



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

**ADRIELE SANTOS LEITE**

**GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE MANGUEZAIS  
PRÓXIMOS À ÁREA DE CULTIVO DE CAMARÃO EM  
SALINAS DA MARGARIDA – BAHIA**

Salvador  
2016

**ADRIELE SANTOS LEITE**

**GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE MANGUEZAIS  
PRÓXIMOS À ÁREA DE CULTIVO DE CAMARÃO EM  
SALINAS DA MARGARIDA – BAHIA**

Dissertação de Mestrado apresentado 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. Joil José. Celino

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gisele Mara Hadlich

Salvador  
2016

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca do Instituto de Geociências - UFBA

L533 Leite, Adriele Santos  
Geoquímica do manguezal próximo à fazenda de cultivo de camarão em Salinas da Margarida, Bahia / Adriele Santos Leite.-  
Salvador, 2016.  
80 f. : il. Color.

Orientador: Prof. Joil José Celino  
Co-orientador: Prof. Gisele Mara Hadlich  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.  
Instituto de Geociências, 2016.

1. Manguezais - Geoquímica. 2. Ecologia dos manguezais. 3.  
Geoquímica ambiental. I. Celino, Joil José. II. Hadlich, Gisele Mara  
. III. Título.

CDU: 550.4:502(813.8)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## AGRADECIMENTOS

Dentre todos que contribuíram para esse momento especial, agradeço especialmente a Deus e a todos os espíritos protetores que sempre me acompanham e me amparam.

Agradeço a minha querida mainha Sônia, ao meu painho Gerson e minha irmã Catarina pela compreensão e o amor sempre me auxiliando para que eu chegasse até aqui, me dando suporte em todos os momentos.

A Felipe Skoda, meu companheiro, sempre a me fornecer seu amor, seu abraço e seu sorriso mostrando que todo o esforço vale à pena, com sua paciência suportou os momentos da construção da dissertação, me dando forças e incentivando a todo instante.

Agradeço aos meus orientadores professor Dr.<sup>o</sup> Joil J. Celino e professora Dr<sup>a</sup> Gisele M. Hadlich.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente vinculado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia - UFBA, pelo apoio e oportunidade dada para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES pela concessão de uma Bolsa de Estudos durante os dois anos do Mestrado

Ao Prof. Dr. Antônio Fernando e a toda equipe de Professores do Mestrado, meus sinceros agradecimentos pelo apoio prestado durante o desenvolvimento deste trabalho.

À prof. Dr.<sup>a</sup> Vanessa Hajte e ao pessoal do Laboratório Oceanografia Química-LOQ, pelo suporte na realização moagem das amostras.

Ao prof. Dr<sup>o</sup> Jefferson Mortatti pela realização das análises de Isótopos estáveis no CENA-USP

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente da UFBA, com quem convivi durante esses anos especialmente a Wilma, Diego, Karen, Cíntia e Camila.

A toda equipe do Laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais – NEA/UFBA pela amizade e ensinamentos: aos técnicos Sara Gisele, Jocineide, Jorginho, Isabel, com sua dedicação, estando sempre do meu lado.

A todos os amigos que fizeram parte ao longo desta caminhada principalmente: Mileide, Jade, Jéssica Verane, Carlito, Matheus Antônio, Daniele,

Enfim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para minha formação profissional e a todos que ajudaram para realização deste trabalho, Gratidão!

**GRATIDÃO!**

LEITE, Adrielle Santos. **Geoquímica do manguezal próximo à fazenda de cultivo de camarão em Salinas da Margarida, Bahia**. 80p 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2016

## RESUMO

Os ambientes costeiros, como manguezal, são bastante utilizados por atividades antrópicas e econômicas, como a criação de camarões em cativeiro e que podem gerar impactos nesses ambientes. Nesse contexto visou-se avaliar se a criação de camarão próximo ao manguezal pode contaminar o manguezal, através das variações e interações entre parâmetros sedimentológicos, físico-químicos e geoquímicos nos sedimentos em manguezal que recebem efluentes de carcinicultura no município de Salinas da Margarida, Bahia, Brasil, avaliando a fonte da matéria orgânica, as concentrações de nutrientes (NPK), razão molar C/N, isótopos estáveis naturais ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ), elementos Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn nos sedimentos de fundo de viveiro de criação de camarão, em sedimento de manguezal e do molusco bivalve (*Mytella guyanensis*), além disso, contemplando os aspectos morfométricos do bivalve e o fator de bioacumulação sedimento biota. Para isto, foram realizadas duas campanhas de amostragem em períodos de maior e menor precipitação, set/2014 e abr/2015, respectivamente, onde foram coletadas 49 amostras de sedimento e 18 amostras de *Mytella guyanensis*. Os parâmetros físicos químicos dos sedimentos foram obtidos com sonda portátil em campo e a granulometria foi obtida por difração a laser. Para obter os metais nos sedimentos realizou-se a extração parcial em meio ácido, no tecido mole do bivalve realizou-se a digestão total e as determinações dos metais ocorreram por ICP OES. Nitrogênio total e Carbono orgânico total foram determinados através do analisador elementar. A composição isotópica do carbono estável ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) foram obtidos com um espectrômetro de massas acoplado com cromatografia gasosa. Os resultados revelam um sedimento composto principalmente por fração arenosa no tanque de carcinicultura e pela fração silte e areia muito fina no manguezal, com distribuição diretamente relacionada ao fator hidrodinâmico. No sedimento de fundo do tanque, os metais Cr, Cu, Zn, Fe Mn, e Ni encontram-se correlacionados positivamente com areia fina e areia muito fina. Nos sedimentos de manguezal a ordem de concentração dos elementos foi: Fe>Al>Mn>Zn>Cr>Cu>Ni>Pb>Cd. Para os metais Cd, Cu e Ni houve pontos acima da concentração do TEL. Com a análise multivariada observou-se a separação em três grupos de sedimentos (1) de manguezal em período de maior precipitação, (2) de sedimentos de manguezal em período de menor precipitação e (3) o sedimento de tanque. O *M. guyanensis* não apresentou diferença estatísticas entre as classes de tamanho em ambas as estações pluviométricas. Os parâmetros morfométricos que se correlacionaram positivamente com Mn, Cu e Zn que são associados ao metabolismo do animal. Foi verificada a bioacumulação de Cu e Zn em todos os pontos de ambos os períodos pluviométricos, entretanto para Al, Cd e Cr somente foi observada bioacumulação na estação de maior precipitação. Níveis elevados de carbono foram observados nos locais de baixa energia, com predominância de sedimentos mais finos, enquanto concentrações menores foram encontradas em regiões com sedimentos mais arenosos. O padrão de distribuição do nitrogênio no manguezal foi semelhante ao do carbono. A partir das concentrações da razão C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  identificou-se para o manguezal o predomínio de fontes de matéria orgânica de origens continental, mata atlântica e local, árvores de manguezal, plantas tipo C3; e no tanque de criação identificou-se que a matéria orgânica é de origem fitoplanctônica.

**Palavras-chave:** biogeoquímica, *Mytella guyanensis*, sedimento, matéria orgânica, nutrientes, isótopos estáveis, metais, bioacumulação.

LEITE, Adriele Santos. **Geoquímica do manguezal próximo à fazenda de cultivo de camarão em Salinas da Margarida, Bahia**. 80p 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2016

### ABSTRACT

Coastal environments such as mangroves and estuaries, are often used by human and economic activities such as shrimp farming, and can cause impacts on these adjacent environments. In this context this study evaluated the creation of shrimp near the mangrove can contaminate the mangrove. Thus, variations and interactions were evaluated between parameters sedimentological, physical, chemical and geochemical sediment in mangrove receiving shrimp effluent, through the origin of organic matter, nutrient concentrations (NPK), molar ratio C / N, isotopes stable natural ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) and the biogeochemical behavior of trace elements Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn in sediments of shrimp farming pond bottom, mangrove sediment and bivalve mollusk (*Mytella guyanensis*) also contemplating morphometric aspects of bivalves and biota sediment bioaccumulation factor in the municipality of Salinas da Margarida, Bahia, Brazil. For this, they were made two sampling periods of higher and lower rainfall, which were collected from 49 sediment samples and 18 samples of *Mytella guyanensis*. The physical parameters of the chemical pellets were obtained with the portable probe and granulometry was obtained by laser diffraction. For trace elements in sediment was partially extracting acid, the soft tissue of the bivalves was made total digestion and determination in both matrices occurred by ICP OES. Total nitrogen and total organic carbon were they determine through the elemental analyzer. The isotopic composition of stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) were obtained with a mass spectrometer coupled with gas chromatography. The results show sediment composed of mainly sandy fraction in the shrimp tank and the silt and sandy fraction too thin in the mangrove, with distribution directly related to the hydrodynamic factor. In the bottom sediment tank, the Cr, Cu, Zn, Fe, Mn and Ni are positively correlated with the grain size fractions fine sand, very fine sand. In mangrove sediments the order of elements was: Fe > Al > Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Cd. For metals, Cd, Cu and Ni were points above the concentration of TEL. Through the analysis of the main components was observed to split into three groups of mangrove sediments during the rainy season, mangrove sediments period of lower rainfall and tank sediment. *M. guyanensis* no presented statistical difference in animal size between both lower and higher precipitation stations. The morphometric parameters were positively correlated with Mn, Cu, and Zn metals that are associated with the animal's metabolism. Bioaccumulation of Cu and Zn was observed in all the points of both rainfall periods, but for Al, Cd and Cr was only observed bioaccumulation in higher rainfall station. High carbon levels were observed in the low-energy sites, with a predominance of fine sediments, while lower values were found in areas with sandier sediments. Nitrogen distribution pattern in the mangrove was similar to that of carbon. From the values of C / N ratio, and  $\delta^{13}\text{C}$   $\delta^{15}\text{N}$  identified to the predominance of mangrove sources of organic matter continental origins, forest, and local mangrove trees, C3 type plants; and breeding tank was identified that the organic matter is of phytoplankton origin.

**Keywords:** biogeochemistry, *Mytella guyanensis*, sediment, organic matter, nutrients, stable isotopes, metals, bioaccumulation

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1	REVISÃO DE LITERATURA .....	11
3.2	AREA DE ESTUDO .....	11
3.3	AMOSTRAGEM .....	13
<b>3.3.1</b>	<b>Moluscos <i>Mytella guyanensis</i></b> .....	<b>16</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Sedimentos</b> .....	<b>18</b>
3.4	ANÁLISES QUÍMICAS .....	18
<b>3.4.1</b>	<b>Nutrientes no sedimento</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Análise granulométrica no sedimento</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Determinação dos isótopos estáveis de <math>\delta^{13}\text{C}</math> e <math>\delta^{15}\text{N}</math></b> .....	<b>20</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Extração total dos metais nos moluscos bivalves</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Extração parcial dos metais no sedimento</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Determinação de metais nos moluscos bivalves e no sedimento</b> .....	<b>21</b>
3.5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
<b>4</b>	<b>BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM <i>Mytella guyanensis</i> COM RELAÇÃO AO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE MANGUEZAL PRÓXIMO A VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA</b> .....	<b>25</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	25
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
<b>4.3.1</b>	<b>Metais no sedimento de manguezal</b> .....	<b>29</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Aspectos morfológicos e metais em <i>M. guyanensis</i></b> .....	<b>36</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Fator de acumulação sedimento biota</b> .....	<b>40</b>
4.4	CONCLUSÕES .....	41
<b>5</b>	<b>FONTE E DISTRIBUIÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO E ASSINATURA ISOTÓPICA NOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL E VIVEIRO DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA.</b> .....	<b>43</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	43
5.2	MATERIAS E MÉTODOS .....	44
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
5.4	CONCLUSÕES .....	58

<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A - Localização dos pontos de coleta de amostras .....</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE B - Correlação de Spearman entre parâmetros físicos químicos dos sedimentos de manguezal e de viveiros.....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE C - Correlação de Spearman entre sedimentos de manguezal e variáveis de <i>Mytella guyanensis</i> .....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE D - Correlação de Spearman entre variáveis dos sedimentos de manguezal: matéria orgânica, nutrientes e isótopos estáveis.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ecossistemas terrestre e marinho sujeitos ao regime das marés. Constituem verdadeiros berçários naturais, ambiente de proteção, alimentação e reprodução para diversas espécies, contribuindo para a sobrevivência de espécies da fauna estuarina e marinha (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

O sedimento é um compartimento com grande capacidade de acumular compostos, tornando-os mais importantes na avaliação do nível de contaminação de ecossistemas aquáticos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Os sedimentos de manguezal são considerados como importantes recicladores de matéria orgânica, cuja distribuição e permanência são influenciadas pela textura do sedimento, composição mineralógica, estado de oxirredução, processos de adsorção e desorção e por transportes físicos (LACERDA, 1998).

Dentre os contaminantes, os metais nos sedimentos de mangue podem ocorrer em diversas frações geoquímicas a depender da natureza da fonte e a sua distribuição está vinculada ao transporte, processo de formação e ambiente deposicional. Os metais têm recebido atenção especial por se tratarem de contaminantes do ecossistema e de cadeias alimentares específicas (LUOMA; RAINBOW, 2008).

Moluscos bivalves marinhos são animais amplamente utilizados para o biomonitoramento da contaminação química devido às características peculiares: ocorrem em estuários e zonas costeiras; são sésseis, ampla distribuição geográfica e são de fácil coleta (GALVÃO et al., 2009).

Com destaque, alguns moluscos bivalves são utilizados comercialmente como alimento por humanos, como por exemplo, o *Mytella guyanensis*, nome vulgar sururu. A espécie é explorada comercialmente como alimento e constitui prato típico em determinadas regiões do nordeste brasileiro (MONTELES et al., 2009). O *M. guyanensis* é usualmente catado, separação da parte mole, logo após a coleta visando o congelamento para a venda e é comumente utilizado em moquecas e em caldos sendo muito procurado em restaurantes e barracas de praias (MONTELES et al., 2009). O *M. guyanensis* pode ser encontrado em grupos fixos entre o substrato e as raízes das árvores do manguezal, envolvidos por tufo de filamentos secretados, denominados bisso (GALVÃO et al., 2009). Fixam-se prendendo seus filamentos de bisso aos dos demais indivíduos que compõem o banco.

Alguns elementos metálicos são bastante importantes como micronutrientes essenciais, entretanto deve haver um equilíbrio entre as concentrações de metais nos tecidos dos organismos entre a essencialidade e a toxicidade (COIMBRA; 2003; GALVÃO et al., 2009). Considerando que os organismos conseguem assimilar as concentrações de

metas traço ao longo do tempo através da bioacumulação e provavelmente ocasionado a biomagnificação na cadeia trófica, a determinação de metais pesados em organismos e a bioacumulação destes metais deve fazer parte de programas de monitoramento e avaliação do ambiente marinho e costeiro (GALVÃO et al., 2009; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000)

Nos ecossistemas de manguezal, a matéria orgânica nos informa sobre os processos de transporte e consolidação dos sedimentos e tem grande importância do ponto de vista químico, físico e biológico. (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). A produtividade primária alta nos manguezais está correlacionada com fornecimento de matéria orgânica e nutrientes por várias fontes, como fontes naturais, lixiviação do solo, fluxo de águas fluviais, intemperismo de rochas e também por fontes antropogênicas como descartes domésticos, agrícolas e industriais (LACERDA, 1998; LUOMA; RAINBOW, 2008).

A carcinicultura pode ser uma fonte de metais para os ambientes receptores de seus efluentes, pois os efluentes contêm material particulado em suspensão e matéria orgânica devido à aplicação de fertilizantes, praguicidas e algicidas que possuem metais em sua composição (PAEZ-OSUNA, 2001). A criação de camarões pode poluir os manguezais através do lançamento de efluentes de viveiros que são caracterizadas pelo alto teor de matéria orgânica e elevadas concentrações de nutrientes particulados e dissolvidos, além do baixo conteúdo de oxigênio dissolvido (AZEVEDO, 2006).

A identificação da fonte e do grau de decomposição da matéria orgânica é comumente utilizada na avaliação de ambientes costeiros. Isótopos estáveis são ferramentas importantes para obter informações de origem da matéria orgânica, pois a matéria orgânica presente no sedimento reflete a composição isotópica de sua fonte de carbono (PERREIRA; BENEDITO, 2007; VIEGAS, 2008; MUCCIO et al. 2009).

Neste sentido, é de suma importância avaliação da qualidade ambiental destes ambientes, visando à compreensão dos fenômenos atuantes no sistema e suas consequências.

## 2 OBJETIVOS

Avaliar a qualidade ambiental do manguezal na região de Salinas da Margarida, Bahia, com relação às concentrações de metais, matéria orgânica, nutrientes no sedimento e às concentrações de metais no molusco bivalve *Mytella guyanensis* em área próxima a fazenda de camarão.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar as concentrações de metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) nos sedimentos

Determinar a concentração e avaliar a bioacumulação de metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, P, Mn, Ni, Pb, Zn) em *Mytella guyanensis*

Determinar as concentrações de nutrientes N, P, K nos sedimentos;

Avaliar o grau de enriquecimento orgânico no sedimento através de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse item estão detalhadas as fases da pesquisa, que abrangem os trabalhos em escritório, desde a revisão de literatura até análise estatística dos dados, os trabalhos de campo, através do delineamento amostral e realização da coleta de amostras e os trabalhos laboratoriais realizadas nas amostras de sedimento e *Mytella guyanensis*, respectivamente.

#### 3.1 REVISÃO DE LITERATURA

O procedimento para a realização da pesquisa consistiu no levantamento de informações já existentes, durante vinte e quatro meses, através do auxílio de teses, dissertações, livros e periódicos nacionais e internacionais sobre os assuntos impacto ambiental da carcinicultura; o município de Salinas da Margarida; carcinicultura e manguezal; contaminação por metais, matéria orgânica e nutriente em manguezais; isótopos estáveis para rastreamento de fonte de matéria orgânica; biologia e a bioacumulação de metais em moluscos bivalves e assuntos recorrentes que foram utilizados para auxiliar as etapas subsequentes.

#### 3.2 AREA DE ESTUDO

Esse estudo foi realizado no manguezal localizado no setor noroeste da Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, Brasil, no município de Salinas da Margarida, onde opera a empresa Valença da Bahia Maricultura S.A. com fazendas de camarão próximas ao manguezal, em uma localidade denominada de Madeiro (Figura. 3.1). Geologicamente, este local pode ser caracterizado como um grande banco arenoso de origem marinha; é delimitado por manguezais e localiza-se próximo a viveiros de criação de camarão e não muito distante da área urbana de Salinas da Margarida.

O município de Salinas da Margarida está inserido na Área de Proteção Ambiental da Baía de Todos os Santos - APA BTS e caracteriza-se pelo clima quente e úmido com elevado índice pluviométrico (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2015). Apresenta relevo composto por Baixadas Litorâneas com planícies marinhas e fluviomarinhas com solos classificados como Neossolo quartzarênico

(areias quartzosas marinhas) e Argissolo vermelho (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2015). Tem vegetação de floresta ombrófila densa, restinga, apicuns e manguezais associados às margens de baías, foz de rios, reentrâncias costeiras (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2015).

O aporte fluvial é influenciado principalmente pelo Rio Paraguaçu, que é considerado o principal rio afluente na BTS e junto com os Rios do Dendê, Santa Luzia, Bulcão e Jacinto, constituem a bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 2015).

**Figura 3.1-** Manguezal próximo aos viveiros de criação de camarão em Salinas da Margarida, BA. Em amarelo encontra-se circulado a área de estudo



Fonte: autor desconhecido

No passado do município de Salinas da Margarida, teve destaque na produção de sal marinho através de “salinas por evaporação natural” como uma das principais atividades econômicas, onde áreas de produção de sal foram construídas sobre o ecossistema manguezal devido às ótimas condições climáticas (OLIVEIRA, 2000).

A instalação das Salinas foi autorizada através da lei Provincial nº 1744, de dois de junho de 1877 e posteriormente, em 1891, foi montada e equipada com máquinas a Companhia Salinas da Margarida. Posteriormente por volta de 1900, com a decadência da produção de sal, os tanques para evaporação de sal foram desativados; até que décadas

tarde, esses tanques foram aproveitados pelas fazendas de camarão como viveiros de criação de camarão (OLIVEIRA, 2000).

Com os antigos tanques de salinas vazios houve a implantação dos viveiros de camarão nestes locais, que estão principalmente situados no litoral, próximos de cursos d'água com influência das águas salina e posicionada sobre os ecossistemas de restinga e de manguezal (COPQUE, 2010).

### 3.3 AMOSTRAGEM

As campanhas foram classificadas conforme a frequência de chuvas nos seis meses anteriores a coleta com base nos dados da estação meteorológica mais próxima a Salinas da Margarida, estação de Salvador (Ondina) (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2015), Figura 3.2. A primeira campanha foi classificada como o período de maior precipitação, ocorrida em setembro de 2014, e a segunda campanha como o período de menor precipitação, ocorrida em abril de 2015.

Os pontos amostrais foram previamente escolhidos e inseridos em GPS Garmin eTrex, obtendo uma distribuição sistemática dos pontos de amostragem que pode ser visualizada na Figura 3.3.

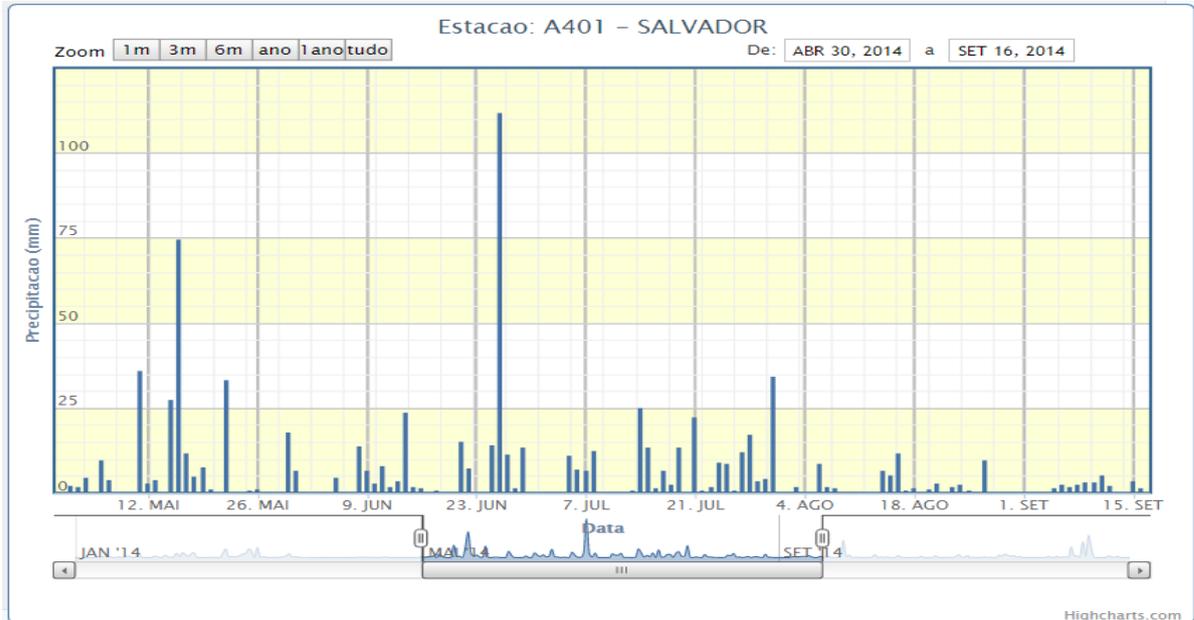
Na primeira campanha, 22 de setembro de 2014, foi feita a medição dos parâmetros físicos- químicos (salinidade, pH, Eh e condutividade) nos sedimentos coletados. Foram amostrados sedimento superficial em 21 pontos no manguezal, sedimento de fundo em 07 pontos nos viveiros de criação de camarão e também, quando foram localizados, foram coletados moluscos bivalves *Mytella guyanensis* (sururu) 09 pontos no manguezal (Figura 3.3).

Na segunda campanha, realizada em 17 de abril de 2015, foram coletados o *Mytella guyanensis* (sururu) e o sedimento superficial do manguezal nos mesmos pontos já demarcados na primeira campanha com base no georreferenciamento realizado com GPS Garmin eTrex., as coordenadas dos pontos podem ser visualizados no Apêndice A.

Procedimentos específicos de coleta, transporte e acondicionamento são necessários na determinação dos analitos, para que não haja contaminação das amostras, e interferência na confiabilidade dos resultados. Assim, todo o material utilizado em campo e em laboratório foi descontaminado por meio de imersão em banho de detergente (Extran 2%) por pelo menos 24 horas, seguido por enxágue com água deionizada. Na segunda etapa de limpeza, o material foi imerso em banho em ácido nítrico 10%, por pelo menos 24

horas. Após este período o material foi enxaguado com água ultrapura purificada em sistema MilliQ (Millipore, Bedford,USA) em abundância.

**Figura 3.2** - Dados de precipitação do semestre anterior às coletas para a estação meteorológica de Salvador, Bahia



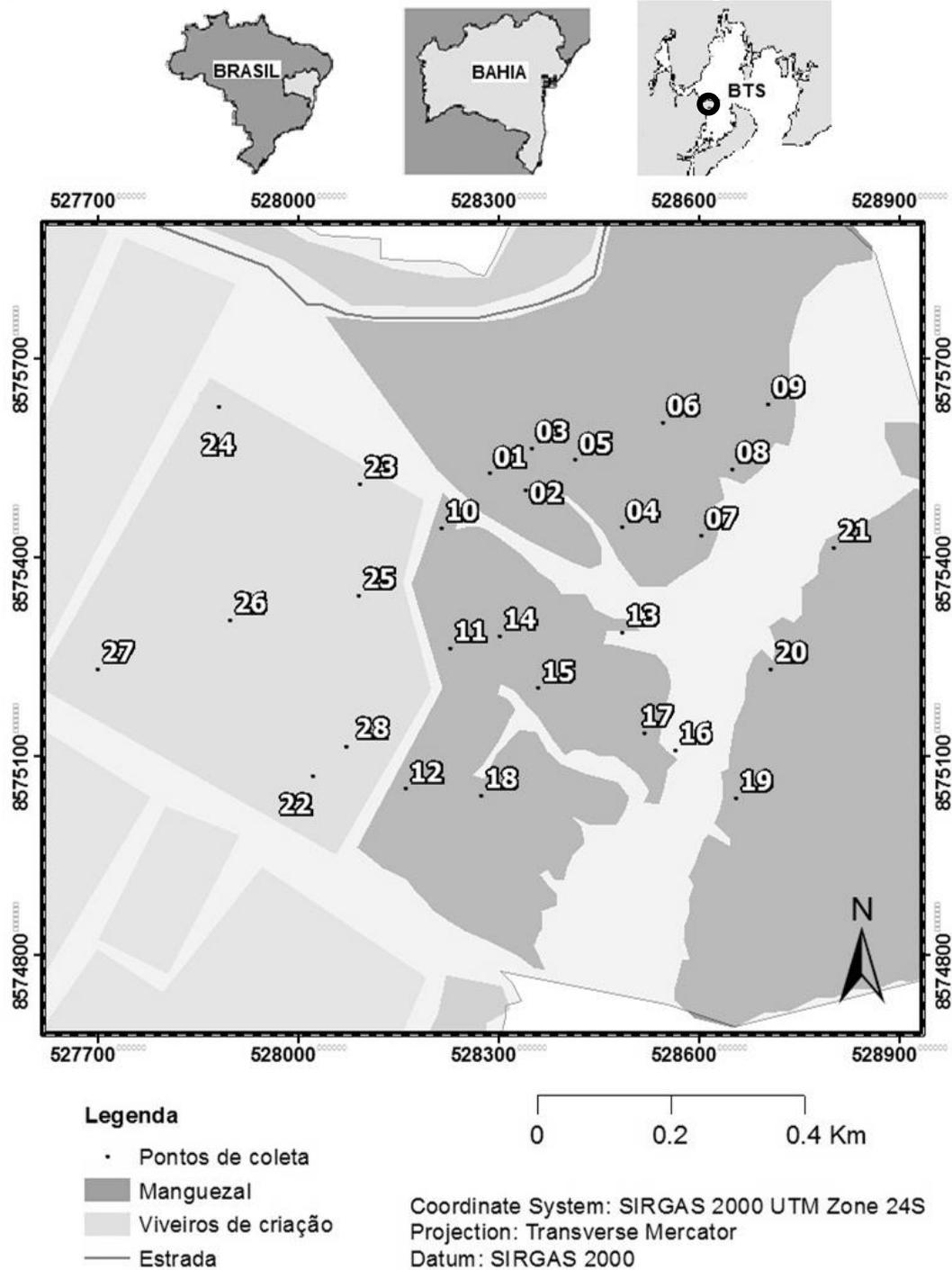
(a) período de maior precipitação - primeira campanha (set/2014)



(b) período de menor precipitação - segunda campanha (abril/2015)

Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2015)

**Figura 3.3** – Mapa de situação e localização dos pontos de amostragem em Salinas da Margarida



Elaboração: a autora

Todo o material de campo e de laboratório foi descontaminado através de banho de ácidos, embalados em papel filme e/ou guardados em sacos plásticos. Todas as etapas do processo de descontaminação, armazenamento e coleta de amostras foram realizadas com luvas sem talco.

Os parâmetros pH, Eh e condutividade no sedimento foram medidos com sonda portátil multiparâmetros (pH Meter D-54, Horiba) e a salinidade foi medida através de refratômetro (Hand-Refractometer, Atago). Para evitar contaminação, a sonda multiparâmetro e o refratômetro foram limpos com água ultra pura entre cada ponto amostral.

Amostras de sedimento superficial foram coletadas com o auxílio de colheres plásticas descontaminadas, numa profundidade de até 10 cm, durante a maré baixa de sigízia. Os sedimentos coletados foram armazenados em potes previamente descontaminados e sacos plásticos identificados, mantidos resfriados e transportados até o laboratório.

Em laboratório realizaram-se nos moluscos os procedimentos de medição morfométrica; pesagem com concha (peso bruto), pesagem da massa úmida (peso úmido), pesagem da massa seca após a liofilização (peso seco) e análise de metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn). Nos sedimentos foi feita a análise de granulometria, determinação de metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn), análise de nutrientes (N, P, K), carbono total e Isótopos de carbono e nitrogênio.

As análises foram realizadas no Laboratório do LEPETRO do Núcleo de Estudos Ambientais do Instituto de Geociências da UFBA (NEA/IGEO/UFBA). Somente a análise de isótopos estáveis de carbono 13 e nitrogênio 15 foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, na Universidade de São Paulo, USP.

### **3.3.1 Moluscos *Mytella guyanensis***

Seguem detalhamentos das etapas realizadas no molusco bivalve *Mytella guyanensis*.

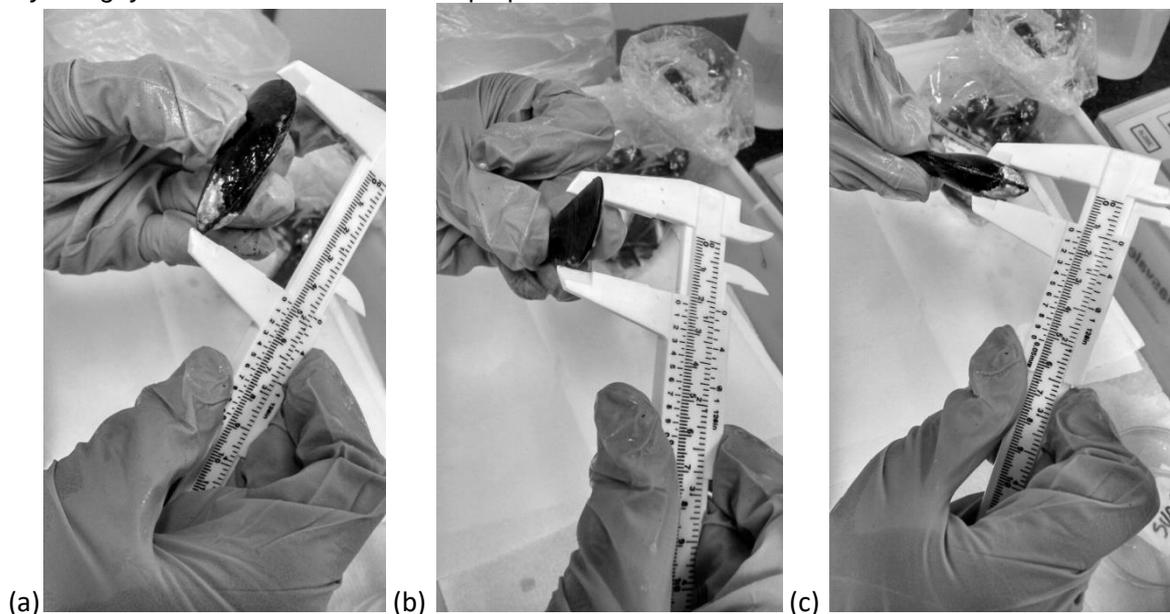
#### **3.3.1.1 Aspectos morfométricos e pré-tratamento**

Todos os moluscos bivalves (*Mytella guyanensis*) foram contados, total de 800, e medidos com paquímetro plástico, precisão de 0,1mm, para obtenção da biometria.

Os dados biométricos, adquiridos de 40 indivíduos em cada amostra, foram o comprimento, que é máxima dimensão entre umbo e borda da concha; a largura, que

corresponde à máxima extensão entre duas valvas; e a espessura, que significa a máxima dimensão ântero posterior (CARDOSO JÚNIOR, 2011), com pode ser visto na Figura 3.5.

**Figura 3.5** - Obtenção dos dados biométricos de comprimento (a), largura (b), e espessura (c) em *Mytella guyanensis* com auxílio de um paquímetro



Fotos: a autora

Em seguida, os organismos foram pesados com concha. Os tecidos moles dos bivalves foram retirados das conchas com cuidado utilizando colheres plásticas descontaminadas, e então o tecido mole total de cada ponto foi pesado em balança analítica com precisão 0,001 mg e congelado (-4°C) em potes de vidro, para então serem secos através da liofilização (liofilizador L101-LIOTOP). Depois, foi realizada a pesagem novamente a fim de se obter o peso seco do tecido dos bivalves. Foi efetuada a moagem das amostras de *M. guyanensis* em moinho de bolas, utilizando vial e bolas de carbeto de tungstênio (modelo Mixer/Mill 8000 D, SPEX Sample Prep), seguida da homogeneização da massa e armazenamento em potes plásticos descontaminados. As amostras secas e moídas foram mantidas em dessecadores até o momento da análise de metais.

Para a comparação das concentrações de metais encontrados com as concentrações máximos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998), as concentrações de metais foram reajustadas para o peso úmido. O fator de conversão utilizado foi à média da porcentagem de umidade dos organismos nos diferentes pontos amostrais.

A fim de avaliar a variação da biomassa entre o período de menor precipitação e o período de maior precipitação foi realizada a análise de rendimento do tecido mole dos

moluscos, razão entre o peso úmido e o peso bruto multiplicado por cem para a obtenção das porcentagens.

### **3.3.2 Sedimentos**

Seguem descrições detalhadas dos trabalhos realizadas em amostras de sedimento.

#### *3.3.2.1 Pré-tratamento das amostras de sedimento*

Primeiramente foi realizada a secagem das amostras de sedimento congeladas através da liofilização (liofilizador L101-LIOTOP) das mesmas por sete dias. As amostras de sedimento superficial foram homogeneizadas, peneiradas e acondicionadas em potes plásticos rotulados e armazenados em temperatura ambiente. Após o armazenamento, as amostras foram submetidas às análises de metais, análises de nutrientes: N, P, K, granulometria, carbono total, nitrogênio total e razões isotópicas de C e N.

### **3.4 ANÁLISES QUÍMICAS**

Com a intenção de garantir o controle de qualidade dos métodos analíticos utilizados, todas as análises foram realizadas com 10% de triplicatas do total de amostras de cada matriz, sedimento e biota. Também foram utilizados brancos analíticos em cada lote de análises e, além disso, as análises de determinação de metais e de isótopos estáveis foram validadas com padrões internacionais de material certificado de referência.

#### **3.4.1 Nutrientes no sedimento**

Seguem descritas as técnicas empregadas para as análises dos nutrientes no sedimento: fósforo assimilável, potássio, nitrogênio total e carbono orgânico total.

#### 3.4.1.1 *Fósforo assimilável - P*

Realizou-se através do método de Grasshoff et. al. (1983) e de Aspilla (1976), no qual a amostra com ácido clorídrico (HCl) foi submetida à agitação por 16 horas, com posterior adição da solução de molibdato e tartarato e de ácido ascórbico. A determinação do fósforo foi realizada em Espectrofotômetro de Absorção Molecular (Varian, modelo Cary Bio 50).

#### 3.4.1.2 *Potássio - K*

Utiliza-se a mesma técnica empregada para determinação dos metais, que segue detalhada nos itens 3.5.4. e 3.5.5.

#### 3.4.1.3 *Nitrogênio total – N e Carbono total - C*

Inicialmente foi realizada a remoção da fração inorgânica do carbono das amostras. No processo de descarbonatação, 1g de amostra foi pesada, colocada em barquinhas porosas, foi adicionado HCl e após o escoamento do HCl, houve a adição de 10mL de água ultrapura aquecida (60°C) por três vezes e as barquinhas com as amostras de sedimento foram então colocadas sobre a chapa aquecedora até a secagem dos sedimentos.

As amostras de sedimento secas e descarbonatadas foram pesadas 500 mg e embaladas em capsulas de estanho, para determinar C e N no analisador elementar LECO (TruSpec-CHNS, EUA). A detecção de carbono ocorre sob a forma de CO<sub>2</sub> através de células de infravermelho e a detecção de nitrogênio ocorre na forma de N<sub>2</sub> por meio de células de condutividade térmica. Para a validação da metodologia de análise foi utilizada uma amostra padrão Soil fornecida pelo fabricante do analisador elementar LECO (TruSpec-CHNS, EUA).

### **3.4.2 Análise granulométrica no sedimento**

Primeiramente foi feito o tratamento da amostra com peróxido de hidrogênio para degradar a matéria orgânica e posteriormente houve a adição de hexametáfosfato de sódio (NaPO<sub>3</sub>), e foi mantido sob agitação por 16 horas (EMBRAPA, 1997). A determinação foi realizada com analisador de partículas com difração a Laser (Cilas modelo 1064).

### 3.4.3 Determinação dos isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

As amostras da primeira campanha de sedimento de viveiros de criação de camarão e de sedimento de manguezal foram submetidas às análises de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ .

O sedimento foi moído em moinho de bolas (modelo Mixer/Mill 8000 D, marca SPEX Sample Prep) para a diminuição da granulometria e para a completa homogeneização da amostra, então as amostras foram descarbonatadas com HCl. O procedimento de descarbonatação é fundamental para remover o carbonato presente na matriz sedimentar, visto que os carbonatos ocasionam interferência nos resultados obtidos para razão isotópica e quantidade de matéria orgânica nas amostras.

Após, as amostras foram pesadas (30 mg para análise de carbono e  $\delta^{13}\text{C}$  e 70 mg para análise de nitrogênio e  $\delta^{15}\text{N}$ .) e colocadas em capsulas de estanho e analisadas com um espectrômetro de massas acoplado a um cromatógrafo gasoso (PDZ- Europa SLG 20-20) do Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP.

Para garantir a aquisição de dados confiáveis, foi realizada a calibração com relação aos padrões internacionais Pee Dee Belemnite (PDB) e nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) para carbono e nitrogênio, respectivamente. Os resultados da razão isotópica gerados são expressos em parte por mil (‰) em relação aos padrões internacionais de acordo com a notação internacional em relação à escala de PDB e de  $\text{N}_2$  (VIEGAS, 2008).

### 3.4.4 Extração total dos metais nos moluscos bivalves

Para avaliar a concentração de metais no tecido do bivalve, as amostras após o pré-tratamento citado no Item 3.4.1 foram submetidas ao processo de digestão total com de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) em forno micro ondas (Provecto DGT 100 Plus), a fim de oxidar a matéria orgânica e disponibilizar os elementos químicos forma inorgânica em solução. A metodologia adotada consiste adicionar a massa de 0,3 g do tecido do *Mytella guyanensis* triturado na camisa de teflon com 5 mL de  $\text{HNO}_3$  a 65% e com 2 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrado (30%). Então as camisas de teflon foram colocadas no microondas, segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento nº 24, Manual de Microondas Provecto DGT 100 Plus. Ao término da rampa de digestão no microondas, a solução final com cada amostra digerida foi avolumada em balão volumétrico de 25 mL com água ultra pura (sistema MilliQ) e transferida em tubos falcon de 30 mL para posterior quantificação dos metais.

### 3.4.5 Extração parcial dos metais no sedimento

Para a extração parcial dos metais presentes no sedimento, realizou-se a extração ácida dos metais e do potássio, sendo que a massa de 1.0 g de amostra de sedimento pré-tratada foi adicionada em camisas de teflon, em seguida foi adicionado 10 mL de HNO<sub>3</sub> e foi digerido em Microondas Provecto DGT 100 Plus segundo o método D 5258-92 (ASTM, 1992), adaptado.

### 3.4.6 Determinação de metais nos moluscos bivalves e no sedimento

A determinação de metais na matriz biológica e no sedimento foi realizada por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES; VISTA PRO, Varian, Mulgrave, Austrália), cujas condições de operação são apresentadas no Quadro 3.1. No preparo da solução analítica de calibração foram usadas soluções estoque de alta pureza analítica (Meck, Germany).

**Quadro 3.1** – Condições de operação do ICP OES

<b>Potência (kW)</b>	1,10
<b>Vazão do gás do plasma (L min<sup>-1</sup>)</b>	15,0
<b>Vazão do gás auxiliar (L min<sup>-1</sup>)</b>	1,5
<b>Vazão do nebulizador (L min<sup>-1</sup>)</b>	0,75
<b>Câmara de nebulização</b>	Ciclônica – single pass
<b>Sistema de nebulização</b>	Nebulizador Seaspray

Para garantir o controle analítico do processo, brancos e materiais de referência certificado foram utilizados, e, além disso, as digestões foram feitas em triplicata.

As concentrações dos comprimentos de onda utilizados ( $\lambda$ ), o limite de quantificação do método (LQM) e o limite de detecção para cada analito (LOD) das análises de metais estão apresentados na Tabela 3.1.

Para verificar a exatidão do método, materiais de referência certificados com concentrações de metais foram utilizados na recuperação.

Na digestão e determinação dos metais nos tecidos dos moluscos bivalves, utilizou-se um material de referência certificado de tecido de ostra (*Oyster tissue* SRM 1566b, NIST, USA). Na Tabela 3.2 constam as concentrações de metais obtidas pelo laboratório através da análise do material de referência com metodologia empregada neste estudo.

**Tabela 3.1** - Linhas espectrais utilizados no ICP OES ( $\lambda$ ), o limite de quantificação do método (LQM) e o limite de detecção para cada analito (LOD)

ELEMENTO	$\lambda$ (nm)	LQM	LOD
Al	396,152	7,00	2,33
Cd	266,502	0,25	0,083
Cr	267,716	0,25	0,083
Cu	327,395	0,25	0,083
Fe	234,350	7,00	2,33
K	769,897	7,00	2,33
Mn	257,610	0,25	0,083
Ni	216,555	0,25	0,083
Pb	220,353	0,25	0,083
Zn	213,857	0,25	0,083

**Tabela 3.2** - Recuperação de metais obtida com material de referência certificado de tecido de ostra *Oyster tissue* SRM 1566b em  $\mu\text{g g}^{-1}$

Elemento	Concentração obtida	Concentração certificada	Recuperação (%)
Al	193,9 $\pm$ 7,7	197,2 $\pm$ 6,0	98
As	6,75 $\pm$ 0,46	7,65 $\pm$ 0,65	88
Cd	2,21 $\pm$ 0,09	2,48 $\pm$ 0,08	89
Cu	61,4 $\pm$ 2,1	71,6 $\pm$ 1,6	86
Fe	192,2 $\pm$ 6,7	205,8 $\pm$ 6,8	93
Mn	17,3 $\pm$ 0,6	18,5 $\pm$ 0,2	94
V	0,492 $\pm$ 0,012	0,577 $\pm$ 0,023	85
Zn	1390 $\pm$ 22	1424 $\pm$ 46	98

#### 3.4.6.1 Validação do método de determinação de metais

Nas análises no sedimento, foram também avaliados padrões de referência de sedimento estuarino (STSD-1) com relação às concentrações certificadas para metais. As recuperações variaram de 84% (Mn) a 120% (Cd) e as concentrações obtidas com o material de referencia certificado de sedimento estuarino estão apresentadas na Tabela 3.3.

Foram calculadas a média, o desvio padrão e o desvio padrão relativo a partir das concentrações de cada metal em ambas as matrizes (bivalve e sedimento), extraído das triplicatas das amostras. As concentrações de desvio padrão relativo (RSD) foram inferiores a 15 %, indicando uma boa precisão para o método empregado.

**Tabela 3.3** - Recuperação de metais obtida com material de referência certificado de sedimento estuarino STSD1 em  $\mu\text{g g}^{-1}$

Elemento	Concentração obtida	Concentração certificada	Recuperação (%)
As	15,9	17,0	94
Cd	0,96	0,80	120
Co	13	14	95
Cr	26	28	93
Cu	37	36	103
Mn	3155	3740	84
Ni	17	18	95
Pb	41	34	118
V	43	47	92
Zn	147	165	89
Elemento	Valor obtido (%)	Valor certificado (%)	Recuperação (%)
Fe	3,2	3,5	91

### 3.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as determinações de todos os parâmetros geoquímicos, granulométricos e biológicos, os dados foram armazenados em banco de dados no Excel.

A análise dos dados foi feita considerando cálculos estatísticos básicos realizados no programa Excel como desvio padrão, média, mediana, RSD, LOQ, LOD, além do fator de bioacumulação e correlação de fonte de matéria orgânica C/N. No estudo dos dados granulométricos foram realizadas análises estatísticas visando à classificação textural do sedimento utilizando o software Sisgran versão 3.0.

Análises estatísticas de averiguação da normalidade dos dados obtidos, de correlação e de análise multivariada foram feitas através do software Statistic versão 7.0. da StarSoft©

Apresentam-se, a seguir, os resultados e discussão sob a forma de dois artigos científicos que compõem a dissertação, organizados em:

⇒ “BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM *Mytella guyanensis* COM RELAÇÃO AO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE MANGUEZAL PRÓXIMO A VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA”;

⇒ “FONTE E DISTRIBUIÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO E ASSINATURA ISOTÓPICA NOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL E VIVEIRO DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA”.

As tabelas estatísticas geradas para os artigos citados encontram-se em disponíveis nos Apêndices B, C e D.

#### 4 BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM *MYTELLA GUYANENSIS* COM RELAÇÃO AO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE MANGUEZAL PRÓXIMO A VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA

##### RESUMO

O comportamento biogeoquímico de metais Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn foi avaliado em sedimento de manguezal e do molusco bivalve (*Mytella guyanensis*) contemplando aspectos morfométricos e fator de bioacumulação no município de Salinas da Margarida, Bahia, Brasil. Foram realizadas (02) duas campanhas de amostragem em períodos de maior e menor precipitação, com um total de 42 amostras de sedimento e 18 amostras de *Mytella guyanensis*. Analisaram-se os metais nos sedimentos por extração parcial; enquanto no tecido mole do bivalve foi feita a digestão total, e a determinação das concentrações dos metais em ambas as matrizes ocorreu por ICP OES. No sedimento, os metais Cr, Cu, Zn, Fe Mn, e Ni encontram-se correlacionados positivamente com as frações granulométricas areia fina e areia muito fina. Nos sedimentos de manguezal, a ordem dos elementos foi: Fe>Al>Mn>Zn>Cr>Cu>Ni>Pb>Cd, com a separação em 2 grupos de sedimentos em período de maior precipitação e em período de menor precipitação, pela análise de componentes principais. Os *M. guyanensis* apresentaram comprimento de 4.0 cm, a largura de 2.0 cm e a espessura de 1.2 cm e não houve diferença estatística entre as classes de tamanho em ambos os períodos pluviométricos. Os parâmetros morfométricos se correlacionaram positivamente com Mn, Cu, Zn que são metais associados ao metabolismo do animal. Foi verificada a bioacumulação de Zn em todos os pontos de ambos os períodos pluviométricos e para Cu e Ni também foi observada bioacumulação na maioria dos pontos

Palavras-chave: geoquímica, carcinicultura, molusco bivalve.

##### 4.1 INTRODUÇÃO

A carcinicultura pode ser considerada com fonte de metais para os corpos receptores de seus efluentes, devido à aplicação de fertilizantes, de praguicidas e algicidas e ao tipo de alimentação com ração que possuem metais como constituintes de seus compostos ativos (ANH et al., 2010) Dentre os metais associados aos efluentes da carcinicultura destacam-se o Zn e o Cu pelas quantidades associadas às rações e produtos químicos (AZEVEDO, 2006).

Na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, os sedimentos são considerados de grande importância, pois o que é acumulado no sedimento atua como um testemunho do que ocorreu na coluna d'água, com a liberação de contaminantes por meio de trocas ambientais ou das condições físico-químicas (pH, oxigênio dissolvido, ação de bactérias, entre outros) do sistema, além de afetar a qualidade da água, pode contaminar os seres vivos pela bioacumulação através da cadeia trófica (LÚCIO, 2009; LACERDA, 1998; GESAMP, 1996).

O emprego de *Mytella guyanensis* como organismo bioindicador para o estudo da contaminação por metais deve-se à sua ampla distribuição geográfica, ocorrendo em estuários e zonas costeiras, pode ser encontrado em grupos fixos envolvidos por tufo de filamentos secretados, denominados bisso, junto às raízes da vegetação dos manguezais (USERO; MORILLO; GRACIA, 2005; ZAGARSA et al., 2013) facilitando a comparação dos dados obtidos de regiões diferentes. Esses organismos aparecem frequentemente em alta densidade, são de fácil coleta, filtradores, sésseis e fazem parte da dieta humana (GALVÃO et al., 2009).

O objetivo deste trabalho é analisar a relação das concentrações de metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) nos sedimentos superficiais de manguezal adjacente a carcinicultura e as concentrações de metais em tecido de *Mytella guyanensis* contemplando estações pluviométricas, aspectos morfométricos e a bioacumulação.

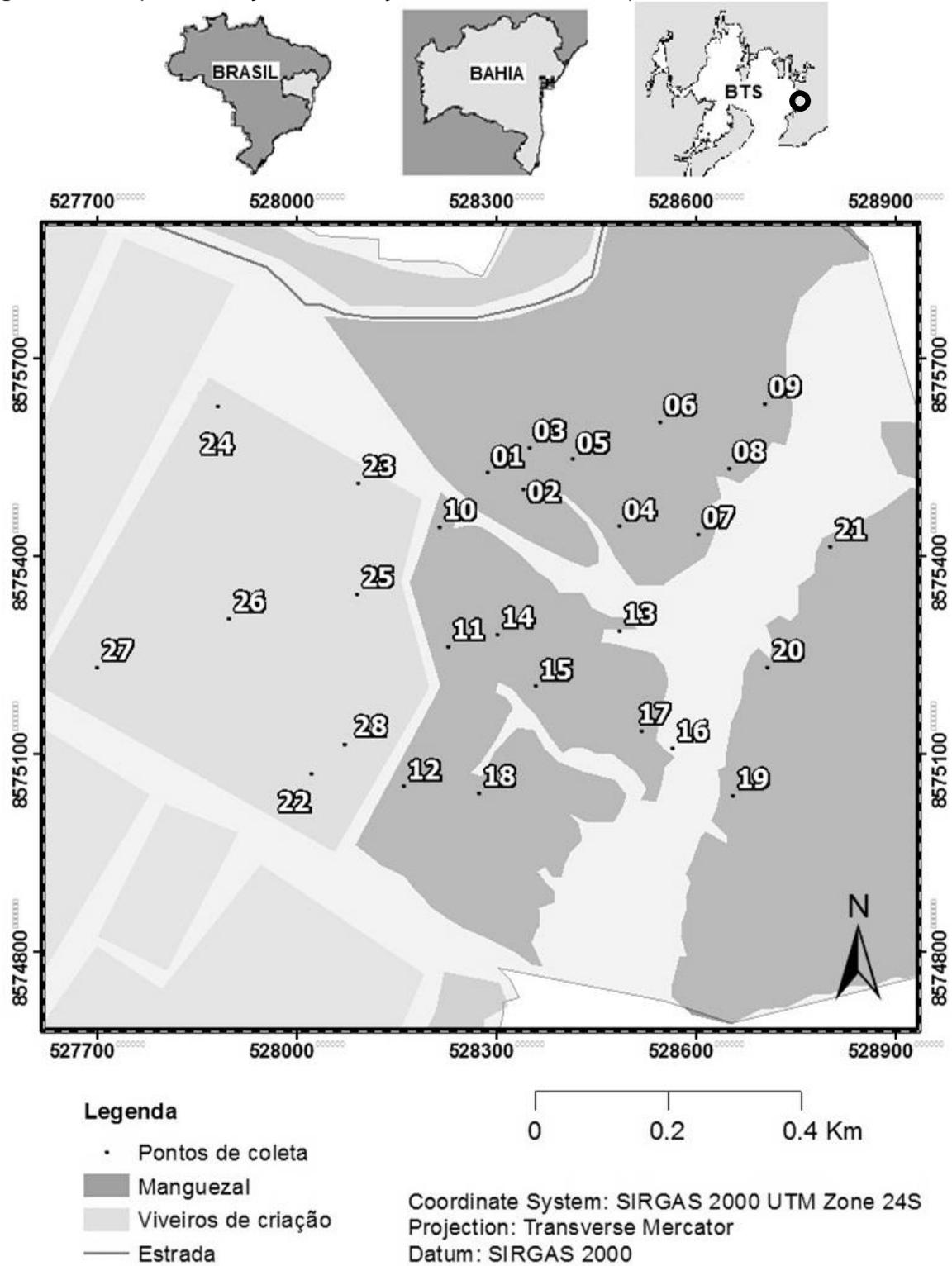
## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Salinas da Margarida está localizado no Nordeste do Brasil, no Estado da Bahia, na Baía de Todos os Santos - BTS, próximo ao estuário do Rio Paraguaçu (Figura 4.1), sendo banhado pelo Oceano Atlântico, apresenta vegetação de floresta ombrófila densa e ecossistema manguezal na costa do município.

Próximo a uma importante área de mariscagem no manguezal, estão situados viveiros de carcinicultura de camarão *Litopenaeus vannamei* (Figura 4.1) que utilizam canais de maré do manguezal para o despejo de efluentes dos viveiros.

Os pontos amostrais foram pré-estabelecidos, buscando obter uma distribuição sistemática, através do GPS (eTrex, Garmin), durante a primeira campanha e segunda campanha, entretanto o *Mytella guyanensis* foi coletado nos pontos que em sua ocorrência foi verificada (pontos 1, 7, 8, 13, 16, 17, 19, 20 e 21).

**Figura 4.1** – Mapa de situação e localização da área de estudo e pontos amostrais



Fonte: a autora

Foi coletado o sedimento superficial do manguezal e foram medidos os parâmetros pH, Eh, condutividade e salinidade no sedimento, em 28 pontos durante duas campanhas no período de maior precipitação, set/2014, e período de menor precipitação, abr/2015, respectivamente.

Todo material utilizado em campo e em laboratório foi descontaminado com detergente Extran 10% (v/v) , ácido nítrico 10% (v/v) e enxaguados com água ultrapura MilliQ. O *Mytella guyanensis* foi coletado manualmente com luvas descontaminadas, o sedimento foi coletado com colheres plásticas descontaminadas até 10 cm de profundidade e os parâmetros pH, Eh e condutividade foram medidos com sonda portátil multiparâmetros (pH Meter D-54, Horiba) e a salinidade através de refratômetro (Hand-Refractometer, Atago), ambos os equipamentos foram limpos com água ultra pura MiliQ entre os pontos de coleta. As amostras foram transportadas em caixa térmicas ao laboratório e congeladas a -4°C.

No laboratório, os moluscos bivalves (*Mytella guyanensis*) foram medidos com paquímetro plástico, precisão de 0,1mm, para obtenção dos dados biométricos comprimento, largura e espessura da concha. Em seguida foram pesados (peso úmido), houve a separação do tecido mole, congelamento, liofilização (liofilizador L101-LIOTOP), pesagem (peso seco) e moagem em moinho de bolas utilizando vial e bolas de carbeto de tungstênio (modelo Mixer/Mill 8000 D, marca SPEX Sample Prep). As amostras de sedimento foram congeladas e após foram liofilizadas, homogeneizadas, peneiradas (63µm) e armazenadas.

A digestão dos metais nos tecidos do bivalve de foi feita utilizando uma solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em forno micro ondas, metodologia nº 24 Manual de Microondas Provecto DGT 100 Plus.

A extração parcial dos metais nos sedimentos foi realizada com solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) em forno micro ondas (Provecto DGT 100 Plus) segundo o método D 5258-92 (ASTM, 1992), adaptado.

A determinação das concentrações dos metais (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) em ambas as matrizes ocorreu por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES, modelo VISTA-PRO Varian, Mulgrave, Austrália). Brancos, triplicatas e material de referência certificados para sedimentos estuarinos, STSD-1, e para tecido de ostra, SRM 1566b, National Institute of Standard and Technology, foram utilizados para avaliar acurácia do método analítico. Os resultados de MRC indicaram boa precisão analítica do método (88-98% para SRM 1566b, e 84-103% para STSD-1).

Análise da granulometria das amostras de sedimento foi realizada através de analisador de partículas com difração a laser (Cilas 1064).

As concentrações de metais em *Mytella guyanensis* foram reajustadas para o peso úmido, para comparação com as concentrações de referência, sendo que o fator de conversão foi o teor de umidade de cada amostra.

A disponibilidade dos metais no sedimento para os organismos será avaliada através do cálculo do fator de acumulação (FASB) dividindo-se a concentração do metal contaminante na biota pela concentração do metal no sedimento (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000). Valores de FASB acima de 1 são considerados bioacumulação.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características físico-químicas e concentrações dos metais Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimentos do manguezal encontram-se na tabela 4.1, para o período de maior precipitação, e na tabela 4.2, para o período de maior precipitação.

Para fins de comparação, são apresentados na última linha da tabela 4.2 os valores para metais em sedimentos a serem dragados permitidos pela resolução CONAMA 454/2012 (BRASIL, 2012) compostos por dois níveis de classificação: nível1- limiar com menor probabilidade de efeitos adversos à biota; e nível 2 - maior probabilidade de efeitos adversos à biota (Tabela 4.2).

Na tabela 4.3 estão apresentados a classificação biométrica do bivalve *Mytella guyanensis*, teor de umidade, as concentrações de metais e o fator de acumulação sedimento biota dos metais avaliados. Concentrações de referência de metais admitidas pela World Health Organization/Food And Agriculture Organization Of The United Nations (2011) (FAO/WHO), pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) (Anvisa) e pela Environmental Protection Agency (1996) (EPA) estão disponíveis na Tabela 4.3.

#### 4.3.1 Metais no sedimento de manguezal

No período de maior precipitação (Tabela 4.1), o pH médio foi levemente mais ácido e a salinidade menor que no período de menor precipitação, provavelmente esses fatores foram influenciado pelo aumento do aporte de águas pluviais no meio estuarino.

**Tabela 4.1** – Características físico-químicas, granulométricas e concentrações dos metais em sedimento de manguezal em peso seco referente ao período de maior precipitação

Amostras	pH	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
	(mV)	(mS/cm <sup>2</sup> )		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	µg g <sup>-1</sup>									
Maior precipitação																				
1	5,66	33	67,3	20	55,9	30,7	12,7	0,7	0,0	0,0	773,22	< LQM	4,19	2,73	2200,47	10,89	1,58	2,08	4,53	
2	4,63	93	67,3	30	48,5	0,0	0,0	0,1	49,7	1,7	2086,47	0,40	10,92	5,70	5314,13	24,30	4,35	5,26	13,96	
3	5,66	41	67,5	27	58,5	0,0	0,0	0,1	40,4	1,0	868,86	< LQM	4,83	2,84	2331,36	5,76	1,75	2,31	5,65	
4	5,62	40	67,8	37	31,4	65,9	2,8	0,0	0,0	0,0	1077,28	< LQM	5,27	2,49	2721,83	15,66	2,01	2,51	7,44	
5	5,45	52	68,1	29	31,5	0,0	0,0	2,6	63,7	2,2	2196,24	0,38	12,24	9,18	4991,29	22,57	4,78	5,60	14,61	
6	5,67	38	67,3	20	74,9	19,1	5,8	0,3	0,0	0,0	333,57	< LQM	1,86	1,16	899,55	2,00	0,72	0,73	2,60	
7	5,70	36	67,3	35	59,7	30,0	9,9	0,3	0,0	0,0	600,63	< LQM	3,06	1,47	1408,29	5,11	1,04	1,14	3,74	
8	5,20	66	69,2	24	48,1	15,4	3,6	2,3	29,4	1,1	1716,74	0,33	8,87	4,94	4285,99	20,36	3,50	4,10	11,48	
9	5,34	54	69,1	30	55,6	13,2	3,1	2,0	25,2	0,9	904,67	0,37	4,56	4,72	3362,95	20,62	2,54	2,77	9,73	
10	4,02	98	68,8	32	52,9	0,0	0,0	3,7	42,4	1,0	1413,47	0,25	6,91	3,72	3462,12	13,00	2,50	3,35	8,81	
11	4,56	97	69,3	22	65,1	33,4	1,5	0,0	0,0	0,0	1203,63	< LQM	4,79	2,97	2500,09	9,53	1,74	2,56	7,55	
12	5,00	73	68,0	22	27,8	0,0	0,0	1,8	67,6	2,9	3225,47	0,59	16,65	9,46	8206,92	30,47	6,22	7,34	22,76	
13	5,03	74	67,7	32	48,0	0,0	0,0	4,9	45,8	1,3	2027,74	0,33	11,05	5,89	4326,99	19,26	3,94	4,72	12,88	
14	4,98	74	70,8	27	26,3	0,0	0,0	1,8	69,5	2,4	3954,76	0,76	22,51	11,31	8899,73	39,77	8,12	9,71	27,55	
15	5,15	68	69,0	30	33,6	0,0	0,0	2,9	61,9	1,6	3241,31	0,62	17,83	8,69	8168,63	38,19	6,51	7,56	22,16	
16	5,68	48	77,5	32	44,9	38,6	16,0	0,6	0,0	0,0	810,65	< LQM	3,74	1,71	1624,36	9,13	1,25	1,35	5,33	
17	5,60	43	75,0	27	59,3	37,5	3,2	0,0	0,0	0,0	1138,10	< LQM	5,86	2,66	2909,58	14,61	1,98	2,52	7,83	
18	5,70	36	74,1	25	33,3	0,0	0,0	5,5	59,6	1,6	1477,45	< LQM	7,34	3,63	3677,92	20,12	2,61	3,12	9,55	
19	5,48	48	72,9	34	39,7	0,0	0,0	1,7	57,1	1,5	2186,39	0,41	12,05	5,52	5673,43	26,53	4,42	5,06	15,06	
20	5,58	45	73,0	25	26,3	62,3	11,3	0,0	0,0	0,0	1795,82	0,28	8,99	4,01	4070,79	22,46	3,28	3,85	11,40	
21	5,46	51	73,1	30	51,4	22,4	11,5	2,3	12,1	0,3	1600,65	0,27	7,95	3,88	3906,85	18,60	2,96	3,38	10,29	

\*AG - areia grossa, AM- areia média, AF- areia fina, AMF areia muito fina

**Tabela 4.2** – Características físico-químicas, granulométricas e concentrações dos metais em sedimento de manguezal em peso seco referente ao período de menor precipitação

Amostras	pH	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
	(mV)	(mS/cm <sup>2</sup> )		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	µg g <sup>-1</sup>									
Menor precipitação																				
1	6,68	-7	69,2	25	51,7	0,0	0,0	3,0	44,5	0,8	1107,52	< LQM	24,63	7,59	950,42	40,85	9,24	6,87	22,67	
2	6,87	-20	60,0	25	54,7	15,2	12,5	4,0	13,1	0,5	3085,40	< LQM	6,71	1,82	2638,59	13,12	2,16	2,09	5,44	
3	5,91	25	63,2	32	26,6	0,0	0,0	7,0	65,0	1,5	1318,20	< LQM	30,09	8,93	1123,00	46,64	11,72	7,93	25,65	
4	6,45	5	67,5	35	47,2	20,5	9,1	3,4	19,3	0,5	7093,03	< LQM	15,18	3,72	5733,75	25,83	5,41	4,02	14,56	
5	6,50	-1	66,0	35	65,1	8,6	3,6	2,2	20,1	0,5	7815,27	< LQM	19,08	5,54	6798,50	28,13	7,32	4,71	15,30	
6	6,51	-1	68,8	31	57,0	10,9	5,4	2,4	23,8	0,5	7562,93	< LQM	17,09	4,15	6527,58	35,87	6,26	4,17	14,16	
7	6,67	-9	70,7	31	46,3	23,8	13,0	3,8	12,7	0,5	2252,01	< LQM	5,69	1,16	2083,33	10,12	1,94	1,81	4,15	
8	7,38	-35	61,3	30	75,3	11,8	4,8	1,1	6,7	0,3	4201,00	< LQM	9,07	1,84	3307,02	16,83	3,15	2,63	8,29	
9	6,92	-24	62,9	30	46,9	22,9	10,3	2,7	16,5	0,6	4326,96	< LQM	9,41	1,75	3282,16	15,21	3,16	2,42	6,54	
10	7,05	-30	59,4	31	54,8	18,6	10,5	2,3	13,5	0,3	4636,84	< LQM	9,95	2,75	3470,02	14,58	3,26	3,35	7,25	
11	6,81	-16	65,1	33	50,3	18,7	11,2	2,3	16,9	0,7	5970,43	< LQM	12,23	3,13	4032,16	28,56	4,30	3,36	9,65	
12	6,89	-21	60,6	30	47,8	19,8	9,2	4,6	18,1	0,5	7097,56	< LQM	14,08	3,03	4838,40	20,64	4,59	3,69	9,75	
13	6,53	-7	66,7	34	30,7	24,1	10,4	3,9	30,3	0,6	7614,30	< LQM	16,53	4,07	6155,16	29,99	6,00	4,62	14,12	
14	6,47	5	67,7	32	48,9	36,8	14,2	0,2	0,0	0,0	9814,55	< LQM	21,06	5,36	7318,88	29,05	7,10	5,08	15,53	
15	6,03	21	66,9	31	38,9	0,0	0,0	3,6	56,1	1,5	2721,82	< LQM	53,22	17,50	2168,74	77,88	19,95	13,20	46,88	
16	6,59	-7	63,6	31	38,0	31,4	15,5	2,9	11,8	0,5	2383,32	< LQM	5,64	1,54	2114,13	9,98	1,79	1,53	4,88	
17	6,57	-7	65,3	31	53,4	16,4	7,2	3,1	19,4	0,5	5425,40	< LQM	11,66	2,80	4267,52	19,29	4,02	2,34	9,22	
18	6,69	-13	115,3	33	55,4	36,0	8,6	0,0	0,0	0,0	3196,21	< LQM	7,52	2,05	2905,31	12,36	2,62	1,86	6,48	
19	6,59	-7	139,1	30	55,9	21,2	6,2	2,3	14,0	0,3	4990,96	< LQM	10,48	2,79	3811,22	16,27	3,85	2,78	8,31	
20	6,70	-12	147,1	31	61,1	15,8	6,6	2,2	13,8	0,6	8045,61	< LQM	17,02	4,21	6351,14	29,37	6,05	4,91	14,05	
21	6,73	-15	101,8	31	43,6	18,3	10,7	3,3	23,6	0,6	5569,42	< LQM	11,21	2,38	4217,03	20,80	3,94	3,21	8,60	
Resolução CONAMA 454																				
Nível 1												1,2	81	34			20,9	46,7	150	
Nível 2												7,2	370	270			51,3	218	410	

\*AG - areia grossa, AM- areia média, AF- areia fina, AMF areia muito fina

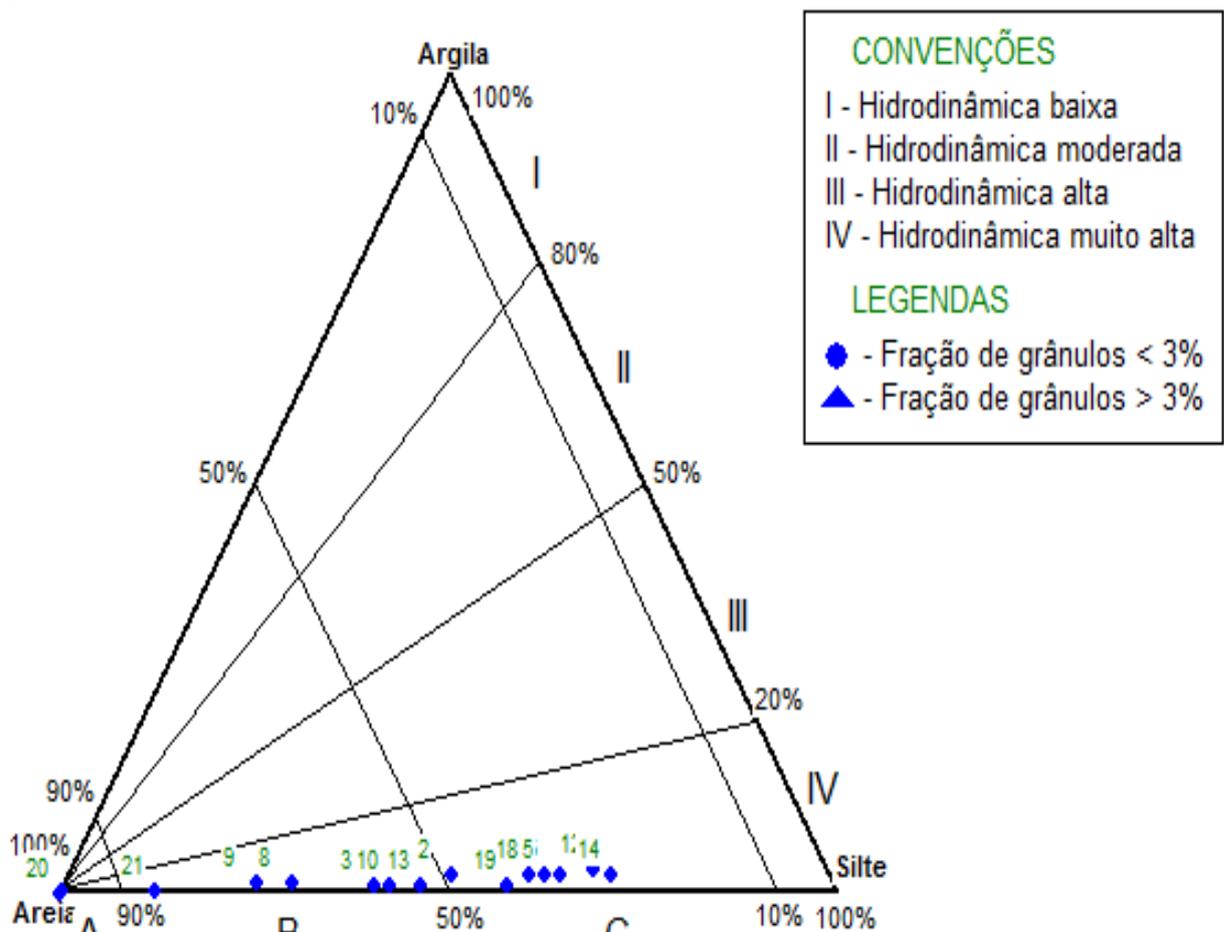


A acidez sedimentar no manguezal ocorre devido à decomposição lenta da matéria orgânica que liberam vários ácidos orgânicos, principalmente ácidos húmicos e fúlmicos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

As condições de Eh e pH da água controlam as reações químicas e estado redox dos metais, influenciando a mobilidade e a incorporação dos metais aos sedimentos do manguezal, através de processos de dissolução e/ou redução (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

A granulometria no sedimento de manguezal obteve predominância da fração areia fina e silte, para o período de maior e menor pluviosidade, não havendo diferenças estatísticas entre os períodos pluviométricos. A distribuição granulométrica dos sedimentos reflete ambientes de alta hidrodinâmica de acordo com o diagrama de Pejub (Figura 4.2), o que confere com manguezal avaliado, pois este possui muitos canais de maré e bancos arenosos no centro do manguezal.

**Figura 4.2** - Diagrama triangular de Pejub indicando a hidrodinâmica do ambiente de acordo com a granulometria do sedimento de manguezal



A distribuição e a movimentação dos sedimentos estuarinos são influenciadas pelas correntes marinhas, canais de maré e leito de rios, sendo que as frações granulométricas variam em função do sentido, direção e força das correntes que atuam na área (FAIRBRIDGE, 1989; LACERDA, 1998; MIRANDA, 2002). Nos pontos amostrais mais protegidos da hidrodinâmica dos canais de maré, predominaram a classe dos finos, como silte e silte grosso, entretanto nos locais de baixa energia ocorreram à deposição preferencial de finos (Figura 4.2).

As variações dos níveis das marés criam correntes que transportam os sedimentos mais finos, exportando-os das áreas de maior energia (circulação) e depositando-os nos manguezais ou exportando-os do sistema local. Onde há grande nível de energia prevalece o sedimento de granulometria grosseira; em zonas intermediárias, com baixo nível de energia, predominam os sedimentos de granulometria mais fina. (FAIRBRIDGE, 1989; LACERDA, 1998; MIRANDA, 2002)

Através do teste de normalidade de Shapiro Wilk, pH (0,22), Eh (0,11), salinidade (0,06) em sedimento apresentaram distribuição não normal, os demais parâmetros avaliados apresentaram distribuição normal.

No período de menor precipitação foram verificadas as maiores concentrações média dos metais Al ( $7264 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Cr ( $15,6 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Fe ( $5822 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Mn ( $25,8 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Ni ( $5,6 \mu\text{g g}^{-1}$ ), Pb ( $4,12 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e Zn ( $12,9 \mu\text{g g}^{-1}$ ), entretanto para o Cd e o Cu as concentrações foram menores.

O comportamento para as estações pluviométricas estudadas dentro do estuário ressalta a importância de processos geoquímicos na retenção e acumulação de metais regionalmente. Esses processos envolvem reações de adsorção/absorção pelos argilominerais, complexação por moléculas orgânicas, co-precipitação com óxidos hidróxidos de Fe e Mn, dentre outros (LUOMA; RAINBOW, 2008).

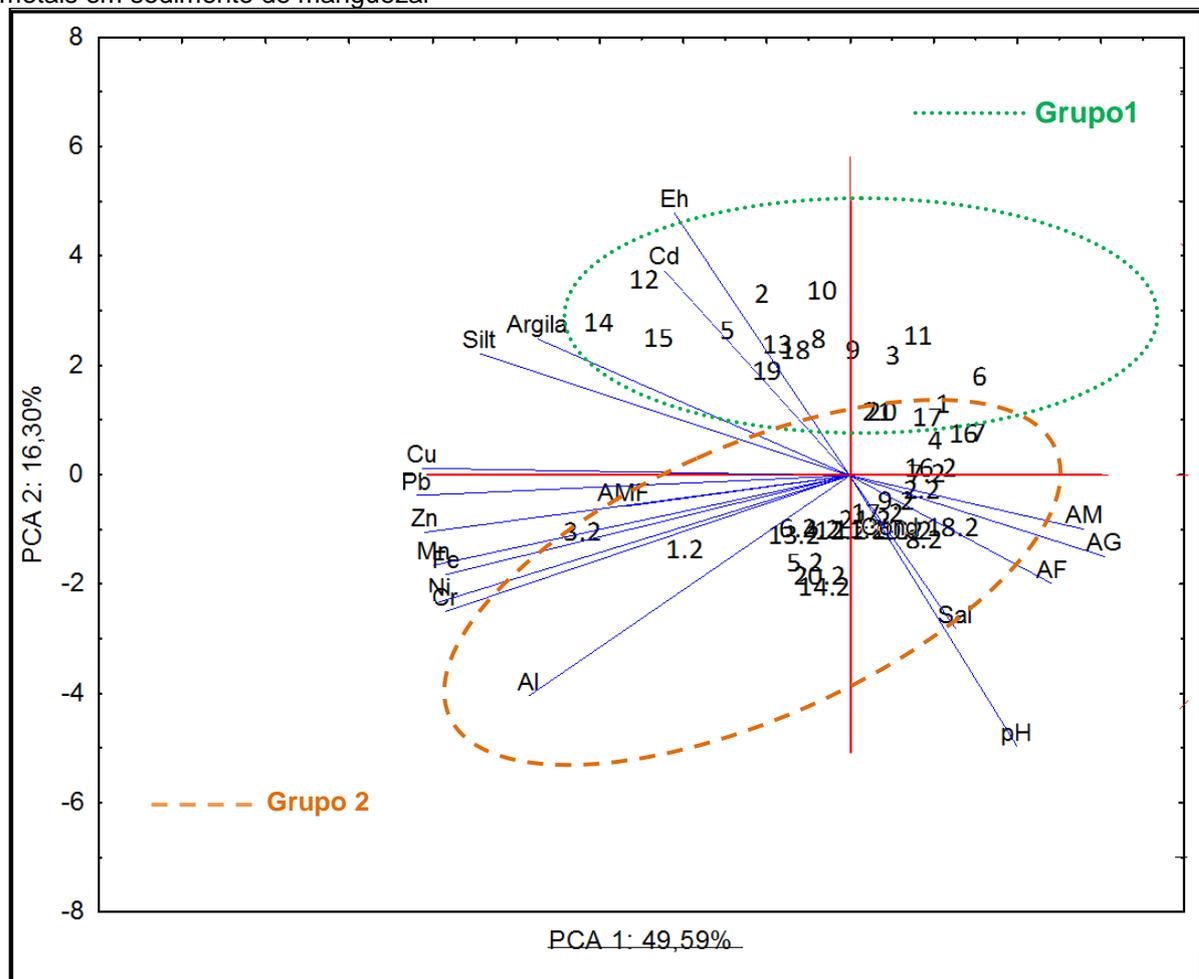
Em ambos os períodos chuvoso e seco, as concentrações de Cd, Cr, Cu, Ni e Pb comparadas com os limites de qualidade para sedimentos a serem dragados (BRASIL, 2012) estiveram abaixo do valor legislado e, entretanto, somente o Mn ultrapassou o valor regulamentado da menor probabilidade de efeitos adversos à biota, Tabela 4.1 e 4.2.

A fim de correlacionar as concentrações de metais nos sedimento de manguezal com os parâmetros físico químicos foram realizadas a análise estatística da correlação de Spearman. Foi verificada correlação fortemente positiva entre silte e argila (0,89), sendo que estas são as frações granulométricas mais favoráveis aos processos de adsorção de cátions de Fe e Mn e matéria orgânica, formando compostos organometálicos (LACERDA, 1998).

Foram obtidas correlações de Spearman muito fortes ( $r > 0.9$ ) entre todos os metais Al, Cr, Cu, Ni, Fe, Mn, Pb e Zn, exceto o Cd e o Al. Foi verificada uma influência muito forte entre as frações granulométricas silte e argila, mais finas, com os metais Cu (0,74), Mn (0,65), Pb (0,73) e Zn (0,67), enquanto que as demais frações cascalho e areia tiveram influencia fraca ou nula. Esse comportamento sugere que as fases desses metais se encontram encapsuladas por silicatos, sulfetos e a óxidos de Fe e Mn diminuindo a sua solubilidade, indicando aportes naturais e favorecendo a acumulação de metais nos sedimentos (AL-MASLAMANI et al., 2013)

Visando avaliar o comportamento geoquímico dos sedimentos, a técnica estatística multivariada de análise de componentes principais (PCA) foi utilizada, Figura 4.3.

**Figura 4.3** - Gráfico de vetores referente à análise de agrupamentos principais PCA realizada em metais em sedimento de manguezal



No modelo de ordenação do PCA, A primeira e a segunda componente explicaram 50% e 16% da variação dos dados, respectivamente. Nota-se que houve a separação das matrizes em dois grupos correspondentes ao grupo 1 (verde) sedimento de manguezal

período maior precipitação e grupo 2 (laranja) sedimento de manguezal período menor precipitação. Percebe-se que o Eh, silte, argila e Cd foram os principais descritores que formaram o grupo 1 e que os demais metais influenciaram a distinção do grupo 2, provavelmente no grupo 1 por causa da maior precipitação ocasionando maior lixiviação das partículas mais finas e conseqüentemente menores concentrações de metais.

Garlipp et al. (2010) avaliando sedimentos de manguezal sob influência da carcinicultura no sistema estuarino Goiana-Megaó em Pernambuco, encontrou concentrações de pH e Eh concentrações maiores do que o presente estudo, 7.3 e 194 mV respectivamente; para os elementos Al, Cd, Cr e Ni o autor encontrou concentrações menores do que este trabalho, contudo para os metais Cu, Fe, Mn, Pb e Zn os concentrações foram maiores.

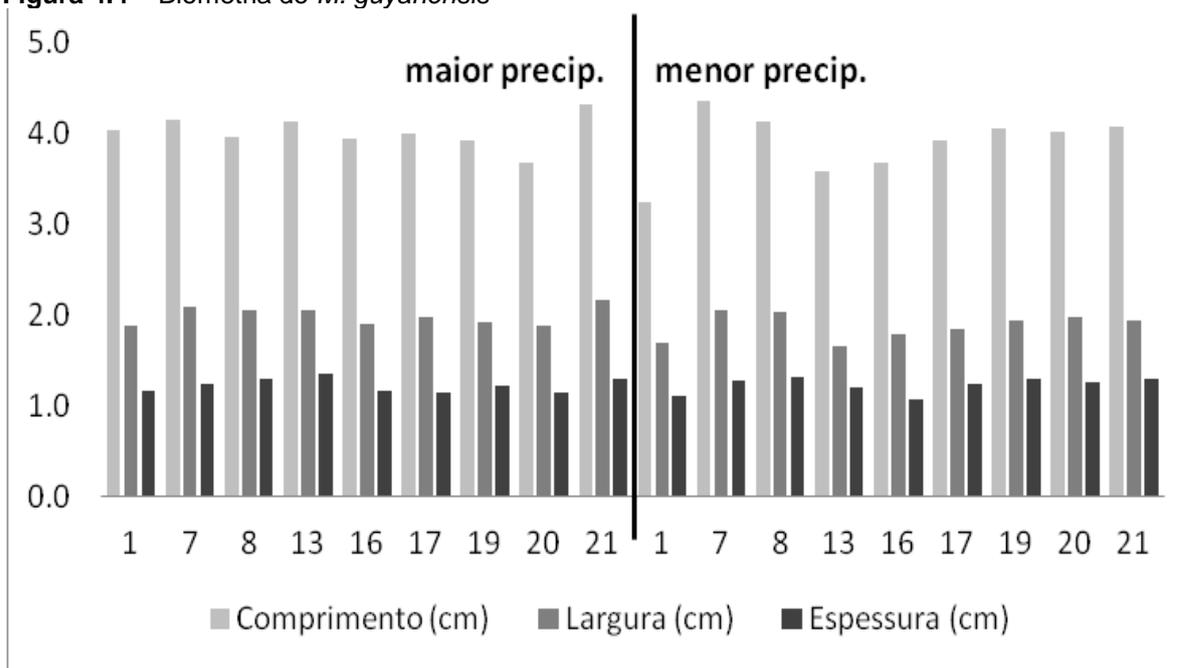
Em comparação com os resultados obtidos por Ribeiro et al. (2016) no manguezal adjacente a uma carcinicultura na Baía de Tosos os Santos, BA com os resultados do presente trabalho verificamos que as concentrações dos metais Cd, Cu, Pb e Zn foram menores do que o presente estudo e a concentrações dos metais Cu e Pb foram acima do que o presente estudo. O que sugere que extensão do impacto ambiental no sedimento marinho está relacionada diretamente com as circunstâncias ambientais locais (profundidade, topografia, correntes, renovação da água, etc.), com as práticas de gerência do cultivo (densidade, taxas de alimentação, etc.) de carcinicultura (AZEVEDO, 2006; BOYD, 1990).

#### **4.3.2 Aspectos morfométricos e metais em *M. guyanensis***

Os espécimes *M. guyanensis* na estação de maior precipitação apresentaram comprimento médio de 4,0 cm, a largura média de 2,0 cm, a espessura média de 1,2 cm e o teor de umidade médio foi de 33% (Figura 4.4).

Já no período de menor precipitação, o comprimento de concha variou entre 5,3 e 2,1cm, com média de 3,9 cm, a largura média foi de 1,9 cm, espessura média foi de 1,2 cm e o teor de umidade foi de 38% (Figura 4.4). Não foi encontrada diferença significativa entre as classes de tamanho em ambas as estações pluviométricas.

**Figura 4.4** – Biometria do *M. guyanensis*

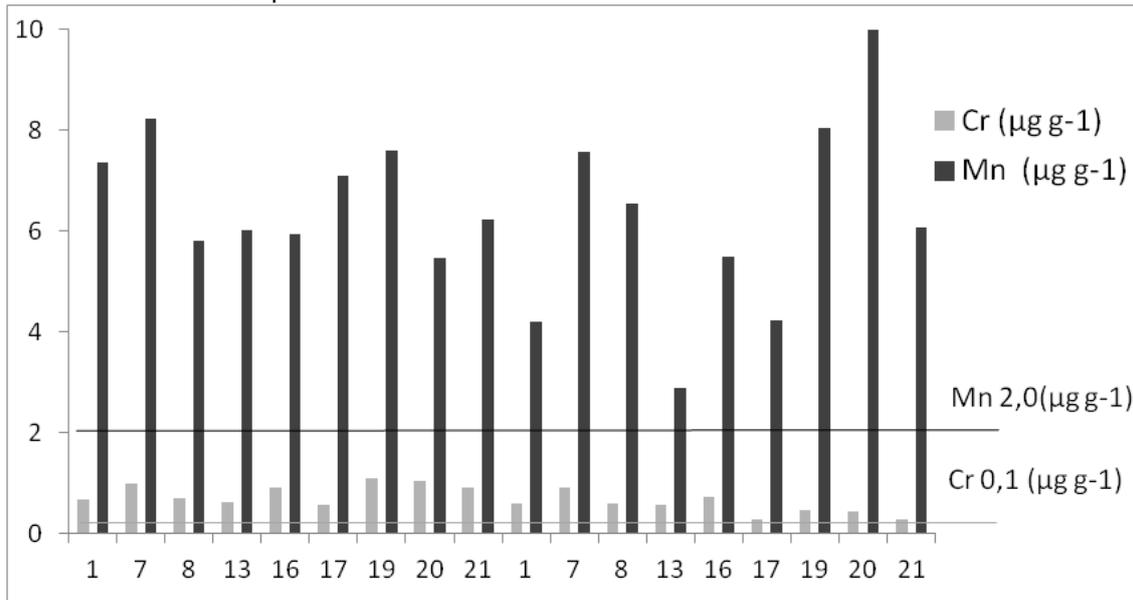


As variáveis comprimento, largura e espessura demonstraram distribuição não normal ( $p > 0.05$ ) de acordo com o teste de normalidade Shapiro-Wilk. As concentrações dos metais Al, Cd e Fe, em tecido de *M. guyanensis* apresentaram distribuição normal, enquanto que os demais metais Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn apresentaram distribuição não normal.

Comparando as concentrações dos metais Cd, Ni e Pb com os limites de probabilidade de efeitos adversos das agências FAO/WHO, ANVISA e ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, verificamos que para esses metais não foram observadas concentrações superiores aos limites.

As concentrações em peso úmido dos metais Cr e Mn em *M. guyanensis*, em todos os pontos amostrados, excederam as concentrações de referência da ANVISA e do ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY de menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Figura 4.5). O Cr, em sedimentos marinhos e estuarinos, está associado à matéria orgânica e a óxidos de ferro e encontra-se nesses ambientes, em sua forma iônica reduzida ( $Cr^{+3}$ ), mais estável e menos tóxica, ou na forma mais oxidada ( $Cr^{+6}$ ), menos estável e mais tóxica aos organismos (MENDES, 2009; GARLIPP et al., 2010). Na área estudada existe forte contribuição de efluentes de carcinicultura em que pode haver a utilização de fertilizantes e rações que contenham elementos traço (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

**Figura 4.5** – Concentrações de Cr (a) e Mn (b) *M. guyanensis* comparados com os valores de referência da ANVISA para Cr e Mn em alimentos



Através da análise de correlação de Spearman, obteve-se correlação muito forte entre o comprimento e a largura da concha (0,87) e correlação forte entre a espessura e o comprimento (0,68) e a largura (0,66), entretanto somente para o metal Mn em *M. guyanensis* foi verificada correlação regular com comprimento (0,60) e correlação forte com a largura (0,69). Variação na concentração de metais em diferentes classes de tamanho para moluscos está diretamente relacionada com a etapa do seu ciclo de vida (GESAMP, 1996; GALVÃO et al., 2009). A maturidade sexual é atingida geralmente com comprimento de 3.0cm a 3.5 cm (COIMBRA, 2003). Como no período reprodutivo estes animais aumentam seu metabolismo em função do gasto energético, neste estágio ocorre o aumento na capacidade de acúmulo dos elementos Cu, Mn e Zn, que pode ser atribuído à produção de proteínas acionadas por hormônios durante os estágios de desenvolvimento do ciclo reprodutivo (GALVÃO et al., 2009).

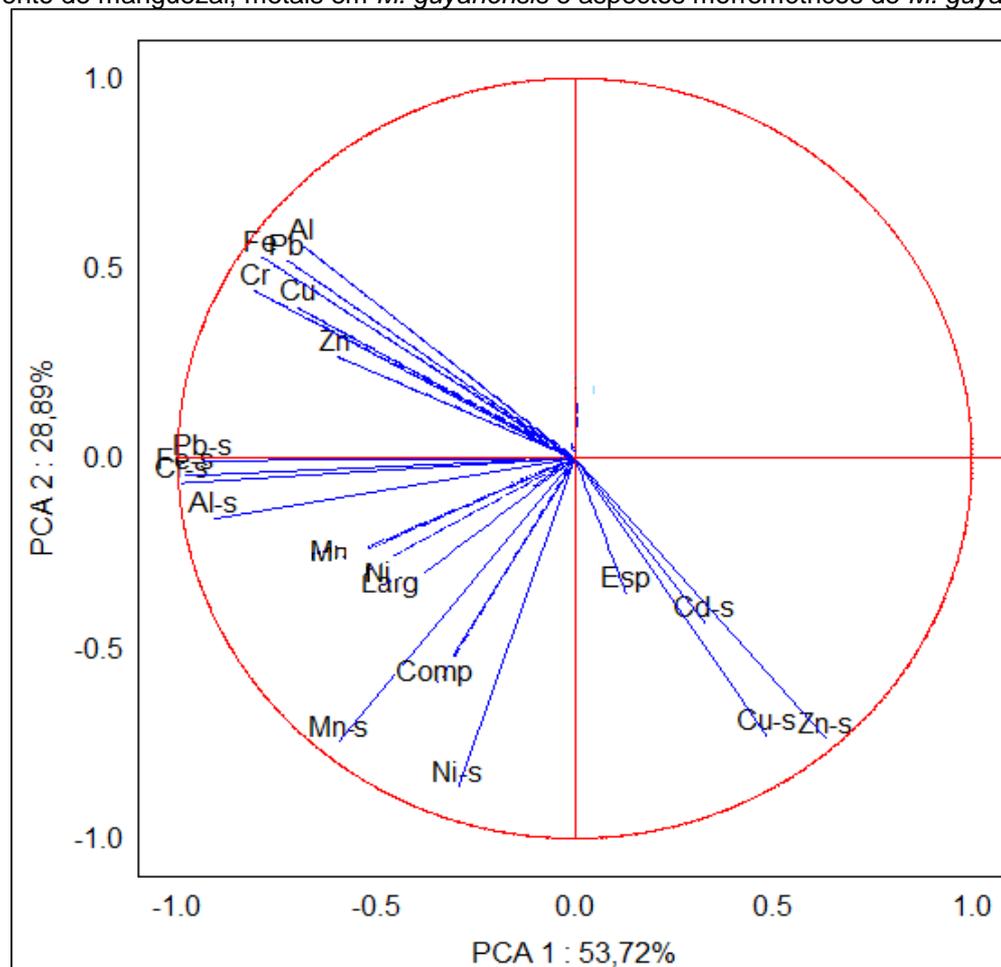
No período de menor precipitação, as concentrações de metais apresentaram a menor concentração. As concentrações de alumínio em *M. guyanensis* em apresentou correlações muito forte com os metais Cr (0,90) e Fe (0,96) e correlação forte com o Cu (0,66). O Fe obteve correlações muito fortes com o Cr (0,91), Pb (0,85) e Cu (0,74) e o Cr apresentou correlações fortes entre o Cu (0,68) e o Pb (0,79). O Mn apresentou correlação forte com o Ni (0,71). Com relação ao Mn, este é um elemento cofator no sistema enzimático envolvido no mecanismo de oxidação dos aminoácidos, lipídeos e glicose; ao elemento Zn que é um elemento essencial, que participa da composição de varias enzimas, associado ao período reprodutivo dos bivalves e estimula a produção de metalotioneínas. As

ostras e mexilhões podem regular as concentrações de elementos essenciais (Cu e Zn) nos seus tecidos (LACERDA, 1998).

No trabalho de Perreira et al., (2002) verificou-se que as concentrações de Cr, Ni e Zn foram superiores às concentrações deste estudo em ambos os períodos de menor precipitação e de maior precipitação; enquanto o Cu teve concentrações superiores apenas no período de menor precipitação e o Ni apresentou concentrações similares em ambas às campanhas.

A análise de grupamento PCA realizada entre metais em sedimento de manguezal, metais em *M. guyanensis* e aspectos morfométricos de *M. guyanensis* (Figura 4.6), demonstrou agrupamento entre metais essenciais ao período reprodutivo do *M. guyanensis*, Cu e Zn, com espessura do organismo, e o comprimento e a largura agrupados junto ao Mn e Ni do sedimento e Mn e Ni no tecido de *M. guyanensis*. Observa que o PCA1 influenciou 54% da distribuição dos pontos e o PCA2 influenciou 29% da distribuição.

**Figura 4.6-** Gráfico de vetores da análise de grupamentos principais PCA realizada entre metais em sedimento de manguezal, metais em *M. guyanensis* e aspectos morfométricos de *M. guyanensis*

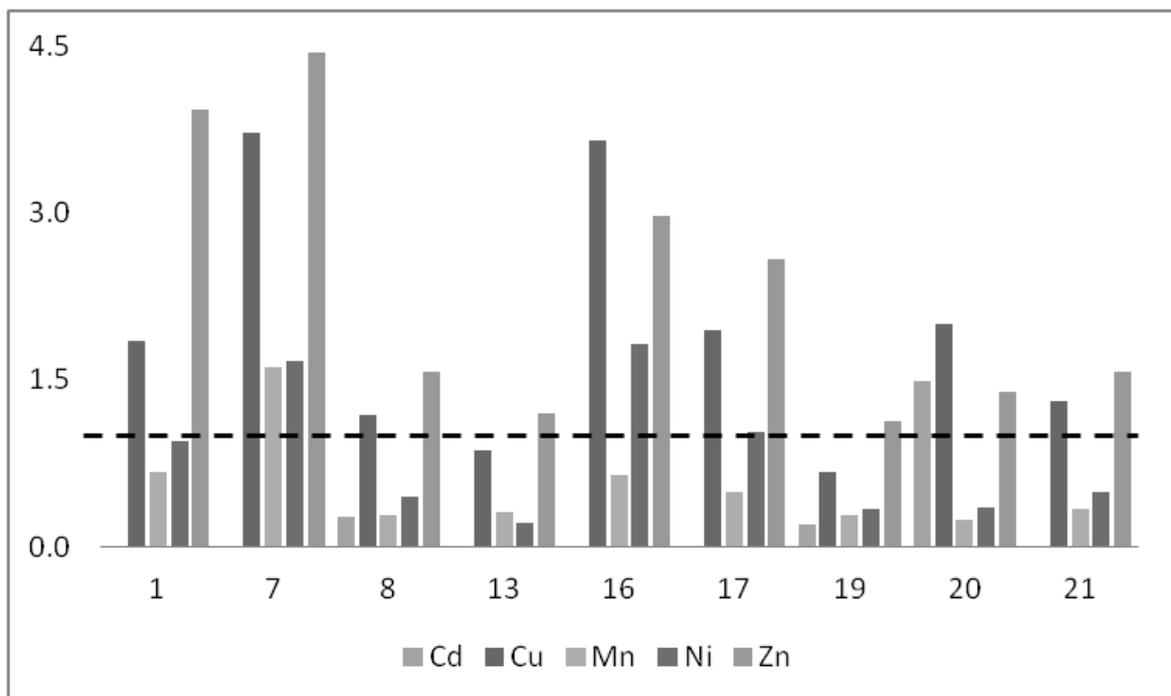


### 4.3.3 Fator de acumulação sedimento biota

O fator de bioacumulação indicou bioacumulação de Zn em todos os pontos (Tabela 4.2). Entretanto para Cd e Mn só foi indicado bioacumulação em um ponto. O Zn pode ser citado como exemplo de metal que é regulado por bivalves, devido a sua importância como elemento essencial ao metabolismo reprodutivo dos bivalves (GALVÃO et al., 2009), o que dificulta avaliar a contaminação ambiental através dos dados de bioacumulação deste elemento em bivalves. Os metais essenciais são bioacumulados em concentrações extremamente altas em tecidos de moluscos bivalves (GALVÃO et al., 2009) sem que o organismo indique sinal de toxicidade aparente, e suas concentrações nos tecidos podem ser controladas.

Para os metais Cu e Ni a bioacumulação foi verificada na maioria dos pontos em ambas as estações pluviométricas, como pode ser verificado na Figura 4.7. O potencial de bioacumulação de metais nos tecidos do *M. guyanensis* segue uma sequência decrescente de Zn > Cu > Ni > Mn > Cd.

**Figura 4.7** – Fator de acumulação sedimento biota dos metais Cd, Mn, Cu e Ni. Valores acima da linha tracejada (1) indicam bioacumulação



Na homeostase de metais essenciais, como Cu, Mn e Zn, em bivalves, ocorre o controle das concentrações de metais acumulados através do balanço entre eliminação e acúmulo, sendo acumulados através da formação de grânulos mineralizados no espaço extracelular e intracelular e a complexação com metaloproteínas (USERO; MORILLO; GRACIA, 2005). Metalotioneínas são bastante importantes na regulação e transporte de metais essenciais incorporados para diferentes tecidos, e também na eliminação de metais não essenciais como Cd, por exemplo, (USERO; MORILLO; GRACIA, 2005). Os mitilídeos possuem alta capacidade de excretar metais no bisso, rede de fios que possibilita a fixação no substrato, mais do que nas brânquias e nos rins (USERO; MORILLO; GRACIA, 2005; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

A bioacumulação de metais não indica necessariamente efeitos biológicos. Os organismos podem estar acumulando a substância, porém esse contaminante não necessariamente causaria um efeito nos indivíduos ou na comunidade (USERO; MORILLO; GRACIA, 2005; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000). Pois, os padrões de bioacumulação podem diferir de elemento para elemento e de espécie para espécie, pode ser afetada pelas condições ambientais, fontes de contaminação, especiação química, do tipo de alimento acessível ao organismo e por aspectos fisiológicos, como longevidade e estágios de vida, larval, maduro, estágio reprodutivo (COIMBRA, 2003).

#### 4.4 CONCLUSÕES

As variáveis físico-químicas Eh, condutividade, salinidade apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados e, junto com a quantidade de precipitação, foram os principais parâmetros que distinguiram os dois grupos formados no PCA. Ocorreram no período de menor precipitação, as maiores concentrações dos metais Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimentos.

Através da análise de sedimentos, ficou evidente a importância da granulometria, associada às frações silte e argila, seguida das correlações com o Al na distribuição dos elementos.

Não houve diferenças significativas nos tamanhos dos moluscos coletados observando os períodos de coleta analisados, de maior e menor precipitação. A maior parte dos indivíduos encontrados em ambos os períodos apresenta comprimento acima de 3,5 cm o que indica que já estão em fase reprodutiva.

Todos os pontos apresentaram bioacumulação para o metal Zn. E na maioria dos pontos a bioacumulação foi verificada para os metais Cu e Ni em ambas as estações pluviométricas.

No período de menor precipitação, apesar das maiores concentrações de metais nos sedimento de manguezal, foram verificadas menores concentrações de metais no tecido de *M. guyanensis* e também a ocorrência de indivíduos menores, indicando que o metabolismo do *M. guyanensis* teve influência predominante na incorporação e na dinâmica dos metais no tecido, visto que houve correlação forte dos metais com o tamanho do animal.

## 5 FONTE E DISTRIBUIÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO E ASSINATURA ISOTÓPICA NOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL E VIVEIRO DE CRIAÇÃO DE CAMARÃO EM SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA.

### RESUMO

Este trabalho avaliou as variações e interações entre parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos nos sedimentos em manguezal que recebe efluente de fazenda de cultivo de camarão no nordeste da Baía de Todos Santos, município de Salinas da Margarida (Bahia), através da composição e origem da matéria orgânica (MO), das concentrações de nutrientes (NPK), razão molar C/N e isótopos estáveis naturais ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ). Amostras de sedimento de manguezal e de tanque de criação de camarão foram coletadas em dois períodos de maior precipitação e de menor precipitação. Níveis elevados de carbono foram observados nos locais de baixa energia hidrodinâmica, principalmente nos sedimentos de manguezal com predominância de sedimentos mais finos silte e argila, enquanto concentrações menores foram encontradas em regiões com sedimentos mais arenosos. O padrão de distribuição do nitrogênio no manguezal foi semelhante ao do carbono, indicando que estes elementos têm provavelmente a mesma fonte. A partir das concentrações da razão C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  identificou-se para o manguezal o predomínio de fontes de matéria orgânica de diversas origens: mata atlântica e árvores de manguezal (plantas tipo C3); enquanto no tanque de criação identificou-se que a matéria orgânica é de origem fitoplanctônica.

Palavra – chave: isótopos estáveis  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , geoquímica, sedimentos.

### 5.1 INTRODUÇÃO

A matéria orgânica (MO) no sedimento de manguezal tem grande importância do ponto de vista químico, físico e biológico, pois fornece informações sobre os processos de transporte e consolidação dos sedimentos; constituída principalmente por substâncias húmicas aquáticas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Os manguezais são ambientes eutróficos com a produtividade primária alta correlacionada com o fornecimento de nutrientes (LACERDA, 1998). Onde os nutrientes fundamentais encontram-se dissolvidos na coluna d'água, principalmente os nitrogenados inorgânicos, amônio, nitrito, nitrato, além de fosfato, potássio e silicatos, que controlam o desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos (KENNISH, 1997; LACERDA, 1998).

O input de nutrientes e matéria orgânica no manguezal pode ocorrer por várias fontes, como lixiviação do solo, fluxo de águas fluviais, intemperismo de rochas e também por fontes antropogênicas como descartes domésticos, agrícolas e industriais (ANH et al., 2010; BRATVOLD; BROWDY, 2001). Atividades antrópicas próximas a esses ecossistemas tão importantes geralmente proporcionam o aumento na quantidade de efluentes domésticos, agrícolas e industriais que desembocam no manguezal (ANH et al., 2010).

A criação de camarões pode poluir os manguezais através do escoamento de efluentes de viveiros quando lançado continuamente e sem tratamento adequado nos ecossistemas aquáticos pode favorecer a salinização, aumentar a taxa de sedimentação e das concentrações de nutrientes e matéria orgânica (AZEVEDO, 2006; BARROS, 2006; NASCIMENTO, 2007; PAEZ-OSUNA, 2001).

Traçadores químicos, como os isótopos estáveis, têm sido aplicados para identificar a origem e o destino da matéria orgânica nos ambientes costeiros, devido à composição isotópica da fonte de carbono (PERREIRA; BENEDITO, 2007; VIEGAS, 2008; MUCCIO; JACKSON, 2009). Informações sobre a matéria orgânica presente no sedimento como a origem, a degradação relativa possibilitam associar a fonte da matéria orgânica em alguns ecossistemas (BRATVOLD; BROWDY, 2001).

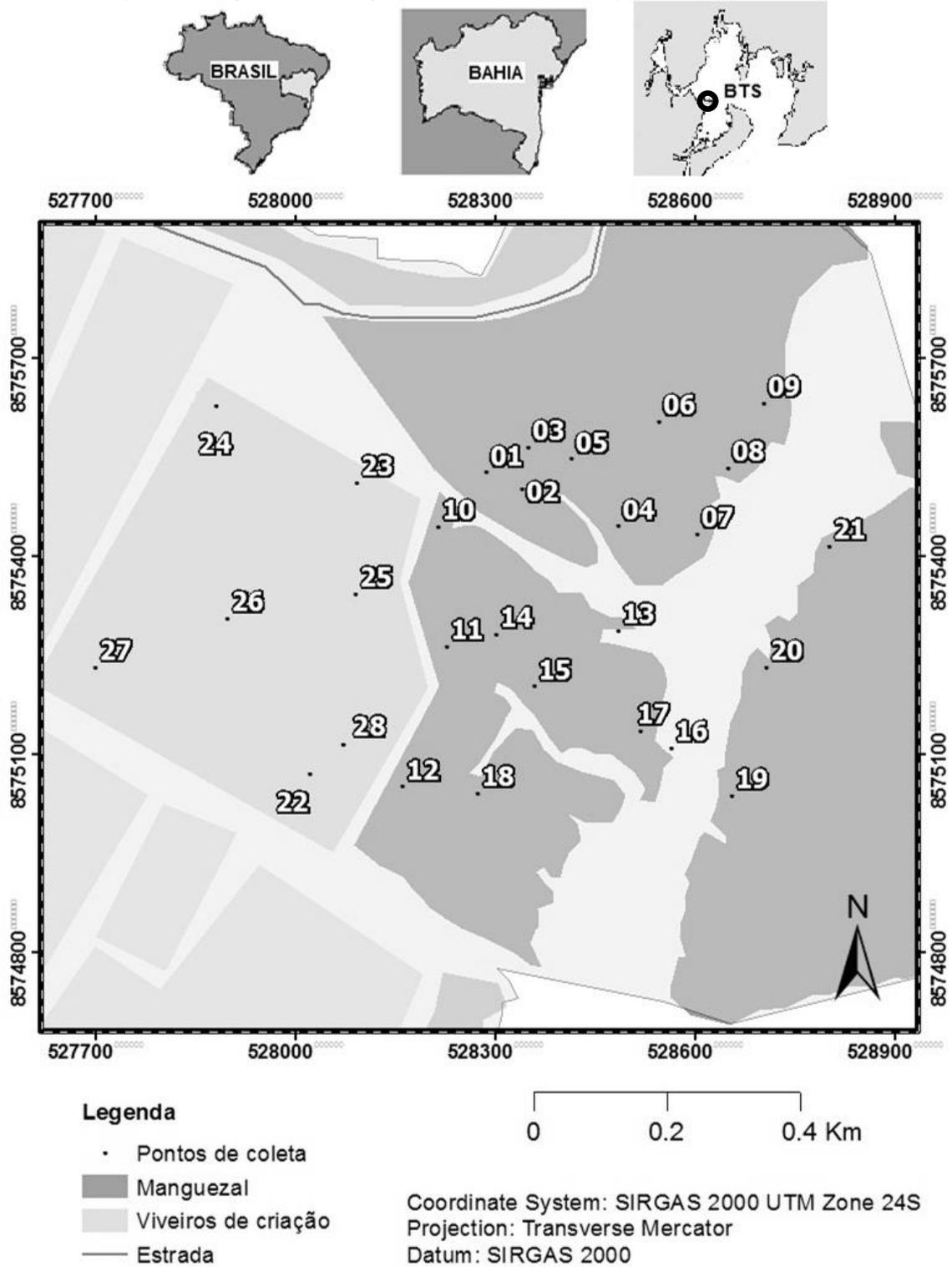
Nesse contexto, o objetivo deste estudo avaliar relações entre parâmetros granulométricos, físico-químicos e geoquímicos dos sedimentos em manguezal que recebe efluentes de carcinicultura, estudando a composição e origem da matéria orgânica através das concentrações de nutrientes (NPK), razão molar C/N e isótopos estáveis naturais ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) em Salinas da Margarida, Bahia, Brasil.

## 5.2 MATERIAS E MÉTODOS

O município de Salinas da Margarida está localizado no Nordeste do Brasil, no Estado da Bahia, na Baía de Todos os Santos - BTS, próximo ao estuário do Rio Paraguaçu (Figura 5.1), sendo banhado pelo Oceano Atlântico, apresenta vegetação de floresta ombrófila densa e ecossistema manguezal na costa do município.

Próximo a uma importante área de mariscagem no manguezal, estão situados viveiros de carcinicultura de camarão *Litopenaeus vannamei* (Figura 5.1) que utilizam canais de maré do manguezal para o despejo de efluentes dos viveiros.

Figura 5.1 – Mapa de situação e localização da área de estudo e pontos amostrais



Fonte: a autora

Os pontos amostrais no manguezal foram pré-estabelecidos, buscando obter uma distribuição sistemática, através do GPS (eTrex, Garmin), durante a primeira campanha e segunda campanha, entretanto no viveiro de criação de camarão foi coletado somente na primeira campanha.

Foram coletados o sedimento superficial do manguezal e o sedimento de viveiros de criação durante duas campanhas no período de maior precipitação, set/2014, e período de menor precipitação, abr/2015, respectivamente.

O sedimento superficial de manguezal foi coletado com colheres plásticas descontaminadas até 10 cm de profundidade e o sedimento de fundo do viveiro foi coletado com auxílio de mergulhador que mergulhava os potes de coleta descontaminados até o fundo do tanque e coletava o sedimento.

Durante a coleta foram medidos os parâmetros pH, Eh, condutividade e salinidade nos sedimentos. Os parâmetros pH, Eh e condutividade foram medidos nos sedimentos com sonda portátil multiparâmetros (pH Meter D-54, Horiba) e a salinidade através de refratômetro (Hand-Refractometer, Atago), ambos os equipamentos foram limpos com água ultra pura MiliQ entre os pontos de coleta. As amostras foram transportadas em caixa térmicas ao laboratório e congeladas. Todo material utilizado em campo e em laboratório foi descontaminado com detergente Extran 10% (v/v) , ácido nítrico 10% (v/v) e enxaguados com água ultrapura MilliQ.

No laboratório, os sedimentos coletados foram congelados a  $-4^{\circ}\text{C}$ , liofilizados (liofilizador L101-LIOTOP), homogeneizados, peneirados e guardados em potes plásticos rotulados e armazenados em temperatura ambiente.

Branco, triplicatas e material de referência certificados de sedimento estuarino (STSD-1) foram utilizados para avaliar a acurácia dos métodos analíticos. A análise da granulometria das amostras de sedimento foi realizada através de analisador de partículas com difração a laser (Cilas 1064). O fósforo assimilável (P) foi quantificado através do método de Grasshoff et. al. (1983) e de Asplilla (1976), com determinação por meio de Espectrofotômetro Molecular (Varian, modelo Cary Bio 50). O potássio (K) foi quantificado através da extração parcial ácida em Microondas Provector DGT 100 Plus segundo o método D 5258-92 (ASTM, 1992), adaptado, com determinação realizada por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES; VISTA PRO, Varian, Mulgrave, Austrália).

Foi realizada a descarbonatação das amostras, para remover a fração inorgânica do carbono, e após estas amostras foram utilizadas para determinar concentrações de

nitrogênio total (N), carbono orgânico total (COT) e análise da composição isotópica do carbono estável ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ).

COT e N foram quantificados através do analisador elementar LECO (TruSpec-CHNS, EUA), na validação da metodologia foi utilizada uma amostra padrão “*orchard leaves*” e “*soil*” fornecida pelo fabricante do analisador elementar LECO (TruSpec-CHNS,EUA). A composição isotópica do carbono estável ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) foram realizados em espectrômetro de massas acoplado com cromatografia gasosa em um equipamento PDZ- Europa SLG 20-20. As concentrações das razões isotópicas de carbono  $\delta^{13}\text{C}$  e nitrogênio  $\delta^{15}\text{N}$  neste trabalho serão referidos de acordo com a notação internacional padrão em relação à escala de PDB Pee Dee Belemnite (PDB) e nitrogênio atmosférico ( $\text{N}^2$ ).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos parâmetros ambientais do sedimento, as concentrações carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, isótopos estáveis de carbono e nitrogênio e razão molar C/N em sedimentos do manguezal e dos viveiros de criação de camarão do período de maior precipitação encontram-se na Tabela 5.1 e do período de menor precipitação encontram-se na Tabela 5.2.

Para fins de comparação, são apresentados na última linha da Tabela 5.2 os limites de qualidade em sedimentos a serem dragados utilizados pela resolução CONAMA 454/2012 (BRASIL, 2012), devido a falta de legislação específica para avaliar ambientes de carcinicultura.

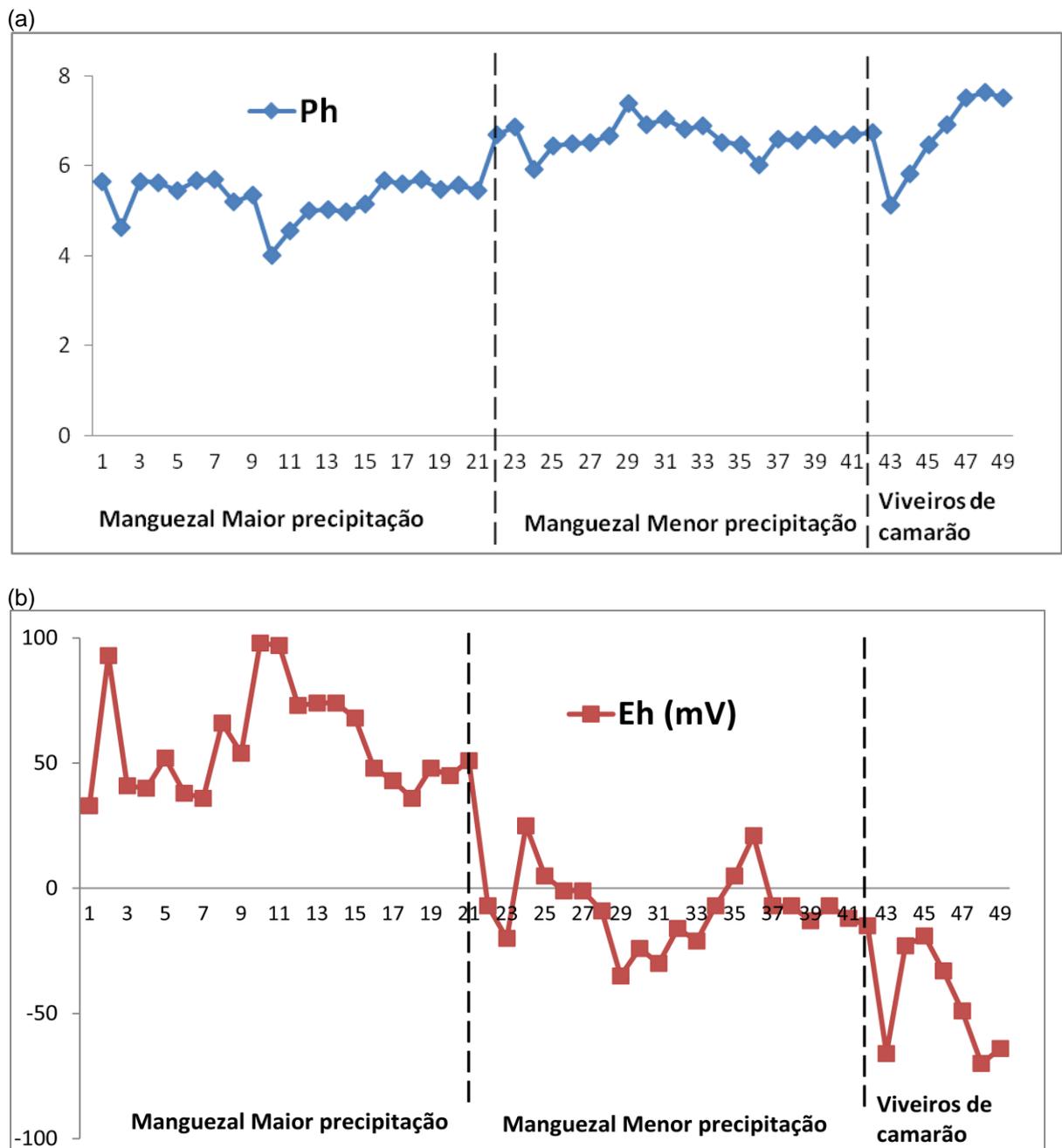
No sedimento do tanque o pH médio foi de 6,7 e o Eh de -46 mV, indicando ambiente redutor (Figura 5.2), já a salinidade média foi de 35, e a granulometria foi classificada como areia média a grossa, moderadamente selecionado. Nos ambientes aquáticos de cultivo e carcinicultura marinha as concentrações de pH entre 8 e 9 são consideradas ideais (BARROS, 2006).

Nos sedimentos de manguezal, a estação de maior precipitação apresentou o pH médio ácido (5,3) e o Eh oxidante (57mV), enquanto na estação de menor precipitação o pH levemente menos ácido (6,6) e o Eh redutor (-8,4 mV), (Figura 5.2). Variações de concentrações de Eh em manguezais ocorrem oscilando entre concentrações positivas, sugerindo ambientes de sedimentos oxidantes e concentrações negativas, sugerindo sedimentos redutores (YONG et al., 2011). A salinidade período de maior precipitação foi

menor do que a do período de menor precipitação em consequência ao aporte de águas pluviais que promove a diluição dos sais.

Percebe-se que nos pontos mais próximos aos canais de lançamento efluentes o sedimento estava reduzido provavelmente devido ao consumo do oxigênio na oxidação de resíduos e compostos trazidos pelos efluentes (SILVA et. al, 2012).

**Figura 5.2** – Gráfico do pH (a) e Eh (b) dos sedimentos do manguezal e nos viveiros de criação de camarão



**Tabela 5.1** – Parâmetros ambientais dos sedimentos, granulometria, concentrações carbono orgânico (COT), nutrientes (NPK), isótopos estáveis de carbono e nitrogênio e razão C/N dos sedimentos de manguezal e de viveiros de criação de camarão em período de maior precipitação.

Matriz	Amostras	Ph	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	COT	N	C/N	P	K	$\delta C^{13}$	$\delta N^{15}$
		(mV)	(mS/cm <sup>2</sup> )	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Razão molar	$\mu g g^{-1}$	$\mu g g^{-2}$	(V-PDB) ‰	‰	
	Maior precipitação					<b>AG</b>	<b>AM</b>	<b>AF</b>	<b>AMF</b>	<b>Silt</b>	<b>Argila</b>							
Sedimento de manguezal	1	5,66	33	67,3	20	55,9	30,7	12,7	0,7	0,0	n	1,6	0,1	25,2	19,9	886,9	-25,8	2,6
	2	4,63	93	67,3	30	48,5	0,0	0,0	0,1	49,7	1,7	5,8	0,4	16,5	128,6	2351,2	-24,1	2,4
	3	5,66	41	67,5	27	58,5	0,0	0,0	0,1	40,4	1,0	4,2	0,2	19,6	27,3	1259,9	-25,1	2,5
	4	5,62	40	67,8	37	31,4	65,9	2,8	0,0	0,0	0,0	1,8	0,1	15,1	49,0	1149,2	-24,8	3,5
	5	5,45	52	68,1	29	31,5	0,0	0,0	2,6	63,7	2,2	9,9	0,5	18,0	103,1	2368,4	-23,9	1,7
	6	5,67	38	67,3	20	74,9	19,1	5,8	0,3	0,0	0,0	2,2	0,2	13,1	10,0	572,3	-25,5	2,8
	7	5,70	36	67,3	35	59,7	30,0	9,9	0,3	0,0	0,0	0,9	0,0	20,9	19,7	622,2	-24,9	1,4
	8	5,20	66	69,2	24	48,1	15,4	3,6	2,3	29,4	1,1	3,4	0,2	15,9	56,4	1684,2	-24,4	1,9
	9	5,34	54	69,1	30	55,6	13,2	3,1	2,0	25,2	0,9	11,3	0,4	29,4	21,4	3042,1	-25,0	0,7
	10	4,02	98	68,8	32	52,9	0,0	0,0	3,7	42,4	1,0	6,1	0,3	20,3	17,3	1557,6	-25,4	1,5
	11	4,56	97	69,3	22	65,1	33,4	1,5	0,0	0,0	0,0	2,2	0,1	15,6	27,3	1168,5	-25,8	1,6
	12	5,00	73	68,0	22	27,8	0,0	0,0	1,8	67,6	2,9	7,0	0,4	19,7	89,2	3542,0	-24,3	1,1
	13	5,03	74	67,7	32	48,0	0,0	0,0	4,9	45,8	1,3	6,5	0,4	16,5	51,9	2026,3	-24,1	1,2
	14	4,98	74	70,8	27	26,3	0,0	0,0	1,8	69,5	2,4	7,9	0,5	14,7	99,0	4315,0	-22,9	1,3
	15	5,15	68	69,0	30	33,6	0,0	0,0	2,9	61,9	1,6	6,0	0,4	13,5	145,2	3750,0	-23,2	1,5
	16	5,68	48	77,5	32	44,9	38,6	16,0	0,6	0,0	0,0	0,5	0,0	23,8	24,7	762,6	-23,7	2,8
	17	5,60	43	75,0	27	59,3	37,5	3,2	0,0	0,0	0,0	2,5	0,2	15,4	34,6	1150,1	-25,1	2,9
	18	5,70	36	74,1	25	33,3	0,0	0,0	5,5	59,6	1,6	1,0	0,1	15,8	24,1	1397,6	-24,1	2,7
	19	5,48	48	72,9	34	39,7	0,0	0,0	1,7	57,1	1,5	3,4	0,3	12,0	80,6	2571,8	-24,0	2,4
	20	5,58	45	73,0	25	26,3	62,3	11,3	0,0	0,0	0,0	5,2	0,3	17,2	87,9	1672,1	-23,7	2,4
	21	5,46	51	73,1	30	51,4	22,4	11,5	2,3	12,1	0,3	2,3	0,1	24,6	104,9	1569,7	-24,4	2,4

\*AG - areia grossa, AM- areia média, AF- areia fina, AMF areia muito fina

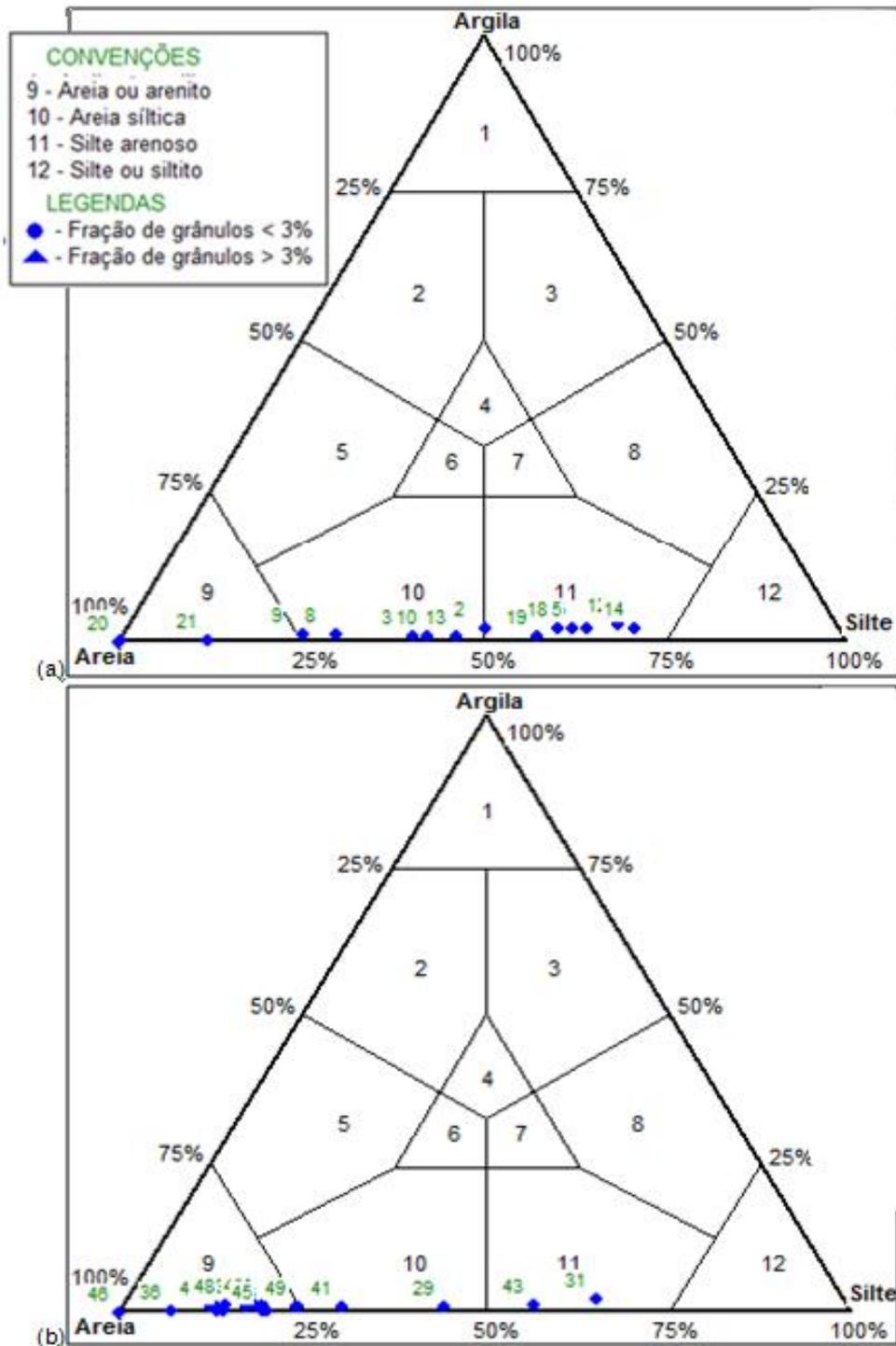
**Tabela 5.2** – Parâmetros ambientais dos sedimentos, granulometria, concentrações carbono orgânico (COT), nutrientes (NPK), isótopos estáveis de carbono e nitrogênio e razão C/N dos sedimentos de manguezal e de viveiros de criação de camarão em período de menor precipitação

Matriz	Amostras	Ph	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	COT	N	C/N	P	K	$\delta C^{13}$	$\delta N^{15}$
		(mV)	(mV)	(mS/cm <sup>2</sup> )		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Razão molar	$\mu g g^{-1}$	$\mu g g^{-2}$	(V-PDB) ‰	‰
	Menor precipitação																	
	22	6,68	-7	69,2	25	51,7	0,0	0,0	3,0	44,5	0,8	10,8	0,5	21,6	19,3	922,6	-	-
	23	6,87	-20	60,0	25	54,7	15,2	12,5	4,0	13,1	0,5	5,3	0,2	27,8	128,0	2492,6	-	-
	24	5,91	25	63,2	32	26,6	0,0	0,0	7,0	65,0	1,5	11,2	0,5	20,8	27,4	859,2	-	-
	25	6,45	5	67,5	35	47,2	20,5	9,1	3,4	19,3	0,5	5,4	0,3	20,7	49,2	2317,7	-	-
	26	6,50	-1	66,0	35	65,1	8,6	3,6	2,2	20,1	0,5	9,3	0,6	14,9	101,1	1401,8	-	-
	27	6,51	-1	68,8	31	57,0	10,9	5,4	2,4	23,8	0,5	6,0	0,4	16,2	59,8	853,3	-	-
	28	6,67	-9	70,7	31	46,3	23,8	13,0	3,8	12,7	0,5	2,1	0,2	14,3	19,6	950,7	-	-
	29	7,38	-35	61,3	30	75,3	11,8	4,8	1,1	6,7	0,3	2,1	0,2	11,6	54,4	2784,8	-	-
	30	6,92	-24	62,9	30	46,9	22,9	10,3	2,7	16,5	0,6	2,4	0,2	10,6	21,0	1842,9	-	-
Sedimento de manguezal	31	7,05	-30	59,4	31	54,8	18,6	10,5	2,3	13,5	0,3	5,7	0,3	18,2	16,8	2381,6	-	-
	32	6,81	-16	65,1	33	50,3	18,7	11,2	2,3	16,9	0,7	6,0	0,3	20,1	26,5	782,6	-	-
	33	6,89	-21	60,6	30	47,8	19,8	9,2	4,6	18,1	0,5	5,3	0,2	29,4	88,4	2781,4	-	-
	34	6,53	-7	66,7	34	30,7	24,1	10,4	3,9	30,3	0,6	5,7	0,4	14,2	51,4	2630,4	-	-
	35	6,47	5	67,7	32	48,9	36,8	14,2	0,2	0,0	0,0	9,2	0,6	14,8	98,3	1895,5	-	-
	36	6,03	21	66,9	31	38,9	0,0	0,0	3,6	56,1	1,5	12,7	1,0	12,9	143,2	3750,0	-	-
	37	6,59	-7	63,6	31	38,0	31,4	15,5	2,9	11,8	0,5	2,4	0,1	18,6	24,2	1022,6	-	-
	38	6,57	-7	65,3	31	53,4	16,4	7,2	3,1	19,4	0,5	4,1	0,3	14,1	34,7	1398,1	-	-
	39	6,69	-13	115,3	33	55,4	36,0	8,6	0,0	0,0	0,0	7,0	0,5	14,5	24,7	983,3	-	-
	40	6,59	-7	139,1	30	55,9	21,2	6,2	2,3	14,0	0,3	4,9	0,4	12,4	80,4	1772,1	-	-
	41	6,70	-12	147,1	31	61,1	15,8	6,6	2,2	13,8	0,6	4,8	0,3	15,4	89,3	1379,6	-	-
	42	6,73	-15	101,8	31	43,6	18,3	10,7	3,3	23,6	0,6	3,5	0,2	15,0	105,5	1684,3	-	-
Sedimento de viveiros de criação de camarão	43	5,1	-66	74,6	30,0	33,5	37,1	23,4	4,2	1,9	0,0	2,7	0,3	10,4	439,1	3563,4	-18,2	2,4
	44	5,8	-23	73,0	30,0	40,0	41,8	17,3	0,9	0,0	0,0	0,2	0,0	4,9	957,0	619,8	-22,2	2,4
	45	6,5	-19	72,3	35,0	43,2	31,7	20,0	3,6	1,6	0,0	0,3	0,0	7,9	2381,5	255,3	-19,4	2,5
	46	6,9	-33	71,6	40,0	81,6	14,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	6,5	109,0	685,7	-18,3	2,9
	47	7,5	-49	71,8	40,0	66,9	23,3	9,5	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	4,6	2089,8	533,8	-19,4	4,1
	48	7,6	-70	70,7	38,0	91,2	8,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	6,1	416,8	212,9	-21,7	2,5
	49	7,5	-4,0	72,5	40,0	94,2	4,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	2,3	1155,1	332,9	-19,3	2,3
Resolução CONAMA												10	2000					

\*AG - areia grossa, AM- areia média, AF- areia fina, AMF areia muito fina

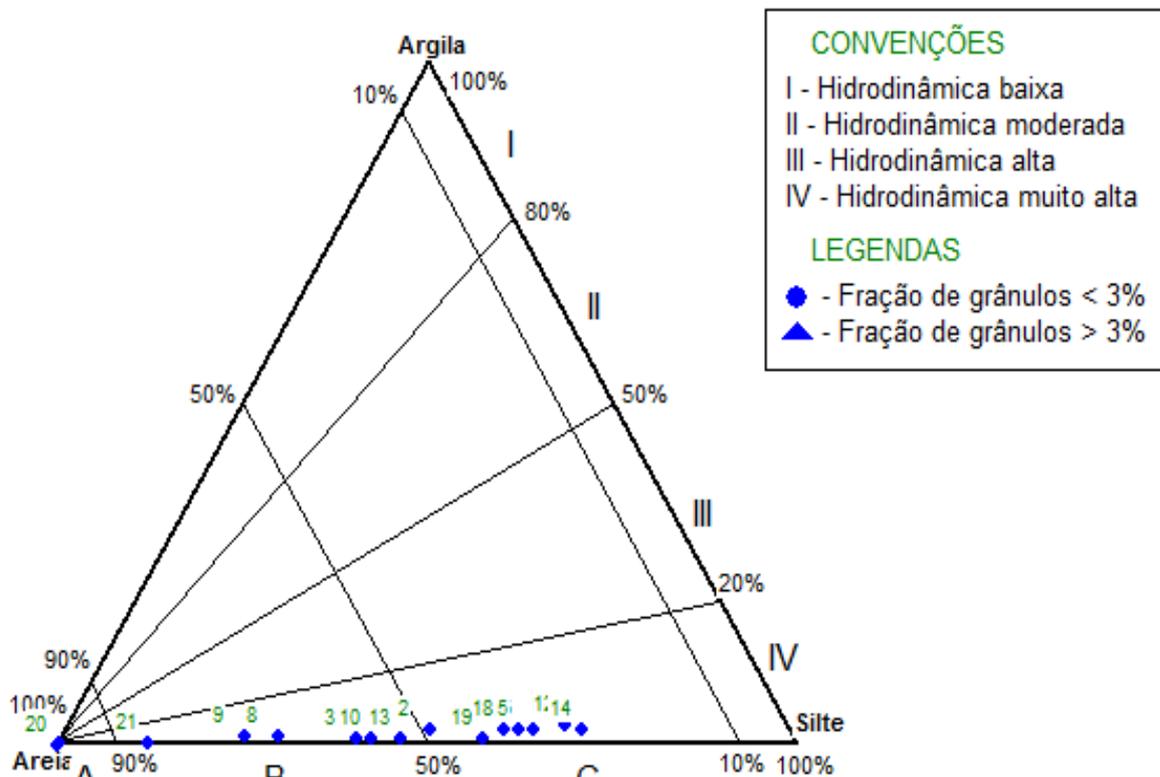
A granulometria no sedimento de manguezal obteve predominância da fração areia fina e silte, com base no diagrama triangular de Shepard que pode ser visualizado na Figura 5.3, para o período de maior e menor pluviosidade.

**Figura 5.3** - Diagrama triangular de Shepard com a distribuição das classes granulométricas no sedimento de manguezal no período de menor pluviosidade (a) e período de maior pluviosidade (b) diagrama de Pejub indicando a hidrodinâmica do ambiente (b).



A distribuição granulométrica dos sedimentos reflete ambientes de alta hidrodinâmica de acordo com o diagrama de Pejub, Figura 5.4, o que confere com manguezal avaliado, pois este possui muitos canais de maré e bancos arenosos no centro do manguezal. As variações dos níveis das marés criam correntes que transportam os sedimentos mais finos, exportando-os das áreas de maior energia (circulação) e depositando-os nos manguezais ou exportando-os do sistema local. Nos pontos amostrais mais protegidos da hidrodinâmica dos canais de maré, predominaram a classe dos finos, como silte e silte grosso, visto que nos locais de baixa energia ocorre à deposição preferencial de finos.

**Figura 5.4** - Diagrama triangular de Pejub indicando a hidrodinâmica do ambiente de acordo com a granulometria do sedimento de manguezal



A granulometria no viveiro de criação indicou a predominância de areias grossas e médias, sendo que as características dos substratos podem influenciar a distribuição dos camarões em cativeiro. Visto que os camarões possuem comportamento de parte do seu ciclo de vida sobre o sedimento, estando enterrados e/ou ingerindo material particulado presente no sedimento (SANTOS et al., 2013). O sedimento de fundo dos viveiros de

camarão é geralmente constituído por solos arenosos e areno argilosos, com pH próximo a 7 e contendo menos do que 10% de matéria orgânica (AZEVEDO, 2006).

A normalidade na distribuição dos dados foi verificada através do teste estatístico de normalidade de Shapiro-Wilk, que mostrou que os dados de pH, Eh, condutividade, areia grossa, média e fina tiveram distribuição não normal, enquanto os demais resultados avaliados no sedimento apresentaram distribuição normal.

O pH se correlacionou fortemente com a salinidade (0,91) e a areia grossa nos viveiros de criação de camarão (0,88), e a areia grossa e a salinidade também estão fortemente correlacionados (0,87). O parâmetro condutividade se correlacionou positivamente com as frações granulométricas: areia média, areia fina, areia muito fina e o silte (0,60 a 0,67). O pH é muito importante nos ambientes aquáticos de cultivo, pois influencia aos efeitos metabólicos e processos fisiológicos de organismo aquáticos (BARROS, 2006).

Em pesquisa realizada por Kalantzi et al. (2013) sobre as características físicas e geoquímicas em sedimento de fundo em quatro carciniculturas no Mar mediterrâneo, o Eh exibiu pontos com sedimentos anóxicos e sedimentos óxicos, enquanto que neste trabalho o Eh sugeriu ambiente anóxico no sedimento de viveiro de criação.

Santos (2005) estudando as condições ambientais do sedimento de fundo em fazendas de cultivo de camarão observou ampla faixa de variação de pH, entre 6,1 e 8,2, semelhantes ao presente trabalho, e constatou que as diferenças nas características físico-químicas dos sedimentos estão correlacionadas com as características dos solos dos viveiros.

A concentração de carbono orgânica no sedimento de manguezal do período de maior precipitação foi de 4,4 % e no período de menor precipitação foi de 6%. Níveis elevados de carbono foram observados nos locais de baixa energia, com predominância de sedimentos mais finos, enquanto concentrações menores foram encontradas em regiões com sedimentos mais arenosos (YONG et al., 2011; SILVA et. al, 2012; ZAGARSA et al., 2013).

A concentração de carbono nos viveiros variou entre 2,6 e 0,1 %, correspondendo à baixa concentração de COT no sedimento, provavelmente associada ao possível consumo de carbono pela produção primária fitoplanctônica durante o período de cultivo e quando o substrato dos viveiros fica exposto, a periódica drenagem dos tanques facilitando a oxidação do material orgânico.

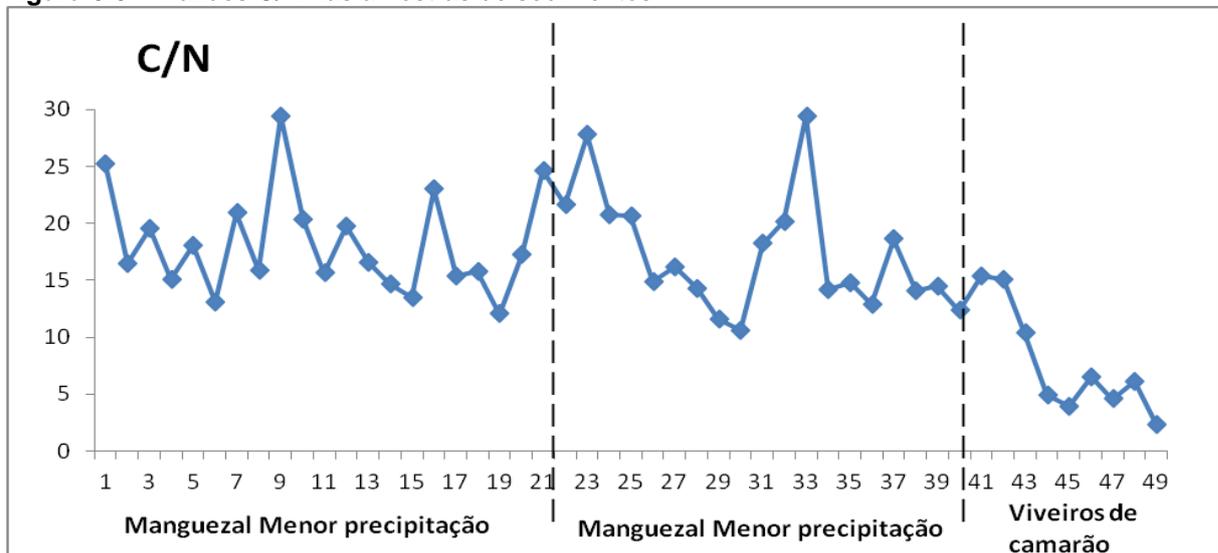
A concentração de nitrogênio total no sedimento de manguezal variou entre 0,2% e 0,4% com relação aos períodos de maior precipitação e de menor precipitação. Observar-se

que os maiores teores de nitrogênio total estiveram associados aos elevados teores de carbono e, geralmente, associados aos sedimentos ricos em argila, revelando um comportamento semelhante ao observado por Dourado (2013) estudando os bancos de areia do manguezal em Salinas da Margarida.

No viveiro, a concentração de carbono no sedimento foi baixa correspondendo à concentração média de 0,14% e a concentração média de nitrogênio total foi de 0,03%, podendo estar associadas à atividade biológica e a granulometria de fundo nos viveiros de criação, o que sugere a mineralização dos compostos nitrogenados e utilização pela produtividade primária nos viveiros de cultivo (RAMOS et al., 2010; AL-MASLAMANI et al., 2013)

A razão molar C/N é usada para caracterizar a origem da matéria orgânica. Quando a relação C/N é maior do que 15, a MO é classificada como terrígena e/ou antrópica, enquanto concentrações abaixo de 10 indicam que a MO é autóctone (YONG et al., 2011). A razão C/N média no sedimento de manguezal foi de 17 tanto no período de maior precipitação como no de menor precipitação, Figura 5.5, indicando que a matéria orgânica do manguezal provavelmente é de origem continental, isto é, matéria orgânica que foi exportada do local de origem, contendo o nitrogênio mais refratário.

**Figura 5.5** – Razões C/N nas amostras de sedimentos



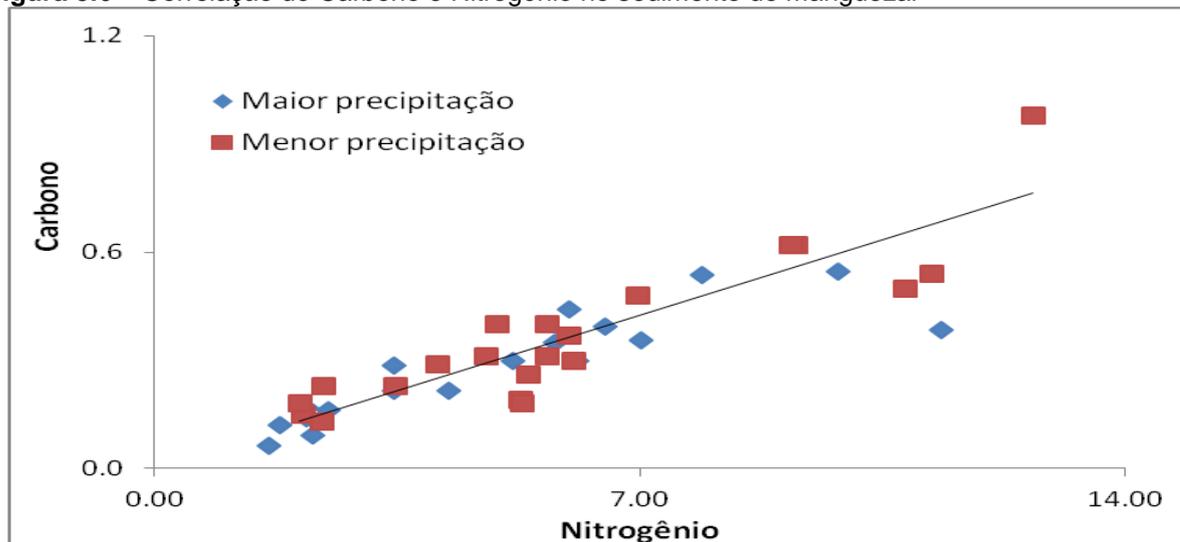
Observa-se no gráfico da Figura 5.5 que as razões no viveiro foram bem menores que os do manguezal. No viveiro de criação de camarão o valor médio da razão C/N foi igual a 4,7, típico de áreas com MO autóctone, associado à produtividade primária. Baixas razões C/N (>10) estão geralmente ligadas à adsorção de nitrogênio inorgânico, normalmente a

amônia, no sedimento (PUSCEDDU; BELIAEFF, 2011), que sugere incremento de N inorgânico através de outras fontes, como o uso de fertilizantes, por exemplo.

Através da análise estatística de correlação de Spearman foi verificada correlação positiva significativa entre pH e  $\delta^{13}\text{C}$  (0,66), potássio e silte (0,64). Também foi verificada correlação positiva forte entre silte e argila (0,89) e entre as concentrações de C e N (0,92), ou seja, 92% da distribuição do carbono é influenciada pela distribuição do nitrogênio e vice-versa (Figura 5.6). A fração silte obteve correlação média com o carbono (0,60) e com o nitrogênio (0,57).

Nota-se na Figura 5.6, a correlação entre o carbono e o nitrogênio nos sedimentos de manguezal (0,92), as concentrações positivas de N quando os valores de COT estão próximos a zero indicam que a maior parte do nitrogênio presente no sedimento pode ser de origem inorgânica.

**Figura 5.6** – Correlação do Carbono e Nitrogênio no sedimento de manguezal



Somente no viveiro de criação de camarão foram detectadas concentrações de P que ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA ( $2000 \mu\text{g g}^{-1}$ ). O P é fundamental na produção primária no viveiro de criação, sendo considerado como um nutriente limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton (RAMOS et al., 2010).

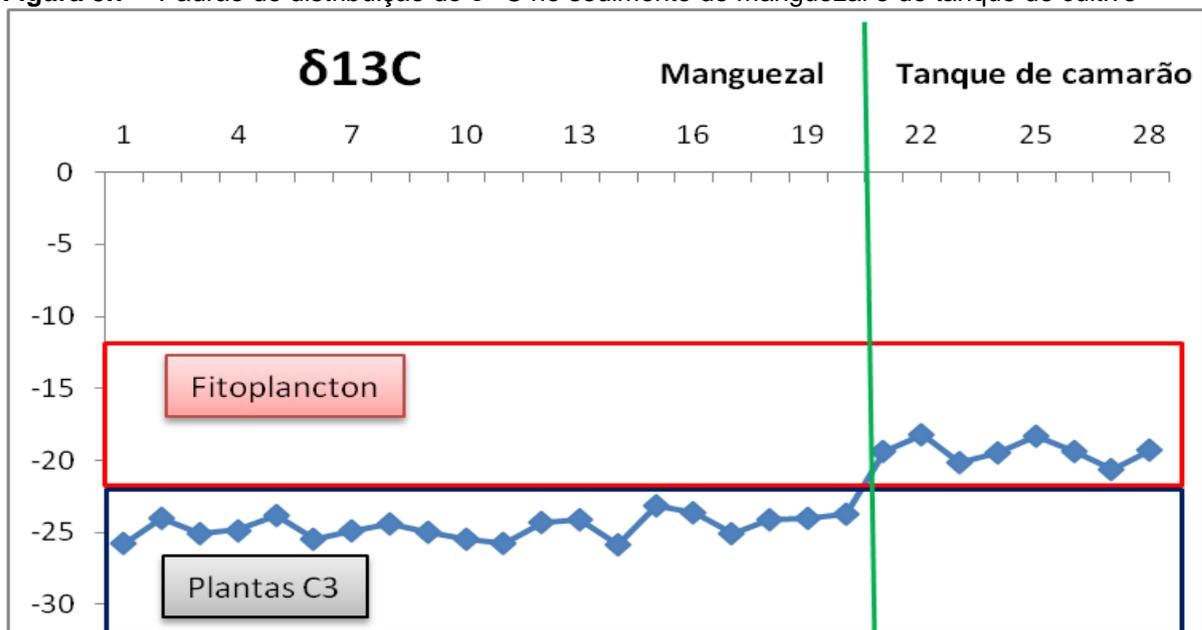
No trabalho de Santos, Freire e Pontes (2013) em viveiros de criação de camarão de *L. vannamei* experimentais, a análise química de sedimentos demonstram o concentração de matéria orgânica de 7,90 %, nitrogênio 56,0 %, carbono  $4,6 \mu\text{g g}^{-1}$ , fósforo  $0,09 \mu\text{g g}^{-1}$ . Bratvold e Browdy (2001) destacaram que os macronutrientes nitrogênio e fósforo e os elementos essenciais cobre, ferro, manganês e zinco são elementos

reguladores no crescimento de camarões em cultivo, entretanto se as concentrações estiverem em excesso podem ser prejudicial ao ambiente de cultivo.

Já no manguezal, o fósforo obteve resultados de  $58,2 \mu\text{g g}^{-1}$  no período de maior precipitação e de  $80 \mu\text{g g}^{-1}$  no período de menor precipitação. O fósforo é um dos elementos da matéria orgânica sujeito a ficar retido nos sedimentos estuarinos. Esse elemento ocorre em ambientes da superfície terrestre, principalmente na forma de ortofosfato, sendo um nutriente essencial para a síntese orgânica no ambiente marinho (FONSECA, 2009). Entretanto nos sedimentos de manguezal as concentrações de P estiveram abaixo do valor de referência, o que pode estar associado ao pH dos sedimento visto que o pH controla a disponibilidade de P, tornando-o indisponível devido à precipitação com o alumínio, manganês e o ferro, em pH ácido (RAMOS et al., 2010; SUÁREZ-ABELENDA et al., 2014).

Com análise isotópica de carbono 13, temos que a concentração média foi de  $-19,7 \text{‰}$  nos viveiros de criação, o que indica que nos viveiros de criação de camarão a matéria orgânica é de origem fitoplanctônica, figura 5.7. O carbono orgânico de origem fitoplanctônica apresenta uma concentração de  $\delta^{13}\text{C}$  variando de  $-23\text{‰}$  a  $-12\text{‰}$  (SCHUBERT; CALVERT, 2001; RAMOS et al., 2010; YONG et al., 2011).

**Figura 5.7** – Padrão de distribuição do  $\delta^{13}\text{C}$  no sedimento de manguezal e de tanque de cultivo

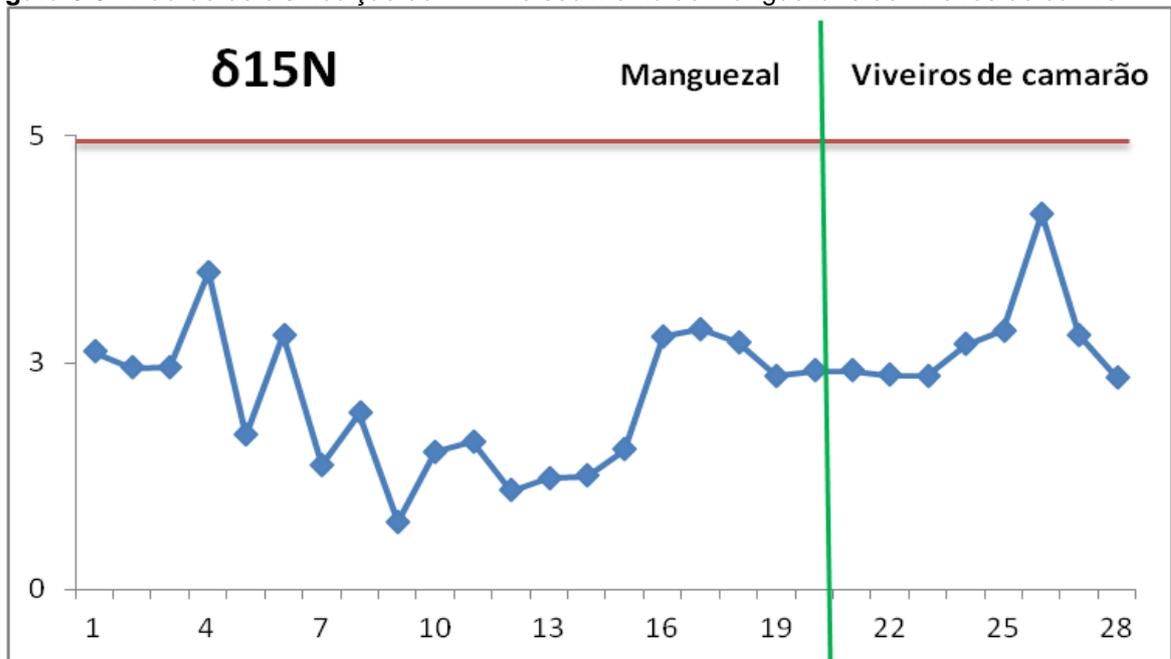


Enquanto que no manguezal pelas análises de  $\delta^{13}\text{C}$ , a MO foi classificada como de origem de plantas do tipo C3, conforme pode ser visto na figura 5.7. Plantas do tipo C3 apresentam  $\delta^{13}\text{C}$  entre  $-34\text{‰}$  e  $-23\text{‰}$ . Plantas do tipo C4 apresentam  $\delta^{13}\text{C}$  entre  $-17\text{‰}$  e  $-9\text{‰}$  (SCHUBERT; CALVERT, 2001; XING et al., 2001; SUÁREZ-ABELENDA et al., 2014). Os

resultados indicaram que na região há uma predominância de matéria orgânica de plantas do tipo C3. Tanto a vegetação de mangue quanto a maioria das plantas da Mata Atlântica apresentam este padrão fotossintético e contribuem para a matéria orgânica depositada no manguezal estudado. As variações nas concentrações de metais e nutrientes entre os viveiros de criação de camarão também são possivelmente relacionada com a quantidade de alimentos para animais e fertilizantes utilizados na carcinicultura (RIBEIRO et al., 2016)

A razão isotópica do nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) também pode ser aplicada em conjunto ao  $\delta^{13}\text{C}$  na determinação das fontes de matéria orgânica (XING et al., 2001). Os resultados isotópicos de nitrogênio, Figura 5.8 apresentaram  $\delta^{15}\text{N}$  menor que 5‰ sugerindo predominância da contribuição terrígena à matéria orgânica dos sedimentos de manguezal, (GAO et al., 2012).

**Figura 5.8** - Padrão de distribuição do  $\delta^{15}\text{N}$  no sedimento de manguezal e de viveiros de cultivo



Nos viveiros foram obtidas concentrações próximas a 5‰ o que confere características fitoplanctônicas a MO. As plantas terrestres incorporam o  $\delta^{15}\text{N}$  do ar e apresentam concentrações  $\delta^{15}\text{N}$  mais pobres do que o fitoplâncton, pois no oceano há enriquecimento de  $\delta^{15}\text{N}$  (ANDREWS et al., 1998). O fitoplâncton apresenta uma preferência assimilatória pelo isótopo mais leve de nitrogênio dissolvido, resultando em um  $\delta^{15}\text{N}$  entre 5 e 6‰. Já as plantas terrestres em sistemas estuarinos, que assimilam  $\text{N}_2$  atmosférico, têm  $\delta^{15}\text{N}$  próximos a 0,4‰ (LACERDA et al. 2008).

As condições dos sedimentos encontrados em viveiros de aquicultura são influenciadas por diversos fatores, principalmente pela densidade de estocagem, manejo de alimento, frequência de aeração e até constituintes na periferia dos viveiros (RIBEIRO et al., 2016)

Estudos realizados Lacerda et al. (2008), sobre a origem da matéria orgânica nos sedimentos do canal do Cumbe, utilizando razões C/N e isótopos estáveis de N, sugerem fortemente que esta é originada nos efluentes de carcinicultura. No mesmo trabalho os autores descrevem que os sedimentos desse canal possuem assinaturas similares às rações de camarão analisadas utilizada na área de cultivo, as quais também são fontes de Cu para as regiões receptoras (LACERDA et al., 2008).

#### 5.4 CONCLUSÕES

Os resultados revelam um sedimento composto por principalmente por fração arenosa no tanque de carcinicultura e pela fração siltosa e arenosa muito fina no manguezal, com distribuição diretamente relacionada ao fator hidrodinâmico. As características físico-químicas dos sedimentos estão correlacionadas com as características dos solos dos viveiros e principalmente pelo manejo de alimento, fertilizantes e aeração. Níveis elevados de carbono foram observados nos locais de baixa energia, com predominância de sedimentos mais finos, enquanto concentrações menores foram encontradas em regiões com sedimentos mais arenosos. O padrão de distribuição do nitrogênio no manguezal foi semelhante ao do carbono. A partir das concentrações da razão C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  identificou-se para manguezal o predomínio de fontes de matéria orgânica de origens continental, mata atlântica, e local, árvores de manguezal, plantas tipo C3; e no tanque de criação identificou-se que a matéria orgânica é de origem fitoplanctônica.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com este trabalho fornecem uma visão sobre o comportamento dos metais selecionados nos sedimentos e nos molusco bivalve *M. guyanensis* de manguezal adjacentes às atividades de criação de camarões marinhos

As variáveis físico-químicas Eh, condutividade, salinidade apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados e, junto com a quantidade de precipitação, foram os principais parâmetros que distinguiram os dois grupos formados no PCA. Ocorreram no período de menor precipitação, as maiores concentrações dos metais Cr, Mn, Ni, Pb e Zn.

As concentrações de Cd, Cr, Cu, Ni e Pb apresentaram-se menores que o valor a partir do qual podem ocorrer efeitos na biota legislados pelo CONAMA para sedimentos de dragagem; somente o Mn ultrapassou o valor regulamentado em ambos os períodos chuvoso e seco. A Resolução CONAMA n. 454/12, que estabelece valores para sedimentos a serem dragados, foi utilizada devido à falta de normas específicas para sedimentos no país. Portanto, é imprescindível o estudo, estabelecimento e regulamentação de valores de referência para manguezal no Brasil.

As análises de concentrações de metais nos sedimentos evidenciaram correlações muito fortes entre o Al e todos os demais metais entre si em ambos os períodos chuvoso e seco. Além disso, foi verificada influência fortemente significativa entre as frações granulométricas silte e argila com os metais.

As concentrações de metais no molusco *M. guyanensis* no município de Salinas da Margarida, com base no peso úmido, estão, em geral, abaixo do limiar no qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota. Apenas o Cr e o Mn ultrapassaram os valores limites da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e à Environmental Protection Agency

A determinação de metais em *M. guyanensis* é de suma importância para segurança dos consumidores desse tipo de alimento, principalmente para as comunidades litorâneas que comercializam e utilizam essa espécie em sua dieta.

Não houve diferenças significativas nos tamanhos dos moluscos coletados observando os períodos de coleta analisados, período de maior precipitação e período de menor precipitação. A maior parte dos indivíduos encontrados em ambos os períodos apresenta comprimento acima de 3,5 cm o que indica que já estão em fase reprodutiva.

No período de menor precipitação, apesar das maiores concentrações de metais nos sedimento de manguezal, foram verificadas menores concentrações de metais no tecido de *M. guyanensis* e também a ocorrência de indivíduos menores, indicando que o

metabolismo do *M. guyanensis* teve influência predominante na incorporação e na dinâmica dos metais no tecido, visto que houve correlação forte dos metais com o tamanho do animal.

O controle das concentrações de metais acumulados por animais marinhos é o balanço entre estocagem e eliminação. Desta forma, o fator de bioacumulação sedimento biota atua como ferramenta para avaliar a incorporação de metais oriundos do sedimento. Todos apresentaram bioacumulação para o metal Zn. E na maioria dos pontos a bioacumulação foi verificada para os metais Cu e Ni em ambas as estações pluviométricas. O potencial de bioacumulação de metais nos tecidos do *M. guyanensis* segue uma sequência decrescente de Zn > Cu > Ni > Mn > Cd.

As características físico-químicas dos sedimentos estão correlacionadas com as características dos solos dos viveiros e principalmente pelo manejo de alimento, fertilizantes e aeração. Níveis elevados de carbono foram observados nos locais de baixa energia, com predominância de sedimentos mais finos, enquanto concentrações menores foram encontradas em regiões com sedimentos mais arenosos. O padrão de distribuição do nitrogênio no manguezal foi semelhante ao do carbono. A partir das concentrações da razão C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  identificou-se para manguezal o predomínio de fontes de matéria orgânica de origens continental, mata atlântica, e local, árvores de manguezal, plantas tipo C3; e no tanque de criação identificou-se que a matéria orgânica é de origem fitoplanctônica.

## REFERÊNCIAS

- AL-MASLAMANI, I; WALTONB, H; KENNEDYC, M; AL-MOHANNADID, L; VAY, L. Are mangroves in arid environments isolated systems? Life-history and evidence of dietary contribution from in welling in a mangrove-resident shrimp species. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** , n. 124, p. 56-63, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.007>.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for Extraction of trace elements from sediments**. West Conshohocken: ASTM, 1992.v.11, n. 2.
- ANDREWS, J.; GREENWAY, A.; DENNIS, P. Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary, Hunts BayKingstonHarbour,Jamaica. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 46, p. 743-456, 1998.
- ANH, P; KROEZEB, C; BUSHC, S; MOLC, A. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. **Agricultural Water Management**, n. 97, p. 872-882, 2010 doi:10.1016/j.agwat.2010.01.018.
- ASPILA, I.; AGEMIAN, H.; CHAU, A. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. **Analyst**, Londres, v. 101, p. 187-197, 1976.
- AZEVEDO, V. **Carcinicultura: parâmetros integrativos como instrumentos de prevenção de impactos**. 2006. 159f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 159. 2006.
- BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. **Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos**. Salvador, 2015. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2015
- BARROS, S. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d'água de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita- PB**. 2006. 94f. Dissertação(Mestrado em Química Analítica ). Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB, v. 80p, 2006.
- BOYD, C. **Water quality in ponds for Aquaculture**. Auburn -AL: Alabama Agricultural Experimental Station, v. 482p, 1990.
- BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos.**Diário Oficial Republica Federativa do Brasil**, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Brasília,DF, 28 de ago. 1998.Secção 1.
- BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012.
- BRATVOLD, D.; BROWDY, C. L. Effect of sand sediment end vertical surfaces (AquatMats) on production, water, quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. **Aquaculture**., v. 195, p. 81-94, 2001.

CARDOSO JÚNIOR, L. **Avaliação do crescimento de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) na Praia de Mangue Seco, Litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil.**2001. 48F: Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Departamento de Pesca e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco,.

COIMBRA, A. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Graças, Baía de Sepetiba, RJ.** 2003. 155f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense

COPQUE, A. **Análise dos conflitos ambientais e de uso de território na costa leste do município de Salinas das Margaridas - BA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana).Instituto de Arquitetura. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 194. 2010.

DOURADO, J. **Elementos traço em sedimentos e *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) em área sob influência de carcinicultura, Salinas da Margarida, Bahia.** Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) Instituto de Geociências.Universidade Federal da Bahia. Salvador ,BA. 104p .2013.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Bioaccumulation testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment.** Washington, DC,. 2000. 124P. EPA-823-R-00-001

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Fish Sampling and Analysis.** Washington, D.C., 1995. 58p. EPA 823-R-93-002

FAIRBRIDGE, R. **Estuary.** Dowden: Hutchinson & Ross, v. 3, 1989.

FONSECA, L. V. **Capacidade de retenção de fósforo e material particulado em suspensão por manguezal de área impactada por efluentes da carcinicultura.** 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009

GALVÃO, P; REBELO, M; TORRES,J; GUIMARÃES,J; MALM, O.Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: Aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal Aquatic Science Technologic**, v. 13, n. 2, p. 49-66, 2009.

GAO, H.; MATYKA, M.; LIU, B.; KHALILI, A.; KOSTKA, J. E.; COLLINS, G.; JANSEN, S.; HOLTAPPELS, M.; JENSEN, M. M.; BADEWIEN, T. H.; BECK, M.; GRUNWALD, M.; DE BEER, D.; LAVIK, G.; KUYPERS, M. M. M. Intensive and extensive nitrogen loss from intertidal permeable sediments of the Wadden Sea, **Limnology and Oceanography**, v. 57, p. 185–198, 2012.

GARLIPP, A; NETO, J; VALENÇA, L; MANSO, V. Variabilidade histórica de metais e maiores em sedimentos estuarinos sob influência da carcinicultura: O sistema estuarino Goiana-Megaó, Pernambuco, Brasil. **Estudos Geológicos**, Pernambuco-RE, v. 20, n. 2, p. 3-18, 2010.

GESAMP. **Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture**. Rome-Italy: GESAMP Reports and Studies, v. 38p, 1996.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1983

HADLICH, G.; UCHA, J.; CELINO, J. Apicuns na Baía de Todos os Santos: distribuição espacial, descrição e caracterização física e química. In: QUEIROZ, A. F.; CELINO, J. J. **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, 2008. p. 59-72.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**- Gráficos: Salvador (Ondina). Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>. Acesso em: 03 out. 2015.

KALANTZI, I; SHIMMIELD, T; PERGANTIS, S; PAPAGEORGIOU, N; BLACK, K; KARAKASSIS, I. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean shrimp farms. **Science of Total Environment**, v. 444, n. 82, p. 128-1377, 2013. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.11.082.

KENNISH, M. **Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution**. Boca Raton: Petralia Publications, 1997.

LACERDA, L. D. Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in mangrove ecosystems. **Mangrove Ecosystems Occasional Papers** No.2 98-104 Okinawa, Japan: International Society for Mangrove Ecosystems, 1998.

LACERDA, L. D.; MOLISANI, M. M.; SENA, D. L.; MAIA, L. P. Estimating the importance of natural and anthropogenic sources on N and P emissions to estuaries along the Ceará State Coast NE Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 141, p. 149-164, 2008.

LÚCIO, M. **Avaliação preliminar do efeito da carcinicultura sobre o sedimento de um trecho do Rio da Ribeira, Santa Rita-PB**. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p. 51. 2009.

LUOMA, S.; RAINBOW, P. **Metal Contamination in Aquatic Environments**. London: Cambridge University Press, 2008.

MELLO, C. **Avaliação de equidade ambiental como instrumento de modernização e democratização dos processos de avaliação de impacto de projetos de desenvolvimento- estudo de caso: o processo de licenciamento da carcinicultura nos estados da Bahia e do Ceará**. Projeto Brasil Sustentável e Democrático. Rio de Janeiro: ETTERN-IPPUR-UFRJ, 2007.

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

MIRANDA, L. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Ed. USP, 2002.

- MONTELES, J; FUNO, I; CASTRO, T; VIANA, D; CONCEIÇÃO, F; FRANÇA, V. Percepção socioambiental das marisqueiras no município de Raposa, Maranhão Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 2, p. 34-45, 2009.
- MUCCIO, Z.; JACKSON, C. Isotope ratio mass spectrometry. **Analyst**, London, 134, 2009. 213-222.
- NASCIMENTO, I. Manguezal e carcinicultura: conflito da ecocompatibilidade. **Diálogos & Ciência** – revista da rede de ensino FTC., Salvador-BA, v. 10, p. 37-45, 2007.
- OLIVEIRA, A. Salinas das Margaridas: **Notícias Históricas**. 1. ed. Araguari, MG: Minas Editora, 2000. 370 p. ISBN:858753808X.
- PAEZ-OSUNA, F. The environmental impact of shirmp aquaculture: a global perspective. **Environmental Pollution**, v. 112, p. 56-60, 2001.
- PERREIRA, A; BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista Biociência**, Taubaté, v. 13, p. 16-27, 2007.
- PERREIRA, O; HENRIQUES, M; ZENEBON, O; SAKUMA, A; KIRA, C. Determinação dos Teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em Moluscos (*Crassostrea brasiliiana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, Maceió, v. 1, n. 61, p. 19-25, 2002.
- PUSCEDDU, A; BELIAEFF, B; PATRONA, D. Trophic status of earthen ponds used for semi-intensive shrimp. **Marine Environmental Research**, v. 72, p. 160-170, 2011. doi:10.1016/j.marenvres.2011.07.005.
- RAMOS E SILVA, A; DÁVALOS, B; STERNBERG, L; SOUZA, S; SPYRIDES, C; LUCIO, S. The influence of shrimp farms organic waste management on chemical water quality. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76 p. 55-60, 2010
- RAMOS, S. **Manguezais da Bahia**: breves considerações. Ilhéus: Editus, 2002.
- RIBEIRO, L; EÇA, G; BARROS, F; HATJE, V. Impacts of shrimp farming cultivation cycles on macrobenthic assemblages and chemistry of sediments. **Environmental Pollution**, v 211, p. 307-315, 2016. doi:10.1016/j.envpol.2015.12.031.
- SANTOS, D.; FREIRE, F.; PONTES, C. Comportamento do camarão em diferentes substratos nas fases claras e escura do dia. **Pesquisa agropecuária brasileira**. , Brasília, p. 841-848, n.8 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2013000800005.
- SANTOS, J. **Distribuição de Cu e Zn em fazendas de camarões cultivados no litoral leste do Estado do Ceará**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.
- SCHUBERT, C. J.; CALVERT, S. E. Nitrogen and carbon isotopic composition of marine and terrestrial organic matter in Arctic Ocean sediments: implications for nutrient utilization and organic matter composition. **Deep-Sea Research**: I, v. 48, n. 3, p. 789-810, 2001
- SILVA, C; DÁVALOSA, P; STERNBERGB, L; SOUZAC, F; SPYRIDESD, M; LUCIO, P. The influence of shrimp farms organic waste management on chemical water quality. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 90, p. 50-60, 2012. doi:10.1016/j.ecss.2010.08.014.

SUÁREZ-ABELENDA, M.; FERREIRA, M.; CAMPS-ARBESTAIN, V.; RIVERA-MONROY, F.; MACÍAS, G.; NUTO NÓBREGA, X.; OTERO, L. The effect of nutrient-rich effluents from shrimp farming on mangrove soil carbon storage and geochemistry under semi-arid climate conditions in northern Brazil. **Geoderma**, v. 213, p. 551–55, 2014. doi:10.1016/j.geoderma.2013.08.007.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Uso da terra e cobertura vegetal: Recôncavo**. Salvador :Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 57p.1998.

USERO, J.; MORILLO, J.; GRACIA, I. Heavy metal concentrations in mollusks from the Atlantic coast of southern Spain, **Chemosphere**, v. 59, p. 1175-1181, 2005.

VIEGAS, A. **Espectrometria de massa de razões isotópicas**.2008.348f. Tese (Doutorado em Química Analítica). Faculdade de Química. Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 348. 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO); FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Food Additives and Contaminants**, Rome:WHO/FAO,2011. 198p.

XING, L.; ZHANG, H.; YUAN, Z.; SUN, Y.; ZHAO, M. Terrestrial and marine biomarker estimates of organic matter sources and distributions in surface sediments from the East China Sea shelf. **Continental Shelf Research**, v. 31, n. 10, p. 1106–1115, 2011

YONG, Y.; BAIPENGA, P.; GUANGCHENG, C.; YAN, C. Processes of organic carbon in mangrove Ecosystems. **Acta Ecologica Sinica** 31 (2011) 169–173, n. 31, p. 169-174, 2011. ISSN doi:10.1016/j.chnaes.2011.03.008.

ZAGARSA, M.; IKEJIMAB, K.; KASAIC, A.; ARAIA, N.; TONGNUNU, P. Trophic characteristics of a mangrove fish community in Southwest Thailand: Important mangrove contribution and interspecies feeding variability. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 119, p. 145-155, 2013. doi http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.01.005.

## APÊNDICE A - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS

Pontos	Coordenadas UTM		Amostras
	Longitude	Latitude	
1	0528286	8575528	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
2	0528341	8575502	sedimento manguezal
3	0528350	8575566	sedimento manguezal
4	0528485	8575446	sedimento manguezal
5	0528414	8575548	sedimento manguezal
6	0528545	8575604	sedimento manguezal
7	0528603	8575434	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
8	0528650	8575534	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
9	0528703	8575632	sedimento manguezal
10	0528236	8575522	sedimento manguezal
11	0528231	8575264	sedimento manguezal
12	0528160	8575052	sedimento manguezal
13	0528484	8575288	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
14	0528301	8575282	sedimento manguezal
15	0528359	8575136	sedimento manguezal
16	0528565	8575110	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
17	0528518	8575136	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
18	0528274	8575274	sedimento manguezal
19	0528655	8575038	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
20	0528707	8575232	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
21	0528801	8575416	sedimento manguezal e <i>M. guyanensis</i>
22	0528130	8575596	sedimento tanque
23	0528108	8575018	sedimento tanque
24	0527887	8575804	sedimento tanque
25	0527736	8575062	sedimento tanque
26	0527684	8575602	sedimento tanque
27	0527612	8575264	sedimento tanque
28	0527539	8575316	sedimento tanque

APÊNDICE B - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE PARÂMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL E DE VIVEIROS

	pH	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
pH	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Eh	-0.88	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cond	0.13	-0.13	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sal	0.47	-0.48	0.06	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AG	0.46	-0.39	0.09	0.28	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AM	0.07	-0.17	0.11	0.04	-0.12	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AF	0.26	-0.46	0.06	0.07	-0.13	<b>0.66</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AMF	-0.06	-0.01	-0.11	-0.08	-0.51	-0.38	0.01	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Silt	-0.43	0.50	-0.14	-0.22	-0.52	-0.75	-0.63	0.53	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Argila	-0.37	0.45	-0.09	-0.24	-0.54	-0.62	-0.50	0.47	<b>0.89</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Al	0.19	-0.09	0.03	0.02	-0.22	-0.26	-0.18	0.38	0.35	0.23	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---
Cd	-0.60	0.41	-0.09	-0.16	-0.38	-0.27	-0.20	0.07	0.49	0.46	-0.22	1.00	---	---	---	---	---	---	---
Cr	-0.07	0.13	-0.01	-0.09	-0.41	-0.37	-0.30	0.43	0.58	0.44	<b>0.93</b>	0.10	1.00	---	---	---	---	---	---
Cu	-0.42	0.39	-0.10	-0.22	-0.52	-0.45	-0.42	0.36	<b>0.74</b>	0.59	<b>0.65</b>	0.51	<b>0.86</b>	1.00	---	---	---	---	---
Fe	-0.22	0.12	-0.03	-0.14	-0.47	-0.31	-0.20	0.43	0.56	0.42	<b>0.81</b>	0.31	<b>0.93</b>	<b>0.91</b>	1.00	---	---	---	---
Mn	-0.16	0.24	-0.02	-0.14	-0.49	-0.37	-0.35	0.42	<b>0.65</b>	0.53	<b>0.86</b>	0.20	<b>0.96</b>	<b>0.87</b>	<b>0.90</b>	1.00	---	---	---
Ni	-0.11	0.14	-0.02	-0.11	-0.43	-0.37	-0.30	0.43	0.59	0.44	<b>0.92</b>	0.14	<b>0.96</b>	<b>0.88</b>	<b>0.95</b>	<b>0.96</b>	1.00	---	---
Pb	-0.34	0.32	-0.05	-0.20	-0.54	-0.43	-0.39	0.40	<b>0.73</b>	0.60	<b>0.71</b>	0.47	<b>0.91</b>	<b>0.97</b>	<b>0.94</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	1.00	---
Zn	-0.28	0.25	-0.06	-0.13	-0.50	-0.39	-0.34	0.39	<b>0.67</b>	0.52	<b>0.77</b>	0.40	<b>0.93</b>	<b>0.96</b>	<b>0.96</b>	<b>0.93</b>	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>	1.00

APÊNDICE C - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE SEDIMENTOS DE MANGUEZAL E VARIÁVEIS DE *MYTELLA GUYANENSIS*

	pH	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	Al-sd	Cd-sd	Cr-sd	Cu-sd	Fe-sd
<b>pH</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Eh</b>	-0.99	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Cond</b>	0.27	-0.29	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Sal</b>	0.18	-0.17	0.10	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>AG</b>	0.28	-0.25	0.20	-0.07	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>AM</b>	-0.16	0.15	-0.05	-0.23	-0.33	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>AF</b>	0.13	-0.15	-0.04	0.04	-0.27	<b>0.66</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>AMF</b>	0.20	-0.22	-0.03	0.30	-0.28	-0.59	-0.15	1.00	---	---	---	---	---	---	---
<b>Silt</b>	-0.09	0.09	-0.06	0.22	-0.25	-0.80	-0.67	<b>0.65</b>	1.00	---	---	---	---	---	---
<b>Argila</b>	0.12	-0.13	0.07	0.19	-0.36	-0.53	-0.25	<b>0.71</b>	<b>0.71</b>	1.00	---	---	---	---	---
<b>Al-sd</b>	<b>0.65</b>	-0.66	0.36	0.05	0.05	-0.45	-0.32	0.41	0.41	0.41	1.00	---	---	---	---
<b>Cd-sd</b>	-0.70	<b>0.72</b>	-0.21	-0.04	-0.36	-0.19	-0.39	0.07	0.50	0.20	-0.35	1.00	---	---	---
<b>Cr-sd</b>	0.35	-0.35	0.26	0.00	-0.08	-0.55	-0.55	0.44	<b>0.65</b>	0.50	<b>0.92</b>	0.01	1.00	---	---
<b>Cu-sd</b>	-0.30	0.30	0.00	-0.22	-0.19	-0.53	-0.71	0.30	<b>0.76</b>	0.44	0.45	0.55	<b>0.76</b>	1.00	---
<b>Fe-sd</b>	0.20	-0.20	0.20	-0.08	-0.12	-0.54	-0.61	0.36	<b>0.69</b>	0.49	<b>0.83</b>	0.17	<b>0.98</b>	<b>0.85</b>	1.00
<b>Mn-sd</b>	0.19	-0.19	0.19	-0.10	-0.19	-0.46	-0.56	0.32	<b>0.65</b>	0.48	<b>0.80</b>	0.20	<b>0.96</b>	<b>0.83</b>	<b>0.99</b>
<b>Ni-sd</b>	0.32	-0.32	0.25	-0.04	-0.08	-0.55	-0.56	0.42	<b>0.66</b>	0.50	<b>0.90</b>	0.04	<b>0.98</b>	<b>0.78</b>	<b>0.99</b>
<b>Pb-sd</b>	-0.04	0.05	0.15	-0.13	-0.19	-0.54	-0.68	0.35	<b>0.75</b>	0.55	<b>0.64</b>	0.42	<b>0.88</b>	<b>0.94</b>	<b>0.94</b>
<b>Zn-sd</b>	0.02	0.00	0.10	-0.08	-0.17	-0.52	-0.68	0.31	<b>0.73</b>	0.46	<b>0.70</b>	0.34	<b>0.92</b>	<b>0.93</b>	<b>0.97</b>
<b>Al-su</b>	-0.60	<b>0.61</b>	-0.26	0.11	-0.26	0.20	-0.01	-0.48	0.04	-0.23	-0.51	<b>0.63</b>	-0.27	0.14	-0.12
<b>Cd-su</b>	-0.08	0.06	-0.09	-0.27	0.19	0.19	-0.33	-0.42	-0.16	-0.18	0.02	-0.17	0.04	0.04	0.09
<b>Cr-su</b>	-0.64	<b>0.65</b>	-0.40	0.03	-0.31	0.33	0.15	-0.41	-0.09	-0.18	-0.65	0.55	-0.43	0.02	-0.30
<b>Cu-su</b>	-0.61	<b>0.66</b>	-0.39	-0.34	-0.03	0.47	0.05	-0.60	-0.35	-0.46	-0.62	0.44	-0.44	0.01	-0.33
<b>Fe-su</b>	-0.75	<b>0.76</b>	-0.28	0.02	-0.24	0.29	0.03	-0.53	-0.06	-0.32	-0.62	<b>0.62</b>	-0.37	0.13	-0.22
<b>Mn-su</b>	-0.35	0.34	0.40	0.00	0.41	0.08	-0.04	-0.49	-0.27	-0.21	-0.49	0.16	-0.44	-0.19	-0.37
<b>Ni-su</b>	-0.02	0.06	0.42	-0.06	0.48	0.21	0.12	-0.56	-0.47	-0.28	-0.28	-0.18	-0.36	-0.32	-0.34
<b>Pb-su</b>	-0.79	<b>0.81</b>	-0.38	-0.10	-0.24	0.24	-0.10	-0.35	0.02	-0.27	-0.55	0.51	-0.29	0.25	-0.16
<b>Zn-su</b>	-0.67	<b>0.68</b>	-0.15	-0.44	0.14	0.19	-0.22	-0.53	-0.14	-0.14	-0.50	0.34	-0.30	0.19	-0.15
<b>Comp</b>	-0.16	0.16	0.15	0.21	0.42	-0.01	0.19	-0.07	-0.31	-0.27	-0.56	0.09	-0.61	-0.50	-0.62
<b>Larg</b>	-0.35	0.39	0.10	0.10	0.44	-0.04	-0.03	-0.21	-0.22	-0.24	-0.56	0.35	-0.50	-0.23	-0.45
<b>Espes</b>	-0.01	0.03	0.26	0.28	0.34	-0.45	-0.27	0.31	0.22	0.06	-0.04	0.28	-0.01	0.02	-0.04

Continuação

	Mn- sd	Ni- sd	Pb- sd	Zn- sd	Al-su	Cd- su	Cr-su	Cu- su	Fe-su	Mn- su	Ni- su	Pb- su	Zn- su	Comp	Larg	Espes
pH	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Eh	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cond	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Sal	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AG	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AM	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AF	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
AMF	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Silt	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Argila	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Al-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cd-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cu-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Fe-sd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Mn-sd	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ni-sd	<b>0.96</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pb-sd	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zn-sd	<b>0.97</b>	<b>0.93</b>	<b>0.97</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Al-su	-0.08	-0.24	0.04	0.03	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cd-su	0.12	0.03	0.07	0.09	-0.07	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr-su	-0.27	-0.40	-0.12	-0.14	<b>0.90</b>	-0.16	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cu-su	-0.27	-0.41	-0.13	-0.15	<b>0.60</b>	0.12	<b>0.68</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---	---
Fe-su	-0.18	-0.34	-0.03	-0.04	<b>0.96</b>	-0.03	<b>0.92</b>	<b>0.74</b>	1.00	---	---	---	---	---	---	---
Mn-su	-0.40	-0.43	-0.23	-0.33	0.38	0.06	0.39	0.27	0.41	1.00	---	---	---	---	---	---
Ni-su	-0.36	-0.35	-0.32	-0.32	0.16	0.04	0.22	0.19	0.21	<b>0.71</b>	1.00	---	---	---	---	---
Pb-su	-0.14	-0.25	0.05	0.02	<b>0.75</b>	0.05	<b>0.79</b>	<b>0.76</b>	<b>0.86</b>	0.29	0.06	1.00	---	---	---	---
Zn-su	-0.15	-0.27	0.03	-0.02	0.45	0.46	0.55	0.55	0.56	0.58	0.51	0.58	1.00	---	---	---
Comp	-0.62	-0.62	-0.51	-0.61	0.08	-0.17	0.12	0.14	0.11	<b>0.60</b>	0.30	0.00	0.07	1.00	---	---
Larg	-0.46	-0.49	-0.29	-0.37	0.24	-0.14	0.31	0.39	0.31	<b>0.66</b>	0.39	0.17	0.31	<b>0.87</b>	1.00	---
Espes	-0.05	0.00	0.06	0.03	-0.10	-0.30	-0.21	-0.03	-0.12	0.21	0.13	0.13	0.30	<b>0.68</b>	<b>0.66</b>	1.00

**APÊNDICE D - CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE VARIÁVEIS DOS SEDIMENTOS DE MANGUEZAL: MATÉRIA ORGÂNICA, NUTRIENTES E ISÓTOPOS ESTÁVEIS.**

	pH	Eh	Cond	Sal	AG	AM	AF	AMF	Silt	Argila	$\Delta^{13}C$	$\Delta^{15}N$	C(%)	N(%)	P	K
<b>pH</b>	1.00															
<b>Eh</b>	<b>-0.88</b>	1.00														
<b>Cond</b>	0.13	-0.13	1.00													
<b>Sal</b>	0.47	-0.48	0.06	1.00												
<b>AG</b>	0.46	-0.39	0.09	0.28	1.00											
<b>AM</b>	0.07	-0.17	0.11	0.04	-0.12	1.00										
<b>AF</b>	0.26	-0.46	0.06	0.07	-0.13	<b>0.66</b>	1.00									
<b>AMF</b>	-0.06	-0.01	-0.11	-0.08	-0.51	-0.38	0.01	1.00								
<b>Silt</b>	-0.43	0.50	-0.14	-0.22	-0.52	-0.75	-0.63	0.53	1.00							
<b>Argila</b>	-0.37	0.45	-0.09	-0.24	-0.54	-0.62	-0.50	0.47	<b>0.89</b>	1.00						
<b><math>\Delta^{13}C</math></b>	<b>0.66</b>	-0.56	0.18	0.18	0.00	-0.03	0.24	0.35	-0.07	-0.04	1.00					
<b><math>\Delta^{15}N</math></b>	-0.33	0.22	-0.13	0.04	0.12	0.21	-0.05	-0.43	-0.18	-0.20	-0.86	1.00				
<b>C(%)</b>	-0.17	0.31	-0.03	-0.17	-0.33	-0.41	-0.42	0.32	<b>0.60</b>	0.47	0.35	-0.57	1.00			
<b>N(%)</b>	-0.14	0.29	0.06	-0.10	-0.35	-0.36	-0.39	0.24	0.57	0.40	0.37	-0.54	<b>0.92</b>	1.00		
<b>P</b>	0.28	-0.38	-0.01	0.40	0.16	0.12	0.31	-0.08	-0.26	-0.25	-0.17	0.41	0.38	0.35	1.00	
<b>K</b>	-0.34	0.47	-0.11	-0.26	-0.41	-0.40	-0.41	0.25	<b>0.64</b>	0.57	-0.02	-0.24	0.53	0.54	0.30	1.00