



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia

**Estudo da Dinâmica do Banco de areia na região do porto,  
Estuário dos Bons Sinais**

Autor

Cândido Lucas Timba



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

**Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia**

**Estudo da Dinâmica do Banco de areia na região do  
porto, Estuário dos Bons Sinais**

**Autor:**

Cândido Lucas Timba

**Supervisor:**

MSc. Noca B. F. da Silva

---

Quelimane, Novembro de 2017

## **Agradecimentos**

Nenhuma palavra seria suficiente para agradecer em primeiro lugar, a Deus, por estar todos os dias me acompanhando, protegendo e dando-me permissão para superar os obstáculos da vida.

Aos meus pais Lucas Chonguissa Timba e Felícia Pedro Tembe pela educação, ensinamento transmitidos e pelo incondicional apoio em toda caminhada da minha vida.

Martina Mapanga, obrigado por fazer parte desta caminhada e por sempre nutrir força e dedicação em meus sentimentos! Que sejamos sempre mais.

Sempre faltarão palavras para expressar a minha inteira gratidão ao meu supervisor Doutor Noca Furaca, dr. Cesar Mubango e dr. Banito Magistade pelas sugestões e contribuições que foram cruciais na elaboração da presente pesquisa.

Ao Professor Doutor António Mubango Hogueane, responsável pela realização deste curso. Ao Professor Doutor Fialho Nehama, Dr. Fernando Saide. Dr<sup>a</sup> Valera, Dr<sup>a</sup> Eulalia Mugabe, MSc Yolanda Mula, Enga. Joana Alberto, MSc. Inocência, dr<sup>a</sup> Carlota Alves.

Aos meus amigos incondicionais Feliz Canhe, Daniel Timba, Adriano Muhate, Ricardo Mapulende, A Erasnes Honwana, Orlando Jamisse, Rogério Canhe, Silva Canhe, Dinis Nhassengo, António Matusse e, Amos Nhaca pela amizade, força, discussões construtivas, troca de experiência durante a realização deste trabalho.

Aos meus colegas do quarto Feliz Sodasse, Zunchny Matola, Dinis Nhassengo e Francisco Jaime. e da residência especialmente ao Rogerio Gutta, Alberto Sibie, Ernesto Tembe, Sergio Caetano, Oldim Suger, Leovistonia Cumbe, Babina Siteo, Cláudia Machaeie, Katia, Isabela Nhampa, Mirena Nhaca, Celia Mause, Luisa Jackiliny, Cacilda, Ana, que foram verdadeiros companheiros e pelos bons momentos compartilhados, o meu muito obrigado. Aos meus colegas do Curso de Oceanografia, Orlando Gutta, Ernesto Tembe, Custodio Banze, Recilda. Sergio Trump. Mapulendy, Anselmo, Nelio e Sonia Langa.

Aos meus primos, Alberto Timba, Castigo Hobjane, Dover Timba, Ninita Timba, Enoque Timba, Lucas Timba, Dário Timba, Bruno Timba, Lázaro, Aniceta e Cláudio Timba, pelo apoio, força, ensinamentos e pela presença em todos quadrantes dessa primeira jornada, endereço os meus

sinceros agradecimentos. Aos meus irmãos, Ilário Timba, Fenôncia Timba, Gina Timba, Chaide Timba e Feliciano Timba, obrigado por vosso apoio incondicional e por ter acreditado em mim, porque nada fui, nada sou e nada serei sem vocês.

*Nem sempre rimos,  
mas vivemos graças as tristezas  
e chegamos longe.*

## **Dedicatória**

Dedico esse trabalho para a minha família, em especial, a Minha filha Maya C. Timba e a minha querida namorada, amiga Martina Mapanga.

## **Declaração de Honra**

Declaro, por minha honra, que este trabalho de licenciatura nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção de qualquer grau académico e que constitui resultados da minha investigação pessoal estando indicadas na bibliografia as fontes usadas da sua elaboração.

Quelimane, Novembro de 2017

---

(Cândido Lucas Timba)

## Resumo

O porto de carga de Quelimane está no estuário dos Bons sinais, é um porto que contribui significativamente para o aumento de divisas para a província da Zambézia, no que se refere para o transporte de bens e para a província da Zambézia. Anualmente manuseia cerca de 650.000 toneladas. Este potencial está sendo ameaçado devido a vários bancos de areia existentes ao longo do estuário dos bons sinais. O mais preocupante é o banco de areia que está a aproximadamente 50 metros do porto. Informações da comunidade local dão entender que este banco tende-se aproximar cada vez mais a zona de atracagem. Com objetivo de avaliar o avanço deste banco foi efetuado a batimetria em duas fases (em Julho e em Novembro), acompanhada por um monitoramento da alteração vertical que decorreu no período de novembro de 2016 á Agosto de 2017. Os resultados obtidos indicam que o banco de areia tende a se deslocar para a direção ao porto de carga de Quelimane. No banco nota-se que no mês de fevereiro registou de 7.38 cm em média, em Maio registou valor de 8.16 em média e por fim, o mês de agosto registou-se 0.90 cm em média, e durante os 10 meses da realização do estudo, a variação registado do banco de areia foi de 5.5 cm de altura total, e como resultado, o banco de areia ilustra indícios do seu movimento em direção ao porto comercial de carga. Esses resultados constituem uma ameaça para o porto visto que apesar da dragagem que foi efetuada durante os meses de Janeiro a Maio de 2017, o aumento de sedimentos no banco prevaleceu.

Palavra-chave: Estuário, banco de areia, Dinâmica.

## **Abstract**

The port of Quelimane is in the estuary of Bons Sinais, is a port that contributes significantly to the increase of foreign exchange for the province of Zambézia, as far as the transport of goods and for the province of Zambezia. Annually it handles about 650,000 tons. This potential is being threatened due to several sandbanks existing along the estuary of the Bons Sinais. The most disturbing is the sandbank which is about 50 meters from the harbor. Information from the local community suggests that this bank tends to be closer to the mooring area. In order to evaluate the progress of this bank, the bathymetry was carried out in two phases (in July and November), followed by a monitoring of the vertical change that occurred in the period from November 2016 to August 2017. The results obtained indicate that the bank of sand tends to move towards the direction of the cargo port of Quelimane. In the bank, it can be observed that in the month of February it registered 7.38 cm in average, in May it registered a value of 8.16 in average and finally, the month of August registered 0.90 cm in average, and during the 10 months of the accomplishment of the study , the recorded variation of the sandbar was 5.5 cm in total height, and as a result, the sandbar illustrates evidence of its movement towards the commercial port of loading. These results pose a threat to the port since, despite the dredging that was carried out during the months of January to May 2017, the increase of sediment in the bank prevailed.

Key words: Estuary, Bons Sinais, sandbank, Dynamics.



## Lista de Figuras

<b>Nº</b>	<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
1	Geração de vorticidade na vizinhança de um banco de areia inclinado no sentido horário com relação ao escoamento devido ao atrito no fundo.	4
2	Representação esquemática de bancos alternados.	8
3	Representação esquemática dos bancos múltiplos canais.	8
4	Múltiplos de bancos de caston.	9
5	Localização geográfica da área de estudo, Estuário dos Bons Sinais	12
6	(a) Ecossonda GPSmap 421S, (a) Bateria de 12V 150 Ah.	14
7	Localização geográfica das estações onde foram feitas as coletas de dados do Banco de areia.	14
8	Altura da maré e velocidade da corrente da maré na época Chuvosa, nos meses de Dezembro a Janeiro, na região do porto de Quelimane, durante 15 dias da Maré Sízigia á Quadratura.	18
9	Altura da maré e velocidade da corrente da maré na época seca, nos meses de Julho a Agosto, na região do porto de Quelimane, durante 18 dias da Maré Sízigia á Quadratura.	19
10	Médias mensais de variação do banco de areia de 28 de Novembro de 2016 á 28 de Agosto de 2017.	20
11 (a)	Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de julho de 2017	21
11(b)	Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de julho de 2017	22
12 (a)	Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de novembro de 2017	22
12 (b)	Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de novembro de 2017	23
13	Ilustração de Levantamento batimétrica do banco de areia em 3D de 22 de Agosto de 2017.	23
14	Mapa de levantamento batimétrica do banco de areia em 3D, do dia 22 de Julho de 2017.	24

### Tabela de abreviatura

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
EC	Estação da confluência
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinha e Costeiras
GPS	Sistema de posicionamento Geográfico
MSE	Microsoft Excel
RCM	Recording Current Meter
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

# Índice

## CAPÍTULO 1

1.Introdução .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1 Objetivo geral.....	3
1.2. Objetivos específicos .....	3

## CAPÍTULO II

2. Revisão de literatura.....	4
2.1. Processos hidrodinâmicos Estuarinos. ....	4
2.1.1. Marés.....	4
2.1.2. Corrente de maré no ambiente estuarino. ....	5
2.1.3. Influência das ondas no desenvolvimento dos bancos de areia. ....	6
2.1.4. Transporte de sedimento. ....	6
2.1.5. Tipos de Sedimentos. ....	7
2.2. Aspectos Gerais Sobre os Bancos de Areia .....	7
2.2.1. Formação dos bancos .....	7
2.2.2. Caracterização dos bancos em canais Estuarinas.....	8
2.2.3. Bancos de areia lineares.....	10
2.3. Mecanismos de formação e manutenção .....	10
2.3.1. Evolução dos bancos de areias.....	10
2.4. Levantamento batimétrico.....	11

## CAPÍTULO III

3. Metodologia .....	122
3.1. Área de Estudo .....	122
3.2. Material.....	133
3.3. Métodos.....	144

3.3.1. Levantamento batimétrico do Banco de areia.....	155
3.3.2. Determinação da variação da altura da maré. ....	166
3.4. Tratamento de dados .....	177

#### CAPÍTULO IV

4.Resultados.....	18
4.1. Determinação da variação vertical do Banco de Areia. ....	19
4.2. Determinação da direção do movimento horizontal do banco de areia .....	21

#### CAPÍTULO V

5. Discussão .....	24
5.1. Altura da Maré e velocidade da corrente da maré .....	24
5.2. Determinação da variação vertical do Banco de Areia .....	24
5.3. Dinâmica da direção do movimento horizontal do Banco de areia .....	26

#### CAPITULO VI

6.Conclusão & Recomendações.....	27
6.1.Conclusão.....	27
6.2. Recomendações.....	28

#### CAPÍTULO VII

7. Referência Bibliográfica .....	29
Anexo.....	31

# CAPÍTULO 1

## 1. Introdução

Os estuários são ambientes da zona costeira, extremamente dinâmicos e sensíveis, que recebe sedimentos tanto de fontes fluviais quanto marinhos, a sua evolução ocorre em diversas escalas de tempo e espaço (Neto, *et al.*, 2014). Cujos os fatores naturais e antropogênicos existentes levam os fenômenos erosivos. Os estuários possuem valor notável para a sociedade, visto que os seus ecossistemas cruciais e os serviços que prestam são alguns dos mais ameaçados a nível internacional (Mazzilli, 2015).

Estuários dominados por ondas apresentam caracteristicamente um pontal arenoso transversal a foz e uma energia baixa na Porção média, onde há a tendência de acúmulo de lama. Por sua vez, estuários dominados por marés tem bancos arenosos longitudinais ao fluxo fluvial e canais que apresentam contornos ao longo de um estuário influenciando na variação das correntes (Schubel, *et al.*, 1974).

Os bancos de areia constituem importantes feições em diversas regiões costeiras, podendo considerar importância econômica, visto que representam fontes de sedimentos para extração mineral e são locais atrativos para diferentes espécies de peixes, possibilitando o beneficiamento da indústria pesqueira (Fernandes, 2010).

Os bancos de areia são corpos costeiros arenosos que formam uma elevação no leito do mar, caracterizada por um contorno batimétrico fechado e que são depositados no meio de um curso de água ao longo da costa Marítima (Silva, 2011).

Estes movem-se através dos processos hidrodinâmicos, dos quais são considerados as marés, correntes de maré e ondas. Movem-se paralelamente a linha da costa, isto é e lateralmente, e transversalmente dependendo das correntes dominantes da região (Dalrymple e Choi, 2007).

Os bancos são encontrados em estuários e áreas costeiras onde há abundância de areia em que o regime hidrodinâmico é capaz de transportá-los (Silva, 2011). E tendem a ocorrer em grupos numa grande escala de profundidades, na foz do estuário, e na plataforma continental, quando os bancos são solitários ocorrem próximos à costa, ilhas ou bancos rochosos submersos (Belderson *et al.*, 1982).

Os bancos ocorrem onde as correntes são mais retilíneas, quando as elipses de maré tendem a ser circulares.

Um dos problemas que os bancos de areia criam é a questão de impedir a circulação das embarcações durante as marés baixas. Para além disso, obriga aos gestores da navegação na disponibilização de recursos para garantir a dragagem periódica do canal.

O canal que dá acesso ao Porto Comercial de Carga é um destes ambientes que é afetado por vários bancos de areia. Até então são alistados 5 bancos a destacar, um na boca do estuário, sendo o mais extenso e mais largo, o segundo localizado a 1km depois das Gazelas, o terceiro em frente do Porto de Comercial de Carga e os dois últimos na direção a confluência dos rios Cuácua e Licuar. Ainda não foram efetuados estudos a volta deste conceito neste estuário, mas há trabalhos que fazem referências de estudos desenvolvidos por Huthnance *et al.*, (1982), explicou a formação e dinâmica de bancos de areia como resultado de instabilidades no fundo do mar, e baseou-se nas análises de estabilidade linear em resposta à interação entre topografia do mar, correntes de maré e transporte de sedimentos.

O presente estudo centralizou-se para o terceiro banco de areia que está situado em frente ao porto comercial de Carga com o objetivo de estudar a sua dinâmica, visto que são inúmeros problemas que este banco cria para a navegação: (i) o facto de dificultar a manobra dos barcos na fase de desembarque; (ii) o facto de periodicamente obrigar a dragagem da zona portuária e o canal todo e (iii) o facto de este estar a mostrar uma tendência mais direcionada para a zona do porto. Estas tendências fazem com que a viabilidade deste porto esteja comprometida por vários fatores: (i) o facto de não permitir a entrada de navios de grande calado, (ii) o facto de não permitir a atracagem de Navios a qualquer fase da maré. É sabido que os portos desempenham um papel vital na economia de uma região ou países costeiros (Jensen *et al.*, 1999). Dado que o porto de Quelimane contribui na exportação e importação de produtos como madeira, combustível, Pescado e outros produtos que anualmente contribui em a aproximadamente a cerca de 37826.000.000 MT de Produto Interno Bruto.

A definição da dinâmica deste banco de areia pode ajudar no planeamento e definição de períodos de dragagem. Para além disso é a questão de existência do conhecimento científico sobre o aspeto destacado, de tal modo que sirva de base de sustento para os trabalhos futuros.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Estudar a Dinâmica do Banco de areia na região do porto de Quelimane.

### **1.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar a variação vertical do Banco de Areia;
- ✓ Identificar a direção do movimento horizontal do Banco de areia;
- ✓ Avaliar a influência das Marés e correntes de marés no desenvolvimento do banco com a sazonalidade.

## CAPÍTULO II

### 2. Revisão de literatura

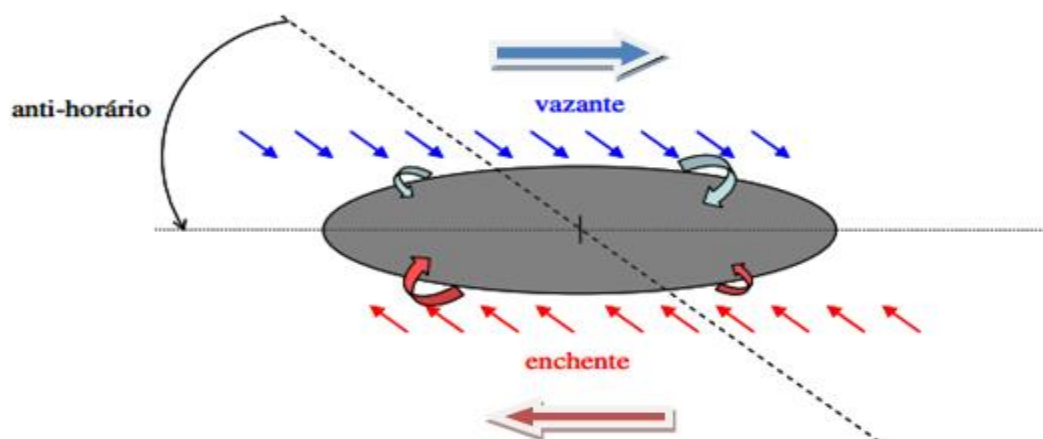
#### 2.1. Processos hidrodinâmicos Estuarinos.

##### 2.1.1. Marés

A penetração da maré num estuário é o resultado da interação do escoamento fluvial e do movimento oscilatório gerado pela maré na sua foz, onde as ondas longas são geralmente amortecidas e progressivamente distorcidas pelas forças do atrito no fundo e a vazão fluvial (Godin, 1999).

O desenvolvimento de bancos inclinados em relação ao escoamento, geralmente é devido a vorticidade. O atrito no fundo é responsável por gerar vorticidade quando o fluxo encontra um obstáculo no leito oblíquo à direção do escoamento (Fernandes, 2010). Esse efeito sobre a coluna de água é inversamente proporcional, isto é, quanto menor for a profundidade maior será efeito.

Quando um banco de areia está orientado no sentido anti-horário em relação ao escoamento, as marés de vazante e enchente serão responsáveis pela geração de vorticidade negativa ou no sentido horário na porção esquerda do banco, considerando-se a perspectiva da corrente que atua, e no sentido anti-horário na porção direita, como ilustra a **Figura 1**. Desse modo, o efeito resultante da vorticidade será no sentido horário, devido a maior parte do banco que se encontra sob ação da vorticidade negativa, consequentemente irá realizar uma circulação residual ao redor do banco, que irá contribuir para o aprisionamento de sedimento e, portanto, para a manutenção e evolução do banco (Fernandes, 2010). Se o banco estiver alinhado no sentido horário com relação ao escoamento, analogamente será produzida uma vorticidade resultante e circulação residual no sentido oposto.



**Figura 1:** Geração de vorticidade na vizinhança de um banco de areia inclinado no sentido horário com relação ao escoamento devido ao atrito no fundo (Fernandes, 2010).



### **2.1.2. Corrente de maré no ambiente estuarino.**

Em estuários de foz estreita, as correntes de maré viva são fortes suficientes para transportar os sedimentos e as ondas são dominantes. Os bancos, se formam próximo à foz como deltas de vazante e enchente. Quando a costa está se retraindo, o delta de vazante forma uma fonte primária de areia para a região próxima à costa, a qual pode ser modificada por tempestades e originar bancos conectados à costa (Kenyon, 2005).

As mudanças longitudinais da largura e curvatura do canal do estuário dos bons sinais, têm forte influência na natureza dos bancos que são desenvolvidos. Em canais confinados que caracterizam os trechos mais internos dos sistemas de maré, os bancos se desenvolvem na curvatura interna dos contornos de curso de água. O estuário dos bons sinais pelo facto de possuir canais largos e retilíneos, há a formação dos bancos de areia mais alongados que separam o escoamento em canais dominados por enchentes e vazante, portanto, os bancos ocorre gradualmente conforme o canal se alarga e retifica.

Os bancos entre marés são compostos por areias mais finas apresentando frequentemente marcas de ondulações (*riples*), principalmente localizadas nas cavas, geradas por ondas e correntes. A formação e manutenção de bancos são inferidas que passa de oscilações de infragravidade de ondas estacionárias (Julio, 2003).

Baseado nas evidências disponíveis Dalrymple e Choi (2007) observaram que em geral, os bancos de areia alongados migram lateralmente, ou seja, transversalmente às correntes dominantes dependendo das condições que os ambientes estuarinas oferecem.

As principais forças intervenientes no processo de movimentos dos bancos de areia são as de gravidade (principal agente no escoamento fluvial) que serve como transportador dos sedimentos dos rios para o estuário, e com a menor velocidade das correntes que se regista nas marés mortas, vai proporcionar na deposição dos sedimentos influenciando no desenvolvimento do banco de areia as de pressão (provenientes de desníveis na linha de água gerados pela maré), as de atrito (geradas pela resistência no fundo), as inércias e finalmente, as provenientes da estratificação da água (pelo encontro de água doce e salgada) (Timba, 2014).

A fronteira rio estuário não permanece fixa no tempo, mas apresenta variações de posição em função da variação dos parâmetros que caracterizam a maré (período e amplitude) e o escoamento fluvial (vazão, declividade e rugosidade do fundo) (Timba, 2014).

### **2.1.3. Influência das ondas no desenvolvimento dos bancos de areia.**

As ondas dissipam energia no banco, se reformam na cava mais profunda e, ao atingir a face da praia, as condições refletivas geralmente predominam com valores mínimas da energia. O espriamento na face da praia é relativamente alto e a formação de extremidade aguda da praia é comum. (Chagas, 2013).

Neste tipo de ambiente, correntes de retorno (*rip currents*) podem ocorrer nas depressões dos bancos. Nos bancos desenvolvem-se condições dissipativas, e nas pequenas baías, predominam condições refletivas o qual permite que as ondas reformadas cheguem a alcançar a pós-praia (Julio, 2003).

Segundo Short (1993), durante a preamar ondas de altura inferiores a 1 m ultrapassam o terraço sem romper e a praia se comporta como refletiva. Durante a baixa-mar, especialmente a de sizígia, o Plataforma é totalmente exposto, podendo apresentar um relevo de bancos e calhas dispostos paralelamente à praia.

A diminuição da velocidade das ondas após as mesmas penetrarem em águas rasas, provoca uma mudança na direção do transporte. A porção da onda que chega primeiro em águas rasas diminuiu a velocidade e a porção que ainda está em águas profundas mantém a velocidade. Conseqüentemente, as ondas mudam sua direção, voltando-se para as áreas rasas à medida que diminuem a velocidade (Gomes, 2003). Por esse motivo os bancos contribuem na redução da intensidade das ondas que se propagam em direção a linha costeira.

### **2.1.4. Transporte de sedimento.**

Designa-se processo sedimentológico a colocação em movimento de grãos de sedimentos, o transporte e a cessação destes, através da deposição do material sólido nas depressões dos estuários, canais de navegação e outros (Wilson, 2005).

Diversos fatores irão afetar o transporte de sedimentos tais como: as correntes, as características do grão e a forma de transporte utilizada, por exemplo, as marés, as ondas, as correntes, o tamanho dos grãos, a declividade do fundo, a intensidade e direção dos ventos, influenciando no controle da dinâmica dos bancos de areia (Davis, 1985).

Segundo Wilson, (2005), o transporte litorâneo gerado pela arrebentação das ondas pode acumular sedimentos na entrada de estuários e lagos costeiros criando assim os bancos de areia, impedindo as trocas entre as zonas de mistura e costeira. O processo erosivo, também pode ocorrer na entrada de estuários.

### **2.1.5. Tipos de Sedimentos.**

Os tipos de sedimentos que compõem os bancos de areia que se encontra maioritariamente no ambiente estuarino e que contribui na formação dos mesmo, são Areia grossa, Areia Fina, lodo, sedimentos argiloso, Silte e sedimentos arenosos dependendo do ambiente em que se localiza, embora a maioria dos estuários apresentam sedimentos fino, como Bancos do estuário dos Bons Sinais são composto por Lama (Silte e argila), como ilustra afigura1 (Cornish, 1914).

Os três principais mecanismos de transporte dos sedimentos pela corrente, dependendo de suas propriedades físicas:

O arrasto é o transporte de sedimentos pelas correntes que se efetua sempre em contacto com o leito. Este movimento se processa através de uma série alternada de deslocamentos no sentido do escoamento intercalados por períodos de repouso. Os deslocamentos ocorrem por rolamento, deslizamento ou arrastamento de uma partícula sobre a outra, de modo que haja um contacto quase permanente entre as partículas em movimento e as que compõem o leito (Kenyon, 2005).

A saltacão é a forma de transporte em que o grão é removido do leito verticalmente, atingindo uma região onde as velocidades tendem a transportá-lo no sentido do deslocamento, porém, volta ao leito devido ao seu peso que possui. A suspensão é a mobilidade de transporte em que os sedimentos em movimento são sustentados pelas componentes verticais ascendentes das correntes turbulentas e não possui o peso próprio suficiente para depositá-lo (Vieira, 2005) Consequentemente, este movimento se caracteriza por uma Transferência contínua de partículas através de camadas idealizadas do escoamento.

## **2.2. Aspectos Gerais Sobre os Bancos de Areia**

Os bancos de areia presentes em plataforma continentais são dominadas por ondas, marés e correntes dentro de ambientes costeiros e estuarinos, geralmente são resultados de disponibilidade de sedimentos e fortes correntes capazes de gerar o movimento dos mesmos (Pephitis, *et al.*, 2004).

### **2.2.1. Formação dos bancos**

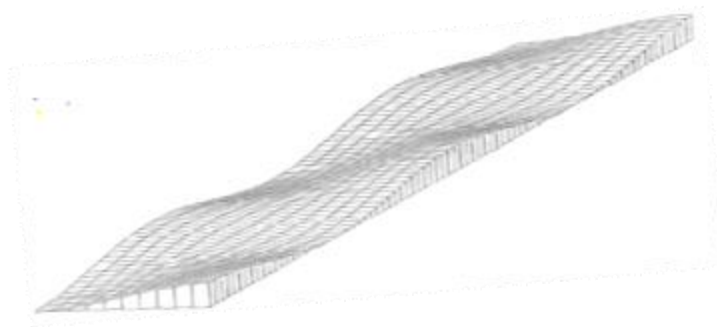
Bancos são formados em decorrência da assimetria no transporte de sedimentos em cada um de seus lados, devido ao escoamento reversível da maré (Fernandes, 2010). Eles inicialmente se desenvolvem de forma circular e evoluem para uma forma mais alongada. A morfologia dos bancos é resultado de uma interação não linear entre correntes de maré, transporte de sedimentos e a batimetria.

Devido à interação desses processos, uma variedade de bancos de diferentes origens pode existir no mesmo ambiente de maré (Kenyon, 2005).

### 2.2.2. Caracterização dos bancos em canais Estuarinas

O tamanho dos bancos, comprimento de onda e altura, é uma função complexa de muitas variáveis, as mais importantes são a profundidade, velocidade das correntes e tamanhos dos grãos dos sedimentos (Dronkers, 2004), conforme ilustra a Figura 2, do banco alternada, esta transição entre estes dois tipos de bancos ocorre paulatinamente conforme o canal se alastra e ajustar. Os bancos em canais de maré foram divididos em três principais categorias de estruturas: os bancos alternados, os múltiplos e os lineares.

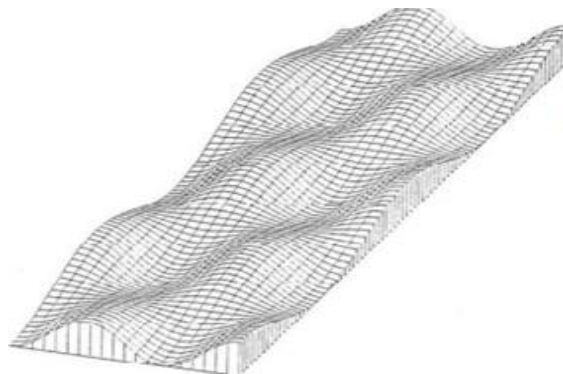
Os bancos alternados ocorrem quando a razão entre a largura e a profundidade do canal é grande o suficiente, geralmente maior do que 10m (Fernandes, 2010).



**Figura 2:** Representação esquemática de bancos alternados (Dronkers, 2004).

Em caso de forte sinuosidade os bancos alternados podem possuir maior largura do que comprimento, mas comparativamente, o de estuário possui maior comprimento que a largura, devido a menor largura e menor profundidade do estuário.

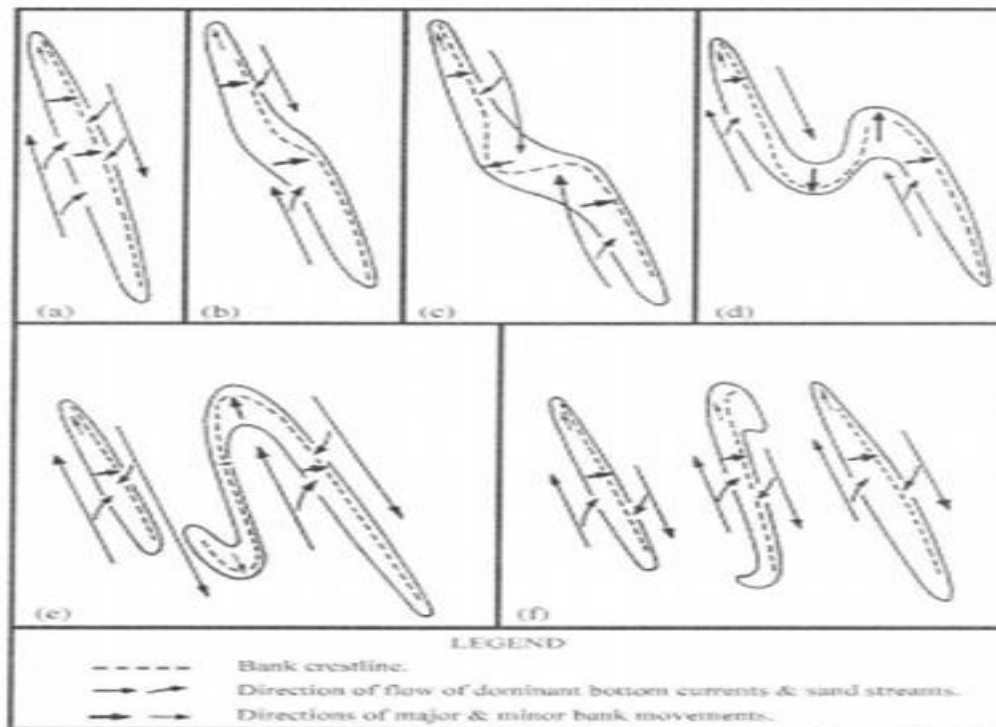
Bancos múltiplos ocorrem quando a razão entre largura e profundidade do canal é maior do que 100 m, então, um sistema de múltiplos canais e bancos emerge (Fernandes, 2010).



**Figura 3:** Representação esquemática dos bancos múltiplos canais (Dronkers, 2004).

No entanto, a largura do canal que se encontra no estuário particularmente na área em estudo, possui aproximadamente (0.64km), que se destacam dos bancos, em determinado instante, estes bancos podem apresentar cristas em sentidos diferentes em forma de "U" ou "S" em formato topográfica. Esse formato tem sido habitualmente correlacionado a sistemas de canais dominados por enchente ou vazante, que em alguns casos geram a transição de um único banco linear em três adjacentes resultantes de sua separação (Fernandes, 2010).

A Figura 4, no banco primordial linear, a forma começa a alterar devido ao transporte de sedimentos ser diverso de cada lado do banco de areia ao longo de sua extensão. Em locais como na plataforma continental, esse tipo de banco pode ocorrer de forma isolada e apresentar crista retilínea (Wright, *et al.*, 1973). Seu formato, por vezes é relativamente largo e de forma circular em uma extremidade e diferentemente na outra, o mais largo sendo o extremo de montante em termos da direção do transporte de sedimentos (Belderson *et al.*, 1982).



**Figura 4:** Múltiplos de bancos de caston,(Dyer,K.R.& Huntley, 1999).

Tipicamente, estes bancos de areia lineares observados nos canais de maré em estuários possuem altura de mais de 20% da profundidade, comprimento que varia de 5 a 120 km e largura de 0,5 a 8 km. Eles

possuem seção transversal assimétrica, refletindo a direção regional do transporte de sedimentos (Harris, 1988).com a face mais íngreme atingindo 6° de inclinação indicando seu sentido de migração.

### **2.2.3. Bancos de areia lineares.**

São aqueles constituídos de areia fina a grossa não consolidada e quando são ativos apresentam geralmente, "*sand waves*" sobrepostas a do mesmo, por seu turno, podem ser interrompidos por pequenos canais, os quais são chamados "*swatchways*". O crescimento em altitude dos bancos alongados é limitado pelas ondas e profundidade (Fernandes, 2010).

### **2.3. Mecanismos de formação e manutenção**

Os Bancos são formados em decorrência da assimetria no transporte de sedimentos em cada um de seus lados, devido ao escoamento reversível da maré. A formação é mais lenta por causa das primeiras ondulações que surgem nas áreas mais rasas, nas regiões mais profundas, mas com maiores comprimentos de onda. Uma vez formados, os bancos de areia desenvolvem e estão sendo mantidos através da interação contínua (dinâmica) com a hidrodinâmica (Paphitis,*et al*, 2004).

O mecanismo responsável pela formação dos bancos e canais é provavelmente um mecanismo de retroalimentação (*feedback*) positiva entre corrente e batimetria. As perturbações primordiais do leito induzem pequenas perturbações no campo de velocidades, que impactam o transporte de sedimentos e por fim causando as mudanças no leito do mar. Assim, a morfologia final é resultado da própria batimetria (Fernandes, 2010).

#### **2.3.1. Evolução dos bancos de areias**

Primordialmente se desenvolvem em forma circular e evoluem para uma forma mais alongada, através dos processos hidrodinâmicos, processos Meteorológicos e processos fluviais existente no mar (Silva, 2011).

A evolução dos mesmos são uma resposta devido as variações sazonais nas forçantes, portanto, uma tempestade que produz erosão do fundo marinho, ou erosão de uma região costeira, transporta material erodido tanto por carga de fundo como de suspensão podendo formar um banco (Barroso, 2009).Conforme os bancos crescem e interagem com o campo do escoamento, eles se modificam apresentando um formato mais alongado.

A evolução dos canais de maré e sua estabilização proporcionam a evolução natural da deposição dos bancos de areias, que quando estabilizado, criam condições físico-químicas e biológicas para a instalação de florestas de mangais (Azevedo, 2012).

Os bancos de areia encontram-se presentes em muitas regiões costeiras, e sua localização depende da presença de correntes de maré ou outras correntes capazes de mover o sedimento, considerando, tanto a areia, como a disponibilidade desta na região (Azevedo, 2012).

#### **2.4. Levantamento batimétrico**

Os levantamentos batimétricos são a principal tarefa de um levantamento do fundo, onde por sua vez, a informação obtida é usada para a produção de cartas náuticas e outros, também conhecido por cartas hidrográficas ou plano hidrográfico. Matos (Não publicado, 2015), o levantamento batimétrico têm por objetivo realizar as medições de profundidades associadas a uma posição da embarcação na superfície da água, necessárias em áreas marítimas, fluviais, em lagoas e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, visando à representação destas áreas em uma carta.

As informações obtidas através de levantamentos batimétricos são de utilidade para a navegação, administração portuária e entidades que utilizam o mar como fonte de atividade. Outras aplicações são a produção e atualização de cartas náuticas, também são importante e úteis para a caracterização da morfologia de fundo, além do monitoramento da sedimentação e erosão no leito do mar, porém, é crucial salientar que neste presente trabalho, fez-se a batimetria do Banco de areia (Krueger, 1999).

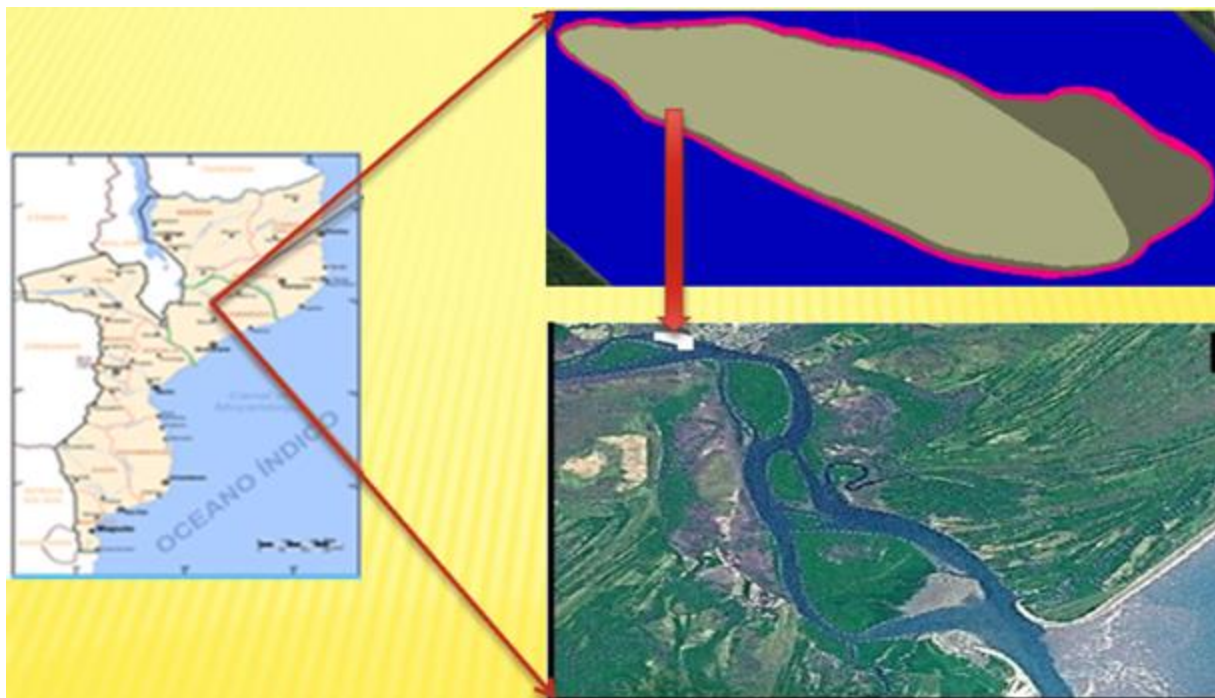
A visualização da variação da profundidade é de extrema importância para possibilitar a representação dos contornos do soalho (uma linha, que em um mapa batimétrica, representa as regiões onde existem igualdade no valor da pressão atmosférica. As quais permitem visualizar a topografia submersa Matos (Não publicado, 2015).

## CAPÍTULO III

### 3. Metodologia

#### 3.1. Área de Estudo

Estuário dos Bons Sinais, localiza-se na região Sul da província da Zambézia. Possui 14 milhas náuticas de extensão, e está situado entre as coordenadas 18°52' Latitude Sul e 36°52' Longitude Este da costa moçambicana. A Boca do Estuário está ligada ao mar aberto (praia de Zalala). O Estuário dos Bons Sinais resulta da junção dos rios Cuácua e Licuar, que se encontram na região denominada confluência. Possui uma largura média de 2 km e cerca de 30 km de comprimento, o que perfaz uma área estimada em cerca de 60 km<sup>2</sup> limitada pela vegetação de floresta de mangal ao longo das margens do canal principal e secundários. O estuário é maioritariamente de fundo argiloso e de baixa profundidade, com ocorrência frequente de bancos de areia e ilhas (Timba, 2014, não publicado, Nataniel, 2010). Constituindo fronteira entre a cidade de Quelimane e o distrito de Inhassunge, o maior ecossistema marinho desta pequena região (Tembe, não publicado). O banco tem uma extensão de 1.32 km e uma largura de aproximadamente 145m. Relatos indicam que este banco foi descoberto a partir dos anos 2000 à 2001. Esta região é sujeita a dragagem nos meses de Abril à Junho.



**Figura5:** Localização geográfica da área de estudo, Estuário dos Bons Sinais, (2017).



### **a) Clima e pluviosidade**

O Estuário dos Bons Sinais, localiza-se numa região de clima tropical húmido sujeita a depressões tropicais transversais do canal de Moçambique, com duas estações, chuvosa e seca. A estação chuvosa compreende os meses de Outubro a Março e a seca, de Abril a Setembro. Na estação chuvosa, é frequente a ocorrência de curtos períodos de precipitações violentas que geralmente causam grandes inundações. As temperaturas médias anuais variam de 24 a 26°C (Timba, 2014).

### **b) Estações de coleta**

Os dados adquiridos para este estudo, foram coletado na região de porto entre as coordenadas -17°52'25" S e longitude 36°52' 45" E.

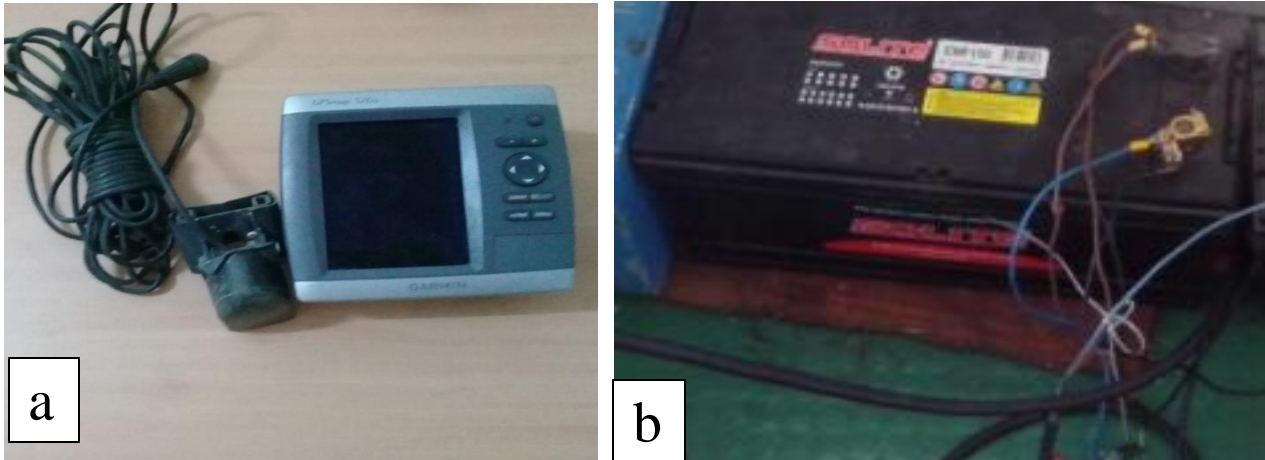
Outros dados (marés) pertencem a estação de confluência do estuário entre as coordenadas Estação da confluência (EC): no encontro entre o Rio Licuari e Cuácua, o instrumento foram instalados na latitude 17°87'S e longitude 36° 48'E e dados de correntes na estação da região de porto, perto antes de aquapesca entre as coordenadas latitude 17°52' 42.3" S e longitude 36°52'47" E.

## **3.2. Material**

Para a realização do presente trabalho foram usados dados de variação de perfil do banco na região do porto, de batimetria, marés e velocidades das correntes. Desta forma, para a coleta desses dados, usou-se o seguinte material:

- ✓ Barco (Pluma), & Balsa de Salva Vida;
- ✓ Eco Sonda;
- ✓ Bateria de 12V 150Ah
- ✓ Régua de 30cm,
- ✓ GPS,
- ✓ ODV& Estacas.
- ✓ Base Camp & MapSource;
- ✓ Google Earth.
- ✓ Computador HP Pavilion HD;
- ✓ Arc GIS 9.3 (Pacotes: *Arc Map*, *Arc Globe*, *Arc Catalog*);
- ✓ Microsoft Office 2007 (Pacote Microsoft Excel).
- ✓ Seaguard e TWR.

✓ Marégrafo de Pressão.



**Figura6:** (a)Ecossonda GPSmap 421S, (a)Bateria de 12V 150 Ah.

### 3.3. Métodos

O estudo baseou-se na análise direta dos dados de variações do banco de areia. Para tal, fez-se três amostragens intercaladas de três em três meses, a primeira no dia 28 de Fevereiro, a segunda e terceira amostragem no dia 28 de Março e 28 de Agosto de 2017, respetivamente. Essas amostragens consistiam em coletar dados da variação vertical do banco de areia.



**Figura 7:** Localização geográfica das estações onde foram feitas as coletas de dados do Banco de areia.

Para se determinar a variação vertical do banco de areia, foram usados nove (9) Estacas graduados em 70 cm de comprimento e espetadas ao longo das margens do Banco localizado na região do porto, sendo 30 cm de altura que correspondeu a parte exposta, distribuídas separativamente por 0.42km de uma estaca para outra, por seu turno, usou-se a régua de 30 cm para medir a variação vertical da deposição e remoção de sedimentos latitudinal em cada ponto nas estacas graduadas. Paralelamente, a isso, durante o estudo, fez-se o monitoramento do banco no intervalo de 15 em 15 dias, num período de 10 meses, durante a

baixa-mar da maré viva de modo a se verificar a dinâmica do seu desenvolvimento. Assim foi possível obter pontos em que a camada do banco de areia aumentava e pontos em que a camada do Banco de areia diminuía, determinando desta forma deslocamento, e a sua direção do seu desenvolvimento.

### **3.3.1. Levantamento batimétrico do Banco de areia**

A batimetria entende-se a coleta de uma determinada medida de profundidade, que posteriormente são transformadas em cotas de fundo. Para a realização do levantamento batimétrico é necessário que tenha o conhecimento do nível de maré durante o levantamento, para que as sondagens de profundidade sejam transformadas em cotas de fundo georreferenciadas para um determinado datum vertical. Isto geralmente é feito relacionando o levantamento batimétrico com um nível de maré estimada por tabela de marés.

Para o presente estudo, a obtenção dos dados batimétricos, foi realizado através de um levantamento da batimetria na região de porto. A área coberta pelo levantamento foi de aproximadamente 3,0 Km<sup>2</sup>, sendo o trecho logo no bairro dos pescadores até a região do porto no Estuário dos Bons Sinais.

Nesta etapa, usou-se uma ecossonda, da marca GARMIN Sensor, interf GPSmap 421 S, com um sensor acoplado e ligado numa Bateria de 12V 150 Ah. A bateria foi montada na embarcação para alimentar o aparelho eletrônico para aquisição dos dados. O aparelho foi montado na popa do barco, para a recolha de informação em forma digital, no período de tempo de 3 horas, das 14 horas até as 17 horas isso no dia 22 de Julho de 2017. O posicionamento da ecossonda permite uma precisão inferior a 10 m de raio e adquire valores de posição da embarcação em intervalos de 1 segundo. Usou-se por seu turno, GPS para georreferenciar a área do estudo e a obtenção de coordenadas geográficas.

O ponto inicial do perfil do banco de areia, foi determinado como ponto de referência, e o ponto máximo da estaca, onde subtraiu-se pela diferença do ponto máximo por ponto mínimo para obtenção do ponto da variação da deposição e erosão dos sedimentos no banco de areia.

A expressão para obtenção de Valor Médio de variação vertical do banco de areia é dada pela equação:

$$P_f = P_r - P_v \quad [\text{Eq.1}]$$

Onde:

**P<sub>f</sub>**, é ponto final obtido através da subtração dos pontos (Pr) e (Pv);

**Pr**, é ponto de referência da estaca graduada em trinta centímetro (30 cm) da parte exposta;

**P<sub>v</sub>**, é o ponto da variação latitudinal do banco de areia.

Para se obter o valor médio Total da variação vertical do banco de areia, calculou-se os valores médios de cada variação e fez-se o somatório das médias de cada variação vertical e dividiu-se por número de somatórios correspondentes.

A expressão para obtenção de Valor Médio de variação vertical total do banco de areia é dada pela equação:

$$M_{ET} = \frac{M_{e1} + M_{e2} + M_{e3}}{3} \quad [\text{Eq.2}]$$

$$M_{ET} = \frac{M_t}{3} \quad [\text{Eq.3}]$$

Onde:

**M<sub>e1</sub>** é Valor médio da primeira variação vertical do banco;

**M<sub>e2</sub>** é Valor médio da segunda variação vertical do banco;

**M<sub>e3</sub>** é Valor médio da terceira variação vertical do banco;

**M<sub>t</sub>** é somatório dos valores médios das variações verticais do banco;

**M<sub>ET</sub>** é valor médio de variação vertical total do banco de areia.

### 3.3.2. Determinação da variação da altura da maré.

Para esta etapa, além dos dados colhidos no campo, foram usados dados horários de marés registrados na Confluência do Estuário dos Bons Sinais registrado por marégrafos de pressão no ano de 2012 e dados de velocidade das correntes medidas por RCM Sea Guard registrado de 7 em 7 minutos num dos pontos próximo do banco de areia em estudo no Estuário dos Bons Sinais.

Estes dados foram oferecidos pela Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira (ESCMC)-UEM.

Esses dados foram usados a fim de se determinar a variação das marés e correntes de marés na região de banco de areia.

### **3.4. Tratamento de dados**

Os dados foram processados com auxílio do pacote estatístico, MS Excel.

Os dados da variação vertical do banco de areia foram gravados no Microsoft Excel e transferido para o programa Minitab para a obtenção de gráficos.

Os dados de levantamento batimétrico foram copiados na ecossonda para o programa Google Earth para visualizar os pontos digitados e foram processados no programa MapSource gravado e transferidos para o Microsoft Excel, e gravados em txt e foram transferidos para o programa Surfer13 com o intuito de obtenção da Batimetria do banco de areia.

Os dados de hidrodinâmicos referidos anteriormente, foram processados com auxílio do pacote estatístico, MS Excel. Estes últimos parâmetros foram usados para analisar a variação da hidrodinâmica da região do banco, relacionando com o comportamento da dinâmica do banco de areia, visto que o desenvolvimento de banco de areia é controlado pelos esses parâmetros físicos.

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados

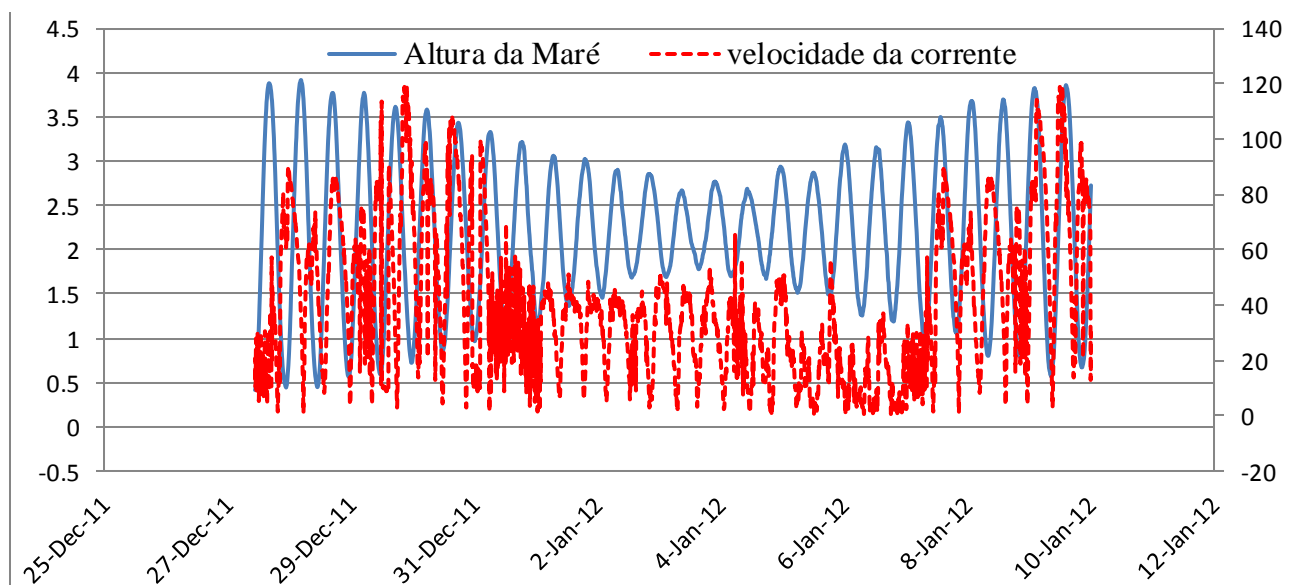
#### Avaliação da influência das Marés e correntes de marés para o desenvolvimento do banco

A **Figura 8**, Ilustra amplitude da maré em função de variação da velocidade da corrente da maré no porto de Quelimane no Estuário dos Bons Sinais durante a época chuvosa. Onde se apresentou duas Marés de Sizígias e uma de Quadratura.

Na primeira Maré de Sizígia registou-se a amplitude máxima de 3.9 m e mínima de 0.5m que correspondeu a velocidade máxima de 119 cm/s e mínima de 1.7 cm/s.

Na Maré de Quadratura registou-se máxima de 2.7 m e mínima de 1.7 m que correspondeu a velocidade máxima de 65 cm/s e mínima de 31 cm/s respetivamente.

Na fase da Maré de Sizígia registou-se a amplitude máxima de 3.7 m e mínima de 0.8 m, que correspondeu a velocidade máxima de 86.2 cm/s e mínima de 4.9 cm/s respetivamente.

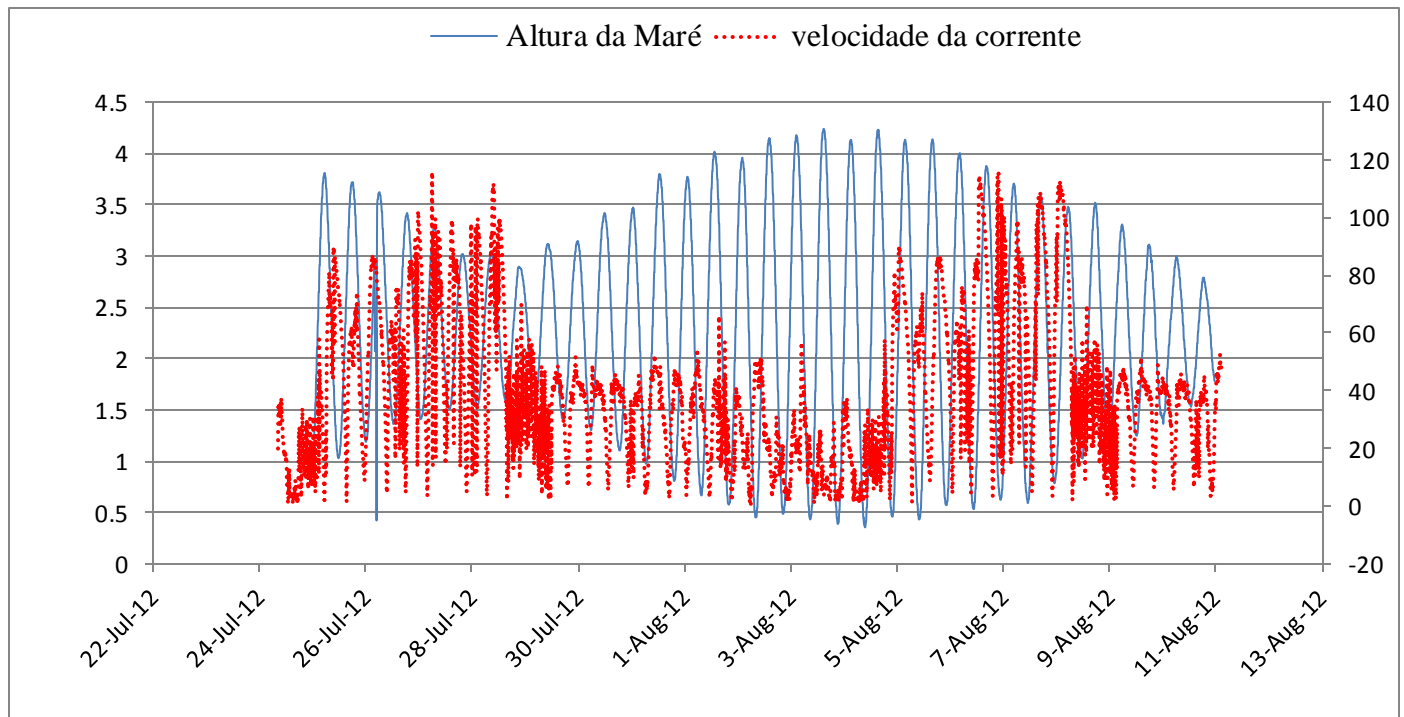


**Figura 5:** Altura da maré e velocidade da corrente da maré na época Chuvosa, nos meses de Dezembro a Janeiro, na região do porto de Quelimane, durante 15 dias da Maré Sizígia á Quadratura.

A **Figura 9**, Ilustra altura da maré em função de variação da velocidade da corrente da maré no porto de Quelimane no Estuário dos Bons Sinais durante a época Seca. Onde se apresentou duas Marés de Sizígias e duas aproximadamente de Quadratura.

Na primeira Maré de Sízgia registou-se a amplitude máxima de 3.7 m e mínima de 0.8m que correspondeu a velocidade máxima de 88 cm/s e mínima de 8.2 cm/s e a Seguida a presentou-se a Maré de Quadratura que registou-se o pico máxima de 2.8 m e o pico mínima de 1.5 m que correspondeu a velocidade máxima de 106 cm/s e mínima de 6.15 cm/s respetivamente.

Na segunda fase da Maré de Sízgia, registou-se a máxima amplitude de 4.2 m e mínima de 0.3 m na da preia-mar, que a correspondência da velocidade máxima da preia-mar foi de 56 cm/s e mínima da baixa-mar foi de 5.5 cm/s respetivamente e na transição da Sízgia á Quadratura houve a amplitude de 3.1 m e mínima de 1.4m, que chegou de atingir o valor máximo de 48 cm/s e mínima de 11.7cm/s respetivamente.



**Figura 9:** Altura da maré e velocidade da corrente da maré na época seca, nos meses de Julho a Agosto, na região do porto de Quelimane, durante 18 dias da Maré Sízgia á Quadratura.

#### 4.2. Determinação da variação vertical do Banco de Areia.

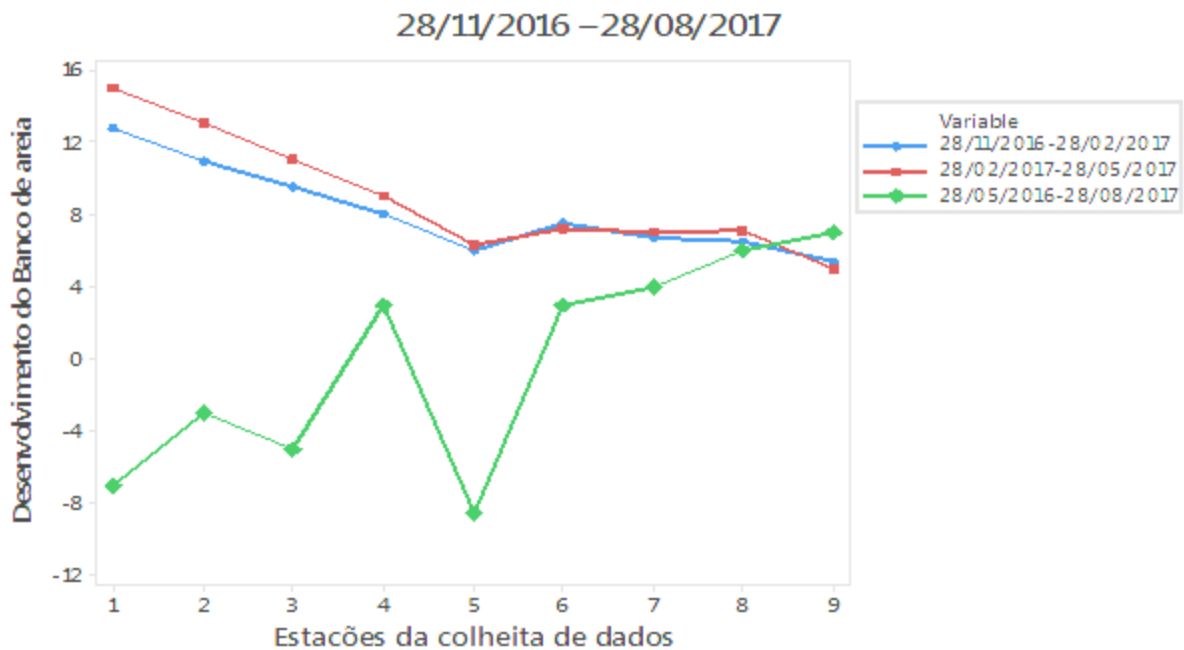
A figura 10: Ilustra as estações durante os 10 meses da realização do trabalho.

A primeira estação do mês de Fevereiro, apresentado pelo gráfico da cor azul, ilustra a variação vertical do banco de areia durante a época chuvosa, visto que no nono ponto registou o valor mínimo de 5.4 cm de altura, mostrando acréscimo até sexto ponto, e no quinto ponto houve remoção de 6 cm de altura de

deposição dos sedimentos, após do mesmo registou-se uma ligeira deposição que chegou de atingir o máximo de 12.7 cm de altura, de depósito dos sedimentos no primeiro ponto.

A segunda estação que corresponde o mês do Maio, mostra a variação vertical do banco de areia durante a transição da época chuvosa para época seca, onde no nono ponto, registou-se o valor mínimo de 5 cm de altura de sedimentos, a partir do mesmo, mostrou depósito de sedimento até a oitavo ponto que comportando-se meio constante até ao sexto ponto, e houve remoção no quinto ponto que atingiu 6.3 cm de remoção de sedimentos e a partir do mesmo, houve uma deposição de sedimentos, que chegou de atingir na maior deposição de 15 cm de altura, dos sedimentos depositado no ponto 1, comparativamente com os outros pontos.

A terceira estação ilustrada pela cor verde, demonstra que a variação vertical do banco durante a época seca, registou o valor mínimo de 5.4 cm de altura, mostrando acréscimo até o ponto da sexta estação, e na quinta estação houve remoção de 6 cm de altura de sedimentos, após do mesmo registou-se uma ligeira deposição do volume de sedimentos, que influenciou no maior deslocamento atingindo o máximo de 12.7 cm de volume de sedimento na primeira estação.

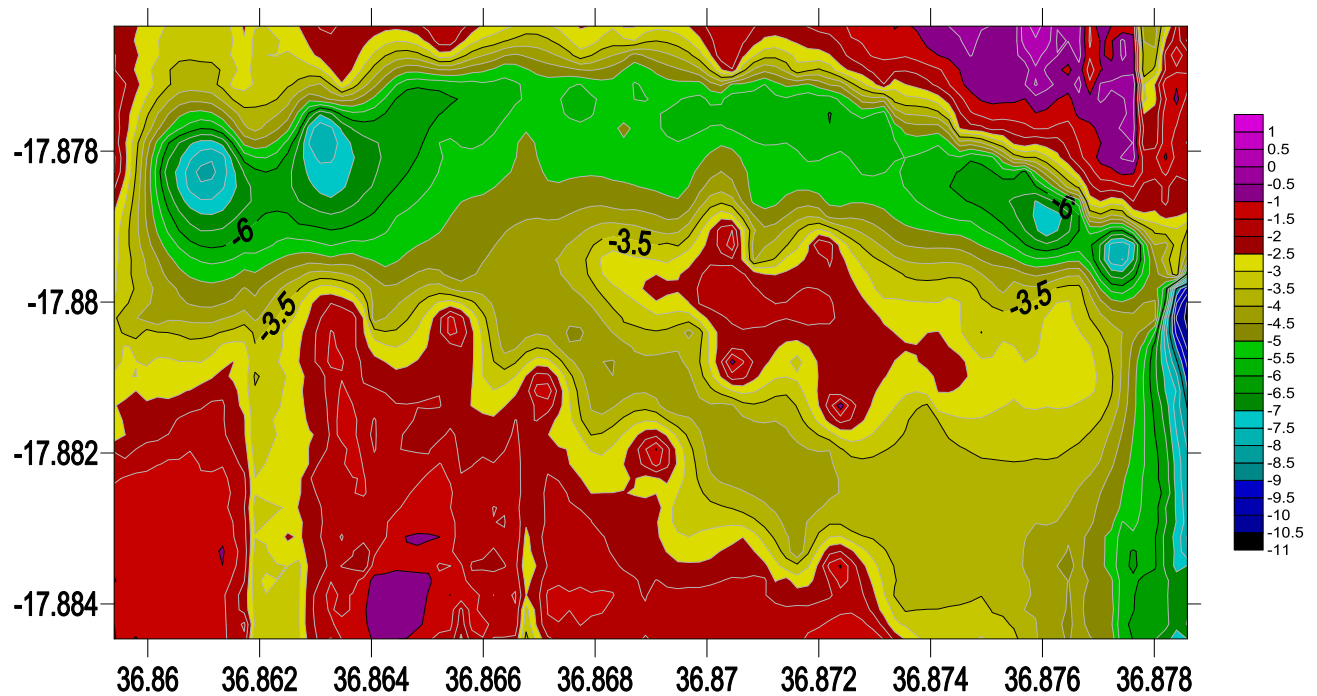


**Figura 106:** Médias mensais de variação do banco de areia de 28 de Novembro de 2016 á 28 de Agosto de 2017.

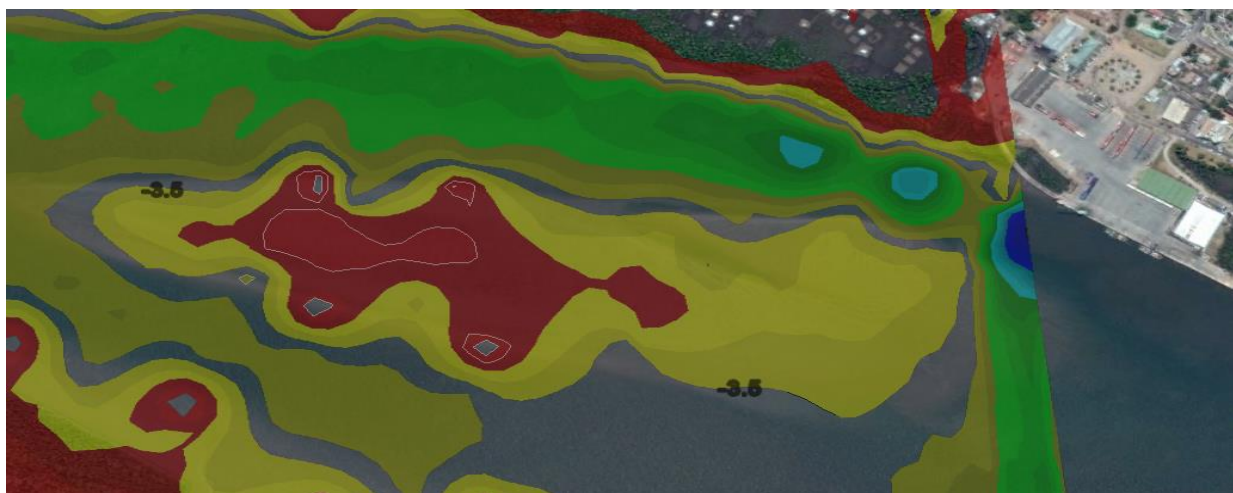


#### 4.1. Determinação da direção do movimento horizontal do banco de areia

A **figura 11 (a)**: Ilustra o banco de areia como referência, delimitado pela cor vermelha que ilustra áreas menos profundas, que variam de acordo com a região do porto ao lado do banco de areia. A cor amarela e castanho, ilustrado após o limite da cor vermelha, delimitado pelas isolinhas pretas e castanhas mostram áreas menos profundas comparativamente as de cor verde, a cor verde ilustra a maior profundidade do canal comparativamente as de anteriores respectivamente, a figura 11 (b) ilustra como o banco de areia era ou estava antes ao lado do porto, e a figura 12 (b), trata-se da resposta da figura 11(b).

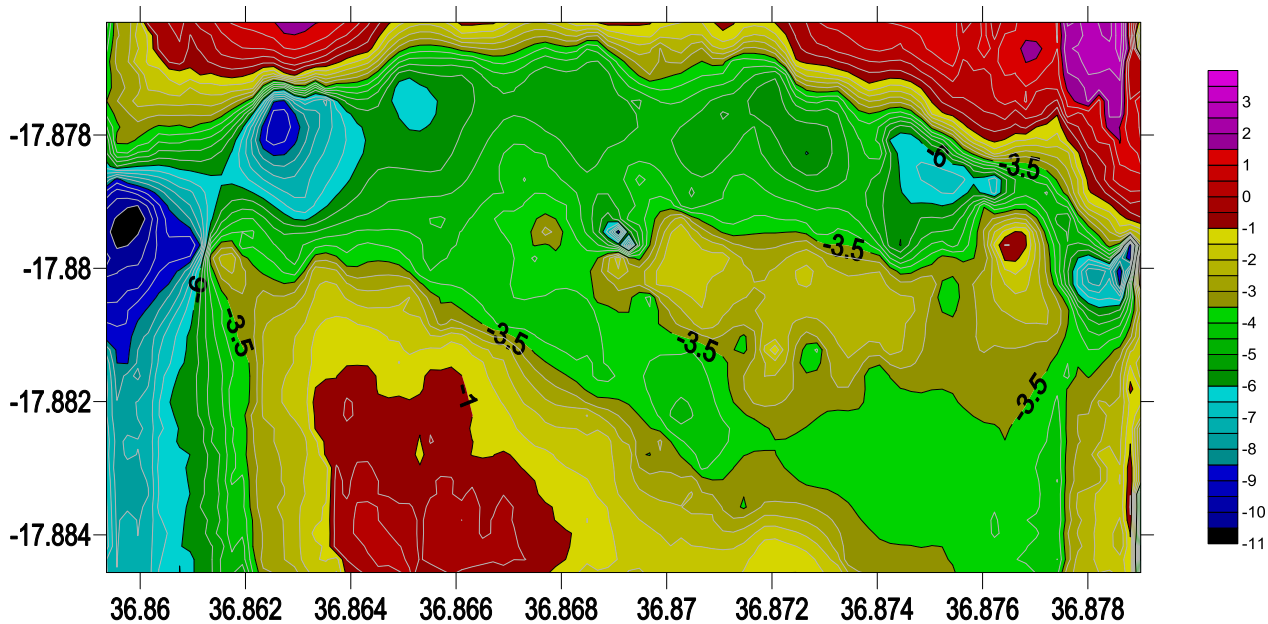


**Figura 71 (a)**: Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de julho de 2017

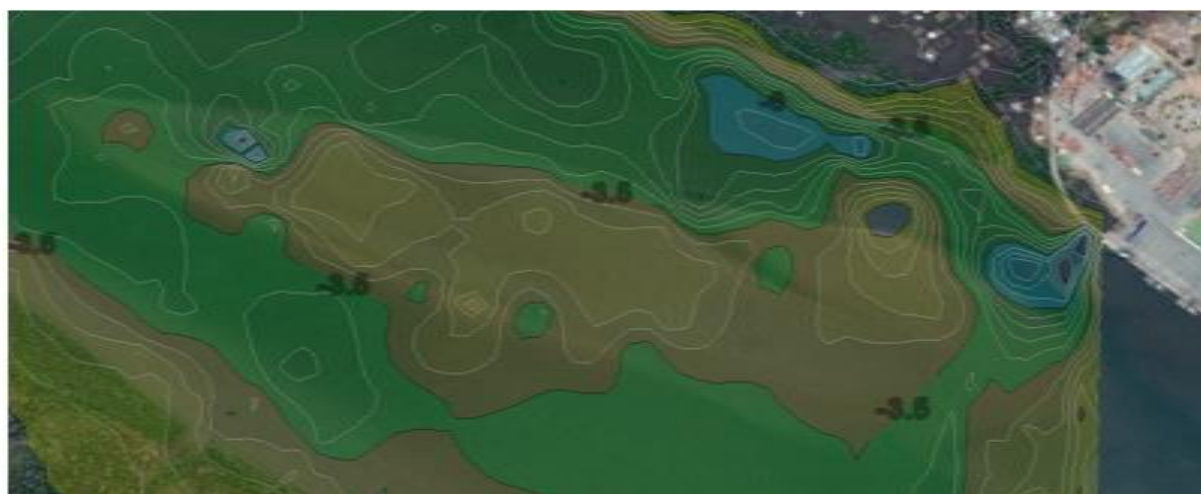


**Figura 11 (b)**: Mapa do levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de Julho de 2017.

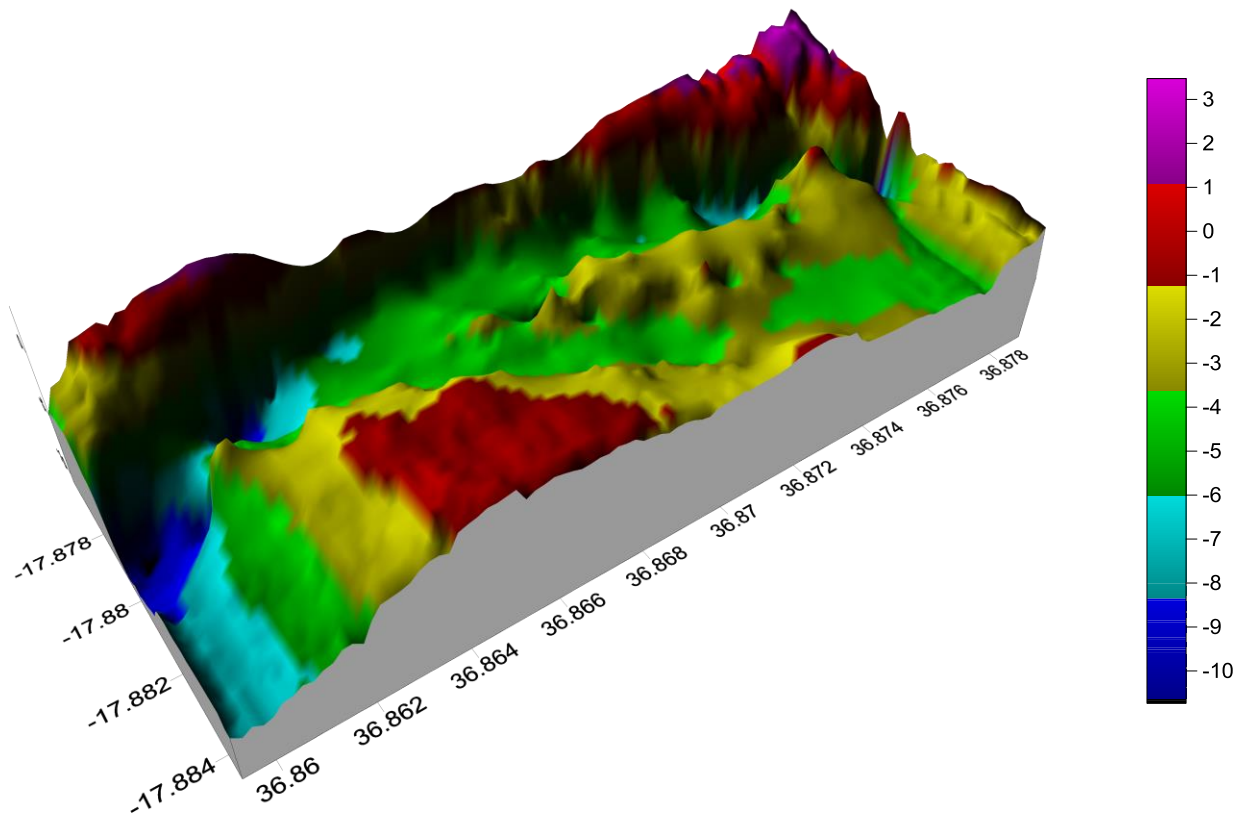
A figura 12 (a) Ilustra os movimentos do banco horizontal em cores demarcadas por isolinhas, as cores vermelhas ilustram áreas de menores profundidades, a cor amarela ilustra o banco de areia delimitada pela isolinha preta que contorna o banco de areia, depois da cor amarela, o banco é ilustrado pela cor castanha, onde a cor azul ilustra a maior profundidade que a cor verde, e por sua vez a cor azul ilustra a maior profundidade que varia entre -6m à -3.5m de profundidade (*deeph*) nas margens do banco de areia como mostra a figura a baixo. Demonstra que a tendência do Banco é direcionado ao porto comercial de carga.



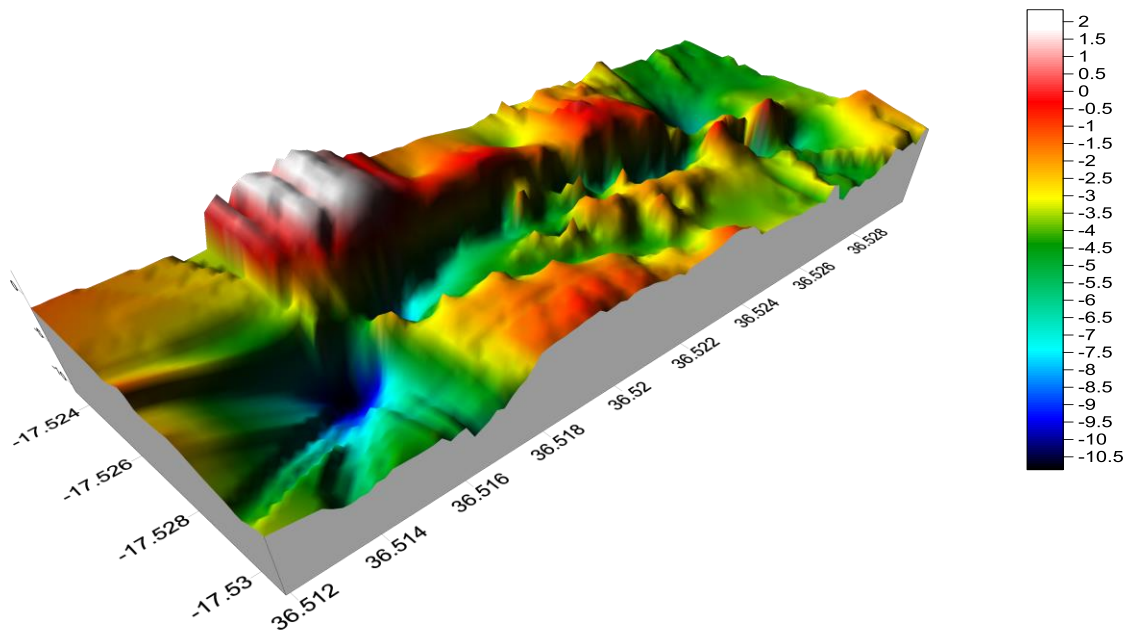
**Figura 12 (a):** Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de novembro de 2017



**Figura 82 (b):** Mapa de levantamento batimétrico do banco de areia do dia 22 de Novembro de 2017



**Figura 13.** Ilustração do Levantamento batimétrica do banco de areia em 3D de 22 de Julho de 2017.



**Figura 14,** Mapa de levantamento batimétrica do banco de areia em 3D, do dia 22 de Novembro de 2017.

## CAPÍTULO V

### 5. Discussão

#### 5.1. Altura da Maré e velocidade da corrente da maré

A Variação da maré registada durante a época chuvosa foi de 3.9 m de altura e a intensidade máxima da corrente registada foi de 119 cm/s, na qual o valor máximo da altura da maré em função da intensidade da corrente de maré, registada na Figura 8, durante a época chuvosa da maré viva e maré morta, essa variação provavelmente pode estar associada às descargas fluviais e os ventos que influenciam na propagação das ondas em direção a jusante, e perante a mesma situação de Jay (2009) e Timba (2014), afirmam que os ventos atmosféricos fortes e frequentes ocorrem no verão comparativamente ao inverno, que são calmos e menos frequentes. Tais ventos atmosféricos de maiores variações afetam a variação das amplitudes de marés, fases e intervalos de confiança das previsões.

A figura 9 da época seca da maré de sizígia registou-se uma altura máxima de 3.7 m e mínima de 0.8m que corresponde a velocidade máxima de 88 cm/s e mínima de 8.2 cm/s respetivamente. Na maré de quadratura, obteve-se o pico máximo de 2.8 m e o pico mínima de 1.5 m que corresponde a velocidade máxima de 106 cm/s e mínima de 6.15 cm/s respetivamente, de acordo com Mazzilli (2015), as marés que possuem a maior altura e maior velocidade da corrente são de Sizígia e as que apresentam a menor altura e menor velocidade das correntes são marés de Quadratura.

Por outro lado, as menores alturas verificadas no mês de dezembro e de Janeiro, podem estar associadas com a passagem de solstícios, visto que, a composição da órbita da terra produz os solstícios do inverno no hemisfério Sul em relação a superfície da Terra durante o ano, entre Maio e Agosto, no qual o sol encontra-se mais afastada da terra, acarretando na redução das alturas de marés mesmo nas marés vivas conforme discutem Langa (2008) e Timba (2014).

#### 5.2. Determinação da variação vertical do Banco de Areia

A variação vertical do banco de areia conforme ilustra a figura 10 durante a época seca, do mês de maio atingiu um valor médio de 8.16 cm e mínima de 0.9 cm em média onde registou a maior deposição na secção C ilustrado pela figura 7, provavelmente tenha influenciado pelos processos hidrodinâmicos que transportaram os sedimentos para dentro do canal vindo das margens e da confluência do estuário, e quando as alturas de ondas tornaram-se menores, voltou a ocorrer deposição de sedimentos nesse banco, esse aspeto também foi observado pelo Bastos *et al.*, (2004), mudanças nos bancos com alturas de ondas maiores ocorreu erosão, e com menores alturas ocorreu deposição.

As análises dos resultados obtidos na figura 10, foram efetuadas tomando em consideração a época chuvosa e seca, as variações Médias mensais de variação de banco de areia apresentaram um valor de 8.16 cm média da variação vertical do banco de areia durante a transição de uma época para outra, a segunda coleta, registou maior deposição de sedimentos em relação a primeira assim como a terceira coleta, definindo assim dimensões dos bancos respectivamente, isso deve ter sido influenciado pelos processos hidrodinâmicos que ocorre na região, o que também é confirmado pelos estudos realizados por Barroso (2009), que a velocidade das correntes e tamanhos dos sedimentos locais são funções determinantes para a definição do tamanho dos bancos, do seu comprimento, largura e altura, comprovando desta forma o mesmo comportamento dos bancos de areia efetuado por Silva (2011).

À medida que o fluxo de maré se aproxima do banco, o componente de velocidade nas margens do banco diminui, enquanto o componente do banco cruzado (por continuidade) aumenta, resultando no fluxo virando para a crista do banco. Consequentemente, transportada a areia para a crista do banco e com a inversão das marés há uma convergência de sedimentos ao longo da crista. Este conceito é suportado pela morfologia observada de bancos de areia lineares em outro lugar por Caston (1972) & Kenyon *et al.*, (1981) em seus respectivos estudos no ambiente estuarino.

A observação da dinâmica do banco, devido variações das condições estuarinas, que a apresentaram na época seca ilustrado pelo gráfico 10, mostrou maior ocorrência de erosão comparativamente a deposição e registou o valor máximo de 0.94 cm em média, localizado na região do porto, tanto para a maré de quadratura quanto para a maré de sizígia, ocorreu maior erosão nesse período de inverno, este fato fica claro no estudo de feito por Mazzilli (2015), observou-se a maior variação na velocidade das correntes na primavera, particularmente em relação aos afluentes e durante a estação húmida.

Neste caso, o fluxo neste período atua de forma brusca, convergindo e divergindo, respectivamente em todos os pontos, partindo dos pontos A, B e o ponto C como ilustra a figura 7, diferentemente do gráfico 10, do mês de Fevereiro e Março, Portanto, para esta condição a maré pareceu ser o principal mecanismo por promover mudanças bruscas no banco, concordando deste modo resultados obtidos nos estudos pretéritos desenvolvidos por autor Barroso (2009), onde destaca-se os processos hidrodinâmicos como possível razões desse fenómeno. Portanto, tanto a maré de sizígia assim como a maré de quadratura ocorreu erosão de sedimentos de uma forma anormal, contrariamente com o estudo pretérito, feito por Fernandes (2010), Durante a maré de quadratura assim como de sizígia as correntes foram Menos intensas e ocorreu maior deposição dos sedimentos nos bancos de areia.

Esta a variação pode estar associada a sazonalidade devido aos sedimentos que são trazidos nos rios Cuácuá e Licuar no período chuvoso, contribuindo para o aumento de deposição dos sedimentos no banco de areia.

A diminuição dos sedimentos no período seco pode estar relacionada com o facto de estuário não receber descarga fluviais que alimentam os rios Cuácuá e Licuar e por consequente um transporte dos sedimentos do banco devido as correntes de maré.

Observando nestes resultados nota-se que o maior aumento e a maior diminuição foi observado nos pontos próximo ao porto.

### **5.3. Dinâmica da direção do movimento horizontal do Banco de areia**

A migração do banco delimitado pelas isolinhas ilustrado pelas figuras 12 (b), demarcada pelas cores distintas, pode ser explicada pelo facto de o banco de areia estar geralmente orientado segundo um ângulo ligeiramente oblíquo onde há correntes predominantes, de modo que seu lado exposto seja erodido pelas correntes dominante, em enquanto a deposição ocorreu no lado oposto das correntes na fase da vazante, causando a migração de banco numa direção oblíqua a jusante, como ilustra a afigura 12 (b).

Essa tendência do banco apresenta uma inclinação com relação à direção da corrente máxima, verificada por diversos autores como Belderson *et al.*, (1982); Harris, (1988). Nesta figura 12 (b), as ilustrações da sua tendência são apresentadas pelas cores amarela em seguida castanha no entorno de curso de água no estuário e sobre este banco bem como a orientação do banco e a direção da corrente máxima em relação à direção do porto, como ilustras as tendências do banco de areia.

## CAPITULO VI

### 6. Conclusão & Recomendações.

#### 6.1. Conclusão.

O presente trabalho teve como objetivos específicos determinar a variação vertical e Identificar a direção de banco de areia na região do porto no Estuário dos Bons Sinais.

De acordo com a determinação da variação vertical, assim como horizontal do Banco de areia, e a avaliação da influência das Marés e correntes de marés no desenvolvimento do banco com a sazonalidade e associados aos outros processos hidrodinâmicos na região que foram obtidos através da aplicação de um conjunto de dados observacionais e estudos pretéritos, concluiu-se que:

- ✓ As marés na área de estudo são caracterizadas pela dominância de marés de vazante na maior parte do período, com fraca velocidades das correntes na maré quadraturas, e uma distorção das correntes da maré aumentando assim como diminuir a sua velocidade.
- ✓ O sentido da direção do Banco de areia na região, influenciado pelos processos hidrodinâmica e entrada do fluxo fluviais de montante dos rios Cuácua e Licuar para a jusante mostrando que teve maior deposição dos sedimento na maré vazante.
- ✓ As variações do banco de areia, apresentaram uma altura de 7.4 cm em média da variação durante o período de novembro de 2016 á agosto de 2017.
- ✓ A variação do banco de areia observado no Maio de 2017, ocorrido desde fevereiro á Maio obteve-se variação de 8.16 cm em média de altura do banco de areia analisada.
- ✓ No inverno o banco teve variação menor de 0.94 cm em média de altura atingindo valores menor neste trecho, o que é justificado pelo período seco em que existe menor vazão de água fluvial.
- ✓ Durante o período de 10 meses da realização do trabalho observou-se a variação total de 5.5 cm em média de altura, que é influenciado pelas marés, ondas, as correntes, as condições do fundo do estuários, as descargas fluviais, como também influenciado pelos processos que ocorrem no canal de maré, ou seja, pelos fluxos de maré;
- ✓ Os bancos de areia estuarina, a sua dinâmica principalmente são devidos as correntes de marés que transportam os sedimentos para serem acumulados ao longo desses bancos e feições.
- ✓ Uma simples avaliação visual da batimetria do banco de areia obtidas pelas sondagens, apresenta indícios da dinâmica do banco em direção ao porto comercial de carga.

## Recomendações

- ✓ A necessidade de ter dados de qualidade e em quantidade que mostrem a dinâmica deste banco é evidente. Normalmente são realizadas batimetrias de alta resolução com a finalidade de estabelecer as profundidades navegáveis, posição do canal e quantidade de material a ser dragado. Porém, para a compreensão da movimentação dos bancos e da causa do assoreamento dos canais, são necessárias batimetrias abrangentes.
- ✓ Recomenda-se que em trabalhos futuros possam se dispor de dados de vento, ondas e correntes em locais de interesse para o estudo da dinâmica dos sedimentos que influenciam na dinâmica dos bancos de areia para auxiliar no processo de análise e elaboração de resultados.
- ✓ Avaliar a influência do transporte de sedimentos em suspensão e no fundo que influenciam para a dinâmica dos bancos no estuário;
- ✓ Ao longo da elaboração do presente estudo constatou-se que a falta de uma base de dados hidrográficos, que limitou as discussões e Conclusões sobre o tema. Sendo um problema que existe em instituições ligadas a área de investigação e prestação de serviços em Moçambique, recomenda-se a criação de um banco de dados oceanográficos que possa responder as solicitações dos diversos utilizadores que queiram desenvolver estudos relacionados com a evolução das condições ambientais do Estuário dos bons Sinais.



## CAPÍTULO VII

### 7. Referência Bibliográfica

Azevedo, J. W. (2012). Assoreamento em ambientes costeiros e seus efeitos sobre a sustentabilidade: Estudo de caso da embocadura estuarina de São Luís-MA.

Barroso, C. p. (2009). Dinâmica de bancos e pontais arenosos associados à desembocadura do estuário de Caravelas, Banco areia.

Belderson *et al.*, (1982); Harris, (1988). Late Quaternary transgressive large dunes on the sediment-starved Adriatic shelf.

Calliaril, L. J. (2003). Beach morphodynamics Longshore bars, Transverse bars.

Chagas, F. M. (2013). Dinâmica de ondas de areia na Baía de São Marcos (Ponta da Madeira/MA):observações e modelagem numérica Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.

Cornish, V. (1914). Waves of sand and snow, and the eddies which make them. T.Fisher Unwin, London.

Davis, R. A. (1985). Beach and nearshore zone. New York: Springer-Verlag.

Defant, A. (1960). Physical oceanography. vol II. Dinâmica de bancos e pontais arenosos associados à desembocadura do. (s.d.).

Dronkers, J. (2004). Coastline Physics, an introduction. Ministry of Transport. the Netherlands.

Dyer, K. R. (1997). Estuaries: A Physical Introduction. (J. W. Sons, Ed.) New Jersey.

Fernandes, R. D. (2010). Formação e Evolução dos Bancos de Areia da Foz do Rio Amazonas.

Godin. (1999). The Propagation of Tides up Rivers with Special Considerations on the Upper Saint-Lawrence River”, Estuarine, Coastal and Shelf Science.

Gomes, A. S. (2003). Fenômeno de propagação de energia de um ponto a outro, sem que ocorra transporte de matéria. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Marinha .

Harris, P. T. (1988). Large-scale bedforms as indicators of mutually evasive sand transport and the sequential infilling of wide-mouthed estuaries. Sedimentary Geology.

- Julio, C. L. (2003). Beach morphodynamics Longshore bars, Transverse bars.
- Kenyon, N. (2005). Sand banks, sand transport and offshore wind farms.
- Krueger, C. P. (1999). Integração do GPS e da ecobatimetria. Curitiba. Boletim das ciências geodésicas.
- Mazzilli, S. (2015). Understanding estuarine hydrodynamics for decision making in data-poor coastal environments, Cambridge Coastal Research Unit. University of Cambridge.
- Nhapulo, C. I. (2000). correntes de marés e circulação geral da Baía de Maputo. Trabalho de licenciatura.
- Short. (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. J. coast.
- Silva, A. F. (2011). Características Hidrodinâmicas do Estuário da Beira, Moçambique.
- Timba, I. L. (2014). Propagação da Onda de Maré no Estuário Dos Bons Sinais. Licenciatura.
- Vieira, R. D. (2005). Hidráulica Fluvial, Volume II, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Wilson, G. (2005). Hidráulica Fluvial, Volume II, COPPE/UFRJ., Rio de Janeiro.
- Wright, L. C. (et at., 1973). Processes of channel development in a hightide-range environment.

### Anexos

Novembro		Fevereiro	Maio	Agosto
	30/11/2016	28/02/2017	28/05/2017	28/08/2017
Estacas	Referência	Somatório:66.42 cm	Somatório:73.44cm	Somatório: 8.1 cm
1	30 cm	12.7 cm	15 cm	-7 cm
2	30 cm	10.9 cm	13 cm	-2 cm
3	30 cm	9.5 cm	11 cm	-5 cm
4	30 cm	8 cm	9 cm	3 cm
5	30 cm	6 cm	6.3 cm	-8.5 cm
6	30 cm	7.5 cm	7.2 cm	3 cm
7	30cm	6.7 cm	7 cm	4 cm
8	30cm	6.5 cm	7.1 cm	6 cm
9	30cm	5.4 cm	5 cm	7 cm