



*Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras*

Monografia para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Estudo da Influência da Corrente de Maré no Transporte de Sedimentos em Suspensão no Canal de Chuabo Dembe em Quelimane-Zambézia**



**Autor**

José António Xieo

Quelimane, Novembro de 2017



*Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira*

Monografia para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Estudo da Influência da Corrente de Maré no Transporte de  
Sedimentos em Suspensão no Canal de Chuabo Dembe em  
Quelimane-Zambézia**

**Autor:**

José António Xieo

**Supervisor:**

Dr. Fernando Victor Saide

-----

Quelimane, Novembro de 2017



## **Dedicatória**

Ao meu tio Sesinando André Américo Cuco, minha querida mãe Verónica Américo e ao meu avo Américo André Cuco (*in memoriam*), que infelizmente não poderão desfrutar do fruto do suor deles nem usufruir da boa sensação de missão cumprida, todos tios e tias, irmãos, primos, primas e a minha querida companheira de Vida Elda Mailim que através da fé, do apoio, orações e do amor que mesmo com a distância fizeram sentir.

E a toda família Cuco, Xieo, Sambo e Sibia.

## **Agradecimentos**

Mostrar-se grato, significa reconhecer um benefício recebido, demonstrar gratidão, ou ainda, mostrar, manifestar, evidenciar, revelar, indicar, tornar manifesto público e notório, divulgar, declarar um agradecimento. É retribuir, dar retribuição ou recompensa a alguém, premiar, galardoar, compensar. Agradecer é, essencialmente, reconhecer que precisamos sempre de alguém, em algum momento de nossas vidas. Todas as pessoas abaixo descritas participaram da confecção deste trabalho, de uma forma ou de outra. Sem a ajuda de cada um deles, simplesmente tudo teria sido mais difícil ou impossível. Durante a minha longa caminhada até então, fui aconchegado por pessoas tão carinhosas e humildes que me ensinaram de diversas maneiras que na vida nunca se pode caminhar só e, eis me aqui a testemunhar a calorosa presença de Deus que deu seu único filho para a nossa salvação e pela sua presença em todos os momentos da minha vida, de todos familiares, amigos e docentes que me foram úteis ao longo de todos estes anos, dizer a todos vós que o presente trabalho é fruto do trabalho de todos vocês que me ajudaram financeiramente, em trabalhos de campo, na colheita de dados, na discussão dos resultados até a finalização do trabalho, agradeço em primeiríssimo lugar a Deus pai todo poderoso e ao meu grande querido e amado tio Sesinando A. A. Cuco in memoria, pela ajuda financeira durante todos estes quatro anos de estudo, as minhas tias virgínia Cuco, Edite, Rita, Olga, Maria, e ao meu tio Américo pelos conselhos dados, a minha amada avo Virgínia Chemane, a minha amada irmã Inácia pela força e motivação, ao meu primo Américo e Lito pelo apoio, e um muito obrigado a alguém muito especial que sempre esteve ao meu lado, a minha querida amada Elda Mailim pelo apoio incondicional, pela compreensão nos momentos em que andei ocupado e pelo seu grande amor.

Agradeço ao meu orientador Dr. Fernando Saíde por ter aceite supervisionar este trabalho, pela sua grande contribuição, pela paciência que teve, pelas grandes ideias que ele fez questão de me apresentar ao longo do trabalho, mesmo tendo muitos afazeres sempre disponibilizou tempo para mim, por isso o meu muito obrigado de coração.

Aos meus companheiros de vida desde o meu primeiro ano até ao meu último ano que sempre me acarinharam e me deram força para superar as dificuldades, falo do Fernando Américo Niquice, Sebastião António, Joaquim Venâncio, Hermenegildo Tomas, Fernando Da Sandra, Mário Martins, Edson Muianga e o José Mário que foram verdadeiros companheiros.

Aos meus colegas da Faculdade que sempre estiveram disponíveis para me ajudar nos trabalhos de campo, falo de Cândido Timba, Ernesto Tembe, Edson Muianga, Paulo Nota, Elda Mailim, Mário Martins, ao senhor Maquina pela ajuda com a sua experiência em matéria de navegação o meu muito obrigado.

Obrigado a todos docentes da ESCMC que dedicaram-se bastante para que eu tivesse conhecimento e me tornar um cientista na área das ciências marinhas e costeiras o meu obrigado.

A todos colegas de curso de Geologia Marinha, Paulo Nota, Edson Muianga, ao mestre das cerimónias Agostinho Da Silva, Mércia Chico, Sérgio Paulo, Balbina Siteo, Alberto Sibie, Adérito Mause, Erasne Homwana, Flávio Jeje, Catarina Mambule, Samuel Chichava, Lucas Muhai, António Guzia, Norton Cossa, Nelson Sufiante, Lourindo Ouanho, Gulamo Bonga, Camacho Melo, Fernando Niquice, Cecílio Matsumane, Raimundo Da Silva, Germano Nigalube, Zunchane Matola, Jordão Tsamba.

Agradeço também a todos aqueles que directa ou indirectamente influenciaram de forma positiva na minha trajectória académica.

Agradeço a todos funcionários da ESCMC, ao senhor Maquina, Dona Tija, Dona Rita, Seu Jacinto, senhor Salvador.

O meu obrigado.

### **Declaração de honra**

Eu, José António Xieo portador do BI n° 110500559745B renovado pelo arquivo de identificação civil da cidade de Quelimane aos 16/03/2016, Declaro por minha honra que o presente trabalho é da minha autoria e resulta da investigação por mim realizada, com base em material a que ao longo do mesmo foi referenciado e que constitui fruto do meu esforço e empenho originado por uma profunda pesquisa científica, tendo sido obedecidas todas as regras de investigação, e devidamente indicadas as fontes consultadas.

Quelimane, Novembro de 2017

---

José António Xieo

## **Resumo**

O presente trabalho mostra uma avaliação da influência da corrente de maré no transporte de material suspenso através de análises quantitativas da concentração de sólidos em suspensão a partir de medidas de velocidade da corrente, os resultados mostram que a metodologia é tecnicamente viável e economicamente atraente pois não envolve muitos custos. O estudo teve como objectivo principal estudar a influência da corrente de maré no transporte de sedimentos em suspensão durante a enchente e vazante da maré viva e morta. Foram realizadas duas expedições na maré viva e duas na maré morta com vista a fazer uma análise comparativa da situação da quantidade de sedimentos em suspensão que estão a serem transportados e, procurar perceber qual das duas marés tem mais influência no transporte de sedimentos, as expedições foram realizadas nos dias (16, 23, 30 de Julho de 2017 e 6 de Agosto do mesmo ano). As amostras de mistura água sedimentos foram colhidas através de garrafas plásticas com volume de 0.5L durante a enchente e a vazante num intervalo de uma hora e os dados da velocidade da corrente foram medidos com ajuda de um flutuador que era lançado num intervalo de uma hora e com ajuda da ponte que se encontra naquele canal usou-se a sua largura como sendo o espaço que o flutuador deveria percorrer e, com um cronometro média-se o tempo em que o flutuador levava para atravessar os dois lados da ponte, os dados do nível do mar foram medidos com ajuda de um marégrafo que foi programado para fazer medições num intervalo de dez em dez minutos. Nas observações da velocidade da corrente verificou-se que maiores velocidades estão durante a vazante, tendo as marés viva maiores velocidades em relação as mortas. No geral, as maiores velocidades da corrente foram verificadas no meio da vazante e da enchente e o maximo registado foi de 0.8 m/s durante a vazante da mare viva. O balanço do fluxo total entre os dois tipos de maré mostrou que os sedimentos fluem mais em direcção ao canal à dentro com um valor estimado de cerca de +553,965 g/s.

Palavra chave: sedimentos suspensos, correntes de maré, Canal de Chuabo Dembe.

## Abstract

The present work shows a quantitative evaluation of the concentration of suspended solids from current velocity measurements related to sea level, the results show that the methodology is technically feasible and economically attractive. The main objective of this study was to study the influence of the tidal current on the transportation of suspended sediments during flood and ebb of spring and neap. Two expeditions were carried out in the spring tide and two in the neap tide to make a comparative analysis of the situation of the quantity of sediment in suspension being transported and to try to understand which of the two tides has more influence in sediment transport, the expeditions were performed on days (16, 23, 30 July 2017 and 6 August of the same year). The sediment water mixture samples were collected through plastic bottles with a volume of 0.5L during flood and the ebb in an interval of one hour and the current velocity data were measured with the help of a float that was released in an interval of one hour and with the help of the bridge on that channel the width of the bridge was used as the space that the float had to travel, and with the help of a timer was measured the time in which the float took to cross the two sides of the bridge, the level of evil data was measured with the help of a tesseræ that was programmed to take measurements at intervals of ten minutes. In the observations of the velocity of the current, it was verified that higher velocities are during the ebb, with the spring tide experiencing higher velocities in relation to the neap ones with 0.8 m/s during the ebb. The total balance between the two types of tide showed that the sediments flow more towards the inward channel with an estimated value of about +553.965 g/s.

Keyword (s): suspended sediments, tidal currents, Chuabo Dembe Channel.

## Lista de figuras

## Páginas

Figura 1: Variações de níveis causados pela maré e velocidades da corrente em um sistema de maré sintética, idealizada e puramente estacionária (Da Silva, 2011).....	6
Figura 2: Ilustra os diferentes tipos de marés, a) é maré do tipo mista, b) maré do tipo diurna e c) maré semi-diurna. Fonte : (Folha, 2011) .....	6
Figura 3: Distribuições verticais de sedimento num curso de água. Fonte: (Lopes, 2006) .....	9
Figura 4. Ilustra Marés semidiurnas. Fonte: (open university, 1999).....	9
Figura 5: Mapa de localização da zona do canal de Chuabo Dembe ao longo do Estuário dos Bons Sinais Cidade de Quelimane. Fonte: <a href="http://www.google.earth.com">www.google.earth.com</a> .....	10
<b>Figura 6.</b> Equipamentos usados: a) Marégrafo, b) GPs, c) Garrafas plásticas de 0.5L, d) Papeis de filtro de 0.45 µm e) Estufa e f) Filtro whatman. Fonte: autor .....	15
Figura 7. Área da secção transversal do canal de chuabo Dembe com um comprimento de 64 m e uma profundidade de 6.28 m. ....	16
Figura 8: Gráfico da variação da concentração de sedimentos em suspensão, da maré e da velocidade da corrente em função do tempo do dia 16 de Julho na maré morta. ....	17
Figura 9. Gráfico da variação da concentração de sedimentos, da maré e da velocidade em função do tempo do dia 30 de Julho de 2017 na maré morta. ....	17
Figura 10. Gráfico da variação da maré, concentração de sedimentos e da velocidade em função do tempo do dia 23 de julho maré viva. ....	18
Figura 11: Gráfico da variação da maré, concentração de sedimentos e da velocidade em função do tempo do dia 06 de Agosto maré viva. ....	19
Figura 12. Correlação entre a velocidade da corrente de maré e a concentração de sedimentos em suspensão na maré morta. ....	19
Figura 13. Correlação entre a velocidade da corrente da maré viva e a concentração de sedimentos suspensos nos dias 23 de Agosto e 6 de Setembro. ....	20
Figura 14. Curvas para erosão, transporte e deposição de sólidos em relação a granulometria dos sedimentos. Fonte (Open University, 1999). ....	21

<b>Lista de Tabelas</b>	<b>Páginas</b>
Tabela 1. Parâmetros utilizados para a análise dos valores do fluxo sólido em suspensão ( $Q_{ss}$ esp.). Fonte: (Lima et, al. 2004).....	8
Tabela 2. Parâmetros utilizados para a análise das concentrações de sedimentos em suspensão (C <sub>ss</sub> ). Fonte: (Lima et, al. 2004).....	8
Tabela 3. Campanhas amostrais.....	11
Tabela 4. Balanço do fluxo de sedimentos em suspensão. ....	21
Tabela 5. Dados do dia 16 de Julho de 2017, colectados durante a maré morta. ....	30
Tabela 6. Dados do dia 23 de Julho de 2017, colectados durante a maré viva. ....	30
Tabela 7. Dados do dia 30 de Julho de 2017, colectados durante a maré morta. ....	31
Tabela 8. Dados do dia 06 de Agosto de 2017, colectados durante a maré viva.....	31

## Tabela de abreviaturas

<b>Simbolo</b>	<b>Significado</b>
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
%	Porcentagem
g	Gramas
S	Segundos
L	Litros
M	Metros
Km	Quilómetro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Q	Vazão
Css	Concentração de sedimentos em suspensão
MPS	Materia particulada em suspensão
$q_{s,c}$	Fluxo de sedimentos suspensos
$\Delta x$	Variação da espaço
$\Delta t$	Variação do tempo
V	Volume
Pfs	Peso do filtro com a amostra de sedimentos seco
Pf	Peso do filtro sem amostra de sedimentos
V	Velocidade

<b>Índice</b>	<b>Páginas</b>
<b>CAPITULO I</b>	
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivos .....	3
1.1.1. Geral.....	3
1.1.2. Específicos .....	3
<b>CAPITULO II</b>	
2. Revisão de literatura .....	4
2.1. Classificação geomorfológica dos estuários baseada na sua origem.....	4
2.2. Classificação das marés e das correntes de maré.....	4
2.2. Fluxo de sedimentos em suspensão .....	7
2.3. Caracterização das correntes de maré no estuário dos bons sinais e no Chuabo Dembe ....	9
<b>CAPITULO III</b>	
3. Metodologia.....	10
3.1. Localização e caracterização da área de estudo .....	10
3.2. Método .....	11
3.2.2. Medição da área da secção transversal do canal .....	11
3.2.3. Medição da Velocidade da Corrente .....	12
3.2.4. Medição da altura da maré .....	12
3.2.5. Colecta de sedimentos .....	13
3.2.6. Análise e determinação das concentrações de sedimento .....	13
3.2.7. Calculo do fluxo de sedimentos em suspensão .....	14
3.3. Material .....	14
<b>CAPITULO IV</b>	
4. Resultados.....	16

5. Discussão.....	22
-------------------	----

## CAPITULO V

6. Conclusões.....	25
--------------------	----

6.1. Recomendações.....	26
-------------------------	----

## CAPITULO VI

7. Referencias Bibliográficas.....	27
------------------------------------	----



## **1. Introdução**

Os estuários são ambientes sedimentares costeiros cuja evolução depende da interacção entre parâmetros geomorfológicos, sedimentares e hidrodinâmicos, sendo a actividade biológica uma condicionante fundamental na manutenção do sistema. Também se destacam entre os principais ambientes deposicionais costeiros da história geológica recente, possuindo uma diversidade de morfologias devido às diferentes formas de interacção dos fluxos de energia gerados pelas ondas, marés e descarga fluvial (Miranda *et al.*, 2002).

São as principais vias de transferência de água, sedimento, poluentes, nutrientes dos continentes para os oceanos. Grande parte do material sedimentar estuarino é proveniente da erosão da bacia de drenagem, cujos principais constituintes são silte e argila, que constituem partículas inferiores a 60µm (Mehta e Parthenidez, 1975). A mistura entre as águas de diferentes densidades depende do nível de energia disponível para gerar mistura. Esta energia é fornecida principalmente através da fricção gerada pela propagação da onda de maré, a qual produz macro turbulência. Além de afectar a distribuição vertical e longitudinal da salinidade, isto também traz implicações nos processos de transporte e retenção de materiais em um estuário, (Schubel e Carter, 1984).

Vários factores físicos, tais como, o caudal escoado pelo rio, as correntes e alturas de maré, a composição dos sedimentos, a agitação marítima e o vento, contribuem para a complexidade destes ambientes costeiros. A interacção do caudal dos rios, correntes de maré e a morfologia da bacia produz o tipo de circulação e estratificação de um determinado estuário, afectando a composição e distribuição da flora e fauna locais (Delgado, 2011). O transporte dos sedimentos através do estuário até que alcancem a região costeira é controlado pelo aporte fluvial de sedimentos e pelo padrão de circulação estuarino. Essa circulação é gerada pelas variações do nível do mar, pela descarga de água doce, pelo gradiente de densidade, pela circulação da plataforma continental e pela acção do vento na superfície livre (Miranda *et al.*, 2002).

As correntes originadas pelas marés desempenham um papel importante na dinâmica sedimentar das praias, principalmente nas zonas estuarinas e lagunares e nas desembocaduras dos rios (Folha, 2011)

Ao passar do tempo os estuários tendem a se sedimentar ou sofrem erosão, o que conseqüentemente causa problemas como acumulo de sedimentos em canais navegáveis e

alteração da hidrodinâmica do próprio estuário causada pela alteração na morfologia do fundo. A região de Chuabo Dembe, vem sofrendo erosão das suas margens e este problema tem se intensificado a cada dia, tendo uma contribuição antrópica através do embargue e desembargue dos barcos e também pela ação natural, as correntes de maré fazem parte do conjunto de factores que contribuem para a erosão através do arrastamento de partículas. Ao sofrer erosão haverá aumento das partículas sólidas em suspensão que conseqüentemente dificultará a penetração da luz na coluna de água afectando assim, os organismos como, o crescimento das algas limitando assim a produção primaria. Deste modo houve uma necessidade de se fazer um estudo para entender o papel das correntes de maré no transporte de sedimentos suspensos.

## **1.1. Justificativa**

Este estudo sobre o comportamento da corrente de maré naquele sistema estuarino tem uma grande importância, uma vez que a acção da maré nesse sistema é o principal motor responsável pelos processos de mistura e pelas trocas que se efectuam entre o oceano e o estuário, tornando-se num agente efectivo no processo de transporte de sedimentos e na renovação das águas estuarinas. O monitoramento da concentração de sedimentos suspensos nos estuários, é essencial ao gerenciamento dos mesmos, facilitando o planeamento das estratégias de manejo e a preservação dos recursos naturais que lá se encontram.

Assim este trabalho vai ajudar na compreensão do papel das correntes de maré no transporte de sedimentos suspensos bem como, fornecer dados para um diagnóstico ambiental que possam servir como um instrumento para programas de gestão ambiental costeira, na prevenção de problemas ambientais tais como a erosão, contaminação das águas estuarinas e mais.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Geral**

Estudar a influência da corrente de maré no transporte de sedimentos em suspensão.

### **1.2.2. Específicos**

- ✓ Determinar a velocidade da corrente de maré no ponto de amostragem;
- ✓ Determinar a concentração de sedimentos em suspensão;
- ✓ Correlacionar a quantidade de sedimentos em suspensão com a velocidade da corrente;
- ✓ Calcular o fluxo de sedimentos em suspensão.

## CAPITULO II

### 2. Revisão de literatura

#### 2.1. Classificação geomorfológica dos estuários baseada na sua origem

Segundo Pritchard (1952) os estuários quanto à sua origem podem ser classificados em:

**a) Estuários de planície costeira:** estão amplamente distribuídos ao redor do mundo apresentando uma forma irregular. São típicos de regiões de planície costeira e formaram-se durante a elevação Holocénica, que inundou os vales dos rios. O ritmo da inundação foi mais acentuado do que a sedimentação tornando a sua forma actual muito semelhante ao vale do rio. Estes estuários são relativamente rasos, raramente excedendo 30 m de profundidade e orientam-se perpendicularmente à linha de costa;

**b) Estuários barrados por restingas:** estes estuários são distinguidos pela presença de uma barreira arenosa formada por processos de deposição costeira restringindo as embocaduras do estuário. Estes estuários são geralmente mais rasos que os anteriores, e devido a restrição ao fluxo de maré imposta pela barreira arenosa, a ação das correntes e ondas é restrita a embocadura. Esta sofre mudanças sazonais de posição e morfologia devido a variação da vazão fluvial, intensidade e frequência de tempestades.

**c) Estuário de pantanos salgados:** são normalmente caracterizados pela ausência de uma vazão fluvial significativa e por extensas áreas de entre marés colonizadas por vegetação. O estuário propriamente dito consiste de canais de drenagem, onde a circulação de água é dominada pelas correntes de maré. A rede bem definida de canais de maré conecta-se ao oceano através de uma ou mais aberturas na restinga, com profundidades em torno de 10 m.

**d) Fiordes** são vales profundos (ate 800 m) entalhados no gelo, com secção transversal em "U", com depósitos de moraina localizados junto a embocadura e onde a profundidade varia de 10 a 90 metros.

#### 2.2. Classificação das marés e das correntes de maré

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa de água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atracção gravitacional da Lua e, em menor extensão do Sol sobre os diversos pontos da terra, (Miguens, 1994).

Na classificação das marés, Davies (1964) toma como base a amplitude apresentada pelas marés e propõe a seguinte classificação: o termo micromaré a variação da amplitude da maré inferior a 2 m, mesomaré variando de 2 a 4 m e macromarés com amplitude maior que 4m.

Devido ao fato de 1 dia lunar ter aproximadamente 24h 50m, em oposição ao dia solar de 24 horas, as marés não ocorrem todos os dias à mesma hora num mesmo local. Conforme a periodicidade apresentada pelas marés elas podem ser classificadas como: Maré semi-diurna quando ocorrem duas marés altas e duas marés baixas a cada 12 horas, maré diurna ocorre a cada 24 horas, uma maré elevada e uma maré baixa e maré mista que é combinação dos outros dois com grandes diferenças de altura entre suas preamar e baixa-mar (Thurman, 1994).

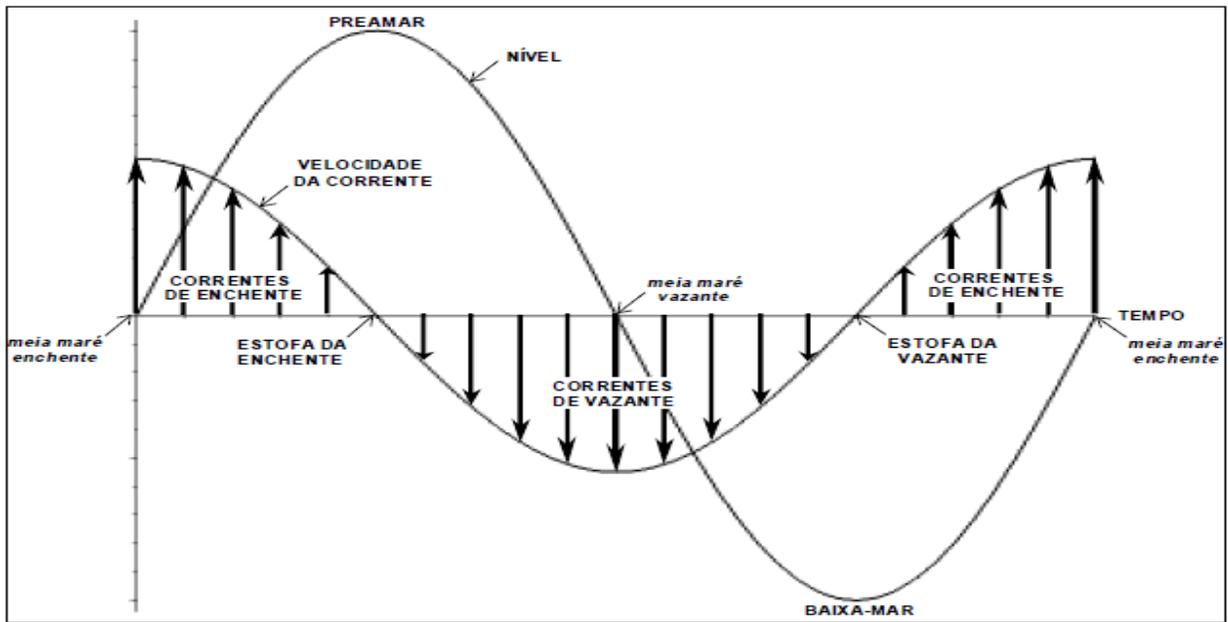
A corrente de maré é a componente horizontal do movimento da partícula, enquanto a maré é a manifestação pela componente vertical. A observação da corrente de maré pode ser considerada o resultado da combinação de muitas ondas de maré, cada qual pode variar de uma onda progressiva a uma onda estacionária com diferentes períodos, comprimentos, fases e direcções (King, 1975).

As correntes de maré têm um carácter rotatório, em virtude da interacção entre as forças astronómicas e a influência da rotação terrestre. De fato, o efeito de Coriolis, devido à rotação da terra, tende a desviar as correntes de maré para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, concorrendo, juntamente com as próprias forças astronómicas, para a génese de correntes rotatórias (Miguens, 1994).

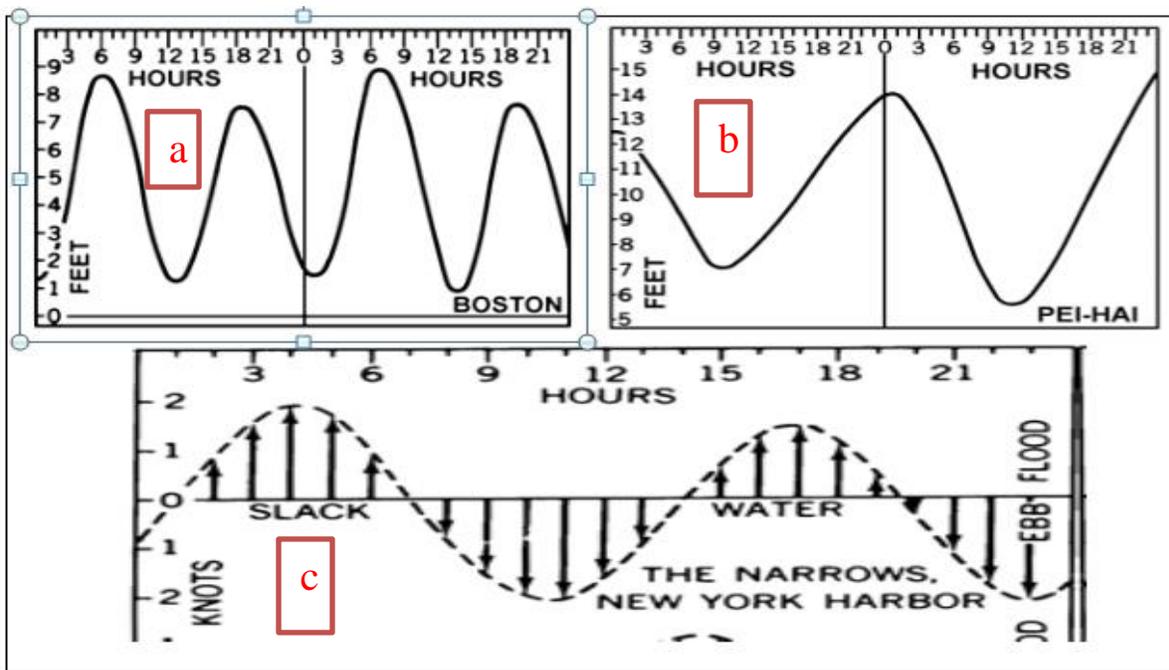
As correntes originadas pelas marés desempenham um papel importante na dinâmica sedimentar das praias, principalmente nas zonas estuarinas e lagunares e nas desembocaduras dos rios. As correntes de enchente e de vazante das marés desempenham um papel importante na circulação e redistribuição de sedimentos em estuários, lagunas e praias arenosas, sendo responsáveis pela formação dos deltas de maré e outros bancos arenosos (Folha, 2011).

As actividades das correntes de maré produzem efeitos bem documentados em amplas regiões da ante-praia e plataforma continental, onde têm capacidade suficiente para mobilizar enormes volumes de areia, Ponzi e SichelI (2004), a intensidade da corrente será máxima a meia maré e será nula durante a PM e BM figura 3, ( Da Silva, 2011).

De acordo com Oliveira, (2010), a magnitude das correntes de maré dependem basicamente de factores como assimetria, amplitude e morfologia do local de propagação e, maioritariamente as velocidades máximas desta corrente em estuários e canais, podem ser observadas aproximadamente no meio da enchente e da vazante da maré como ilustra a figura 1.



**Figura 1:** Variações da maré e velocidades da corrente em um sistema de maré sintética, idealizada (Da Silva, 2011).



**Figura 2:** Ilustra os diferentes tipos de marés, a) é maré do tipo mista, b) maré do tipo diurna e c) maré semi-diurna. Fonte : (Folha, 2011)

## **2.2. Fluxo de sedimentos em suspensão**

O transporte de sedimentos nos estuários é bastante diferente em relação ao que se passa no rio, nestes ambientes, a descarga fluvial encontra a maré, e a corrente desta assume um papel gerador de turbulência. A partir deste momento existe apenas um pequeno período de tempo entre a subida e a descida da maré cuja turbulência é mínima, nesse intervalo de tempo, os sedimentos mais pesados têm a possibilidade de se depositarem no leito do estuário (Delgado, 2011).

O transporte de sedimentos em suspensão se dá de maneira bastante heterogênea no tempo, variando rapidamente em resposta a eventos hidrológicos de curta duração, Schettini (2000), as marés e as ondas também alimentam o estuário com sedimentos, geralmente mais grossos, provenientes dos oceanos (Bell *et al.*, 2000).

Em condições naturais, as concentrações e fluxos de material em suspensão de rios, possuem relação com a vazão, (Restrepo & Kjerfve, 2001). O aumento da vazão intensifica a velocidade do escoamento fluvial, a capacidade de transporte do rio e a lavagem das margens, incrementando o material particulado e dissolvido, (Holeman, 1965). À medida que a corrente volta novamente a aumentar, as partículas elevam-se para a coluna de água, (Delgado, 2011).

Os sedimentos permanecem em suspensão devido à turbulência, mas a sua concentração na coluna de água varia fortemente com a maré. Durante a vazante existe uma maior concentração de sedimentos relativamente à enchente, o que sugere que nem toda a quantidade de sedimentos volta com a enchente da maré; uma pequena parte parece capaz de avançar em direção à embocadura (Tomczak, 2000).

Contudo, o balanço sedimentar tem sido afectado e alterado pela actividade humana em redor dos estuários, principalmente por acções que provocam o aumento da erosão e pela alteração dos padrões naturais do fluxo da água (Bell *et al.*, 2000).

A produção ou aumento da concentração de sedimentos por uma bacia hidrográfica é influenciada, por diversos factores, tanto naturais, quanto antropogénicos. Dentre os factores naturais destacam-se clima, geologia, relevo e área da bacia. Diversas acções antropogénicas alteram o padrão natural da produção de sedimentos, algumas incrementam a produção de sedimentos, tal como o desmatamento, intensificando a erosão, e outras provocam sua redução, tal como a construção de barragens, que retém e diminuem a capacidade de transporte de sedimentos pelos rios (Holeman, 1965).

A concentração de sedimentos em suspensão varia significativamente de um estuário para outro, bem como no tempo e no espaço para um mesmo estuário, Uncles *et al.*, (2002), e a sua ocorrência é geralmente no estado floculado (Dyer, 1986).

Lima et, all, (2004), aponta alguns parâmetros utilizados para a análise dos valores do fluxo sólido em suspensão específico ( $Q_{ss}$  esp.) e para a análise dos valores de concentração de sedimentos em suspensão ( $C_{ss}$ ) veja as tabelas X e Y abaixo.

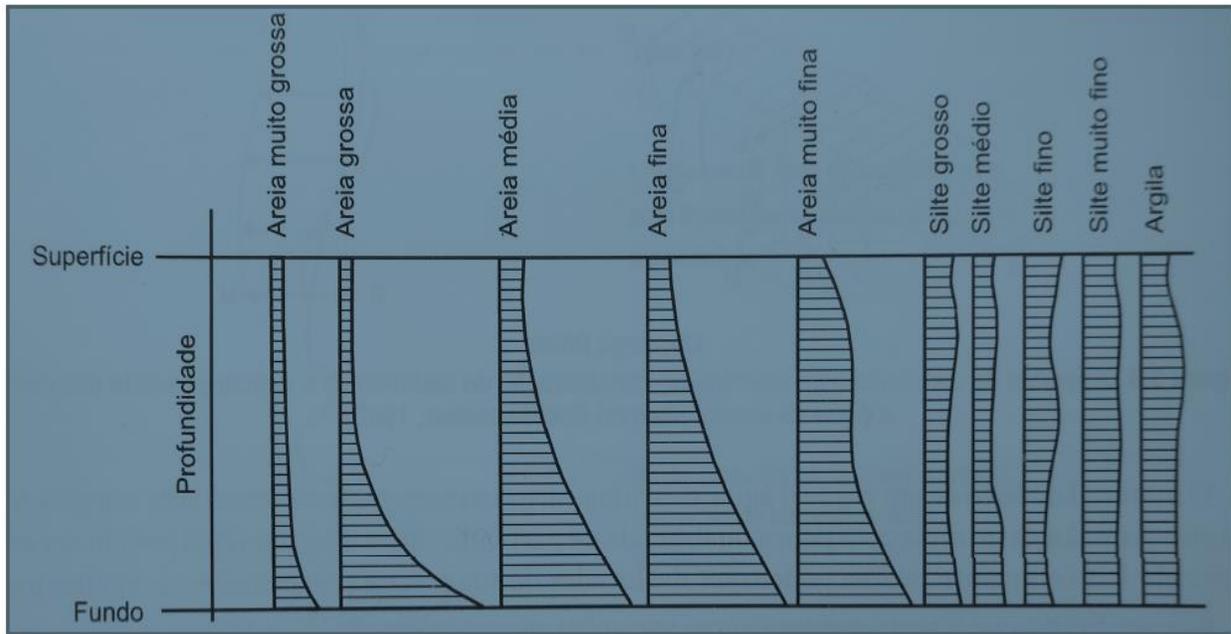
**Tabela 1.** Parâmetros utilizados para a análise dos valores do fluxo sólido em suspensão ( $Q_{ss}$  esp.). Fonte: (Lima et, al. 2004)

Classificação	qss. (t/Km <sup>2</sup> ano)
Baixa	<70
Moderada	70 a 175
Alta	175 a 300
Muito alta	>300

**Tabela 2.** Parâmetros utilizados para a análise das concentrações de sedimentos em suspensão ( $C_{ss}$ ). Fonte: (Lima et, al. 2004)

Classificação	$C_{ss}$ . (mg/L)
Muito Baixa	<50
Baixa	50 a 100
Moderada	100 a 150
Alta	150 a 300
Muito alta	>300

A partícula em suspensão está sujeita à acção da velocidade da corrente na direcção horizontal, predominantemente, e de seu peso. Consequentemente, a concentração deve apresentar um mínimo na superfície um máximo perto do leito, para uma granulometria variada. As partículas mais grossas do sedimento em suspensão que são geralmente areias apresentam uma variação crescente da superfície para o leito. As partículas finas, como silte e argila, tem uma distribuição mais ou menos uniforme na vertical, (Lopes, 2006).

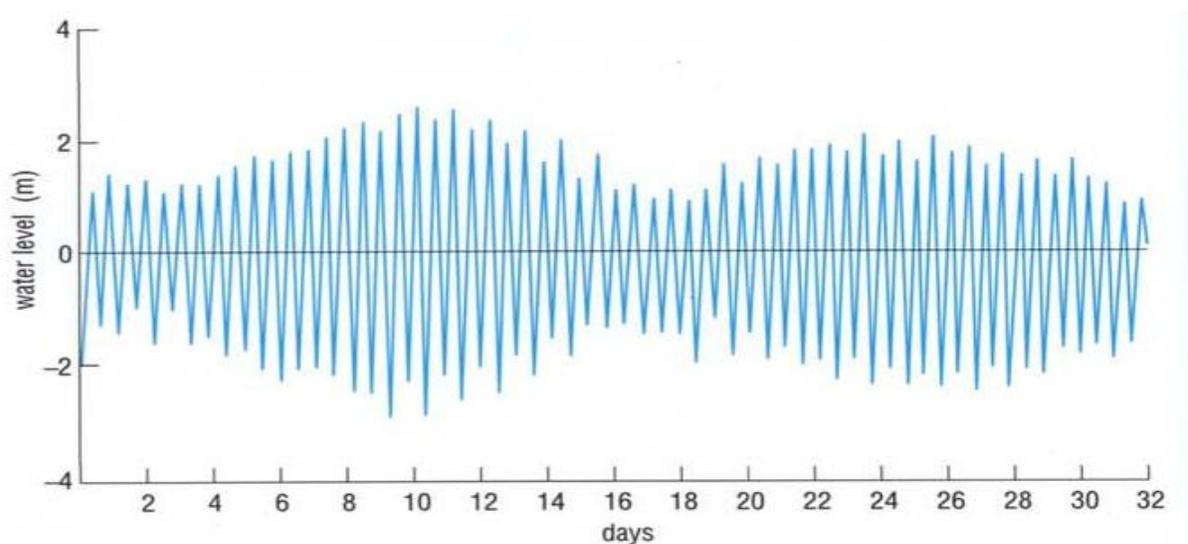


**Figura 3:** Distribuições verticais de sedimento num curso de água. Fonte: (Lopes, 2006)

### 2.3. Caracterização das correntes de maré no estuário dos bons sinais e no Chuabo Dembe

Segundo Filinho (2009), as marés ao longo do Estuário realizam dois ciclos completos, este facto está aliado ao factor forma ( $F < 0,0227$ ) e permite-nos classificar as marés como sendo semi-diurnas.

As componentes semi-diurnas e diurnas controlam o ciclo das correntes de maré-viva e corrente de maré morta no canal.



**Figura 4.** Ilustra Marés semidiurnas. Fonte: (open university, 1999)

## CAPITULO III

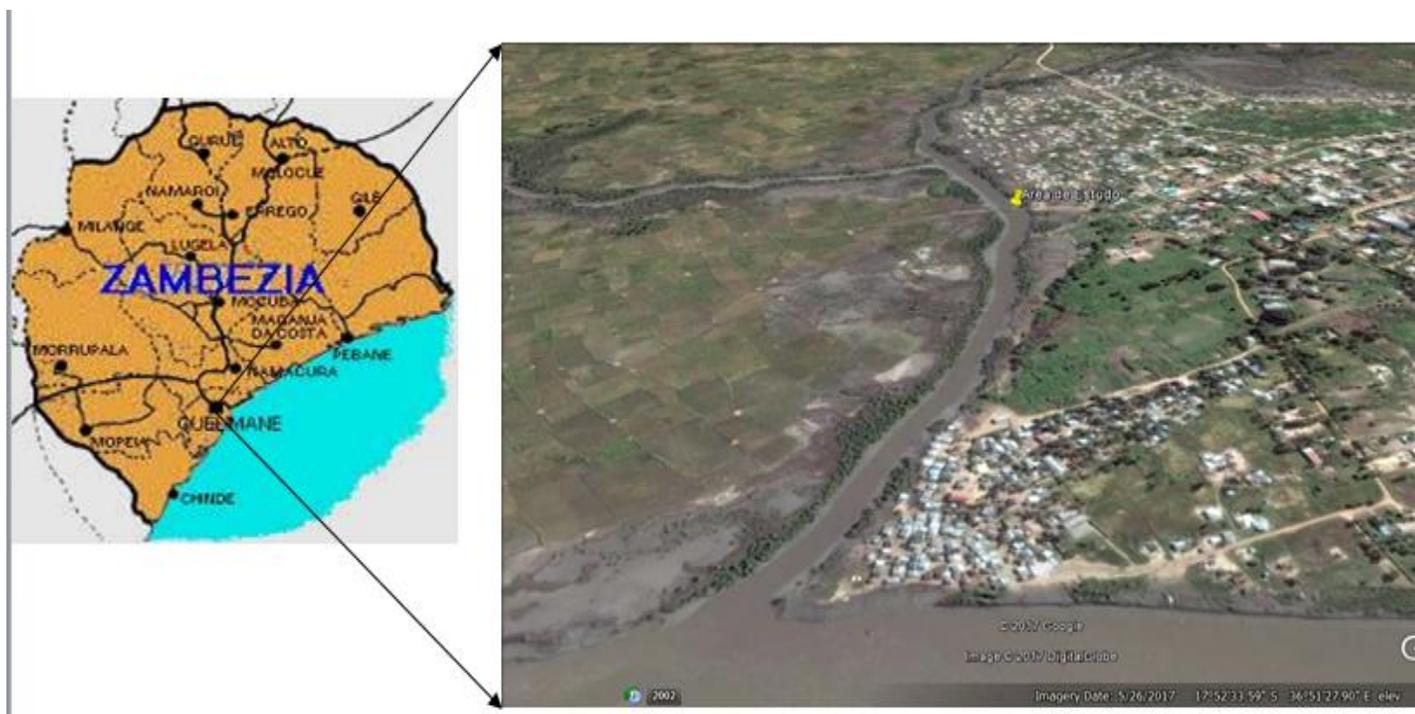
### 3. Metodologia

Este capítulo descreve a área de estudo, os métodos e os materiais que foram usados para a materialização deste estudo.

#### 3.1. Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi feito no canal de Chuabo Dembe que faz parte do estuário dos bons sinais e está localizado entre 17<sup>o</sup>52'03.63", 17<sup>o</sup>52'21.33" latitude sul e 36<sup>o</sup>51'22.01" de longitude este. O canal de Chuabo Dembe, separa a zona de Chuabo Dembe e a zona de Inhangome, Na região em estudo, o clima predominante é tropical chuvoso com duas estações distintas (Chuvosa e Seca), a precipitação média anual é de 1.428 mm, uma evapotranspiração média anual de 2.477 mm e uma temperatura média anual de 25.6°C, (Mutakate 2011).

É um bairro densamente povoado por pescadores, agricultores e comerciantes de carvão vegetal produzido através de espécies de mangal que estão naquela região. É uma região com influência de marés semi-diurnas, com alturas que chegam a 3.87m na fase de maré viva e 2.46 m na maré morta, as margens da região são de solos lodosos (Jeque, 2017).



**Figura 5:** Mapa de localização da zona do canal de Chuabo Dembe ao longo do Estuário dos Bons Sinais Cidade de Quelimane. Fonte: [www.google.earth.com](http://www.google.earth.com)

### 3.2. Método

Para a materialização deste trabalho usou-se dados colectados em campo no mês de Julho e Agosto e fez-se a análise laboratorial que também foi feita nesses meses no laboratório de solos da ESCMC-UEM, que cita na Cidade de Quelimane com o intuito de analisar os dados para determinar as concentrações de material particulado.

**Tabela 3.** Campanhas amostrais

N <sup>o</sup>	Data	Maré	Amostras	Dados	Coordenadas
1	16/07/2017	Morta	MPS	Velocidade da corrente e nível do mar	17 <sup>o</sup> 52'26.7"S 36 <sup>o</sup> 51'34.4"E
2	23/07/2017	Viva	MPS	Velocidade da corrente e nível do mar	
3	30/07/2017	Morta	MPS	Velocidade da corrente e nível do mar	
4	06/08/2017	Viva	MPS	Velocidade da corrente e nível do mar	

#### 3.2.1. Pesquisa Bibliográfica

Esta etapa consistiu em levantamento de livros, teses referentes aos estuários, transporte de sedimentos, erosão costeira e seus impactos.

#### 3.2.2. Medição da área da secção transversal do canal

A área da secção transversal do canal foi obtida através de medições feitas por cima da ponte, com ajuda de uma corda fez-se o alinhamento das curvas da ponte pois a ponte não se encontrava numa linha recta apresentando algumas dobras, a corda foi amarrada nas duas extremidades da ponte, tendo um comprimento de 64 m referente a largura do canal. A corda foi dividida em 32 pontos de medições e a distância de um ponto para o outro foi de 2 m. A cada ponto mediu-se a altura da corda em relação ao fundo do canal este trabalho resultou em 32 medições.

Feitas as medições das alturas em que cada ponto da corda se encontrava em relação ao fundo do canal, com ajuda do Matlab obteve-se a curva da área da secção transversal do canal que foi dividida em pequenos rectângulos com 2 m de comprimento e 0.5 m de largura tendo cada rectângulo uma área de 1 m<sup>2</sup> segundo a equação (1), assim, registou-se o número dos rectângulos que envolviam cada altura da maré e o resultado da soma das áreas dos rectângulos foi considerada a área ocupada pela água ou área molhada.

$$A=C*L \text{ equação (1)}$$

A-é área do rectângulo (m<sup>2</sup>)

C-é o comprimento do rectângulo (m)

L-é largura do rectângulo (m)

### 3.2.3. Medição da Velocidade da Corrente

A medição da velocidade da corrente foi feita com base no método Lagrangeano que é um método que usa instrumentos que seguem a direção da corrente. Foi feita por cima da ponte que se encontra naquele canal, nesta medição levou-se em consideração a largura da ponte que foi de 2.15 m e fez-se o lançamento de um flutuador, tendo sido acrescentado um peso no flutuador para diminuir a influência do vento no seu deslocamento e, com ajuda de um cronometro mediu-se o tempo em que o flutuador leva para passar de um lado da ponte para o outro e tendo o espaço percorrido e o tempo gasto, calculou-se a velocidade da corrente usando a equação (2), método este descrito por Carvalho et, all, (2000), que considera que o movimento de partículas em suspensão é considerado igual a velocidade da corrente. Os dados da velocidade da corrente de maré foram medidos num intervalo de 1h durante 13 horas do mesmo dia e o seu calculo foi com base na equação abaixo.

$$v = \Delta x / \Delta t \quad \text{equação (2)}$$

Onde;  $v$  -é a velocidade da corrente (ms<sup>-1</sup>)

$\Delta x$  -é a largura da ponte (m)

$\Delta t$  -é o tempo gasto para percorrer a largura da ponte (s)

### 3.2.4. Medição da altura da maré

A medição da altura da maré fez-se com base no método Euleriano com ajuda de um marégrafo, programado com um tempo de observação de 10 minutos.

O marégrafo permaneceu ancorado durante 13 horas a fim de obter um gráfico da maré, o marégrafo foi sinalizado com bóias superficiais a fim de facilitar a localização, essas medições foram feitas quatro vezes, duas na maré morta e as outras duas na maré viva. Estes dados foram

extraídos usando o software Ruskin e gravados na planilha de Microsoft Excel onde foram produzidos os gráficos das marés.

### **3.2.5. Colecta de sedimentos**

As amostras de sedimentos para a determinação das suas concentrações foram colhidas através de garrafas plásticas com 0.5 litros de volume, durante um periodo de observação de uma hora durante 13 horas do mesmo dia..

Uma vez colhidas as amostras de sedimentos suspensos foram conservadas num ambiente no qual não havia influência da radiação solar para impedir a alteração causada por seres fotossintéticos contidos na amostra que, em condições normais de temperatura e pressão, com concentrações ideais de oxigénio alimentam-se de micronutrientes.

### **3.2.6. Análise e determinação das concentrações de sedimento**

A etapa que prosseguiu a colecta de sedimentos foi a análise laboratorial de sedimentos que foi feita com ajuda de filtradores de água e a sua secagem foi feita numa estufa a temperaturas que variaram entre 100-110°C durante um período de uma hora para a obtenção do valor da fracção de sólidos totais por 0.5 litros de volume e eliminar toda água presente na amostra segundo Carvalho et al. (2000).

Para a determinação das concentrações foi usada uma balança de 0.001g de precisão coberto por vidro, e papéis de filtros com um diâmetro de 47mm e 0,45µm de malha da membrana. Onde filtrou-se a água para a obtenção da quantidade de sedimentos por 0.5L de água.

A concentração dos sólidos totais é igual ao peso dos sólidos secos dividido pelo volume da amostra e é usualmente expresso em gramas por litro (g/L), neste caso a concentração dos sedimentos é dada por::

$$C_{ss} = (P_{fs} - P_f)/V \quad \text{Equação (3)}$$

Onde;

$P_{fs}$ - é o peso do filtro com a amostra de sedimentos seco;

$P_f$ - é o peso do filtro seco sem sedimentos;

$C_{ss}$ - é a concentração de sedimentos suspensos num volume de 0.5litros;

$V$ - é o volume em litros.

### 3.2.7. Cálculo do fluxo de sedimentos em suspensão

Para o cálculo do fluxo sedimentar, usou-se a expressão abaixo que relaciona a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão usada por, Medeiros et al, (2007).

$$q_{s,c} = C_{ss} * A * v \quad \text{Equação (4)}$$

**Onde :**  $q_{s,c}$  = fluxo de sedimentos suspensos (g/s)

$v$  = velocidade da corrente de maré (m/s)

$C_{ss}$  = concentração de sedimentos suspensos num instante (g/L)

$A$  = área ocupada pelo fluido (m<sup>2</sup>)

### 3.3. Material

A materialização deste trabalho foi possível com ajuda de instrumentos como o marégrafo, garrafas plásticas de 0.5L, papéis de filtros de 0.45µm, Filtro de Whatman, cordas, um flutuador, Barco da ESCMC-Pluma, Balança de 0.001g de precisão, máquina fotográfica, Estufa e software (excel, Matlab e Ruskin ).

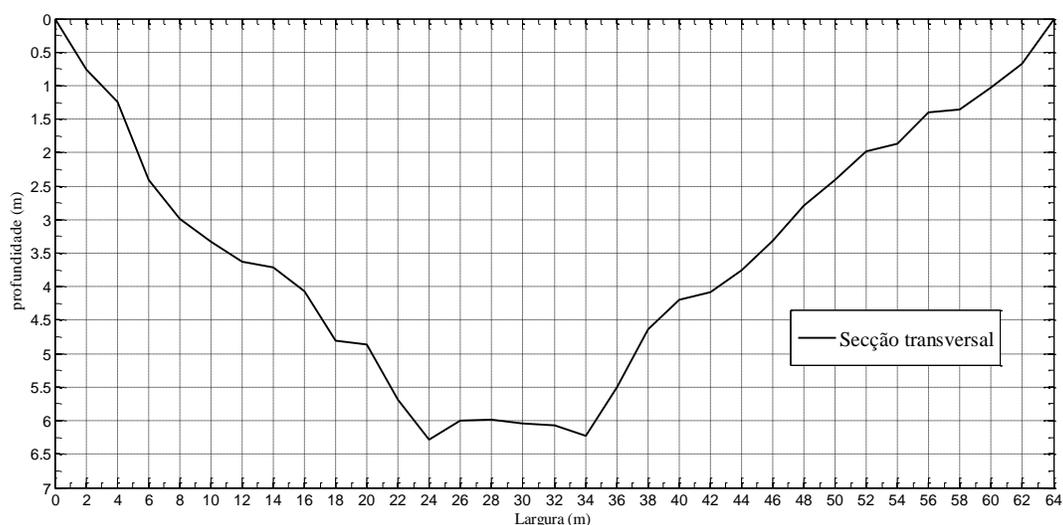


**Figura 6.** Equipamentos usados: a) Marégrafo, b) GPs, c) Garrafas plasticas de 0.5L, d) Papeis de filtro de 0.45  $\mu\text{m}$  e) Estufa e f) Filtro whatman. Fonte: autor

## CAPITULO IV

### 4. Resultados

A figura 7, ilustra a secção transversal onde colectou-se os dados. Nesta secção, o canal tem uma profundidade de 6,28 m, uma largura de 64m e uma área total de 227,3 m<sup>2</sup>.



**Figura 7.** Área da secção transversal do canal de chuabo Dembe com um comprimento de 64 m, uma profundidade de 6.28 m e uma área de 227,3 m<sup>2</sup>.

#### 4.1. Relação entre as correntes de maré e a concentração de sedimentos em suspensão no canal de Chuabo Dembe.

##### a) Relação nas marés mortas

O gráfico 8, representa a variação da concentração de sedimentos em suspensão, da velocidade da corrente (lido no eixo direito) e da maré em função do tempo na maré morta do dia 16 de Julho de 2017 (lido no eixo esquerdo).

O valor máximo da velocidade da corrente de maré foi de 0.49 m/s durante a enchente e mínimo de 0.6 m/s na enchente e na vazante, no geral os maiores valores da velocidade foram observados no meio da enchente e da vazante, a altura máxima da maré foi de 2.46 m, a variação da concentração de sedimentos teve o seu valor máximo de 0.16 g/L no período da enchente que coincidiu com o período em que se registou-se a maior velocidade da corrente, o pico mínimo da concentração de sedimentos suspensos foi de 0.0592 g/L e registou-se numa velocidade de 0.09 m/s.

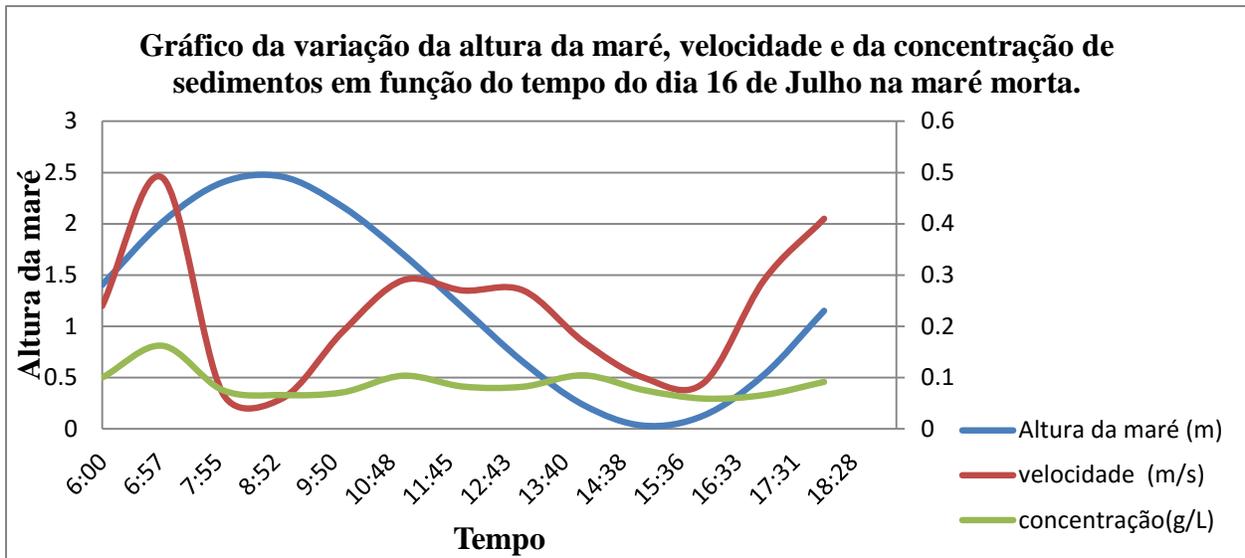


Figura 8: Gráfico da variação da concentração de sedimentos em suspensão, da maré e da velocidade da corrente em função do tempo do dia 16 de Julho na maré morta.

Na figura 9 na maré morta, o valor máximo da velocidade da corrente da maré foi de 0.34 m/s durante a enchente, os maiores valores da velocidade foram observados no período em que estava a atingir o seu pico máximo durante a enchente e ao atingir o seu pico mínimo durante a vazante, a altura máxima da maré foi de 2.29 m, a variação da concentração de sedimentos teve o seu valor máximo de 0.121 g/L no período da enchente que coincidiu com o período em que se registou a segunda maior velocidade da corrente, o pico mínimo da concentração de sedimentos suspensos foi de 0.0134 g/L e registou-se numa velocidade de 0.06 m/s durante a vazante.

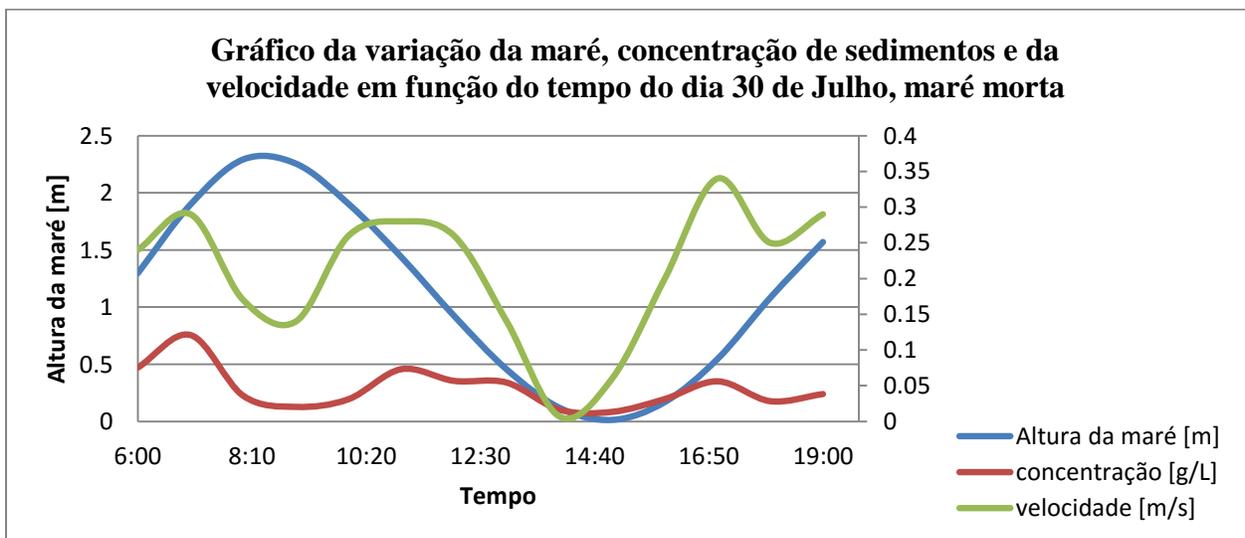
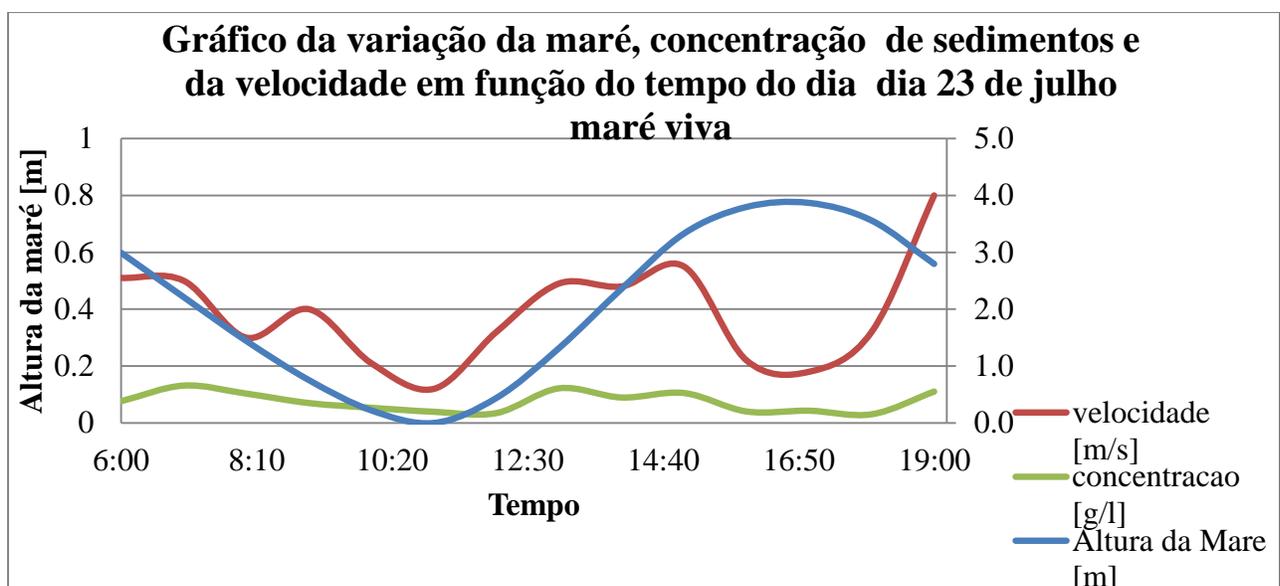


Figura 9. Gráfico da variação da concentração de sedimentos, da maré e da velocidade em função do tempo do dia 30 de Julho de 2017 na maré morta.

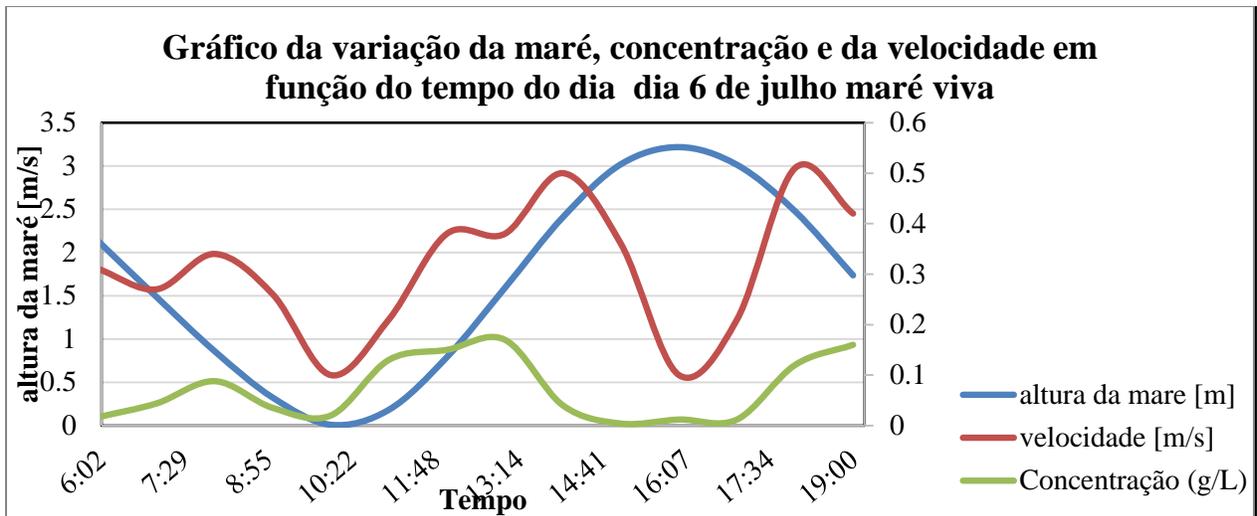
## b) Relação nas marés vivas

O gráfico 10, representa a variação da concentração de sedimentos, da velocidade (lido no eixo direito) e da maré em função do tempo na fase da maré viva do dia 23 de Julho de 2017 (lida no eixo esquerdo). O valor máximo da velocidade da corrente da maré foi de 0.8 m/s durante a vazante e no geral os maiores valores da velocidade foram observados no meio da enchente e da vazante, a altura máxima da maré foi de 3.9 m, a variação da concentração de sedimentos teve o seu valor máximo de 0.1314 g/L no período da vazante que coincidiu com o período em que se registou a segunda maior velocidade da corrente, o pico mínimo da concentração de sedimentos suspensos foi de 0.0306 g/L e registou-se numa velocidade de 0.32 m/s.



**Figura 10.** Gráfico da variação da maré, concentração de sedimentos e da velocidade em função do tempo do dia 23 de julho maré viva.

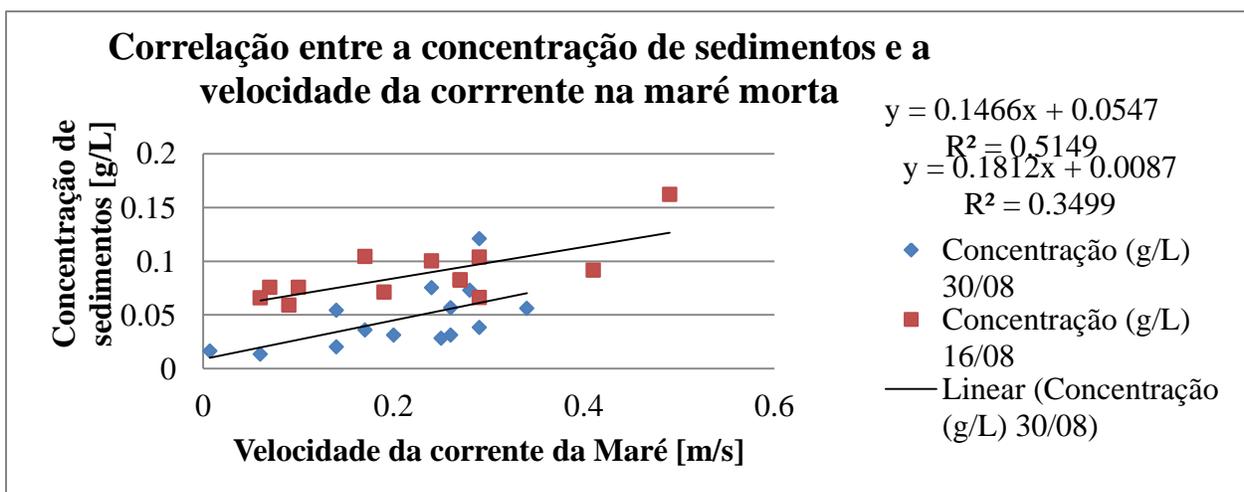
A figura 11, representa a variação da concentração, da velocidade (lido no eixo direito) e da maré em função do tempo na fase da maré viva do dia 6 de Agosto de 2017 (lida no eixo esquerdo). O valor máximo da velocidade da corrente de maré foi de 0.51 m/s durante a vazante e no geral os maiores valores da velocidade foram observados no meio da vazante e da enchente, a altura máxima da maré foi de 3.21 m, a variação da concentração de sedimentos teve o seu valor máximo de 0.17 g/L no período da enchente que coincidiu com o período em que se registou a segunda maior velocidade da corrente, o pico mínimo da concentração de sedimentos suspensos foi de 0.004 g/L e registou-se numa velocidade de 0.36 m/s na enchente.



**Figura 11:** Gráfico da variação da maré, concentração de sedimentos e da velocidade em função do tempo do dia 06 de Agosto maré viva.

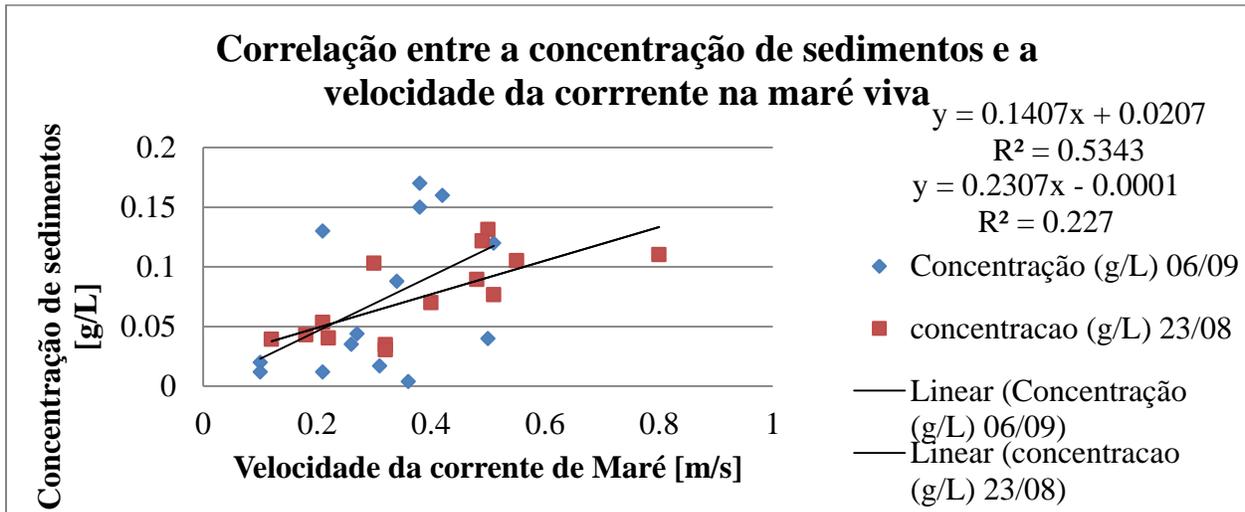
#### 4.2. Correlação entre a velocidade da corrente de maré e a concentração de sedimentos em suspensão.

Na figura 12 está ilustrada a correlação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a velocidade da corrente na maré morta, no gráfico nota-se uma boa correlação de  $r = 0.52$  nos dados do dia 16 de Agosto e uma baixa correlação ( $r = 0.35$ ) nos dados do dia 30 de Agosto, de acordo com os resultados a concentração de sedimentos em suspensão teve boa dependência linear da velocidade da corrente no dia 16 de Agosto.



**Figura 12.** Correlação entre a velocidade da corrente de maré e a concentração de sedimentos em suspensão na maré morta.

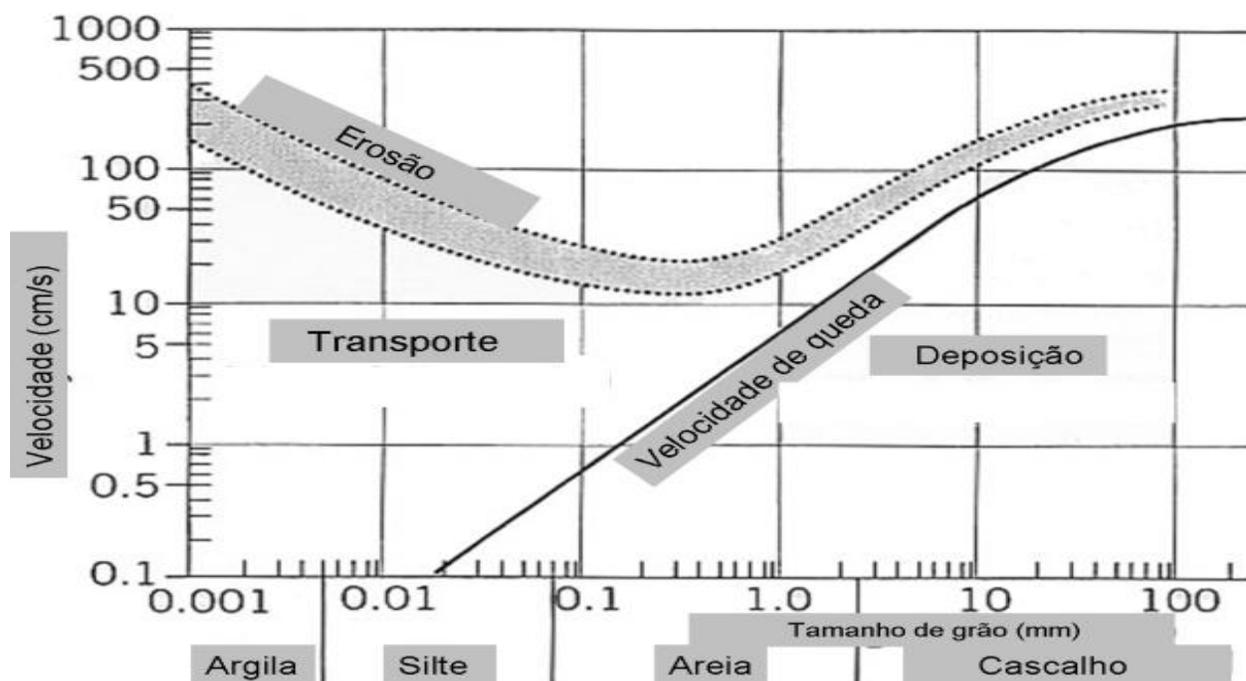
A figura 13, representa a correlação entre a variação da corrente de maré e a variação da concentração de sedimentos em suspensão na maré viva, de acordo com os resultados do gráfico, pode-se notar que a correlação entre a concentração de sedimentos em suspensão e a velocidade da corrente é boa no dia 23 de Julho que foi de  $r=0.5343$  e no dia 6 de Agosto foi baixa com  $r=0.227$ .



**Figura 13.** Correlação entre a velocidade da corrente da maré viva e a concentração de sedimentos suspensos nos dias 23 de Agosto e 6 de Setembro.

#### 4.3.Determinação do tipo de sedimentos com base no Diagrama de Hjulstrom

A figura 14, ilustra o diagrama Hjulstrom que representa as curvas de erosão, transporte, deposição e velocidade de queda de diferentes tipos de sedimentos que permitiu estimar o tipo de sedimentos que estão a ser transportados no canal de Chuabo Dembe. Porque as velocidades da corrente no canal variaram de 0.007 m/s a 0.8 m/s estas só podem transportar sedimentos do tipo silte, argila e areia.



**Figura 14.** Curvas para erosão, transporte e deposição de sólidos em relação a granulometria dos sedimentos. Fonte (Open University, 1999).

#### 4.4. Fluxo de sedimentos suspensos no canal de Chuabo Dembe

A tabela 4, ilustra o fluxo de sedimentos em suspensão na enchente e na vazante da maré. O maior valor do fluxo foi verificado na maré viva e foi de -25.884,63 e o menor na maré morta (-9.744,19). Nas marés mortas os maiores valores do fluxo foram verificados durante a enchente e nas marés vivas o maior fluxo foi verificado durante a vazante.

**Tabela 4.** Balanço do fluxo de sedimentos em suspensão.

Dias	Fluxo na enchente g/s	Fluxo na vazante g/s	Balanço g/s
16 de 07 de 2017 Maré morta	+16.901	-9.744,19	+7.156,81
23 de 07 de 2017 Maré viva	+19.105,83	-25.884,63	-6.778,8
30 de 07 de 2017 Maré morta	+11.200,24	-5.576,61	+5.623,63
06 de 08 de 2017 Maré viva	+13.979,84	-19.427,515	-5.447,68
Total	+61.186,91	-60.632,945-	+553,965

## 5. Discussão

### 5.1. Variações das concentrações de sedimentos em suspensão com a maré e corrente de maré

Os resultados acima, revelam que a corrente de maré, contribui na variação da concentração de sedimentos em suspensão. Nas marés mortas as maiores velocidades foram verificadas durante a enchente e nas marés vivas foram verificadas no período da vazante. Este comportamento, pode estar associado ao facto de o estuário ser dominado pelas marés. Nos estuários dominados pelas marés, a água penetra o estuário aumentando a velocidade das correntes assim como, o seu tamanho em escalas temporais, facilitando a dominância das marés facto referenciado por, (Delgado, 2011).

No geral as maiores intensidades da corrente foram verificadas durante o período da vazante na maré viva 0.8 m/s foi o máximo registado, isto está relacionado com o facto de as correntes de marés serem fortes na vazante em relação a enchente da maré, pois na enchente, tem somente como força causadora da corrente a força exercida entre o sol e a lua, enquanto na vazante tem-se várias forças a serem consideradas tal como a força de gravidade, a força exercida entre o sol e a lua, a topografia do canal, facto este verificado por, (Filinho, 2009).

De acordo com os dados da velocidade da corrente e sua relação com o transporte de sedimentos, o mínimo da velocidade observado naquele canal foi de 0.007 m/s na maré morta e o valor máximo foi de 0.8 m/s na maré viva. A correlação entre a concentração de sedimentos suspensos e a velocidade da corrente mostrou-se muito variado tendo apresentado uma boa correlação na maré viva assim como na morta ( $r > 0.5$ ) mas, também apresentou fraca correlação que são valores de  $r < 0.5$ . Na classificação dos valores das concentrações de sedimentos suspensos segundo Lima et, al. (2004), os valores das concentrações de sedimentos em suspensão foram baixos assim como altos, que são valores iguais ou inferiores a 0.05g/L e os que estão entre 0.15g/L a 0.3 g/L respectivamente, isto verificou-se tanto nas marés mortas assim como nas marés vivas.

A concentração de sedimentos em suspensão na primeira campanha na maré morta, mostrou uma boa dependência linear da velocidade da corrente com um  $r = 0,52$ , enquanto, no segundo dia na maré viva a correlação da concentração de sedimentos suspensos foi maior em relação ao primeiro dia, tendo tido uma correlação de  $r = 0,53$ , no terceiro e quarto dia, tanto na maré morta assim como na maré viva a concentração de sedimentos teve uma dependência linear fraca em

relação a velocidade da corrente tendo a maré morta uma correlação de  $r=0,35$  e no quarto dia na maré viva foi de  $r=0,23$ . Os valores das concentrações de sedimentos mostraram uma tendência de variarem com a velocidade da corrente, mas também mostraram uma dependência de outros factores e, esta pode ser a razão da variação dos valores das correlações, estes resultados também foram encontrados no estudo de Leli (2010) e este afirma que é um fenómeno conhecido como Histerese, em que para uma mesma vazão observa-se diferentes concentrações de sedimentos em suspensão, muito embora, a velocidade da carga suspensa seja praticamente igual a da água, o pico de maior concentração de sedimentos não acompanha necessariamente o pico da descarga podendo anteceder-lo ou proceder-lo e este fenómeno está relacionado a uma série de factores como a forma da bacia, o uso e ocupação, o regime de precipitação etc.

De acordo com o diagrama de Hjulstrom que relaciona o transporte dos sedimentos e o mecanismo de transporte, figura 14, as velocidades que se fazem sentir no canal, tem a capacidade de transportar sedimentos do tipo argila e silte, e o máximo da velocidade verificado que foi de 0,8 m/s nas marés vivas tem a capacidade de transportar sedimentos do tipo areia, e por sua vez, estas velocidades contribuem na erosão das margens do canal facto observado por, (Jeque, 2017).

## **5.2. Fluxo de sedimentos**

De acordo com os resultados obtidos na tabela 4 acima, em relação ao fluxo de sedimentos suspensos, os valores do fluxo nas marés mortas (fluxo na enchente e na vazante) foram baixos em relação aos valores da maré viva e o balanço do fluxo nas marés mortas teve valores positivos em comparação com os valores do fluxo das marés vivas que foram negativos. Nas marés mortas, cada ciclo da maré contribuiu com um valor mínimo de +5.623,63 g/s e máximo de +7.156,81 g/s referente a valores que entram naquele canal.

O balanço entre a quantidade de sedimentos suspensos na vazante e na enchente verificou-se que, o fluxo da enchente traz mais sedimentos em relação ao fluxo da vazante e os valores do fluxo das marés vivas foram altos em relação ao das mortas (fluxo na enchente e na vazante) mas, tiveram um balanço negativo contribuindo com um valor mínimo de saída de sedimentos no canal de -5.447,68 g/s e um valor máximo de -6.778,8 g/s verificados em cada ciclo completo das marés vivas.

O fluxo da vazante das marés vivas registou maiores valores isto deve-se ao facto de, as correntes da maré viva serem maiores na vazante do que na enchente e o fluxo das marés mortas

foi maior na enchente pois, as maiores velocidades da corrente foram verificadas na enchente. Apesar das marés vivas terem registado maiores velocidades da corrente e maiores taxas de concentração de sedimentos suspensos, as marés mortas é que contribuíram com a maior taxa de entrada de sedimentos naquele canal.

O balanço de sedimentos em suspensão é positivo, isto é, a direção dos sedimentos é do estuário para o canal, isto pode se dever ao facto de, ser uma zona que está a sofrer erosão, causada pelas correntes de maré, acção antrópica logo na zona de entrada do canal e esta erosão está se estendendo mais pra dentro do canal.

## CAPITULO V

### 6. Conclusões

Com base no trabalho realizado sobre o estudo da influência das correntes de maré no transporte de sedimentos em suspensão, chegou-se as seguintes conclusões:

- As correntes de maré morta apresentaram menores velocidades, cerca de 0.49 m/s foi o máximo e 0.007 m/s foi o mínimo registado em relação as correntes de mare viva que foram de 0.8 m/s a 0.1 m/s respectivamente e essas velocidades podem transportar sedimentos do tipo Argila, Silte, e Areia.
- A concentração de sedimentos em suspensão no Canal de Chuabo Dembe variou de 0.004 g/L a 0.16 g/L a maior concentração é verificada no meio da enchente e da vazante;
- A influência da corrente de maré no transporte de sedimentos em suspensão mostrou-se variada, o maior coeficiente de correlação entre a velocidade da corrente e a concentração de sedimentos em suspensão foi verificado na maré viva  $r=0.53$  assim como o menor que foi de  $r=0.27$ ;
- Os maiores valores do fluxo de sedimentos em suspensão na maré morta são verificadas na enchente (+16.901 g/s) e nas marés vivas foram verificadas na vazante (-25.885 g/s);
- para além da corrente de maré a concentração é influenciada por vários factores como, a acção antrópica, os organismos bio-turbadores, as marés, os ventos, a cobertura vegetal e outros.

## **6.1. Recomendações**

- ✓ Que se faça este tipo de estudo considerando o período seco e chuvoso.
- ✓ Ao invés de se basear nos sedimentos em suspensão que se colete os do fundo e se faça a observação da influência das correntes no seu transporte.
- ✓ Que nos próximos estudos sobre o transporte de sedimentos em suspensão leve-se também em consideração outros factores como acção antrópica, o vento, a precipitação e outros.

## CAPITULO VI

### 7. Referencias Bibliográficas

1. Bell, R., Green, M., Hume, T., Gorman, R. (2000). *What Regulates Sedimentation in Estuaries?*. Water & Atmosphere , Pp.13-16.
2. Carvalho, N.O.; Filizola, N.P., Santos, P.M.C.; Lima, J.E.F.W. *Guia de práticas sedimentométricas*. Brasília: ANEEL. 2000. 154p.
3. Da silva, A. F. (2011). Características Hidrográficas do Estuário da Beira, Moçambique. Rio de Janeiro, Pp.4-11
4. Delgado, A. L. S. A. P. (2011). Caracterização Hidrodinamica e Sedimentar do Estuário do Rio Minho. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, p.18
5. Dyer, K.R. (1986). Sediment transport processes in estuaries. In Perillo, G.M.E. (ed.). *Geomorphology and sedimentology of estuaries*. Developments in Sedimentology, 53. Elsevier Science, pp. 423-449.
6. Filinho. C.B. (2009) Caracterização das correntes de maré no canal do Chuabo Dembe. Trabalho de licenciatura, UEM-ESCMC.
7. Folha, R. M. R. Q. (2011). Impactos naturais e antrópicos no Estuário do rio Mondego e litoral adjacente. Coimbra, p.45
8. Holeman, J.N. (1968) The Sediment Yield of Major Rivers of the World. Water Resources Research, vol. 4, n. 4, p. 737-747.
9. Jeque, N. I. M.,(2017), Estudo da Erosão na margem do estuário Bons Sinais no Bairro Chuabo Dembe em Quelimane-Zambézia. Tese de licenciatura UEM-ESCMC.
10. King, C. A. M. (1975). *Introduction to Physical and Biological Oceanography*. Londres: Edward Arnold.
11. Leli, I. T., Stevaux, J. C. & Nobrega, M. T, (2010). Produção e Transporte da Carga Suspensa Fluvial: Teoria e Metodo para Rios DE Medio Porte. Parana. Pp7-8
12. Lima, J. E. F. W., Dos Santos, P. M. C., Carvalho, N. O., & Da Silva, E. M. (2004). Diagnostico do Fluxo de Sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia Tocantins. Brasil. Pp.23-24
13. Lopes, I. A, (2006). Transporte de Material Particulado em Suspensão pelos rios Grajaú, Pindaré e Mearim para o sistema estuarino da baía de São Marcos, p.26.

14. Medeiros et al, (2007). Aporte Fluvial e Dispersão de Matéria Particulada em Suspensão na Zona Costeira do rio São Francisco Universidade Federal de Alagoas, Maceió
15. Mehta, A.J. & Partheniades, E. (1975). An investigation of the depositional properties of flocculated fine sediments. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 13, n. 4, p. 361-381,.
16. Miguens, A. P. (1994). *Navegação: A Ciência e a Arte*. Vol. I: Navegação costeira, estimada e em águas restritas.
17. Milliman, J. D. & Meade, R.H. (1983). World-Wide delivery of river sediment to the Oceans. *Journal of Geology*, v. 91, p.1-21.
18. Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. (2002). *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP. 424p.
19. Mutakate, F.B. (2011). Concepção de uma turbina de maré de eixo horizontal para aproveitamento de correntes de maré para a geração de corrente eléctrica no canal de Chuabo Dembe-Quelimane. Tese de licenciatura UEM-ESCMC.
20. Oliveira, K. S. (2010). *Comportamento da Maré e das Correntes de Maré em um Sistema Estuarino utilizando o modelo Regional Ocean Modeling System (ROMS)*. Vitória.
21. Open university(1999). *Waves, Tides and Shallow Water Processes*, Oxford. Pp. 97-115
22. Ponzi, A. B. V., Sichel, (2004). E. S. (Org). *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência. p. 175 - 218.
23. Restrepo, D.J. & Kjerfe (2001). Water discharge and sediment loads from the western slopes of the Colombian Andes with focus on rio San Juan. *Journal of Geology* 108: 17-33.
24. Schettini, C.A.F. (2000). Near bed sediment transport in the Itajaí-Açu River estuary, southern Brazil. In: Winterwerp, J.C. & Kranenburg, C. (Eds). *Fine sediment dynamics in the marine environment*. New York, Elsevier, p499-512
25. Schubel, J.R. & Carter, H.H. (1984). The estuary as a filter for fine-grained suspended sediment. In: Kennedy, V.S. (Ed.) *The estuary as a filter*. New York, Academic Press, p. 81-105
26. Thurman, H.V. (1994). *Introductory Oceanography*. 4 ed. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company. 1985. *Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil*.
27. Tomczak, M., (2000). *Sediment Transport in estuaries*. <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/ShelfCoast/chapter17.html>

28. Uncles, R.J.; Stephens, J.A. & Smith, R.E. (2002). The dependence of estuarine turbidity on tidal intrusion length, tidal range and residence time. *Continental Shelf Research*, 22:1835-1856

## 8. Anexos

**Tabela 5.** Dados do dia 16 de Julho de 2017, colectados durante a maré morta.

Data: 16 de Julho de 2017 Maré Morta								
Ordem	Hora	Nível do Mar (m)	Velocidade (m/s)	Observação	Massa de MPS (g)	Conc (g/L)	Área (m <sup>2</sup> )	$q_{s,c}$ (g/s)
01	06:00	3,80	0,24	Enchente	0,0501	0,1002	91,146	2.191,88
02	07:00	4,41	0,49	Enchente	0,0811	0,1622	119,085	9.464,64
03	08:00	4,79	0,07	Enchente	0,0379	0,0758	136,854	726,15
04	09:00	4,85	0,06	Vazante	0,033	0,066	141,222	559,24
05	10:00	4,56	0,19	Vazante	0,0357	0,0714	126,51	1.716,23
06	11:00	4,10	0,29	Vazante	0,051	0,1038	104,586	3.148,25
07	12:00	3,57	0,27	Vazante	0,0413	0,0826	81,682	1.821,67
08	13:00	3,04	0,27	Vazante	0,0412	0,0824	61,066	1.358,6
09	14:00	2,62	0,17	Vazante	0,0523	0,1046	46,75	831,31
10	15:00	2,42	0,10	Vazante	0,0379	0,0758	40,75	308,89
11	16:00	2,52	0,09	Enchente	0,0296	0,0592	43,75	233,1
12	17:00	2,92	0,29	Enchente	0,0311	0,0662	56,674	1.088,03
13	18:00	3,65	0,41	Enchente	0,0459	0,0918	84,946	3.197,2

**Tabela 6.** Dados do dia 23 de Julho de 2017, colectados durante a maré viva.

Data: 23 de Julho de 2017 Maré Viva								
Ordem	Hora	Nível do Mar (m)	Velocidade (m/s)	Observação	Massa de MPS (g)	Conc (g/L)	Área (m <sup>2</sup> )	$q_{s,c}$ (g/s)
01	06:00	4,56	0,51	Vazante	0,0383	0,0766	126,51	4.942,24
02	07:00	3,78	0,50	Vazante	0,0657	0,1314	90,25	5.929,43
03	08:00	3,01	0,30	Vazante	0,0516	0,1032	59,55	1.843,67
04	09:00	2,32	0,40	Vazante	0,035	0,07	37,75	1.057
05	10:00	1,79	0,21	Vazante	0,0267	0,0534	25,035	280,74
06	11:00	1,57	0,12	Enchente	0,0197	0,0394	20,81	98,39
07	12:00	2,01	0,32	Enchente	0,0174	0,0348	30,205	346,87
08	13:00	2,88	0,49	Enchente	0,0609	0,1218	55,21	3.295,04
09	14:00	3,93	0,48	Enchente	0,0448	0,0896	96,97	4.170,49
10	15:00	4,90	0,55	Enchente	0,0526	0,1052	143,952	8.329,06
11	16:00	5,37	0,22	Enchente	0,0202	0,0404	170,046	1.511,37
12	17:00	5,44	0,18	Enchente	0,0216	0,0432	174,204	1.354,61
13	18:00	5,13	0,32	Vazante	0,0153	0,0306	156,51	1.532,55
14	19:00	4,36	0,8	Vazante	0,0552	0,1104	116,61	10.299

**Tabela 7.** Dados do dia 30 de Julho de 2017, colectados durante a maré morta.

Data: 30 de Julho de 2017 Maré Morta								
Ordem	Hora	Nível do Mar (m)	Velocidade (m/s)	Observação	Massa de MPS (g)	Conc (g/L)	Área (m <sup>2</sup> )	$q_{s,c}$ (g/s)
01	06:00	4,05	0.24	Enchente	0,0377	0,0754	104,99	1.899,9
02	07:00	4,65	0.29	Enchente	0,0605	0,121	133,84	4.696,45
03	08:00	5,05	0.17	Enchente	0,018	0,036	152,54	933,54
04	09:00	5,01	0.14	Vazante	0,0102	0,0204	150,36	429,43
05	10:00	4,66	0.26	Vazante	0,0156	0,0312	131,86	1.069,65
06	11:00	4,19	0.28	Vazante	0,0366	0,0732	109,02	2.234,47
07	12:00	3,68	0.26	Vazante	0,0284	0,0568	86,59	1.278,76
08	13:00	3,21	0.14	Vazante	0,0272	0,0544	67,79	516,29
09	14:00	2,88	0.007	Vazante	0,0082	0,0164	55,71	6,4
10	15:00	2,77	0.06	Vazante	0,0067	0,0134	51,75	41,61
11	16:00	2,93	0.2	Enchente	0,0157	0,0314	57,54	361,35
12	17:00	3,30	0.34	Enchente	0,0281	0,0562	71,162	1.359,76
13	18:00	3,84	0.25	Enchente	0,0141	0,0284	93,338	662,7
14	19:00	4,33	0.29	Vazante	0,0192	0,0384	115,53	1.286,54

**Tabela 8.** Dados do dia 06 de Agosto de 2017, colectados durante a maré viva.

Data: 06 de Agosto de 2017 Maré viva								
Ordem	Hora	Nível do Mar (m)	Velocidade (m/s)	Observação	Massa de MPS (g)	Conc (g/L)	Área (m <sup>2</sup> )	$q_{s,c}$ (g/s)
01	06:00	4,370568	0,31	Vazante	0.0085	0.017	117.505	619.25
02	07:00	3,729736	0,27	Vazante	0.022	0.044	88.62	1.052,8
03	08:00	3,10381	0,34	Vazante	0.044	0.088	63.762	1.907,76
04	09:00	2,568034	0,26	Vazante	0.0175	0.035	45.75	416.325
05	10:00	2,254365	0,10	Vazante	0.01	0.02	36.345	72.69
06	11:00	2,427132	0,21	Enchente	0.065	0.13	41.55	1.134,32
07	12:00	3,035316	0,38	Enchente	0.075	0.15	61.566	3.509,26
08	13:00	3,835928	0,38	Enchente	0.085	0.17	93.338	6.029,63
09	14:00	4,653097	0,5	Enchente	0.02	0.04	131.365	2.627,3
10	15:00	5,265308	0,36	Enchente	0.002	0.004	164.554	236,96
11	16:00	5,462464	0,10	Enchente	0.006	0.012	175.792	443
12	17:00	5,257863	0,21	Vazante	0.006	0.012	164.008	413,3
013	18:00	4,721937	0,51	Vazante	0.06	0.12	134.83	8.251,6
14	19:00	3,981418	0,42	Vazante	0.08	0.16	99.61	6.693,79