, matéria orgânica, carbono orgânico, níquel, cromo e ferro no canal podem ser oriundas de efluentes urbanos e da drenagem de áreas agrícolas à montante, principalmente durante o período chuvoso, enquanto que o nitrogênio pode estar associado a efluentes urbanos e industriais. Por outro lado, enquanto que as concentrações de cádmio provavelmente são oriundas de material marinho, visto que os pontos com os elevados teores localizavam-se na foz do canal.

No canal rio Pardo, no período chuvoso, foram obtidos 467 testas, geralmente representadas pelas espécies *Ammonia beccarii* (30,6%), *Elphidium excavatum* (9,4%), *E. poeyanum* (5,1%), *Haplopragmoides wilberti* (12,2%), *Trochammina inflata* (19,5%) e *T. squamata* (12,6%); já no período seco, foram obtidos 96 indivíduos, principalmente de *A. beccarii* (7,1%); *A. tepida* (32,1%); *E. excavatum* (7,1%); *H. wilberti* (10,7%); *T. inflata* (17,9%) e *T. squamata* (7,1%), sendo que a presença dos gêneros *Ammonia* e *Elphidium* no ponto (período chuvoso) indicam uma gradual transição a partir das condições marinhas, com um elevado teor de salinidade, possivelmente devido ao período de maior comunicação com o mar, enquanto que a ocorrência das espécies *H. wilberti*, *T. squamata* e *T. inflata* indicam ambientes estuarinos de baixa energia hidrodinâmica e tendência à hipossalidade nos demais pontos ao longo do canal. Já no período seco (segunda campanha), a redução e ausência significativa das testas de foraminíferos, devem-se possivelmente, às elevadas concentrações de cádmio, destacando-se a espécie *Elphidium excavatum* como a mais tolerante a contaminação por metais traços, seguida por *A. tepida* e *A. beccarii*, nesta ordem.

O predomínio de testas brancas é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca, o que é corroborado pelo domínio de testas normais.

Na primeira campanha, a distribuição dos indivíduos vivos foi correlacionada positivamente com oxigênio dissolvido, sugerindo que estes organismos preferem ambientes bem oxigenados. Para a segunda campanha, os vivos apresentaram uma correlação positiva com a salinidade, indicando provavelmente que o aumento da salinidade favoreceu a sobrevivência das espécies.

Já a distribuição dos indivíduos mortos apresentou correlação positiva na primeira campanha com os elementos (areia muito fina>silte>fósforo) e na segunda campanha com areia fina, visto que, após a morte destes organismos, as testas costumam ser depositadas em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde, conseqüentemente, predomina sedimentos de granulometria fina que, por sua vez, devido a tamanho reduzido, favorecem à deposição do fósforo.

Para a zona de manguezal do canal estuarino do rio Pardo não houve aferição dos valores de salinidade e temperatura, durante a primeira campanha devido a problemas com o equipamento, mas de acordo com os valores aferidos no período seco, foram percebidas elevadas salinidades (20,0ups a 35,0 ups) e temperaturas (25,3°C a 26,6°C) devido à uma anomalia no regime pluviométrico da região, de modo que, ao contrário do esperado, a primeira campanha foi considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

O sedimento da região é ligeiramente ácido a neutro e predominantemente oxidante em ambos os períodos amostrais. As frações areia muito fina e silte foram as composições granulométricas predominantes, confirmando uma condição de ambiente deposicional de menor energia hidrodinâmica.

As concentrações de fósforo assimilável, resultam possivelmente de efluentes domésticos e atividades de carcinicultura próximos à montante, assim como as concentrações de cádmio, cromo, chumbo, ferro e zinco, que devem estar se originando das drenagens agrícolas, principalmente no período chuvoso, enquanto que o níquel talvez são obtidos como resultados das atividades de mineração e descartes industriais na região. Enquanto que o nitrogênio resulta de produções biológicas primárias do sistema aquático. Na zona de manguezal do canal do rio Pardo, no período chuvoso, foram obtidos 157 foraminíferos, representados por *Haplophragmoides wilberti* (34,4%), *Quinqueloculina fusca* (10,2%), *Trochammina inflata* (28,7%) e *T. squamata* (14,7%); já no período seco, foram obtidos 43

foraminíferos, principalmente *Ammonia beccarii* (7,0%), *Elphidium excavatum* (23,3%), *H. wilberti* (30,2%) e *T. inflata* (27,9%), sendo que a ocorrência dessas espécies indica um ambiente com predomínio de sedimentação fina e elevado conteúdo orgânico. Enquanto que as reduções significativas de foraminíferos na segunda campanha, devem-se, possivelmente, as elevadas concentrações dos metais traços, destacando-se as espécies *A. beccarii* e *E. excavatum*, como as mais tolerantes aos teores dos metais traços nos sedimentos. O predomínio de testas brancas é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca, o que é corroborado pelo domínio de testas normais.

Nas duas campanhas, o resultado da análise de correlação indica que a distribuição dos indivíduos vivos relaciona-se positivamente com os teores das menores frações granulométricas (areia fina, areia muito fina e silte) e nitrogênio total e fósforo assimilável para segunda campanha, evidenciando que locais com sedimentação fina, possuem maior conteúdo orgânico e conseqüentemente uma associação direta entre a textura do sedimento e os foraminíferos bentônicos. Já a distribuição dos indivíduos mortos apresentou correlação positiva com os elementos (argila>silte>fósforo) visto que, após a morte desses organismos, as testas costumam ser depositados em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde, conseqüentemente, predomina sedimentos de granulometria fina, que por sua vez, favorecem a deposição do fósforo, devido ao tamanho reduzido dos seus grãos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.S.; BRAGA, E.S.; FAVARO, D.T.; PERRETTI, A.R.; REZENDE, C.E.; SOUZA, C.M.M. Total mercury in sediments and in Brazilian Ariidae catfish from two estuaries under different anthropogenic influence. **Marine Pollution Bulletin.**, v.62, n.12, p.2724-2731, dec 2011.
- AGUIAR, P.C.B.; MOREAU, A.M.S.S.; FONTES, E.O. Impactos na dinâmica ambiental do município de Canavieiras (BA) tendo a Resex como fator de influência. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino.**, v.2, n.1, p.61-78, 1ºSem 2011.
- BRUNO, R.L.M. Reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, RJ, com base em foraminíferos bentônicos. **Pesquisas em Geociências.**, v.40, n.3, p.259-273, set./dez. 2013.
- BALDOTTO, M.A.; CANELLAS, L.P.; ROSA, R.C.C.; RANGEL, T.P.; SALOMÃO, M.S.M.B.; REZENDE, C.E. Capacidade de oxidação como índice de estabilidade da matéria orgânica de sedimentos de acordo com gradiente fluvial-estuarino do rio Paraíba do Sul. **Química Nova.**, v.34, n.6, p.973-978, abr. 2011.

BARBOSA, V.P. Foraminíferos bentônicos como indicadores bioestratigráficos no quaternário superior da Bacia de Campos. **Revista Brasileira de Paleontologia.**, v.13, n.2, p.129-142, maio./ago. 2010.

BERRÊDO, J.F.; DA COSTA, M.L.; VILHENA, M.P.S.P.; SANTOS, J.T. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). **Revista Brasileira de Geociências.**, v.38, n.1, p.24-35, mar. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 454**, 1 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>> Acesso em: 30 jan. 2015.

CELINO, J.J. et al. Geoquímica da água superficial nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador: EDUFBA, 2014. p.63-76.

CRUZ, F.C. **Elementos traço em substrato de manguezais dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, Bahia**. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

CARVALHO, P.V.; SANTOS, P.J.; BOTTER-CARVALHO, M.L. Assessing the severity of disturbance for intertidal and subtidal macrobenthos: the phylum-level meta-analysis approach in tropical estuarine sites of northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v.60, n.6, p.873-887, jun. 2010.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2nd ed. [s.l.]: Plymouth Marine Laboratory, 2001. 172p.

CARR, M.R. **(Plymouth Routines in multivariate Ecological Research) User Manual**. 2nd ed. [s.l.]: Plymouth Marine Laboratory, 1996. 169p.

DUQUET, M. **Ciências da vida: glossário de ecologia fundamental**. Porto: Porto Editora, 2007. 128p.

DONNICI, S.; SERANDREI-BARBERO, R.; BONARDI, M.; SPERLE, M. Benthic foraminifera as proxies of pollution: The case of Guanabara Bay (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v.64, n.10, p.2015-2028, oct. 2012.

DAUVIN, J.C. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. **Marine Pollution Bulletin.**, v.55, n. 1-6, p.271-281, 2007.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472p.

DELGADO, A.F. **Gestión de zonas costeras con técnicas estocásticas multicriterio**. 2012. 197f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universidad de Granada., 2012.

EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B.; Gupta, B.S.; Rodrigues, A.R. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on inner continental shelf of southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**., v.64, n.1, p.22–30, jan. 2012.

ESCOBAR, N.F.C.; CELINO, J.J.; NASCIMENTO, R.A. Metais na água superficial, material particulado em suspensão e no sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador: EDUFBA, 2014. 77-98p.

ESCOBAR, N.F.C. **Geoquímica da água superficial e do sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia, Brasil**. 2013. 121f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B.; MIRANDA, L.B.; RODRIGUES, A.R. Modern foraminiferal facies in a subtropical estuarine channel, Bertioga, São Paulo, Brazil. **Journal of Foraminiferal Research**., v.37, n.3, p.234-247, jul. 2007.

FÉLIX, A.A.; BAQUERIZO, J.M.; SANTIAGO, M.A. Losada. Coastal zone management with stochastic multi-criteria analysis. **Journal of Environmental Management**., v.112, p.252-266, dec. 2012.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J.R.; MOZETO, A.A.; FADINI, P.S. Acid volatile sulfides and simultaneously extracted metals in the assessment of freshwater sediments. **Química Nova**., v.34, n.9, p. 1618-1628, may. 2011.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminiferal for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine Coastal and Shelf Science**., v.76, n.2, p.404-417, jan. 2008.

GÓMES, E.; BERNAL, G. Influence of the environmental characteristics of mangrove forests on recent benthic foraminifera in the Gulf of Urabá, Colombian Caribbean. **Ciências Marinas**., v.39, n.1, 2013.

GOMES, R.C.T. **Caracterização da fauna de foraminíferos da zona euhalina do Estuário do Rio Jacuípe - Camaçari-Ba**. 2010. 168f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

HORTELLANI, M.A.; SARKIS, J.E.S.; ABESSA, D.M.S.; SOUSA, E.C.P.M. Assessment of metallic element contamination in sediments from the Santos – São Vicente Estuarine System. **Química Nova**., v.31, n.1, p.10-19, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem Populacional**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

KNOPPERS B.; MEDEIROS P.R.P.; SOUZA W.F.L.; JENNERJAHN T. The São Francisco Estuary, Brazil. **Hdb Env Chem.**, v.5, p.51-70, 2006.

MESSIAS, I.A.M.; COUTO, E.G.; AMORIM, R.S.S.; JOHNSON, M.S.; JUNIOR, O.B.P. Monitoramento contínuo do potencial redox e de variáveis complementares em ambiente hipersazonal no Pantanal Norte. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.**, v.37, p.632-639, 2013.

MACHADO, A.J.; ARAÚJO, T.M.F.; De ARAÚJO, H.A.B.; FIGUEIREDO, S.M.C. Análise batimétrica e tafonômica da microfauna de foraminíferos da plataforma e talude continentais do Município de Conde, Bahia. **Cadernos de Geociências.**, v.9, n.2, p. 157-172, nov. 2012.

MARTINS, R.V.; FILHO, P.F.J.; ESCHRIQUE, S.A.; LACERDA, L.D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.**, v.71, n.3, p.673-678, aug. 2011.

MURRAY J. **Ecology and Applications of Benthic Foraminifera.** Cambridge University Press, 2006. 426p.

ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.**, v.7, n.2, p. 65-82, 2.Sem. 2007.

PERH-BA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. **Diagnóstico e Regionalização.** Salvador, 2003. (Relatório final da etapa I). Disponível em: <<http://biblioteca.inga.ba.gov.br>. Acesso em>. Acesso em: 14 mar. 2014.

PADIAL, P.R. **Qualidade, heterogeneidade espacial e biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano eutrofizado (Reservatório Guarapiranga, SP).** 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2008.

QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. **Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal e desenvolvimento de processos tecnológicos aplicáveis a remediação dessas zonas: subsídios a um programa de prevenção de impactos em áreas com potencial para atividades petrolíferas na região litoral sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL).** Salvador: EDUFBA, 2013. 148p. (Relatório técnico).

ROLLS. R.J.; LEIGH. C.; SHELDON. F. Mechanistic effects of low-flow hydrology on riverine ecosystems: ecological principles and consequences of alteration. **Freshwater Science.**, v.31, n.4, p.1163-1186, dec. 2012.

REEF, R.; FELLER, I.C.; LOVELOCK, C.E. Nutrition of mangroves. **Tree Physiology.**, v.30, p.1148-1160, apr. 2010.

RODRIGUES, A.R.; MALUF, J.C.C.; BRAGA, E.S.; EICHLER, B.B. Recent benthic foraminiferal distribution and related environmental factors in Ezcurra Inlet (King George Island, Antarctica). **Antarctic Science.**, v.22, n.4, p.343-360, 2010.

RAMOS, M.G.M.; GERALDO, L.P. Assessment of avicennia schaueriana, laguncularia racemosa e rhizophora mangle plant species as bioindicator of heavy metal pollution in mangrove environments. **Engenharia Sanitária e Ambiental.**, v.12, n.4, p.440-445, dec. 2007.

STIEGLITZ, T.C.; CLARK, J.F.; HANCOCK, G.J. The mangrove pump: The tidal flushing of animal burrows in a tropical mangrove forest determined from radionuclide budgets. **Geochimica et Cosmochimica Acta.**, v.102, p.12-22, mar. 2013.

SATYANARAYANA, B.; MULDER, S.; JAYATISSA, L.P.; DAHDOUH-GUEBAS, F. Are the mangroves in the Galle-Unawatuna area (Sri Lanka) at risk? A social-ecological approach involving local stakeholders for a better conservation policy. **Ocean e Coastal Management.**, v.71, p.225-237, jan. 2013.

SANTOS, E.S.; JENNERJAHN, T.; LEIPE, T.; MEDEIROS, P.R.P.; SOUZA, W.F.L.; KNOPPERS, B.A. Origem da matéria orgânica sedimentar no delta-estuarino do Rio São Francisco, AL/SE – Brasil. **Geochimica Brasiliensis.**, v.27, n.1, p.37-48, 2013.

SAMPAIO, N.; VARGAS, M.A.M. The landscape of the Pardo river unveiled by riverine community in southwestern Bahia: Talks between the perceived and lived. **Revista Eletrônica Ateliê Geográfico.**, v.4, n.4, p.147-177, dec. 2010.

SANTOS, P.S., MARQUES, A.C.; ARAUJO, A. Remanescentes da vegetação litorânea na região sudeste da Bahia - municípios de Una e Canavieiras. In: MOSTRA DE TALENTO CIENTÍFICO, 1., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: GIS Brasil, 2002. p.1-6.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S. Estudo multidisciplinar (geoquímica e associações de foraminíferos) para caracterizar e avaliar intervenções antrópicas na Baía do Araçá. **Geociências.**, v.11, n.1, p.113-136, abr. 2011.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S.; PRADA, S.M.; LAMPARELLI, C.C.; BEVILACQUA, J.E. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v.60, n.4, p.536-553, dec. 2010.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; LAMPARELLI, C.C. Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. **Pesquisas em Geociências.**, v.36, n.1, p.467-475, jan./abr. 2009.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. Algae: from aquatic environment economy to bioremediation and analytical chemistry. **Química Nova.**, v.27, n.1, p.139-145, 2004.

XAVIER, A. L. S. **Paleotectônica das áreas de proveniência e petrografia da Formação Salobro, Bacia do Rio Pardo – Bahia.** 2009. 89f. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

YAKUTINA, O.P. Phosphorus content in sediment and eroded soils in the southeastern part of West Siberia. **Agriculture, Ecosystems and Environment.**, v.140, n.1-2, p.57-61, jan. 2011.

ZOURARAH, B.; MAANAM, M.; ROBIN, M. Source Contributions to Heavy Metal Fluxes into the Loukous Estuary (Moroccan Atlantic Coast). **Journal of Coastal Research.**, v.28, n.1, p.174-183, 2012.

5 ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA E DAS ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS PARÁLICOS NO CANAL E ZONA DE MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO JEQUITINHONHA, LITORAL SUL DA BAHIA

Resumo

As associações de foraminíferos parállicos, além de serem abundantes e apresentarem ampla distribuição geográfica, aproveitam as peculiaridades intrínsecas desses organismos de armazenarem em suas testas características dos locais onde viveram. Nesse contexto, as testas desses organismos foram relacionadas aos teores de metais-traço do sedimento da zona de manguezal do canal estuarino do rio Jequitinhonha, litoral sul da Bahia, com o objetivo de avaliar se os níveis desses elementos estão afetando a microfauna. Foram realizadas duas amostragens sazonais (novembro/2011, abril/2012) para a coleta de 10 amostras de sedimento de fundo no canal e 6 amostras de sedimento superficial próximo aos espécimes de *Avicennia* no manguezal, totalizando 32 amostras. Foram obtidas, para a região do canal, 281 testas de foraminíferos na primeira campanha (4,98% dos espécimes foram coletados vivos; e nenhuma das testas estavam malformadas) pertencentes a 10 espécies, das quais destacam-se *Trochammina inflata*; *Haplophragmoides wilberti* e *Ammonia beccarii* como as espécies principais. Na segunda amostragem, não houve registro de foraminíferos, devido as baixas salinidades, impossibilitando a sobrevivência até das espécies mais resistentes. Já na zona de manguezal, na primeira campanha, foram obtidas 116 testas (5,1% de vivos; 0,0% de anômalos) de 10 espécies com destaque para destacando-se *Haplophragmoides wilberti*; *Ammonia beccarii*; *Quinqueloculina fusca* e *Q. venusta*. Na segunda campanha, foram registradas apenas 143 testas (0,70% de vivos; 0,0% de anomalias) de 10 espécies, destacaram-se apenas, 4 espécies a saber: *H. wilberti*; *Trochammina inflata* e *Q. fusca*, sendo que, o aumento do número de testas, deve-se ao aumento da salinidade. Além disso, foi observado, apenas na primeira campanha do canal do rio Pardo que somente o metal chumbo (pontos 2, 3, 4, 5 e 6) apresentou valores acima dos limites estabelecidos pelos órgãos de referência (CONAMA - Brasil, 2012) e Canadian Council of Ministers of the Environment Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME, 1998). Diante disso, observou-se que as elevadas concentrações de chumbo no período chuvoso, relacionam-se possivelmente à drenagem de fertilizantes e compostos químicos utilizados no desenvolvimento agrícola. Já na Zona de Manguezal, elevadas concentrações dos metais cobre (ponto 2), chumbo (ponto 1) e cádmio (ponto 2) foram observadas, apenas na estação seca, possivelmente devido à redução da vazão aumentando as concentrações na água e conseqüentemente possibilitando suas deposições nos sedimentos. Dessa forma, a presença das espécies *A. beccarii* e *H. wilberti*, provavelmente, deve-se ao fato de serem espécies oportunistas, uma vez que ambas são comumente encontradas em locais com aporte de nutrientes. Enquanto que a espécie *T. inflata* é registrada frequentemente em áreas de manguezal, por causa do predomínio de sedimentos de menor granulometria e maior teor de nutrientes.

Palavras Chaves: Foraminíferos, Belmonte, Estuários, Brasil

INTRODUÇÃO

Os estuários são caracterizados como ambientes costeiros situados na interface terra-mar, no qual funcionam como receptáculos de substâncias e produtos resultantes das interações humanas, as quais podem provocar as degradações das águas e dos ecossistemas (TEODORO

et al., 2010). Conseqüentemente, a introdução direta ou indireta dessas interferências pelo homem, pode acarretar vários níveis de contaminação dos sistemas estuarinos, com graves efeitos aos recursos naturais, riscos a própria saúde humana, barreiras para as atividades pesqueiras, deterioração da qualidade da água e redução das suas belezas naturais (VIANA et al., 2012).

Em paralelo a isso, está o manguezal, definido como ecossistema tropicais com vegetação intertidal dominante, que contribui significativamente para a sobrevivência de várias espécies de animais e vegetais, além de participar da produção primária da biomassa global (BOUILLON et al., 2008). Contudo, em virtude do crescimento populacional estar voltado cada vez mais para as zonas de costa, o aporte de esgotos domésticos tornou-se uma das principais causas de poluição marinha (LAMPARELLI, 2007).

Dessa forma, estudos ambientais utilizando foraminíferos como bioindicadores têm sido cada vez mais frequentes, pois tais organismos apresentam alta sensibilidade para a variação dos fatores físico-químicos no meio ambiente, ciclos de vida curtos e de alta biodiversidade (COSENTINO et al., 2013). Além disso, as respostas desses protistas pode incluir extinções de algumas espécies, modificações de aglutinação com o aumento da densidade e baixa diversidade (FRONTALINI; COCCIONI, 2008).

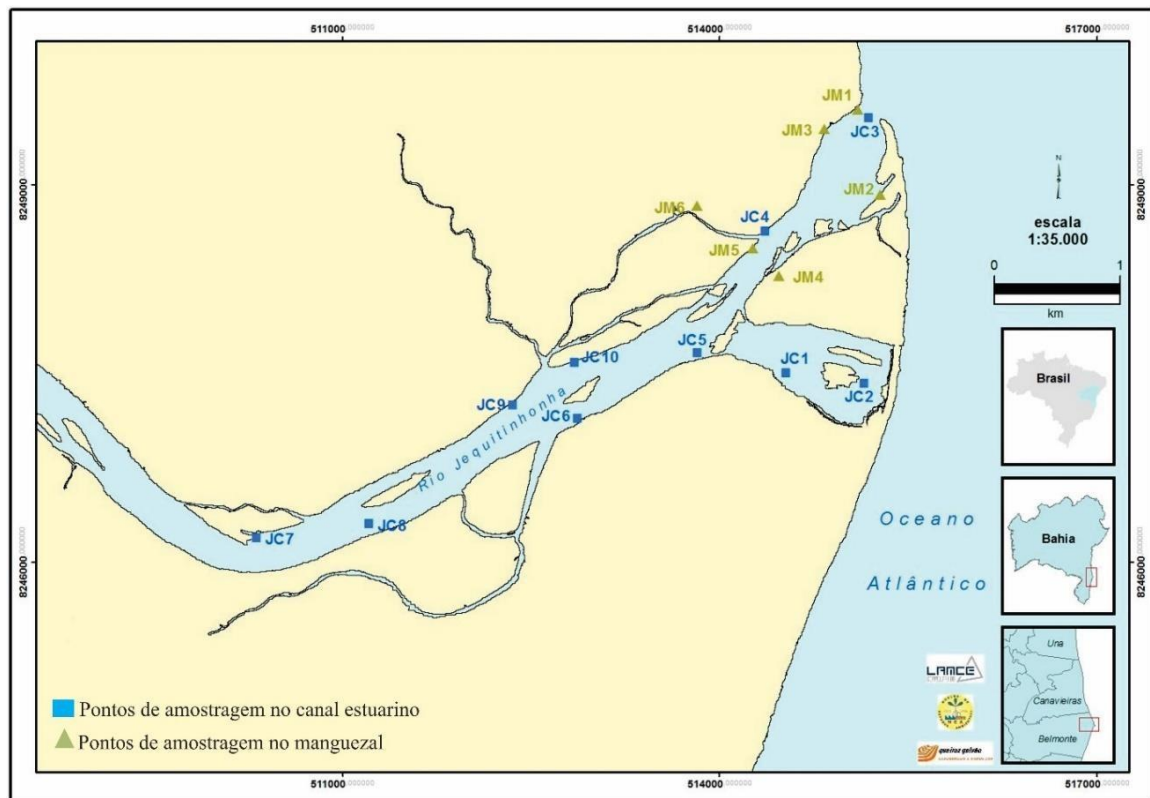
Assim sendo, o presente trabalho teve o objetivo de descrever as condições dominantes no canal estuarino e na zona de manguezal do rio Jequitinhonha, litoral sul do Estado da Bahia, através das características dos foraminíferos parálisos e dados geoquímicos do sedimento.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao canal e a zona de manguezal do estuário do rio Jequitinhonha, em cujas margens localiza-se, o município de Belmonte, situado na Costa do Dendê, litoral sul do Estado da Bahia (Figura 5.1). A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha apresenta uma população de 23.471 habitantes, abrangendo uma área de 1.970,142 km², a qual compreende parte do nordeste do Estado de Minas Gerais (66.319 km²) e um pequeno setor do sudeste da Bahia (3.996 km²) (IBGE, 1997). Limita-se a norte com a bacia do rio Pardo, a oeste com a bacia do rio São Francisco, ao sul com a bacia do rio Doce, a sudeste com a bacia do rio Mucuri e de pequenas bacias independentes e a leste desemboca no Oceano Atlântico, drenando, no Estado da Bahia, a área de 5 municípios (GUERRERO, 2009). Com uma extensão de 920 km, o rio Jequitinhonha nasce na Serra do Espinhaço, a sul da cidade de Diamantina, em Minas Gerais, a uma altitude de cerca de 1.200 m, e deságua no Oceano Atlântico, no

município de Belmonte, no litoral sul da Bahia. Os principais afluentes são os rios Itacambiruçu, Salinas, São Pedro e São Francisco, pela margem esquerda, e Araçuaí, Piauí e São Miguel, pela margem direita (FERREIRA, 2007). De maneira geral, o clima da bacia é identificado como quente semiárido, de influência continental, e quente subúmido de influência marítima, sendo importantes para determinação das atividades socioeconômicas da região (CPRM, 2005). Desse modo, de acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004), a bacia encontra-se entre os biomas da savana (cerrado), floresta atlântica e savana estépica (caatinga), com ocorrência das regiões fitoecológicas de Savana (cerrado), de Floresta Ombrófila, de Floresta Estacional Semidecidual e Decidual e de Savana-Estépica (Caatinga). Junto à orla marítima há a ocorrência de Áreas de Formações Pioneiras com Influência Marinha (restinga) e Áreas de Formações Pioneiras com Influência Flúvio-Marinha (manguezais) na foz do rio Jequitinhonha (CPRM, 2005).

Figura 5.1 – Mapa de localização do Município de Belmonte e dos pontos de amostragem no canal e manguezal



Fonte: QUEIROZ; OLIVEIRA, 2013.

Procedimento amostral

Foram realizadas duas coletas de materiais em campo, na qual a primeira campanha foi realizada de 25 a 27/11/2011 e a segunda campanha de 21 a 23/04/2012. Dessas coletas, foi obtido um conjunto amostral de 32 amostras (Figura 5.1), sendo 20 amostras de sedimento superficial de fundo no canal estuarino do rio Jequitinhonha (10 amostras em cada campanha) e 12 amostras do sedimento superficial das proximidades de espécimes de *Avicennia* em zonas de manguezal do município de Belmonte (6 amostras em cada manguezal por campanha, totalizando 32 amostras). As coletas de sedimento na zona de manguezal foram feitas manualmente, mas nas do canal estuarino foi utilizada uma draga tipo van Veen (Figura 5.2A).

Em ambos os casos, foram coletados dois grupos de amostras: um destinado ao estudo dos foraminíferos e outro às análises granulométricas e geoquímicas do sedimento. As amostras do primeiro grupo foram acondicionadas em frascos plásticos com tampa rosqueada e à elas foi adicionado o corante Rosa de Bengala para fixação dos indivíduos capturados vivos no ato da coleta, segundo o que preconiza a metodologia de Teodoro et al (2009), sendo mantidas refrigeradas até o momento da análise (Figura 5.2B). Já as amostras do segundo grupo, foram armazenadas em recipientes de alumínio e congeladas até o seu processamento no laboratório. Durante as coletas foram registrados os parâmetros físico-químicos (salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH e Eh) da água do canal estuarino e do sedimento do manguezal utilizando-se sondas multiparamétricas.

Análise da fauna de foraminíferos

Nos Laboratórios do Núcleo de Estudos Ambientais – NEA (Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia), as amostras destinadas ao estudo dos foraminíferos foram lavadas sob água corrente e levadas à estufa a 60°C (Figuras 2C e 2D). Após a secagem, cerca de 3g do sedimento foi vertido em béqueres, nos quais foi adicionado Tricloroetileno para a separação das testas do sedimento por flotação (DONNICI et al., 2012) (Figura 5.2E). Em seguida, o sobrenadante foi entornado em papel filtro e deixado na estufa por aproximadamente 5 minutos para secagem.

Figura 5.2 – Procedimentos de coleta e análise laboratoriais das amostras



No Laboratório do Grupo de Estudos de Foraminíferos - LGEF, com o auxílio de estereomicroscópio, as testas foram retiradas do papel de filtro e fixadas com cola orgânica em lâminas para microfósseis. A identificação dos foraminíferos foi feita com base em literatura especializada e, durante esse procedimento, foram registradas informações relativas à sua coloração e ao estado de preservação (MACHADO et al., 2012) (Figura 5.2F). Também foi registrada, quando presente, a ocorrência de anomalias nas testas.

Análises do sedimento

Os resultados das análises do sedimento do canal e do manguezal do rio Jequitinhonha foram fornecidos por pesquisadores do NEA, de modo que os procedimentos para a realização das análises granulométricas, de fósforo assimilável, matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total e metais encontram-se descritos em Celino et al. (2014), Escobar et al. (2014) e Cruz (2012).

Análises estatísticas

Para as análises descritivas dos resultados da fauna de foraminíferos, foram calculadas a abundância relativa (AB'SABER et al., 1997) e adotadas as seguintes classes: principal (abundâncias >5%), acessória (4,9-1%) e traço (<1); e constante (ocorrências >50%), acessória

(49-25%) e acidental (<24%) (DAJOZ, 1983). Além disso, com auxílio do programa Primer 6.0 (CARR, 1996), foram calculados os índices de riqueza (índice de Margalef), equitatividade (índice de Pielou) diversidade (índice de Shannon-Wiener) (CLARKE; Warwick, 2001).

Para o estabelecimento da correlação entre a distribuição dos foraminíferos e as variáveis ambientais, os resultados faunísticos foram reunidos aos dos parâmetros físico-químicos e das análises granulométrica e geoquímica para a elaboração de uma matriz de dados, a partir da qual foram realizadas as análises de correlação e de componentes principais no programa Statistica 8.0 (StatSoft, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados, neste estudo, apresentaram uma anomalia pluviométrica, nos meses das amostragens, de modo que esta apresentou um maior índice pluviométrico (332mm mensal) durante a primeira campanha (nov 2011), comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem (abr 2012) a taxa pluviométrica foi reduzida (50mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca (ESCOBAR, 2013), o que certamente influenciou os valores de salinidade, temperatura e dos demais parâmetros registrados durante as coletas. Assim, apenas para fins deste trabalho, a primeira campanha será considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

Canal estuarino do rio Jequitinhonha: parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados apresentaram-se em conformidade com os limites estabelecidos na Resolução 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), e com base nos dados de salinidade é possível observar valores de salinidade inferior a 0,5‰ entre dos pontos 2 ao 4 (primeira campanha) e nos pontos 1 e 3 a 6 (segunda campanha), enquanto que valores de salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30,0‰ foram registrados apenas no ponto 1 (período chuvoso) e no ponto 2 (período seco) (Figura 5.3). Ao contrário do esperado, houve ausência de salinidade, nos demais pontos analisados, além disso, os valores de salinidade e temperatura, foram menores na primeira (0,0 e 0,7 ups, e 25,7 a 27,0 °C em nov/2011) do que na segunda (0,0 e 8,6 ups e 27,4 a 30,1 °C em abr/2012) campanha de amostragem (Figura 5.3).

Dessa forma, nos meses das amostragens, houve uma anomalia na pluviosidade local, a qual apresentou um alto índice pluviométrico (332mm mensal) durante a primeira campanha,

comportando-se como um período chuvoso, enquanto que na segunda amostragem a taxa pluviométrica foi reduzida (50mm mensal), caracterizando-a como uma estação seca, o que certamente influenciou os valores dos demais parâmetros físico-químicos, especialmente temperatura e salinidade registrados durante as amostragens (ESCOBAR, 2014). Assim, apenas para fins desta pesquisa, a primeira campanha será considerada como “período chuvoso” e a segunda como “período de seco”.

Em ambas as campanhas, as águas estuarinas do canal do rio Jequitinhonha apresentaram-se levemente oxigenadas (13,5 a 18,3mg/L⁻¹ na primeira campanha e 4,6 a 9,0 mg/L⁻¹ na segunda – Figura 5.3), sendo que os menores valores registrados na estação seca podem estar relacionados à redução do volume de água e aumento da temperatura (AZEVEDO et al., 2011) no mês da amostragem.

Os valores de pH do sedimento estavam ligeiramente ácido a neutro (6,5 a 8,1 na primeira campanha e entre 6,7 a 7,9 na segunda – Figura 5.3). Na primeira campanha, quando se analisa a localização dos pontos de coleta no estuário, constata-se condições levemente mais ácidas a partir do ponto 7, confirmando a expectativa de que os pontos próximos à foz sofrem maior influência do sistema marinho do que o ponto à montante, o qual está sob forte influência fluvial (VEIGA, 2010), condição que se repete na segunda campanha.

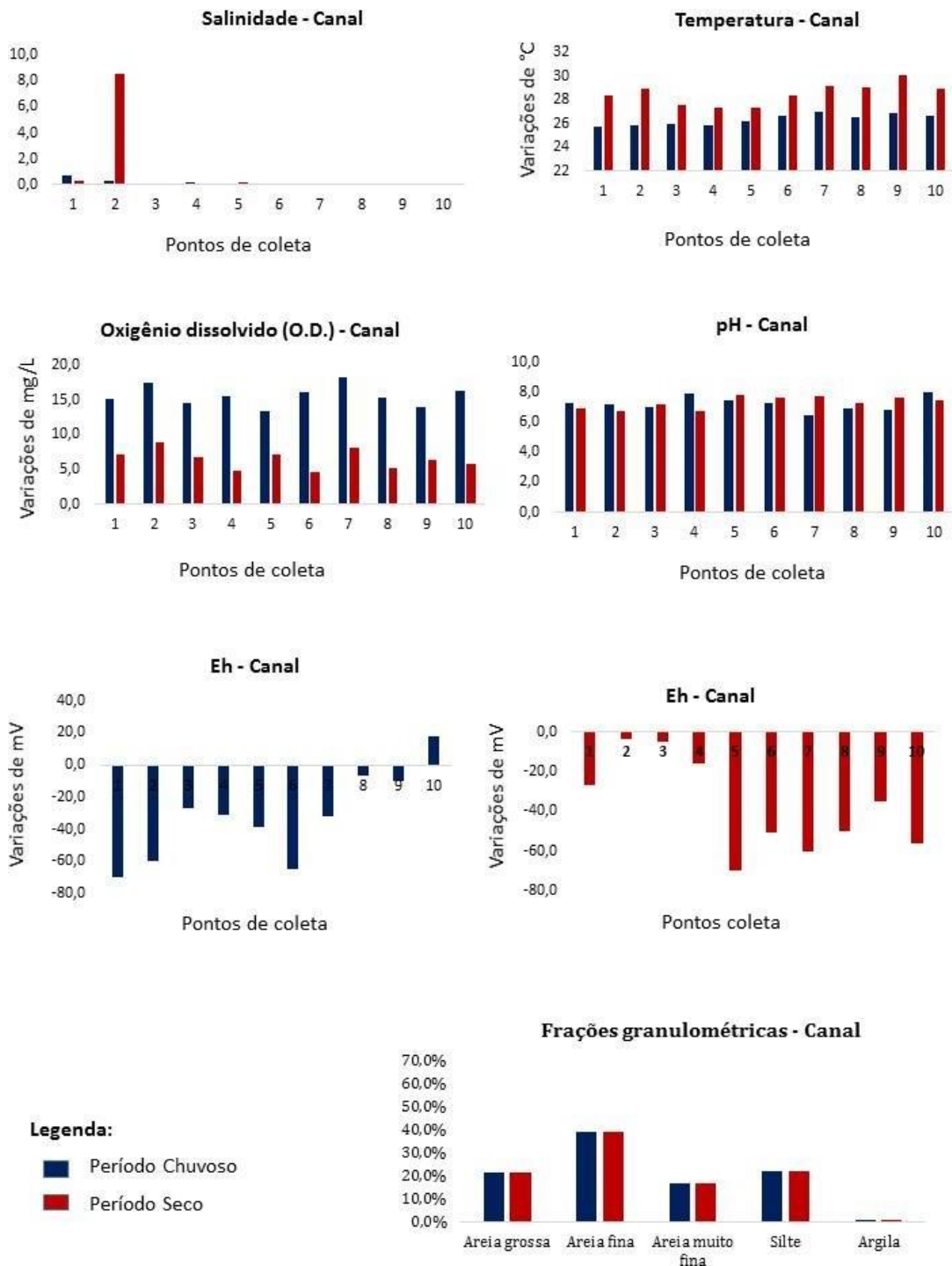
Para os valores de Eh do sedimento, na primeira campanha foram obtidos valores negativos até o ponto 9, configurando-os como um ambiente redutor, enquanto que o ponto 10 estava sob condição oxidante. Já na segunda campanha, todos os pontos tiveram valores de Eh negativos (Figura 5.3).

Análise dos sedimentos

Em ambas as amostragens, a areia fina foi a fração granulométrica predominante, confirmando a expectativa de uma condição de menor energia hidrodinâmica no canal (Figura 5.3).

No período seco (amostragem de abr/2012), houve redução dos valores de fósforo assimilável (2,5mg/L a 168,8mg/L na primeira campanha e de 1,2mg/L a 30,2mg/L na segunda), de matéria orgânica (0,3mg/L a 2,5mg/L e 0,2mg/L a 0,8mg/L) e carbono orgânico (0,2mg/L a 1,4mg/L a 0,1 a 0,4mg/L). Apenas os valores de nitrogênio total (0,1mg/L a 1,1mg/L e 0,1mg/L a 2,6mg/L) aumentaram (Tabela 3.1).

Figura 5.3 – Valores dos parâmetros físico-químicos, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido (O.D.) da água e potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (Eh) e frações granulométricas do sedimento do canal estuarino do rio Jequitinhonha, relativas às campanhas de nov/2011 (período chuvoso) e abr/2012 (período seco)



Esses resultados evidenciam que as concentrações de fósforo assimilável, matéria orgânica e carbono orgânico podem ser resultantes de drenagens agrícolas das regiões próximas

à montante, fato este, que se torna ainda mais intenso durante o período chuvoso, enquanto que o nitrogênio, provavelmente seja oriundo é oriundo dos efluentes urbanos e industriais, os quais ficam mais concentrados no período seco (CARVALHO et al., 2010).

Já para as comparações e análise das consequências dos altos teores de metais traços nos sedimentos na área em estudo, optou-se por utilizar os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA Nº 454/2012 (BRASIL, 2012) e pelo *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 1998), as quais evidenciaram que a concentração de Ni, Cr, Cu, Pb e Cd (primeira campanha) no sedimento é baixa e, por isso, não deve estar causando efeitos adversos à biota do canal do rio Jequitinhonha (Tabela 5.2). Entretanto, estas normatizações não estabelecem limites para Mn e Fe, o que impossibilita avaliar o efeito destes elementos. Porém, comparando os resultados obtidos para a concentração do metal Cd nos pontos 3 e 4 (13,48 mg.Kg⁻¹ e 0,46 mg.Kg⁻¹) da primeira campanha e todos os pontos (0,45 mg.Kg⁻¹ ponto 3 - maior valor) na segunda campanha, observou-se que estes apresentaram valores de concentração acima dos limites dos órgãos de referências. Tais informações, sugerem que a fonte pontual de contaminação por cádmio no ponto 3, próximo a jusante no período chuvoso, seja proveniente de material marinho (fosfato marinho e sistemas aquáticos).

Fauna de foraminíferos

No canal do rio Jequitinhonha, no período chuvoso (nov/2011), foram obtidos 281 indivíduos, dos quais, 14 estavam vivos. Não houve presença de espécies anômalas, sendo identificadas 5 espécies, destacando-se: *Trochammina inflata* (37,01%), *Haplophragmoides wilberti* (22,79%) e *Ammonia beccarii* (18,50%) como as principais (Tabela 5.3). A presença da espécie *T. inflata* é indicativo de ambientes de baixa energia hidrodinâmica e águas salobras, enquanto que *H. wilberti*, distribui-se preferencialmente em substratos de granulometria fina e rico em nutriente. Já a espécie *A. beccarii* é a mais tolerante às grandes mudanças na temperatura e salinidade, além de apresentar preferência por sedimentação com aporte de nutrientes, corroborando com os estudos ecológicos, através de foraminíferos bentônicos realizados por Murray (2006).

No período seco, a não ocorrência de foraminíferos se deve aos baixos valores salinidade, os quais impossibilitaram a sobrevivência até mesmo das espécies mais resistentes (GÓMES; BERNAL, 2011) (Tabelas 5.1 e 5.3).

Tabela 5.1 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes da água e do sedimento do canal estuarino do rio Jequitinhonha concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e limites da Resolução 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (Brasil, 2005)

Amostras	Parâmetros da água					Análises do Sedimento						
	T (°C)	Sal (ups)	OD (mg/L-1)	pH	Eh (mV)	AG (%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)
CJI1	25,7	0,7	15,1	7,3	-70	13,1	0,3	35,2	51	0,5	0	168,8
CJI2	25,8	0,3	17,4	7,2	-60	26,8	0	23,4	48,9	0,9	0	133,7
CJI3	26	0,1	14,4	7,1	-27	13,7	76,7	6,3	3,2	0	1,1	132,2
CJI4	25,8	0,2	15,6	7,9	-31	51,6	42,2	3,6	2,6	0	0,7	14,8
CJI5	26,2	0	13,5	7,4	-39	1,9	0,4	40,6	56,7	0,4	1,1	154,6
CJI6	26,7	0	16,1	7,3	-65	55,9	37,4	4,8	1,9	0	0,1	29,3
CJI7	27	0	18,3	6,5	-32	7,4	80,7	8,2	3,7	0	0,1	22,2
CJI8	26,5	0	15,4	7	-7	21,2	64,1	9,3	5,3	0,1	0	2,5
CJI9	26,9	0	13,9	6,9	-10	37,7	51,7	5,5	5	0	0	0
CJI10	26,7	0	16,2	8	18	22,1	21,3	24,2	32,2	0	0,4	2,5
Média	26,33	0,13	15,59	7,26	35,9	25,14	37,48	16,11	21,05	0,19	0,35	66,06
CJII1	28,4	0,3	7,1	7	-27	26,9	63,7	6	3,4	0	0,3	30,2
CJII2	28,9	8,6	9	6,7	-4	25,8	30,8	23,7	19,7	0,1	0,6	4,9
CJII3	27,6	0,1	6,7	7,2	-5	35,6	56	4,5	3,9	0	2,6	2,4
CJII4	27,4	0,1	4,7	6,7	-16	64,8	27,2	4,7	3,3	0	0,2	4,9
CJII5	27,4	0,2	7,1	7,9	-70	37,1	55,6	4,1	3,3	0	0,1	0
CJII6	28,4	0,1	4,6	7,7	-51	44,9	46,8	5,1	3,2	0	0,6	1,2
CJII7	29,2	0	8,2	7,7	-60	53,2	40,1	3,9	2,8	0	0,1	2,5
CJII8	29,1	0	5,2	7,3	-50	52	41,8	3,9	2,2	0	0,6	2,5
CJII9	30,1	0	6,3	7,6	-35	34,4	55,2	6,6	3,8	0	0,6	2,6
CJII10	29	0	5,8	7,5	-56	34,8	57,4	4,7	3,1	0	0,3	2,5
Média	28,55	0,94	6,47	7,33	37,4	40,95	47,46	6,72	4,87	0,01	0,6	5,37
CONAMA												
DOCE	< 40,0	< 5,0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALINA	-	> 30,0	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALOBRA	-	0,5 a 30,0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: CJI1 = Canal do rio Jequitinhonha da primeira campanha; T = Temperatura; O.D = Oxigênio Dissolvido; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia Grossa; AF = Areia Fina; AMF = Areia Muito Fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT = Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Tabela 5.2 – Concentrações de metais (em mg. Kg⁻¹) no sedimento do canal estuarino do rio Jequitinhonha, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012) e do *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Cu	Pb	Cd
CJI1	0,01	19,98	694	0,02	0,01	0,8	0
CJI2	0,01	11,37	2313	0,4	0,16	1,11	0,01
CJI3	0,01	330,03	327	0,05	0,01	9,24	13,48
CJI4	13,17	198,89	16350	19,6	7,31	10,5	0,46
CJI5	5,51	326,49	20488	22,86	8	13,06	0,04
CJI6	0,01	55,1	935	1,12	0,04	0,83	0
CJI7	4,14	23,27	2632	2,05	0,8	2,06	0
CJI8	0,01	53,14	832	1,34	0,01	0,69	0,01
CJI9	0,01	36,58	969	0,05	0,01	0,32	0
CJI10	7,88	162,52	6885	9,93	1,08	3,71	0,01
Média	3,076	121,737	5242,5	5,742	1,743	4,232	1,401
CJII1	0,32	20,48	420	0,47	0,23	0,01	0,38
CJII2	0,62	26,59	986	1,19	0,37	0,52	0,38
CJII3	2,19	110,1	3628	5,41	1,8	1,86	0,45
CJII4	0,43	14,64	660	0,56	0,32	0,61	0,43
CJII5	0,22	20,46	328	0,21	0,08	0,01	0,38
CJII6	0,06	14,72	407	0,24	0,07	0,9	0,42
CJII7	0,32	15,84	544	0,6	0,14	0,95	0,39
CJII8	0,06	19,36	646	0,54	0,15	0,01	0,43
CJII9	0,07	20,19	344	0,05	0,23	0,25	0,41
CJII10	0,15	23,02	436	0,51	0,06	0,01	0,38
Média	0,44	28,54	839,9	0,97	0,34	0,51	0,4
LD	0,00415	0,00111	0,02586	0,01632	0,00336	1,49	0,00095
CONAMA N1	20,9	n.d.	n.d.	81	34	46,7	1,2
CONAMA N2	51,6	n.d.	n.d.	370	270	218	7,2
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,3	18,7	30,2	0,7
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	108	112	4,21

Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Na estação chuvosa, os valores de riqueza variaram de 0,5 a 1,1; os de equitatividade, foram todos acima de 0,5, sugerindo a inexistência de dominância, como observado em estudos estatísticos com comunidades marinhas, realizados por Clarke e Warwick (2001). Os valores de diversidade oscilaram de 0,3 a 1,3 (Tabela 5.3), sendo estes considerados baixos quando comparados com aqueles obtidos por Gomes (2010) no estuário do rio Jacuípe-BA (1,0 a 4,4); por Teodoro (2009 e 2010) no Canal de São Sebastião, SP (0,3 a 2,8) e Araça (2,4 a 2,9), também próximo ao Canal de São Sebastião-SP. Já na estação seca, a inexistência de registro de foraminíferos inviabilizou o cálculo dos índices de riqueza, equitatividade e diversidade.

Tabela 5.3 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas no canal estuarino do rio Jequitinhonha, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Canal do rio Jequitinhonha	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17	J18	J19	J110	N	AR	JII1	JII2	JII3	JII4	JII5	JII6	JII7	JII8	JII9	JII10	N	AR	
<i>Ammonia beccarii</i>	47	2	0	0	2	1	0	0	0	0	52	18,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	4	0	4	0	3	2	0	0	0	13	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium sagrum</i>	35	0	0	0	1	0	0	0	0	0	36	12,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	22,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Quinqueloculina fusca</i>	2	0	0	1	9	0	0	0	0	0	12	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trochammina inflata</i>	103	0	0	0	1	0	0	0	0	0	104	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N por ponto	251	6	0	5	13	4	2	0	0	0	281	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº de Espécies	5	2	0	2	4	2	2	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	
Riqueza	0,7	0,6	****	0,6	1,2	0,7	0	****	****	****	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,8	0,9	****	0,7	0,7	0,8	****	****	****	****	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Diversidade (S-Wiener)	1,3	0,5	****	0,3	0,7	0,3	0	****	****	****	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-

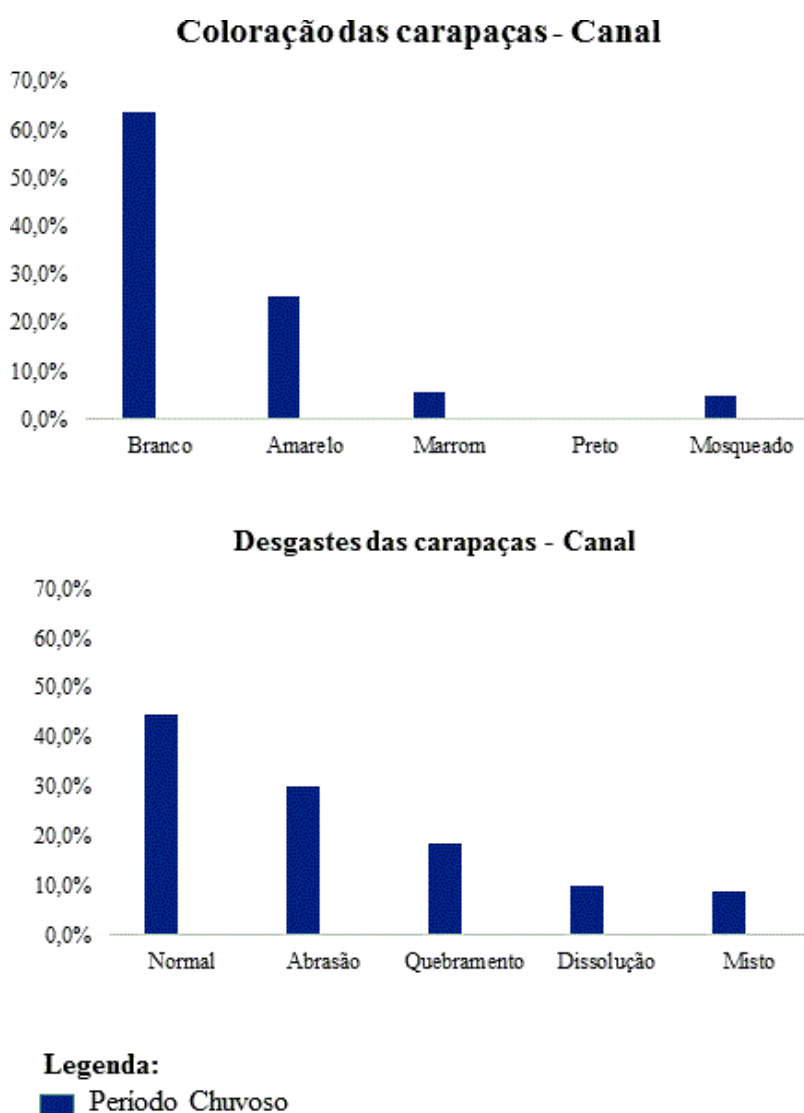
Legenda: J11 = rio Jequitinhonha da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener).

Tafonomia das testas

No período chuvoso, a maioria das testas exibiu colorações brancas ou incolores 63,70% ou amarelas 25,62%. Quanto ao desgaste, 44,48% das testas estavam normais, mas 29,89% apresentaram sinais de abrasão (Figura 5.4).

O predomínio de testas brancas é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca, o que é corroborado pelo domínio de testas normais. Entretanto, o fato da abrasão ser o tipo de desgaste mais frequente, evidencia um ambiente de alta energia (MACHADO et al, 2012), contrariando os dados granulométricos que denotam um ambiente de baixa energia para o canal estuarino.

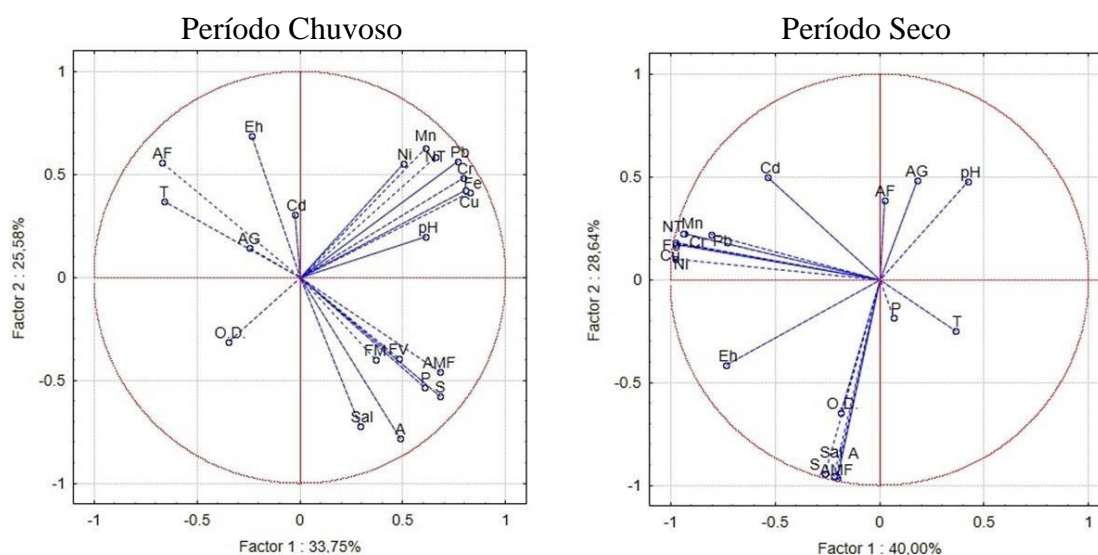
Figura 5.4 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste dos foraminíferos no canal estuarino do rio Jequitinhonha, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012



Distribuição dos foraminíferos

Na primeira campanha, a distribuição dos indivíduos vivos e mortos foram positivamente correlacionada à fração areia muito fina, silte, argila e fósforo assimilável (Figura 5.5), indicando que a sedimentação fina possui maior conteúdo orgânico, evidenciando uma associação direta entre a textura do sedimento e os foraminíferos bentônicos, corroborando com os resultados apresentados por Machado et al (2012), em estudos tafonômicos no Município do Conde – BA. Já para a segunda campanha, a ausência de foraminíferos, possivelmente devido aos baixos valores de salinidade e contaminações por metais traços, não foi possível realizar análise de correlação das espécies com os parâmetros abióticos (Figura 5.5).

Figura 5.5 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais de parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do canal estuarino do rio Jequitinhonha, concernentes as campanhas realizadas em nov/2011 e abr/2012



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total; MO = matéria orgânica.

Manguezal do estuário do rio Jequitinhonha: parâmetros físico-químicos

Com relação às águas intersticiais das zonas de manguezal do rio Jequitinhonha, na primeira campanha (período considerado chuvoso), os valores de salinidade e temperatura oscilaram entre (0,0ups a 2,0ups e entre 25,7°C e 27,0°C) e (5,0ups a 20,0ups e entre 26,1°C a 29,3°C, na segunda campanha), indicando que o aumento da salinidade e da temperatura, pode estar relacionado à redução do volume de água (AZEVEDO et al., 2011), no mês da amostragem (Figura 5.6).

Considerando-se o pH, o sedimento do manguezal do rio Jequitinhonha estava ligeiramente ácido (6,4 a 6,9 na primeira campanha) e levemente ácido a neutro (6,1 a 7,4 na segunda) (Figura 5.6), o que está dentro do esperado para zonas de manguezal já que a decomposição das folhas do mangue faz com que o solo seja rico em compostos ácidos, apresentando oscilações de pH entre 4,8 e 8,8 (PAULA FILHO et al., 2012).

Os valores de Eh do sedimento foram negativos nos pontos 1, 4 e 6, caracterizando-os como um ambiente redutor. Porém nos pontos 2, 3 e 5, os valores foram positivos, evidenciando um ambiente oxidante nesses locais durante a primeira campanha. Todavia, na segunda campanha, os valores foram negativos, apenas nos pontos 2 e 3, conferindo um caráter redutor; e valores positivos nos pontos 1, 4, 5 e 6, exibindo uma condição predominantemente oxidante durante o período seco (Figura 5.6).

Análise granulométrica e de nutrientes do sedimento

Houve predomínio das frações granulométricas silte e areia muito fina em ambos os períodos de amostragem, corroborando a condição de ambiente de deposicional de baixa energia hidrodinâmica, característico das zonas de manguezal (Figura 5.6).

Na estação seca (amostragem de abr/2012), houve redução dos valores de fósforo assimilável (70,00mg/L a 190,00mg/L na primeira campanha e de 60,69mg/L a 120,45mg/L na segunda) e nitrogênio total (0,093mg/L a 0,279mg/L na primeira campanha e de 0,00mg/L a 0,223mg/L na segunda) (Figura 5.4). De modo geral, os teores de fósforo e nitrogênio foram elevados nos pontos situados próximos a jusante, evidenciando contribuições das águas marinhas que tendem a diluir suas concentrações na foz, situação esta que se torna mais intensa no período, como também observado, por Marins et al. (2011), em estudos de distribuição de fósforo no sedimento do estuário do rio Jaguaribe, NE do Brasil.

Figura 5.6 – Valores dos parâmetros físico-químicos, salinidade, temperatura, das águas intersticiais e potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (Eh) e frações granulométricas do sedimento da Zona de Manguezal rio Jequitinhonha, relativas às campanhas de nov/2011 (período chuvoso) e abr/2012 (período seco)

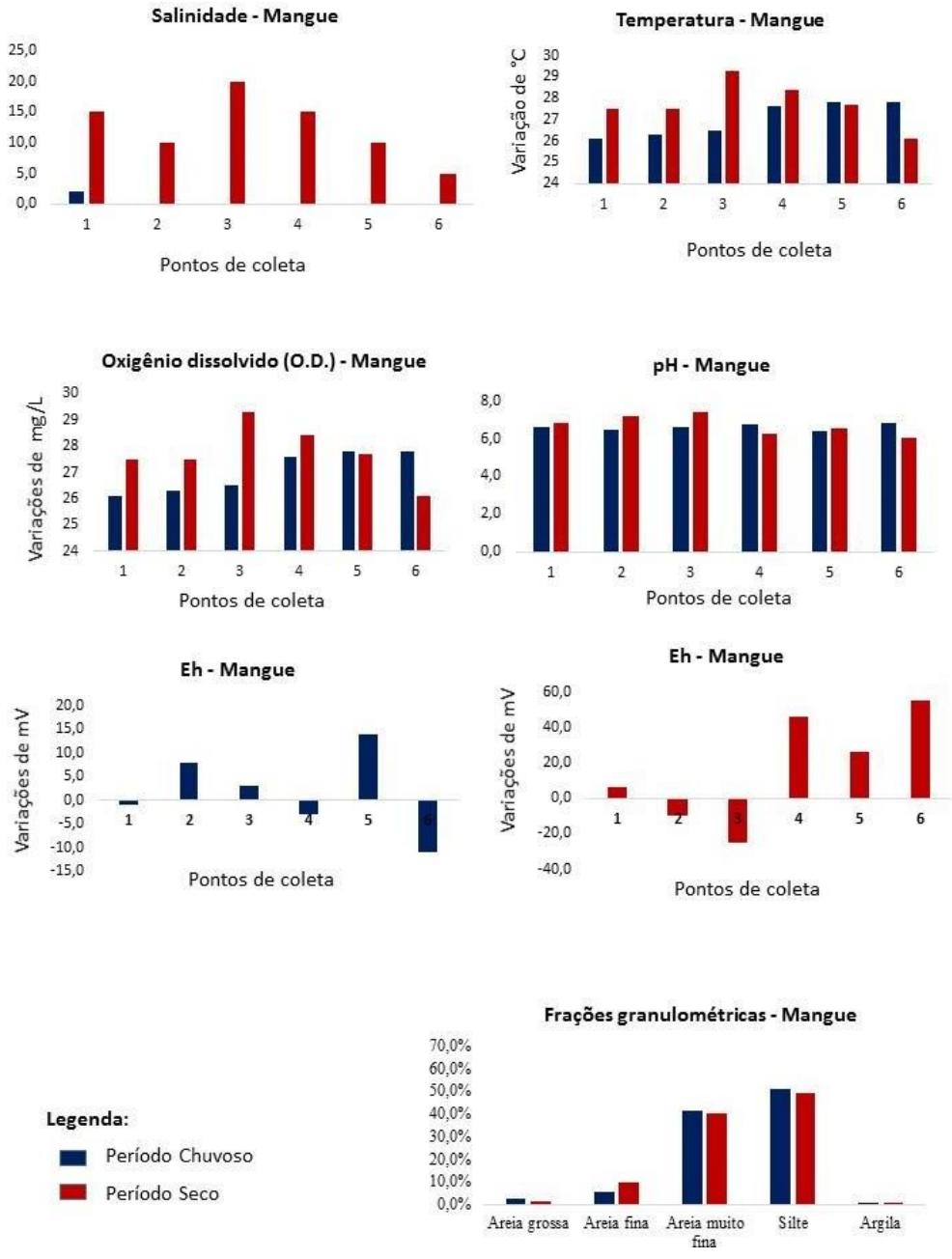


Tabela 5.4 – Dados físico-químicos, granulométricos e de nutrientes da água e do sedimento da zona de manguezal do rio Jequitinhonha concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e limites Resolução 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (Brasil, 2005)

Amostras	Parâmetros da água			Análises do Sedimento						
	T (°C)	pH	Eh (mV)	AG (%)	AF (%)	AMF (%)	S (%)	A (%)	NT (mg/L)	P (mg/L)
MJI1	26,1	6,6	-1	5,3	0,3	25,6	67,4	1,4	0,3	190
MJI2	26,3	6,5	8	8,4	0,1	5,4	55,5	1,3	0,2	137,5
MJI3	26,5	6,6	3	0,6	0,6	51,9	46,2	0,8	0,1	145
MJI4	27,6	6,7	-3	1,6	1,1	49,7	47,1	0,5	0,2	125
MJI5	27,8	6,4	14	1,5	0,2	39,2	58,1	1,1	0,1	105
MJI6	27,8	6,9	-11	2,2	2,9	55,5	38,8	0,6	0,1	70
Média	16,21	3,97	1	1,96	0,52	22,73	31,31	0,57	0,1	77,25
MJII1	27,5	6,8	6	3,6	0	19,3	75,6	1,6	0,2	109
MJII2	27,5	7,2	-10	0,7	0,6	49,7	48,9	0,1	0,1	120,5
MJII3	29,3	7,4	-25	0,2	35,4	45,2	19,2	0	0	61,7
MJII4	28,4	6,3	46	1,1	15,6	49,9	33,5	0	0	63,9
MJII5	27,7	6,6	26	1,8	4,5	52,8	40,8	0,1	0,2	60,7
MJII6	26,1	6,1	55	1,4	0	22,8	74,5	1,3	0,2	73
Média	16,65	4,04	9,8	0,88	5,61	23,97	29,25	0,31	0,07	48,88
CONAMA										
DOCE	<40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALINA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SALOBRA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: MJI1 = Manguezal do rio Jequitinhonha da primeira campanha do ponto 1; T = Temperatura; pH = Potencial Hidrogeniônico; Eh = Potencial de Oxirredução; AG = Areia Grossa; AF = Areia Fina; AMF = Areia Muito Fina; S = Silte; A = Argila; P = Fósforo; NT = Nitrogênio Total; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Para as comparações e análise das consequências dos altos teores de metais traços nos sedimentos na área em estudo, optou-se por utilizar os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 454/2012 (BRASIL, 2012) e pelo *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 1998), evidenciam baixas concentrações de Ni, Cr e Zn no sedimento, constatando-se que tais metais não devem estar causando efeitos adversos à biota do canal do rio Jequitinhonha (Tabela 5.5). Entretanto, estas normatizações não estabelecem limites para Mn e Fe, o que impossibilita avaliar o efeito destes elementos.

Enquanto que para a Zona de Manguezal comparando-se os teores dos elementos analisados com os limites referencias estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 454/2012 (BRASIL, 2012) e pelo *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 1998), constatou-se que apenas o metal Pb nos pontos 2, 3, 4, 5 e 6 (primeira campanha) apresentou valores acima dos limites estabelecidos pelos órgãos (Tabela 5.5). Diante disso, observou-se que as elevadas concentrações de chumbo no período chuvoso, relacionam-se possivelmente à drenagem de fertilizantes e compostos químicos utilizados no desenvolvimento agrícola (ZOURARAH et al., 2009). Já elevadas concentrações dos metais Cu (ponto 2), Pb (ponto 1) e Cd (ponto 2) na estação seca, possivelmente deve-se à redução da vazão aumentando as concentrações na água e conseqüentemente possibilitando suas deposições nos sedimentos.

Fauna de foraminíferos

Na primeira campanha (nov/2011), foram obtidos 116 indivíduos, destes 6 estavam vivos. Não foram encontrados testas no ponto 6 e apesar das elevadas concentrações de metais traços. Não houve registro de testas anômalas em nenhum dos pontos. Nessa amostragem, foram identificadas 10 espécies, destacando-se *Haplophragmoides wilberti* (37,1%), *Ammonia beccarii* (32,8%), *Quinqueloculina fusca* (12,1%) e *Q. venusta* (5,2%) (Tabela 5.6). A ocorrência da espécie *A. beccarii*, deve-se ao fato desta ser mais tolerante as grandes mudanças de salinidade e temperatura. Além disso, por ser a mais tolerantes a contaminações por metais traços, como também exposto por Martins et al (2010) em seus estudos sobre, os efeitos ecológicos de metais pesados em assembleias de foraminíferos bentônicos, dos canais de Aveiro, Portugal. Na segunda campanha, foram obtidos 143 foraminíferos, sendo que apenas 10 estavam vivos, sem o registro de testas anômalas. Foram identificadas 10 espécies, sendo *H. wilberti* (55,9%), *Trochammina inflata* (19,6%) e *Q. fusca* (7,0%) as principais (Tabela 5.6).

Tabela 5.5 – Concentrações de metais (mg. Kg⁻¹) no sedimento da Zona de manguezal do rio Jequitinhonha, concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem e valores de referência da Resolução do CONAMA N° 454/2012 (Brasil, 2012) e do *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CCME, 1998)

Amostras	Ni	Mn	Fe	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd
MJI1	8,91	65,58	13769,9	24,99	29,15	11,46	48,16	0,54
MJI2	8,54	83,49	12480,5	20,99	27,52	8,87	33,39	0,38
MJI3	8,47	133,34	13524,7	22,02	29,01	8	36,5	0,49
MJI4	9,49	73,04	12154,2	22,2	29,42	9,9	34,77	0,43
MJI5	6,88	46,73	8312,48	16,22	22,48	7,68	41,76	0,27
MJI6	5,96	36,84	6722,17	12,71	18,33	6,18	33,4	0,23
Média	8,04	73,17	11160,7	19,855	25,98	8,68	37,99	0,39
MJII1	9,14	67,43	14254,7	29,15	38,88	13,46	32,75	0,55
MJII2	11,57	275,57	17617,1	27,52	48,68	20,44	48,11	0,77
MJII3	6,61	133,92	9398,81	36,78	27,76	7,21	26,12	0,36
MJII4	8,04	51,39	9446,2	18,34	32,95	10,16	54,27	0,29
MJII5	10,17	70,57	12746,8	18,32	38,33	12,28	38,57	0,45
MJII6	11,19	54,51	14534,5	31,88	38,46	16,82	43,53	0,59
Média	9,45	108,89	12999,7	26,99	37,51	13,39	40,55	0,5
LD	0,00415	0,00111	0,02586	0,01632	0,00651	0,00336	1,49	0,00095
CONAMA N1	20,9	n.d.	n.d.	81	150	34	46,7	1,2
CONAMA N2	51,6	n.d.	n.d.	370	410	270	218	7,2
CEQG ISQG	n.d.	n.d.	n.d.	52,3	124	18,7	30,2	0,7
CEQG PEL	n.d.	n.d.	n.d.	160	271	108	112	4,2

Legenda: LD = Limite de Detecção; N1 e ISQG= limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; N2 e PEL= limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota; n.d. = não determinado.

Dessa forma, o aumento de foraminíferos, deve-se ao aumento significativo da salinidade, o mesmo foi verificado por Martins et al (2010). Além disso, o predomínio da espécie *H. wilberti*, em ambos os períodos amostrais, sugerem a presença de ambientes compostos de sedimentação fina e ricos em nutrientes, típico de regiões de manguezal (GÓMES; BERNAL, 2011; MACHADO et al., 2012). Já o gênero *Quinqueloculina* é típico de ambientes marinhos, exibindo elevado número de testas durante a primeira campanha, o qual apresentou as maiores salinidades. Enquanto que os baixos registros de espécimes durante a segunda campanha, indicam um ambiente mixohalinos, como também foi observado por Rodrigues et al (2003) em estudos de monitoramento de foraminíferos no canal de Bertiooga – SP, Brasil.

Os valores de riqueza foram maiores na primeira amostragem (0,4 a 2,0 no período chuvoso e 0,5 a 1,7 na estação seca – Tabela 5.6), mas em ambas as campanhas, os índices de equitatividade estiveram acima 0,5, indicando ausência de dominância, corroborando com os estudos estatísticos com assembleias de foraminíferos realizados, por Clarke e Warwick (2001). A diversidade foi menor no período seca (0,3 a 1,4 na primeira campanha e 0,3 a 1,3 na segunda) (Tabela 5.6). Contudo, os valores de diversidade foram considerados elevados, ao serem comparados com os dados obtidos por Semensatto-Jr (et al., 2009) em estudo realizado dentro de um ambiente de manguezal, situado ao norte da Ilha do Cardoso, Baía de Cananéia-Iguape-SP (0,2 a 0,6).

Embora não tenha havido dominância, os índices mais elevados de riqueza no período seco devem-se a tolerância de algumas espécies as contaminações por metais traços (GÓMES; BERNAL, 2011).

Tafonomia das testas

No período chuvoso de amostragem, a maioria das testas exibiu coloração branca ou incolor 72,27% e no período seco, a predominância foi de testas de coloração marrom 60,00%. Quanto ao desgaste, 51,26% e 40,60% das testas estavam abrasadas e normais (Figura 5.7).

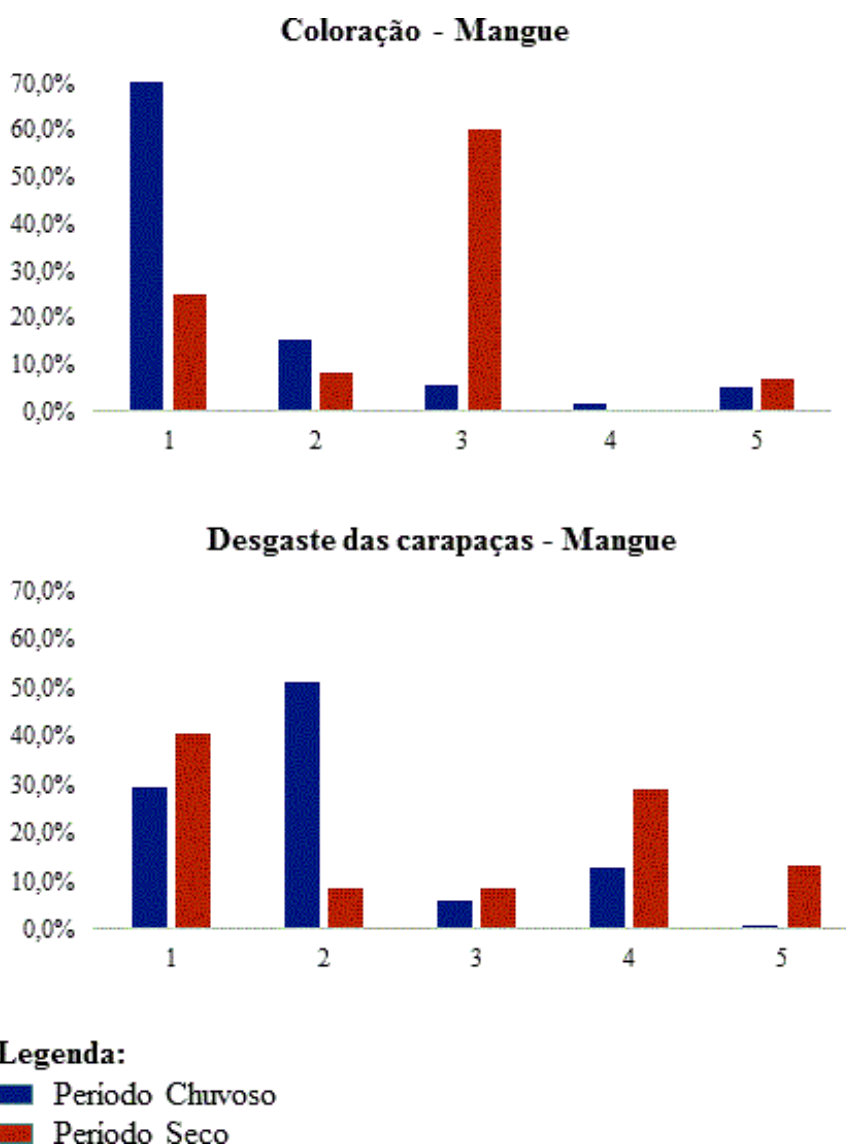
Assim, o domínio de testas brancas resulta da adição rápida de testas novas ao sedimento, conforme verificado por Machado et al (2012) em estudos tafonômicos com assembleias de foraminíferos, no Município de Conde, Bahia (Figura 5.7). Entretanto, houve também um alto percentual de testas abrasadas, as quais indicam condições de alta energia. Considerando-se que a maioria dos espécimes abrasados era da espécie *A. beccarii* e que esta também podem ser encontradas no canal estuarino do rio Jequitinhonha (Figura 5.4 e Tabelas 5.3), é possível inferir que algumas das testas tenham sido transportadas para dentro do manguezal devido a velocidade das correntes na região, conforme observado, por Rodrigues et al (2003), em estudos semelhantes realizados no canal de Bertioga – SP. Já na segunda campanha, houve predomínio de testas marrons, sugerindo uma lenta taxa de sedimentação, causada por um intenso, porém não rápido, trabalho de erosão ou de bioturbadores (MACHADO et al., 2012), o que é confirmado pelo predomínio de testas normais.

Tabela 5.6 – Abundâncias absoluta (N) e relativa (AR) e índices ecológicos das espécies de foraminíferos registradas na zona de manguezal do estuário do rio Jequitinhonha concernentes à primeira (I - nov/2011) e segunda (II - abr/2012) campanhas de amostragem

Manguezal do rio Jequitinhonha	JI1	JI2	JI3	JI4	JI5	JI6	N	AR	JII1	JII2	JII3	JII4	JII5	JII6	N	AR
<i>Ammonia beccarii</i>	0	30	7	1	0	0	38	33	2	1	2	0	0	0	5	3,5
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	1	0	0	0	0	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina laevigata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2,1
<i>Brizalina alata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	5	3,5
<i>Elphidium excavatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,7
<i>Elphidium sagrum</i>	0	3	0	0	0	0	3	2,6	0	1	0	0	0	0	1	0,7
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	2	37	2	2	0	0	43	37	10	6	15	44	4	1	80	55,9
<i>Nonion grateloupi</i>	0	0	2	0	0	0	2	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quinqueloculina fusca</i>	14	0	0	0	0	0	14	12	5	0	3	2	0	0	10	7
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	0	4	0	0	0	4	3,5	0	5	0	0	0	0	5	3,5
<i>Quinqueloculina venusta</i>	0	3	3	0	0	0	6	5,2	0	0	1	0	0	0	1	0,7
<i>Textularia aglutinans</i>	0	0	2	0	0	0	2	1,7	4	0	0	0	0	0	4	2,8
<i>Trochammina inflata</i>	0	0	1	0	2	0	3	2,6	15	3	7	3	0	0	28	19,6
Total	16	74	21	3	2	0	116	100	39	19	31	49	4	1	143	100
Nº de Espécies	2	5	7	2	1	0	-	-	6	6	7	3	1	1	-	-
Riqueza (Margalef)	0,4	0,9	2	0,9	0	****	-	-	1,4	1,7	1,7	0,5	0	****	-	-
Equitatividade (Pielou)	0,5	0,6	0,9	0,9	****	****	-	-	0,9	0,9	0,8	0,4	****	****	-	-
Diversidade (S -Wiener)	0,3	0,9	1,4	0,4	0	****	-	-	1,3	1,3	1,2	0,3	0	0	-	-

Legenda: MPI1 = rio Jequitinhonha da primeira campanha do ponto 1; N = Total; AR = Abundância Relativa; Diversidade (S – Wiener) = Diversidade (Shannon-Wiener).

Figura 5.7 – Percentuais dos tipos de coloração e desgaste das espécies de foraminíferos na zona de manguezal do rio Jequitinhonha, referentes às campanhas de nov/2011 e abr/2012

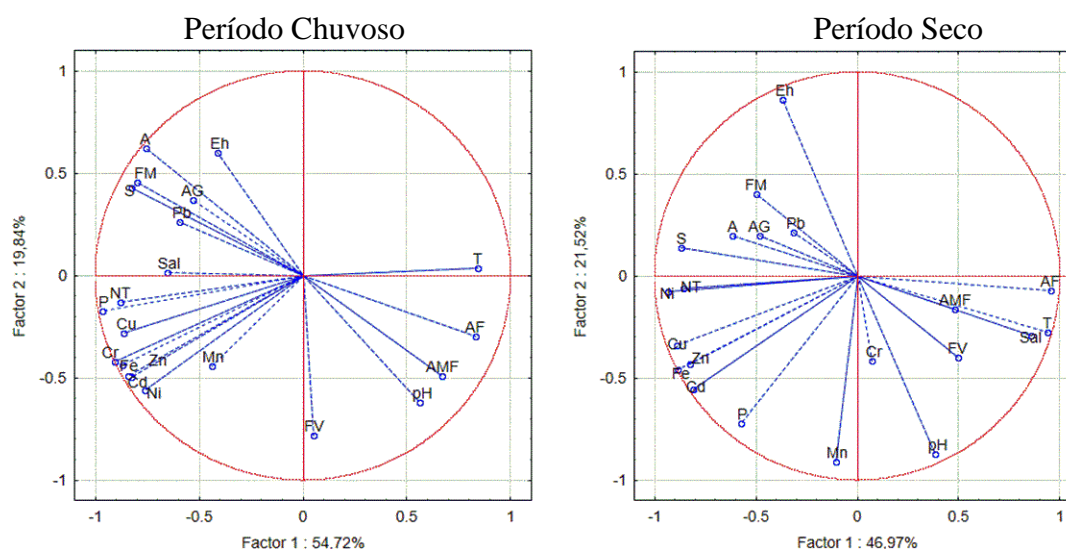


5.3.10 Distribuição das testas dos foraminíferos

O resultado da análise de correlação para ambas campanhas, indicam que a distribuição dos indivíduos vivos relaciona-se positivamente com os parâmetros temperatura, pH e as frações areia fina, areia muito fina e silte (Figura 5.8), sugerindo que tais organismos preferem ambientes de granulometria fina, o qual favorece o aporte de nutrientes. Já as testas dos indivíduos mortos, também apresentaram para ambas campanhas uma correlação positiva com as frações silte e argila e o metal traço Pb (Figura 5.8), isto ocorre porque, após a morte desses organismos, as testas são depositadas em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde

predomina sedimentos de granulometria fina, o qual também favorece uma maior adsorção de metais traços.

Figura 5.8 – Representação gráfica da Análise de Componentes Principais, baseada em parâmetros bióticos, abióticos, metais e nutrientes do sedimento da zona de manguezal do rio Jequitinhonha, concernentes às campanhas realizadas em nov/2011 e abr/2012



Nota: Os metais foram simbolizados de acordo com tabela periódica, mas FV = foraminíferos vivos; FM = foraminíferos mortos; T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de hidrogênio; Eh = potencial de oxidação-redução; AG = areia grossa; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; S = silte; A = argila; NT = nitrogênio total; MO = matéria orgânica.

CONCLUSÕES

O canal estuarino do rio Jequitinhonha é constituído por águas doces, nos pontos 1 ao 4 (primeira campanha) e nos pontos 1 e 3 a 6 (segunda campanha); por águas salobras, apenas no ponto 2 (segunda campanha), e levemente oxigenadas. Além disso, os valores de salinidade e de temperatura foram menores em novembro de 2011 do que em abril de 2012 devido à uma anomalia no regime pluviométrico da região, de modo que, ao contrário do esperado, a primeira campanha foi considerada como tendo sido realizada no “período chuvoso” e a segunda no “período de seco”.

O sedimento é ligeiramente ácido a neutro e marcadamente redutor no período chuvoso. A areia fina foi a fração granulométrica predominante, confirmando a expectativa de uma condição de menor energia hidrodinâmica no canal.

As concentrações de fósforo assimilável, matéria orgânica, carbono orgânico, níquel, ferro e cromo no canal, provavelmente originem-se da drenagem de áreas agrícolas à montante, principalmente durante o período chuvoso, enquanto que o nitrogênio deve resultar dos

efluentes urbanos e industriais que, assim como as concentrações de cádmio, ficam mais concentrados no período seco.

No canal do rio Jequitinhonha, no período chuvoso (nov/2011), foram obtidos 281 indivíduos, destacando-se as espécies *Trochammina inflata* (37,0%), *Haplophragmoides wilberti* (22,8%) e *Ammonia beccarii* (18,5%) como as espécies principais. Já a espécie *A. beccarii* é a mais tolerante às grandes mudanças na temperatura e salinidade e também apresentam preferência por sedimentação fina com aporte de nutrientes. No período seco, a não ocorrência de foraminíferos se deve aos baixos valores de salinidade, o que impossibilitou a sobrevivência até mesmo das espécies mais resistentes. Apesar disso não houve dominância de espécies, embora os valores de riqueza e diversidade tenham sido baixos em relação a outros estuários.

No período chuvoso, a maioria das testas exibiu coloração branca ou incolor 63,70% ou amarela 25,62%. Quanto ao desgaste, 44,48% das testas estavam normais, mas 29,89% apresentaram sinais de abrasão.

O predomínio de testas brancas é indicativo de uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca, o que é corroborado pelo domínio de testas normais.

Na primeira campanha, a distribuição dos indivíduos vivos e mortos foram positivamente correlacionada à fração areia muito fina, silte, argila e fósforo assimilável, indicando que a sedimentação fina possui maior conteúdo orgânico, evidenciando uma associação direta entre a textura do sedimento e os foraminíferos bentônicos. Já as testas dos indivíduos mortos apresentam correlação positiva as frações argila, silte e pH, visto que, após a morte desses organismos, as testas costumam ser depositados em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde, conseqüentemente, predomina sedimentos de granulometria fina.

Enquanto que para a segunda campanha, a ausência de foraminíferos, deve-se possivelmente, aos baixos valores de salinidade e contaminações por metais traços, comprometendo a sobrevivência das espécies e impossibilitando a realização da análise de correlação dos organismos com os parâmetros abióticos.

Para a zona de manguezal do canal estuarino do rio Jequitinhonha o aumento dos valores de salinidade e temperatura, durante a segunda campanha, podem estar relacionados à redução do volume de água.

Seu sedimento é ligeiramente ácido a neutro e predominantemente oxidante no período seco. As frações areia muito fina e silte foram as composições granulométricas predominantes, confirmando uma condição de ambiente deposicional de menor energia hidrodinâmica.

As concentrações de fósforo assimilável e nitrogênio foram oriundas das águas marinhas que tendem a diluir suas concentrações na foz, situação esta que se torna mais intensa no período chuvoso. Já os teores de cádmio, cromo, chumbo, ferro e zinco devem ser resultantes de fontes antrópicas, como os efluentes domésticos e drenagens agrícolas em atividades de carcinicultura, enquanto que o níquel é provavelmente resultante das atividades de mineração e descartes industriais na região.

Na zona de manguezal foram obtidos 116 indivíduos. Não foram encontrados testas no ponto 6 e apesar das elevadas concentrações de metais traços, não houve registro de testas anômalas em nenhum dos pontos. Nessa amostragem, foram identificadas 10 espécies, destacando-se *Haplophragmoides wilberti* (37,1%), *Ammonia beccarii* (32,8%), *Quinqueloculina fusca* (12,1%) e *Q. venusta* (5,2%). A ocorrência de tais espécies deve-se ao fato destas serem mais tolerantes às grandes mudanças de salinidade e temperatura. Além disso, as espécies *H. wilberti* e *A. beccarii* são as mais tolerantes à contaminação por metais traços. Na segunda campanha, foram obtidos 143 foraminíferos, sem o registro de testas anômalas. Foram identificadas 10 espécies, sendo predominantes: *H. wilberti* (55,9%), *Trochammina inflata* (19,6%) e *Q. fusca* (7,0%). O aumento do número de testas, deve-se ao aumento significativa da salinidade, durante a segunda campanha.

No período chuvoso de amostragem, a maioria das testas exibiu coloração branca ou incolor 72,27% e no período seco, a predominância foi de testas de coloração marrom 60,00%. Quanto ao desgaste, o percentual daquelas abrasadas foi de 51,26%, enquanto que as testas normais compunham um conjunto de 40,60%.

Assim, o domínio de testas brancas resulta da adição rápida de testas novas ao sedimento. Entretanto, houve também um alto percentual de testas abrasadas, as quais indicam condições de alta energia. Considerando-se que a maioria dos espécimes abrasados era da espécie *A. beccarii* e que esta também vive no canal estuarino do rio Jequitinhonha, é possível que parte das testas tenha sido transportada para dentro do manguezal. Já na segunda campanha, houve predomínio de testas marrons, sugerindo uma lenta taxa de sedimentação, causada por um intenso, porém não rápido, trabalho de erosão ou de bioturbadores, o que é confirmado pelo predomínio de testas normais.

As análises de correlação indicam que a distribuição dos indivíduos vivos para ambas campanhas relacionou-se positivamente com os parâmetros temperatura, pH e as frações areia fina, areia muito fina e silte, sugerindo que tais organismos preferem ambientes de granulometria fina, o qual favorece o aporte de nutrientes. Já as testas dos indivíduos mortos, também apresentaram para ambas campanhas uma correlação positiva com as frações silte e

argila e o metal traço Pb, isto ocorre porque, após a morte desses organismos, as testas são depositadas em ambientes de menor energia hidrodinâmica, onde predomina sedimentos de granulometria fina, o qual também favorece uma maior adsorção de metais traços.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, J.S.; BRAGA, E.S.; FAVARO, D.T.; PERRETTI, A.R.; REZENDE, C.E.; SOUZA, C.M.M. Total mercury in sediments and in Brazilian Ariidae catfish from two estuaries under different anthropogenic influence. **Marine Pollution Bulletin.**, v.62, n.12, p.2724-2731, dec 2011.
- BOUILLON, A.V.; BORGES, E.; CATAÑEDA-MOYA, K.; DIELE, T.; DITTMAR, N.C.; DUKE, E.; KRISTENSEN, S.Y.; LEE, C.; MARCHAND, J.J.; MIDDELBURG, V.H.; RIVERA-MONROY, T.J.; SMITH, R.R.T. Mangrove production and carbon sinks: a version of global budget estimate *Global Biogeochem. Global Biogeochemical Cycles.*, v.22, n.2, p.1-12, may. 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 13 mar. 2014.
- CELINO, J.J.; ESCOBAR, N.F.C.; HADLICH, G.M.; NASCIMENTO, R.A.; QUEIROZ, A.F.S. Geoquímica da água superficial nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade.** Salvador: EDUFBA, 2014. p.63-76.
- COSENTINO, D.; BERTINI, A.; CIPOLLARI, P.; FLORINDO, F.; GLIOZZI, E.; GROSSI, F.; LO MASTRO, S.; SPROVIERI, M. Orbitally forced paleoenvironmental and paleoclimate changes in the late postevaporitic Messinian of the central Mediterranean Basin. **The Geological Society of America Bulletin.**, v.124, n.3-4, p.499-516, mar. 2012.
- CRUZ, F.C. **Elementos traço em substrato de manguezais dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, Bahia.** 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto de Cadastro de Fontes de abastecimento por água subterrânea – Vale do Jequitinhonha. **Diagnóstico do Município de Belmonte – BA.** Minas Gerais: p.157, 2005.
- CARVALHO, P.V.; SANTOS, P.J.; BOTTER-CARVALHO, M.L. Assessing the severity of disturbance for intertidal and subtidal macrobenthos: the phylum-level meta-analysis approach in tropical estuarine sites of northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v.60, n.6, p.873-87, jun. 2010.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. **Change in marine communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation.** 2nd ed. [s.l.]: Plymouth Marine Laboratory, 2001. 172p.

DONNICI, S.; SERANDREI-BARBERO, R.; BONARDI, M.; SPERLE, M. Benthic foraminifera as proxies of pollution: The case of Guanabara Bay (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v.64, n.10, p.2015-2028, oct. 2012.

DUQUET, M. **Ciências da vida**: glossário de ecologia fundamental. Porto: Porto Editora, 2007. 128p.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472p.

ESCOBAR, N.F.C.; CELINO, J.J.; NASCIMENTO, R.A. Metais na água superficial, material particulado em suspensão e no sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs.). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia**: geoquímica, petróleo e sociedade. Salvador: EDUFBA, 2014. 77-98p.

ESCOBAR, N.F.C. **Geoquímica da água superficial e do sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia, Brasil**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminiferal for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v.76, n.2, p.404-417, jan. 2008.

FERREIRA, V.O. **Paisagem, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, MG**. 2007. 291f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GÓMES, E.; BERNAL, G. Influence of the environmental characteristics of mangrove forests on recent benthic foraminifera in the Gulf of Urabá, Colombian Caribbean. **Ciências Marinas**, v.39, n.1, p. 69-82, 2013.

GUERRERO, P. Vale do Jequitinhonha: A região e seus contrastes. **Revista Discente Expressões Geográficas**, v.5, n.5, p.81-100, maio. 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, colorido. Escala 1:5.000.000. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 19 abr. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha** - diretrizes gerais para a ordenação territorial. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, Diretoria de Geociências. Salvador, 1997. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br> >. Acesso em: 19 abr. 2014.

LAMPARELLI, C.C. Commissioning and monitoring challenges regarding ocean outfalls: São Paulo State experience. In: Lamparelli, C.C.; Ortiz, J.P. (Eds.). **Submarine outfalls**: design, compliance and environmental monitoring. São Paulo: Secretaria do Meio ambiente, 2007. p.11-23.

MACHADO, A.J.; ARAÚJO, T.M.F.; ARAÚJO, H.A.B.; FIGUEIREDO, S.M.C. Análise batimétrica e tafonômica da microfauna de foraminíferos da plataforma e talude continentais do Município de Conde, Bahia. **Cadernos de Geociências.**, v.9, n.2, p. 157-172, nov. 2012.

MARTINS, R.V.; FILHO, P.F.J.; ESCHRIQUE, S.A.; LACERDA, L.D. Anthropogenic sources and distribution of phosphorus in sediments from the Jaguaribe River estuary, NE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.**, v.71, n.3, p. 673-678, aug. 2011.

MARTINS, M.V.A.; DA SILVA, E.F.; SEQUEIRA, C.; ROCHA, F.; DUARTE, A.C. Evaluation of the ecological effects of heavy metals on the assemblages of benthic foraminifera of the canals of Aveiro (Portugal). **Estuarine, Coastal and Shelf Science (Print).**, v.87, n.2, p.293-304, apr. 2010

MURRAY J. **Ecology and applications of benthic foraminifera.** Englan: Cambridge University Press, 2006. 426p.

ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.**, v.7, n.2, 2.Sem. 2007.

PAULA FILHO, P.F.J.; DE MOURA, M.C.S.; MARINS, R.V. Phosphorus Geochemical Fractioning in Water and Sediment from Corrente River, Catchment, Parnaíba/PI. **Revista Virtual de Química.**, v.4, n.6, p.623-640, nov. 2012.

PERH-BA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. **Diagnóstico e Regionalização.** Salvador, 2003. (Relatório final da etapa I). Disponível em: <<http://biblioteca.inga.ba.gov.br>>. Acesso: 18 ago. 2012.

QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. **Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal e desenvolvimento de processos tecnológicos aplicáveis a remediação dessas zonas:** subsídios a um programa de prevenção de impactos em áreas com potencial para atividades petrolíferas na região litoral sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL). Salvador: EDUFBA, 2013. 148p. (Relatório técnico).

RODRIGUES, A.R.; EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B. Utilização de foraminíferos no monitoramento do canal de Bertiooga (SP, Brasil). **Atlântica, Rio Grande.**, v.25, n.1, p.35-51, 2003.

SAMPAIO, N. E VARGAS, M.A.M. The landscape of the Pardo river unveiled by riverine community in southwestern Bahia: Talks between the perceived and lived. **Revista Eletrônica Ateliê Geográfico.**, v.4, n.4, p.147-177, dec. 2010.

SIQUEIRA, G.W.; LIMA, W.N.; MENDES, A.S.; APRIL, F.M.; BRAGA, E.S.; MAHIQUES, M.M. Evolução do impacto ambiental causado por matéria orgânica, mercúrio e arsênio nos sedimentos de fundo do sistema estuarino de Santos. **Geochimica Brasil.**, v.18, n.1, p.054-063, 2004.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S.; PRADA, S.M.; LAMPARELLI, C.C.; BEVILACQUA, J.E. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**, v.60, p.536-553, 2010.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; LAMPARELLI, C.C. Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. **Pesquisas em Geociências.**, v.36, n.1, p.467-475, jan./abr. 2009.

VEIGA, J.E. Indicadores de sustentabilidade. **Estudos Avançados.**, v.24, n.68, p.39-52, 2010.

ZOURARAH, B.; MAANAM, M.; ROBIN, M. Sedimentary records of anthropogenic contribution to heavy metal content in Oum Er Bia estuary (Morocco). **Environ Chem Lett.**, v.7, p.67-78, 2009.

6 CONCLUSÃO GERAL

Dentre os dados geoquímicos dos sedimentos e bióticos desta pesquisa, os valores de salinidade e temperaturas foram menores em novembro de 2011 do que em abril de 2012 devido à uma anomalia no regime pluviométrico das regiões em estudo, apresentando também um ambiente predominantemente redutor nas três regiões, no período chuvoso.

As concentrações de fósforo assimilável, matéria orgânica, carbono orgânico e os metais níquel, cromo e ferro apresentaram semelhanças nos três estuários quanto a sua origem, sendo talvez oriundas das drenagens de áreas agrícolas à montante, principalmente durante o período chuvoso, enquanto que o nitrogênio, provavelmente resulta dos efluentes urbanos e industriais. Já as inexistências e reduções significativas de foraminíferos, devem-se à redução da salinidade e também elevadas concentrações dos metais traços, destacando-se as espécies *Elphidium excavatum*, *Ammonia tepida* e *A. beccarii*, nesta ordem, como as mais tolerantes as contaminações por metais não essenciais nas três áreas em estudo. Enquanto que as ocorrências das espécies *H. wilberti*, *T. squamata* e *T. inflata* indicam ambientes estuarinos de baixa energia hidrodinâmica, como observado nos estuários do rio Pardo e Jequitinhonha, e tendência à hipossalinidade, peculiaridade apresentada nos três canais estuarinos, visto a predominância de águas salobras.

Percebeu-se que as características sedimentares das regiões estudadas, apresentaram semelhanças quanto as suas composições, apresentando sedimentos ligeiramente ácidos a neutros e predominantemente oxidantes no período chuvoso. Em termos granulométricos, as frações areia muito fina e silte foram as composições predominantes, confirmando uma condição de ambiente deposicional de menor energia hidrodinâmica para as três zonas de manguezal dos canais estuarinos estudados.

As concentrações de fósforo assimilável, nas zonas de manguezal dos rios Una e Pardo, possivelmente são oriundas de fontes antrópicas, ou seja, efluentes domésticos ou carcinicultura próximos à montante. Enquanto que o nitrogênio deve resultar de fontes naturais, como os processos de assimilação e consumo pelo fitoplâncton. Da mesma forma, as concentrações de fósforo assimilável e nitrogênio na zona de manguezal do rio Jequitinhonha, também parecem oriundas de fontes naturais, como as águas marinhas que tenderam a diluir suas concentrações na foz, situação esta que se tornou mais intensa no período chuvoso.

Os metais traços estudados nas três regiões foram o cádmio, cromo, chumbo e zinco que parecem ter se originado das drenagens agrícolas, principalmente no período chuvoso e o níquel, resultante das atividades de mineração e descartes industriais.

Nas três áreas foram registradas reduções significativas de foraminíferos durante a estação seca, devido aos elevados teores de metais traços, o que possibilitou a sobrevivência das espécies mais tolerantes, como *A. tepida* e *E. excavatum*, dominantes nas três zonas de manguezal. Além disso, houve o registro da presença das espécies *Haplophragmoides wilberti*, *Trochammina inflata* e *T. squamata*, nas regiões estudadas, visto que tais espécies têm preferências por ambientes de sedimentação fina, por estes terem apresentado um maior conteúdo orgânico em sua composição.

Os resultados tafonômicos revelaram semelhanças e peculiaridades nos três canais e zonas de manguezal, dos estuários estudados, tendo sido observada predominância de testas brancas, indicando uma taxa de deposição muito rápida, com muito material novo sendo adicionado ao sedimento, principalmente durante a estação seca, o que é corroborado pelo domínio de testas normais. Além disso, não houve dominância de espécies em nenhum dos ambientes estudados, embora os valores de riqueza e diversidade tenham sido baixos quando comparados a outros trabalhos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P.C.B.; BRUNO, N.L.; MOREAU, A.M.S.S.; FONTES, E.O. Ocupação geográfica e evolução da configuração do território do município de Canavieiras, Bahia. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino.**, v.3, n.2, p.49-67, 2ºSem. 2012.
- AGUIAR, P.C.B.; MOREAU, A.S.S.; FONTES, E.O. Impactos na dinâmica ambiental do município de Canavieiras (BA) tendo a RESEX como fator de influência. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino.**, v.2, n.1, p. 61-78, 1ºSem. 2011.
- ARMSTRONG, H.; BRASIER, M. **Microfossils**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 296p.
- ARAÚJO, T.M.F. **Estudo da microfauna de foraminíferos do sedimento da superfície a da subsuperfície da plataforma e do talude continentais da região norte do estado da Bahia (Salvador à Barra do Itariri)**. 2004. 527f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- ANDRADE, E.J. **Distribuição dos foraminíferos recentes na transição carbonato/siliclastos na região da Praia do Forte, Litoral Norte do Estado da Bahia. Salvador**. 1997. 111f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.25, p.190-203, 1995.
- ALVE, E. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, Western Norway. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.25, n.3, p.190-203, jul. 1995.
- ALMASI, M.N. **Ecology and color variation of benthic foraminifera in Barnes Sound, Northeast Florida Bay**. 1978, 144f. (ecology in Masters) - University of Miami, Miami, 1978.
- BRITO, E.M.; DURAN, R.; GUYONEAUD, R.; GONI-URRIZA, M.; GARCIA, O.T.; CRAPEZ, M.A. A case study of in situ oil contamination in a mangrove swamp (Rio de Janeiro, Brazil). **Marine Pollution Bulletin.**, v.58, p.418-423, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resoluções CONAMA nº 401**, 4 nov. 2008. Disponível em:
< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao>> Acesso em: 19 jan. 2014.
- BOEGER, M.R.T.; MUSCHNER, V.C.; PIE, M.R.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.A. Postglacial North-South expansion of population of *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) along the Brazilian coast revealed by microsatellite analysis. **American Journal of Botany.**, v.98, n.6, p.1031-1039, 2011.
- BARBOSA, C.F.; OLIVEIRA-SILVA, P.; FERREIRA, B.P.; SEOANE, J.C.S.; ALMEIDA, C.M.; MARINHO, L.S.V. Aplicação do índice FORAM na avaliação da saúde dos recifes de coral dos parrachos de maracajaú (RN). In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2005, Vitória. **2 Congresso Brasileiro de Oceanografia**. p.1-4, 2005.

BARRETO, A.C. **Qualidade do solo de uma microbacia do rio Una (Aliança) – BA sob diferentes usos da Terra**. 2005. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L.; SILVA, I.R. Patterns of Sediment Dispersion Coastwise the State of Bahia - Brazil, 72., 2000, Bahia: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, . v.72, n.2, p.271-287, 2000.

BRÖNNIMANN, P.; DIAS-BRITO, D. New litiolacea (Protista, Foraminifera) from shallow waters of the Brazilian Shelf. **The Journal of Foraminiferal Research**., v.12, n.1, p.13-23, 1982.

BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G.; WATANABE, S.; WRIGHT, R.C. **Atlas of benthic shelf foraminifera of the southwest atlantic**. Netherlands: The Hague, 1980, 133Pp.

BRÖNNIMANN, P.; WHITTAKER, J.E.; ZANINETTI, L. Brackish water foraminifera from mangrove sediments of southwestern Viti Levu, Fiji Islands, Southwest Pacific. **Revue de Paléobiologie**., v.11, n.1, p.13-65, 1992.

BOLTOVSKOY, E.; VIDARTE, M. Foraminíferos de la zona de manglar de Guayaquil (Equador). **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**., v.5, n.3, p.31-49, 1977.

BOLTOVSKOY, E.; WRIGHT, R. **Recent foraminifera**. [s.l.]: Publishers The Hague, 1976. 515p.

BOLTOVSKOY, E. **Los foraminíferos recientes**. Argentina: EUDEBA, Universidade de Buenos Aires, 1965. 510p.

CHÂTELET, E.A.; BOUT-ROUMAZEILLES, V.; RIBOULLEAU, A.; TRENTESAUX, A. Sediment (grain size and clay mineralogy) and organic matter quality control on living foraminifera. **Revue de Micropaléontologie**., v.52, n.1, p.75-84, jan./mar. 2009.

CRUZ, F.C. **Níveis de background de elementos traço em substrato de manguezais dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, Bahia**. 2013. 93f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

COSTA, A.B.; NOVOTNY, E.H.; BLOISE, A.C.; DE AZEVEDO, E.R.; BONAGAMBA, T. J.; ZUCCHI, M.R.; SANTOS, V.L.C.S.; AZEVEDO, A.E.G. Characterization of organic matter in sediment cores on the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, by Elemental analysis and ¹³C NMR. **Marine Pollution Bulletin**., v.62, n.8, p.1883-1890, 2011.

CRONA, B.I.; RONNBACK, P.; JIDDAWI, N.; OCHIEWO, J.; MAGHIMBI, S.; BANDEIRA, S. Murky water: Analyzing risk perception and stakeholder vulnerability related to sewage impacts in mangroves of East Africa. **Global Environmental Change**., v.19, p.227–239, 2009.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto de Cadastro de Fontes de abastecimento por água subterrânea – Vale do Jequitinhonha. **Diagnóstico do município de Belmonte – BA**. Minas Gerais, 2005.

CULVER, S.J. Foraminifera. In: LIPPS, H. J (Orgs.). **Fossil prokaryotes and protists**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993. 203–246p.

COTTEY T.L.; HALLOCK, P. Test surface degradation in *Archaias angulatus*. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.18, n.3, p.187-202, 1988.

CLOSS, D. Foraminíferos e tecamebas da Lagoa dos Patos (RS). **Boletim da Escola de Geologia de Porto Alegre.**, v.11, p.1-130, 1962.

CLOOS, D.; BARBERENA, M.C. Foraminíferos recentes da Praia da Barra (Salvador, Bahia). **Escola Geológica de Porto Alegre.**, v.6, p.1-50, 1960.

DELGARD, M.; DEFLANDRE, B.; METZGER, E.; NUZZIO, D.; CAPO, S.; MOURET, A.; ANSCHUTZ, P. In situ study of short-term variations of redox species chemistry in intertidal permeable sediments of the Arcachon lagoon. **Hydrobiologia.**, v.699, n.1, p.69-84, dec. 2012

DE PAULA, F.C.F.; SILVA, D.M.L.; SOUZA, C.M. Tipologias hidroquímicas das bacias hidrográficas do leste da Bahia, **Revista Virtual Química.**, v.4, n.4, p.365-373, abr. 2012.

DONNICI, S.; SERANDREI-BARBERO, R.; BONARDI, M.; SPERLE, M. Benthic foraminifera as proxies of pollution: The case of Guanabara Bay (Brazil). **Marine Pollution Bulletin.**, v.64, n.10, p.2015-2028, oct. 2012.

DIAS, H.M.; SOARES, M.G.; NEFFA, E. Conflitos socioambientais: o caso da carcinicultura no complexo estuarino Caravelas - Nova Viçosa/Bahia-Brasil. **Revista Ambiente e Sociedade.**, v.15, n.1, p. 111-130, 2012.

D'AQUINO, C.A.; NETO, J.S.A.; BARRETO, G.A.M.; SCHETTINI, C.A.F. Caracterização oceanográfica e do transporte de sedimentos em suspensão no estuário do Rio Mampituba, SC. **Revista Brasileira de Geofísica.**, v.29, n.2, p.217-230, 2011.

DIEZ, M.; SIMON, M.; MARTIN, F.; DORRONSORO, C.; GARCIA, I.; VAN GESTEL, C. A.M. Ambient trace element background concentrations in soils and their use in risk assessment. **Science of the Total Environment.**, v.407, p.4622–4632, 2009.

DIZ, P.; FRANCÉS, G.; ROSÓN, G. Effects of Contrasting Upwelling-Downwelling on Benthic Foraminiferal Distribution in the Ría de Vigo (NW Spain). **Journal of Marine Systems.**, v.60, p.1-18, 2006.

DEBENAY, J. P., GUIRAL, D.; PARRA, M. The Case of Foraminiferal Assemblages in French Guiana. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.**, v.55, p.509-533, 2002.

DEBENAY, J.P.; DULEBA, W.; BONETTI, C.; MELO-E-SOUZA, S.H.; EICHLER, B.B. *Pararotalia cananeaensis* n. sp., indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environments. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.31, n.2, p.152-163, 2001.

DEBENAY, J.P., GUILLOU, J.J., REDOIS, F., GESLIN, E. Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments: a base for using foraminifera as early

warning indicators of anthropic stress. In: MARTIN, R. (ed.), **Environmental Micropaleontology**: Plenum Publishing Corporation, 2000. p.39-67.

DEBENAY, J.P.; EICHLER, B.B.; DULEBA, W.; BONETTI, C.; EICHLER-COELHO, P. Water stratification in coastal lagoons: its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons. **Marine Micropaleontology**, v.35, p.67-98, 1998.

DEBENAY J.P. Monitoramento ambiental por meio de bioindicadores: uma cooperação franco-brasileira no estudo dos foraminíferos. **Revista França – Flash Meio Ambiente**, v.9, p.1-4, 1996.

DEBENAY, J.P. Recent foraminiferal assemblages and their distribution related to environmental stress in the paralic environments of West Africa (Cape Timiris to Ebrie Lagoon). **The Journal of Foraminiferal Research**, v.20, n.3, p.267-282, 1990.

DULEBA, W. Foraminíferos e tecamebas como bioindicadores da circulação hidrodinâmica do estuário do rio Verde e do lago Itacolomi. In: MARQUES, O.A.V.; DULEBA, W.(Orgs.). **Estação ecológica da Juréia-Itatins**: ambiente físico, flora e fauna. 1ed. Ribeirão Preto: Holos, 2004. v.1, 86-102p.

DULEBA, W.; DEBENAY, J. Pierre. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. **The Journal of Foraminiferal Research**, v.33, n.1, p.62-94, 2003.

DULEBA, W. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos da Enseada do Flamengo, SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.42, n.1-2, p.63-72, 1994.

DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A.; WÜRDIG, N. Relationships between ecological models based on Ostracodes and Foraminifers from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro, Brazil). In: HANAY, T.; IKEYA, N.; ISHIZAKI, K (Eds.) **Evolutionary Biology of Ostracoda**, [s.l.]: Elsevier, 1988. 467-484p.

DOMINGUEZ, J.M.L. **Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do rio Jequitinhonha (BA): influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea dos sedimentos**. Bahia. 1983. 79f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1983.

ESCOBAR, N.F.C. **Geoquímica da água superficial e do sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Sul da Bahia, Brasil**. 2013. 121f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

EICHLER, P.P.B.; EICHLER, B.B.; DAVID, C.J.; MIRANDA, L.B.; SOUZA, E. The estuary ecosystem of Bertioaga, São Paulo, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.2, p.1110-1113, 2006.

EICHLER, P.P.B. **Avaliação e diagnóstico do Canal de Bertioaga (São Paulo, Brasil) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais**. 2001. 240f. Tese (Doutorado

em Oceanografia) – Instituto de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EICHLER, B.B.; BONETTI, C. Distribuição de foraminíferos e tecamebas ocorrentes no manguezal do Rio Baguaçu, Cananéia, São Paulo – Relações com parâmetros ambientais. **Revista Pesquisas em Geociências.**, v.22, n.1-2, p.32-37, dez. 1995.

FERNANDES, S.; PILLAY, S. A study of the net flux of nitrates from estuaries of the e Thekwini Municipality of Durban, KwaZulu-Natal, South Africa. **Environ Earth Sci.**, v.67, p.2193-2203, apr. 2012.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminífera for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.**, v.76, p.404-417, 2008.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminiferal for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine Coastal and Shelf Science.**, v.76, n.2, p.404-417, jan. 2008.

FARIAS, L.G.Q. O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia. **Revista Acadêmica Multidisciplinar.**, n.12, p.1-10, 2007.

FERREIRA, V.O. **Paisagem, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, MG**. 2007. 291f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FONTANIER, C.; JORISSEN, F.J.; LICARI, L.; ALEXANDRE, A.; ANSCHUTZ, P.; CARBONEL, P. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitat. **Deep-Sea Research.**, v.49, n.4, p.751-785, apr. 2002.

FERNANDES, J.A. E PERIA, L.C.S. Características do Ambiente. In: SHAEFFER-NOVELLI, Y. (Orgs.). **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 3-16p.

GESLIN, E.; DEBENAY, J.P.; DULEBA, W.; BONETTI, C. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas. **Marine Micropaleontology.**, v.45, n.2, p.151-168, jun. 2002.

HARRIS, L.A. E BRUSH, M.J. Bridging the gap between empirical and mechanistic models of aquatic primary production with the metabolic theory of ecology: Na example from estuarine ecosystems. **Ecological Modelling.**, v.233, p.83-89, may. 2012.

HICKMAN, C.S. E LIPPS, J.H. Foraminíferivoy: Selective ingestion of foraminifera and rest alterations produced by the neogastropod Olivella. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.13, p.108-114, 1983.

HABIB, B.R.; LARSON, B.F.; NUTTLE, W.K.; RIVERA-MONROY, V.H.; NELSON, B.R.; MESELHE, E.A.; TWILLEY, R.R. Effect of rainfall spatial variability and sampling on salinity prediction in an estuarine system. **Journal of Hydrology**, v.350, n.1, p.56-57, feb. 2008.

HOHENEGGER, J. The importance of symbiont-bearing benthic foraminifera for West Pacific carbonate beach environments. In BARBIERI, R., HOHENEGGER, J.; N. PUGLIESE (Eds): Foraminifera and Environmental Micropaleontology, Environmental Micropaleontology Symposium at the 32nd International Geological Congress, 3. 2006. **Marine Micropaleontology**, v.61, n.1-3, p.4-39, 2006.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2012. **Gráficos meteorológicos**. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 07 ago. 2012.

IMGA. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais na Bacia do rio Jequitinhonha em 2009**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010. 444p. (Relatório anual).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha** - diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador, 1997. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br> >. Acesso em: 19 abr. 2014.

KOUKOUSIOURA, O.; DIMIZA, M.D.; TRIANTAPHYLLOU, M.V.; HALLOCK, P. Living benthic foraminifera as an environmental proxy in coastal ecosystems: A case study from the Aegean Sea (Greece, NE Mediterranean). **Journal of Marine Systems**, v.88, p.489-501, 2011.

KOHO, K. **Benthic foraminifera: ecological indicators of past and present oceanic environments – A glance at the modern assemblages from the Portuguese submarine canyons**. 2008. 166f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Utrecht, Budapestiaan, 2008.

KATHIRESAN, K.; QASIM, S. Biodiversity of Mangrove Ecosystems. **Conservation and Society**, v.3, n.2, p.537-539, 2005.

LEMOS Jr., I.C. **Distribuição e aspectos tafonômicos de foraminíferos recentes na plataforma continental de Sergipe, Brasil**. 2011. 100f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

LANÇONE, R.B.; DULEBA, W.; MAHIQUES, M. Dinâmica de fundo da enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.8, n.3, p.181-192, 2005.

LEITE, C.M.B.; BERNARDES, R.S.; SEBASTIÃO, A.O. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.111-115, 2004.

LEIPNITZ, I.I.; NOWATZKI, C.H.; LEIPNITZ, B.; AGUIAR, E.S.; OLIVEIRA, R.F.G.; GIOVANONI, L. Foraminíferos do Quaternário da Lagoa do Peixe, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.5, p.39-47, 2003.

LEVIN, L.A.; ETTER, R.J.; GOODAY, A.J.; SMITH, C.R.; PINEDA, J.; STUART, C.T.; HESSLER, R.R.; PAWSON, D. Environmental influences on regional deep-sea species diversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics.**, v.32, p.51-93, 2001.

LACERDA, L.D. Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. **Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, v.2, p.65-72, 1998.

LACERDA, L.D., CARVALHO, C.E.V., TANIZAKI, K.F., OVALLE, A.R.C.; REZENDE, C.E. The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rizospheres. **Biotropica.**, v.25, p.252-257, 1993.

LEÃO Z.M.A.N.; MACHADO A.J. Variação da Cor dos Grãos Carbonáticos de Sedimentos Marinhos Atuais. **Revista Brasileira de Geologia.**, v.1, p.87-91, 1989.

LOEBLICH, A.R.; TAPPAN, H. Protista 2: Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and foraminiferida. In: MOORE, R.C. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology**. Meriden, The Meriden Gravure Company, 1978. v.1, p.55-139.

MOREIRA, I.T.A.; OLIVEIRA, O.M.C.; TRIGUIS, J.A.; QUEIROZ, A.F.S.; FERREIRA, S. L.C.; MARTINS, C.M.S; SILVA, A.C.M.; FALCÃO, B.A. Phytoremediation in mangrove sediments impacted by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's) using *Avicennia schaueriana*. **Marine Pollution Bulletin.**, v.67, p.130-136, 2013.

MULLER, F.L.L.; TANKÉRE-MULLER, S.P.C. Seasonal variations in surface water chemistry at disturbed and pristine peatland sites in the Flow Country of northern Scotland. **Science of the Total Environment.**, v.435-436, p.351-362, oct. 2012.

MAHER, D.; EYRE, B.D. Insights into estuarine benthic dissolved organic carbon (DOC) dynamics using $\delta^{13}\text{C}$ -DOC values, phospholipid fatty acids and dissolved organic nutrient fluxes. **Geochimica et Cosmochimica Acta.**, v.75, n.7, p.1889-1902, 2011.

MORAES, S.S. **Distribuição espacial e tafonomia de foraminíferos na plataforma continental da região norte da costa do dendê (foz do rio jequiriçá à ponta dos castelhanos), Estado da Bahia**. 2006. 176f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

MORIGI, C. Benthic environmental changes in the Eastern Mediterranean Sea during sapropel S5 deposition. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.**, v.273, n.23-4, p.258-271, 2009.

MORAES, S.S.; MACHADO, A.J. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do Litoral Norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências.**, v.33, n.2, p.201-210, 2003.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo. EDUSP, 2002. 408p.

MORAES, S.S. **Interpretações da hidrodinâmica e dos tipos de transporte a partir do estudo de foraminíferos recentes dos recifes costeiros da praia do Forte e de Itacimirim, litoral norte do Estado da Bahia.** 2001. 98f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2001.

MACHADO, A.J.; SILVA, S.S.F.; BRAGA, Y.S.; MORAES, S.S.; NASCIMENTO, H.A.; MACÊDO, C.F.C.M. Gêneros de foraminíferos da área recifal de Praia do Forte - Litoral Norte do Estado da Bahia. In: CUSHMAN FOUNDATION RESEARCH SYMPOSIUM, 7, 1999, Porto Seguro. **Anais:** Porto Seguro, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 7 Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1999.

MACHADO A.J. Foraminíferos Piritizados da Baía do Iguape, Bahia. **Acta Geol. Leopold.**, v.45, p.77-85, 1997.

MURRAY, J.W. **Ecology and Palaeology of Benthic Foraminifera.** New York: Longman. Scientific e Technical, 1991. 397p.

MURRAY, J.W.; WRIGHT, C.A. Surface textures of calcareous foraminiferids. **Palaeontology.**, v.13, p.184-187, 1970.

MAIKLEM, W.R. Black and Brown speckled foraminiferal sand from the southern part of the great Barrier. **Reef Journal of Sedimentary Petrology.**, v.37, p.1023-1030, 1967.

PRAZERES, M. F. **Taxocenose de foraminíferos e aplicação do índice FORAM nos ecossistemas recifais de Abrolhos e Corumbau (BA).** 2007. 70f. Monografia (Graduação em Biologia Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

PRÓSPERI, V.A.; NASCIMENTO, I.A. Avaliação ecotoxicológica de ambientes marinhos e estuarinos. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações** são carlos, sp. São Paulo: RIMA Editora, 2006. p.269-346.

PERH-BA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. **Diagnóstico e Regionalização.** Salvador, 2003. (Relatório final da etapa I). Disponível em: <<http://biblioteca.inga.ba.gov.br>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. **Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal e desenvolvimento de processos tecnológicos aplicáveis a remediação dessas zonas: subsídios a um programa de prevenção de impactos em áreas com potencial para atividades petrolíferas na região litoral sul do Estado da Bahia (PETROTECMANGUE-BASUL).** Salvador: EDUFBA, 2013. 148p. (Relatório técnico).

QUEIROZ, J.F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.E.; NASCIMENTO, V.M.C. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade de água da bacia do médio São Francisco. **Série Comunicado Técnico da Embrapa Meio Ambiente.**, v.3, p.1-4, 2000.

RODRIGUES, E.S.; UMBUZEIRO, G.A. Integrating toxicity testing in the wastewater management of chemical storage terminals – A proposal based on a ten-year study. **Journal of Hazardous Materials.**, v.186, n.2, p.1909-1915, 2011.

REBOTIM, A.S. **Foraminíferos planctônicos como indicadores das massas de água a norte e a sul da frente/corrente dos Açores: Evidências de dados de abundância e isótopos estáveis.** 2009, 104f. Dissertation (Ecology in masters) - University of Porto, Porto, 2009.

ROSOT, M.A.; BARCZAK, C.L.; COSTA, D.M.B. Análise da vulnerabilidade do manguezal do Itacorubi: Áreas antrópicas utilizando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento. Florianópolis. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 14. 2011, Paraíba. **Anais eletrônico...** Vale do Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2000. p.1-6. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/RE_0772_0642_01.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2013.

SRHSH - Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Habitação. Diagnóstico Regional, Caracterização do Meio Físico. **Superintendência de Recursos Hídricos (SRH)**, v.1, p.194, 1996.

SANTOS, L.O. **Disponibilidade de elementos químicos em apicuns e em sedimentos e folhas de manguezais do Município de Madre de Deus, Bahia, Brasil.** 2013. 96f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SODRÉ, F.; SCHNITZLER, D.; SCHEFFER, E.; GRASSI, M. Evaluating Copper Behavior in Urban Surface Waters Under Anthropic Influence. A Case Study from the Iguazu River, Brazil. **Aquatic Geochemistry**, v.18, n.5, p.389-405, 2012.

SALEM, E.M.; MERCER, E.D. The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis. **Sustainability**, v.4, p.359-383, 2012.

SARASWAT, R.; NIGAM, R.; PACHKHANDE, S. Difference in optimum temperature for growth and reproduction in benthic foraminifer *Rosalina globularis*: Implications for paleoclimatic studies. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.405, n.1, p.105-110, 2011.

SEMENSATTO JR., D. L.; FUNO, R. H. F.; DIAS-BRITO, D.; COELHO JR., C. Foraminiferal ecological zonation along a Brazilian mangrove transect: diversity, morphotypes and the influence of subaerial exposure time. **Revue de Micropaléontologie**, v.52, p.67-74, 2009.

SANTOS, A.P. **Apropriação da Natureza e Produção do Espaço no Município de Belmonte - Bahia.** 2008. 146f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

SANTA-CRUZ, J. **Foraminíferos atuais em um manguezal impactado por petróleo 20 anos atrás: O rio Iriri, canal de Bertioga, Santos-SP.** 2004. 142f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2004.

SEMENSATTO, J.R.; DIAS-BRITO, D. Análise ambiental preliminar de uma área parálida tropical do Delta do Rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na sinecologia de foraminíferos e tecamebas. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v.7, n.1, p.53-66, 2004.

SANTOS, P.S., MARQUES, A.C.; ARAUJO, A. Remanescentes da vegetação litorânea na região sudeste da Bahia - municípios de Una e Canavieiras. In: Mostra de Talento Científico, 1., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: GIS Brasil, 2002. p.1-6.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M.L.; DE-ROSA, M.T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v.3, p.561-570, 2000.

SAMIR A.M. The response of Benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: a study from two lagoons in Egypt. **Journal of Foraminiferal Research**, v.30, n.2, p.83-98, 2000.

SIMÕES, M. G.; HOLZ, M. Tafonomia: Processos e ambientes de fossilização. In: CARVALHO, I.S (Org.). **Paleontologia**. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.98, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. p.100.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G.; ADAIME, R. R.; CAMARGO, T. M. Variability of the mangrove ecosystem along the Brazilian Coast. **Estuaries**, v.13, n.2, p.204-218, 1980.

SWINCHATT, J.P. Significance of constituent composition, texture, and skeletal breakdown in some recent carbonates sediments. **Journal of sedimentary petrology**, v.35, n.1, p.71-90, 1965.

TEODORO, A.C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S.; PRADA, S.M.; LAMPARELLI, C.C.; BEVILACQUA, J.E. Analysis of foraminífera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v.60, n.4, p.536-553, 2010.

TOLER. S.K.; HALLOCK, P. Shell malformation in stressed *Amphistegina* populations: relation to biomineralization and paleoenvironmental potential. **Marine Micropaleontology**, v.34, p.107-115, 1998.

UEHARA-PRADO, M.; BROWN Jr., K.S.; FREITAS, A.V.L. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. **Global Ecology and Biogeography**, v.16, p.43-54, 2007.

VASCONCELOS, A.O.; CELINO, J.J. Geologia, Geomorfologia e evolução dos ambientes costeiros nos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.S.; OLIVEIRA, O.M.C. (Orgs). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia**: geoquímica, petróleo e sociedade, Salvador: EDUFBA, 2014, 32p. 1 mapa, colorido. Escala 1:50.000.

VILELA, C.G. Foraminíferos. In: CARVALHO, I.S. (Ed). **Paleontologia**. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 269-296p.

WETMORE, K.L. Correlations between test strength, morphology and habitat in some benthic foraminifera from the Coast of Washigton. **The Journal of Foraminiferal Research.**, v.17, n.1, p.1-13, 1987.

WANILSON, L.S.; MATOS, R.H.R., KRISTOSCH, G.C. Geoquímica e índice de geoacumulação de mercúrio em sedimentos de superfície do estuário de Santos – Cubatão (SP). **Química Nova**, v.25, n.5, p.753-756, 2005.

XAVIER, A.L.S. **Paleotectônica das áreas de proveniência e Petrografia da formação salobro, Bacia do rio Pardo – Bahia**. 2009. 89f. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

YANKO, V.; KRONFELD, J.; FLEXER, A. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research.**, v.24, p.1-17, 1994.

ZILI, L.; ZAGHBIB-TURKI, D.; ARENILLAS, I. Biostratigrafía y eventostratigrafía com foraminíferos plactónicos a través Del limite Paleoceno Eoceno em Kharrouba (Túnez). **Geo-Temas.**, v.10, p.1286-1288, 2008.

ZUCON, M.H.; LOYOLA, E.; SILVA, J. Distribuição de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Piauí, Sergipe. **Neurítica.**, v.7, n.1-2, p.57-69, 1992.

ZANINETTI, L.; BRONNIMANN, P.; DIAS-BRITO, D.; ARAI, M.; CASALETTI, P.; KOUTSOUKOS, E.; SILVEIRA, S. Distribution e´cologique des foraminife`res dans la mangrove d’Acupe, Etat de Bahia, Bre´sil. Notes Lab. Pale´ontol. **Université de Genève.**, v.4, n.1, p.1–17, 1979.

APÊNDICE A – Coordenadas geográficas

Tabela 1 – Coordenadas geográficas em UTM dos pontos de coletas dos canais estuarinos

AMOSTRAS	UTM N	UTM S
Rio Una		
UNA01	8.313.959	500.219
UNA02	8.314.992	500.024
UNA03	8.312.217	499.468
UNA04	8.310.885	499.189
UNA05	8.310.281	499.240
UNA06	8.308.590	499.180
UNA07	8.309.473	498.442
UNA08	8.308.608	497.021
UNA09	8.307.516	496.448
UNA10	8.308.406	495.638
Rio Pardo		
PDO01	8.313.959	500.219
PDO02	8.314.992	500.024
PDO03	8.312.217	499.468
PDO04	8.310.885	499.189
PDO05	8.310.281	499.240
PDO06	8.308.590	499.180
PDO07	8.309.473	498.442
PDO08	8.308.608	497.021
PDO09	8.307.516	496.448
PDO10	8.308.406	495.638
Rio Jequitinhonha		
JEQ01	8.249.534	515.187
JEQ02	8.248.633	514.358
JEQ03	8.247.425	515.151
JEQ04	8.247.507	514.529
JEQ05	8.247.657	513.820
JEQ06	8.247.586	512.841
JEQ07	8.247.141	512.866
JEQ08	8.247.253	512.352
JEQ09	8.246.307	511.207
JEQ10	8.246.198	510.314

Tabela 2 – Coordenadas geográficas em UTM dos pontos de coletas das zonas de manguezal dos canais estuarinos

AMOSTRAS	UTM N	UTM S
Zona de manguezal (rio Una)		
UNA01	8.315.307	500.002
UNA02	8.314.314	500.315
UNA03	8.313.336	500.206
UNA04	8.312.963	500.159
UNA05	8.308.649	498.738
UNA06	8.311.551	499.612
Zona de manguezal (rio Pardo)		
PDO01	8.263.608	505.300
PDO02	8.264.610	505.246
PDO03	8.261.620	505.301
PDO04	8.265.619	505.315
PDO05	8.265.371	504.487
PDO06	8.266.520	503.769
Zona de manguezal (rio Jequitinhonha)		
JEQ01	8.249.718	515.153
JEQ02	8.248.989	515.324
JEQ03	8.249.517	514.889
JEQ04	8.248.353	514.544
JEQ05	8.248.586	514.326
JEQ06	8.248.896	513.873

APÊNDICE B – Fauna de foraminíferos

Taxonomia

A identificação dos foraminíferos a nível de espécie foi baseada em literatura existente de diversos autores, mas a classificação sistemática foi realizada a partir de Loeblich e Tappan (1988), sendo obtidas 13 espécies bentônicas e 2 planctônicas distribuídas em 16 gêneros e 7 subordens a saber:

Reino PROCTISTA Haeckel, 1866

Filo GRANULORETICULOSA Margulis, 1999

Classe FORAMINIFERIDA Sen Gupta, 1999

Ordem LITUOLIDA de Blainville, 1827

Superfamília LITUOLACEA de Blainville, 1827

Família HAPLOPHRAGMOIDIDAE Maync, 1952

Gênero *Haplophragmoides* Cushman, 1910

Haplophragmoides wilberti Andersen, 1953

Ordem TROCHAMMININA Saidova, 1981

Superfamília TROCHAMMINACEA Schwager, 1877

Família TROCHAMMINIDAE Schwager, 1877

Subfamília TROCHAMMININAE, Schwager, 1877

Gênero *Trochammina*, Parker & Jones, 1859

Trochammina inflata, Montagu, 1808

Trochammina squamata, Jones & Parker, 1860

Ordem TEXTULARIIDA Delage e Hérouard, 1896

Superfamília TEXTULARIACEA Ehrenberg, 1838

Família TEXTULARIIDAE Ehrenberg, 1838

Subfamília TEXTULARIINAE Ehrenberg, 1838

Gênero *Textularia* DeFrance, 1824

Textularia agglutinans (d'Orbigny, 1839)

Ordem MILIOLIDA Delage & Hérouard, 1896

Família MILIAMMINIDAE Saidova, 1981

Gênero *Miliammina* Heron-Allen & Earland, 1930

Miliammina fusca Brady, 1870

Superfamília MILIOLACEA Ehrenberg, 1839

Família HAUERINIDAE Schwager, 1876

Subfamília MILIOLINELLINAE Vella, 1957

Gênero *Pyrgo* DeFrance, 1824

Pyrgo nasuta Cushman, 1935

Gênero *Triloculina* d'Orbigny, 1826

Triloculina sp.

Subfamília HAUERININAE Schwager, 1876

Gênero *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina fusca Brady, 1870

Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina seminula Linnaeus, 1758

Quinqueloculina venusta Karrer, 1868

Ordem SPIRILLINIDA Hohenegger & Piller, 1975

Família SPIRILLINIDAE, Reuss & Fritsch, 1861

Gênero *Spirillina* Ehrenberg 1843

Spirillina decorata Brady, 1884

Spirillina sp.

Ordem ROTALIIDA Delage e Hérouard, 1896

Superfamília ROTALIACEA Ehrenberg, 1839

Família ROTALIIDAE Enrenberg, 1839

Subfamília AMMONIINAE Saidova, 1981

Gênero *Ammonia* Brünnich, 1772

Ammonia beccarii (Linnaeus, 1758)

Ammonia Parkensoniana (d'Orbigny, 1839)

Ammonia tepida (Cushman, 1926)

Família ELPHIDIIDAE Galloway, 1933

Subfamília ELPHIDIUM bartletti Cushman, 1933

Gênero *Elphidium* de Montfort, 1808

Elphidium bartletti Cushman, 1933

Elphidium discoidale (d'Orbigny, 1839)

Elphidium excavatum (Terquem, 1875)

Elphidium poeyanum (d'Orbigny, 1826)

Elphidium sagrum (d'Orbigny, 1839)

Superfamília NONIONACEA Schultze, 1854

Família NONIONIDAE Schultze, 1854

Subfamília NONIONINAE Schultze, 1854

Gênero *Nonion* de Montfort, 1808

Nonion grateloupi d'Orbigny, 1826

Superfamília PLANORBULINACEA Schwager, 1877

Família CIBICIDIDAE Cushman, 1927

Subfamília CIBICIDINAE Cushman, 1927

Gênero *Cibicides* de Montfort, 1808

Cibicides sp.

Ordem GLOBIGERINIDA Delage e Hérouard, 1896

Superfamília GLOBIGERINACEA Carpenter, Parker e Jones, 1862

Família GLOBIGERINIDAE Carpenter, Parker e Jones, 1862

Subfamília GLOBIGERININAE Carpenter, Parker e Jones, 1862

Gênero *Globigerina* d'Orbigny, 1826

Globigerina pachyderma (Ehrenberg, 1861)

Globigerina trilobus d'Orbigny, 1826

Ordem LAGENIDA Delage e Hérouard, 1896

Superfamília BOLIVINACEA Glaessner, 1937

Família BOLIVINIDAE Glaessner, 1937

Gênero *Bolivina* d'Orbigny, 1839

Bolivina difformis Williamson, 1858

Bolivina laevigata Karrer, 1878

Bolivina pulchella (d'Orbigny, 1839)

Bolivina striatula Cushman, 1922

Gênero *Brizalina* Costa, 1856

Brizalina alata Seguenza, 1862

Ordem ASTRORHIZIDA, Lankester, 1885

Superfamília SACCAMMINACEA Brady, 1884

Família SACCAMMINIDAE Brady, 1884

Subfamília SACCAMMININAE Brady, 1884

Gênero *Saccammina* Sars, 1869

Saccammina sphaerica Brady, 1871