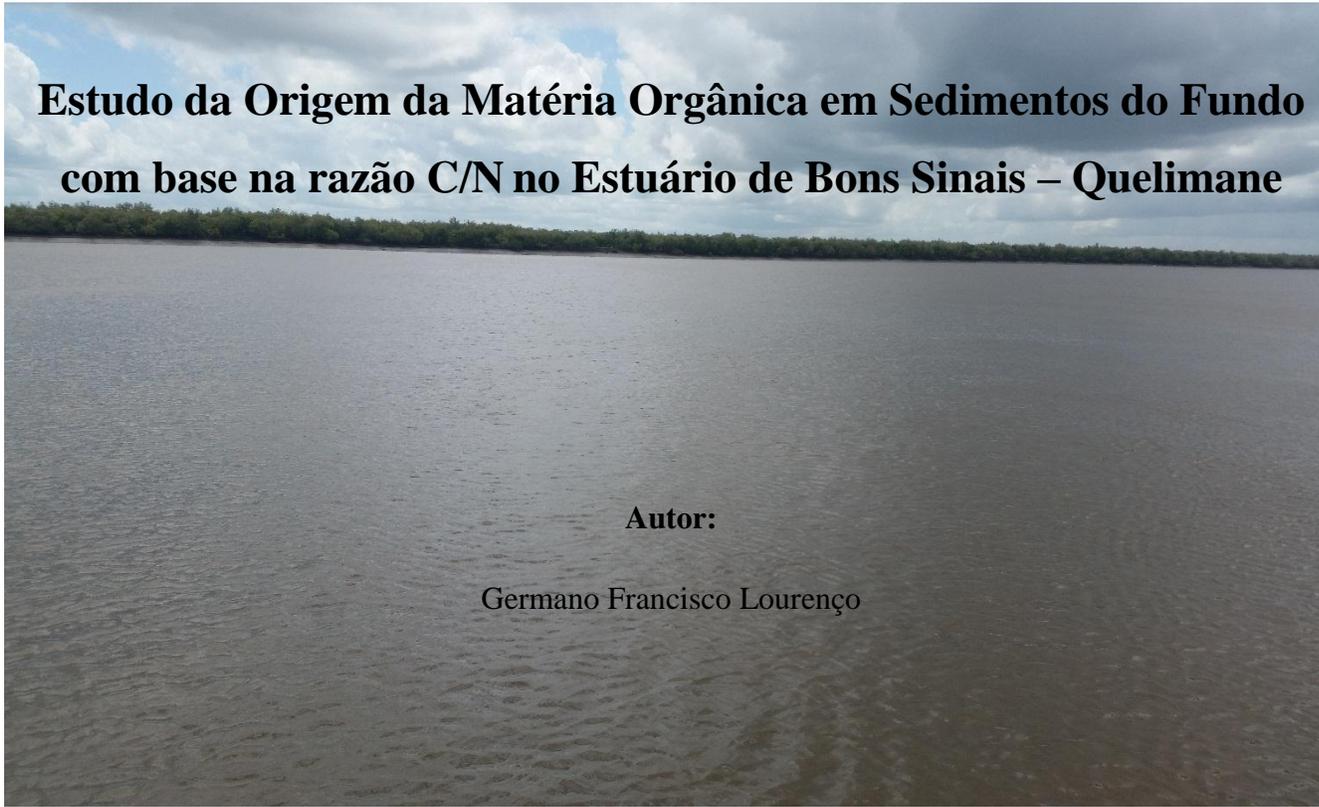




UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

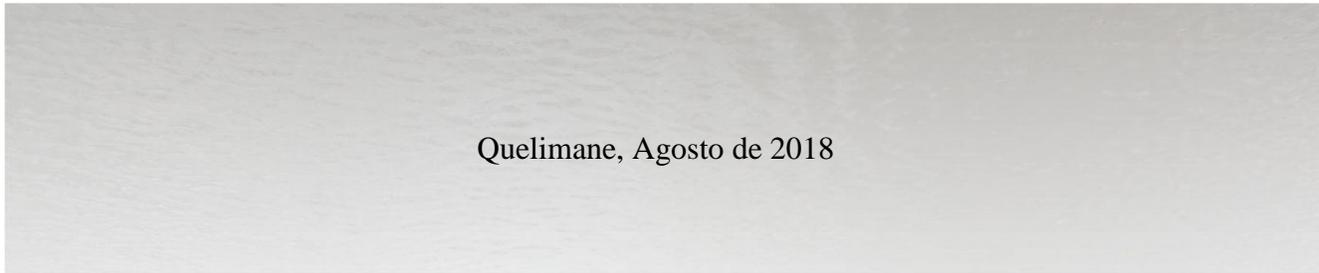
**Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha**



**Estudo da Origem da Matéria Orgânica em Sedimentos do Fundo  
com base na razão C/N no Estuário de Bons Sinais – Quelimane**

**Autor:**

Germano Francisco Lourenço



Quelimane, Agosto de 2018



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS**

**Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha**

**Estudo da Origem da Matéria Orgânica em Sedimentos do Fundo com base na  
razão C/N no Estuário de Bons Sinais – Quelimane, Zambézia**

**Autor:**

Germano Francisco Lourenço

**Supervisora:**

---

dr.<sup>a</sup>. Carlota Alves Emílio

Quelimane, Agosto de 2018

## **DEDICATÓRIA**

### **Dedico este trabalho:**

- ❖ **Aos meus pais:** Francisco Lourenço Nigalube (em memória) e Cláudia Alves Luís;
- ❖ **Aos meus irmãos:** Vitorino, Carlota, Agnelia, Dulcídio e Madalena;
- ❖ **Aos meus sobrinhos:** Denisse, Ebinezia, Frank, Gerson, Alves, Gloria, Lunia.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização de um trabalho requer sempre determinação, coragem, dedicação, persistência, paciência e uma certa dose de sacrifício. Muitas vezes, torna-se impossível realizá-lo sem contar com a colaboração de outras pessoas. Deste modo, coloco aqui meu sentimento de gratidão a todos que me acompanharam e ajudaram, direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

Agradeço primeiramente à Deus, pela saúde, força e sabedoria para que eu pudesse chegar até aqui.

O meu especial agradecimento vai para os meus pais Francisco Lourenço e Cláudia Alves pelo apoio incondicional, por acreditarem, lutarem para que não me faltasse nada e por serem responsáveis por eu ser quem eu sou.

Aos meus irmãos, Victorino, Carlota, Agnelia, Dulcídio e Madalena, por todo apoio e torcida. Aos meus sobrinhos, Denisse, Ebinezia, Franky, Alves, Gerson, Gloria e Lunia que enchem minha vida de alegria toda vez que mi chamam de tio.

Aos meus primos (Aldo, Arlindo, Hélio, Adolfo, Artur e Buquine) pelo apoio. Ao meu tio Orlando, pelo apoio moral, sem esquecer do meu padrasto Victor Niberegue Taero, que é um segundo pai pra mim, me aturando desde a minha vida universitária.

A minha supervisora Carlota Alves Emílio pelo conhecimento transmitido, pelo acompanhamento ao longo da carreira estudantil, pela paciência e por acreditar no meu potencial;

A todos docentes da ESCMC em especial o MSc. Noca, MSc. Matsinhe, MSc. Cesar Mubango Huguane, Dr. Fialho, MSc. Yolanda, pelo conhecimento transmitido;

Aos meus amigos Aquino, Manguissa, Afonso, Chidine, Silvio, Ginok, Paulito, Helton e em especial a Cláudia António por me actuar todo esse tempo sem desistir de mim e por proporcionar inesquecíveis momentos.

Aos meus companheiros da turma de Geologia, e em especial o Raimundo, Bonga, Lourindo, Nelson, Agostinho pela team  $\beta$  que formamos.

A Marla, Joice, Brasil, Manito e Nordino pois foram grandes amigos, em suma quero agradecer a todos colegas da ESCMC que directa ou indirectamente estiveram do meu lado ao longo desses árduos anos.

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que o presente trabalho intitulado *Estudo da Origem da Matéria Orgânicas em Sedimentos do Fundo com base na razão C/N no Estuário de Bons Sinais – Quelimane, Zambézia* é fruto do meu trabalho e da orientação da minha supervisora dr<sup>a</sup>. Carlota Alves Emílio, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção de qualquer grau académico, estando indicadas nas referências bibliográficas as fontes usadas da sua elaboração.

Autor:

---

(Germano Francisco Lourenço)

Quelimane, Agosto de 2018

## **RESUMO**

O Estuário de Bons Sinais é caracterizado por ser uma área de grandes influências, naturais assim como antropogênicas, por ser uma área intermedia transitória possui matéria orgânica proveniente de várias fontes. Este trabalho caracterizou as contribuições relativas das fontes de matéria orgânica sedimentar no estuário de Bons Sinais em 15 amostras do fundo. A granulometria, o teor em carbono orgânico e nitrogênio total, a razão entre o carbono e o nitrogênio (C/N) foram utilizados para este fim. A distribuição granulométrica espacial, com teor de finos predominantemente constituídos por argila e silte, revelou o caráter dinâmico da região. Os locais mais deposicionais foram o canal de enfrente ao bairro dos pescadores e nas confluências dos rios Licuar e Cuacua. A presença de areia é pequena e extremamente localizada, em frente da vista de Inhangome, local com bancos de areia. A quantidade de matéria orgânica aumentou com o teor de sedimentos finos, sendo os maiores valores encontrados nas regiões mais deposicionais, o que já era esperado. Os resultados da razão C/N evidenciam a presença de matéria orgânica composta por diferentes fontes: material orgânico autóctone e alóctone.

**Palavras-chaves:** Sedimento, Matéria orgânica, Estuário de Bons Sinais

## **ABSTRACT**

The Bons Sinais Estuary is characterized by being an area of great influences, natural as well as anthropogenic, being a transitory intermediate area has organic matter coming from several sources. This work characterized the relative contributions of sediment organic matter sources in the Bons Sinais estuary in 15 bottom samples. The granulometry, the content of organic carbon and total nitrogen, the ratio between carbon and nitrogen (C / N) were used for this purpose. The spatial granulometric distribution, with content of fines predominantly constituted by clay and silt, revealed the dynamic character of the region. The most depositional sites were the channel opposite the fishermen's neighborhood and at the confluences of the Licuar and Cuacua rivers. The presence of sand is small and extremely localized, in front of the view of Inhangome, site with sandbars. The amount of organic matter increased with the content of fine sediments, being the higher values found in the more depositional regions, which was already expected. The results of the C / N ratio show the presence of organic matter composed of different sources: autochthonous and allochthonous organic material.

**Keywords:** sediments, organic matter, Bons Sinais Estuary

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ArcGis	Sistema de Informação Geográfico
C/N	Razão carbono nitrogénio
CO	Carbono orgânico
Eq.	Equação
g	Gramas
GPS	Sistema de Posicionamento Geográfico
h	Hora
L	Litro
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica
Mz	Diâmetro medio
NT	Nitrogénio total
TFSE	Terra fina seca em estufa

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo e Pontos de amostragem.....	10
Figura 2: Colheita de sedimentos usando amostrador de fundo.....	12
Figura 3: A – Queima de matéria orgânica com dicromato de potássio; B – Titulação com solução de sulfato ferroso.....	15
Figura 4: A – Digestão ácida (com 2mL de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> e 4mL de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ); B – Aquecimento no micro ondas; C - Destilação das amostras; D – Titulação com a solução HCl 0,05 N .....	17
Figura 6: Distribuição espacial do CO na área estudada .....	18
Figura 7: Distribuição espacial de nitrogênio total na área estudada .....	18
Figura 5: Distribuição do Diâmetro medio (Mz) ao longo da área estudada.....	20
Figura 8: Distribuição espacial da Razão C/N na área estudada .....	20
Figura 9: Mapa da Distribuição de Mz e MO.....	22
Figura 10: Distribuição espacial dos valores da razão C/N no sedimento do Estuário de Bons Sinais .....	24
Figura 11: Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do com base nos valores da razão C/N .....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais e equipamentos usados na realização do trabalho.....	10
Tabela 2: Diâmetro medio e a Classificação de Udden-Wentworth nos sedimentos.....	19
Tabela 3: Localização geográfica dos pontos de amostragem .....	32
Tabela 4: Resultados das Analises .....	33
Tabela 5: Volume de HCl (em mL) gasto na titulação de NT.....	33
Tabela 6: Volume de sulfato ferroso (em mL) gasto na titulação de CO.....	34

<b>Índice</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.2. Problemática.....	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objectivos.....	3
1.3.1. Geral.....	3
1.3.2. Específicos.....	3
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Estuários.....	3
2.2. Sedimentos.....	4
2.2.1. Tipos de sedimentos marinhos.....	5
2.3. Matéria Orgânica.....	5
2.3.1. Matéria Orgânica Sedimentar.....	6
<b>2.3.2. Razão C/N.....</b>	<b>8</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
3.1. Descrição da área de estudo.....	9
3.2. Métodos.....	11
3.2.1. Amostragem.....	11
3.2.2. Análises físicas e geoquímicas dos sedimentos.....	12
3.2.2.1. Análises físicas dos sedimentos.....	13
3.2.2.1.1. Determinação de Textura.....	13
3.2.2.2. Análises geoquímicas dos sedimentos.....	14
3.2.2.2.1. Determinação do Carbono Orgânico e Matéria Orgânica.....	14
3.2.2.2.2. Determinação de nitrogénio total.....	16
3.2.3. Tratamento de dados.....	17
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>

4.1.	Caracterização dos sedimentos quanto à fração granulométrica .....	19
4.2.	Composição do Carbono Orgânico .....	18
4.3.	Composição do Nitrogénio total.....	18
4.4.	Composição da razão C/N.....	20
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>21</b>
5.1.	Distribuição de CO.....	21
5.2.	Distribuição de NT .....	22
5.3.	Caracterização dos sedimentos quanto ao diâmetro medio e teor de MO .....	22
5.4.	Origem da matéria orgânica nos sedimentos.....	24
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>27</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os estuários são feições localizadas na interface continente-oceano, apresentando assim características de ambos os ambientes (Hill, 1963; Miranda *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2005). São influenciados fortemente pela ação das marés, possuindo extrema importância no estudo dos processos dinâmicos de transferência de material terrestre para o oceano, considerados ambientes de deposição importantes, e que em função da sua hidrodinâmica, apresentam águas significativamente diluídas. Apesar dos estuários serem sistemas altamente produtivos, utilizam para consumo próprio a maior parte dos nutrientes orgânicos e inorgânicos durante a produção primária e o carbono fixado nos processos respiratórios internos (Davis, 1985).

Sob o ponto de vista ambiental, as regiões estuarinas caracterizam-se por apresentarem grande diversidade de ambientes potencialmente disponíveis para colonização, refúgio e criadouro de espécies economicamente importantes. Apresentam em consequência da sua própria diversidade, uma complexa trama trófica, com energia suficiente para sustentar os grandes ambientes costeiros. Essas áreas, de evidente importância ecológica e econômica, têm sofrido progressivas perturbações nas últimas décadas devidas principalmente à atividade antropogênicas, como urbanismo, industrialização, turismo e despejo de efluentes domésticos e industriais (Siqueira *et al.*, 2005).

O estudo da matéria orgânica presente nos sedimentos vem obtendo destaque em muitos trabalhos sedimentológicos (Magliocca & Kutner, 1964) e conseqüentemente em Oceanografia

Este material orgânico pode ter origem alóctone ou autóctone, ou mesmo uma combinação de ambas. Sua distribuição é afetada por muitas variáveis oceanográficas, como a profundidade da coluna de água, a hidrodinâmica local, o diâmetro das partículas e outros (Sommaruga & Conde, 1990).

De maneira geral, as características dos compostos orgânicos depositados em sedimentos de fundo de regiões marinhas e costeiras têm sido amplamente utilizadas na correlação de diversos processos, como a produtividade de águas superficiais, aporte de materiais de origem continental para o oceano, dinâmica de massas de água, potencial de oxi-redução, índices de sedimentação e distribuição sedimentar (Meyers, 1997). Para Barcellos (2000), o conhecimento dos teores de matéria orgânica permite uma avaliação das áreas de circulação mais efetiva, e tendências do meio quanto ao potencial redox, fornecendo parâmetros fundamentais para o estudo de ecossistemas bentônicos.

Nas Ciências Exatas e da Terra, a razão molar C/N é usada para caracterizar a origem da matéria orgânica, essa relação é amplamente utilizada pela facilidade em determinar os teores de carbono orgânico e nitrogênio total pelos métodos analíticos clássicos em sedimentos de um modo geral (Carreira, 2000; Barcellos, 2000).

## **1.2.Problemática**

O estuário de Bons Sinais é o último receptor de um vasto aglomerado de substâncias descarregadas deliberadas ou acidentalmente via atividades humana e pela própria natureza.

Dentre os efluentes que chegam ao estuário de Bons Sinais os rios Licuar e Cuacua podem contribuir com grandes quantidades da matéria orgânica, que são lançados nas áreas costeiras do estuário, trazidos com o fluxo das águas. Também, esse estuário recebe grande parte de entrada de matéria orgânica, provenientes das actividades domésticas, industriais e do escoamento urbano, além de efluentes agrícolas.

A insuficiência de conhecimento concreto sobre geoquímica do fundo do estuário dos Bons Sinais, impulsionou a realização deste trabalho de pesquisa que visa responder as seguintes questões:

- ✓ Qual é a quantidade da matéria orgânica existente nos sedimentos colhidos para o estudo?
- ✓ Qual é a principal fonte deste material?

## **1.2.Justificativa**

Estudos relativos à fração orgânica em sistemas estuarinos é de grande importância porque permite melhores estimativas sobre o transporte e deposição do material autóctone e alóctone para ambientes marinhos.

O carbono e o nitrogênio nas suas formas orgânicas são os principais constituintes desta matéria orgânica depositada no compartimento de fundo. A análise destes componentes é umas das formas mais eficazes de assinaturas oceanográficas ao longo de um ambiente sedimentar.

Portanto, esta pesquisa procura efectuar uma cobertura na distribuição de matéria orgânica ao longo do Estuário dos Bons Sinais indicando as suas principais fontes. A pesquisa irá também contribuir no conhecimento da dinâmica do estuário, uma vez que a deposição da matéria orgânica está inteiramente relacionada com os processos hidrodinâmicos.

### **1.3.Objectivos**

#### **1.3.1. Geral**

- Estudar a origem da matéria orgânica em sedimentos do fundo com base na razão C/N no Estuário de Bons Sinais.

#### **1.3.2. Específicos**

- Quantificar a distribuição espacial de carbono orgânico e nitrogênio total nos sedimentos do fundo;
- Caracterizar, com base no tamanho de seus grãos e o teor da matéria orgânica, os sedimentos do Estuário de Bons Sinais;
- Distinguir a origem desta matéria orgânica encontrada em sedimentos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1.Estuários**

Estuários são definidos como corpos de água restritos no qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce proveniente da drenagem continental, possuindo uma livre ligação com o mar aberto (Cameron & Pritchard, 1963). Em toda a sua extensão o estuário sofre influência da maré, sendo dividido em três setores: 1) estuário inferior ou marinho, com livre conexão com o oceano adjacente; 2) estuário médio, sujeito à forte mistura da água marinha com a água fluvial; 3) estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce sujeito à influência da maré. Uma definição mais completa pode ser compreendida na adaptação da clássica definição de Pritchard (Dyer, 1997): “estuário é um corpo de água costeiro semifechado com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

A circulação da água e os processos de mistura nesses ambientes são controlados pela diferença de densidade e a interação entre a água doce e a água marinha. Embora exista somente uma diferença de 2% entre a densidade da água doce e da água marinha, esta diferença já é suficiente para criar um gradiente de pressão horizontal que afeta a dinâmica do estuário (Dyer, 1997). A densidade da água do mar depende tanto da salinidade quanto da temperatura, mas em estuários a variação da salinidade é maior em comparação a variação da temperatura (Dyer, 1997).

A força que impulsiona correntes de maré estuário acima (enchente) e estuário abaixo (vazante), representando o gradiente de pressão gerado pela inclinação periódica do nível do mar devido à oscilação da maré, possui natureza barotrópica e seu efeito é independente da profundidade (Miranda et al., 2002).

## **2.2. Sedimentos**

Os sedimentos são constituídos por camadas de partículas minerais e orgânicas com granulometria fina, encontrando-se em contato com a parte inferior dos corpos de água natural, como lagos, rios, estuários e oceanos (Baird, 2002). Sendo possível classifica-los, de acordo com o tamanho dos grãos, em sedimentos finos, constituídos por partículas menores que 50 µm (argilas e siltes), e sedimentos grosseiros com grãos acima de 50 µm (areias e cascalhos). Em sua maioria, os sedimentos constituem amontoados de partículas heterogêneas com diferentes materiais orgânicos (detritos orgânicos, colóides, bactérias e algas) e inorgânicos (óxidos, hidróxidos, silicatos, carbonatos, sulfetos e fosfatos) (PASSOS, 2005). A proporção dos minerais para a matéria orgânica nos sedimentos, varia substancialmente em função do local (Baird, 2002).

Nos ambientes aquáticos o sedimento é formado por duas camadas: a recente ou biológica, compreendendo a parte do sedimento que está em contato direto com a coluna de água; e a permanente, que fica localizada abaixo da camada recente. As características mais importantes da camada recente são o alto teor de matéria orgânica, maior densidade de organismos bentônicos, e a ampla atividade microbiana. Já a camada permanente possui como característica o baixo teor de matéria orgânica, fazendo com que poucos organismos se desenvolvam nesta região (Martins, 2008).

Devido às altas capacidades de sorção e acumulação associadas, os sedimentos tem sido considerados como um compartimento de acumulação de espécies poluentes. As concentrações dessas espécies tornam-se várias ordens de grandeza maiores do que nas águas correspondentes, permitindo assim, o uso deste compartimento como um bom indicador de poluição ambiental (atual e remota), bem como das principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático. No entanto, diversos processos bióticos e abióticos podem remobilizar tais espécies, constituindo-se em fontes de poluição secundárias, afetando a qualidade da água, originando bioacumulação e trocas de transferência na cadeia trófica (Jesus et al., 2004).

Dentro do domínio sedimentar, os sedimentos marinhos representam o ponto terminal de acumulação das substâncias transportadas para a plataforma continental, que são originadas através do intemperismo das rochas e solos; adicionadas posteriormente ao material em suspensão, durante o transporte pelos

rios; ou através da deposição atmosférica (Aguiar et al., 2007). Por essa razão, segundo Gomes et al. (2010), os sedimentos atuam como um reservatório no qual as espécies químicas são acumuladas ao passar do tempo, constituindo-se em uma ferramenta útil para avaliação de contaminações passadas. As determinações dos constituintes sedimentares podem indicar a distribuição regional dos teores, naturais ou antropogênicos, de certos elementos, sendo as frações mais finas do sedimento (<0,2 mm) particularmente úteis para avaliar o grau de contaminação, e distinguir fontes naturais das antropogênicas (Moreira & Boaventura, 2003). Os compostos químicos identificados podem ser provenientes de fontes marinha, terrestre ou até mesmo da própria atividade microbiana que ocorre no sedimento (Madureira, 2002).

### 2.2.1. Tipos de sedimentos marinhos

Segundo Carson (2002) existem três maiores componentes de sedimentos: detríticos, biogênicos e autogênicos.

- a. **Sedimentos detríticos** são resultado da degradação de rochas, oriundas do continente e são compostos por materiais terrígenos, vulcânicos e cosmogênicos.
- b. **Sedimentos biogênicos** são um dos mais importantes componentes de sedimentos marinhos. Estes, são formados directo ou indirectamente pela actividade biológica e constituídos por estruturas de restos de esqueletos de fitoplâncton e zooplâncton.
- c. **Sedimentos autogênicos**, compostos por minerais inorgânicos oceânicos que precipitam directamente da água do mar, seja na coluna de água ou na superfície.

### 2.3. Matéria Orgânica

A informação da natureza e das características da matéria orgânica em águas, solos e sedimentos é de extrema importância em estudos ambientais, pois esses ambientes estão entre os maiores reservatórios de matéria orgânica da superfície terrestre, sendo a MO um bom indicador do ambiente de deposição. A importância da determinação da matéria orgânica se dá pelo fato de que a interpretação de sua ocorrência nesses compartimentos representa eficaz contribuição sobre origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado. Deste modo, por exemplo, a matéria orgânica presente em águas subterrâneas pode ser nociva à qualidade dessas águas, já quando transportada pelos rios ou presente em águas estuarinas ela é de importância vital para a cadeia alimentar; em solo ela está ligada à fertilidade química, enquanto que nos sedimentos indica os processos geoquímicos associados ao ambiente geológico considerado (Dias & Lima, 2004).

### **2.3.1. Matéria Orgânica Sedimentar**

A matéria orgânica sedimentar é uma mistura heterogênea e complexa de compostos orgânicos com características químicas distintas, e provenientes de diferentes fontes (Tesi et al., 2007). Segundo Barreto et al. (2007), ela pode ser originada de fontes naturais ou antropogênicas. A primeira compreende a produção primária autóctone e o aporte terrígeno, e a segunda é constituída, principalmente, pelos despejos domésticos e industriais.

O corpo sedimentar formado a partir da deposição do material em suspensão pode guardar registros históricos da evolução do ambiente como também explicar o comportamento dinâmico atual, fornecendo informações sobre a origem do material, os meios de transportes e as características do ambiente deposicional. Vários processos condicionam a deposição da matéria orgânica, como os fatores hidrológicos, químicos e biológicos da coluna de água, aportes de material marinho e continental e características sedimentológicas do ambiente (Barcellos, 2005).

A matéria orgânica sedimentar é uma forma reduzida dos elementos que a compõe, e fornece uma variedade de indicadores que podem ser usados para reconstruir registros de paleoclimas e paleoambientes continentais e marinhos. Segundo Meyers (1997), a matéria orgânica encontra-se instável em ambientes oxidantes, apresentando uma decomposição contínua de suas partículas orgânicas ao longo da coluna de água até ser depositada no sedimento, sendo observada uma decomposição mais intensa na superfície bioturbadora deste compartimento.

Para Mahiques et al. (1999), as características da matéria orgânica depositada no sedimento superficial em áreas marinhas são amplamente usadas na correlação de vários processos oceanográficos, como produtividade da coluna de água, aporte de material de origem terrestre para o oceano, dinâmica de massas de água, potencial oxi-redução e taxas de sedimentação. É importante também monitorar os ambientes costeiros que sofrem com o aporte de matéria orgânica rica em nutrientes a fim de evitar uma produção primária intensa na coluna de água (blooms algais), que leva eventualmente a um consumo excessivo de oxigênio durante a respiração microbiana, acarretando uma possível eutrofização do ambiente (Andrews et al., 1998).

Vários estudos têm demonstrado que ambientes costeiros abrigados são particularmente vulneráveis à poluição por efluentes orgânicos (Barcellos, 2005; Bonetti et al., 2000; Meyers, 1997), sendo a quantificação de elementos como carbono e nitrogênio (principais componentes da matéria orgânica) uma ferramenta frequentemente utilizada para a avaliação de ambientes impactados.

Em áreas oceânicas, os fitoplânctons são a maior fonte de produção primária da matéria orgânica (Martins et al., 2012). Já nos sedimentos de ambientes costeiros, como estuários, os detritos de plantas terrestres correspondem a uma importante fonte de matéria orgânica. No entanto, a contribuição relativa dessas duas fontes é densamente influenciada pela produtividade das algas, plantas terrestres, e pelos processos de transporte. Logo, a determinação dessa contribuição e dos fatores relacionados a esta participação, é um elemento importante no estudo da evolução histórica de um ambiente (Martins, 2005).

O teor de carbono orgânico nos sedimentos superficiais é dependente de muitos fatores, como por exemplo, as características sedimentares, produtividade da coluna de água, taxa de degradação microbiana, e as condições oceanográficas locais (Barcellos & Furtado, 1999). Nos sedimentos dos fundos oceânicos, este conteúdo tem sido diretamente correlacionado com a profundidade das águas superficiais. No entanto, os principais fatores que contribuem na deposição deste elemento nos sedimentos, são o aumento na produção e nas condições de preservação do carbono orgânico marinho, e o acréscimo no aporte de carbono orgânico terrígeno (Martins, 2005).

O nitrogênio é um dos mais abundantes elementos da biosfera, contudo, devido a incapacidade da maior parte dos seres vivos em utilizá-lo em sua forma molecular ( $N_2$ ), ele é considerado como um suprimento limitado para a produção de MO (Kumpera, 2007). Porém, ele é essencial para a vida dos organismos, fazendo parte das proteínas e do material genético. As plantas e os microorganismos convertem o nitrogênio inorgânico em formas orgânicas (Chapman, 1992). Sendo assim, o nitrogênio que se encontra nos sedimentos pode ocorrer em diversas formas: dissolvido, em águas intersticiais, adsorvido no sedimento, e contido em detritos orgânicos particulares (Kumpera, 2007).

Dependendo da localização espacial, a composição sedimentar pode ser afetada por vários fatores, como por exemplo, entradas de água doce ou ressuspensão. Por conseguinte, pode ser esperada uma diferente composição da matéria orgânica em relação a sua origem (Martins et al., 2012).

### **2.3.2. Origem da Matéria Orgânica**

Medidas complementares da composição molecular e isotópica da matéria orgânica podem produzir importantes indicadores de fonte e da natureza deste material (Meyers, 1994). Os métodos usados na determinação da origem da matéria orgânica envolve a quantificação do carbono, nitrogênio e fósforo orgânicos, para posterior se determinar a razão C/N e C/P, que por sua vez os valores ditarão a origem desta matéria orgânica e um outro método envolve a determinação da composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}C$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}N$ ).

Segundo Meyers & Ishiwatary (1993) e Meyers (1994; 2003) a razão carbono/nitrogênio (C/N) é um dos marcadores mais confiáveis para indicação de fontes da matéria orgânica para um ecossistema.

A composição do isótopo estável do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) da matéria orgânica produzida por organismos fotossintéticos reflete a dinâmica da assimilação de carbono e a composição isotópica da fonte de carbono inorgânico. A diferença no  $\delta^{13}\text{C}$  entre matéria orgânica produzida por plantas terrestres e algas tem sido sucessivamente utilizada para traçar as fontes de distribuição da matéria orgânica no sedimento (Garcette-Lepecq *et al.*, 2000).

Já o isótopo de nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) é utilizado para a identificação de processos, principalmente os de degradação ocorrendo no sistema. A diferença isotópica entre estas duas fontes de nitrogênio é preservada no  $\delta^{15}\text{N}$  da matéria orgânica das algas (+8,5‰) e por plantas C3 (+0,5‰) (Peterson *et al.*, 1987).

### **2.3.3. Razão C/N**

O conteúdo do carbono orgânico nos sedimentos superficiais depende de fatores como características granulométricas, produtividade da coluna de água, taxa de degradação microbiana e condições oceanográficas locais (Barcellos, 2005). A maioria das bacias oceânicas, principalmente as de mares abertos, é caracterizada pela baixa concentração de carbono orgânico, enquanto os sedimentos próximos à costa são, geralmente, enriquecidos deste constituinte. O ciclo biogeoquímico do nitrogênio tem sua importância voltada para a reciclagem de compostos nitrogenados. Nos oceanos, as concentrações de nitrogênio aumentam em direção às áreas costeiras, principalmente em regiões de ressurgência de águas profundas.

Razões elementares entre o carbono e nitrogênio podem ser indicadoras da fonte preferencial de orgânicos em sedimentos marinhos que contêm matéria orgânica proveniente de diferentes origens. Neste sentido, a razão C/N tem sido usada para distinguir entre matéria orgânica sedimentar cuja origem está associada a plantas terrestres ou a algas marinhas. Algas Marinhas geralmente têm razão C/N entre 4 e 10, enquanto que plantas vasculares terrestres têm razão C/N maiores ou iguais a 20 (Meyers, 1997). Para valores entre 10 e 20, têm-se uma mistura de algas marinhas e plantas terrestres.

Para o autor, tal distinção surge a partir da abundância de celulose nas plantas vasculares e ausência nas algas e pelo fato da matéria orgânica algal ser rica em proteínas.

Assim, quando o sedimento apresenta elevada razão C/N (altas concentrações de carbono e baixas concentrações de nitrogênio), evidencia-se uma maior participação da matéria orgânica de origem continental no sistema, ao passo que baixas razões C/N significam uma dominância de matéria orgânica de origem marinha (Burone et al. 2003).

Carpenter & Capone (1983) ressaltam, no entanto, a importância de cuidados na interpretação dos valores da razão C/N, uma vez que a degradação seletiva da matéria orgânica durante a diagênese é um importante agente modificador do comportamento elementar destes compostos. Segundo os autores, a remoção preferencial do nitrogênio, em relação ao carbono, durante os estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica não adsorvida em argilo-minerais pode ter uma relação direta com altos valores de razão C/N, principalmente em sedimentos arenosos com baixos conteúdos orgânicos. As frações de sedimento grosso podem também conter uma maior proporção de detritos de plantas terrestres intactas do que frações finas, elevando a razão C/N. Já as frações de sedimento fino, como contêm uma grande proporção de argilo-minerais, possuem elevada área superficial com carga negativa, facilitando a adsorção de amônia e reduzindo a razão C/N.

### **3. METODOLOGIA**

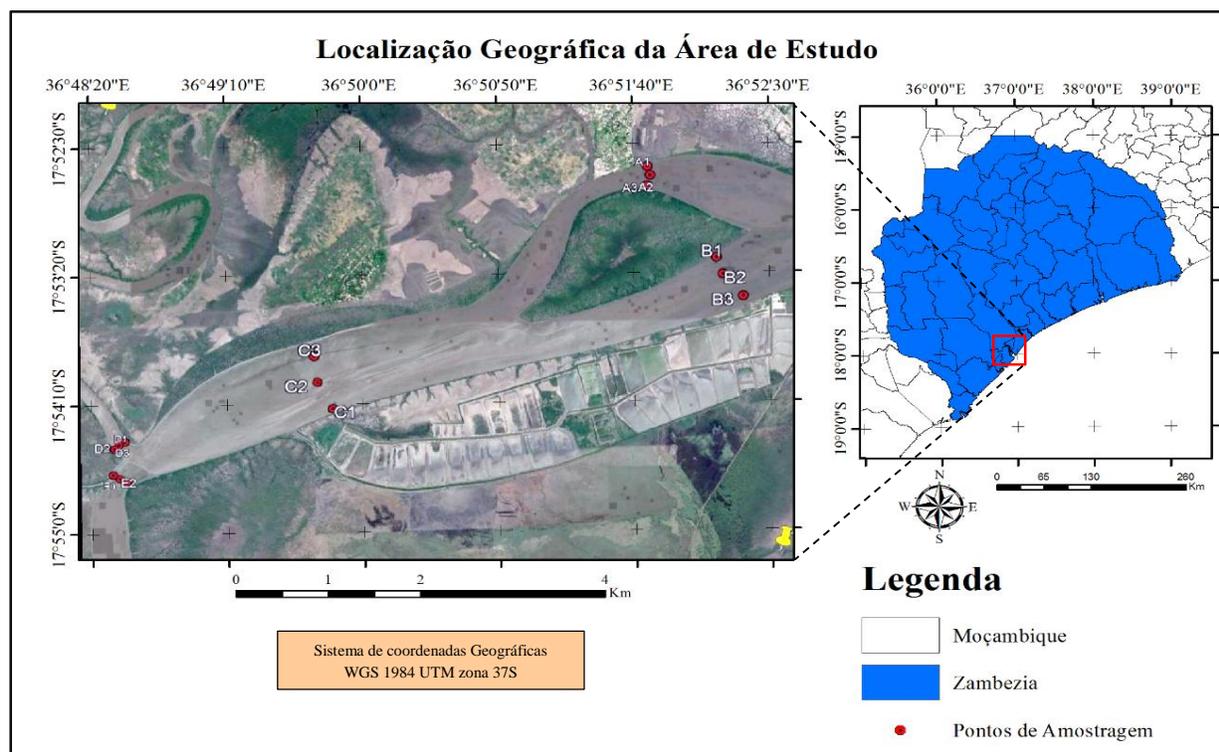
#### **3.1. Descrição da área de estudo**

O estuário dos Bons Sinais fica situado a este da província da Zambézia, com uma extensão de 27 km da boca à confluência e uma largura média de 200 m, constitui limite entre os distritos de Quelimane e Inhassunge. No extremo Oeste converge com os rios Cuacua e Licuar. É maioritariamente de fundo argiloso com profundidade média de 10 m. Ao longo da sua extensão estão presentes bancos de areia que na maré baixa, impossibilitam a navegação dos navios para entrada do porto de Quelimane (Mapai, 2015).

É maioritariamente de fundo argiloso e de baixa profundidade, com ocorrência frequente de bancos de área e ilhas (Nataniel, 2010).

O estuário dos Bons Sinais apresenta as marés Semi-diurnas, atingem 4 m de altura (na maré viva), a salinidade na época seca atinge 35 ppm. É o grande ecossistema marinho entre o município de

Quelimane e o distrito de Inhassunge e apresenta as temperaturas médias anuais de 24 a 26°C (Mapai, 2015)



**Figura 1:** Localização da área de estudo e Pontos de amostragem

Este estuário é cercado por florestas de manguais, enquanto mais para o interior das margens do estuário são dominados por pântanos de água doce, arbustos esparsos e espécies rasteiras. Dunas baixas também ocorrem neste local, intercalados com pântano de água doce. O meio ambiente é composto por: (1) dois rios principais (Cuácua e Licuari), canais secundários, que contribuem para o transporte de massa de água até a boca do estuário, (2) a água oceânica responsável pela renovação da água doce dentro do estuário é alimentado por efeitos de maré. Os recursos naturais explorados nestes habitats incluem peixes, crustáceos e aves.

**Tabela 1:** Materiais e equipamentos usados na realização do trabalho

GPS de marca Garmin etrex Venture 60	Dessecador
Pequenos sacos plásticos	Erlenmeyers
CTD	Pinça metálica
Barco	Capela
Máquina fotográfica	Magnetes e Espátulas

Caneta e bloco de notas	Backers
Amostrador de fundo	Buretas de 50ml
Frescos de 250 ml	Pipetas automáticas
Balança analítica e eletrônica ( $e=0.0001g$ e $e=0.01g$ )	Digestor de micro ondas de Marca <i>SINEO</i>
Peneiras granulométricas ( $d=250mm$ e $d=0,5mm$ )	Tubos de digestão
Estufa	Destilador de Kjeldahl (Método de Kjeldahl)
Proveta de 1000ml	Tubos de destilação
Pipeta volumétrica de 25ml	Bureta de 10ml
Agitador magnético	

### 3.2.Métodos

#### 3.2.1. Amostragem

A saída de campo foi realizada no dia 17/03/2018 períodos de alta pluviosidade, a bordo do navio oceanográfico (Pluma) pertencente a Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC), 3h antes do pico mínimo da maré para minimizar interferência da corrente durante a amostragem.

Foram utilizados neste estudo, sedimentos de 15 estações devidamente distribuídas em 5 transectos, sendo todos perpendiculares à costa nomeados pelas letras A, B, C, D e E. Em cada transecto foram colhidos dois (2) pontos nas margens esquerda e direita, e um (1) ponto no centro totalizando um universo de quinze (15) pontos (figura 1).

O transecto A foi amostradas ao longo do canal de Chuabo Dembe, próximo ao bairro dos Pescadores. As estacoes do transecto B estão localizadas em frente da casa amarela da Aquapesca. Já as amostras do transecto C encontradas em frente da vista de Inhangome. Finalmente os transecto D e E encontram-se nas confluências do Rio Licoar e Cuacua respetivamente. Cada ponto foi georreferenciado com auxílio de um GPS portátil de marca Garmin. Todas amostras de sedimentos foram retiradas do amostrador, conservadas em sacos plásticos resistentes e etiquetados no campo até serem congeladas em câmara fria

e posteriormente encaminhadas ao laboratório do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) – Centro Zonal Noederste, na cidade de Nampula.



**Figura 2:** Colheita de sedimentos usando amostrador de fundo

### 3.2.2. Análises físicas e geoquímicas dos sedimentos

#### Preparação das amostras

Cada uma das amostras de sedimentos foi pesada e deixada em ambiente provido a raios solares e desprovido de poeira e contaminação. Devido ao maior grau de pegajosidade das amostras, durante a secagem foram esquatejadas e reviradas para melhor uniformização da secagem.

Depois de secas, cada uma das amostras foi pesada, trituradas, crivada e posteriormente conservadas em sacos plásticos para serem destinadas as análises físicas e químicas.

#### Reagentes usados

- Álcool etílico a 98%
- Hexametáfosfato de sódio a 5%
- Água destilada e água corrente;
- Sulfato ferroso amoniacal à 0.05M;
- Dicromato de potássio a 0,02;
- Indicador difenilamina 10g/L
- Ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ) à 85%
- Ácido clorídrico (HCl) á 0.05N

- Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) à (98%)
- Peróxido de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) à 30%
- Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_4$ ) à 4%
- Hidróxido de Sódio ( $\text{NaOH}$ ) à 35%
- Indicador misto

### **3.2.2.1. Análises físicas dos sedimentos**

#### **3.2.2.1.1. Determinação de Textura**

**Preparação de reagentes:** Colocou-se 50g de ácido Hexametáfosfato de sódio a 5% em um Becker de 1L acrescentando-se 800ml de água destilada dissolveu-se usando um agitador magnético. Com um funil, despejou-se toda solução contida no Becker de 1L no frasco volumétrico de 1L, lavou-se por três vezes o Becker de 1L com água destilada, fez-se com que a solução contida no frasco volumétrico de 1L fique com o volume de 1L.

#### **Procedimento**

- Pesou-se 20g de solo em copo plástico. Adicionou-se 100 ml de água 10 ml de solução de hexametáfosfato de sódio à 5% e deixou-se o copo coberto em repouso durante a noite.
- Levou-se o conteúdo para agitador elétrico e procedeu-se a agitação durante 30 minutos
- Transferiu-se conteúdo com água desionizada para uma peneira de 250 mm de diâmetro e lavou-se com jatos de água corrente e transferiu-se o conteúdo retido para f latas de alumínio numerados;
- Lavou-se de novo o conteúdo a areia retida na peneira de 0,5 mm com jato forte de água. E transferiu-se a fração retida areia para frascos plásticos numerada e de peso conhecido
- Eliminou-se o excesso de água nos frascos e colocou-se a secar na estufa á 105°C por 24h
- Trasferiu-se o conteúdo para proveta de 1L e completou-se o volume com água destilada
- Agitou-se o conteúdo em suspensão por trinta segundos com um bastão contendo na extremidade inferior um êmbolo de borracha com diâmetro um pouco menor que o do cilindro, com movimento da boca para o fundo e vice-versa e pipetou-se 25 ml para frascos plásticos
- Deixou-se em repouso por 3h e pipetou-se 25ml do material suspenso com sucção contínua para evitar turbilhonamento para frascos plásticos
- Colocou-se a cápsula para secar em estufa á 30°C por 7 dias

- Transcorrido o tempo necessário para secar, retirou-se o material da estufa e arrefeceu-se por 5 minutos e procedeu-se a pesagem.

### **Parâmetros estatísticos**

A análise da distribuição espacial do parâmetro granulométrico (diâmetro-médio) foi determinada através da curva granulométrica dos valores do phi correspondentes a determinados percentis, segundo equações de Folk e Ward (1957), descrita abaixo

Em seguida, foram classificados os sedimentos na escala Udden-Wentworth.

$$\varphi = -\log_2^{D(mm)} \quad \text{Eq. [1]}$$

### **Cálculo do Diâmetro Medio (Mz)**

$$Mz = \frac{\varphi_{84} + \varphi_{50} + \varphi_{16}}{3} \quad \text{Eq. [2]}$$

Onde:

- ✓  $\varphi$  é o phi
- ✓  $D$  é o diâmetro em milímetro

### **3.2.2.2. Análises geoquímicas dos sedimentos**

#### **3.2.2.2.1. Determinação do Carbono Orgânico e Matéria Orgânica**

**Preparação dos reagentes:** Dissolveu-se 40.0001g de *Sulfato ferroso amoniacal* (a 0.05M) cristalizado (sal de Mohr), em 500 ml de água contendo 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, agitou-se e completou-se o volume para 1 litro.

Dissolveu-se 39.2200g de *dicromato de potássio* (a 0.2M) previamente seco em estufa a 130°C por uma hora, em 500 mL de água destilada contida em balão de 2L. Juntou-se uma mistura, já fria, de 100 ml de ácido sulfúrico concentrado e 500 ml de água destilada. Agitou-se bem para dissolver todo sal, deixou-se esfriar e completar o volume do balão com água desionizada. Pesou-se 1g de *difenilamina* 10g/L e dissolveu-se em 100 ml de ácido sulfúrico concentrado. Usou-se *Ácido ortofosfórico* ( $H_3PO_4$ ) concentrado à 85%.

## Procedimentos

- Pesou-se 0.50g de solo crivado em peneira de 80 mesh, incluído-se o solo padrão e colocou-se em erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionou-se 10 ml (pipetados) da solução de dicromato de potássio 0.2M. Juntamente com 4 ensaios em branco;
- Colocou-se um tubo de ensaio de 50 ml cheio de água desionizada na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador e aqueceu-se na placa eléctrica até à fervura, durante 4 minutos;
- Deixou-se esfriar e adicionou-se 80 ml de água desionizada, 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina.
- Titulou-se, na capela por uma bureta graduada de 50 ml, com solução de sulfato ferroso amoniacal à 0.05M e anotou-se o volume de gotas gastas de titulante.

## Cálculo de Carbono Orgânico (CO)

$$\%CO = 0.06 \times V \left[ 40 - Va \times \left( \frac{40}{Vb} \right) \right] \times f \quad \text{Eq. [3]}$$

Onde:

- ✓ V é o volume de dicromato de potássio empregado (nosso caso é 0.2M);
- ✓ Va é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;
- ✓ Vb é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;
- ✓ 0,06 é o fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas;
- ✓ f é o fator de correção para TFSE.



**Figura 3:** A – Queima de matéria orgânica com dicromato de potássio; B – Titulação com solução de sulfato ferroso

## Cálculo de Matéria Orgânica (MO)

A percentagem de matéria orgânica foi calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (Davies, 1974).

$$\%MO = CO \times 1.724 \quad \text{Eq. [4]}$$

### 3.2.2.2.2. Determinação de nitrogénio total

**Preparação dos reagentes:** Pesou-se 350,0001g de *solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 35%*, dissolveu-se em água até completar o volume para 1 litro. Dissolveu-se 0,1001g de *verde de bromocresol* e 0,0201g de *vermelho de metila* em álcool etílico e completou-se o volume para 100ml.

Colocou-se 0,42 ml de *ácido clorídrico (HCl) 0,05N* concentrado no frasco volumétrico de 100 ml e completou-se o volume com água desionizada. Pesou-se 40,0001g do *ácido bórico à 4%*, dissolveu-se em água e completou se o volume para 1 litro.

### Procedimentos

- Pesou-se 0,5000g de amostra de sedimento, incluindo amostras de solo padrão e colocou-se nos tubos de digestão;
- Adicionou-se 4 ml de  $H_2SO_4$  e 4 ml de  $H_2O_2$  e procedeu-se a digestão num digestor de micro ondas por 2 horas, até completa destruição da matéria orgânica. Incluiu-se 3 ensaios em branco;
- Ligou se o destilador colocando-se água desionizada, NaOH a 35% e  $H_3BO_4$  a 4% e aguardou-se 10 minutos;
- Deixou-se esfriar durante 2h e transferiu-se para tubos de ensaios de destilador automático;
- Procedeu-se a destilação das amostras incluindo o solo padrão e 3 ensaios em branco anteriormente referidos e 2 ensaios em branco que não passaram pelo digestor de micro ondas;
- Adicionou-se à produto da destilação 3 gotas de indicador misto e titulou-se com a solução HCl 0,05 N e registou-se o volume do titulante gasto ml.

### Cálculo de Nitrogénio Total

$$\%NT = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times 0.014 \times 100}{p} \quad \text{Eq. [5]}$$

Onde:

- ✓  $V_{\text{HCl}}$  É o volume (mL) de HCl 0,05N gasto na titulação da amostra;
- ✓  $N_{\text{HCl}}$  É a normalidade do HCl = 0,05 N;
- ✓ P É o peso da amostra (0,5g)
- ✓ 100: Quantidade da amostra do volume estabelecido após a decomposição (mL)



**Figura 4:** A – Digestão ácida (com 2mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e 4mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ); B – Aquecimento no micro ondas; C - Destilação das amostras; D – Titulação com a solução HCl 0,05 N

### 3.2.3. Tratamento de dados

Utilizaram-se *softwares* como ArcGis 10.3.1, e o *Microsoft Office Excel 2013* como apoio no tratamento de dados.

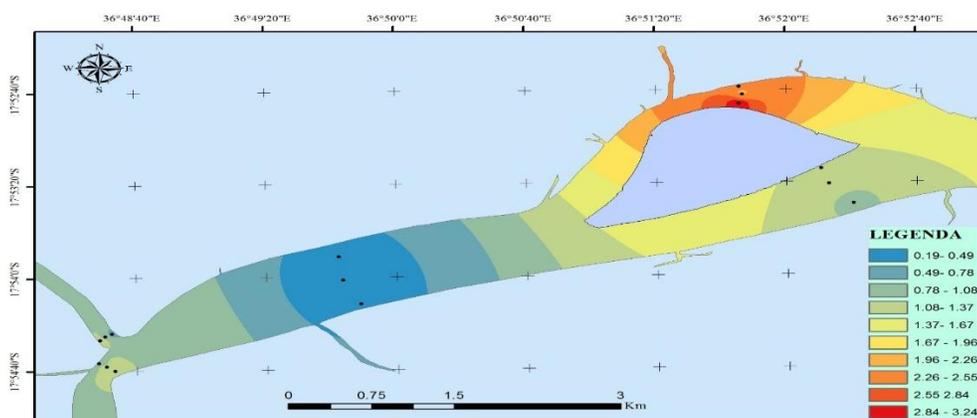
Os dados foram anotados num bloco de notas e de seguida foram lançados no pacote de *Microsoft Office Excel 2013* em formas de tabelas e foram efectuados todos cálculos utilizados no trabalho, para posteriormente serem apresentados sob forma de gráficos.

Em seguida foram criados shapfiles a partir da planilha *Microsoft Office Excel 2013* para permitir trabalhar com os dados no *software* ArcGis 10.3.1 na geração de mapas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Composição do Carbono Orgânico

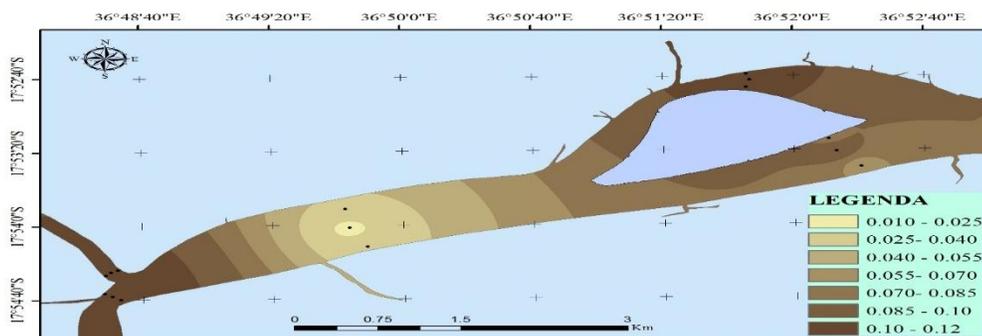
A tabela 4 (Anexo) apresenta as percentagens, média, os valores máximos e mínimos da concentração de CO encontradas ao longo de toda a área de estudo. Observaram-se valores de CO, variando de 0.21 – 3.24% em toda a área de estudo. De acordo com a figura 6, o estuário apresentou teores elevados nas amostras do transecto A localizado no Canal de Chuabo Dembe, próximo ao bairro dos Pescadores, com valores variando de 2.45 – 3.24%. As amostras do transecto C localizada em frente da vista de Inhangome apresentaram teores mais reduzidos de CO em relação aos demais com valores variando de 0.21 – 0.97%.



**Figura 5:** Distribuição espacial do CO na área estudada

### 4.2. Composição do Nitrogénio total

A tabela 4 (anexo) apresenta os resultados de Nitrogénio total, presente nos sedimentos de fundo provenientes da área de estudo. As concentrações de Nitrogénio total presente nas amostras de sedimentos variaram de 0.02 – 0.12% com uma média de 0.09% para toda a área de estudo.



**Figura 6:** Distribuição espacial de nitrogénio total na área estudada

A figura 7 apresenta um mapa que ilustra a distribuição de NT ao longo da área de estudo com cores que variam de dourado claro (locais com teores reduzidos de NT) para dourado escuro (locais com teores elevado de NT). Os valores mais elevados de Nitrogénio total que são predominantes nos transectos A, D e E, variando de 0.10 – 0.12%. Para o transecto C, é observado teores mais baixos de nitrogénio total variando de 0.02 – 0.04%. Os valores médios são observados no transecto B com teores de nitrogénio total variando de 0.06 – 0.10%.

### 4.3. Caracterização dos sedimentos quanto à fracção granulométrica

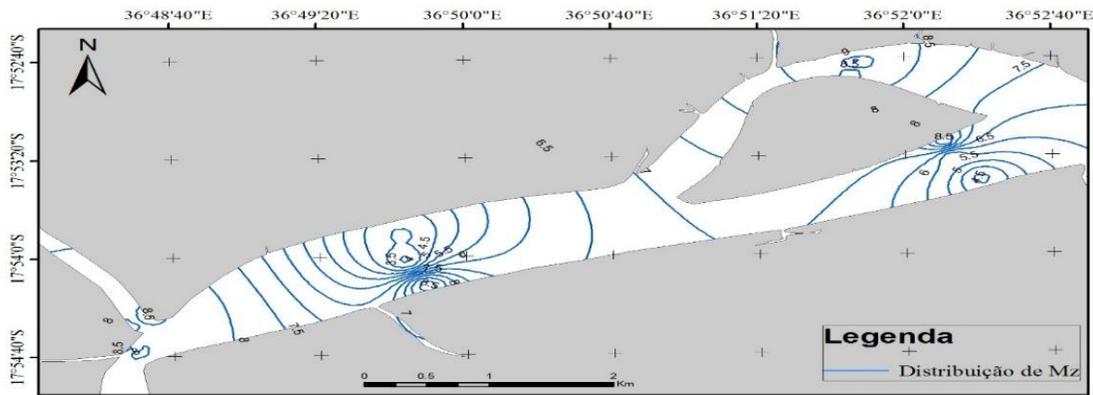
A tabela 2 apresenta os dados granulométricos dos 15 pontos medidos na área de estudo, de acordo com diâmetro médio do grão (Mz) em  $\phi$  (phi) e a classificação dos sedimentos na escala Udden-Wentworth.

**Tabela 2:** Diâmetro medio e a Classificação de Udden-Wentworth nos sedimentos

Amostras	Média	Classificação: Udden-Wentworth	Amostras	Média	Classificação: Udden-Wentworth
A1	8.38	Argila grossa	D1	9.1	Argila media
A2	9.78	Argila media	D2	8.36	Argila grossa
A3	8.23	Argila grossa	D3	7.49	Silte muito fino
B1	8.94	Argila grossa	E1	8.77	Argila grossa
B2	5.45	Silte medio	E2	7.42	Silte muito fino
B3	4.38	Silte grosso	E3	8.36	Argila grossa
C1	8.75	Argila grossa			
C2	3.35	Areia muito fina			
C3	3.92	Areia muito fina			

De acordo com os resultados apresentados na tabela 2, predominam na área de estudo, sedimentos muito finos, variando de silte a argila com diâmetros médios que compreendem de 4.38 – 9.78 $\phi$ , excepto no transecto C, onde se verificou areia muito fina nos pontos C2 e C3 com diâmetro médio de 3.35 e 3.92 $\phi$  respetivamente, como mostra a tabela.

Os sedimentos mais finos foram observados no transecto A, dominado unicamente por argila em todos pontos, variando de argila media à grossa, com valores de diâmetro médio compreendendo um intervalo de 8.23 – 9.78 $\phi$ , foi o transecto onde se observou sedimentos mais finos em relação aos demais. Os restantes transectos foram observados sedimentos argilosos e siltosos.

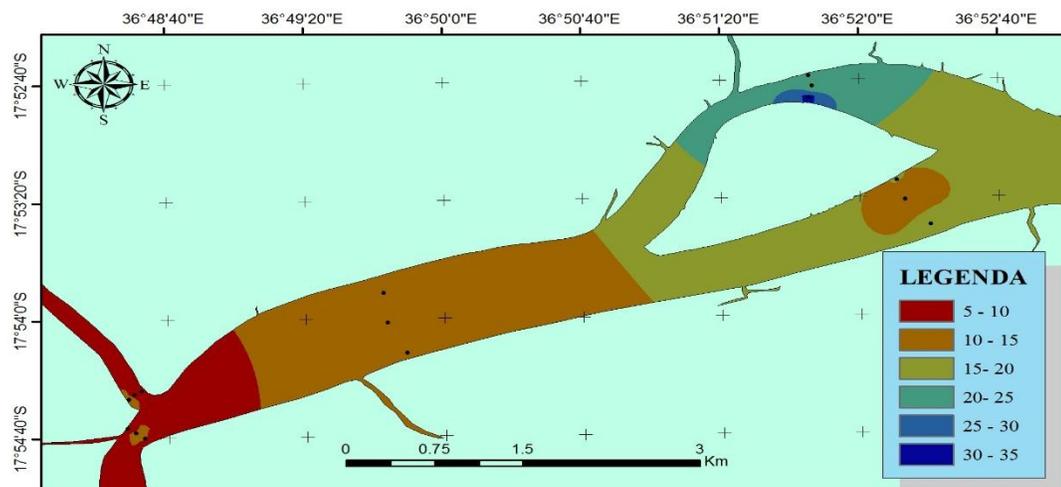


**Figura 7:** Distribuição do Diâmetro médio (Mz) ao longo da área estudada

A figura 5 apresenta os resultados através de uma curva de isovalores em  $\phi$  do diâmetro médio das partículas em toda área. A distribuição do diâmetro médio (Mz) no estuário de acordo com a figura 5 indica a presença em pequenas áreas de areia muito fina ( $3$  a  $4\phi$ ), predomínio de silte ( $4$  a  $8\phi$ ) e a classe argila ( $> 8\phi$ ).

### 2.1.Composição da razão C/N

A razão carbono nitrogenógeno variou de  $5.82 - 32.41\%$  em toda área de estudo, com uma média de  $13.78\%$ , na maioria das estações amostradas os valores encontrados mantiveram-se num intervalo de  $10 - 20\%$ . A espacialização desta razão indicou uma tendência de distribuição dos menores valores no sentido Oeste da área em estudo (nas confluências dos rios Licuar e Cuacua), aumentando em direção a Este (em frente do bairro dos pescadores) como mostra a figura 8.



**Figura 8:** Distribuição espacial da Razão C/N na área estudada

### 3. DISCUSSÃO

#### 3.1. Distribuição de CO

Com base nos resultados obtidos observa-se uma variação nos valores de CO em toda área de estudo. De acordo com Barcellos (2005), vários processos condicionam a deposição da matéria orgânica, como os factores hidrológicos, químicos, físicos e biológicos da coluna de água, aportes de material marinho e continental, características sedimentológicas do ambiente e outros.

Para os valores do transecto A indicaram a predominância de teores mais elevados de carbono orgânico. Provavelmente estes valores elevados deve-se ao facto de ser uma área intermediária de grandes influências terrígenas, área afetada por descargas de esgotos municipais, actividades portuárias/industriais, valas de drenagem e por ser uma área habitada onde se praticam actividades recreativas e pesqueiras.

Quando o sedimento apresenta altas concentrações de carbono, evidencia-se uma maior participação da matéria orgânica de origem continental no sistema (Burone *et al.*, 2003). Para Andrade (2011), por um lado os elevados valores de carbono orgânico podem estar associados a maior deposição de material orgânico proveniente de efluentes domésticos ou mesmo industriais e por outro deve-se a diminuição das correntes do fundo o que culmina com a conservação do material depositado nos sedimentos, bem como a diminuição do oxigénio no fundo onde não se verifica a decomposição da matéria orgânica depositada.

Um dos factores que possivelmente pode ter influenciado nas variações dos valores de CO é a profundidade do local, para o transecto C localizado em frente da vista de Inhangome, foi observado valores mais reduzidos de CO, e, por sua vez foi o transecto com menor profundidade e sedimentos mais grosseiros. Evidencia-se que os locais com profundidades baixas estão mais propensos a correntes de maré muito energéticas, que de certa forma dificultam a deposição da matéria orgânica e sedimentos finos no local.

Os transectos D e E observaram-se teores de CO reduzidos comparativamente aos do transecto A. De acordo com Lourenço (2007), a entrada de material orgânico por esgoto doméstico fornece quantidades relativamente maiores de carbono do que o aporte derivado de plantas.

### 3.2. Distribuição de NT

Os valores de NT em termos percentuais estiveram entre 0.02 – 0.12% em toda área de estudo (tabela 4, nos anexos). Sedimentos ricos em nitrogênio total foram encontrados ao longo dos transectos A, D e E, com valores variando de 0.10 -0.12%.

Nota-se que os maiores teores de nitrogênio total estiveram associados aos elevados teores de carbono e, geralmente aos sedimentos ricos em argila, revelando um comportamento semelhante ao observado por Barcellos (2005) para o Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguap.

Estes valores de NT podem ser justificados por serem locais próximos das áreas onde estão situados os esgotos municipais, que são ricos em nutrientes (transecto A) e também por serem locais de influência dos rios Licuar e Cuacua (transecto C e E respectivamente).

Segundo Carpenter & Capone (1983), o nitrogênio atinge águas costeiras principalmente via deposição atmosférica, efluentes de esgotos, descargas fluviais e fluxo de águas subterrâneas. Já que segundo Barcellos & Furtado (1999), as águas de plataformas continentais são oligotróficas, e os teores mais altos de nitrogênio devem ocorrer em áreas influenciadas por águas mais ricas em nutrientes.

A diminuição da profundidade e aumento da velocidade das correntes de maré, pode ter ocasionado a diminuição dos teores de NT para o transecto C, uma vez que foi o local onde se observou sedimentos mais grosseiros e teores também reduzidos de CO, podendo afirmar que as correntes nesses locais são muito energéticas, impossibilitando a sua deposição.

### 3.3. Caracterização dos sedimentos quanto ao diâmetro medio e teor de MO

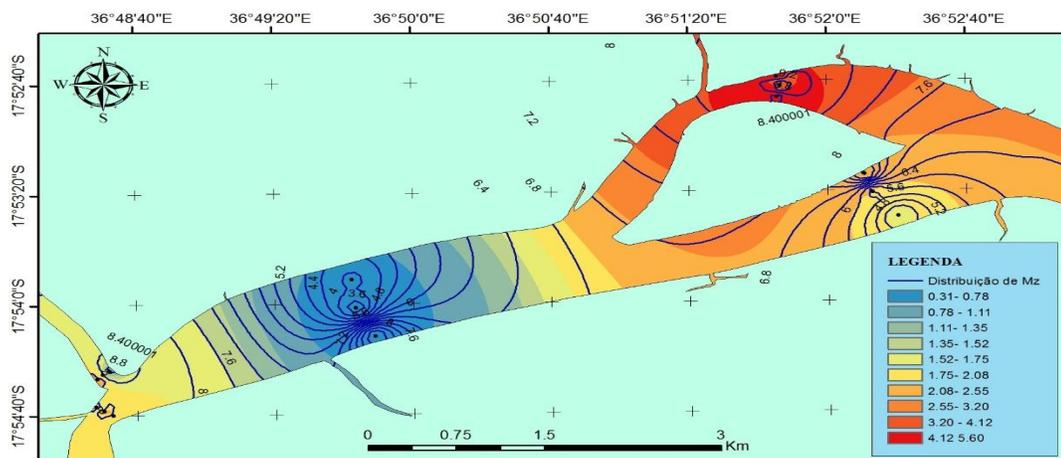


Figura 9: Mapa da Distribuição de Mz e MO

Os valores do diâmetro médio referem-se à média geral do tamanho dos sedimentos, estando associado à competência do agente transportador em relação aos processos deposicionais e a influência da fonte de suprimentos de material (Poçano, 1985).

A distribuição dos teores de matéria orgânica apresentou uma relação direta com o diâmetro médio das partículas (figura 9). No transecto A foi observado maiores concentrações de matéria orgânica e estiveram associadas aos sedimentos finos e maiores profundidades. Segundo Sommaruga & Conde, (1990) dentre muitas variáveis a profundidade é uma delas que também influencia na concentração de MO e na distribuição dos sedimentos de acordo com o seu tamanho.

Segundo Maglioca *et al.* (1964), matéria orgânica presente no sedimento é depositada sob as mesmas condições energéticas favoráveis à deposição de sedimentos finos. Para além disso também o tipo de sedimentos contribui na retenção da matéria orgânica, visto que os sedimentos mais estáveis preservam melhor o material depositado devido a maior coesão entre microagregados (Pillon *et al.*, 2002).

De acordo com Van Rijn (1993) este facto pode ter sido ocasionado por ser uma área localizada no interior do estuário, ele diz que nessa área existem sedimentos finos, incluindo muitas vezes sedimentos argilosos e neles incorporados quantidade de matéria orgânica significativas.

A classe areia fina e teores reduzidos de matéria orgânica no transecto C marca com clareza o banco de areia, local onde a energia das ondas e das correntes de maré e a baixa profundidade, não permitem a deposição de sedimentos finos e nem de quantidades significativas de matéria orgânica.

De acordo com Quaresma *et al.* (2000), os bancos têm uma grande importância na hidrodinâmica local provocando a canalização das correntes. Em consequência da maior hidrodinâmica nesta área as frações muito finas são removidas e impedidas de se depositarem na área.

Em semelhança ao transecto A os transectos D e E também apresentam sedimentos finos é pelo facto de ser uma área de influência fluvial. Nas áreas onde se tem o “ponto nulo”, local onde a resultante do movimento da água é igual a zero, observa-se uma grande concentração de sedimentos em suspensão, além de uma mistura mais efetiva das águas (salgada e doce). Todo esse processo acaba por favorecer a floculação e consequente deposição de argilas (Allen *et al.*, 1980).

Os resultados observados apresentam uma relativa semelhança com o encontrado anteriormente por Bonetti *et al.* (2004) no Brasil, onde as maiores concentrações de MO estiveram associadas a áreas de

menor ação hidrodinâmica (com sedimentos mais finos) e sujeitas a uma maior influência continental, demonstrando uma relação direta e proporcional com o diâmetro médio do grão.

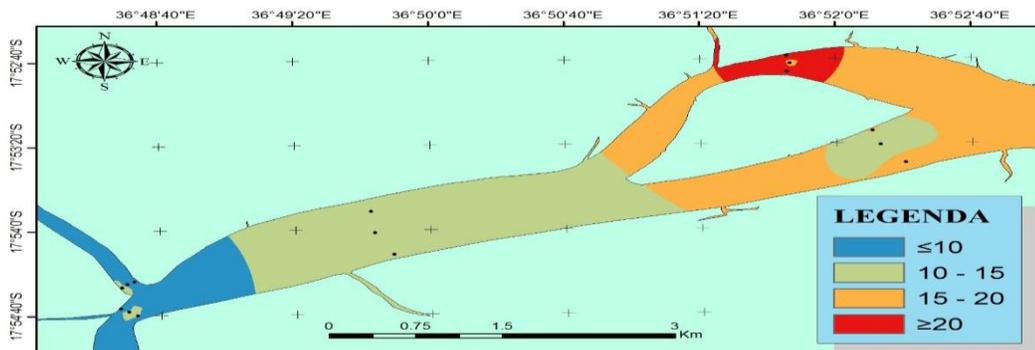
Portanto pode se dizer que a distribuição observada está de acordo com o esperado para uma área de estuário e em região com influências de atividades de maré, confirmando a diferenciação granulométrica e do teor da MO como efeito do comportamento hidrodinâmico particular de cada fração. Os materiais finos ocupando locais de área com teor elevado de MO, maior profundidade e com uma energia mais baixa, enquanto que materiais grossos ocupam locais com teor reduzido de MO, baixa profundidade e com uma energia mais elevada.

### 3.4. Origem da matéria orgânica nos sedimentos

Hedges *et al.*, (1986), Meyers & Ishiwatary (1993) e Meyers (1994; 2003) a razão carbono/nitrogênio (C/N) é um dos marcadores mais confiáveis para indicação de fontes da matéria orgânica para um ecossistema. Os mesmos autores dizem que as algas Marinhas geralmente têm razão C/N entre 4 e 10, enquanto que plantas vasculares terrestres têm razão C/N maiores ou iguais a 20, para valores entre 10 e 20, têm-se uma mistura de algas marinhas e plantas terrestres.

A partir destas considerações, pode-se distribuir as razões C/N, para a área estudada, em intervalos que variaram de 0-10 (matéria orgânica de origem predominantemente marinha), 10-15 (matéria orgânica de origem mista tendendo a marinha), 15-20 (matéria orgânica de origem mista tendendo a continental) e acima de 20 (matéria orgânica de origem continental).

Dessa forma, em relação a origem da matéria orgânica, conforme a Figura 10, observa-se que a maior parte dos sedimentos que compõem a área de estudo (transecto B, C e o ponto A2, D3, E2) apresentaram relações C/N entre 10 - 20%, o que sugere uma matéria de origem mista. Esta faixa de valores apresenta uma influência transitória das duas origens possíveis.



**Figura 10:** Distribuição espacial dos valores da razão C/N no sedimento do Estuário de Bons Sinais

O transecto A (pontos A1 e A3) apresenta relação C/N acima de 20, evidenciando uma MO de origem alóctone. Esses valores de razão mais elevados, é proveniente de uma região de muita influência terrígena, pois a área de influências municipais compõe um ambiente que pode apresentar maior produção primária quando comparada com regiões de maior profundidade.

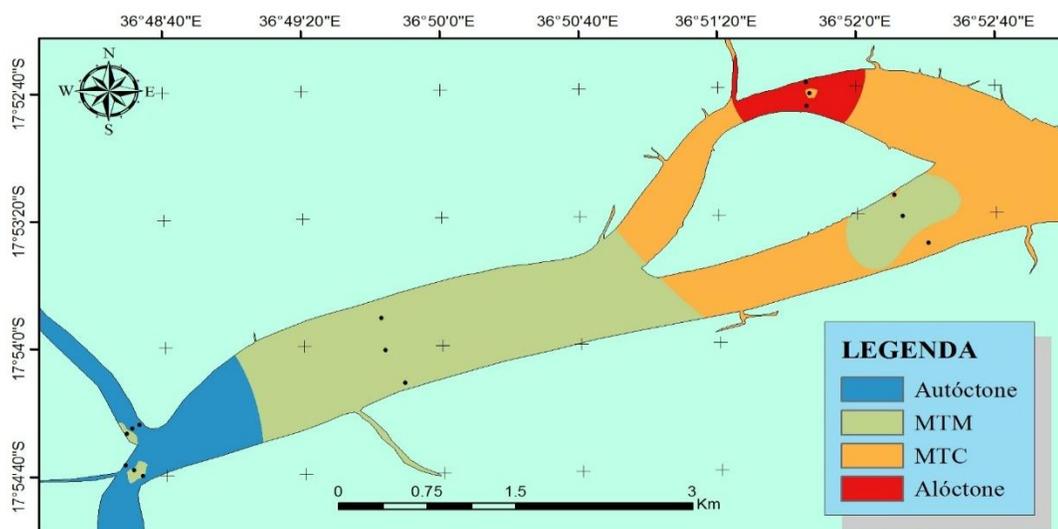
Esta hipótese deve-se pelo facto de se tratar de uma área propensa a depósitos de efluentes domésticos, industriais, esgotos municipais e prática de actividades portoárias que despejam quantidades significativas de MO.

Para Eichler (2001), ao avaliar o Canal de Bertioga, as fontes predominantemente terrígenas estiveram presentes na parte interna do sistema e nas áreas sob influência antropogénica, encontrando nestas regiões razões C/N superiores a 20.

Os sedimentos dos transectos C e E estão caracterizados por uma MO de origem autóctone, possuindo razão C/N inferior a 10, que pode ser relacionada a contribuição do fitoplâncton marinho.

Em suma nota-se na figura 10 valores elevados da razão C/N na parte Este do mapa e vai diminuindo em direção ao Oeste, com predominância de matéria orgânica de origem mista.

Barcellos (2005), ao estudar a distribuição da matéria orgânica no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, encontrou razões C/N variando de 3,7 a 34,4, sendo que em 77% das estações amostradas houve ocorrência de contribuição mista (razões C/N entre 12-18). Desta forma, os resultados encontrados na área de estudo condizem aos observados na literatura.



**Figura 11:** Distribuição espacial da origem da matéria orgânica do com base nos valores da razão C/N

#### 4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

De acordo com os resultados obtidos são tomadas as seguintes conclusões:

- Os teores de carbono e nitrogênio no Estuário de Bons Sinais apresentam grande variabilidade, isto se deve em parte a heterogeneidade do fundo marinho e as influências do aporte terrígeno, dentre outros fatores;
- O estuário de Bons Sinais é constituído por sedimentos que variam de areia muito fina, silte grosso, silte médio, silte muito fino, argila grossa e argila média, com maior predominância de argila.
- Os materiais finos e teores elevados de matéria orgânica ocupando locais de área de maior profundidade e com uma energia mais baixa, enquanto materiais grossos e teores reduzidos de matéria orgânica ocupam locais de baixa profundidade e com uma energia mais elevada;
- Através da razão C/N, observou-se que os sedimentos estudados apresentaram uma matéria orgânica que sugere origem autóctone, alóctone e mista, com uma percentagem maior a origem mista.

Recomenda-se a realização de trabalhos futuros sobre a origem da MO usem:

- A razão C/P (carbono fosforo) ou determinação da composição isotópica do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogénio ( $\delta^{15}\text{N}$ );
- A razão a razão C/S (carbono enxofre) para obterem o grau de oxidação do ambiente sedimentar.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, J.E., Marins, R.V., Almeida, M.D. (2007). *Comparação de metodologias de digestão de sedimentos marinhos para caracterização da geoquímica de metais-traço na Plataforma Continental Nordeste Oriental Brasileira*. Geochimica Brasiliensis.
- Allen, G. P., Salomom, J. C., Bassouler, Penhoat, P. Y. & Grandpe, C. (1980). “*Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries.*” *Sedimentary Geology*.
- Andrade, P. C. (2011). *Variações da paleoprodutividade na plataforma continental interna ao largo de Itajaí-SC durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores*. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brasil: São Paulo.
- Andrews, J. E. G., Greensway A. M. & Dennis, P. F. (1998). *Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary*. Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. *Estuary, Coastal and Shelf Science*. 46:743-756.
- Baird C. (2002). *Química Ambiental*. 2ª ed. Porto Alegre. Bookman.
- Barcellos, R. L. (2005). *Distribuição da matéria orgânica sedimentar e o processo sedimentar atual no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP)*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Barcellos, R.L. & Furtado, V.V. (1999). *Processo sedimentar atual e a distribuição de carbono e nitrogênio orgânicos no Canal de São Sebastião (SP) e plataforma continental interna adjacente*. *Revista Brasileira Oceanográfica*, vol.47, p.207-221,
- Barcellos, R.L. (2000). *Processo sedimentar atual e a distribuição da matéria orgânica sedimentar (C, N e S) do Canal de São Sebastião (SP) e plataforma continental adjacente*. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da USP. São Paulo.
- Barreto, M.S., Alves, J.P.H., Passos, E.A. & Garcia, C.A.B. (2007). *Relação C/N e Identificação da Origem da Matéria Orgânica em Sedimentos*. 30º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.
- Bonetti, C.V.D.H., Braga, E.S., Burone, L. & Bonetti Filho, J. (2000). *Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system– Mar. Poll. Bull. Brazil*. p.165-173,
- Burone, L. M., Pires-Vanin, A. M. S. & Rodrigues, M. (2003). *Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil)*, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.

- Cameron, W. M. & Pritchard, D. W. (1963). *Estuaries*. In: Hill, M. N. (Ed.). *The Sea*. New York, Wiley Interscience. pp306-312.
- Carpenter, E. J. & Capone D. J. 1983. *Nitrogen in the marine environment*. Stony Brook. Marine Sciences Research Center, 9pp.
- Carreiras, R.S. (2000). *Investigação sobre o acréscimo da estacagem de carbono em ambientes fertilizados pela ação antropogénica: a baía de Guanabara como modelo*. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 20p.
- Chapman, D. (1992). *Water Quality Assessments*. A guide to the use of Biota, Sediments and Water in environmental monitoring. Editora Chapman e Hall. London.
- Chapman, P. M. (1990). *The Sediment Quality Triad approach to determining pollution-induced degradation*. *Science of the Total Environment*, vol. 97, p.815-823,
- Davis, J.C. (1987). *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, 50p., New York.
- Dias, J.C. & Lima, W.N. (2004). *Comparação de Métodos para a Determinação de Matéria Orgânica em Amostras Ambientais*. *Revista científica da UFPA*, Abril.
- Duleba, W., Petri, S., Coimbra, J. C. (2003). *Foraminíferos, tecamebas e ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil*. São Paulo, Geologia USP-Publicação especial.
- Dyer, K. R. (1997). *Estuaries: a physical introduction*. John Wiley & Sons.
- Eichler, P. P. B. (2001). *Avaliação e diagnóstico do canal de Bertioga (São Paulo, Brasil) através da utilização de foraminíferos como indicadores ambientais*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. São Paulo. Universidade de São Paulo.
- Fernandes, L., Nayak, G.N., Ilangoan, D. & Borole, D.V. (2011). *Accumulation of sediment, organic matter and trace metals with space and time, in a creek along Mumbai coast, India*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Garcette-Lepecq, A., Derenne, S., Largeau C., Bouloubassi, I. & Saliot A. (2000). *Origin and formation pathway of kerogen-like organic matter in recent sediments off the Danube delta (northwestern Black Sea)*. *Organic Geochemistry*, 31:1663-1683.
- Gomes, M.V.T., Costa, A.S., Garcia, C.A.B., Passos, E.A. & Alves, J.P.H. (2010). *Concentrações e Associações Geoquímicas de Pb e Zn em Sedimentos do rio São Francisco Impactados por Rejeitos da Produção Industrial de Zinco*. *Química Nova*, vol.33, p.2088-2092,
- Hedges J.I., Clark W.A., Quay P.D., Richey J.E., Devol A.H., & Santos U. (1986). *Composition and fluxes of particulate organic material in the Amazon River*. *Limnol Oceanograph*.
- Hill, M.N. (1963). *The Sea*. v.2, Interscience Publishers. (p.306-324).

- Jesus, H.C., Costa, E.A., Mendonça, A.S.F. & Zandonade, E. (2004). *Distribuição de Metais Pesados em Sedimentos do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória-ES*. Química Nova, (p.37-38).
- Kumpera, B. (2007). *Contribuição ao processo sedimentar atual no Canal do Ararapira, sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP)*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.
- Lourenço, R. A. (2007). *Aplicação de Marcadores Orgânicos Moleculares em Estudos Oceanográficos e Paleoceanográficos: Estudo de Caso na Margem Continental Superior do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Brasil: São Paulo.
- Madureira, L.A.S. (2002). *Compostos orgânicos em sedimentos marinhos: uma viagem ao fundo do Oceano Atlântico Norte*. Química Nova, (p.814-824).
- Magliocca, A & Kutner, A.S. (1964). *Conteúdo orgânico dos sedimentos de fundo de Cananéia/SP*. Contr. Avul. Inst. Oceanogr.
- Mahiques, M. M.; Mishima, Y. & Rodrigues, M. (1999). *Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian margin*. Continental Shelf Research, 19:775 798.
- Mapai, S. R. (2015). *Influência da Densidade Arbórea e da Humidade no Carbono Contido no Solo da Floresta de Mangal de Mirazane, Estuário dos Bons Sinais*.
- Martins, C.C. (2005). *Marcadores Orgânicos Geoquímicos em testemunhos de Sedimento do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: Um Registro Histórico da Introdução de Hidrocarbonetos no Ambiente Marinho*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Martins, r., Azevedo, M.R., Mamede, R., Sousa, B., Freitas, R., Rocha, F., Quintino, V. & Rodrigues A.M. (2012). *Sedimentary and geochemical characterization and provenance of the Portuguese continental shelf soft-bottom sediments*. Journal of Marine Systems.
- Martins, R.F. & Froehner, S. (2008). *Avaliação da Composição Química de Sedimentos do rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba*. Química Nova.
- Martins, R.F. (2008). *Avaliação da presença de metais e de biomarcadores fecais em sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba – PR*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- Meyers, P.A. & Ishiwatari, R. (1993). *Lacustrine organic geochemistry – an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments*. Organic Geochemistry.

- Meyers, P.A. 1997. *Organic geochemical proxies of paleoceanography, paleolimnologic and paleoclimatic processes*. *Organ. Geochem.*
- MEYERS, P.A. (1994). *Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter*. *Chem. Geol.*
- Miranda, L.B.; Castro, B.M.; Kjerfve, B. 2002. “Princípios de Oceanografia Física de Estuários”. Ed. Da USP. 408 pp.
- Moreira, R.C.A. & Boaventura, G.R. (2003). *Referência Geoquímica Regional para a Interpetração das Concentrações de elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá- DF*. Química Nova, 2p,
- Nataniel, A. F. (2010). *Nitrate and Phosphate Fluxus between the Bons Sinais Estuary and the adjacent Mangrove* (p.41). Dissertation thesis, Quelimane.
- Passos, E.A. (2005). *Distribuição de Sulfeto Volatilizado em Meio Ácido e Metais Pesados em Sedimentos do Estuário do Rio Sergipe*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe.
- Peterson B. J., Howarth R. W. & Garrit R.H. (1987). *Multiple stable isotopes used to trace the flow of organic matter in estuarin food webs*. *Science*.
- Pillon, C. N., Mielniczuk, J. & Neto, L. M. (2002). *Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente*. EMBRAPA, Pelotas, RS.
- Ponçano, W. L. (1985). *Sedimentação Atual Aplicada a Portos no Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo – USP.
- Quaresma, V.S., Dias, G.T.M. & Baptista Neto, J.A. (2000 ). *Caracterização de padrões de sonar de varredura lateral e 3,5 e 7,0 kHz na porção sul da Baía de Guanabara – RJ*. *Revista Brasileira de Geofísica*.
- Siqueira, G.W., Lima, W.N., Mendes, A.S., Aprile, F.M., Braga, E.S & Mahiques, M.M. (2005). *Evolução do impacto ambiental causado por matéria orgânica, mercúrio e arsênio nos sedimentos de fundo do sistema estuarino de Santos*. *Rev. Geoq. Brasil*.
- Sommaruga, R & Conde, D. (1990). *Distribución de matéria orgânica em los sedimentos recientes de la Laguna de Rocha (Rocha, Uruguay)*. *Atlântica*, Rio Grande, p.39-42,
- Souza, M.C., Angulo, R.J., Tessler, M.G. & Figueira, R.C.L. (2005). *Taxas de sedimentação no complexo estuarino da baía de Paranaguá, Estado do Paraná, estimadas a partir do método de datação por espectrometria gama: resultados preliminares*. *Anais do VIII Congresso da*

Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Imbé. Boletim de resumos, p.182–183.

- Tesi, T., Miserocchi, S., Goñi, M.A., Langone, L., Boldrin, A., Turchetto, M. (2007). *Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western Adriatic Sea (Italy)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- Van Rijn, L. C. (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastalseas*. Amsterdam: Aqua publications.

## ANEXOS

**Tabela 3:** Localização geográfica dos pontos de amostragem

<b>Transectos</b>	<b>Pontos amostrais</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Descrição</b>
<b>A</b>	A1	17°52'38.70"S	36°51'46.00"L	Canal de Chuabo Dembe, próximo ao bairro dos Pescadores
	A2	17°52'42.10"S	36°51'47.00"L	
	A3	17°52'46.10"S	36°51'46.00"L	
<b>B</b>	B1	17°53'14.30"S	36°52'11.00"L	Em frente da casa amarela da Aquapesca
	B2	17°53'20.90"S	36°52'13.40"L	
	B3	17°53'29.50"S	36°52'20.80"L	
<b>C</b>	C1	17°54'11.80"S	36°49'49.30"L	Em frente da vista de Inhangome
	C2	17°54'1.70"S	36°49'48.70"L	
	C3	17°53'51.34"S	36°49'42.65"L	
<b>D</b>	D1	17°54'24.10"S	36°48'32.60"L	Confluências do Rio Licoar
	D2	17°54'25.20"S	36°48'30.50"L	
	D3	17°54'26.80"S	36°48'28.90"L	
<b>E</b>	E1	17°54'36.80"S	36°48'28.41"L	Confluências do Rio Cuacua
	E2	17°54'38.33"S	36°48'30.84"L	
	E3	17°54'40.10"S	36°48'33.40"L	

**Tabela 4:** Resultados das Análises

Amostras	Profundidade(m)	Salinidade(psu)	MO	CO	Nt	C/N	Mz
A1	2,819079205	13,02897016	4.22	2.45	0.11	22.25	8.38
A2			3.59	2.08	0.11	18.92	9.78
A3			5.59	3.24	0.10	32.41	8.23
B1	3,788293202	7,655924928	0.62	0.36	0.08	4.01	8.94
B2			0.36	0.21	0.10	2.29	5.45
B3			0.71	0.41	0.06	4.59	4.38
C1			2.09	1.21	0.03	12.12	8.75
C2			2.09	1.21	0.02	11.02	3.35
C3			1.67	0.97	0.04	10.77	3.92
D1	5,170868438	4,233077509	1.00	0.58	0.10	5.82	9.1
D2			1.61	0.93	0.11	8.47	8.36
D3			2.61	1.51	0.11	13.76	7.49
E1	9,597339564	4,90255268	1.29	0.75	0.10	7.48	8.77
E2			2.40	1.39	0.12	11.60	7.42
E3			1.84	1.07	0.11	9.71	8.36
<b>Max</b>			5.59	3.24	0.12	32.41	9.78
<b>Min</b>			0.36	0.21	0.002	2.29	3.35
<b>Media</b>			2.11	1.23	0.09	11.68	7.282941

**Tabela 5:** Volume de HCl (em mL) gasto na titulação de NT

Transectos	Pontos		
	1	2	3
A	2.3	2.4	2.1
B	1.9	2	2
C	2.2	2.4	2
D	2.1	2.3	2.4
E	2.2	2.5	2.3

**Tabela 6:** Volume de sulfato ferroso (em mL) gasto na titulação de CO

Transectos	Pontos		
	1	2	3
A	38	38.3	38.3
B	39.3	39.6	39.2
C	39	39	39.2
D	39.5	39.2	38.7
E	39.3	38.7	39