



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Caracterização Morfológica e Sedimentar da Praia de Zalala-Quelimane



Autor:

Ermenegildo Tomás Manjate

Quelimane, outubro de 2017



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

Caracterização Morfológica e Sedimentar da Praia de Zalala- Quelimane

Autor:

Ermenegildo Tomás Manjate

Supervisor:

(Msc: Celso de Carvalho Matsinhe)

Quelimane, outubro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

- ❖ **Aos meus pais:** Tomás Arnaldo Manjate (em memória) e Anita Alberto Langa;
- ❖ **Aos meus irmãos:** Florência, Shelton, Tomas e Katia Manjate;
- ❖ **Aos meus tios:** Francelina Manjate, Rute Manjate, Américo Machai, Paulino Manjate.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e sabedoria.

Aos meus pais Tomás Arnaldo Manjate (em memória) e Anita Alberto Langa por colocar-me neste mundo, pela educação e pelo apoio em todas fases da minha vida.

Agradecer a família no geral principalmente os meus tios (Américo Machai, Francelina Manjate, Rute Manjate, Paulino Manjate) pelo apoio direto, preocupação e amor até ao fim do meu curso muito obrigado, agradecer também a minha tia Daniela pelos conselhos, amor e carinho.

Aos meus irmão, primos e sobrinhos em especial (Florência, Shelton, Tomas e Katia) o meu muito obrigado.

Ao meu supervisor (Celso de Carvalho Matsinhe) pelas críticas, paciência e confiança que apesar da distância foi possível trabalhar e terminar este trabalho, o meu profundo agradecimento.

Aos técnicos do laboratório de sedimentologia, especialmente o Sr. Leonel pelas sugestões, paciência, que deu para conclusão deste curso.

Ao dr. Noca Furaca, dr. Carlota Alves, dr, Cesar Mubango Hogueane, dr. Valera pelas ideias, pelas discussões e críticas construtivas apresentadas para o trabalho. E a todos docentes da ESCMC, pelo conhecimentos científico transmitido.

Aos meus colegas e companheiros de casa: Cesardio Macamo, Jorge Macucule (Cucullettah) o meu muito obrigado pelo apoio psicológico, financeiro, etc.

Aos meus colegas e amigos em especial Armando José Bila, Samuel Chichava, Lucas Alexandre, Lucas Muhai, Oscar Mazivila, Zunchany Matola, Cecílio Matsumane, Custódio Banze, Recilda Mavie, Raul, Wilson Fabião, Yolanda Dinis, Teresa Alberto, Jonas Chambo, Norton Cossa, Jose Xieo, Sebastiao Marquele, Camacho Melo, Edson Carlos, Antônio Manuel, Ivan Coiso, Jose Nhacudima, Fernando da Sandra, Fernando Niquice, Nilton Nhantumbo, Jermínio Massango, Joaquim Venâncio, Abacar Daniel, Balbina Siteo o meu muito obrigado por participarem na minha vida durante a realização deste curso.

DECLARAÇÃO

Eu, **Ermenegildo Tomás Manjate**, declaro por minha honra que esta monografia com o título **Caracterização Morfológica e Sedimentar da Praia de Zalala** é resultado do meu próprio trabalho e está a ser submetida para a obtenção do grau de Licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane, ESCMC - Quelimane. Esta nunca foi, antes submetida para obtenção de nenhum grau académico e muito menos para avaliação em nenhuma outra Universidade.

O autor:

(Ermenegildo Tomás Manjate)

RESUMO

A praia de Zalala por tratar-se de um ambiente dinâmico, está a sofrer alterações morfológicas que podem afugentar os banhistas idos de vários pontos da província da Zambézia e de outros pontos do país e do mundo. Deste modo é importante que sejam compreendidas as características morfológicas e sedimentares da praia, para que haja um melhor planeamento e direcionamento das ações de proteção costeira. O objetivo deste trabalho foi examinar a variação espacial e temporal dos parâmetros granulométricos através de parâmetros estatísticos (diâmetro-médio, assimetria, curtose, e desvio-padrão) e da morfologia através de perfis topográficos ao longo da Zona de Intermaré (ZI). Para a realização deste trabalho foram estabelecidos 9 perfis topográficos a partir das dunas até o nível baixo da maré de sizígia. Ao longo dos perfis, foram coletadas amostras sedimentares no mês de março (período chuvoso) e no mês de julho (período seco). Os resultados mostram que as variações sazonais dos processos costeiros controlam a morfologia da praia e o comportamento sazonal dos sedimentos.

Palavras-chave: Zona de Intermaré (ZI); Morfologia da praia; Distribuição granulométrica.

ABSTRACT

Zalala Beach is a sensitive environment, is presenting morphological variations that can scare off ides sunbathers of various points of Zambézia province, other parts of the country and the world. Thus it is important understand the morphological and sedimentology of the beach, so that there is better planning and targeting of coastal protection. The aim of this study was to examine the spatial and temporal variation of granulometric parameters through statistical parameters (diameter-medium, asymmetry, kurtosis, and standard deviation) and morphology through topographic profiles along the Intertidal zone (ZI). For the accomplishment of this work have been established 9 topographic profiles from the dunes to the low level of the tide of syzygy. Over the profiles, sediment samples were collected in the month of March (rainy season) and in July (dry season). The results show that the seasonal variations of the coastal processes control the morphology of the beach and the seasonal behavior of the sediments.

Keywords: Intertidal zone (ZI); Morphology of the beach; Granulometric distribution.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios da média (Md) obtidos no período chuvoso e seco.....	17
Tabela 2: Valores de Curtose (KG) obtidos no período chuvoso e seco.....	18
Tabela 3: Valores de assimetria (sk) obtidos no período chuvoso e seco.	19
Tabela 4: Valores de desvio padrão (σ) obtidos no período chuvoso e seco.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Presença de troncos de coqueiros na praia e erosão das dunas na praia	2
Figura 2: Terminologia de uma praia. Fonte: Masselink e Hughes (2003).....	5
Figura 3: Mapa da área de estudo. Fonte: (imagem Google Earth	9
Figura 4: Material usado para análise dos sedimentos no laboratório.	12
Figura 5: Morfologia da praia no mês de março 2017	16
Figura 6: Morfologia da praia no mês de julho 2017	16
Figura 7: Perfis de erosão e deposição de sedimentos no dois períodos (seco e chuvoso).....	21
Figura 8: Sistema de cristas e calhas formadas durante o período seco (junho)	21
Figura 9: Erosão das dunas na praia de Zalala.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS

ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
ZIS	Zona de Intermaré Superior
ZII	Zona de Intermaré Inferior
ZIM	Zona de Intermaré Média
ZI	Zona de Intermaré
ZS	Zona de Supramaré
GPS	Global Position System
p	Peso
m	Metro
Md	Diâmetro-médio
KG	Curtose
Sk	Assimetria
δ	Desvio-padrão
g	Gramas
h	hora
Φ	Phi

Índice	pag.
1. Introdução	1
1.1. Problematização	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Geral.....	3
1.3.2. Específicos.....	3
2. Revisão bibliográfica	4
2.1. Praias.....	4
2.1.1. Conceito	4
2.1.2. Zona de pós-praia	4
2.1.3. Ante-praia superior	4
2.1.4. Ante-praia inferior	4
2.1.5. Face praia	5
2.1.6. Zona de Arrebentação (<i>Breaking zone</i>)	5
2.1.7. Zona de Surfe (<i>surf zone</i>).....	5
2.1.8. Zona de Espraçamento (<i>swash zone</i>).....	5
2.2. Morfologia.....	6
2.2.1. Zona de Supramaré	6
2.2.2. Zona de Intermaré.....	6
2.2.3. Zona de Inframaré.....	6
2.2.3. Estágios Morfodinâmicos de uma praia	7
2.2.4. Dissipativa.....	7
2.2.5. Refletiva	7
2.2.6. Terraço de baixa-mar	7
2.2.7. Barra transversal	7
2.2.8. Crista e calha longitudinal.....	7
2.3. Processos Costeiros	7

2.3.1. Ondas e Ventos.....	7
2.3.2. Marés e Variações do nível do mar	8
2.3.3. Erosão.....	8
2.3.4. Distribuição de sedimentos	8
3. Área de estudo.....	9
3.1. Localização.....	9
3.2. Clima.....	10
3.3. Solos.....	10
3.4. Geologia.....	10
4. Material e Métodos.....	11
4.1. Trabalho de campo	11
4.1.1. Perfis topográficos	11
4.1.2. Coleta de amostras sedimentares	11
4.2. Trabalho laboratorial.....	11
4.2.1. Análise de perfis de praia	11
4.2.2. Análise de sedimentos.....	11
4.2.2.1. Tratamento de amostras	11
4.2.2.2. Eliminação de carbonatos.....	11
4.2.2.3. Peneiramento	12
5. Resultados	15
5.1. Caracterização morfológica.....	15
5.1.1. Zona de Supramaré	15
5.1.2. Zona de Intermaré.....	15
5.1.3. Zona de Inframaré.....	15
5.2. Distribuição dos Sedimentos	16
5.2.1. Comportamento da média (Md)	17
5.2.2. Comportamento da curtose (KG).....	17
5.2.3. Comportamento da assimetria (sk)	18

5.2.4. Comportamento do desvio padrão	19
6. Discussão	21
6.1. Aspectos Morfológicos	21
6.2. Aspectos da variação granulométrica	22
7. Conclusão	24
8. Recomendações.....	25
9. Bibliografia	26

1. Introdução

As praias desenvolvem-se em qualquer lugar onde o continente e o mar se encontram, onde houver sedimentos, e onde houver um local disponível para a acumulação de sedimentos. Logo, são de longe os ambientes sedimentares costeiros de mais ampla distribuição, resultados da interação entre fatores oceanográficos e hidrológicos, meteorológicos e/ou climáticos, geológicos e antrópicos (Davis, 1978).

As praias, em geral, são ambientes altamente dinâmicos, e estão constantemente sofrendo alterações morfológicas resultantes de variações no regime energético incidente (ondas), na variação do nível da água (ventos de tempestade), e desequilíbrio no suprimento sedimentar local, no entanto, estas praias estão sujeitas a modificações em diferentes escalas de espaço (cm, m, km) e tempo (horas, dias, meses e anos) (Araujo *et al.*, 2010).

A morfologia das praias está intimamente associada a variações sazonais relacionadas ao ciclo hidrológico e lunar. A variação sazonal da morfologia mostra que as praias podem perder areia para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energética do que as da estação menos chuvosa (Braga, 2007).

Com relação à mineralogia e petrografia, as areias costeiras consistem principalmente em grãos de quartzo, mas também podem compreender vários fragmentos líticos, mica, minerais pesados e outros. Conchas, fragmentos de conchas, ou carbonáceos não bióticos, fragmentos de pedra calcária erodida, material vulcânico, fragmentos de seixos e pedregulhos também podem estar presentes e até mesmo predominar sob circunstâncias específicas (Stanica & Ungureanu, 2007).

O objetivo deste trabalho é mostrar as variações sazonais da zona de intermaré no que diz respeito aos parâmetros granulométricos e a morfologia da praia de Zalala. Tais variações granulométricas e morfológicas sazonais são entendidas como sendo respostas às mudanças nos processos físicos, os quais ainda precisam ser melhor investigados.

1.1. Problematização

Zalala por tratar-se de um ambiente dinâmico, está a sofrer alterações morfológicas que podem afugentar os banhistas idos de vários pontos da província da Zambézia e de outros pontos do país, e do mundo, o que preocupa o governo, a comunidade académica no geral e ESCMC em particular, nos aspectos relacionados a vulnerabilidade da população no que diz respeito aos riscos dos mesmos à essas variações morfológicas.

Numa ida rápida a Zalala pode-se pensar que está tudo bem, mas existem zonas com um nível elevado de destruição da costa. Um pouco mais para dentro do continente existem centenas de troncos de coqueiros secos, enquanto mais junto a costa existem inúmeras casuarinas no chão que foram arrasadas pela força das águas.



Figura 1: Presença de troncos de coqueiros na praia (esquerda) e erosão das dunas na praia (direita)

1.2. Justificativa

As praias são um local adequado para a pesca é também local de prática de atividades recreativas relacionadas a banho, devido à facilidade e risco relativamente baixo de acesso ao mar, sendo, local de grande importância turística.

Há escassez de estudos relacionados com Morfologia e Sedimentologia no País e em zalala em particular. O presente estudo, para além de contribuir na produção e desenvolvimento do conhecimento científico no país nesta matéria, irá contribuir para compreensão do comportamento morfológico e sedimentar da praia, para que haja um melhor planeamento e direcionamento das ações de proteção costeira e manutenção das obras já existentes na praia de Zalala, por ser região de grande impacto económico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

- Caracterizar a morfologia e a sedimentologia da praia de zalala.

1.3.2. Específicos

- Examinar a variabilidade espacial e temporal da morfologia da praia, através de perfis topográficos;
- Determinar e analisar os Parâmetros Estatísticos Granulométricos

2. Revisão bibliográfica

2.1. Praias

2.1.1. Conceito

A praia é um depósito de areia, cascalho ou seixo gerado pela ação das ondas. Se estende da zona de quebra das ondas até o ponto de maior internalização de ação destas, associado a uma falésia, uma duna ou vegetação permanente. A largura, ou mesmo a existência, destas zonas é bastante variável, e depende da energia das ondas e diâmetro do grão (Masselink & Hughes, 2003).

2.1.2. Zona de pós-praia

Porção limite ou superior da praia, que se estende a partir da linha de maré alta até o contato com o campo de dunas, falésias, linha de vegetação permanente ou terraços marinhos). Essas zonas são esporadicamente inundadas pelas marés de maiores amplitudes. É nesta zona da praia que se formam feições chamadas de berma (Souza, 2009).

A berma se localiza no limite da pós-praia e consiste no resultado da deposição/erosão efetuada pelas ondas no limite da zona de espriamento, constituindo elevações planas com mergulho abrupto. A berma é de suma importância para as praias, pois a mesma é o lugar de maior deposição de sedimentos e é caracterizada por um grande aporte sedimentar. Uma praia que não possui um ambiente de berma bem desenvolvida pode ser identificada como um ambiente que está sofrendo processos erosivos (Moura, 2012).

2.1.3. Ante-praia superior

É caracterizada de intermarés, limitada pela altura mínima das maré baixa e máxima das maré alta. Encontra-se nesta zona, feições características como (cristas, calhas e barras) formadas pela ação das ondas, marés e pode intensificar durante as condições meteorológicas e costeiras.

2.1.4. Ante-praia inferior

Na sua maioria é caracterizada pela presença de barras arenosas subaquosas originadas por marés que são aproximadamente paralelas às praias. Encontra-se nesta zona, feições características como (cristas, calhas e barras). É uma região de transição das ondas oceânicas, onde a diminuição da profundidade causa mudanças das ondas, aumentando a sua altura e alterando a direção em relação a linha de costa. Por causa destas mudanças há influência no processo de transporte de sedimentos que atuam nestas zonas (Davis 1985).

2.1.5. Face praia

Parte do perfil onde ocorrem os processos de espraçamento. Localiza-se entre o nível médio de maré baixa e o nível médio de maré alta.

Segundo Braga (2007) as praias são divididas em 3 zonas hidrodinâmicas descritas abaixo:

2.1.6. Zona de Arrebentação (*Breaking zone*)

É a porção do perfil da praia onde ocorre a dissipação das ondas, compreendida entre o limite da quebra das ondas mais distante e a mais próxima da costa. O número de zonas de arrebentação está consequentemente relacionado com o número de bancos de areia e calhas existentes na praia e o seu conjunto forma a zona de arrebentação.

2.1.7. Zona de Surfe (*surf zone*)

A caracterização desta zona é dependente do modo como ocorre a dissipação energética das ondas incidentes. Em praias de baixa declividade, as ondas quebram e formam vaga (*bores*).

2.1.8. Zona de Espraçamento (*swash zone*)

Caracteriza a região entre a máxima e a mínima excursão da vaga sobre a face da praia. Após esta zona, aparece a escarpa de praia e/ou por vezes uma feição de deposição de sedimentos chamada de berma.

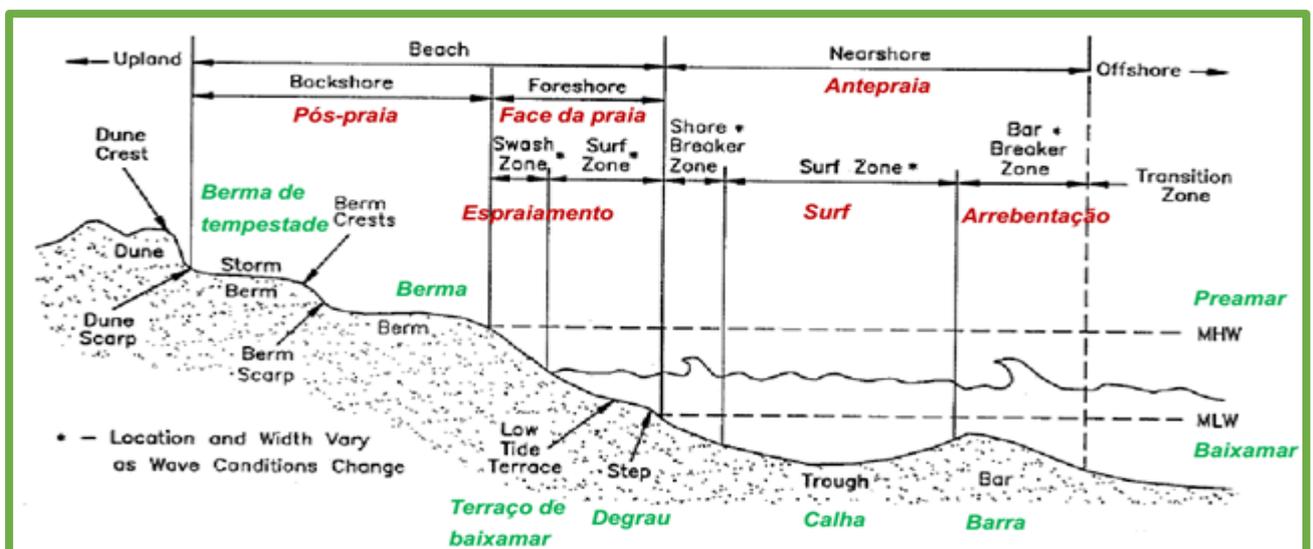


Figura 2: Terminologia de uma praia. Fonte: Masselink e Hughes (2003)

2.2. Morfologia

As praias compõem o ambiente frontal do sistema costeiro, tornando-se altamente dinâmicas, suas características morfológicas refletem o agente modificador predominante (ondas e marés) e os atributos dos sedimentos que as compõem, principalmente a granulometria (Braga, 2007).

Stanica & Ungureanu (2007) complementam que se o transporte em direção ao mar predominar, o perfil da face da praia tornar-se-á mais plano, e se o transporte em direção à costa predominar, o perfil se tornará mais íngreme.

As praias podem ter seus limites delimitados levando em consideração o aspecto morfológico e de diferentes maneiras. Desta forma, os termos utilizados são baseados na subdivisão proposta por Braga (2007):

Morfologicamente, a praia é subdividida em três zonas:

2.2.1. Zona de Supramaré

Compreende a porção superior do espraiamento da onda até o limite topográfico da praia em direção ao continente (dunas costeiras). Pode ou não ocorrer berma (s) e areias retrabalhadas pelo vento;

2.2.2. Zona de Intermaré

É a face propriamente dita da praia, que ocorre entre os níveis de maré alta e baixa de sizígia e é subdividida em três:

- (1) Zona de Intermaré Superior (ZIS) que vai desde o nível alto da maré de quadratura até a o nível alto da maré de sizígia;
- (2) Zona de Intermaré Média (ZIM) que estende-se desde o nível máximo da maré de quadratura até o nível mínimo de maré de quadratura e
- (3) Zona de Intermaré Inferior (ZII) que estende-se desde a linha de maré baixa de quadratura até a linha de maré baixa de sizígia.

2.2.3. Zona de Inframaré

Representa a área inferior do perfil da praia e ocorre abaixo da linha de maré baixa de sizígia, estendendo-se em direção ao mar.

2.2.3. Estágios morfodinâmicos de uma praia

O estado da praia também pode determinar os fatores pelos quais as praias sofrerão deposição ou erosão (Moura, 2012).

2.2.4. Dissipativa

Apresenta larga zona de surfe com baixo gradiente topográfico (declividade) e elevado estoque de areia, sendo que o gradiente da praia também se apresenta baixo. Esse estado ocorre em condições de ondas altas e de ondas de tempestade, ou na presença de sedimentos de granulometria fina.

2.2.5. Refletiva

Caracterizado por elevados gradientes da praia e zona submersa adjacente, o que praticamente elimina a zona de surfe, o berma é elevado e o estoque de areia na zona submersa é baixo.

2.2.6. Terraço de baixa-mar

É caracterizado por uma acumulação plana de areia, no nível de baixa mar ou um pouco abaixo, moderadamente dissipativa e limitada por uma face praial mais íngreme e refletiva durante a preamar.

2.2.7. Barra transversal

Caracterizado por cúspides dispostos transversalmente à praia e fortes correntes de retorno. Apresenta a maior segregação lateral de fluxo, proporcionando alta energia das ondas.

2.2.8. Crista e calha longitudinal

Se desenvolvem de um perfil dissipativo por sequência deposicional chegando a condições refletivas quando as ondas dissipam no banco e se reformam na cava mais profunda chegando a face de praia com espraiamento relativamente alto.

2.3. Processos Costeiros

Quando se estuda os processos que regem a geomorfologia costeira é necessária a caracterização da cobertura sedimentar e sua mobilidade em função de parâmetros meteorológicos, climáticos, hidrológicos e oceanográficos (Moura, 2012).

2.3.1. Ondas e Ventos

As ondas são geradas no oceano aberto pelos ventos e dependem fundamentalmente de sua velocidade, duração e extensão da pista na superfície do oceano sobre a qual eles atuam. Logo, a

hidrodinâmica que existe ao longo da praia é resultante da interação das ondas incidentes, permanentes e aperiódicas e dos fluxos gerados por ondas e marés. Esse movimento gera atrito sobre os sedimentos, dos quais são carreados em suspensão, causando gradientes espaciais e temporais no seu percurso. Assim, à medida que esse processo produz determinadas morfologias, indica que morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente (Souza 2009).

O vento é um importante fator responsável pela formação das ondas. Ele também influencia na modificação e desenho das costas, geralmente associados a ondas e períodos de chuva. Estes contribuem ainda para o processo de erosão localizada através do transporte de grãos, que varia em função da sua velocidade (Moura, 2012).

2.3.2. Marés e Variações do nível do mar

As marés são elementos importantes a serem considerados no que tange ao transporte de sedimentos, além disso, sua oscilação interfere na morfologia da costa, pois transferem as zonas de arrebenção, surfe e espraiamento sobre o perfil da praia e interferem substancialmente nos ecossistemas costeiros, como nos estuários, por exemplo (Sousa, 2009).

O Nível do Mar (N.M.) é o referencial utilizado na maioria das vezes para se avaliar variações na topografia de uma determinada área. É por meio de estudos sobre os fatores oceanográficos (correntes, marés, ondas), meteorológicos (ventos, pressão atmosférica) e geofísicos (anomalias do geóide causadas pela distribuição de densidade das rochas no interior da terra), que podemos verificar algumas variações do Nível do Mar (Moura, 2012).

2.3.3. Erosão

O processo de erosão é definido como sendo em geral de origem natural, que pode atuar tanto em costa rasa quanto escarpada. Por outro lado, a erosão costeira, principalmente da praia, pode ser induzida pelo homem a erosão costeira tem início quando o material erodido é levado da linha de costa em maior proporção do que é depositado (Moura, 2012).

2.3.4. Distribuição de sedimentos

Dentro do estudo de praias, as propriedades granulométricas dos sedimentos são as mais analisadas. A energia de ondas é o principal agente atuante na determinação do padrão de distribuição dos sedimentos em suas áreas de estudo. Neste caso, a energia das ondas seria proporcional à sua altura existindo uma relação positiva entre a altura da onda e o tamanho de grão. Desta forma, quanto maior

a altura da onda, maior seria a capacidade dos sedimentos finos serem transportados para outras regiões e dos sedimentos mais grossos permanecerem no local (Braga, 2007).

Segundo Komar (1976); Muehe Corrêa (1989); Nordstrom (1977); citados por Braga (2007) o tamanho do sedimento quando em conjunção com a ação energética das ondas, controla a forma da praia e sua dinâmica. Areias finas produzem baixa declividade na zona de espraiamento da onda, maior zona de surfê e potencialmente mais areia removida. Enquanto isso, praias com granulometria de média a grossa possuem um grau de inclinação maior e menor quantidade de areia sendo movimentada na estreita zona de surfê, sempre submersa.

3. Área de estudo

3.1. Localização

A área do estudo é a praia de Zalala. A praia de Zalala, localiza-se no centro de Moçambique a 45 km do norte da cidade Quelimane no Posto Administrativo de Maquival, Distrito de Quelimane, Província da Zambézia, entre os paralelos 17°50'186"S e 37 ° 07'27"E.

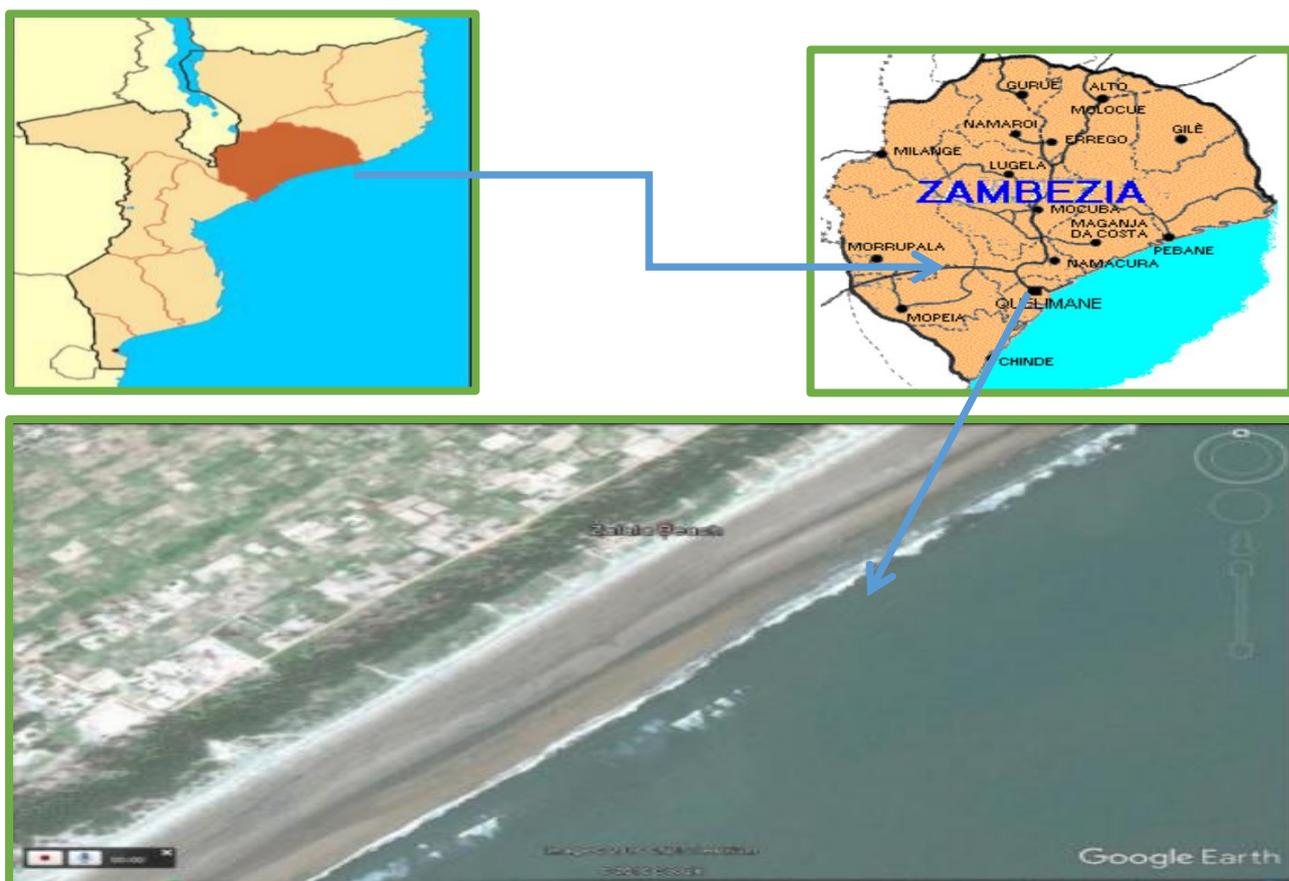


Figura 3: Mapa da área de estudo. **Fonte:** (imagem Google Earth)

3.2. Clima

O principal tipo de clima é tropical com duas estações. A precipitação anual é de 1.428 milímetros ao redor de Quelimane e Inhassunge. O período de chuva varia de Novembro a Abril. A temperatura média é de 25⁰C. O mês mais seco é Setembro, com 20 mm, maior parte da precipitação cai em Janeiro, com uma média de 260 mm (Souto, 2014).

3.3. Solos

Os solos são arenosos de dunas costeiras e de origem hidromórfica (mangais e rios). Os solos arenosos geralmente são profundos a muito profundos, excessivamente bem drenados, com baixa capacidade de retenção de nutrientes e água. Os solos fluviais e marinhos ocorrem ao longo da costa e nas planícies estuarinas, onde se desenvolvem mangais, com solos argilosos profundos, muito mal drenados, salinos e ricos em sódio (Souto, 2014).

3.4. Geologia

A geologia de Quelimane, Zalala e Inhassunge é formada por formações sedimentares da era quaternária. As principais unidades são aluvião, areia, silte, cascalho; coluvião; duna de areia costeira e praia de areia; areia argilosa aluvial de várzea; lama aluvial de origem flúvio-marinha e lama aluvial de várzea (Souto, 2014).

4. Material e Métodos

4.1. Trabalho de campo

O trabalho de campo baseou-se na coleta de dados de topografia e amostras sedimentares no mês de março (período chuvoso) e no mês de julho (período seco).

4.1.1. Perfis topográficos

Na área foram estabelecidos nove (9) perfis topográficos espaçados 40 m entre si paralelo e perpendicular à linha da costa, desde as dunas até a linha da maré baixa de sizígia.

Os perfis topográficos foram elaborados com um teodolito, régua graduada e tripé, uma fita métrica para os espaçamento dos pontos de amostragem e um GPS- Astro 60.

4.1.2. Coleta de amostras sedimentares

As amostras sedimentares foram coletadas em condições de maré baixa de sizígia a partir das dunas até a zona de maré baixa de sizígia, obedecendo a um intervalo de 40 m. Após a coleta das amostras de sedimentos, estes foram acondicionados em sacos plásticos.

4.2. Trabalho laboratorial

4.2.1. Análise de perfis de praia

O nivelamento topográfico foi utilizado para determinar a morfologia da praia. O processamento dos dados de perfil de praia foi realizado através do programa Excel.

4.2.2. Análise de sedimentos

4.2.2.1. Tratamento de amostras

Todas amostras húmidas, foram colocadas a secar na estufa a temperatura de 60°C durante 24h (1 dia).

4.2.2.2. Eliminação de carbonatos

Foi feita a pesagem (P1) de 20g para cada amostra numa balança semi-analítica de precisão de 0,001g, em seguida foi feita a neutralização de cada amostra com o ácido clorídrico durante 24h (1 dia) no extrator.

Passados 24h de neutralização das amostras, estas foram submetidas ao processo de secagem a 60°C durante 24h (1 dia) e pesadas (P2).

4.2.2.3. Peneiramento

Para o processo de peneiramento foram usadas peneiras com diferentes aberturas de malha: 2.000mm, 1.000mm, 0.710mm, 0.500mm, 0.355mm, 0.250mm 0.180mm, 0.125mm, 0.075mm e 0.063. Em seguida efetuou-se o processo de pesagem das partículas retidas em cada peneira e armazenadas no Excel de acordo com abertura de cada peneira.



Balança semi- analítica



Peneiramento



Álcool etílico



Teodolito



GPS- Astro 60



Proveta de vidro



Neutralização das amostras



Pesagem das amostras



Peneiras

Figura 4: Material usado para análise dos sedimentos no laboratório.

A análise da distribuição espacial dos parâmetros granulométricos (diâmetro-médio, desvio-padrão, assimetria e curtose) foi determinada segundo equações de Folk e Ward (1957), descritas abaixo:

Média:

$$M = \frac{\varphi_{84} + \varphi_{50} + \varphi_{16}}{3}$$

Desvio Padrão:

$$\sigma = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6,6}$$

Onde:

$\sigma < 0,35$ Sedimentos muito bem selecionados

$0,35 < \sigma < 0,50$ Sedimentos bem selecionados

$0,50 < \sigma < 1,00$ Sedimentos moderadamente selecionados

$1,00 < \sigma < 2,00$ Sedimentos mal selecionados

$2,00 < \sigma < 4,00$ Sedimentos muito mal selecionados

$\sigma > 4,00$ Sedimentos extremamente mal selecionados

Assimetria:

$$sk = \frac{\varphi_{84} + \varphi_{16} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_{95} + \varphi_5 - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

Onde:

$+1,00 < sk < +0,30$ Assimetria muito positiva

$+0,30 < sk < +0,10$ Assimetria positiva

$+0,10 < sk < -0,10$ Simétrica

$-0,10 < sk < -0,30$ Assimetria negativa

$-0,30 < sk < -1,00$ Assimetria muito negativa

Curtose:

$$KG = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2,44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

Onde:

$KG < 0,67$ Muito platicúrtica

$0,67 < KG < 0,90$ Platicúrtica

$0,90 < KG < 1,11$ Mesocúrtica

$1,11 < KG < 1,50$ Leptocúrtica

$1,50 < KG < 3,00$ Muito leptocúrtica

$KG > 3,00$ Extremamente leptocúrtica

O φ_{84} , φ_{50} , φ_{16} , φ_{95} , φ_5 , φ_{75} , φ_{25} são os percentis 84; 50; 16; 95; 5; 75 e 25 respectivamente que foram usados para o cálculo dos parâmetros estatísticos granulométricos propostos por Folk e Ward (1975). Os percentis foram calculados pela seguinte equação:

$$\varphi_n = \frac{n \times p}{100\%}$$

Onde:

φ_n é o percentil que pretende-se calcular

n é o número do percentil que pretende-se calcular;

p é o peso total da amostra em gramas.

Todos dados em milímetros foram convertidos para unidade de medidas (ϕ) usando a seguinte forma proposta por Folk and Ward (1975):

$$\phi = -\log_2 d(mm)$$

Onde:

✓ ϕ é o phi

✓ d é o diâmetro em milímetro

5. Resultados

5.1. Caracterização morfológica

Na praia de Zalala notou-se que existe uma variação na morfologia assim como na distribuição dos sedimentos por ser um ambiente dinâmico controlado sazonalmente por processos de grande energia (ondas). Do ponto de vista morfológico a praia de Zalala foi subdividida em 3 zonas nos dois períodos:

5.1.1. Zona de Supramaré

Esta zona estende-se desde o nível alto da maré de sizígia até o limite topográfico da praia (dunas costeiras). Esta zona é constituída por dunas costeiras vegetais com uma altura média de 1,5m, com uma porção plana chamada de berma.

5.1.2. Zona de Intermaré

É a parte propriamente chamada de praia que ocorre entre o nível alto e baixo da maré de sizígia. Esta zona foi subdividida em três zonas com características morfológicas diferentes:

(1) Zona de Intermaré Superior (ZIS) que vai desde o nível alto da maré de quadratura até a o nível alto da maré de sizígia com aproximadamente 60 m de largura;

(2) Zona de Intermaré Média (ZIM) que estende-se desde o nível máximo da maré de quadratura até o nível mínimo de maré de quadratura com largura média de 160 m e

(3) Zona de Intermaré Inferior (ZII) com uma largura média de 60 m desde a linha de maré baixa de quadratura até a linha de maré baixa de sizígia.

5.1.3. Zona de Inframaré

Representa a área inferior do perfil da praia e ocorre abaixo da linha de maré baixa de sizígia em direção ao mar.

Na praia foram analisados 6 perfis topográficos no mês de março (período chuvoso) e 6 perfis topográficos no mês de julho (período seco). No mês de março (período chuvoso) na zona de intermaré verificou-se uma homogeneidade nos perfis analisados com feições planas e declividade suave (Figura 5).

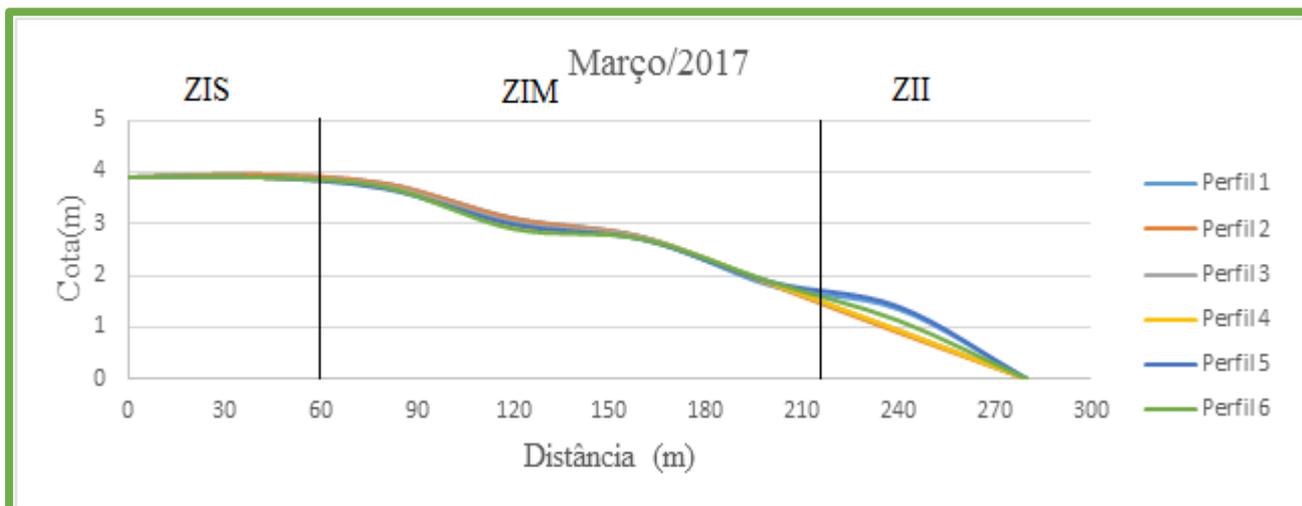


Figura 5: Morfologia da praia no mês de março 2017

Enquanto que no mês de julho (período seco) na mesma zona verifica-se a presença de cristas e calhas paralelas a linha de costa sendo uma calha de 50m e outra de 20m de largura (figura 6).

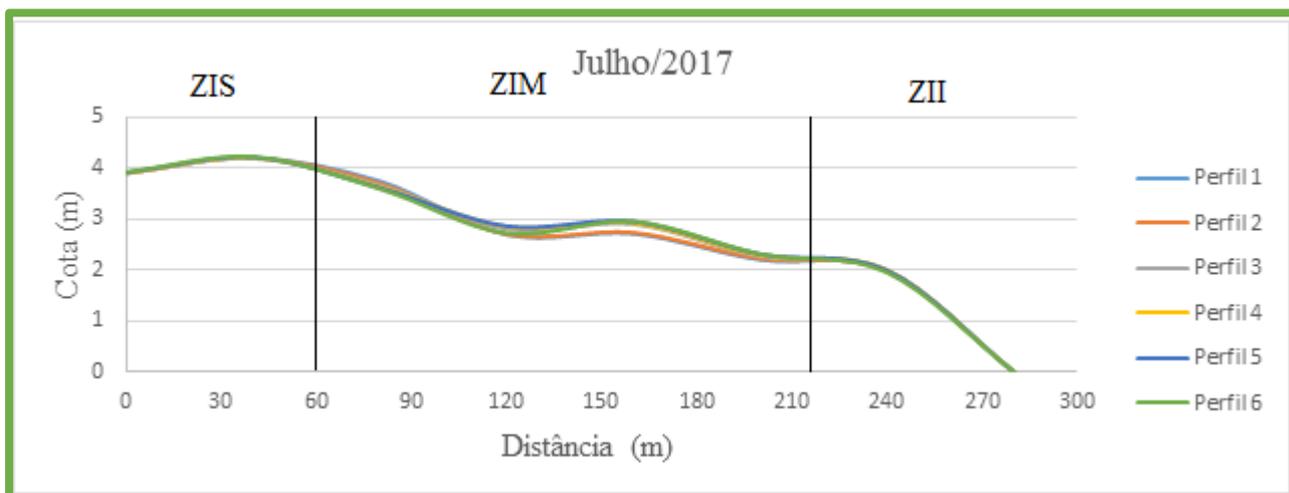


Figura 6: Morfologia da praia no mês de julho 2017

5.2. Distribuição dos Sedimentos

Para o estudo da granulometria na Praia de Zalala foram analisadas amostras superficiais de areia coletadas nas três subzonas da zona Intermaré: ZIS (Zona de Intermaré Superior), ZIM (Zona de Intermaré Média) e ZII (Zona de Intermaré Inferior) nos dois períodos de condições meteorológicas e hidrodinâmicas diferentes: março (período chuvoso) e julho (período seco). A distribuição dos sedimentos foi classificada de acordo com os parâmetros granulométricos estatísticos (média, desvio-padrão, assimetria e curtose) desenvolvidos por Folk e Ward (1957).

5.2.1. Comportamento da média (Md)

A média indica a tendência central do tamanho médio dos grãos de um dado sedimento que fornece dados sobre a energia cinética média do agente de deposição (Folk e Ward 1957).

A zona intermaré superior (ZIS) durante o período chuvoso mostra uma distribuição heterogênea do diâmetro-médio com valores que variam de 2,82 a 3,24 Φ . Enquanto que no período seco mostra uma homogeneidade com valor médio de 3,24 Φ .

Na zona intermaré médio (ZIM) durante o período chuvoso os valores de diâmetro-médio são semelhantes aos valores da zona intermaré superior (ZIS) 2,82 a 3,24 Φ . Enquanto no período seco os valores giram em torno de 2,82 a 3,64 Φ .

Para a zona intermaré inferior (ZII) no período chuvoso os valores vão de 2,82 a 3 Φ e no período seco os valores variam entre 2,82 a 3,57 Φ . A média aumenta do período chuvoso para o período seco tornando os sedimentos mais finos (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios da média (Md) obtidos no período chuvoso e seco.

Período chuvoso	Média (ϕ)
Zona intermaré superior (ZIS)	3,0
Zona intermaré médio (ZIM)	3,0
Zona intermaré inferior (ZII)	2,9
Período seco	Média (ϕ)
Zona intermaré superior (ZIS)	3,24
Zona intermaré médio (ZIM)	3,4
Zona intermaré inferior (ZII)	3,0

5.2.2. Comportamento da curtose (KG)

A curtose está relacionada ao nível de energia das ondas ou ao nível da energia do ambiente de deposição sendo inversamente proporcional (Folk e Ward 1957).

A curtose durante o período chuvoso na zona intermaré superior (ZIS) é homogênea com valores compreendidos entre $0,41\Phi$ a $0,50\Phi$ (muito platicúrtica). No período seco esta mesma zona mostra um valor médio da curtose de $0,97\Phi$ (mesocúrtica).

Na zona intermaré média (ZIM) no período chuvoso os valores da curtose variam entre $0,85\Phi$ (platicúrtica) a $1,34\Phi$ (leptocúrtica). Enquanto que no período seco os valores da curtose apresentam uma variação de $0,55\Phi$ (muito platicúrtica) a $1,34\Phi$ (leptocúrtica).

Durante o período chuvoso a zona intermaré inferior (ZII) a curtose apresenta valores que vão de $0,97\Phi$ (mesocúrtica) a $1,34\Phi$ (leptocúrtica). Na mesma zona durante o período seco os valores variam de $0,67\Phi$ (platicúrtica) a $1,34\Phi$ (leptocúrtica).

Tabela 2: Valores de Curtose (KG) obtidos no período chuvoso e seco.

Período chuvoso		Curtose (KG)
Zona intermaré superior (ZIS)		$0,41\Phi$ a $0,50\Phi$
Zona intermaré médio (ZIM)		$0,85\Phi$ a $1,34\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)		$0,97\Phi$ a $1,34\Phi$
Período seco		Curtose (KG)
Zona intermaré superior (ZIS)		$0,97\Phi$
Zona intermaré médio (ZIM)		$0,55\Phi$ a $1,34\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)		$0,67\Phi$ a $1,34\Phi$

5.2.3. Comportamento da assimetria (sk)

A assimetria de uma distribuição dá-nos o tipo de sedimento predominante num determinado ambiente. Valores positivos de assimetria indicam um excesso de partículas finas e valores negativos da assimetria indicam presença de partículas um pouco mais grosseiras (Folk e Ward 1957).

No período chuvoso os valores da assimetria na ZIS giram em torno de $-0,1\Phi$ (assimetria muito negativa) a 1Φ (assimetria muito positiva). No período seco a ZIS apresenta um valor homogêneo de $0,58\Phi$ (assimetria muito positiva).

Na ZIM os valores variam de $-0,65\Phi$ (muito negativa) a $0,65\Phi$ (muito positiva) para o período chuvoso. Enquanto que para o período seco os valores são compreendidos entre $-0,73\Phi$ (muito negativa) a $0,97\Phi$ (muito positiva).

Na ZII os valores giram em torno de $-0,57\Phi$ (muito negativa) a $0,1\Phi$ (simétrica) no período chuvoso. No período seco os valores variam entre $-0,57\Phi$ (muito negativa) a $-0,23\Phi$ (negativa).

Tabela 3: Valores de assimetria (sk) obtidos no período chuvoso e seco.

Período chuvoso		Assimetria (sk)
Zona intermaré superior (ZIS)		$-0,1\Phi$ a 1Φ
Zona intermaré médio (ZIM)		$-0,23\Phi$ a $0,65\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)		$-0,57\Phi$ a $0,1\Phi$
Período seco		Assimetria (sk)
Zona intermaré superior (ZIS)		$0,58\Phi$
Zona intermaré médio (ZIM)		$-0,73\Phi$ a $0,97\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)		$-0,57\Phi$ a $-0,23\Phi$

5.2.4. Comportamento do desvio padrão

O desvio padrão descreve a dispersão em relação à média. O desvio padrão está associado ao selecionamento da amostra que nos dá informação a respeito das condições de transporte e deposição sendo que depósitos com pequenas variações de partículas são referidos como bem selecionados (Folk e Ward 1957).

Os sedimentos na ZIS são muito bem selecionados no período chuvoso com valores que variam de $0,21\Phi$ a $0,33\Phi$ (muito bem selecionados). No período seco para esta mesma zona a distribuição é similar com valor concentrado em $0,32\Phi$ (muito bem selecionados).

Na ZIM os sedimentos vão de $0,32\Phi$ (muito bem selecionados) a $0,41\Phi$ (bem selecionados) no período chuvoso. No período seco as valores variam de muito bem selecionados a bem selecionados ($0,32\Phi$ a $0,39\Phi$).

O selecionamento na ZII indica valores desde $0,39\Phi$ (bem selecionados) a $0,5\Phi$ (bem selecionados) no período chuvoso. Enquanto no período seco a ZII mostra uma distribuição homogênea com um valor igual a $0,39\Phi$ (bem selecionados).

Tabela 4: Valores de desvio padrão (σ) obtidos no período chuvoso e seco.

Período chuvoso	Desvio padrão (σ)
Zona intermaré superior (ZIS)	$0,21\Phi$ a $0,33\Phi$
Zona intermaré médio (ZIM)	$0,32\Phi$ a $0,41\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)	$0,39\Phi$ a $0,5\Phi$
Período seco	Desvio padrão (σ)
Zona intermaré superior (ZIS)	$0,32\Phi$
Zona intermaré médio (ZIM)	$0,32\Phi$ a $0,39\Phi$
Zona intermaré inferior (ZII)	$0,39\Phi$

6. Discussão

6.1. Aspectos Morfológicos

A compartimentação morfológica da zona de intermaré (ZI) de praias arenosas está relacionada com o desnível da topografia e a granulometria. Diferentes aspectos morfológicos são formados na praia pela ação das ondas e processos de espriamento (swash e back-swash) em função das variações das marés de sizígia e quadratura durante o ciclo da maré (Braga, 2007).

O perfil da época chuvosa apresenta uma inclinação maior que o perfil da época seca (figura 7) isso porque nesta época os sedimentos são transportados em direção ao continente provenientes dos rios e da plataforma continental assim como podem ser provenientes das dunas pela ação da maré alta de sizígia e pela ação das ondas.

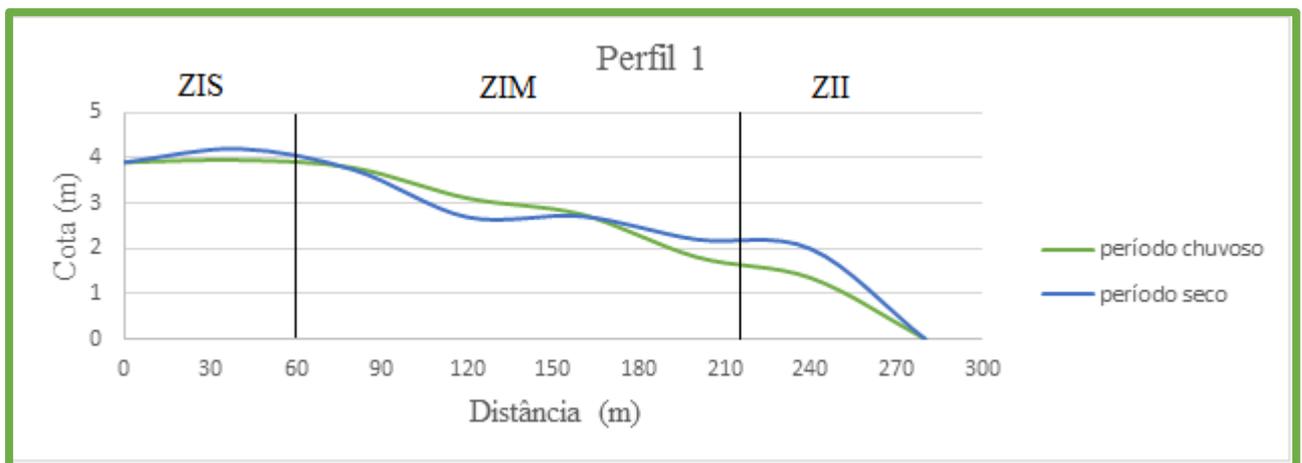


Figura 7: Perfis de erosão e deposição de sedimentos no dois períodos (seco e chuvoso)



Figura 8: Sistema de cristas e calhas formadas durante o período seco (julho)

Na época chuvosa os sedimentos depositados na ZIM contribuem para o aumento da inclinação assim como para o preenchimento de calhas formadas durante o período seco (figura 8). Na ZII o mês de

julho apresentou maior acúmulo de sedimentos, isso significa que a energia das ondas era menor neste período depositando sedimentos mais grosseiros naquela zona.

6.2. Aspectos da variação granulométrica

De modo geral observou-se que nos meses estudados os valores do diâmetro-médio dos sedimentos em phi são maiores, isto é, os sedimentos da praia de Zalala são muito finos, sendo uma praia altamente energética e dissipativa. Segundo Moura (2012) as praias dissipativas apresentam larga zona de surfe com baixo gradiente topográfico (declividade) e elevado estoque de areia, sendo que o gradiente da praia também apresenta-se baixo. Segundo o mesmo autor esse estado ocorre em condições de ondas altas e de ondas de tempestade, ou na presença de sedimentos de granulometria fina.

No período seco na ZIS os sedimentos apresentam uma assimetria muito positiva indicando a predominância de sedimentos finos depositados provenientes das dunas. Na ZIM e ZII predominam valores negativos de assimetria que indicam a erosão e presença de calhas. Segundo Duane (1964) citado por Braga (2007) valores negativos de assimetria são indicativos de áreas em processo de erosão, enquanto valores positivos indicam deposição. No geral, valores positivos de assimetria são predominantes na época chuvosa mostrando maior deposição e valores negativos predominam na época seca mostrando maior erosão de sedimentos (Figura 9). Segundo Masselink & Short (1993) as praias podem perder areia para o transporte mar afora durante a estação mais chuvosa, quando os estuários e canais de marés apresentam um maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas que as da estação menos chuvosa.



Figura 9: Erosão das dunas na praia de Zalala

Na ZIS os sedimentos são mais finos que outras zonas e são provenientes das dunas. Segundo Braga (2007) a maré de sizígia é um dos processos que contribuem para que haja erosão nas dunas depositando sedimento mais finos na ZIS. Segundo o mesmo autor no período chuvoso, a ação das ondas é maior devido à atuação dos ventos que são mais fortes neste período, assim a energia das ondas também se torna maior, erodindo as dunas frontais, ocorrendo, portanto, uma remoção dos grãos mais finos.

Existe uma semelhança na distribuição do selecionamento para ambos os períodos com sedimentos bem selecionados até sedimentos muito bem selecionados. Na ZIS os sedimentos são muito bem selecionados diferente das outras zonas que são bem selecionados devido ao processo de swash e backwash.

A curtose apresenta heterogeneidade na sua distribuição nos períodos estudados sendo que no período seco os valores tendem a ser mais altos indicando menor energia das ondas que no período chuvoso. A energia das ondas no período seco são menores que no período chuvoso em razão da maior atuação dos ventos e descargas fluviais no período chuvoso (Braga, 2007).

7. Conclusão

Os perfis topográficos dependem geralmente do suplemento de sedimentos versos a acção das ondas.

A variação sazonal dos parâmetros costeiros controlam a morfologia da praia visto que no período seco há presença de cristas e calhas formadas pela menor energia de ventos e ondas.

Durante o período chuvoso ocorre uma homogeneização dos sedimentos provenientes da erosão das dunas e cristas que preenchem as calhas, havendo uma homogeneização na morfologia da praia. A variação da ação das ondas e marés na praia influenciou o comportamento sazonal dos sedimentos.

O perfil do período chuvoso é mais inclinado e os sedimentos são transportados do mar em direção ao continente enquanto que o perfil do período seco é menos inclinado e os sedimentos são transportados do continente em direção ao mar.

De modo geral observou-se que nos meses estudados os valores do diâmetro-médio dos sedimentos em phi são maiores, isto é, os sedimentos são muito finos por ser uma praia altamente energética e dissipativa sendo diferente de outras praias que possuem sedimentos grossos e alta declividade.

A maré de sizígia é um dos processos que contribuem para que haja erosão nas dunas depositando sedimentos na ZIS. Os sedimentos existentes na ZIS também podem ser provenientes da ZIM no período chuvoso quando os estuários apresentam maior volume de água e as ondas tendem a ser mais energéticas.

8. Recomendações

Recomenda-se:

- ❖ A realização de estudos que pode gerar resultados de caracterização dos processos erosivos e de deposição baseados em métodos indiretos tais como:
 - ✓ **Mapas históricos:** Que permitem o cálculo das distâncias entre duas ou mais linhas de costa;
 - ✓ **Imagens de satélite:** Identificação da linha de costa e cálculo das distâncias entre linhas de costas de diferentes épocas sobre imagem registrada;
 - ✓ **Indicadores de erosão:** Observação de indicadores de erosão e monitoramento da sua ocorrência espaço temporal.

9. Bibliografia

- Araujo, R., Sprovieri, F., & Freitas. (2010). *Variação da Morfologia Praial e Identificação de Zonas de Erosão Acentuada*. Itajaí: Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar - CTTM, Universidade do Vale do Itajaí.
- Braga, F. D. (2007). *Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Pará: um Estudo para Definição de Índices de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo*. Belém: Instituto de Geociências.
- Braga, F. D., Filho, P. W., Alves, M. A., & Pereira, L. C. (2007). *Morfologia e Sedimentologia da Praia de Macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil*. Pará: UFPR.
- Davis, R. A., (1985). *Coastal Sedimentary*. Tomazzeli, L. (2004). *A Critical Avaluation of Coastal Erosion In Rio Grande do Sul, Southern Brasil*. Academia de Brasileira de Ciencias.
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). *Brazos River Bar: A Estudy in the Significance of Grain Size Parameters*. Texas: University of Texas.
- Masselink, G., & Hughes, M. (2003). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. New York: Robin Davidson-Arnott.
- Masselink, G., & Short., A. D. (1993). *The Effect of Tide Range on Beach Morphodynamics and Morphology: A Conceptual Beach Model*. Florida: Journal of Coastal Research.
- Moura, M. R. (2012). *Dinâmica Costeira e Vulnerabilidade à Erosão do Litoral dos Municípios de Caucaia e Aquiraz, Fortaleza-Ceará*: Universidade Federal do Ceará-UFC.
- Souto, M. (2014). *Governança e Crescimento Partilhado das Pescas no Sudoeste do Oceano Índico em Moçambique*. Maputo: SWIOFish Moçambique.
- Souza, C. R. (2009). *A erosão nas Praias do Estado de São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Stanica, A., & Ungureanu, V. G. (2007). *Understanding coastal morphology and sedimentology*. Romania: National Institute of Marine Geology and Geoecology.