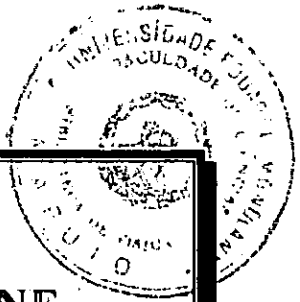


F15.09



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Trabalho de Licenciatura

**Impacto das ondas oceânicas nas praias da Cidade da Beira (uma contribuição para a erosão costeira)**



Autor: Albano Sálzon Maparagem

Maputo, 13 de Setembro de 2005

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



Trabalho de Licenciatura

**IMPACTO DAS ONDAS OCEÂNICAS NAS PRAIAS DA CIDADE DA  
BEIRA (UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A EROSÃO COSTEIRA)**

**Autor:** Albano Sálzon Maparagem

**SUPERVISOR:** Dr. Fernando Victor Saíde

Maputo, 13 de Setembro de 2005

### **Agradecimentos**

- A Deus, na pessoa de Jesus Cristo pelo provimento da vida
- Os meus agradecimentos vão para o meu supervisor, Dr. Fernando Victor Saide pelo apoio prestado; a orientação, a paciência e as lições ensinadas durante a elaboração deste trabalho.
- Ao Eng. Almoço Zotopera pela gentileza, nos instrumentos topográficos
- Ao Dr. Patrício Mosquito, pela disponibilização da literatura.
- Aos funcionários da Direcção provincial da MICOA de Sofala na Pessoa do sr. Armando Dique, muito obrigado pelo seu empenho ao facilitar acesso `as literaturas.
- Aos funcionários da biblioteca do Departamento de Física da UEM
- A IUCN na pessoa da sua coordenadora em Moçambique, Dr.ªIsilda Nhantumbo que abriu a mão ao financiamento deste trabalho e ao Eng. Rui pela sua paciência durante a monitoria do trabalho; meu muito forte agradecimento.
- Aos meus pais Maparage Ofisso e Meri Zuca
- Aos meus primos Afonso dos Rufos, Teresa e Fernando Paulo
- Aos meus irmãos Samuel, Luisa, Lucas, Alexandre, Carvalho, Mateus e Baptista Maparage
- A todos os docentes e funcionários do Departamento de Física da U.E.M.
- Aos meus amigos Dr. Lucas Pedro Michavão, Dr. Hipólito Cardoso, Dr. Gabriel Pedro Mapoissa, Dr. Alberto Filimão Siteo, Eng. Filipe Chiambiro Zano, Eng. Domingos Mogente, Eng. Valentina da Luz Guebuza, Makozõ Oliveira, Chico Daniel, Celso Neves, Sidónio Chamo, Afonso Muthembape. e a todos que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho fosse o que hoje é; muito obrigado.

**Declaração de Honra**

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada, na sua essência, para efeitos de obtenção de qualquer grau académico, e que é resultado da minha investigação; estando as fontes utilizadas indicadas na referência bibliográfica apresentada no texto.

Albano Sâlzon Maparagem

Albano Sâlzon Maparagem

**Dedicatória.**

Aos meus pais, Maparage Ofisso e Meri Zuca.

À minha esposa, Natália Como Joaquim.

Aos meus irmãos Lucas, Alexandre e Baptista Maparage.

À minha filha Tabita Sâlzon Maparagem.

Ao meu filho Albano Sâlzon Maparagem Júnior.

## Resumo

As praias da cidade da Beira apresentam problemas muito sérios de erosão motivados por vários processos actuantes e responsáveis pela dinâmica costeira, entre os quais destacam-se as ondas, as correntes oceânicas, a precipitação e as marés.

As ondas oceânicas actuam como importantes agentes de transferência de energia, gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de areia ao longo da linha da costa, constituindo assim, numa das principais causas da erosão costeira.

Neste trabalho estudou-se as ondas oceânicas e o seu impacto nas praias da cidade da Beira. Durante quatro meses foram observadas as ondas usando dois métodos: método directo; baseado na medição de amplitude de ondas através de Teodolito e Nível e o método indirecto que incidiu na medição da velocidade do vento local por meio de anemómetro manual. Os dados colhidos foram sujeitos a análise estatística.

Os resultados do trabalho indicam que durante o período de estudo houve a variação de altura significativa de onda, de 0,22m a 3,64m; do período de onda, de 1,22s a 7,99s; da energia de onda, de  $19.911,67 \text{ j m}^{-2}$  a  $86,20 \text{ j m}^{-2}$  e da frequência de onda, de 0,129Hz a 0,82Hz

As principais conclusões do trabalho apontam que a energia dissipada das ondas nas praias estudadas é muito elevada para praias arenosas como são as da cidade da Beira; constituindo assim, as ondas numa das principais forças causadoras da erosão costeira.

| <b>Índice</b>                                | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Agradecimentos                               | i             |
| Declaração de Honra                          | ii            |
| Dedicatória                                  | iii           |
| Resumo                                       | iv            |
| Índice                                       | v             |
| Lista de figuras, fotos e tabelas            | vii           |
| Lista de símbolos                            | ix            |
| Lista de abreviaturas                        | ix            |
| <br>   |               |
| <b>CAPITULO I</b>                            |               |
| <b>1.0 INTRODUÇÃO</b>                        |               |
| 1.1 Introdução                               | 1             |
| 1.2 Objectivos                               | 2             |
| <b>CAPITULO II</b>                           |               |
| <b>2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>             |               |
| 2.1 Ondas e suas características             | 2             |
| 2.2 Classificação das ondas                  | 6             |
| 2.3 Energia e altura significativa de onda   | 7             |
| 2.4 As alturas mais frequentes               | 8             |
| 2.5 Espectro de ondas                        | 8             |
| 2.6 Formação e desenvolvimento de ondas      | 9             |
| 2.7 Rebentamento de ondas                    | 12            |
| 2.8 Impacto das ondas oceânica sobre a praia | 14            |
| 2.9 Descrição da área de estudo              | 17            |

**CAPÍTULO III**

**3.0 MATERIAL E MÉTODOS**

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.1 Material             | 20 |
| 3.2 Método de observação | 21 |
| 3.3 Métodos de análise   | 21 |
| 3.4 Metodologia          | 22 |

**CAPÍTULO IV**

**4.0 RESULTADOS**

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Altura significativa e Energia da onda em relação ao vento | 24 |
| 4.2 Alturas significativas das ondas observadas directamente   | 27 |
| 4.3 Período e Frequência da Onda                               | 33 |
| 4.4 Perfil das praias  | 36 |

**CAPÍTULO V**

**5.0 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 5.1 Observação Indirecta das ondas | 38 |
| 5.2 Observação Directa das ondas   | 39 |
| 5.3 Comparação dos métodos usados  | 39 |
| 5.4 Limitação dos métodos usados   | 40 |

**CAPÍTULO VI**

**6.0 CONCLUSÃO, RECOMENDAÇÕES E PROPOSTAS**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 6.1 Conclusão                 | 42 |
| 6.2 Recomendações e Propostas | 44 |

**CAPÍTULO VII**

**7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

|   |          |
|---|----------|
| Referência Bibliográfica                  | 45       |
| Fotografia aérea da cidade da Beira       | AnexoI   |
| Fotografias das praias da cidade da Beira | AnexoII  |
| Alguns espectros de ondas                 | AnexoIII |
| Tabelas de dados de perfis                | Anexo IV |



## **LISTA DAS FOTOS, TABELAS E FIGURAS**

### **Fotos**

Foto 1. Fotografia aérea da cidade da Beira (localização das Praias )

Foto 2. Mostra algumas arvores com raízes expostas e caídas devido a erosão dos solos .  
Ponta \_Gêa – cidade da Beira

Foto 3. Troço da Av. Marginal já interrompida devido ao impacto da erosão na praia da  
Ponta-Gêa \_ cidade da Beira.

Foto 4. Mostra a erosão causada devido ao corte das plantas para a comercialização das estacas e  
para a lenha. Praia de Casa Partida \_ cidade da Beira

Foto 5. Mostra a tentativa de prevenir a erosão na praia por meio de fixação de estacas  
Ponta-Gêa \_ cidade da Beira

Foto 6. Uma onda rebentando em forma de espiral na Praia da Ponta \_Gêa

### **Figuras**

Figura 1. Uma onda ideal.

Figura 2. Área de geração da onda pelo vento.

Figura 3. Modificações sofridas pelas ondas quando se aproximam à linha da costa.

Figura 4 a) Aproximação das ondas em uma praia..

Figura 4 b) Rebentação em águas profundas.

Figura 5. Concentração de ondas refractadas em um promontório na ilha de costa(a)  
e dissipação de ondas difractadas em uma baía(b).

Figura 6. Área de estudo

Figura 7. Altura de onda observada em relação a frequência, Setembro 04.

Figura 8. Altura de onda observada em relação a frequência, Outubro 04.

Figura 9. Altura de onda observada em relação a frequência, Novembro 04.

Figura 10. Altura de onda observada em relação a frequência, Dezembro 04.

Figura 11. Mostra distribuição das amplitudes de ondas mais frequentes, segundo Rayleigh.

Figuras 12. Espectros de ondas observadas baseado nas alturas significativas.

Figura 13 a). Perfis da praia de Ponta-Gêa.

Figura 13 b). Perfis da praia das Palmeiras.

#### **Tabelas**

Tabela 1 a). Aparelhos usados e sua precisão.

Tabela 1 b). Localização geográfica das estações de estudo.

Tabela 2. Altura e energia da onda em função da velocidade do vento

Tabela 3. Intervalos correspondentes `a classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 20/9/04

Tabela 4. Intervalos correspondentes `a classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 23/10/04

Tabela 5. Intervalos correspondentes à classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 24/11/04

Tabela 6. Intervalos correspondentes `a classes de Altura da onda observadas das 12:45h às 17:45h; 20/12/04

Tabela 7. Intervalos das ondas mais frequentes (amplitudes), Segundo Rayleigh.

Tabela 8. Alturas significativa de ondas e as energias correspondentes

Tabela 9. Análise estatística da altura e energia da onda observada

Tabela 10. Período e frequência da onda

Tabela. 11.a) Níveis da praia: Ponta-Gêa

Tabela. 11.b) Níveis da praia: Palmeiras

Tabela. 11.c) Exemplo de volumes de areia removida nas praias

Tabela 12. Resultados resumo obtidos pelo método Indirecto de observação de ondas.

Tabela 13. Resultados resumo obtidos pelo método Directo de observação de ondas.

Tabela 14. Máximos e mínimos de períodos e frequências durante os quatro meses, pelo método indirecto de observação.

Tabela.15). Diferenças entre as energias obtidas métodos Directo e Indirecto de observação.

**Símbolos usados**

**Símbolos**

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| C         | celeridade                   |
| $C_g$     | Velocidade de grupo de ondas |
| E         | Energia de onda              |
| g         | Aceleração de gravidade      |
| H         | Altura da onda               |
| Hz        | Frequência                   |
| K         | Número da onda               |
| T         | Período da onda              |
| Z         | Profundidade                 |
| $\lambda$ | Comprimento de onda          |
| $\rho$    | Densidade da água            |
| W         | Velocidade do vento          |
| Hs        | Altura significativa da onda |

## CAPITULO I

### 1.0 INTRODUÇÃO

#### 1.1 INTRODUÇÃO

A zona costeira moçambicana, se estende por um pouco mais de 2.700 km, e é caracterizada por uma variedade de ecossistemas e uma densidade populacional superior às restantes áreas do País. Mais de metade da população moçambicana habita entre os 50 Km da costa (World Bank, 1996).

Para estudar os problemas do ambiente costeiro é necessário entender a dinâmica dos fenómenos costeiros, a história e os hábitos dos habitantes da região em estudo; alguns dos fenómenos costeiros são, a progressão das ondas, comportamento dos ventos e as correntes oceânicas pois seus impactos sobre a linha da costa podem originar a erosão, que é o processo em que as partículas do solo são removidas pelas forças naturais como a água e o vento; afectando por vezes à vida animal e ainda diversas infra-estruturas para além da alteração das condições ambientais.

O domínio das ondas permite conhecer a composição do material da praia, um melhor planeamento dos projectos ao longo da costa, a dinâmica da costa, a dissipação da energia, a formação das correntes, identificação das zonas de rebentação, que são importantes para a Engenharia costeira e permite ainda boa realização dos projectos da costa e obras de canais

Com este trabalho, pretende-se estudar as ondas nas praias da Beira e propor medidas para a prevenção e mitigação dos efeitos negativos, servir para desenvolver conhecimentos científicos no contexto da conservação do ambiente costeiro, servir como parte integrante do planeamento urbanístico ao longo da costa moçambicana onde as características são semelhantes as das praias da cidade da Beira.

## **1.2. OBJECTIVOS**

### **1.2.1 Objectivo Geral**

O objectivo geral é de estudar as ondas oceânicas nas Praias da Beira, bem como os impactos que estas provocam na costa.

### **1.2.2 Objectivos Específicos**

- a) Determinar a altura, período, frequência e energia das ondas mais frequentes;
- b) Determinar a altura significativa e a correspondente energia dissipada na costa;
- c) Identificar impactos das ondas na linha da costa e propor medidas para a prevenção e mitigação desses impactos.

## **CAPITULO II**

### **2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 Ondas e suas características**

Onda é um movimento ondulatório da superfície do mar que envolve grandes quantidades de energia que dissipando-se continuamente contra o litoral, podem ser deslocados corpos de grandes dimensões ou mesmo provocar fortes acções erosivas.

Uma onda ideal apresenta as seguintes partes:

Crista de onda é a porção mais alta da onda e vale ou cava de onda que é a depressão entre duas cristas. A distância vertical entre a crista de uma onda e cava é a altura da onda (H); Amplitude de onda é a distância vertical máxima da superfície do mar à partir do nível da água em repouso e equivale a metade da altura de onda.

A distância horizontal entre qualquer ponto de uma onda e o ponto correspondente da próxima onda chama-se comprimento de onda(L). A relação entre comprimento e altura chama-se declive da onda (H/L). O tempo que demora a passar uma onda completa em um ponto fixo é o período (T) da onda. Frequência (f) é o número de cristas ou cavas que passam num dado ponto num minuto (Evelyn et al, 1999).

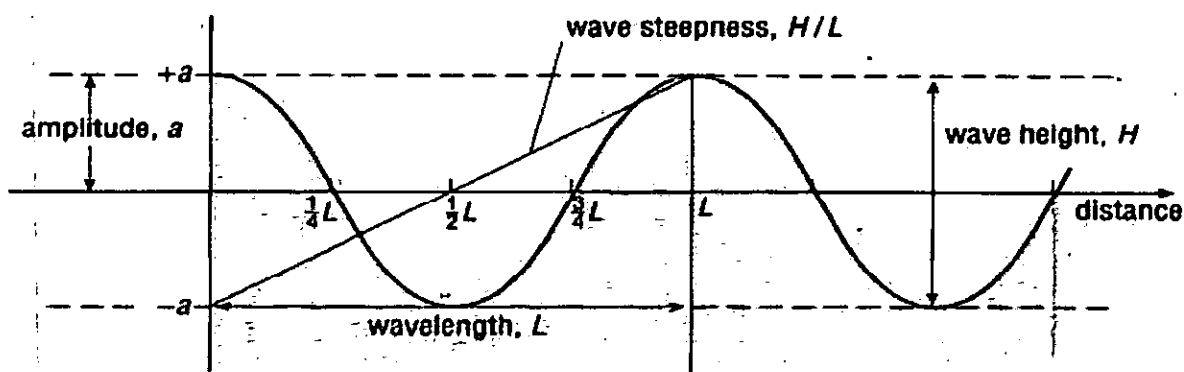


Figura 1. Uma onda ideal de água (Evelyn et al, 1999)

### 2.1.1 Período da onda

Período de uma é o tempo necessário para a passagem de duas cristas ou dois cavados consecutivos pelo mesmo ponto; determina-se pela relação:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (1)$$

onde  $\omega$  é velocidade angular; T é período da onda

Segundo a relação com a velocidade do vento o período é dado pela expressão seguinte, (Ochi, 1968 ):

$$T = \frac{2\pi}{g} W \quad (2)$$

onde g é a aceleração de gravidade e W é a velocidade do vento.

### 2.1.2 Velocidade da Onda

A velocidade da onda é função de seu comprimento: quanto maior este parâmetro, maior a sua velocidade. Assim, a velocidade de propagação de onda ou celeridade é a velocidade na qual uma onda individual avança sobre a superfície de água. Em águas pouco profundas as ondas sofrem o efeito do fundo e em águas profundas não sofrem.

Em geral a velocidade da onda é calculada usando a expressão (4), (Evelyn et al, 1999).

$$C^2 = \left( \frac{g\lambda}{2\pi} \right) \text{th} \left( \frac{2\pi z}{\lambda} \right) \quad (3)$$

Onde, C é velocidade individual da onda,  $\lambda$  é comprimento da onda, z é a profundidade e th é tangente hiperbólico.

Com o número da onda  $K = \frac{2\pi}{\lambda}$  obtém-se:

$$C^2 = \left( \frac{g}{k} \right) \text{th}(kz) \quad (4)$$

Para as águas profundas, isto é, em ondas curtas; o produto kz deve ser suficientemente grande, th(kz) é aproximadamente igual a unidade, ou seja; kz deve ser maior que  $\pi$  ( $z/\lambda > 1/2$ ); a expressão (4) em águas profundas se reduz a

$$C^2 = \frac{g}{k} = \frac{g\lambda}{2\pi} \quad (5)$$

A Velocidade da onda em águas intermediárias é dada pela equação (4).

Como o produto  $kz$  é muito pequeno em águas pouco profundas,  $th(kz)$  é igual a  $kz$  e a expressão (4) ganha a forma :

$$C = \sqrt{gz} \quad (6)$$

### 2.1.3 Velocidade de comboio ou grupo de ondas

Um grupo ou comboio de ondas viaja na metade da velocidade das ondas individuais. A razão para isto é que as ondas que estão à frente do comboio de ondas perdem energia quando elevam a superfície da água, desaparecendo e sendo repostas por ondas que vem atrás. Por outro lado, pela interrupção do movimento circular no final do grupo de ondas, há fornecimento de energia extra, que aparece na forma de uma nova onda que se forma na retaguarda.

Um grupo de ondas em águas profundas viaja na metade da velocidade de ondas individuais que constituem o comboio ou grupo e expressa-se pela formula 7 (Shepard, 1947).

$$C_g = \frac{d\omega}{dk} \quad (7)$$

Com  $\omega^2 = gk$  (para ondas superficiais, em águas profundas).

Diferenciando e substituindo na Equação (7) tem-se,

$$C_g = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{k}} = \frac{C}{2} \quad (8)$$

onde  $C_g$  é a velocidade do grupo e  $C$  velocidade de fase da onda individual nas águas profundas.

Em águas pouco profundas a velocidade do grupo é igual à velocidade de fase da onda individual.



$$C_g = C = \sqrt{gz} \quad (9)$$

## 2.2 Classificação das ondas

As ondas podem ser classificadas quanto ao deslocamento, agente formador e quanto à relação profundidade/comprimento de onda.

Quanto ao deslocamento, classificam-se em progressivas ou estacionárias. Sob ponto de vista do agente formador podem ser forçadas quando estão sob acção do vento; livres quando propagam-se fora da região da acção do vento.

Quanto à relação da profundidade e do comprimento de onda, são classificadas em curtas e longas; à medida que a onda se desloca a profundidade vai variando, neste contexto, existem ondas de águas profundas ( $Z/\lambda > 1/2$ ), ondas de água rasa ( $Z/\lambda < 1/20$ ) e ondas de águas intermediárias ( $1/20 < Z/\lambda < 1/2$ ) (Carter, 1988).

Entre as ondas mais comuns nos oceanos estão as chamadas "swells". Estas têm longas cristas e deslocam-se por milhares de quilómetros a partir dos locais onde foram originadas, ao se afastarem do seu local de origem tornam-se muito uniformes, com grandes comprimentos de onda e pequenas amplitudes; em oceano aberto, seu período situa-se em torno de 13 segundos. O outro tipo de ondas, a vaga, é muito irregular, com diversos períodos e várias direcções, e encontra-se onde o vento está soprando sobre a superfície do mar (Bascon, 1959).

Ondas de pequeno comprimento podem ser consideradas de águas profundas, mesmo em águas com poucos centímetros de profundidade. As maiores ondas dos oceanos, como os tsunamis e as marés, são sempre ondas de águas rasas, mesmo sobre as mais profundas fossas submarinas.

Em geral, ondas com períodos maiores que 14 segundos são capazes de mover sedimentos em profundidades maiores que a da borda da plataforma continental.

(<http://professores.unisanta.br/miragaia>)

## **2.3 Energia e altura significativa de Onda**

### **2.3.1 Energia de onda**

Energia da onda é a capacidade que uma onda tem de realizar trabalho. Uma onda possui, duas importantes formas de energia que são:

- a) energia cinética, esta é referida ao movimento orbital das partículas de água;
- b) energia de posição ou potencial, é a energia que as partículas ganham quando estas estiverem fora da sua posição de equilíbrio.

A energia total da onda, é dada por ( Evelyn et al ,1999):

$$E = \frac{1}{8}(\rho g H^2) \quad (10)$$

Onde  $\rho$  é a densidade da água do mar,  $g$  é a aceleração de gravidade e  $H$  é a altura da onda.

São conhecidos pelo menos três vias de aproveitamento de energia da onda são:

- a) Uso do movimento orbital das partículas ou flutuação da superfície do mar puxando ou empurrando um objecto para frente e para trás;
- b) Uso da variação do nível da água para levantar objectos flutuantes, que por sua vez pode realizar trabalho devido a sua energia potencial;
- c) Uso da água que se eleva para comprimir ar contido num compressor.

### 2.3.2 Altura significativa de onda

A altura significativa de onda é dada como sendo a media de 1/3 das alturas mais altas de uma observação, ainda pode ser calculada considerando a velocidade do vento local (Ochi, 1968).

$$H_s = \frac{0.21 * w^2}{g} \quad (11)$$

Onde  $w$  é a velocidade do vento e  $g$  aceleração de gravidade

### 2.4 Alturas mais frequentes

As alturas mais frequentes podem ser obtidas a partir das amplitudes mais frequentes calculadas usando a função distribuição de probabilidade de Rayleigh,

$$f(x) = \frac{2x}{R} \times \exp\left(-\frac{x^2}{R}\right) \quad 0 \leq x < \infty; \quad (12)$$

onde,  $R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2$  e  $x_i$  é a amplitude da  $i$ -ésima medição, representou-se as frequências das amplitudes de ondas (Ochi, 1968).

### 2.5 Espectro de ondas observada

O espectro de ondas observadas pode se representado quando conhecidos os parâmetros como, amplitude da onda  $a$  e o período da onda  $T$ , podendo ser calculada pela relação

$$S = \sum_{i=1}^{i=8} a_i \cos\left(\frac{2\pi m \Delta t}{T_i}\right) \quad (13)$$

Onde S é a elongação, a amplitude da onda e T o período da onda.

## **2.6 Formação e desenvolvimento de onda**

### **a) Formação de ondas**

As ondas formam-se no contacto de dois meios que diferem entre si em velocidade e densidade. No contacto entre ar e água formam-se ondas superficiais, e no contacto entre diferentes camadas de água, formam-se ondas internas e ainda podem ser consequência de atracção gravitacional exercida entre a Lua e a Terra, e entre a Lua e o Sol; chamadas ondas de marés (marés geral@cruzeiros.pt)

### **b) Desenvolvimento de onda**

#### **2.6.1 Ondas Geradas pelo Vento**

O desenvolvimento das ondas geradas pelos ventos em águas profundas é complexo, depende principalmente de três factores que são: A velocidade, a duração do vento e a área na qual este sopra, denominada área de geração de onda.

Durante o contacto entre o vento e a água, o vento transfere a energia para a superfície da água deformam a superfície do oceano sob a forma de pequenas ondas com cristas arredondadas e cavas em forma de "V" e com comprimentos de onda muito curtos, inferiores a 1,74 cm; figura (2). As ondas chamam-se ridículas e a tensão superficial da água tem tendência a destruí-las, restaurando a superfície lisa da água.

Ao sair da área de geração estas ondas vão se desenvolvendo, a superfície do mar ganha um aspecto irregular, o que permite uma maior exposição ao vento e uma maior transferência da energia do vento para as águas. Quando essa energia aumenta desenvolvem-se ondas de gravidade. Estas têm comprimentos de onda superiores a 1,74 cm e uma forma sinusoidal.

Quando a velocidade do vento persiste por bastante tempo e tem suficiente área de geração para produzir a máxima altura de onda que possa ser mantida por esse vento, origina-se a condição denominada desenvolvimento total do mar.

Uma vez que as ondas atingem uma maior altura, a gravidade torna-se a principal força de restauração da superfície do oceano, superfície lisa.

A energia do vento faz aumentar a altura, comprimento de onda e velocidade das ondas. Mas quando a velocidade das ondas for igual a dos ventos, já não é acrescentado mais energia à onda, ela atinge a sua maior dimensão.

A zona de geração das ondas "oceano" é caracterizada por uma superfície eriçada por ondas de pequeno comprimento de onda, com ondas movendo-se em várias direcções e com diferentes períodos e comprimentos de onda. Este facto deve-se à acentuada variação da direcção e velocidade do vento.

Os diâmetros das trajectórias das partículas da água onda diminuem com a profundidade; na superfície é igual a altura da onda. A profundidade máxima de movimentação da água, equivale a metade do comprimento de onda, na qual o diâmetro orbital das partículas é 25 vezes menor que na superfície. Esta profundidade é conhecida como base da onda, e representa a profundidade máxima na qual a onda pode mover partículas e erodir os sedimentos finos do fundo marinho. As ondas movem-se portanto, apenas em sua forma, não impulsionam massas de água; transportam energia, mas não a água adjacente ( [ttp://professores.unisanta.br /oceanografia\\_brasil.htm](http://professores.unisanta.br/oceanografia_brasil.htm)).

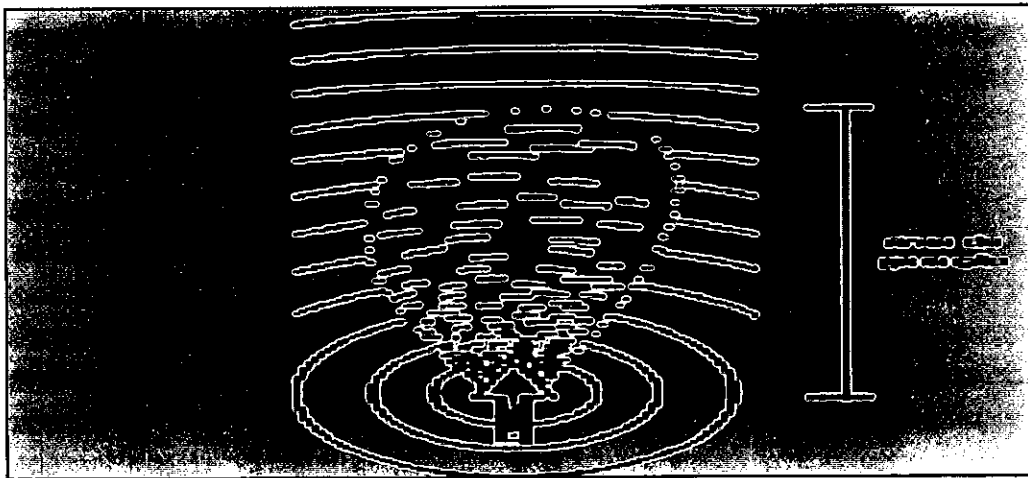


Figura 2. Área de geracao de ondas pelo vento. Fonte, [htt://professores. Unisanta.br/Miragaia](http://professores.Unisanta.br/Miragaia).

As partículas de água numa onda em águas profundas descrevem trajetórias circulares, progressivamente chegando nas águas intermediárias, as trajetórias tornam-se elípticas e rectilíneas em águas pouco profundas.

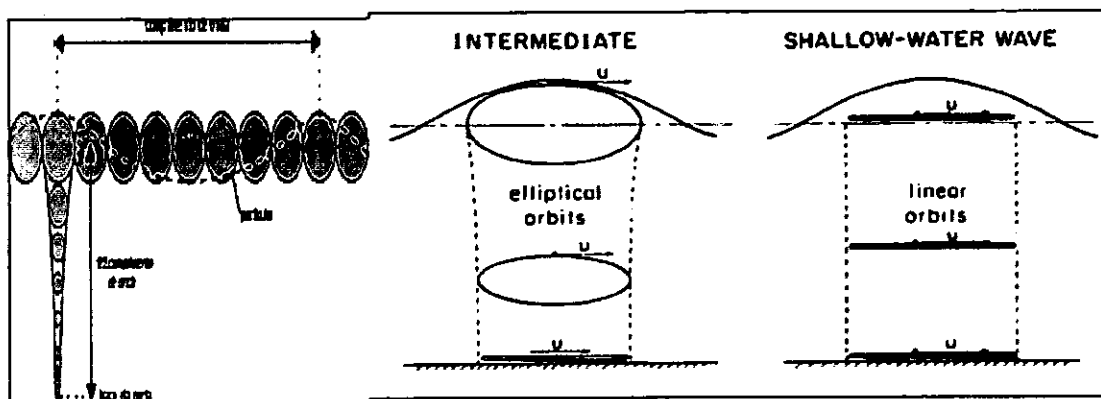


Figura 3. Modificações sofridas pelas ondas quando se aproximam à linha da costa; fonte: P.D.Komar,1998

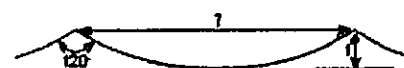
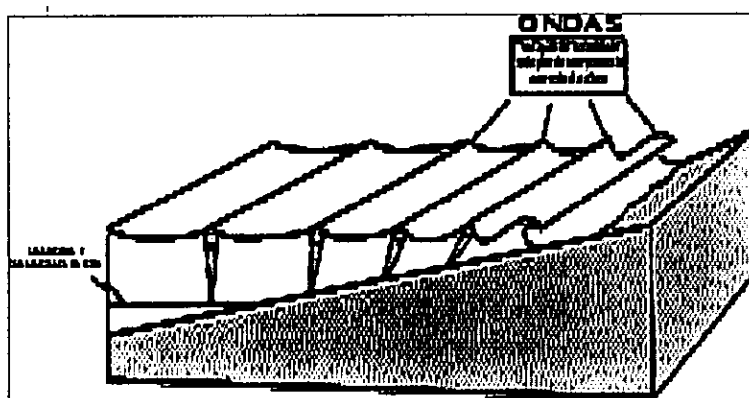
## 2.7 Rebentamento de ondas

Quando as ondas formadas em oceano aberto aproximam-se de águas rasas, progressivamente se reorientam para permanecerem paralelas à linha de costa. Tal fenómeno é chamado de refacção e é função da diminuição da profundidade.

Com a redução na profundidade, começa a ocorrer atrito das partículas da água com o fundo, reduzindo a velocidade das ondas nas porções que primeiro se aproximam da costa e deixando mais livres as regiões das ondas que ainda se deslocam em águas mais profundas. Esta refacção que precede a quebra das ondas, é acompanhada da diminuição da velocidade e do comprimento de onda e aumento da altura.

Quando a onda aproxima-se da linha de costa, ou seja, quando a profundidade local começa a ser menor que a metade do comprimento de onda, diz-se que a onda sente o efeito do fundo. Os movimentos das partículas de água transformam-se em elipses achatadas quando em contacto com o fundo. Assim, as partículas movem-se para frente e para trás junto ao fundo marinho e não mais circularmente. A quebra da onda ocorre porquê o contacto das partículas que se movimentam próximas ao fundo faz com que haja um atraso destas em relação às da superfície, que se movem mais livremente, impelindo a região superior da onda para a frente. Neste momento, as oscilações das partículas cessam e a movimentação é toda em direcção à praia. Como regra geral, a profundidade de quebra é cerca de 1,3 vezes a altura da onda, ou seja, uma onda de 1,5 metro quebra-se quando a profundidade local atinja cerca de 2 metros. A figura 4 mostra a aproximação das ondas em uma praia.

Em águas profundas, as ondas podem-se quebrar quando o declive da onda ultrapassar  $1/7$  ou quando a crista da onda aproximar-se de um ângulo de  $120^\circ$ .



**Fig 4 a) Aproximação das ondas em uma praia**

**b) rebentação em águas profundas**

[http://professores.unisanta.br/miragaia/oceanografia\\_brasil.htm](http://professores.unisanta.br/miragaia/oceanografia_brasil.htm)

Embora ventos e correntes possam ter algum efeito no tipo de rebentação que uma onda originará na linha da costa, a principal influência será da topografia do fundo.

Pode-se definir três tipos de arrebentação:

Em derrame, em espiral e em vagalhão. Em praias muito planas, as ondas se quebram lentamente a partir da crista, continuando o processo por longas distâncias enquanto se aproximam da praia; este tipo de arrebentação é chamado em derrame.

A arrebentação em espiral é a mais apreciada pelos surfistas, pois forma o chamado tubo, em sua gíria. Se a praia é relativamente inclinada, a crista da onda se rompe com relativa rapidez após enrolar-se em espiral.

Finalmente quando o fundo é muito inclinado, a onda não se quebrará até que alcance a praia. Este caso, no qual a onda se forma muito rapidamente e se quebra directamente sobre a praia, é denominada de arrebentação em vagalhão.

Outro efeito da aproximação de ondas na linha de costa é a difracção, que resulta em um afastamento da direcção de propagação da onda, e aumento de seu comprimento. A difracção



ocorre quando as ondas penetram em um corpo de água através de entrada relativamente estreita como uma baía, por exemplo.

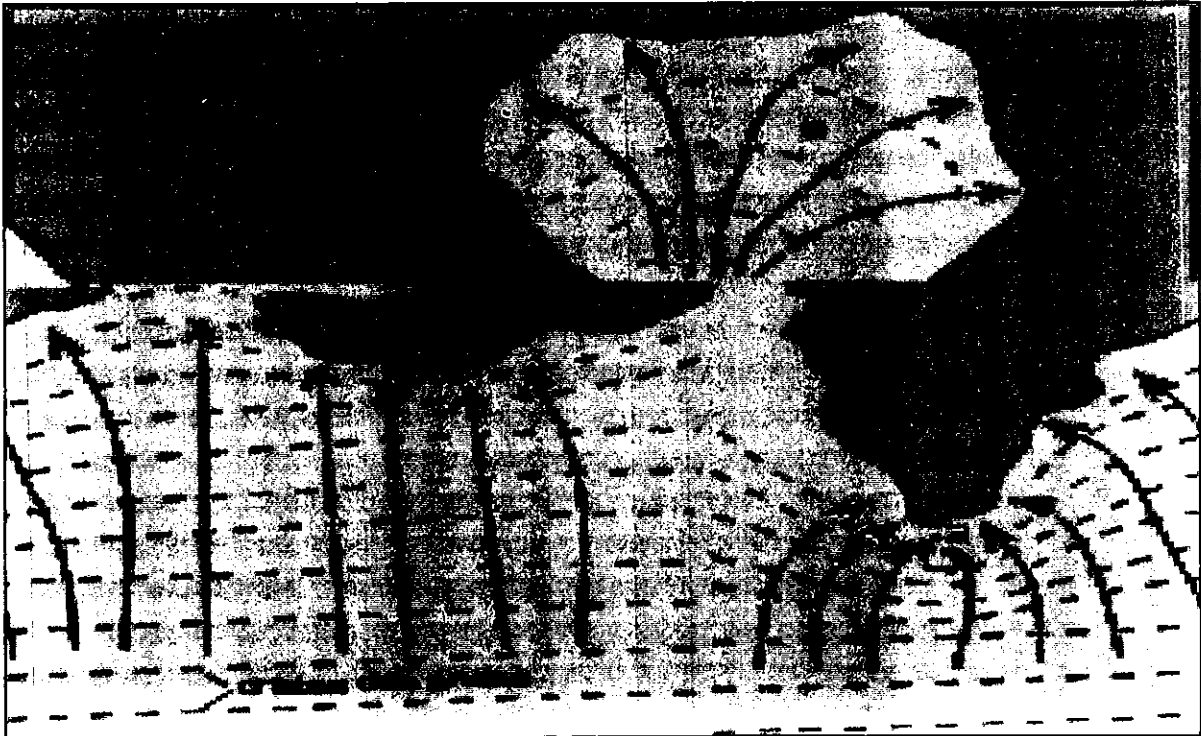


Figura 5. concentração de ondas refractadas em um promotório na ilha de uma costa(a) e dissipação de ondas difractadas em uma baia(b). Fonte. A.N.C-Brasil.

A figura 5 mostra também o efectivo convergente que a refração produz em feições costeiras proeminentes como um promontório. O fenómeno tende a reduzir uma linha de costa recortada em uma linha recta, devido a actividade erosiva das ondas.

## 2.8 Impacto das ondas sobre a praia

A linha de costa é uma das feições mais dinâmicas do planeta. Sua posição no espaço muda constantemente em várias escalas temporais (diárias, sazonais, decadais, seculares e milenares). A posição da linha de costa é afectada por um número muito grande de factores alguns de origem natural e intrinsecamente relacionados à dinâmica costeira (balanço de sedimentos, variações do nível relativo

do mar, dispersão de sedimentos, etc), outros relacionados a intervenções humanas na zona costeira (obras de engenharia, represas de rios, dragagens etc.).

Como resultado da interacção entre estes vários factores, a linha de costa pode avançar mar adentro, recuar em direcção ao continente, ou permanecer em equilíbrio. Quando a linha de costa recua em direcção ao continente, diz-se que a mesma está experimentando erosão. O fenómeno de erosão torna-se um problema para o homem (risco natural ) quando este destrui algum tipo de referencial fixo(estrada, prédio ou outro tipo de construção permanente) que se interpõe na trajectória de recuo da linha de costa (Domingos,2001).

O fenómeno da erosão costeira não tem como implicação directa a destruição da praia arenosa, mas a posição da praia simplesmente recua continente adentro durante este processo. O desaparecimento da praia arenosa, usada para fins recreativos, ocorre quando o homem interfere no processo de recuo da linha de costa, tentando estabilizar a posição da linha da costa através de obras de engenharia.

Essencialmente o comportamento de um determinado trecho da linha de costa é resultado do balanço de sedimentos para este trecho. O balanço de sedimentos nada mais é que a aplicação do princípio da continuidade ao transporte e deposição de sedimentos (créditos e débitos de sedimentos). Assim, se para um determinado trecho da linha de costa, o balanço de sedimentos é positivo isto é, quando há deposição de sedimentos, a linha de costa avança mar adentro, se este balanço é negativo a linha da costa irá recuar em direcção ao continente. Se o balanço é zero, a posição da linha de costa se mantém fixa.

Erosão costeira é um processos que é consequência de desequilíbrio da circulação dos sedimentos no litoral provocado pelo débito de sedimentos.

A costa sofre o impacto de movimento das ondas, provocadas pelo vento. Quando as ondas estão próxima a arrebentarem, as que inicialmente induzem um movimento circular nas partículas de água a baixo de onde passam, mostram uma assimetria, no seu campo interno de velocidades gerando uma série de correntes cujo padrão depende do ângulo de incidência que fazem com a

linha da costa. Esta assimetria, aponta para onde a onda se desloca, para o continente; e se encarregam de empurrar a areia que forma as praias.

Com a progressão da onda em direcção a praia e a diminuição da lâmina da água, uma quantidade imensa de energia é dissipada no contacto com o fundo situado entre a zona de rebentação e a praia. Em consequência grandes volumes de sedimentos são colocados em movimento nesta faixa, pela turbulência da quebra das ondas colocando os grãos em suspensão ou arrastando-os. Isto associado às correntes litorâneas que se estabelecem quando as ondas incidem em ângulo com a praia transportando sedimentos lateralmente; cada segmento do litoral adquire um equilíbrio dinâmico, onde processos que ocorrem em curtos intervalos de tempo, alteram o balanço momentâneo de transporte de sedimentos, dependendo para isso da obliquidade do vento em relação a linha da praia e da variação de intensidade do mesmo vento; e há transporte de sedimentos de um segmento para o outro.

Para a erosão dos sedimentos que constituem as praias é necessário que as águas tenham uma velocidade capaz de produzir forças suficientes não só para separar os sedimentos da aderência que os mesmos têm em contacto com as camadas subseqüentes, mas também suficientes para provocar o movimento de transporte dos grãos constituintes destes sedimentos, que por vezes são pesados, fazendo assim o seu transporte por rolamento, saltos, deslizamento ou por escorregamento (Evans et al, 1970).

Para as praias arenosas isto é, que constituem ambientes extremamente dinâmicos, qualquer quantidade de areia transportada para fora de um segmento litorâneo, deveria ser substituído por um volume igual proveniente de um outro lugar de modo a criar um equilíbrio. Por falta desta reposição resulta a erosão destas praias. A grande causa da erosão tem sido a mudança na taxa de fornecimento ou disponibilidade de sedimentos, tanto no continente, como na plataforma marinha rasa, e também quando há alteração no padrão das correntes litorâneas.

A predisposição actual dos fenómenos de erosão costeira tão frequentes hoje, resulta de um déficite generalizado sedimentar na plataforma marinha rasa, aproximadamente quatro mil anos depois da estabilização do nível do mar na posição actual (Domingos, 2001).

O poder de água transportar partículas sólidas depende da velocidade da corrente e das dimensões das partículas. Um curso de água com velocidade de  $10\text{ms}^{-1}$  é capaz de transportar areia grossa (e todo o material mais fino). Se a velocidade baixar para  $1\text{ms}^{-1}$  a areia grossa é depositada, mas a água continua a levar areia fina (com fracção argilosa mais ou menos importante); a areia fina só será depositada com uma velocidade abaixo de  $10\text{cms}^{-1}$ . E na zona onde as ondas são geradas pelo vento, as ondas tem uma velocidade aproximada a velocidade do vento que as gerou (Frederico, 1979).

## **2.9 Descrição da área de estudo**

Este estudo decorreu da Cidade da Beira; na província de Sofala, numa zona baixa, na foz do rio Punguê que descarrega os seus sedimentos na Baía de Sofala.

A Baía tem marés semi - diurnas com uma desigualdade diária de 0,4m; as marés provocam ondas de 1,7m a 5,7m, dependentes das estações respectivas. As águas possuem correntes muito fortes, que alcançam 5knots; os ventos são predominantemente de Sueste nos meses de Outubro a Fevereiro, havendo mudanças para Sudoeste e Leste com sazonalidade, as ondas predominantes rebentam em forma de espiral. (Chemane et al. 1997).

A cidade da Beira possui um clima temperado húmido, regime térmico quente, precipitação regular e temperatura média superior que  $20^{\circ}\text{C}$  (Barca, 1992).

O anexo I mostra uma fotografia aérea da cidade da Beira

A escolha dos pontos de estudo foi motivada pela topografia diferente que eles apresentam ao mesmo tempo pelas efeitos visíveis da erosão

### 2.9.1 Caracterização geomorfológica

A maior parte da Cidade da Beira foi construída na sua vastidão em cima de praias velhas, sobre drenagens velhas constituídas por pântanos, terras húmidas e em cima de dunas de areias que se crêem serem resultado de tempestades que ocorrem localmente (Chemane et al 1997).

As praias da cidade da Beira são arenosas com a excepção da praia do povoado de Dama que se apresenta argilosa.

A construção de barragens e canais ao longo dos rios que em geral reduz o porte fluvial de sedimentos ao litoral, muitos sedimentos que são depositados no canal da Baía que dá acesso ao Porto da Beira São removidos durante a dragagem do canal e durante algum tempo substituídos por outros oriundos das Praias. Nas praias da Beira a maior fonte de sedimentos são os rios Buzi , num dos principais afluentes deste rio; rio Rovué está construída a Barragem de Chicamba Real na Província de Manica, e ainda próximo à foz do rio Buzi foram construídos centenas de canais para sustentar ao complexo agro-industrial (a fábrica de Açúcar e os seus canaviais), o rio em causa de alguns anos para cá reduziu o seu contributo sedimentar para o litoral. Com relação ao segundo rio; Punguê, tem ao longo do seu curso construídos milhares de canais para a irrigação dos imensos campos e a fábrica da Açucareira de Moçambique; com o agravante de descarregar a maior parte dos sedimentos que alcançam o Oceano, no canal que dá acesso ao Porto da Beira que por sua vez, quando dragado, as areias são usados para fins que não são de reposição assim contribuindo negativamente na circulação de sedimentos nas praias ( Anónimo ).

A figura 6 mostra a área de estudo cujos pontos de observação estão apresentados no anexo I.

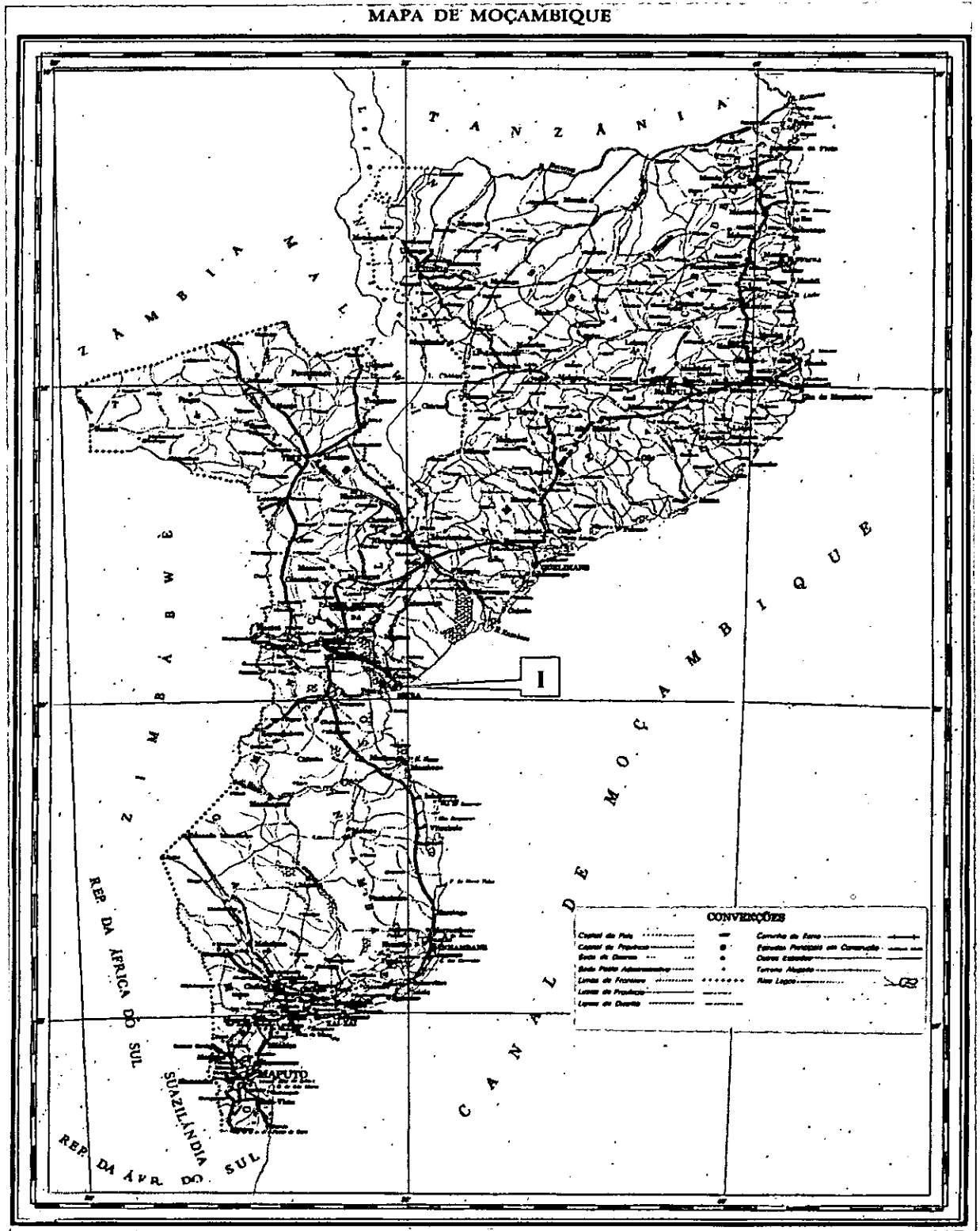


Figura 6. área de estudo (I)

## CAPÍTULO III

### 3.0 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material

Na realização do trabalho foi usado o seguinte material:

- a) Anemómetro manual: este instrumento foi usado para a medição do vento local, onde para o efeito foi exposto a uma altura de 1.70 metros do solo foi feita a leitura da velocidade do vento de 10 em 10 minutos a partir das 12:45 horas as 17:45 horas.
- b) Sistema de Posicionamento Global (GPS): Este aparelho foi usado para a obtenção de coordenadas geográficas dos pontos principais em que se baseava o estudo;
- c) Câmaras fotográficas digital e não digital: estas foram usadas para a obtenção de imagens ilustrativas que constam no presente relatório, as imagens de ondas serviram ainda para o estudo da classificação das formas de rebentamento das ondas;
- c) Teodolito e Nível : Foram usados para o estudo do perfil da praia, para o efeito procedeu-se à leitura dos valores da régua. Esta tem quatro metros de altura, foi colocada em várias posições seleccionadas. O teodolito e o Nível são dois pequenos instrumentos que tem lentes que permitem que um objecto distante seja visto com nitidez numa régua chamada mira, isto é como se estivesse perto. Quanto mais altos os valores observados mais baixo é o ponto em que está fixada a mira; esses dois instrumentos desempenharam um papel muito importante ao substituir o marégrafo , serviram também para observação das ondas (amplitude de ondas). Com o Teodolito e o Nível usados conseguia-se fazer 120 observações em cada dia em que as observações foram realizadas;
- d) Cronómetros: foram usados para a medição dos períodos das ondas.

### 3.2 Métodos de observação

Para a determinação da altura da onda foram usados dois métodos: Indirecto (uso da relação da velocidade do vento e altura da onda) e Directo por meio de teodolito e nível .

### 3.3 Métodos de análise

Para os métodos analíticos a altura significativa da onda foi obtida por meio da equação (11), para a energia da onda correspondente foi calculada pela equação (10) e para o cálculo da frequência foi usada a relação

$$f = \frac{1}{T} \quad (14)$$

Onde,  $f$  é a frequência de onda, e  $T$ , período da onda

A amplitude da classe  $C$ , de ondas foi calculada usando a formula,

$$C = \frac{A}{\sqrt{N}} \quad (15)$$

Em que,  $A = H_{\max} - H_{\min}$ ; onde  $H_{\max}$  é a altura máxima da medição,  $H_{\min}$  altura mínima e  $N$  é o número de dados medidos.

Para análise estatística foram calculados os valores máximos, mínimos, médias aritméticas desvio padrão e variâncias dos parâmetros em estudo.



### **3.4 Metodologia**

O trabalho foi feito em três fases: a primeira consistiu na aquisição à fundamentos teórica, a segunda foi de preparação e realização do trabalho de campo e a terceira foi de apuramento e análise dos resultados.

#### **3.4.1 Fase de Revisão Bibliográfica**

Nesta fase avaliou-se os conceitos chaves usados no estudo do comportamento de ondas oceânicas em particular consulta de trabalhos ou artigos publicados em Moçambique sobre o estudo das ondas oceânicas e o impacto destas na costa.

#### **3.4.2 Fase de recolha de dados.**

Esta fase consistiu na observação o desenvolvimento das ondas e o impacto que estas provocam na costa, e recolha dados que possam permitir a identificação de outros factores que contribuem para a ocorrência da erosão nas Praias da Beira

A recolha de dados foi feita em quatro meses, de Setembro a Dezembro de 2004, antecidos por uma demarcação de uma área para a medição das quantidades de perdas de areia durante o tempo, em Setembro de 2004. Foram feitas medições da velocidade do vento, bem como dos parâmetros da onda que a seguir se indicam para além dos perfis topográficos de algumas praias, foram também fotografadas avenidas danificadas e árvores com raízes expostas por impacto das ondas; as fotografias estão apresentadas no anexo II.

Na tabela 1a) apresenta-se os equipamentos usados e sua precisão.

Tabela 1 a) aparelhos utilizados e sua precisão

| Orde m | Nome do instrumento | Precisão                   |
|--------|---------------------|----------------------------|
| 1      | GPS                 | 0.25"                      |
| 2      | TEODOLITO           | 0.8"                       |
| 3      | NIVEL               | 0.25mm/1000000mm           |
| 4      | ANEMOMETRO MANUAL   | + - 0.5m/s por cada 5 dias |
| 5      | CRONOMETRO          | 0.01 segundo               |

A recolha de dados foi feita nos pontos apresentados na tabela 1 b):

Tabela 1b). localização geográfica das estações de estudo e as actividades neles realizadas.

| Local                                | Coordenadas                         | Medições/observações    | Instrumentos usados           |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Praia da Ponta-Gêa                   | 34° 54' 14" Este<br>19° 45' 14" Sul | Coordenadas geográficas | GPS                           |
|                                      |                                     | Perfil da praia         | Teodolito                     |
|                                      |                                     | velocidade do vento     | Anemómetro e cronómetro       |
|                                      |                                     | Amplitude de onda       | Nível, teodolito e cronómetro |
|                                      |                                     | fotografias             | Máquina fotográfica           |
| Praia de Palmeiras                   | 34° 54' 40" Este<br>19° 45' 40" Sul | Perfil da praia         | Teodolito                     |
|                                      |                                     | fotografias             | Máquina fotográfica           |
| Praia Nova                           | 34° 54' 04" Este<br>19° 45' 49" Sul | fotografias             | Máquina fotográfica           |
| <sup>(1)</sup> Praia do Dama         | .....                               | fotografias             | Máquina fotográfica           |
| <sup>(1)</sup> Praia da Casa Partida | .....                               | fotografias             | Máquina fotográfica           |

<sup>(1)</sup> Praias em que se evitou o uso do GPS devido a falta de protecção contra os marginais

### **3.4.3 Fase de Apuramento e análise dos resultados**

Com vista a fazer-se o apuramento dos resultados primeiro foi feita a organização de dados sob forma de tabelas e gráficos, onde para o efeito fez-se:

- a) Organização em colunas dos dados obtidos através de teodolito e nível, onde cada coluna corresponde aos dados registados durante 5 horas de cada dia em que foram feitas as observações;
- b) Organização das alturas em intervalos e cálculo das suas frequências;
- c) Organização dos dados referentes aos perfis da praia;
- d) Organização de dados referentes à velocidade do vento;
- e) Cálculo da altura significativa e energia da onda.

## **CAPÍTULO IV**

### **4.0 RESULTADOS**

#### **4.1 Altura significativa e Energia da onda em relação ao vento**

Para o estudo da altura de ondas foram usados dois métodos: Método Directo medição por meio de teodolito e nível cuja determinação foi usada a média de um terço das alturas das ondas mais altas observadas e Método Indirecto baseado na medição da velocidade do vento local através de anemómetro, e a energia da onda foi obtida com base na equação (14).

A tabela 2 apresenta alturas de ondas e energia correspondente calculada a partir da relação da altura da onda em função da velocidade do vento, a mesma é referente aos meses de Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2004.

Tab.2 Altura e energia da onda em função da velocidade do vento

| Temp(h)       | 20 de Set.04 |             |                      | 23 de Out.04 |             |                      |
|---------------|--------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|----------------------|
|               | W(m/s)       | Hs(m)       | E(J/m <sup>2</sup> ) | W(m/s)       | Hs(m)       | E(J/m <sup>2</sup> ) |
| 12:45         | 9.08         | 1.77        | 3903.800             | 6.00         | 0.77        | 744.30               |
| 12:55         | 9.10         | 1.77        | 3938.30              | 4.00         | 0.34        | 147.00               |
| 13:05         | 9.06         | 1.97        | 4877.90              | 3.50         | 0.26        | 86.20                |
| 13:15         | 10.50        | 2.36        | 6980.80              | 8.80         | 1.66        | 3444.10              |
| 13:25         | 10.10        | 2.19        | 5976.30              | 8.90         | 1.70        | 3603.40              |
| 13:35         | 11.09        | 2.64        | 8687.10              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 13:45         | 11.09        | 2.64        | 8687.10              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 13:55         | 10.70        | 2.45        | 7528.00              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 14:05         | 11.40        | 2.78        | 9699.90              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 14:15         | 11.70        | 2.93        | 10762.00             | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 14:25         | 12.01        | 3.09        | 11949.00             | 10.10        | 2.19        | 5976.30              |
| 14:35         | 7.00         | 1.05        | 1378.90              | 10.10        | 2.19        | 5976.30              |
| 14:45         | 6.60         | 0.93        | 1089.70              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 14:55         | 6.20         | 0.82        | 848.60               | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 15:05         | 7.08         | 1.07        | 1443.10              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 15:15         | 9.10         | 1.77        | 3938.30              | 11.00        | 2.59        | 8408.50              |
| 15:25         | 10.70        | 2.45        | 7528.00              | 10.00        | 2.14        | 5747.10              |
| 15:35         | 9.00         | 1.97        | 4877.90              | 11.50        | 2.83        | 10044.80             |
| 15:45         | 9.10         | 1.77        | 3938.30              | 11.90        | 3.03        | 11516.90             |
| 15:55         | 7.30         | 1.14        | 1630.90              | 10.30        | 2.27        | 6463.90              |
| 16:05         | 7.30         | 1.14        | 1630.90              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 16:15         | 8.00         | 1.37        | 2352.40              | 9.60         | 1.97        | 4877.90              |
| 16:25         | 8.30         | 1.48        | 2725.60              | 8.90         | 1.70        | 3603.40              |
| 16:35         | 7.80         | 1.30        | 2125.80              | 9.00         | 1.73        | 3768.10              |
| 16:45         | 9.40         | 1.89        | 4483.90              | 8.60         | 1.58        | 3141.50              |
| 16:55         | 6.00         | 0.77        | 744.31               | 7.80         | 1.30        | 2125.80              |
| 17:05         | 6.50         | 0.91        | 1025.20              | 8.50         | 1.55        | 2997.90              |
| 17:15         | 8.00         | 1.37        | 2352.40              | 8.40         | 1.51        | 2859.30              |
| 17:25         | 6.00         | 0.77        | 744.31               | 7.30         | 1.14        | 1630.90              |
| 17:35         | 4.00         | 0.34        | 147.02               | 8.00         | 1.37        | 2352.40              |
| 17:45         | 3.80         | 0.31        | 119.75               | 8.10         | 1.40        | 2472.20              |
| <b>Máxima</b> | <b>12.10</b> | <b>3.09</b> | <b>11949.00</b>      | <b>11.90</b> | <b>3.03</b> | <b>11516.90</b>      |
| <b>Mínima</b> | <b>3.90</b>  | <b>0.31</b> | <b>119.75</b>        | <b>3.50</b>  | <b>0.26</b> | <b>86.20</b>         |
| <b>Média</b>  | <b>8.50</b>  | <b>1.87</b> | <b>4132.80</b>       | <b>8.88</b>  | <b>1.76</b> | <b>4316.00</b>       |

Tabela 2. Altura e energia da onda em função da velocidade do vento(continuação)

| Temp(h)       | 24 de Nov.04 |             |                      | 20 de Dez.04 |             |                      |
|---------------|--------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|----------------------|
|               | W(m/s)       | Hs(m)       | E(J/m <sup>2</sup> ) | W(m/s)       | Hs(m)       | E(J/m <sup>2</sup> ) |
| 12:45         | 7.00         | 1.05        | 1378.90              | 6.00         | 0.77        | 744.30               |
| 12:55         | 5.00         | 0.54        | 358.90               | 4.00         | 0.34        | 147.00               |
| 13:05         | 9.00         | 1.74        | 3768.10              | 3.50         | 0.26        | 86.2.00              |
| 13:15         | 9.50         | 1.93        | 4677.80              | 8.80         | 1.66        | 3444.10              |
| 13:25         | 10.00        | 2.14        | 5743.10              | 8.90         | 1.70        | 3603.40              |
| 13:35         | 11.00        | 2.59        | 8408.50              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 13:45         | 12.00        | 3.09        | 11908.90             | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 13:55         | 10.00        | 2.14        | 5743.10              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 14:05         | 9.00         | 1.74        | 3768.10              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 14:15         | 9.50         | 1.93        | 4677.80              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 14:25         | 8.00         | 1.37        | 2352.40              | 10.10        | 2.19        | 5976.30              |
| 14:35         | 10.00        | 2.14        | 5743.10              | 10.10        | 2.19        | 5976.30              |
| 14:45         | 9.00         | 1.74        | 3768.10              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 14:55         | 10.00        | 2.14        | 5743.10              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 15:05         | 9.80         | 2.06        | 5297.30              | 10.00        | 2.14        | 5743.10              |
| 15:15         | 9.80         | 2.06        | 1378.90              | 11.00        | 2.59        | 8408.50              |
| 15:25         | 7.00         | 1.05        | 5743.10              | 10.00        | 2.14        | 5747.10              |
| 15:35         | 10.00        | 2.14        | 2352.40              | 11.50        | 2.83        | 10044.80             |
| 15:45         | 8.00         | 1.37        | 3768.10              | 11.90        | 3.03        | 11516.90             |
| 15:55         | 9.00         | 1.74        | 2725.60              | 10.30        | 2.27        | 6463.90              |
| 16:05         | 8.30         | 1.48        | 4114.30              | 9.00         | 1.74        | 3768.10              |
| 16:15         | 9.20         | 1.81        | 2125.80              | 9.60         | 1.97        | 4877.90              |
| 16:25         | 7.80         | 1.30        | 1378.90              | 8.90         | 1.70        | 3603.40              |
| 16:35         | 7.00         | 1.05        | 1916.00              | 9.00         | 1.73        | 3768.10              |
| 16:45         | 7.60         | 1.24        | 3768.10              | 8.60         | 1.58        | 3141.50              |
| 16:55         | 9.00         | 1.74        | 4483.90              | 7.80         | 1.30        | 2125.80              |
| 17:05         | 9.40         | 1.89        | 1378.90              | 8.50         | 1.55        | 2997.90              |
| 17:15         | 7.00         | 1.05        | 1916.00              | 8.40         | 1.51        | 2859.30              |
| 17:25         | 7.60         | 1.24        | 1378.90              | 7.30         | 1.14        | 1630.90              |
| 17:35         | 7.00         | 1.05        | 1916.00              | 8.00         | 1.37        | 2352.40              |
| 17:45         | 7.30         | 1.14        | 1630.90              | 8.10         | 1.40        | 2472.20              |
| <b>Máxima</b> | <b>12.00</b> | <b>3.09</b> | <b>11908.90</b>      | <b>10.30</b> | <b>3.03</b> | <b>6463.90</b>       |
| <b>Mínima</b> | <b>5.00</b>  | <b>0.54</b> | <b>358.90</b>        | <b>3.20</b>  | <b>0.22</b> | <b>86.20</b>         |
| <b>Média</b>  | <b>8.70</b>  | <b>1.67</b> | <b>3828.90</b>       | <b>8.88</b>  | <b>1.76</b> | <b>4316.00</b>       |

#### 4.2 Alturas significativas das ondas observadas directamente

Alturas das ondas observadas pelo método directo foram organizadas em classes com o objectivo de se determinar as ondas mais frequentes; assim escolheu-se para cada mês as observações que forneceram alturas mais elevadas e foram calculadas as médias das classes; também foram calculadas as alturas significativas e as energias correspondentes, que estão representadas nas figuras seguintes. As amplitudes de classes de ondas foram calculadas pela relação 15.

Tabela 3. intervalos correspondentes `a classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 20/9/04

| 20 de Set.04          |           |                                |              |          |
|-----------------------|-----------|--------------------------------|--------------|----------|
| Classes de alturas(m) | Nº.Obser. | H <sub>mediada</sub> classe(m) | fr*100       | E(J/m2)  |
| [0.88 1.15]           | 5         | 1.02                           | 4.1666<br>67 | 1301.25  |
| ]1.15 1.42]           | 10        | 1.29                           | 8.333        | 2081.33  |
| ]1.42 1.69]           | 16        | 1.56                           | 13.33        | 3043.76  |
| ]1.69 1.96]           | 15        | 1.83                           | 12.5         | 4188.55  |
| ]1.96-2.23]           | 18        | 2.10                           | 15           | 5515.70  |
| ]2.23 2.5]            | 0         | 0                              | 0            | 0        |
| ]2.5 2.77]            | 13        | 2.64                           | 10.83        | 8717.05  |
| ]2.77 3.04]           | 4         | 2.91                           | 3.33         | 10591.26 |
| ]3.04 3.31]           | 17        | 3.18                           | 14.17        | 12647.83 |
| ]3.31 3.58]           | 11        | 3.45                           | 9.17         | 14886.75 |
| ]3.58 3.85]           | 10        | 3.72                           | 8.33         | 17308.03 |
| ]3.85 4.12]           | 1         | 3.99                           | 0.83         | 19911.67 |

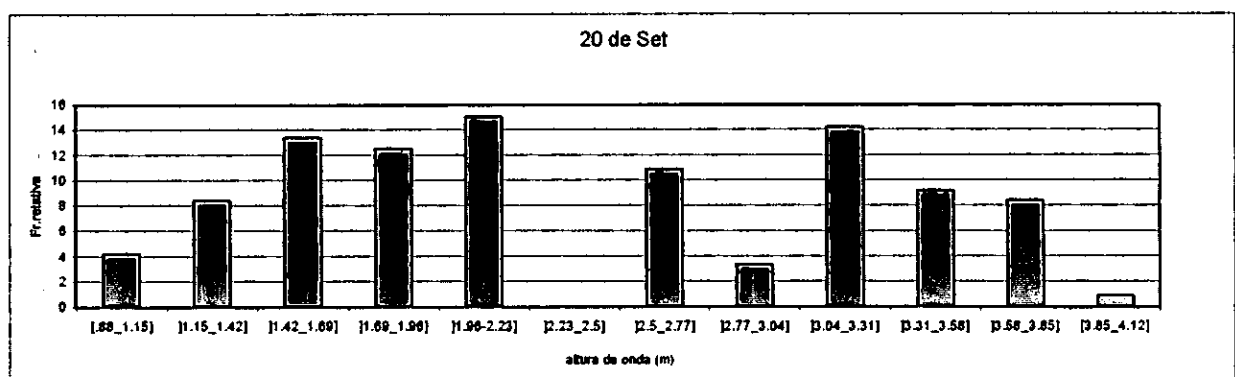


Figura 7. Altura de onda observada em relação a frequência, Setembro 04.

Tabela 4: intervalos correspondentes às classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 23/10/04

| 23 de Out.04                         |            |                                 |        |          |
|--------------------------------------|------------|---------------------------------|--------|----------|
| Intervalos das classes de alturas(m) | n.obs erv. | H <sub>mediã</sub> da classe(m) | fr*100 | E(J/m2)  |
| [.72_0.94]                           | 5          | 0.83                            | 4.17   | 861.62   |
| ]0.9_1.16]                           | 10         | 1.03                            | 8.33   | 1326.89  |
| ]1.16_1.38]                          | 16         | 1.27                            | 13.33  | 2017.29  |
| ]1.38_1.60]                          | 12         | 1.49                            | 10     | 2776.74  |
| ]1.60-1.82]                          | 17         | 1.71                            | 14.17  | 3657.25  |
| ]1.82_2.04]                          | 4          | 1.93                            | 3.33   | 4658.83  |
| ]2.04_2.26]                          | 13         | 2.15                            | 10.83  | 476      |
| ]2.26_2.48]                          | 5          | 2.37                            | 4.17   | 7025.20  |
| ]2.48_2.70]                          | 17         | 2.59                            | 14.17  | 8389.99  |
| ]2.70_2.92]                          | 11         | 2.81                            | 9.176  | 9875.85  |
| ]2.92_3.14]                          | 9          | 3.03                            | 7.5    | 11482.78 |
| ]3.14-3.36]                          | 1          | 3.25                            | 0.83   | 13210.78 |

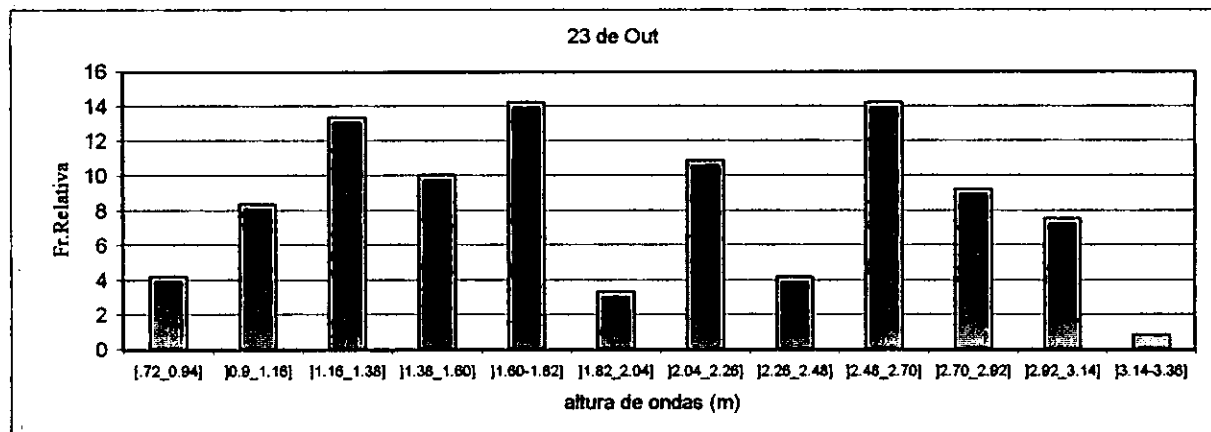


Figura 8. Altura de onda observada em relação a frequência, Outubro 04

Tabela5: intervalos correspondentes `a classes de Altura da onda observadas das 12:45h as 17:45h; 24/11/04

| 24 de Nov.04 |              |      |        |          |
|--------------|--------------|------|--------|----------|
| alturas[(m)  | N<br>Observ. | H(m) | fr*100 | E(J/m2)  |
| [.58_0.83]   | 5            | 0.71 | 4.17   | 630.49   |
| ]0.83_1.08]  | 10           | 0.96 | 8.33   | 1152.66  |
| ]1.08_1.33]  | 16           | 1.21 | 13.33  | 1831.19  |
| ]1.33_1.58]  | 19           | 1.46 | 15.83  | 2666.05  |
| ]1.58-1.83]  | 11           | 1.71 | 9.17   | 3657.24  |
| ]1.83_2.08]  | 7            | 1.96 | 5.83   | 4804.79  |
| ]2.08_2.33]  | 10           | 2.21 | 8.33   | 6108.67  |
| ]2.33_2.58]  | 6            | 2.46 | 5.00   | 7568.89  |
| ]2.58_2.83]  | 17           | 2.71 | 14.17  | 9185.45  |
| ]2.83_3.08]  | 13           | 2.96 | 10.83  | 10958.35 |
| ]3.08_3.33]  | 7            | 3.21 | 5.83   | 12887.60 |

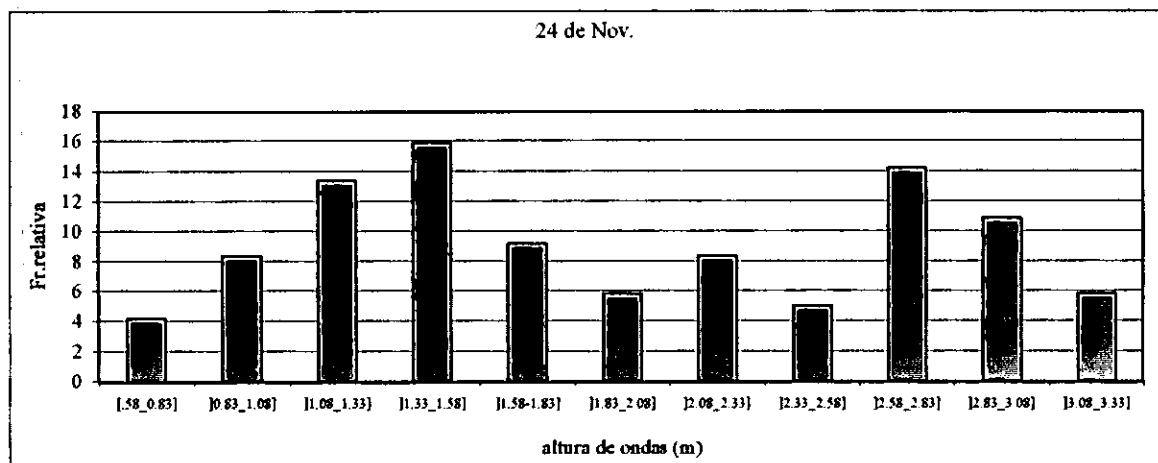


Figura 9. altura de ondas observadas em relação a frequência, Novembro 04



Tabela 6. Intervalos correspondentes `a classes de Altura de ondas observadas das 12:45h as 17:45h; 20/12/04

| 20 de Dez. 04                     |       |                                 |         |          |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------|---------|----------|
| Intervalos da classe da altura(m) | N.obs | H <sub>media</sub> da classe(m) | fr*100% | E(J/m2)  |
| [.46 .69]                         | 7     | 0.58                            | 5.83    | 420.74   |
| ]69 .92]                          | 6     | 0.81                            | 5.00    | 820.60   |
| ]92 1.15]                         | 6     | 1.04                            | 5.00    | 1352.78  |
| ]1.15 1.38]                       | 7     | 1.27                            | 5.83    | 2017.29  |
| ]1.38 1.61]                       | 17    | 1.50                            | 14.17   | 2814.13  |
| ]1.61 1.84]                       | 22    | 1.73                            | 18.33   | 3743.30  |
| ]1.84 2.07]                       | 28    | 1.96                            | 23.33   | 4804.79  |
| ]2.07 2.30]                       | 16    | 2.19                            | 13.33   | 5998.60  |
| ]2.30 2.53]                       | 8     | 2.42                            | 6.67    | 7324.75  |
| ]2.53 2.76]                       | 0     | 0                               | 0       | 0        |
| 2.76 2.99]                        | 1     | 2.88                            | 0.83    | 10374.01 |
| ]2.99 3.22]                       | 2     | 3.11                            | 1.67    | 12097.14 |

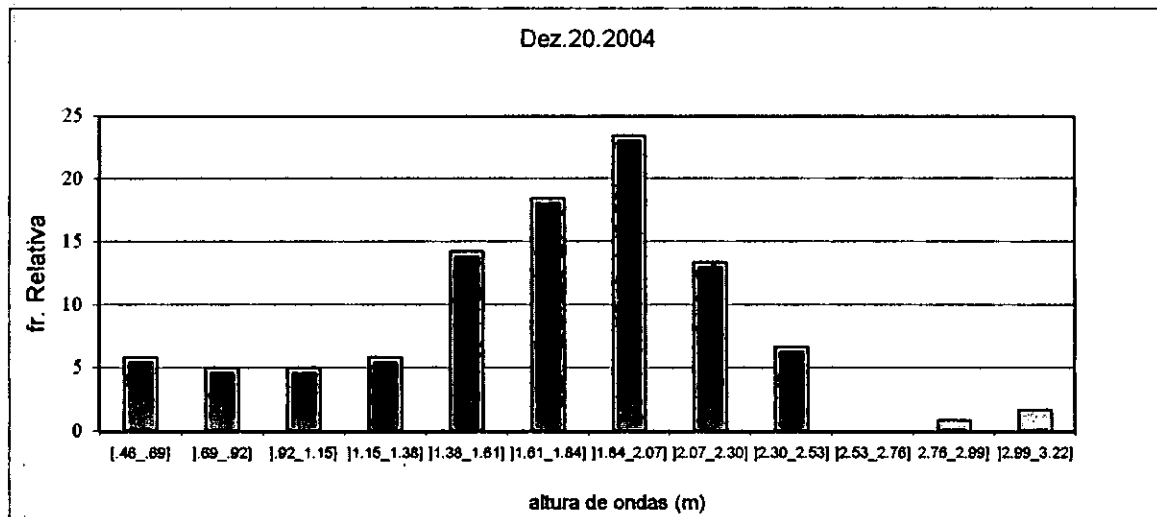


Figura 10. altura de onda observada em relação a frequência, Dezembro 04

A afigura 11 representa a distribuição de Rayleigh baseada nas amplitudes observadas usando a fórmula 12. Considerando amplitudes mais frequentes as que apresentam frequências maiores que 0,5, as amplitudes mais frequentes situam-se no intervalo de 0,27m a 1.32m. A tabela 7 apresenta o resumo mensal das amplitudes mais frequentes.

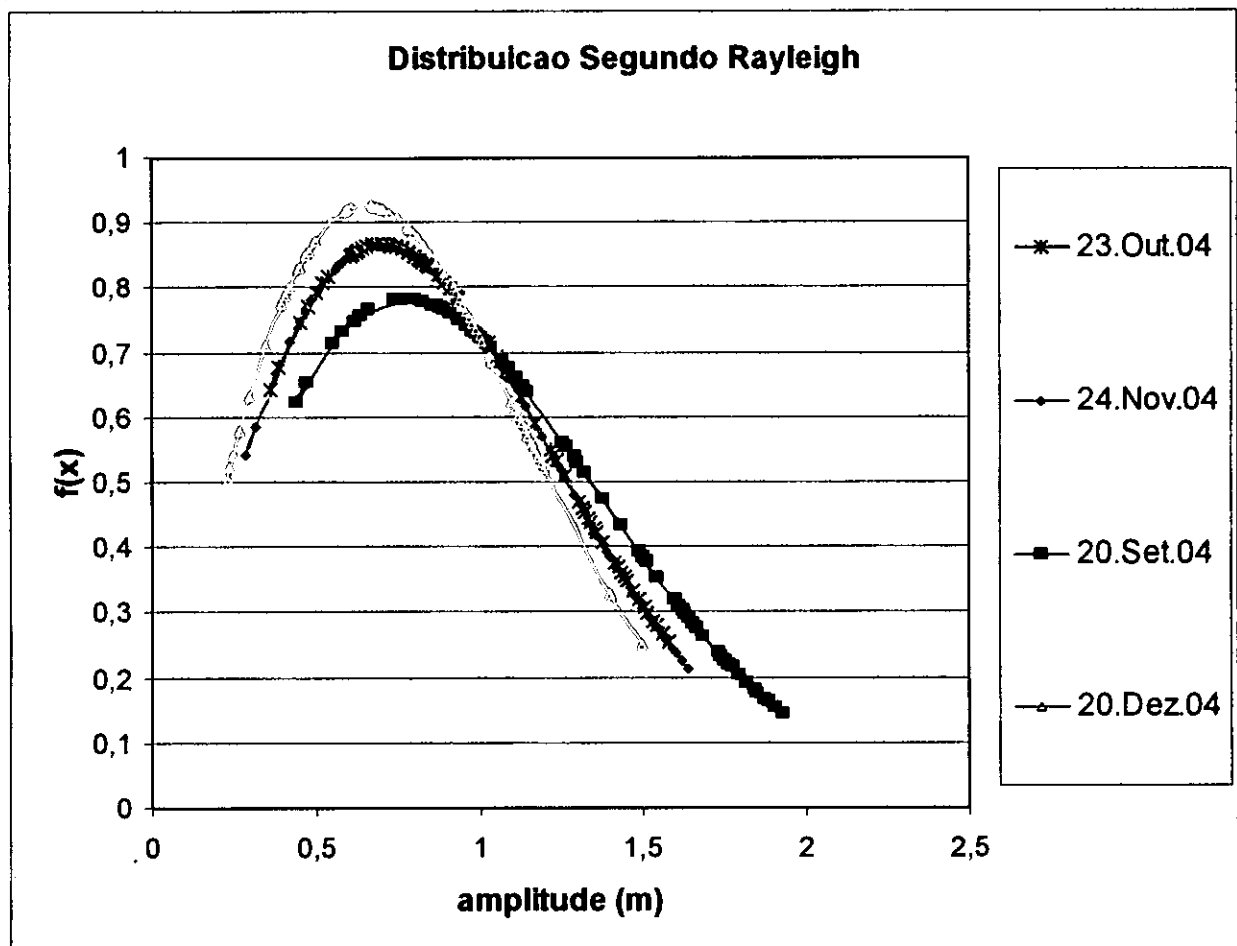


Figura 11 mostra a distribuição de Rayleigh das amplitudes das ondas observadas

Tabela 7. Apresenta os intervalos das ondas mais frequentes durante as observações

| Mês      | Intervalo das amplitudes das ondas mais frequentes(m) |
|----------|---|
| Setembro | [0.44_1.32]   |
| Outubro  | [0.36_1.26]   |
| Novembro | [0.29_1.25]   |
| Dezembro | [0.23_1.20]   |

A tabela 8 mostra as alturas significativas das ondas e as correspondentes energias, calculadas para todos os 12 dias em que foram feitas as observações. As alturas significativas e energias apresentadas nesta tabela 8 são referentes ao método directo de observação de ondas. A mesma

tabela 8 apresenta o tratamento estatístico dessas alturas significativas e das energias, para os 12 dias.

**Tabela 8. Alturas significativa de ondas e as energias correspondentes**

| <b>Data</b>        | <b>Hs (m)</b> | <b>Energia<br/>(J/m<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------|---------------|--------------------------------------|
| 18.09.2004         | 3,20          | 12.807,42                            |
| 19.09.2004         | 3,64          | 16.571,61                            |
| 20.09.2004         | 3,48          | 15.146,78                            |
| 23.10.2004         | 2,85          | 10.159,01                            |
| 24.10.2004         | 3,33          | 13.869,16                            |
| 25.10.2004         | 3,13          | 12.253,23                            |
| 23.11.2004         | 3,41          | 14.543,56                            |
| 24.11.2004         | 2,94          | 10.810,77                            |
| 25.11.2004         | 3,16          | 12.489,24                            |
| 18.12.2004         | 2,47          | 7.630,55                             |
| 19.12.2004         | 2,06          | 5.307,58                             |
| 20.12.2004         | 2,30          | 6.616,34                             |
| <b>Estatística</b> |               |                                      |
| Máxima             | 3,64          | 16.571,61                            |
| Mínima             | 2,06          | 5.307,58                             |
| Média              | 3,0           | 11.517,10                            |

A tabela 9 apresentada a baixo mostra o tratamento estatístico das alturas de ondas e suas energias correspondentes.

Tabela 9. Análise estatística da altura de ondas observadas

| Estatística | Set.04 |                      | Out.04 |                      | Nov.04 |                      | Dez.04 |                      |
|-------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|
|             | H(m)   | E(J/m <sup>2</sup> ) | H(m)   | E(J/m <sup>2</sup> ) | H(m)   | E(J/m <sup>2</sup> ) | H(m)   | E(J/m <sup>2</sup> ) |
| Máxima      | 3.99   | 19911.67             | 3.25   | 13210.78             | 3.21   | 12887.59             | 3.11   | 12097.14             |
| Mínima      | 1.02   | 1301.25              | 0.83   | 861.62               | 0.54   | 630.49               | 0.46   | 358.9                |
| Média       | 2.49   | 8872.40              | 2.04   | 5922.06              | 1.96   | 5586.48              | 1.62   | 4314.01              |

### 4.3 Período e Frequência da Onda

Com base nos dados do vento foram calculados o período e a frequência da onda, cujos resultados vêm representados na tabela 10.

Tabela 10. Período e frequência da onda

| Set.04        |             |             | Out.04 |             |             | Nov.04 |             |             | Dez    |             |             |
|---------------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|
| W(m/s)        | T(s)        | f(Hz)       | W(m/s) | T(s)        | f(Hz)       | W(m/s) | T(s)        | f(Hz)       | W(m/s) | T(s)        | f(Hz)       |
| 3.80          | 2.44        | 0.41        | 6.00   | 3.85        | 0.26        | 7.00   | 4.49        | 0.22        | 3.20   | 2.05        | 0.49        |
| 4.00          | 2.56        | 0.39        | 3.50   | 2.24        | 0.45        | 5.00   | 3.21        | 0.31        | 1.90   | 1.22        | 0.82        |
| 6.00          | 3.85        | 0.26        | 4.00   | 2.56        | 0.39        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 2.40   | 1.55        | 0.65        |
| 6.00          | 3.85        | 0.26        | 7.30   | 4.68        | 0.21        | 9.50   | 6.09        | 0.16        | 5.70   | 3.65        | 0.27        |
| 6.20          | 3.97        | 0.25        | 7.80   | 5.00        | 0.20        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 6.20   | 3.97        | 0.25        |
| 6.50          | 4.17        | 0.24        | 8.00   | 5.13        | 0.19        | 11.00  | 7.05        | 0.14        | 6.40   | 4.10        | 0.24        |
| 6.60          | 4.23        | 0.24        | 8.10   | 5.19        | 0.19        | 12.00  | 7.69        | 0.13        | 6.50   | 4.17        | 0.24        |
| 7.00          | 4.49        | 0.22        | 8.40   | 5.39        | 0.19        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 6.80   | 4.36        | 0.23        |
| 7.08          | 4.54        | 0.22        | 8.50   | 5.45        | 0.18        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 6.90   | 4.42        | 0.23        |
| 7.30          | 4.68        | 0.21        | 8.60   | 5.51        | 0.18        | 9.50   | 6.09        | 0.16        | 7.00   | 4.49        | 0.22        |
| 7.30          | 4.68        | 0.21        | 8.80   | 5.64        | 0.18        | 8.00   | 5.13        | 0.19        | 7.20   | 4.62        | 0.22        |
| 7.80          | 5.00        | 0.20        | 8.90   | 5.71        | 0.18        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.30   | 4.68        | 0.21        |
| 8.00          | 5.13        | 0.19        | 8.90   | 5.71        | 0.18        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 7.30   | 4.68        | 0.21        |
| 8.00          | 5.13        | 0.19        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 8.30          | 5.32        | 0.19        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 9.80   | 6.28        | 0.16        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 9.01          | 5.81        | 0.17        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 9.80   | 6.28        | 0.16        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 9.09          | 5.83        | 0.17        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 7.00   | 4.49        | 0.22        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 9.10          | 5.83        | 0.17        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 9.10          | 5.83        | 0.17        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 8.00   | 5.13        | 0.19        | 7.40   | 4.74        | 0.21        |
| 9.10          | 5.83        | 0.17        | 9.60   | 6.15        | 0.16        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 8.00   | 5.13        | 0.19        |
| 9.40          | 6.03        | 0.17        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 8.3.0  | 5.32        | 0.19        | 8.40   | 5.39        | 0.19        |
| 9.60          | 6.15        | 0.16        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 9.20   | 5.9         | 0.17        | 8.40   | 5.39        | 0.19        |
| 10.10         | 6.48        | 0.15        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.80   | 5.00        | 0.20        | 8.40   | 5.39        | 0.19        |
| 10.50         | 6.73        | 0.15        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.00   | 4.49        | 0.22        | 8.40   | 5.39        | 0.19        |
| 10.70         | 6.86        | 0.15        | 10.00  | 6.41        | 0.16        | 7.60   | 4.87        | 0.21        | 8.40   | 5.39        | 0.19        |
| 10.70         | 6.86        | 0.15        | 10.10  | 6.48        | 0.15        | 9.00   | 5.77        | 0.17        | 8.50   | 5.45        | 0.18        |
| 11.09         | 7.11        | 0.14        | 10.1   | 6.48        | 0.15        | 9.4    | 6.03        | 0.17        | 8.50   | 5.45        | 0.18        |
| 11.09         | 7.11        | 0.14        | 10.3   | 6.6         | 0.15        | 7.00   | 4.49        | 0.22        | 8.70   | 5.58        | 0.18        |
| 11.40         | 7.31        | 0.14        | 11     | 7.05        | 0.14        | 7.60   | 4.87        | 0.21        | 9.40   | 6.03        | 0.17        |
| 11.70         | 7.5         | 0.13        | 11.5   | 7.37        | 0.14        | 7.00   | 4.49        | 0.22        | 9.9    | 6.35        | 0.16        |
| 12.01         | 7.70        | 0.13        | 11.9   | 7.63        | 0.13        | 7.30   | 4.68        | 0.21        | 10.30  | 6.60        | 0.15        |
| <b>Máxima</b> | <b>7.70</b> | <b>0.41</b> |        | <b>7.63</b> | <b>0.45</b> |        | <b>7.69</b> | <b>0.31</b> |        | <b>6.6</b>  | <b>0.82</b> |
| <b>Mínima</b> | <b>1.48</b> | <b>0.13</b> |        | <b>2.24</b> | <b>0.13</b> |        | <b>3.21</b> | <b>0.13</b> |        | <b>1.22</b> | <b>0.15</b> |
| <b>Média</b>  | <b>5.45</b> | <b>0.19</b> |        | <b>5.69</b> | <b>0.19</b> |        | <b>5.58</b> | <b>0.18</b> |        | <b>4.64</b> | <b>0.25</b> |

A figuras12 a baixo mostram os espectros de ondas calculados a partir dos dados de observação pela relação 13. Os outros espectros são apresentados no anexo iii.

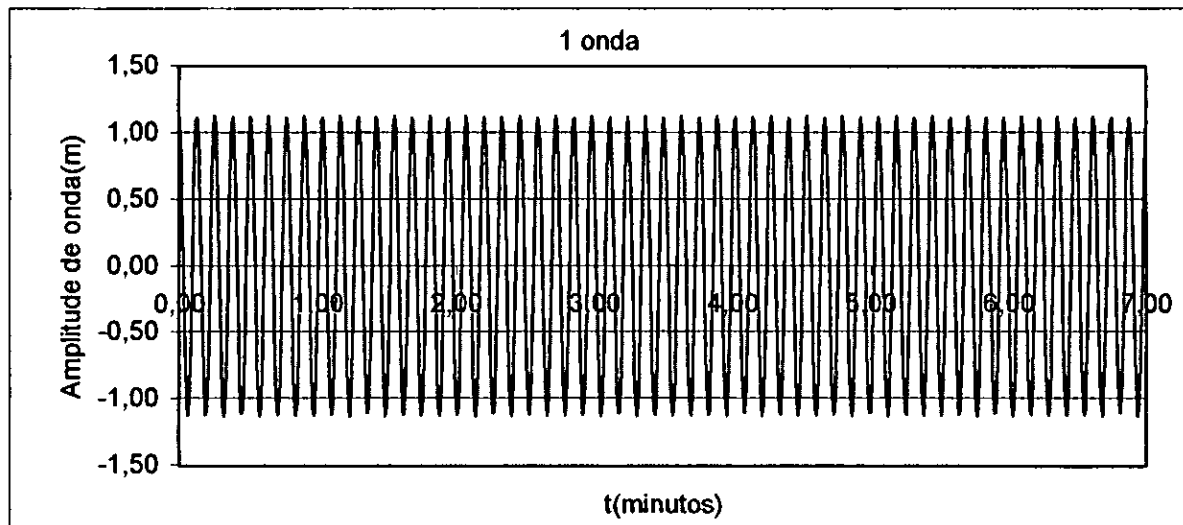


Figura12 a) Espectro de uma onda oceânica na cidade da Beira

Para a figura 12 a). Amplitude  $a=0.74m$  e período  $T=1.82s$

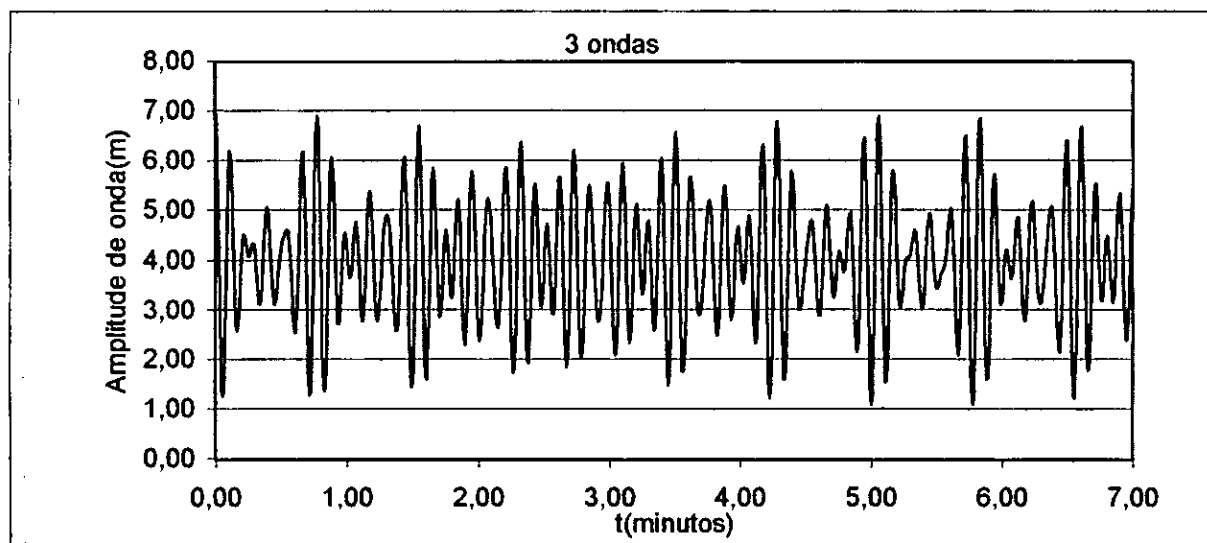


Figura12 c) Espectro de três ondas oceânicas na cidade da Beira

Para a figura1 2c). Amplitude  $a=0.97m$  e período  $T=2.64s$

### 4.3 Perfis das praias

As tabelas 11.a) e 11.b) são referentes às praias da Ponta-Gêa (Oceânia) e das Palmeiras respectivamente. As tabelas de medições estão apresentadas no anexo iv.

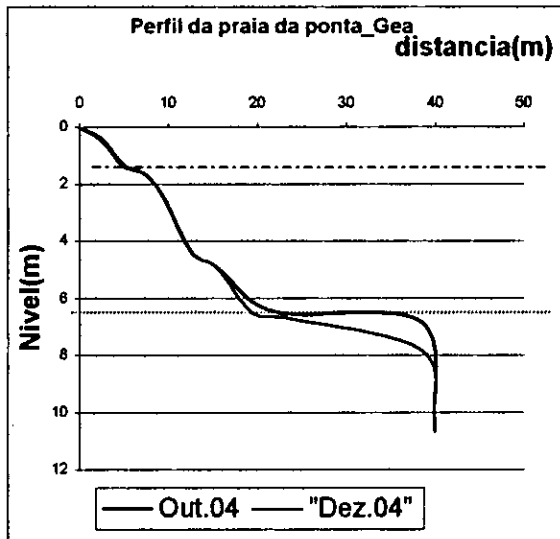


Tabela 13 a)- níveis da praia: ponta-Gêa

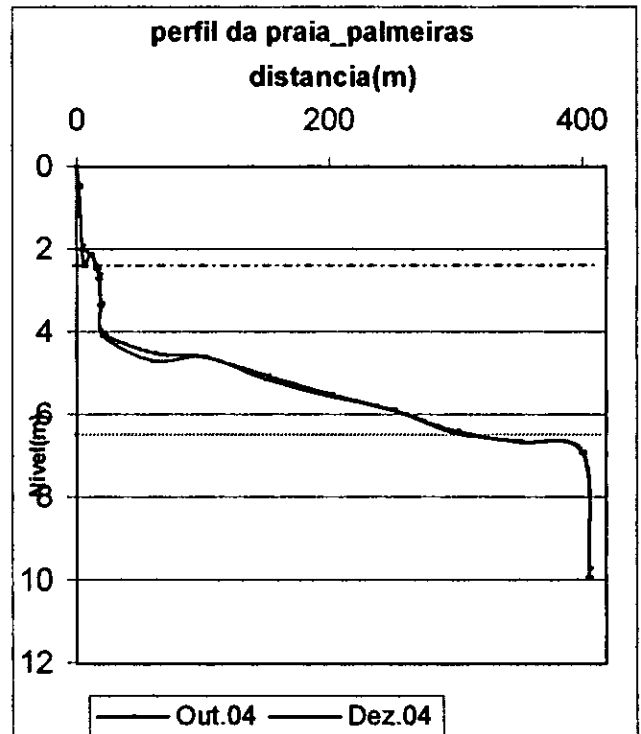


Figura 13 b) . perfis da praia da Paleiras

( - - - - - ) Nível de água durante a maré alta. ( ..... ) Nível de água durante a maré baixa

Considerando o volume de areia como sendo o produto da área pelo comprimento de um metro linear, teríamos que durante o período de três meses;

$$V_1 = A_1 * l$$

Onde  $V_1$  é o volume de areia retirada num trecho de um metro na praia da Ponta-Gêa;  $V$  [ $m^3$ ],  $l$  é o comprimento igual a unidade;  $l$  [m] e  $A_1$  é a área compreendida entre o perfil da praia no mês de Outubro e o perfil apresentado no mês de Dezembro de 2004.

$$V_2 = A_2 * l$$

Onde  $V_2$  é o volume de areia retirada num trecho de um metro na praia das Palmeiras;  $V$  [ $m^3$ ],  $l$  é o comprimento igual a unidade;  $l$  [m] e  $A_2$  é a área compreendida entre o perfil da praia no mês de Outubro e o perfil apresentado no mês de Dezembro de 2004.

As tabela 11c) e 11d) que se seguem mostram o exemplo da tendência do volume de areia removido em trechos de praias

Tabela 11 c)

| Ponta-Gêa     |                 |
|---------------|-----------------|
| Área( $m^2$ ) | Volume( $m^3$ ) |
| 0.000         | 0.000           |
| -0.088        | -0.088          |
| -0.075        | -0.075          |
| 0.030         | 0.030           |
| -0.045        | -0.045          |
| -0.045        | -0.045          |
| -0.060        | -0.060          |
| -0.740        | -0.740          |
| -0.350        | -0.350          |
| 0.167         | 0.167           |

Tabela 11 d)

| Palmeiras     |                 |
|---------------|-----------------|
| Área( $m^2$ ) | Volume( $m^3$ ) |
| 0.000         | 0.000           |
| -0.100        | -0.100          |
| -0.180        | -0.180          |
| 0.010         | 0.010           |
| 0.325         | 0.325           |
| 0.250         | 0.250           |
| -0.100        | -0.100          |
| 0.210         | 0.210           |
| -0.080        | -0.080          |
| 2.000         | 2.000           |
| 0.200         | 0.200           |
| 1.250         | 1.250           |
| 0.500         | 0.500           |
| 1.500         | 1.500           |
| 0.500         | 0.500           |
| 0.000         | 0.000           |
| 0.500         | 0.500           |
| -0.150        | -0.150          |

O sinal negativo significa que houve uma remoção de areia e o sinal positivo deposição de areia na praia.



## CAPITLO V

### 5.0 Discussão dos Resultados

As ondas oceânicas rebentam junto a praia recreativa o que faz entender que a inclinação da praia de Ponta\_Gea é acentuada; essas ondas não alcançam a costa com características e comportamentos regulares devido em parte a muita turbulência.

Na manitoração de perfis das praias, viu-se as características apresentadas nas figuras 13.

### 5.1 Observação indirecta das ondas

O método de observação indirecta das ondas forneceu os seguintes resultados:

Tabela 12. Resultados obtidos pelo método indirecto de observação das ondas

| Mês  | Altura significativa observ. |                |        | Energia da onda E(jm <sup>-2</sup> ) |                |        |
|------|------------------------------|----------------|--------|--------------------------------------|----------------|--------|
|      | Hs(m)                        |                |        |                                      |                |        |
|      | Máxima                       | Mais frequente | Mínima | Máximo                               | Mais frequente | Mínima |
| Set. | 3.09                         | 1.78           | 0.31   | 11948.84                             | 3938.35        | 119.75 |
| Out. | 3.03                         | 0.26           | 1.73   | 11516.91                             | 3768.06        | 86.18  |
| Nov. | 3.08                         | 1.80           | 0.53   | 11908.94                             | 1378.92        | 358.92 |
| Dez. | 2.27                         | 1.19           | 0.22   | 6444.86                              | 1771.15        | 86.00  |

Do mês de Setembro para o mês de Outubro houve uma redução de altura de ondas e no mês de Novembro, um aumento; isso tem a ver com os valores da velocidade do vento registados que variaram.

## 5.2 Método Directo: Observação das ondas com base ao Teodolito e Nível.

Este método apresenta os resultados com uma maior diferença em relação ao apresentado no parágrafo 5.2; principalmente nas alturas mínimas. O método directo forneceu os resultados apresentados na tabela nº13.

Tabela 13. Resultados obtidos pelo método directo de observação das ondas

| Mês  | Altura significativa observ. Hs(m) |                |        | Energia da onda E(jm <sup>-2</sup> ) |                   |         |
|------|------------------------------------|----------------|--------|--------------------------------------|-------------------|---------|
|      | Máximo                             | Mais frequente | Mínima | Máximo                               | Mais frequente    | Mínima  |
| Set. | 3.99                               | ]1.96_2.23]    | 1.02   | 19911.67                             | ]4804.0_6419.73]  | 1301.25 |
| Out. | 3.25                               | ]1.60_1.82]    | 0.83   | 13210.78                             | ]3201.86_4148.90] | 8061.62 |
| Nov. | 3.21                               | ]1.33_1.58]    | 0.54   | 12887.60                             | ]2212.41_3122.31] | 630.49  |
| Dez. | 3.11                               | ]1.84_2.07]    | 0.46   | 12097.14                             | ]4234.45_5359.23] | 358.90  |

O método forneceu resultados relativamente altos por influência de transferência de posição das miras devido a marés enchentes e a turbulência das águas em contacto com a linha da praia (durante a rebentação), provocando o levantamento de gotas para o ar.

## 5.3 Comparação dos métodos usados

Os métodos usados mostram diferenças maiores no que se refere as alturas mínimas de ondas, valores elevados foram obtidos durante as observações por meio de teodolito, isso não se verificou com muita relevância em relação as alturas máximas em que as diferenças foram menores; e, porque a energia da onda é directamente proporcional ao quadrado da altura, os resultados da energia tiveram diferenças na mesma relação.

A tabela a baixo apresenta o variação dos periodo e frequência de onda durante os quatro meses, obtidos pelo método indirecto de observação.

**Tabela 14. Máximos e mínimos de períodos e frequências durante os quatro meses, pelo método indirecto de observação.**

| Mês  | T(s)   |        | f(Hz)  |        |
|------|--------|--------|--------|--------|
|      | Máximo | Mínima | Máximo | Mínima |
| Set. | 7.699  | 2.436  | 0.411  | 0.130  |
| Out. | 7.629  | 2.240  | 0.446  | 0.131  |
| Nov. | 7.693  | 3.205  | 0.312  | 0.129  |
| Dez. | 6.600  | 1.220  | 0.820  | 0.150  |

A tabela abaixo mostra as diferenças dos valores das energias máximas registadas em cada mês entre os dois métodos.

**Tabela15 diferença das energias obtidas pelos dois métodos de medição, método directo e método indirecto.**

| Mês           | Método Directo       |               | Método Indirecto     |               |
|---------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|
|               | E(jm <sup>-2</sup> ) | Erro relativo | E(jm <sup>-2</sup> ) | Erro relativo |
| Setembro      | 19911.67             | 0.12%         | 11.948.84            | 0.02%         |
| Outubro       | 13210.78             | 0.09%         | 11.516.91            | 0.01%         |
| Novembro      | 12887.60             | 0.14%         | 11.908.94            | 0.01%         |
| Dezembro      | 12097.14             | 0.06%         | 6444.86              | 0.01%         |
| <b>Máximo</b> | <b>19911.67</b>      |               | <b>11948.84</b>      |               |
| <b>Mínimo</b> | <b>12097.14</b>      |               | <b>6444.86</b>       |               |

#### 5.4 limitação dos métodos usados

##### a) O método directo

O método directo tem as seguintes limitações:

- Durante a turbulência, devido ao choque entre as águas que se retornam ao oceano depois de terem atingido a praia e as ondas que se rebentam, cria-se barreiras tornando fraca a visibilidade das outras ondas;

- A movimentação das miras para contornar a altura da maré cria interferência nas leituras;
- Usa muitos instrumentos auxiliares como a mira e cronometro o que exige a intervenção de uma equipa de trabalho enorme; há muita dificuldade de controlar a altura da maré.

#### **b) Método Indirecto**

- Este método tem a limitação de não definir a altura em que o aparelho deve ser posicionado para colher boas leituras da velocidade do vento, dado que a diferentes alturas com a mesma abcissa, no mesmo instante dois aparelho podem apresentar leituras diferentes;
- O método mostra dificuldades de medir o valor exacto da velocidade do vento local quando a maré aproxima ao ponto de observação;
- Com este método apenas obtém-se informação sobre a altura significativa e não propriamente o espectro de onda .

#### **c) Perfis das Praias**

Os perfis das praias da Ponta-Gêa e das Palmeiras estão representados nas figuras 13 a) e 13 b). A praia da Ponta-Gêa apresenta uma inclinação acentuada e por ser arenosa, erode-se com muita rapidez, enquanto a das Palmeiras apresenta um grande trecho com uma inclinação suave. Durante os três meses os perfis indicam que a praia das Palmeiras sofreu pouco efeito da erosão.

Para a praia das Palmeiras, perpendicularmente a linha da costa, durante a maré baixa é possível, a uma distancia de aproximadamente 1000m ver que se desenvolve paralelamente à praia um banco de areia, que serve até certa medida, de protecção para aquela praia contra o impacto das ondas oceânicas.

## **CAPITULO VI**

### **6.0 Conclusão e Recomendações**

#### **6.1 Conclusão**

Neste trabalho foi possível observar as ondas oceânicas, utilizando os dois métodos para observação, método directo, método indirecto e a monitoração do perfil.

As ondas oceânicas constituem uma das principais forças para a erosão das praias arenosa da Ponta-Gêa e das Palmeiras, dissipando sobre elas valores elevados de energias, que variaram entre o mínimo de  $86,20 \text{ jm}^{-2}$  no mês de Dezembro e o máximo de  $19.911,67 \text{ jm}^{-2}$  observado no mês de Setembro.

As alturas significativas das ondas na praia da Ponta\_Gêa apresentaram valores altos no mês de Setembro o que reflecte o padrão dos ventos nesta.

As ondas mais frequentes na praia da PontaGêa tiveram altura minima de 0,46m observada no mês de Dezembro e a máxima de 2,64m observada no mês de Setembro, as energias correspondentes foram de  $264,65 \text{ jm}^{-2}$  e  $8.717,05 \text{ jm}^{-2}$  para os meses de Dezembro e Setembro respectivamente.

O período de ondas variou entre o mínimo de 1.220s observado no mês de Dezembro até 7,699s o máximo observado no mês de Setembro.

A frequência variou entre o mínimo de 0.130Hz no mês de Setembro e o máximo de 0.820Hz, no mês de Dezembro.

O perfil da praia da Ponta-Gêa no período observado mostra que ela sofreu erosão sofreu durante o

A praia das palmeiras sofreu menos porque é uma praia protegida por um banco de areia que se situa a 1000m da praia e que se desenvolve paralelamente à praia; e que só o banco deixa passar as ondas para a praia durante a maré alta.

Em relação a erosão, nas praias dos povoados de Dama e Casa Partida é resultado pelo corte das árvores que ao longo do tempo as raízes remanescentes vão se decompondo destruindo- se assim a estrutura natural de contenção de solo.

No período mencionado, em todas praias abrangidas pelo estudo viu-se que predominou a rebentação de ondas por espiral.

## **6.2 Recomendações**

A linha da costa é muito dinâmica, pelo que a intervenção para a solução dos problemas nela causados deveria ser mais dinâmica. As ondas oceânicas provocam impactos negativos tais como:

Desaparecimentos de vidas humanas e erosão costeira

Para questão de segurança é importante recomendar que:

- a) A praia da Ponta-Gêa tem mudanças bruscas de profundidades daí a necessidade de sinalizar a praia;
- b) Durante a maré viva cria-se alguns buracos profundos na zona à montante da entrada à praia. Esses buracos surgem nas desembocaduras de canais de drenagens que já não funcionam e que durante o abaixamento da maré, as areia falseiam os buracos constituindo um grande risco;
- c) As autoridades de tutela que haja sinalização que proíba a passagem através da areia dos buracos, próximo ao Grande Hotel e outras que provavelmente estejam nas mesmas condições.

Devido a tantos perigos nas praias da cidade da Beira relacionados com o oceano; e para toda a costa moçambicana recomenda-se como medidas de prevenção o seguinte:

- d) A sensibilização por parte das autoridades que tutelam as actividades costeiras de maneiras a procurar definir uma política que proteja as praias;
- e) O licenciamento de terrenos para construção de obras de engenharia seja o mais afastado das praias possível;
- f) Sensibilização dos residentes sobre a importância de toda planta que protege as praias da erosão costeira;
- g) Fazer uma monitorização da zona costeira promovendo campanhas de controlo da tendência da linha da costa, se experimenta a erosão ou a deposição;
- h) Evitar entradas paralelas às praias e fazê-las perpendicularmente.

Para a mitigação dos efeitos provocados pelo impacto das ondas na linha da costa, recomenda-se a construção de obras de estabilização de taludes de areias com elementos de contenção tais como:

- i) Construção de muros de gravidade;
- ii) Construção de gabiões cobertos à montante por geotêxteis de modo a impedir o deslizamento de solos principalmente na praia da Ponta-Gêa ( com custos razoáveis pois não usa cimento nem areias);
- iii) Para reduzir o perigo recomenda-se fechar as desembocaduras dos canais.

## CAPITULO VII

### 7.0 Referências Bibliográficas

1. Barca, J(1992). Manual de Geografia para o ensino básico
2. Bascom. W. (1959). Waves and Beaches. Pp. 366. New York
3. .Carter, C.E, J.D Greer,(1988). Raindrop characteriscs in South Central united States;
4. David Chemane, (1997).E.U.M Departamento de Geologia Faculdade de Ciências;
5. Domingos, J.M. L (2001). Avaliação Regional das causas de erosão de longo, Médio e curto Prazos na região Nordeste do Brasil. 10 de Março;
6. Evans. R. Mechanic of water erosion (1980);
7. Elisabeth, R. Melo, P. Andrade, R. Colapaz, T. (1988). Estatística aplicada, vol 1;
8. Evelyn. P; A. Colling; P. Phillips; D. Rothery and J. Wright (1997. e 1999).Waves, Tides and Shallow-Water Process. PP. 225;
9. Gonçalves, Maria Helena. Brochura de navegação (1993);
10. Machado, F. (1979) Introdução à Oceanografia. Instituto Universitário. dos Açores. Pp103;
11. MICOA. Manual para educadores ambientais sobre erosão dos solos;
12. Ochi, M. K. Ocean Waves. Cambridge University (1968);
13. R. Kay and A. Jacqueline (2000). Planning and Manangement. Pp375 Londres ;
14. Rosa, Aldo da Cunha (2004). Especificação para elaboração de projecto de estabilização;
15. Shepard, F.P. Submarine Geology, 2<sup>nd</sup> ed. Hurper &Row London (1963);
16. World Back (1996-);
17. [http:// www. Conciencia. Br. mailto:cotato@ Conciencia. Br;](http://www.Conciencia.Br.mailto:cotato@Conciencia.Br)
18. [http:// www.marés. Terravisa.pt/quercus-av-lito/lito08htm;](http://www.marés.Terravisa.pt/quercus-av-lito/lito08htm)
19. N.C. mares geral@cruzeiros pt ;
20. [http://professores.unisanta.br/miragaia. brasil.htm.](http://professores.unisanta.br/miragaia.brasil.htm)



## ANEXO I\_ Fotografia aérea da cidade da Beira



## ANEXO II

### Fotografias retratando algumas situações de erosão costeira na cidade da Beira



Foto 2.



foto 3.

Foto2. mostra algumas arvores com raízes expostas e caídas devido a erosão dos solos .Ponta-Gêa -Beira. E a Foto3 . mostra um Troço da Av. Marginal já interrompida devido ao impacto da erosão praia da Ponta-Gêa \_ C. Beira



Foto 4.



Foto 5.

Foto 4. mostra o efeito do corte de arvores para estacas e para a lenha; Praia de casa Partida-cidade da Beira e a Foto5. mostra a tentativa de prevenir por meio de fixação de estacas de prevenir a erosão da areia da praia da praia por meio de fixação de estacas.

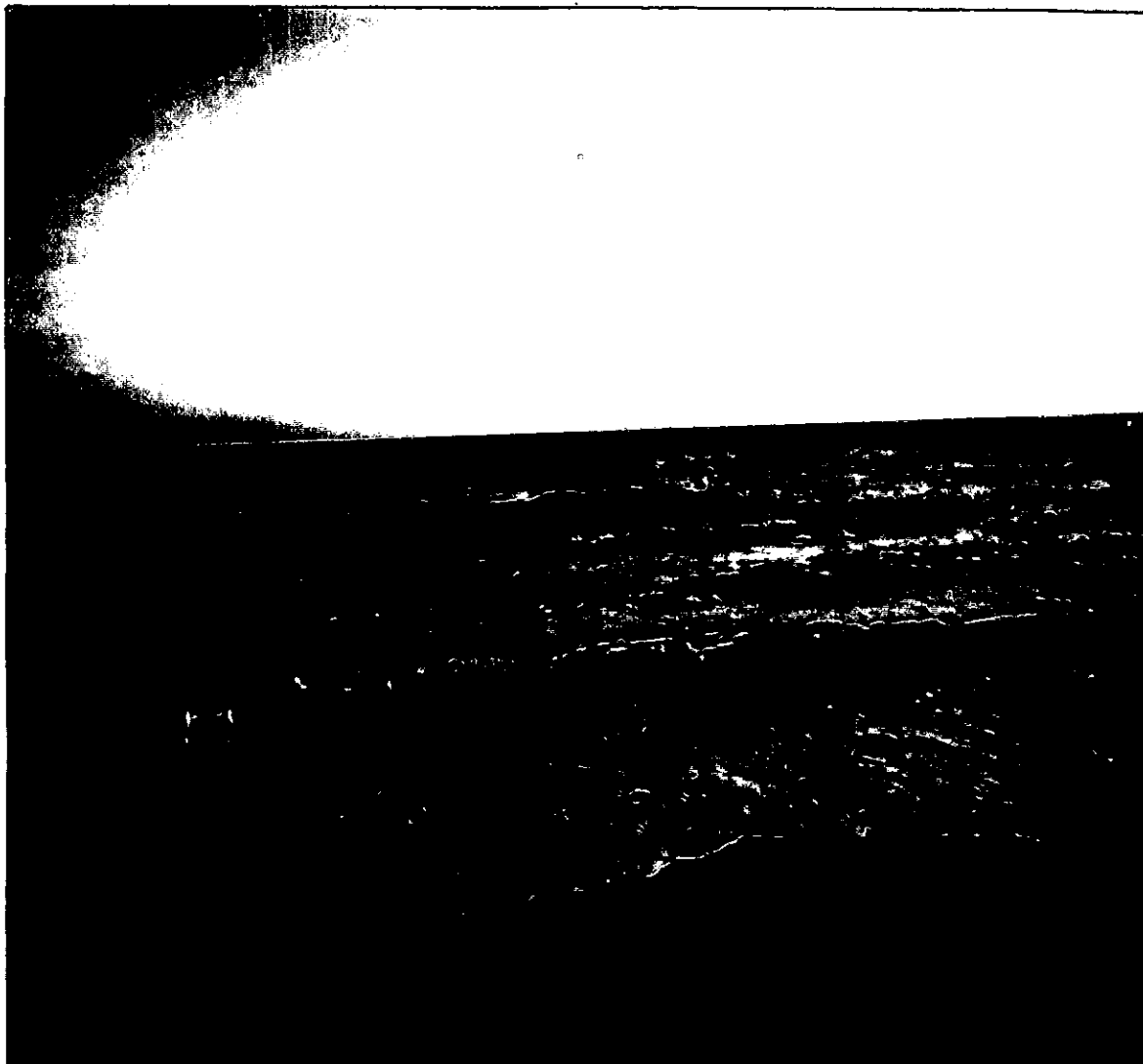


foto6 . uma onda rebentando em forma de espiral na Praia da Ponta\_Gêa

### ANEXO III

#### Espectros de ondas oceânicas.

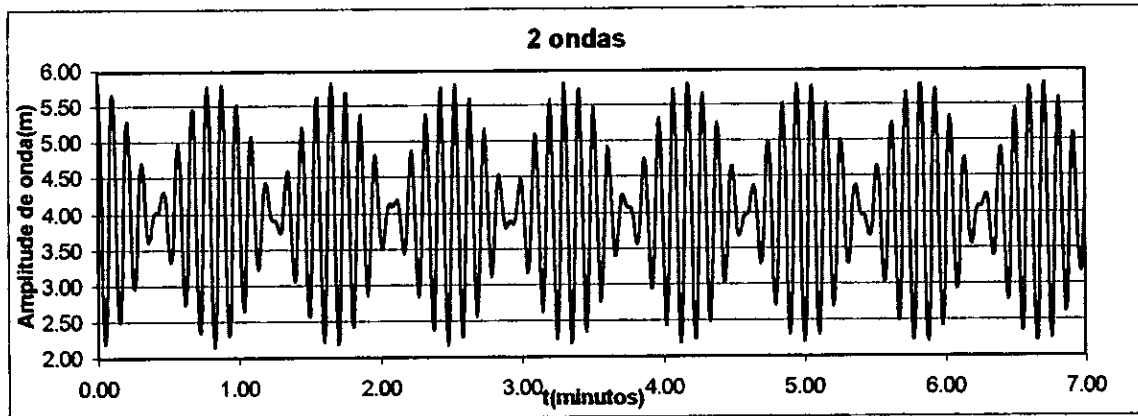


Figura 11 b) Espectro de duas ondas oceânicas na cidade da Beira

Para a figura 11 b). Amplitude  $a=0.87\text{m}$  e período  $T=2.33\text{s}$

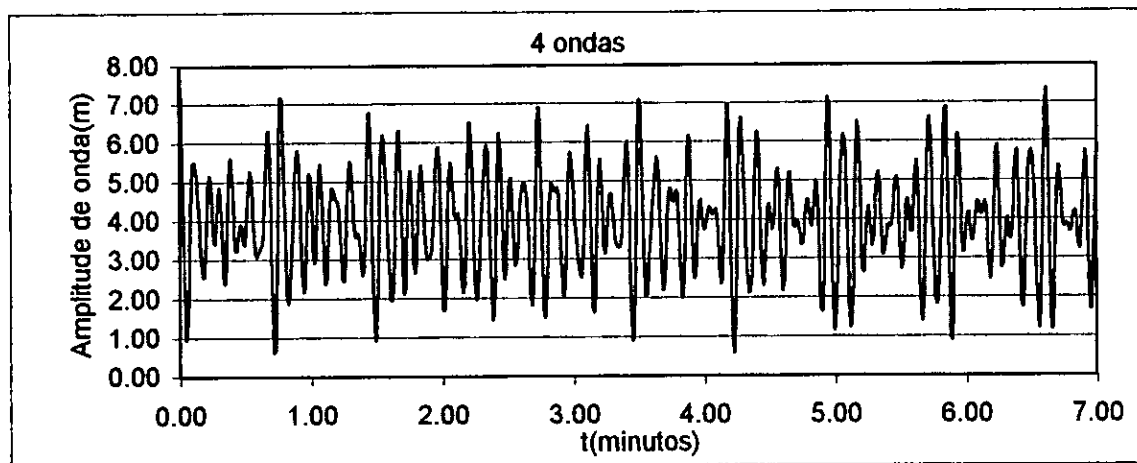


Figura 11 d). Espectro de quatro ondas oceânicas na cidade da Beira

Para a figura 11 d). Amplitude  $a=1.13\text{m}$  Período  $T=3.15\text{s}$

## ANEXO IV

### Perfis de praias.

As tabelas 11 a) e 11 b) são referentes às praias da Ponta-Gêa (Oceânia) e das Palmeiras respectivamente

Tabela 11 a) níveis da praia: ponta-Gêa

|           | Out.04    | Dez.04   |
|-----------|-----------|----------|
| Dist. (m) | Nível (m) | Nível(m) |
| 0         | 0         | 0        |
| 2.5       | 0.4       | 0.47     |
| 5         | 1.3       | 1.36     |
| 7.55      | 1.68      | 1.65     |
| 9.55      | 2.48      | 2.51     |
| 12.55     | 4.34      | 4.37     |
| 15.55     | 4.88      | 4.91     |
| 19.55     | 6.13      | 6.5      |
| 23.55     | 6.53      | 6.67     |
| 23.55     | 6.53      | 6.67     |
| 38.55     | 6.83      | 7.80     |
| 40.00     | 10.63     | 10.40    |

Tabela 11 b) níveis da praia -Palmeiras:

|                   | Outubro.<br>04 | Dezembr<br>o.04 |
|-------------------|----------------|-----------------|
| Distan<br>cia (m) | Nível(m)       | Nível(m)        |
| 0.00              | 0.00           | 0.00            |
| 2.00              | 0.40           | 0.50            |
| 4.00              | 0.90           | 1.08            |
| 6.00              | 2.10           | 2.09            |
| 11.00             | 2.60           | 2.47            |
| 16.00             | 2.80           | 2.70            |
| 18.00             | 3.20           | 3.30            |
| 19.20             | 4.10           | 3.75            |
| 21.20             | 4.60           | 4.68            |
| 61.20             | 4.80           | 4.70            |
| 101.20            | 5.00           | 4.99            |
| 151.20            | 5.30           | 5.25            |
| 201.20            | 5.57           | 5.55            |
| 251.20            | 5.96           | 5.90            |
| 301.20            | 6.46           | 6.44            |
| 351.20            | 6.64           | 6.64            |
| 401.20            | 6.96           | 6.94            |
| 406.20            | 9.94           | 9.99            |