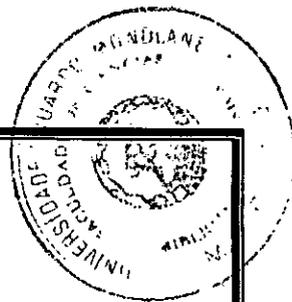


F19-17



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Trabalho de Licenciatura

Estudo das Ondas Oceânicas na Praia de Xai-Xai



AUTOR: Alberto Filimão Siteo

Maputo, Outubro de 2004

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

ESTUDO DAS ONDAS OCEÂNICAS NA PRAIA DE XAI-XAI

Autor: Alberto F.Sitoc

SUPERVISOR: Prof. Doutor António Mubango Hogueane

CO-SUPERVISOR : Dr Víctor Saíde

Maputo, Outubro 2004

Agradecimentos

-Graças à crítica, ajuda paciente e generosa prestada pelo meu supervisor: Prof. Doutor -António Mubango Hogueane e pelo Dr. Fernando Victor Saíde, este trabalho se concretizou.

-Ao meu irmão José Filimão Siteo vai o meu reconhecimento pelos incentivos, conselhos e encorajamento em todos os momentos até ao que sou hoje.

-A todos os restantes membros da minha família em especial à minha esposa Henriqueta Adelino Cumbane e aos meus filhos José, Adeliqueta e Dilson vai um agradecimento por terem suportado momentos difíceis causados pela minha formação.

-Ao Director Provincial do Trabalho de Gaza, sr Eliseu Eusébio Gabriel Siteo pelas facilidades que criou para o meu ingresso no ensino superior.

-Vai ainda um forte agradecimento a todos os professores dos Departamentos de Física e de Matemática e informática, em especial o Prof.Doutor António Mubango Hogueane, o Prof.Doutor Alexandre Mapossa, o Prof.Doutor Volodymir Burdeynni, o Prof.Doutor Yuri Rakov, o Prof.Doutor Rogerio Uthui, o Prof.Doutor G. Bessonov, o Dr Fernando Victor Saíde, o Dr Luis Chea, o Dr Momad Ibraimo, o Dr Julião Cumbane, o Dr Mavume, o Dr Manhumane, o Dr Chenene, o Dr José Francisco e restantes funcionários do Departamento de Física, bem como aos estudantes.

-A todos os funcionários do CDS- ZC, instituição que financiou este trabalho, em especial o Sr Director, Dr Hermes Pacule, o Dr Domingos Gove, Eng. Belindo Manhiça, o Dr Micas Mechisso, a Dra. Isabel Kinlim, a Eng. Emilíia Polana, o Sr Angelo Nhamtsumbo, a Sra Afessa Valgy e o Sr Adolfo Manhique, ao Sr. Am. vão os meus sinceros agradecimentos.

-Aos colegas do INEFP-Delegação de Maputo, em especial o Delegado Eng.Victor Matsinha, a Sra Maria da Graça, a Sra Berta Quissico, a Sra Felicidade e a Sra Ester Macamo pelo facto de terem criado um ambiente que me permitiu terminar cedo com a formação, estou grato.

-Ao Dr. Alfredo Zunguze, estou grato pelo apoio prestado.

Aos meus amigos Albano Salzon Maparagem, Issaia Nhacuongue, Alfredo Cumbane, Pedro Abdul R. Momad e Narlêncio, muito grato pelo apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Declaração de Honra

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada, na sua essência, para a obtenção de qualquer grau acadêmico, e que ela constitui resultado da minha investigação, estando indicadas no texto e na referência bibliográfica as fontes que utilizei.

Alberto Filimão Siteo

Alberto Filimão Siteo

Dedicatória

Em memória ao meu pai Filimão Muhanhe Siteo.

À minha mãe Angelina Cuna

À minha esposa Henriqueta Adelino Cumbane

Ao meu filho José da Silva Alberto Siteo

À minha filha Maria Adeliqeta Alberto Siteo

Ao meu filho Dilson António Alberto Siteo

Resumo

O trabalho é, basicamente, sobre o estudo das ondas na Praia de Xai-Xai, os parâmetros analisados foram: a altura, período, frequência e energia das ondas, no fim deste relatório vêm medidas para a mitigação dos impactos negativos que as ondas provocam na costa.

Nos dias em que foram feitas as medições às alturas significativas, pelo método teórico foram de 1.40m e 1.32m e pelo método prático foram de 0.78m e 0.99m para Novembro e Dezembro respectivamente, com estes resultados concluiu-se que a altura significativa das ondas, após atravessarem a rocha para terra, na praia de Xai-Xai é de cerca de um metro.

Os valores máximos da energia da onda foram de 2876J/m^2 pelo método teórico e 1820J/m^2 pelo método prático com estes valores concluiu-se que as ondas na praia de Xai-Xai são fortes, desta energia a rocha dissipa cerca de 50% , assim poder-se-á afirmar que a rocha é uma estrutura económica e ecologicamente importante, visto que confere estabilidade à praia.

Os máximos períodos das ondas foram de cerca de 4 segundos para pelo método teórico e volta de 2 segundos para a medição directa com o marégrafo, estes são resultados típicos de ondas curtas.

As ondas mais frequentes após o impacto na rocha são aquelas que têm altura inferior a 0.85m.

As correntes da vazante são maiores que as da enchente, com isto é extremamente perigoso nadar em profundidades que ultrapassam o peito porque a probabilidade de ser arrastado para águas mais profundas é maior.

Índice	Página
Agradecimentos	i
Declaração de honra	ii
Dedicatória	iii
Resumo	iv
Índice	v
Lista de figuras, fotos e tabelas	vii
Lista de abreviaturas e símbolos usados	viii
CAPÍTULO I	
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2. OBJECTIVOS	2
CAPITULO II	
2. REVISÃO TEÓRICA	2
2.1 Definição da onda	2
2.2 Importância do Estudo de Ondas	2
2.3 Formação de Ondas	3
2.4 Características da onda	4
2.5 Período da onda	5
2.6 Velocidade da Onda	5
2.7 Altura Significativa	7
2.8 Classificação das Ondas	7
2.9 Padrões de Interferência de ondas	11
2.10 Rebentamento de Ondas	11
2.11 Refracção das ondas	13
2.12 Difracção das ondas	14
2.13 Reflexão das ondas	14
2.14 Energia da Onda	16
2.15 Erosão, Transporte e deposição de Sedimentos devido às ondas	17
2.16 Depósitos Marinhos	19
2.17 Caracterização do Local de Trabalho	21

CAPÍTULO III

3. MATERIAL E METODOS	24
3.1 Material	24
3.2 Métodos	25
3.3 Metodologia	25

CAPÍTULO IV

4.RESULTADOS	
4.1 Altura Significativa e energia da onda	28
4.2 Período e Frequência	33
4.3 Movimento das Partículas	34
4.4 Perfil da Praia	35

CAPÍTULO V

5.Discussão dos Resultados	38
5.1 Análise Espectral	38
5.2 Alturas Significativas	38
5.3 Energia da Onda	39
5.4 Período e Frequência das Ondas	40
5.5 Movimento das Partículas	40
5.6 Perfis da Praia e da Rocha	42
5.7 Limitações Dos Métodos Usados	43
5.8 Análise Crítica do uso dos dois Métodos/Validade dos dois métodos	43

CAPÍTULO VI

6.1 Conclusão	44
6.2 Recomendações e medidas para a mitigação dos impactos negativos provocados pelas ondas oceânicas	45
6.3 Sugestões	45
6.4 Referência Bibliográfica	47

Mapa 1	anexo 1
Mapa 2	anexo 2
Tipos de rebentamento	anexo 3

Lista de Figuras, Fotos e Tabelas

Figuras

- Figura 1. Transmissão da energia do vento para as ondas
- Figura 2. Uma onda ideal de água
- Figura 3. Modificações sofridas pelas ondas quando se aproximam à linha da costa
- Figura 4 Marés e o ciclo lunar
- Figura 5. Sequência de rebentamento de ondas;
- Figura 6.Efeito da refração das ondas devido às diferenças na velocidade de propagação das ondas em águas (pouco profundas) com profundidades diferentes
- Figura 7. Reflexão da onda numa barreira vertical
- Figura 8.Sequência de rebentação durante a tempestade
- Figura 9.Sequência de rebentação durante ventos moderados
- Figura 10. Morfologia da praia
- Figura 11. Altura significativa da onda- Novembro/03
- Figura 12.Energia da Onda-Novembro/03
- Figura 13. Altura Significativa da Onda-Dezembro/03
- Figura 14. Energia da Onda-Dezembro/03
- Figura 15.Altura da onda registada pelo marégrafo-Novembro/03
- Figura 16. Altura da onda registada pelo marégrafo-Dezembro/03
- Figura 17. Altura da ondas registada pelo marégrafo em relação à frequência Novembro/03
- Figura 18. Altura da ondas registada pelo marégrafo em relação à frequência Dezembro/03
- Figura 19. Período da onda-Novembro/03
- Figura 20.Freq.onda –Novembro/03
- Figura 21. Período da onda-Dezembro/03
- Figura 22. Frequência da onda -Dezembro/03
- Figura 23.Espaço percorrido pelas partículas durante a enchente

Figura 24. Espaço percorrido pelas partículas durante a vazante

Figura (25). Perfil da praia no sentido paralelo à linha da costa

Figura 26. Perfil da praia medido perpendicularmente à linha da costa

Figura 27. Perfil da Rocha

Figura 28. Correntes

Fotos

Foto 1. Uma parte da linha da costa da Praia de Xai-Xai

Foto 2. Uma árvore com raízes exposta devido à erosão

Foto 3. Duas ondas que rebentam uma na linha da costa outra na rocha na Praia de Xai-Xai

Tabelas

Tabela.1 Altura e energia da onda em função da velocidade do vento

Tabela 2 Altura da onda e energia correspondente em função da frequência

Tabela..3 Altura e energia da onda

Tabela .4 Análise estatística da altura e energia da onda

Tabela.5. Ondas organizadas em classes e energia equivalente; Novembro/03

Tabela.6. Ondas organizadas em classes e energia equivalente; Dezembro/03

Tabela.7 Período e frequência da onda

Tabela.8 Movimento das partículas

Tabela.9 Perfil da praia medido no sentido paralelo à linha da costa

Tabela.10 Perfil da praia medido perpendicularmente à linha da costa

Tabela.11 Perfil da Rocha

Lista de Abreviaturas

UEM: Universidade Eduardo Mondlane

CGCMCI-Curso de Gestão Costeira para Membros de Comités Inter-Instituições:

MG-Manual de Geologia Geral;

WTSWP: Waves, Tides and Shallow Water Process;

Dist: Distância;

DPTG: Direcção Provincial do Trabalho de Gaza;

CDS-ZC: Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras;

INEFP: Instituto Nacional do Emprego e Formação Profissional;

Fr: frequência relativa;

MICOA: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental.

Símbolos Usados e unidades no sistema internacional

λ : Comprimento de onda(m);

T : Período a onda(s);

C: velocidade de propagação de onda ou celeridade(m/s);

K: número da onda;

ω : Frequência angular da onda;

H: Altura da onda(m);

ρ : é densidade de água dada em (Kgm^{-3});

g: é a aceleração de gravidade que é igual a 9.8ms^{-2} ;

m: metro;

E: é a energia em(J);

J: Joules

S: segundo (unidade do tempo);

Hz: Hertz;

mm: milímetro;

C_g : velocidade do grupo de ondas;

Z: profundidade, (m);

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUÇÃO

No globo terrestre a maior parte da superfície é coberta de água na ordem de 71% contra 29% de terra, assim a população que vive ao longo da costa é assolada por problemas inerentes às ondas oceânicas, visto que a tendência de água é de penetrar nos continentes (Viles & Spenser, 1995).

Pretende-se, com este trabalho, estudar as ondas na praia de Xai-Xai e propor medidas para a mitigação dos efeitos negativos, como a erosão costeira que as mesmas provocam na costa. Além de esta tese contribuir para desenvolver conhecimentos científicos no contexto da conservação do ambiente costeiro, poderá ser usado como parte integrante do estudo da previsão de ocorrência de ondas que possam provocar erosão costeira em qualquer ponto da costa moçambicana com condições semelhantes, sendo assim benéfico para a gestão costeira.

A praia de Xai-Xai fica situada na província de Gaza um pouco mais de 10 quilómetros do centro da cidade de Xai-Xai, o ponto em que se baseou o estudo está na Latitude $25^{\circ}06'59''S$ e Longitude $33^{\circ}44'20''E$; trata-se de uma zona de topografia caracterizada por inúmeros bancos de areia branca acumulada por acção das ondas oceânicas.

As ondas oceânicas têm alta energia que é dissipada na linha da costa. O impacto das ondas sobre esta linha, provoca transporte de sedimentos, ou seja, cria erosão num lugar e deposição noutra, tornando sinuosa a linha da costa.

1.2. OBJECTIVOS

Geral

Estudar as ondas oceânicas na Praia de Xai-Xai.

Específicos

- a) Determinar a altura, período, frequência e energia da ondas;
- b) Determinar a altura significativa e a energia correspondente;
- c) Determinar a energia dissipada pela rocha;
- d) Observar o sentido das correntes durante preia-mar e baixa-mar;
- e) Propor medidas para a mitigação dos impactos negativos que as ondas provocam na costa.

CAPITULO II

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1 Definição da Onda

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.

2.2 Importância do Estudo de Ondas

O conhecimento profundo das ondas permite saber: a composição do material da praia, a dinâmica da costa, a dissipação da energia e a formação da correntes, permite ainda a realização condigna dos projectos da costa e obras de canais (estuários).

2.3 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.

Ondas Geradas pelo Vento

Quando o vento sopra, as tensões por ele criadas, deformam a superfície do oceano sob a forma de pequenas ondas com cristas arredondadas e cavados em forma de "V" e com comprimentos de onda muito curtos, inferiores a 1,74 cm: figura 1. Chamam-se ridículas "ripples" e a tensão superficial da água tem tendência a destruí-las, restaurando a superfície lisa da água. À medida que estas ondas se desenvolvem, 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. Uma vez que atingem uma maior altura, a gravidade torna-se a principal força de restauração da superfície do mar.

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 adicionada mais energia à onda, ela atinge a sua maior dimensão.

A zona de origem das ondas "sea" 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. Outros factores que condicionam a energia das ondas são a duração do impulso do vento numa dada direcção e a distância em que o vento sopra na mesma direcção.

O diâmetro da onda diminui com a profundidade (figura.2), 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 (Bascom,1980).

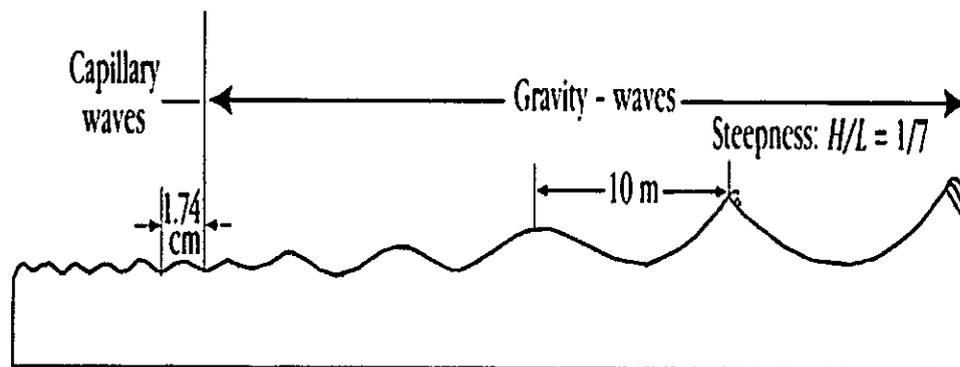


Figura 1. Transmissão da energia do vento para as ondas (Fonte: H.V.Thurman,1997)

2.4 Características das ondas

Uma onda ideal (figura.2) apresenta partes altas (cristas) e baixas (cavas). A distância entre crista e cava é a altura da onda (H). A distância horizontal entre dois pontos homólogos consecutivos é o 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 que passam em um dado ponto num minuto. Quando uma partícula está na crista da onda, move-se no mesmo sentido da propagação da energia e quando está na cava move-se no sentido contrário (Evelyn et al, 1999).

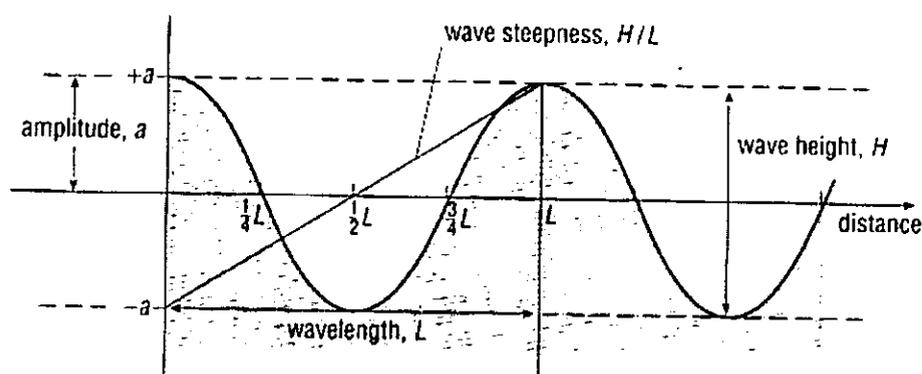


Figura 2. Uma onda ideal de água (Evelyn et al, 1999)

As partículas de água numa onda em águas profundas descrevem trajetórias (órbitas) circulares, progressivamente tornam-se elipses em águas intermediárias e em águas pouco profundas o movimento é quase rectilíneo; fig. 3.

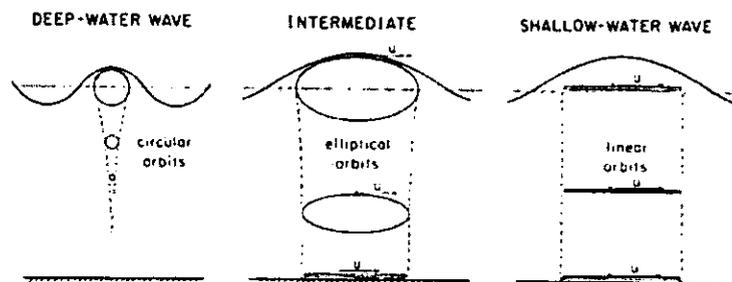


Figura 3: Modificações sofridas pelas ondas quando se aproximam à linha da costa; fonte: P.D.Komar,1998

2.5 Período da onda

É o tempo necessário para a passagem de duas cristas ou dois cavados consecutivos pelo mesmo ponto, (tempo que uma onda leva para passar por um ponto estacionário); determina-se pela relação:

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

onde ω 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.

2.6 Velocidade da Onda

Velocidade de propagação de onda ou celeridade é a velocidade na qual uma onda individual avança sobre a superfície de água, esta velocidade é função do comprimento da onda, quando este parâmetro, aumenta também a velocidade da onda aumenta, as ondas em águas profundas não sentem o fundo porque têm comprimentos de onda pequeno em relação à profundidade, a velocidade da onda é dada pela seguinte expressão (Evelyn et al, 1999).

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

Com $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ obtém-se:

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

C é velocidade individual da onda. K é número da onda, λ é comprimento da onda, z é a profundidade e th é tangente hiperbólico.

Em águas profundas o produto kz é suficientemente grande, $\text{th}(kz)$ é aproximadamente igual a unidade. Para $\text{th}(kz)$ ser aproximadamente igual a unidade kz deve ser maior que π ou z/λ deve ser maior que $1/2$: 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 produto kz é muito pequeno em águas pouco profundas, $\text{th}(kz)$ é igual a kz e a expressão (4) ganha a forma :

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

Velocidade do grupo de ondas

Um grupo ondas em águas profundas viaja na metade de ondas individuais. A razão disto é que as ondas que estão à frente do grupo perdem energia quando elevam a superfície de água, desaparecendo e sendo repostas por ondas que vêm 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 (Shepard, 1947).

Considerando duas ondas, com frequências angulares: ω_1 e ω_2 , com os números de ondas K_1 e K_2 , a velocidade do grupo C_g é obtida pela relação seguinte:

$$C_g = \frac{\omega_1 - \omega_2}{K_1 - K_2} \quad (7)$$

Expressando a frequência angular em termos de período T, o número da onda (k) em termos de comprimento de onda, a velocidade da onda C a partir da equação (5) e usando a relação seguinte de (Evelyn et al. 1999)

$$C = \frac{gT}{2\pi} \quad (8)$$

Substituindo T e λ nas equações da frequência angular e o número da onda respectivamente, a velocidade do grupo (C_g) poderá ser expresso em termos de C_1 e C_2 das duas ondas que formam o grupo, pela equação:

$$C_g = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (9)$$

Se $C_1 \approx C_2 = C$, a velocidade do grupo será:

$$C_g = \frac{C^2}{2C} = \frac{C}{2} \quad (10)$$

Em profundidades menores que $\frac{\lambda}{20}$, todas as ondas viajam com a mesma velocidade, não há interferência, assim cada onda representa o seu próprio grupo; neste âmbito, em águas pouco profundas a velocidade do grupo é igual à velocidade de onda individual.

2.7 Altura Significativa

Segundo (Ochi, 1968), altura significativa é a medida usada para determinar as condições do oceano. É definida como a média não de todas as ondas presentes, mas a de 1/3 das alturas das ondas mais altas. Para determinar a altura significativa a primeira coisa a fazer é ordenar em ordem crescente, todas as alturas registadas, depois dividir esse conjunto em três grupos, separar o grupo das maiores e calcular a altura média desse grupo, essa é a altura significativa (<http://www.ieapm.mar.mil.br/asp/3dwarec.htm>).

Segundo (Ochi, 1968) a altura significativa pode ser obtida a partir da velocidade do vento local com base na expressão seguinte:

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

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

2.8 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 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).

As ondas que ocorrem nos oceanos variam significativamente quanto ao comprimento e período; existem ondas menores, chamadas capilares estas têm poucos centímetros e períodos de fracções de segundos e maiores chamadas gravitacionais, neste grupo destacam-se os tsunamis e as marés estas últimas o comprimento alcança a circunferência da terra com períodos que vão até 24 horas.

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. Encontra-se este tipo de ondas em locais onde são geradas, ou seja, onde o vento está soprando (Bascon, 1959).

Marés

As marés são movimentos periódicos de água do mar pelo qual elas sobem ou descem em relação a um ponto fixo no solo. Elas constituem um fenómeno resultante de atracção gravitacional exercida pela Lua sobre a Terra e, em menor escala, da atracção gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra. A atracção gravitacional sentida no lado da Terra que está mais próximo da Lua é maior do que a sentida no centro da Terra e a atracção gravitacional sentida no lado da Terra que está mais distante da Lua é menor do que a sentida no centro da terra. Como a Lua gira ao redor da Terra, ela atrai parte da superfície do oceano em sua direcção, formando-se uma protuberância (bojo) que viaja ao redor do mundo, seguindo o curso da Lua. O movimento da rotação da Terra cria outra protuberância no lado oposto do globo terrestre; nessas saliências verificam-se marés altas, nas depressões entre elas verificam-se marés baixas. Enquanto a terra gira, no seu movimento diário, os bojos de água continuam sempre apontando aproximadamente na direcção da Lua. Num dado momento há sempre marés altas na terra; a maré directa, no lado que está voltado para a lua e a maré indirecta no lado oposto. As grandes

marés, ou marés vivas, são aquelas cuja amplitude é maior do ciclo lunar e corresponde ao momento em que a Terra, o Sol e a Lua estão alinhados, momento de concordância das atrações solar e lunar, o Sol e a Lua encontram-se em quadratura quando as forças atractivas se encontram desfasadas em 90° , durante este período, quarto minguante e quarto crescente a marés atingem a amplitude mínima chamando-se assim de marés mortas, figura (4). As marés acontecem duas vezes em cada 24 horas, como a Terra não é completamente coberta de água, vários aspectos resultantes da distribuição das massas continentais contribuem para que a altura e a hora da maré variem de um lugar para o outro (Kuenen, 1963).

A observação das marés envolve a medição do nível do mar num dado local ao longo do tempo. No caso mais simples esta medição é feita visualmente utilizando uma escala graduada mas normalmente utiliza-se um instrumento registador (marégrafo). A altura da maré é definida como a diferença de níveis entre a preia-mar e baixa-mar. A curva de variação da altura da maré em função do tempo denomina-se curva de maré.

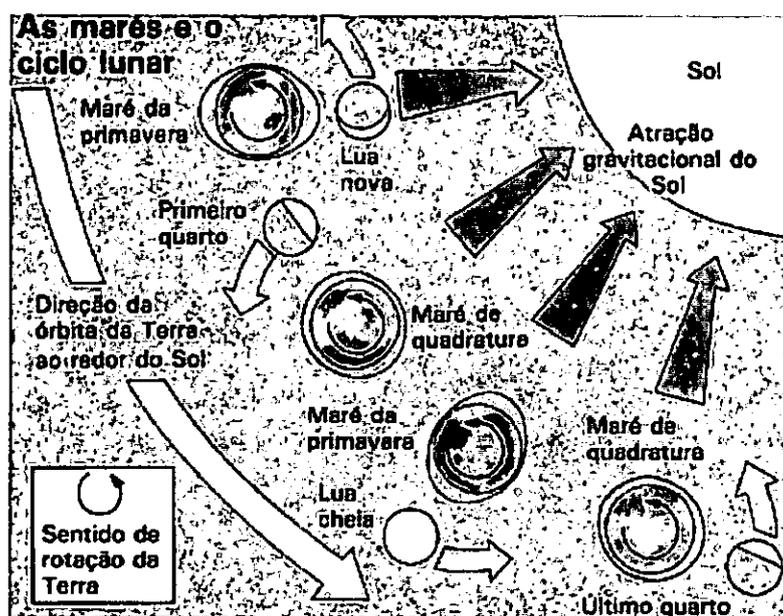


Figura 4: Marés e o ciclo lunar, fonte: <http://www.conhecimentosgerais.com.br/preserveomundo/preverve-os-oceanos;>

O tipo de marés mais frequentemente encontrado é aquele em que há duas peia-mar e duas baixa-mar em cada dia - a maré semi-diurna -. Este é o tipo de marés existentes ao longo de todas as costas que rodeiam o Atlântico, sendo semelhantes as alturas das peia-mar ou baixa-mar consecutivas. No caso da

costa ocidental da América do Norte, no Índico e em alguns pontos do Pacífico, a desigualdade diurna, isto é, a diferença de alturas entre duas preia-mar (ou baixa-mar) consecutivas, é apreciável.

Tsunamis

Os tsunamis são ondas gigantescas causadas por violentas actividades geológicas no leito oceânico. Por esta razão que também se chamam de vagas ou ondas sísmicas. As vezes o fundo se ergue empurrando para cima a coluna de água sobre ele e criando uma ondulação suave, que pode se espalhar por mais de 25.000 quilómetros quadrados. Outras vezes o leito se afunda criando abruptamente uma depressão na superfície do oceano. Os tsunamis também são causados por erupções vulcânicas ou deslizamento da terra submarino. A explosão de uma bomba atômica na superfície do mar também pode provocar um tsunami.

Os tsunamis ocorrem principalmente em certas costas próximas às áreas de actividades tectónicas, como a região perimétrica do oceano Pacífico, que se situa numa área particularmente instável (anel de fogo do Pacífico), com sismos violentos e frequentes.

Os tsunamis possuem comprimento de onda que varia de 130 a 160 quilómetros podendo atingir até 1000 quilómetros, períodos de 15 minutos até 2 horas. As ondas normais, geradas por ventos, raramente se deslocam a mais de 100 km, geralmente são lentas. Os tsunamis se deslocam em velocidades maiores de 360 Nós (480km/h), podendo também se deslocarem com rapidez de um jacto comercial a impressionantes 850 km/h ou mais em águas profundas numa bacia oceânica. Apesar de alta velocidade eles não são perigosos em águas profundas porque em mar aberto sua altura não atinge mais do que um metro; a crista de uma onda às vezes fica a centenas de quilómetros da crista da próxima onda, resultando numa ondulação suave. Assim os tsunamis podem passar debaixo de navios sem sequer serem notados (Kay e Jacqueline, 1980).

A fricção com o leito oceânico faz a onda perder sua velocidade, mas não por igual. A parte de trás está sempre em águas mais profundas do que a parte da frente e por isso se desloca mais rápida, neste contexto, a onda se comprime à medida que sua velocidade diminui, a altura aumenta, podendo alcançar 30 metros na linha da costa.

Em 27 de Agosto de 1883, a ilha vulcânica de Krakatoa (hoje Indonésia) explodiu e quase desapareceu. Originou-se um tsunami que matou mais de 36.000 pessoas. A energia desta onda chegou até às Ilhas Britânicas. Este tsunami destruiu a cidade de Merak a 50 quilómetros de distância da costa, levando um navio de guerra 2,5 quilómetros terra adentro e deixando-o a 10 metros acima do nível médio do mar do mar. O período deste tsunami foi de 2 horas e suas ondas (cerca de dezena), viajaram em velocidade variando de 650 Km/h a 850 km/h, tendo atingido 30 metros de altura na linha da costa (Snead, 1992).

2.9 Padrões de Interferência de ondas

Porque o swell de diversas tempestades coexiste no oceano, é inevitável que as ondas venham a colidir e interferir uns com os outros. Isso cria padrões de interferência. Trata-se da soma algébrica da movimentação que cada uma delas produziria. Quando os sistemas de ondas de duas áreas de origem colidem, o resultado pode ser construtivo, destrutivo, e mais frequentemente, misto.

A interferência construtiva acontece quando ondulações com o mesmo comprimento de onda se encontram em fase, o que significa que as cristas e as cavas coincidem. A onda resultante terá o mesmo comprimento de onda e uma altura que será a soma das alturas individuais. A interferência destrutiva acontece quando as cristas de um sistema coincidem com as cavas de outro. Se os sistemas de ondulação têm características semelhantes, a soma algébrica será zero, e a energia de um cancela-se. Porém, é mais provável que haja ondas de diversos comprimentos e alturas em cada sistema, desenvolvendo-se assim uma interferência mista (Press, F).

2.10. Rebentamento de Ondas

Quando a profundidade é inferior a $1/20$ do comprimento de onda a movimentação das partículas é retardada pela acção do fundo e existe um significativo transporte de água em direcção à linha de costa: (fig. 3).

Com a redução da profundidade, ocorre o atrito das partículas da água com o fundo, reduzindo velocidade da onda nas porções que se aproximam da costa, deixando livres as regiões da onda que ainda se deslocam em águas mais profundas. Esta relação que precede a quebra da onda é acompanhada pela diminuição da velocidade e do comprimento de onda, bem como o aumento da altura. Os movimentos das partículas de água transformam-se em elipses achatadas, assim as partículas movem-se para frente e para trás junto ao fundo marinho e não mais circularmente.

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 desta forma a região superior para frente, ocasionando a quebra. Neste momento as oscilações das partículas cessam e a movimentação é toda em direcção à praia. A profundidade de quebra é de cerca de 1.3 vezes a altura da onda, ou seja, uma onda que tem a altura de 1.5 metro quebra-se quando a profundidade local atinge cerca de 2 metros. Em águas profundas, quando o ângulo da crista da onda alcança 120° e o comprimento da onda excede 7 vezes a altura, a configuração da onda torna-se instável e ela se quebra.

Quando uma onda rebenta a energia recebida do vento é dissipada. Uma parte desta energia é reflectida de volta para o mar, a quantidade depende da inclinação da praia, quanto menor for o ângulo de inclinação, menor energia é reflectida. A maior parte desta energia é dissipada sob forma de calor e em menor escala misturada na espuma da água, areia e pedregulhos. Parte da energia é usada no fracturamento de blocos de rochas ou partículas minerais em partes menores e ainda pode ser usada para aumentar a altura e conseqüentemente a energia potencial da forma da praia. Este último aspecto depende dos tipos de ondas que rebentam sobre a praia. Ondas pequenas e suaves tendem a construir as praias e as ondas de tempestade tendem a demolir as praias

(<http://br.drs.yahoo.com/s+16745933/k=caracterização+do+litoral>).

Podem-se definir quatro tipos de rebentação: em derrame (transbordo) "spilling breaker", em espiral (mergulhante) "plunging breaker", em colapso (colapsante) "collapsing breaker" e em vagalhão (inundação, arfante), "surging breaker". Embora ventos e correntes possam ter algum efeito no tipo de rebentamento que uma onda originará na linha da costa, a principal influência é a topografia do fundo.

A rebentação em derrame, resulta de um declive relativamente suave do fundo, que extrai energia mais gradualmente da onda, produzindo uma massa turbulenta de ar e água que escorre na frente da onda em vez de encaracolar no topo. Ela é iniciada a uma certa distância da praia e é causada quando uma camada de pico avança mais rápido que a onda como um todo (Evelyn *et al.*, 1999).

A rebentação em espiral é mais apreciada pelos surfistas, ela é arcada possuindo uma frente côncava e parte de trás convexa. O pico forma espiral e mergulha com força considerável, dissipando sua energia

sobre pequena distância, este tipo de rebentação, ocorre geralmente, em praias de inclinação relativamente suave e é geralmente associado a longos "sweels" formados por tempestades distantes da praia. Se a praia é relativamente inclinada, a crista da onda rompe-se com relativa rapidez após enrolar-se em espiral. Quando o fundo é muito inclinado, a onda não se quebra antes de alcançar a praia.

A rebentação em colapso é similar à rebentação em espiral, ao invés de formar uma espiral, a face frontal da onda desmorona. Este tipo de rebentamento ocorre em praias com inclinação moderadamente íngreme e sob moderadas condições do vento (Evelyn et al, 1999).

A rebentação em vagalhão é encontrada em praias muito íngremes. Este tipo de rebentação é formado tipicamente por ondas longas e baixas, a face frontal e pico praticamente não rebentam enquanto a onda desliza sobre a praia (Evelyn et al, 1999).

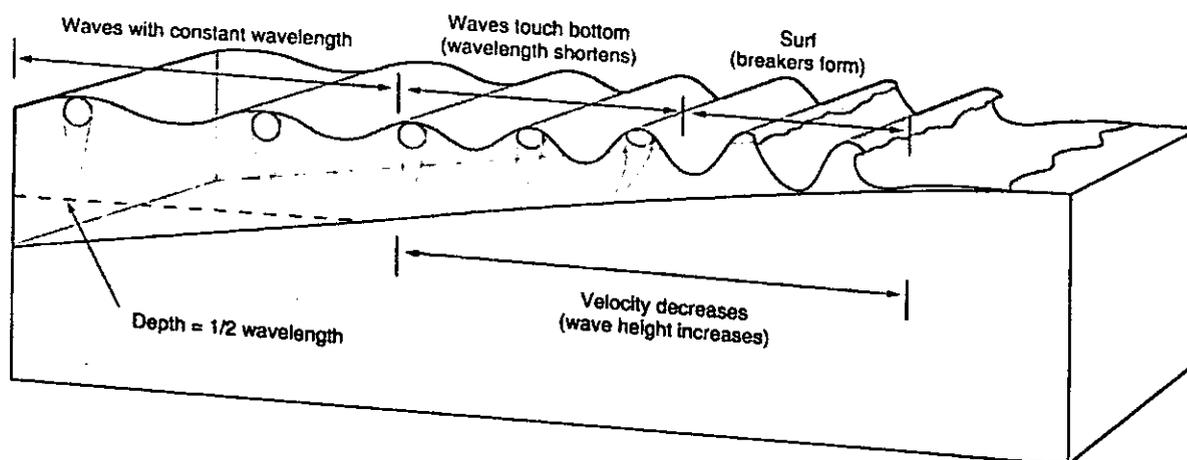


Figura 5: Sequência de rebentamento de ondas; (fonte: H.V.Thurman,1997)

2.11 Refracção das ondas

As ondas começam a arquear-se e os comprimentos de onda a tornarem-se mais curtos quando os sistemas de ondulação "sentem o fundo" ao aproximar-se da linha de costa; alguns sectores começam a "sentir o fundo" mais cedo e atrasar-se-ão em relação ao resto da onda. Disso resulta uma curvatura da frente da onda que se designa como refração da onda. A refração distribui energia de uma forma desigual na praia. Se construirmos linhas perpendiculares à frente das ondas, e as espaçarmos de modo que a energia nesses sectores seja sempre igual, obtemos linhas ortogonais que nos ajudam a compreender como a energia das vagas se distribui. As ortogonais convergem nos promontórios e

divergem nas baías; figura 6. Por isso a energia e a erosão será maior nos promontórios e mais dispersa nas baías, onde pode ocorrer acumulação de areias. A maior energia nos promontórios é demonstrada pela existência de ondas mais altas (Evelyn *et al*, 1999).

2.12 Difracção das ondas

A difracção define-se como um encurvar das ondas à volta de objectos, permite que a ondulação penetre nos portos e por detrás de barreiras. A difracção acontece porque qualquer ponto de uma onda pode ser uma fonte a partir da qual a energia se propaga em todas as direcções. Este processo é caracterizado por redistribuição da energia ao longo da crista da onda dos pontos de maior altura para os de menor altura e é um processo activamente operante em regiões costeiras interrompidas por obstáculos à propagação da energia da onda .

2.13 Reflexão das ondas

Nem toda a energia das ondas é consumida quando elas esbarram contra a linha de costa. Uma barreira vertical, tal como um molhe, pode reflectir a ondulação de volta para o oceano, com pouca perda de energia. A reflexão das ondas nas barreiras costeiras ocorre segundo um ângulo igual ao ângulo de incidência (<http://www.conhecimentosgerais.com.br/preserveomundo/preverve-os-oceanos>).

Nas condições de ondas perpendiculares ao obstáculo (figura. 7), a reflexão produz ondas estacionárias. Estas resultam de duas ondas do mesmo comprimento que se movimentam em direcções opostas. As partículas continuam a mover-se na horizontal e na vertical, mas não existe o movimento circular que se vê numa onda progressiva. Estas ondas são caracterizadas pela existência de linhas ao longo das quais não existe movimento vertical (linhas nodais). Nos antinodos há uma alternância entre subidas e descidas e a movimentação é inteiramente vertical. A altura da onda estacionária teoricamente pode atingir o dobro da altura da onda incidente, o que pode traduzir-se em problemas na estabilidade dos barcos junto aos cais de acostagem.

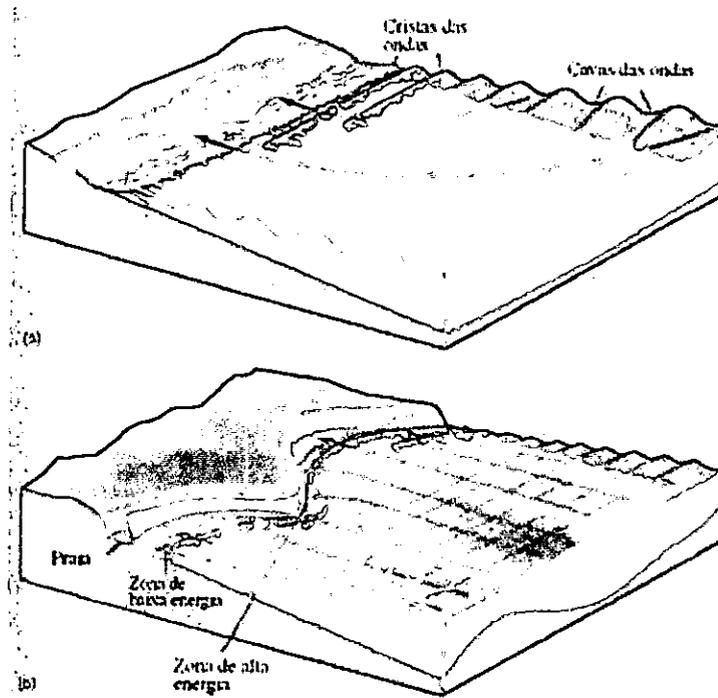


Figura 6: Efeito da refração das ondas devido às diferenças na velocidade de propagação das ondas em águas (pouco profundas) com profundidades diferentes: (a) as cristas das ondas que incidem com uma certa inclinação relativamente à linha de costa, vão tender a alinhar mais com esta; (b) há uma focalização da energia das ondas nos cabos e zonas mais proeminentes da costa, (fonte: <http://www.io.fc.ul.pt>).

Nos antinodos o movimento vertical é maior, nos nodos este movimento é zero e nos nodos o movimento horizontal é maior e é menor nos antinodos, nodos referem-se às zonas onde se interceptam as ondas incidente e reflectida e o antinodo é parte indicada pela seta de duas pontas na figura seguinte.

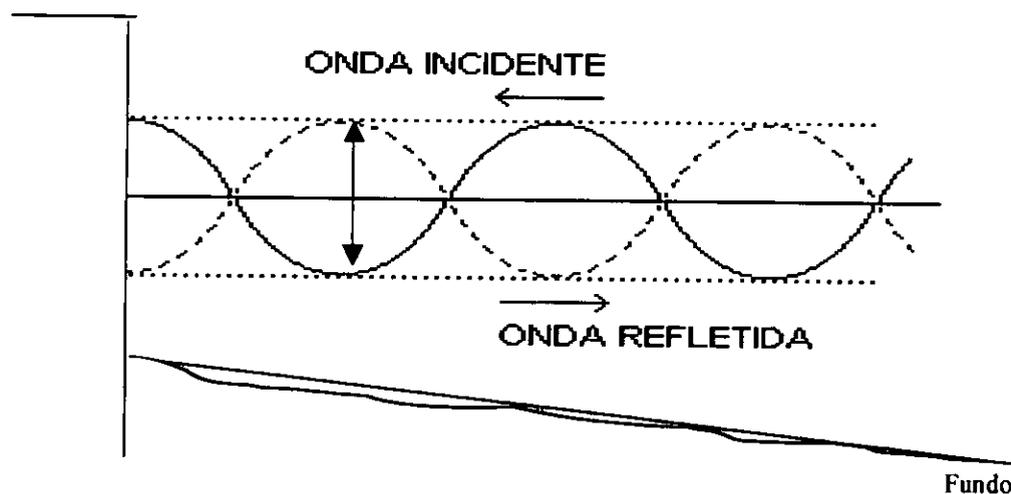


Figura 7: Reflexão da onda numa barreira vertical

2.14 Energia da 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 inerente ao movimento orbital das partículas de água;
- b) energia potencial, é a energia de posição, isto é, a 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):

$$E = \frac{1}{8}(\rho g H^2) \quad (12)$$

Onde ρ é a densidade da água do mar, g é a aceleração de gravidade e H é a altura da onda

A potência de todas as ondas no oceano é estimada em 2.7×10^{12} watts, o equivalente a 3000 vezes a capacidade de geração de energia numa barragem. Infelizmente, para o uso humano, esta energia não é disponível, em qualquer lugar e em qualquer momento. Apenas aproveita-se pequena quantidade. Existem pelo menos três vias de aproveitamento de energia da onda em energia eléctrica, directa ou indirectamente o movimento da onda faz funcionar um gerador, as vias em causa são:

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

2.15. Erosão, Transporte e deposição de Sedimentos devido às ondas

A linha de costa é uma das feições mais dinâmicas do planeta. Sua posição no espaço muda constantemente. A posição da linha de costa é afectada por um número muito grande de factores, alguns de origem natural, outros relacionados a intervenções humanas na zona costeira. 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 (Domingos, 2001).

A maioria dos sedimentos dos oceanos incluindo parte dos constituintes dissolvidos em água são sedimentos terriginosos, provêm da erosão das rochas continentais e consistem em fragmentos de areia e de quartzo. O transporte através dos rios é o meio mais importante para levar os sedimentos terriginosos para os oceanos (Machado, 1979).

As ondas, ventos e as correntes ao longo da costa são responsáveis pela erosão, transporte e deposição da maioria dos sedimentos; as ondas normalmente batem na costa com um certo ângulo; os calhaus e grãos de areia são rolados e atirados pela rebentação praia acima num trajecto oblíquo.

Quando a onda recua a areia e os calhaus descem directamente na perpendicular. Assim, em cada nova onda, os sedimentos movem-se ao longo da costa num trajecto em zig-zag. Este movimento é o principal mecanismo pelo qual os sedimentos, especialmente grosseiros, movem-se ao longo da costa.

Os obstáculos no caminho de transporte ao longo da costa, tais como cabos e penínsulas de terra e rocha, pontões, quebra-marés, etc: provocam deposição dos sedimentos como a areia, resultando na acumulação dos mesmos na praia. A zona onde saem os sedimentos sofre erosão e a zona onde encontram obstáculos sofre deposição, ou seja, sempre que existe erosão existe por outro lado a deposição (UEM-MG).

As ondas mais violentas, provocadas por tempestades e mesmo nas marés vivas retiram sedimentos da praia. Estes sedimentos são normalmente depositados longe da costa, formando no fundo do mar geralmente uma espécie de bancos de areia (fig.8). Durante alturas em que o tempo está calmo, ondas de menor envergadura movimentam a areia de volta à praia formando muros paralelos à linha da costa (MICOA/CDS-CGCMCI).

Existem dois modos de transporte de sedimentos, movimento do fundo em que os grãos rolam, deslizam ou saltam e movimento em suspensão neste, os sedimentos dependem de correntes.

Efeito da Tempestade no Transporte de Sedimentos nas praias

As ondas resultantes de tempestade, são maiores, tendo por isso mais energia e criando zonas de forte rebentação quando chegam às praias. Essa agitação forte vai transportar as areias junto à linha da costa

(criando fundões) para o mar até uma zona onde se deposita (o efeito da onda começa a diminuir por efeito da profundidade e a areia em suspensão cai por gravidade) a que se dá o nome de "barra".

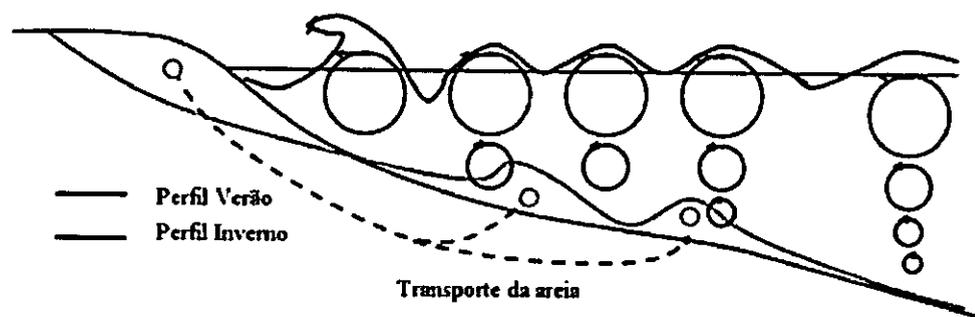


Figura 8: Sequência de rebentação durante a tempestade; fonte: <http://br.drs.yahoo.com/s+16745933/k=caracterização+do+litoral>.

Efeito de Ventos Moderados no Transporte de Sedimentos nas Praias

Durante ventos moderados, a ondulação geral é menor, conseqüentemente as ondas chegam com menor energia (rebentação) às praias e criam um efeito de transporte da areia acumulada por acção das ondas da tempestade na zona da barra para a linha da costa, enchendo os fundões existentes nessa zona. Durante ventos fracos (calmos) as praias tornam-se mais regulares e mais previsíveis.

Devido à variação da intensidade dos ventos a costa encontra-se em mudança progressiva, constituindo por isso armadilhas ao banhistas mais desprevenidos.

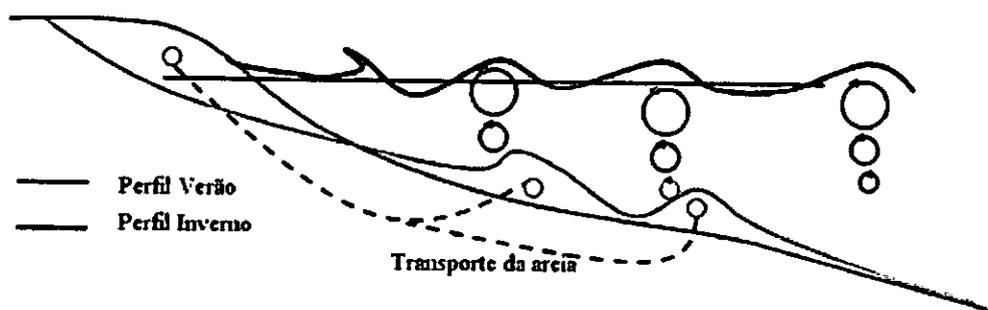


Figura 9: Sequência de rebentação durante ventos moderados; fonte: <http://br.drs.yahoo.com/s+16745933/k=caracterização+do+litoral>

2.16 Depósitos Marinhos

As regiões costeiras podem-se dividir em três partes, conforme mostra-se na figura abaixo.

O "offshore (shoreface)", é a parte que vai desde o nível de baixa mar em direcção ao mar, compreende toda a zona de rebentação de ondas;

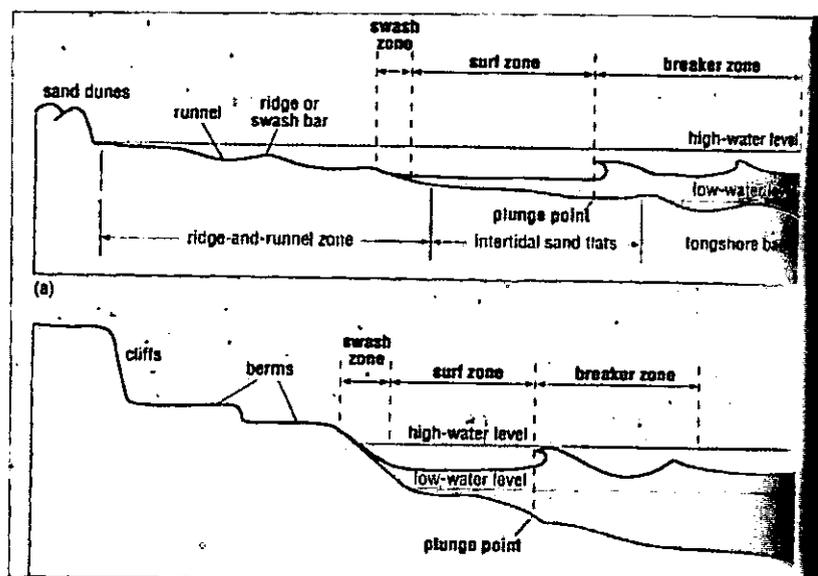


Figura 10: Morfologia da praia; fonte: (Evelyn et al,1999)

"O foreshore", é a zona entre a maré baixa e o ponto onde a praia se torna horizontal ou inclina para a terra, ou seja, a parte da zona litoral exposta quando a maré é baixa e coberta quando a maré é alta.;

"O backshore", é a parte que vai do foreshore para o interior da Terra, ou melhor, é a parte acima da maré alta significativa (principal) que é influenciada pelo oceano quando há ondas fortes (grandes), durante marés excepcionalmente altas (Evelyn et al,1999).

a) Praias

Praia é orla da terra, geralmente coberta de areia, confinando com o mar. Uma praia além de ser arenosa, pode ser lodosa ou rochosa. As praias arenosas são ambientes extremamente dinâmicos onde a água, o ar e a areia estão em constante movimento. Neste tipo de praias existe pouca vida animal, isto é associado à elevada energia provocada, geralmente, por acção das ondas (UEM, MG).

As praias são características transitórias. As praias de areia que nos parecem permanentes, podem ser reduzidas a estreitas faixas de calhaus ou mesmo desaparecerem durante a estação do ano em que há

muito vento e tempestades. Qualquer alteração no fornecimento de areia à praia ou às correntes influi no crescimento ou destruição da praia. Várias tentativas são feitas para sustentar a erosão marinha e a deposição ao longo das praias construindo quebra-marés, etc. Há contudo que ter imenso cuidado na planificação destas construções, pois elas podem ter efeitos colaterais muito diferentes do que se espera. Estas construções podem, por um lado, proteger a praia, e, por outro, destruir outra parte (UEM-MG).

Formação das Praias

As praias são características de costas em que domina a deposição. O aspecto de maior importância é a fonte do fornecimento de sedimentos. A maioria dos sedimentos provém dos rios que desaguam nos oceanos ou da erosão provocada pelas ondas e da sua rebentação sobre as formações rochosas expostas nas zonas costeiras. Além disso durante as tempestades as ondas podem trazer sedimentos do fundo oceânico, mas é sempre em quantidades pequenas. Localmente os sedimentos podem vir de vulcões ou glaciares em fusão, ou ainda serem soprados pelos ventos.

Para que uma praia persista, é necessário que o fornecimento de sedimentos seja igual ou superior que a sua remoção, tanto pelas ondas de tempestade como pelas correntes litorais. Se os sedimentos forem abundantes as praias podem estender-se por muitos quilómetros ao longo da costa. Se a quantidade de sedimentos for pequena, ou se as correntes litorais forem fortes, as praias só se formarão em zonas protegidas da costa (UEM-MG).

b) Pântanos Marinheiros (Costeiros)

Os termos pântanos, lodaçal e lameiro aplicam-se a terras baixas, esponjosas e geralmente saturadas de água. As condições para que isso aconteça é a abundância da chuva ou outra fonte de água e um substrato impermeável que impeça a drenagem. Nem sempre, estas terras estão geralmente ao nível do mar e são baixas. Calcula-se que cerca de 2.6 milhões de quilómetros quadrados de terra estejam cobertos por pântanos. Os pântanos marinhos ocorrem onde línguas de terra, originam lagoas que se enchem de sedimentos do continente e de restos de vegetais, sendo a vida vegetal mais abundante onde as águas são calmas, fracas correntes de marés e baixa amplitude de marés.

Alguns pântanos marinhos são parcial ou totalmente cobertos pela água durante a maré cheia. Num pântano marinho a vegetação é completamente diferente daquela que cresce em zonas de água fresca, já que esta não resiste à água salgada. Em climas tropicais como em Moçambique, os pântanos marinhos contêm vegetação própria (o mangal).

À medida que as plantas morrem, elas caem na água e começam a decompor-se. Se elas forem soterradas rapidamente por sedimentos marinhos ou por outras plantas, há grandes hipóteses que esses restos sejam preservados e transformados em carvão. Se o soterramento for lento, os restos são rapidamente alterados por oxidação e por acção dos microorganismos (Eugene, 1997).

O mangal é um ecossistema costeiro importante, visto que além de fornecer material de construção, lenha, etc; protege a costa contra a erosão provocada pelas ondas do mar e pelo vento.

2.17 Caracterização da Área de Estudo

A Praia de Xai-Xai fica situada na Província de Gaza, o ponto em que o estudo se baseou está na Latitude 25^o.06'.59.1"S e Longitude 33^o.44'.20.2"E, na divisão da costa moçambicana de acordo com as diferentes características geomorfológicas da zona, a Praia de Xai-Xai está na faixa sul. De referir que a zona que abrange as províncias de Maputo, Gaza e Inhambane é toda a faixa sul da zona costeira. É uma zona de praias de areia branca e fina, dunas altas e com vegetação. O clima é predominantemente tropical, as temperaturas médias variam de 22^oC a 26^oC, a precipitação anual varia de 700mm a 1000mm, geologicamente é composta por sedimentos de acumulação marinha e dunas interiores, as mais antigas, e costeiras as recentes e instáveis (moveis), com solo arenoso. (Gove, 2001).

A linha da costa da Praia de Xai-Xai é sinuosa, apresentando promontórios (cabos) e reentrâncias (baías); a foto 1 tirada na zona em estudo, mostra uma parte do aspecto da linha da costa da praia de Xai-Xai, trata-se da zona de banhistas. Além da vegetação que se vê à direita de longe, vê-se sedimento marinho acumulado (areia), bem como uma onda rebentando na rocha que se vê à esquerda de longe.

É uma praia sem mangais, porque os mangais crescem no espaço entre marés, onde há pouca acção de ondas do mar, cuja inclinação bem como o solo permitem a retenção da água por longo período de

tempo, mesmo na maré vazante crítica, isto é, mangais desenvolvem-se, geralmente, em pântanos costeiros.

A praia de Xai-Xai devido à acção das ondas sofre erosão, esta verifica-se mais na zona da Wenela. A foto 2 é de uma árvore com raízes expostas devido à erosão.



Foto 1. Uma parte da linha da costa da praia de Xai-Xai (17/01/04)

Na Praia de Xai-Xai, tal como na restante zona costeira, a população utiliza os recursos naturais disponíveis, para a sua subsistência. De entre várias actividades económicas, ou de subsistência, a pesca e a agricultura de corte e queimada são as mais importantes e que mais benefícios trazem para as comunidades costeiras. Na Praia de Xai-Xai praticam-se as seguintes actividades:

a) Pesca

-A pesca artesanal é efectuada nesta zona por uma variedade de métodos tais como: redes de arrastos de praia, redes de emalhe, armadilhas e linhas de pesca. De referir que para este trabalho, infelizmente, não se conseguiu informação convincente a respeito dos outros tipos de pesca como: a semi-industrial, a industrial, desportiva e de investigação, mas há que referenciar que pratica-se a pesca semi-industrial em pequena escala esta, tem sido feita pelos estrangeiros (sul africanos), na baixa-mar a população apanha mexilhão na rocha;

b) Agricultura

-Pratica-se agricultura de corte e queimada de mata intactas conhecida como agricultura de subsistência. As culturas mais cultivadas são: milho, mandioca, batata-doce feijão nhemba, hortícolas e frutas diversas. Nos locais onde a floresta é limpa para a agricultura, só as mais importantes árvores de frutas é que são deixadas em pé, por exemplo, *Sclerocarya birreia*(Kanhu), *Anacardium occidentale* L (cajeiro), *Strychnos spinosa* (massala), *Magifera indica* (mangueira), *Cocus nocífera* (coqueiro) e outras;

c) Turismo

-A Praia de Xai-Xai é uma zona de alto potencial turístico, esta zona experimenta na actualidade grande pressão turística, exercida pelos nacionais e estrangeiros. Existem na Praia de Xai-Xai muitas estâncias turísticas, entre as quais tem-se a destacar o Complexo Turístico Halley.



Foto 2. Uma árvore com raízes expostas ao ar devido á erosão, do lado esquerdo da mesma vê-se uma chapa de zinco colocada pela população, para evitar a erosão (17/01/04)

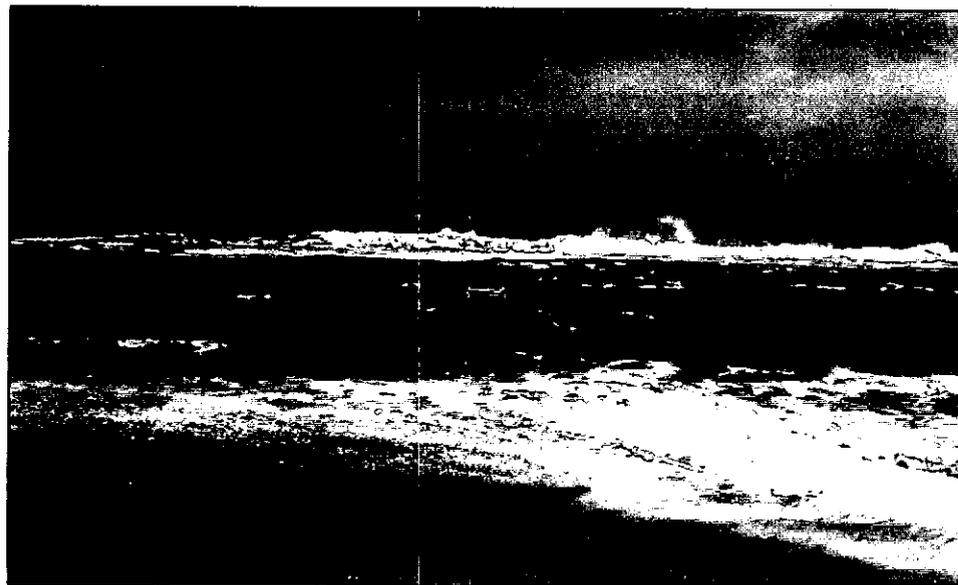


Foto 3. duas ondas rebentando uma na linha da costa e outra na rocha na Praia de Xai-Xai (17/01/2004)

CAPÍTULO III

3. 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 mais ou menos 2 metros, foi feita a leitura da velocidade do vento de 10 em 10 minutos a partir das 14:40 horas as 16:00 horas nos dias em que o marégrafo estava na água;
- b) 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) Sistema de Posicionamento Global (GPS): este aparelho foi usado para a obtenção de coordenadas geográficas do ponto principal em que se baseava o estudo que é na zona de lançamento de barcos;

d) Teodolito: foi usado 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 é um pequeno instrumento que tem lentes que permitem que um objecto distante seja visto com nitidez, isto é como se estivesse perto. Quanto mais altos os valores observados mais baixo é o ponto em que está fixada a régua:

e) Marégrafo: regista automaticamente a variação do peso da coluna d'água provocada pela acção das marés. Dentro do instrumento (marégrafo electrónico), é instalado um sensor de pressão, que possui uma membrana com resistências eléctricas que é deformada pelo peso da coluna d'água. Esta deformação é electricamente medida, amplificada e transmitida para um contador. Suas principais especificações são: Profundidade máxima de medição: 13 metros, precisão 0.1% e a amostragem: 102 / minutos (<http://www.falmouth.com/products/mtide/index.html>)

3.2 Métodos

Para a determinação da altura da onda foram usados dois métodos: analítico (uso da relação da velocidade do vento e altura da onda) e medição directa por meio de marégrafo.

3.3 Metodologia

O trabalho foi feito em três fases: a primeira é referente à revisão teórica, a segunda foi de preparação e realização do trabalho de campo e a terceira foi de apuramento e análise dos resultados.

Primeira fase: Revisão teórica

O objectivo principal desta fase foi de avaliar os conceitos chaves usados no estudo do comportamento de ondas oceánicas. A consulta de trabalhos ou artigos publicados em Moçambique sobre o estudo das ondas oceánicas e o impacto destas na costa constituiu objectivo específico da revisão teórica.

Segunda fase: Preparação e realização do trabalho de campo

O objectivo desta fase foi de observar o desenvolvimento das ondas e o impacto que estas provocam na costa, e recolher dados que possam permitir a identificação de outros factores que contribuem para a ocorrência da erosão na Praia de Xai-Xai.

O trabalho de campo foi feito em três meses, que são (Novembro e Dezembro) de 2003 e Janeiro de 2004. Foram feitas medições da velocidade do vento, do perfil da praia, bem como dos parâmetros da onda que a seguir se indicam. O perfil da praia foi feito somente em Novembro. Fez-se o mesmo tipo de estudo durante os primeiros dois meses, com este procedimento o objectivo é de se fazer um estudo comparativo dos resultados, daí para se conseguir uma conclusão consistente. Foram fotografadas ondas e árvores com raízes expostas ao ar com vista a servirem de ilustração no relatório. Foram feitas em Janeiro consultas aos nativos idosos, isto era para se obterem informações adicionais sobre a zona em estudo.

Terceira Fase: 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 registados pelo marégrafo, onde cada coluna corresponde aos dados registados num intervalo de 10 minutos. O marégrafo foi usado nos dias (22 e 24) de Novembro e Dezembro de 2003 respectivamente. O início das medições foi entre (9 e 10) horas;
- b) organização dos dados referentes aos perfis da praia e da rocha;
- c) organização de dados referentes à velocidade do vento;
- d) cálculo da altura significativa e energia da onda;
- e) organização de dados referentes ao movimento de partículas.

Processamento de dados

Para o processamento de dados recolhidos pelo marégrafo, foi necessário conectar o mesmo ao computador, de modo a extraí-los e prosseguir-se com o tratamento. De referir que o marégrafo usado fornece 1020 dados em cada 10 minutos, este ficou na água no mínimo 20 horas, nos dias em que foi mergulhado na água.

Os dados foram exibidos numa única coluna, para o seu uso houve necessidade de organizar os mesmos em colunas de 1020 dados, isto é, cada coluna corresponde a um intervalo de 10 minutos. Os dados fornecidos foram muitos, mas como o objectivo é determinar a altura significativa das ondas foram seleccionadas colunas que mostravam registo de ondas mais altas.

Altura Significativa

Para o método analítico altura significativa da onda foi obtida por meio da equação (11) e a energia da onda correspondente foi calculada pela equação (12).

Para análise estatística foram usadas as seguintes relações:

Média

É uma grandeza ou valor representativo de um conjunto de dados, como eles tendem a se localizar em torno do ponto central. A média aritmética simples é dada pela seguinte expressão matemática (Triola,1999):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (13)$$

onde n é o total de dados, X representa dados observados, para este trabalho X representa altura ou energia da onda.

Variância ou Dispersão (S^2) de um conjunto de dados

É a média aritmética dos quadrados dos desvios absolutos desses dados em relação à sua média aritmética. (Mulenga,2004), é dada pela fórmula seguinte:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (14)$$

Desvio Padrão (σ)

É a raiz quadrada positiva da média aritmética dos quadrados dos desvios dos valores observados em relação à sua grandeza média, é dada pela seguinte expressão matemática (Mulenga, 2004):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (15)$$

CAPÍTULO IV

4.RESULTADOS

4.1 Altura Significativa e Energia da Onda

Para o estudo da altura de ondas foram usados dois métodos: medição directa por meio de marégrafo e determinação por meio da fórmula empírica que é referente à relação entre o vento e a altura da onda, equação (11), a energia da onda foi obtida com base na equação (12).

Altura significativa em relação ao vento

A Tabela 1 é de energia e alturas de ondas calculadas a partir da relação da altura da onda em função do vento, a mesma é referente aos dias 22 e 24 de Novembro e Dezembro de 2003, respectivamente. A média aritmética da altura da onda que vem na tabela (2) é a altura significativa.

Temp(h) e Estat	Nov/03			Dez/03		
	W(m/s)	H(m)	E(J/m ²)	W(m/s)	H(m)	E(J/m ²)
14:40	5.2	0.58	424.5	5	0.53	354.4
14:50	5.3	0.59	439.2	5.2	0.58	424.5
15:00	6	0.76	728.8	5.5	0.64	516.8
15:10	6.8	0.97	1187.2	5.8	0.71	636.1
15:20	7.3	1.12	1582.7	6.2	0.81	827.8
15:40	7.6	1.21	1847.3	7.1	1.06	1417.7
15:50	7.8	1.28	2067.3	7.5	1.18	1756.9
16:00	8.2	1.41	2508.5	8	1.34	2265.6
16:10	8.5	1.51	2876.9	8.3	1.45	2652.8
Média aritmética	6.97	1.05	1518.0	6.5	0.92	1205.8
Variância	1.22	0.34	889.8	1.24	0.344	854.6
Desvio padrão	1.15	0.32	838.9	1.17	0.32	805.7
Máxima	8.5	1.51	2876.9	5	1.45	2652.8
Mínima	5.2	0.58	424.5	8.3	0.53	354.4

Tab.1 Altura e energia da onda em função da velocidade do vento

A altura da onda e energia correspondente vêm representadas em função da velocidade do vento nas figuras (11, 12, 13 e 14).

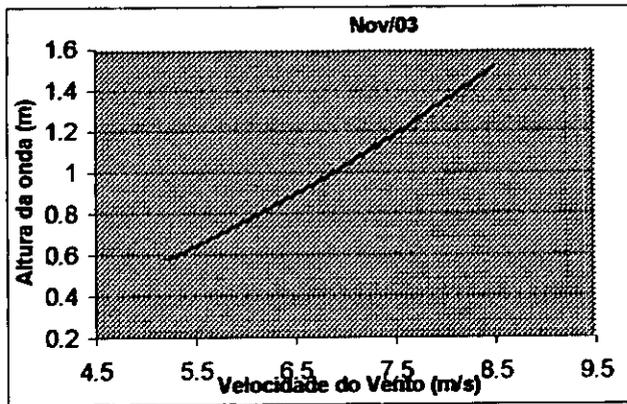


Figura 11: Altura da onda, 14:40h a 16:10 h 22/11/03

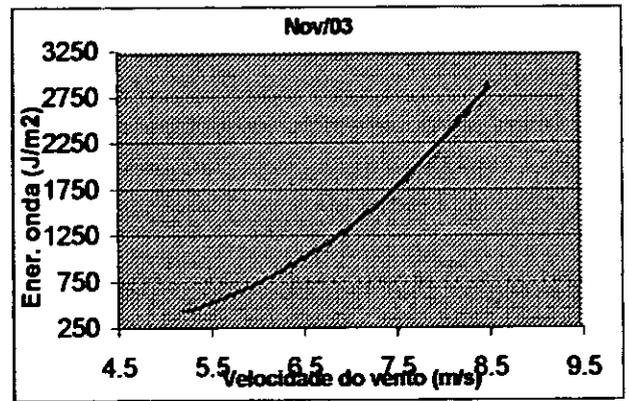


Figura 12: Energia da onda 14:40h a 16:10 h ;22/11/03

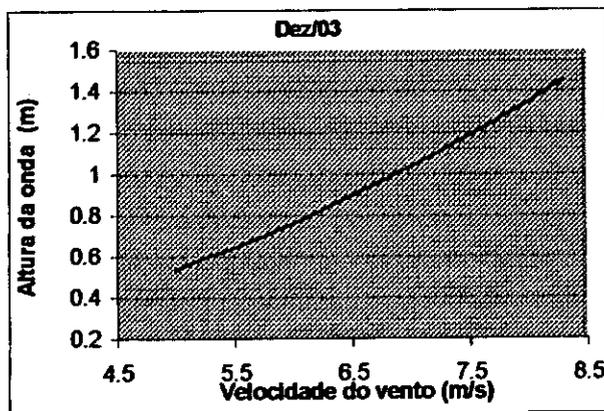


Figura 13: Altura da onda, 14:40h a 16:10 h 24/12/03

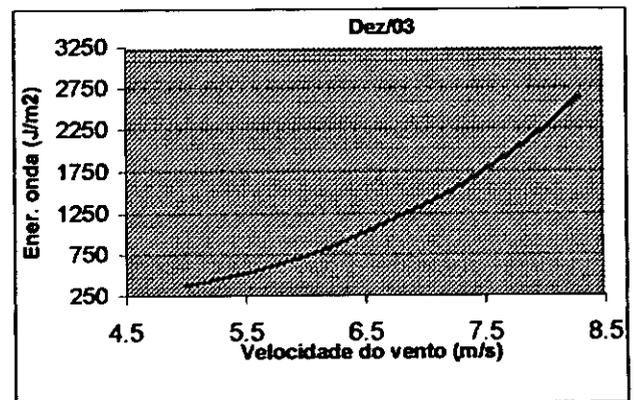


Figura 14: Energia da onda, 14:40h a 16:10 h 24/12/03

Altura significativa observada

O marégrafo usado fornece 1020 dados em cada 10 minutos. Assim não é possível apresentar aqui todos os dados que este instrumento registou, o objectivo deste trabalho é obter altura significativa e energia da onda correspondente, foram seleccionados apenas os registos de ondas mais altas.

As figuras 15 e 16 mostram as alturas das ondas, registadas pelo marégrafo durante 10 minutos em Novembro e Dezembro de 2003.

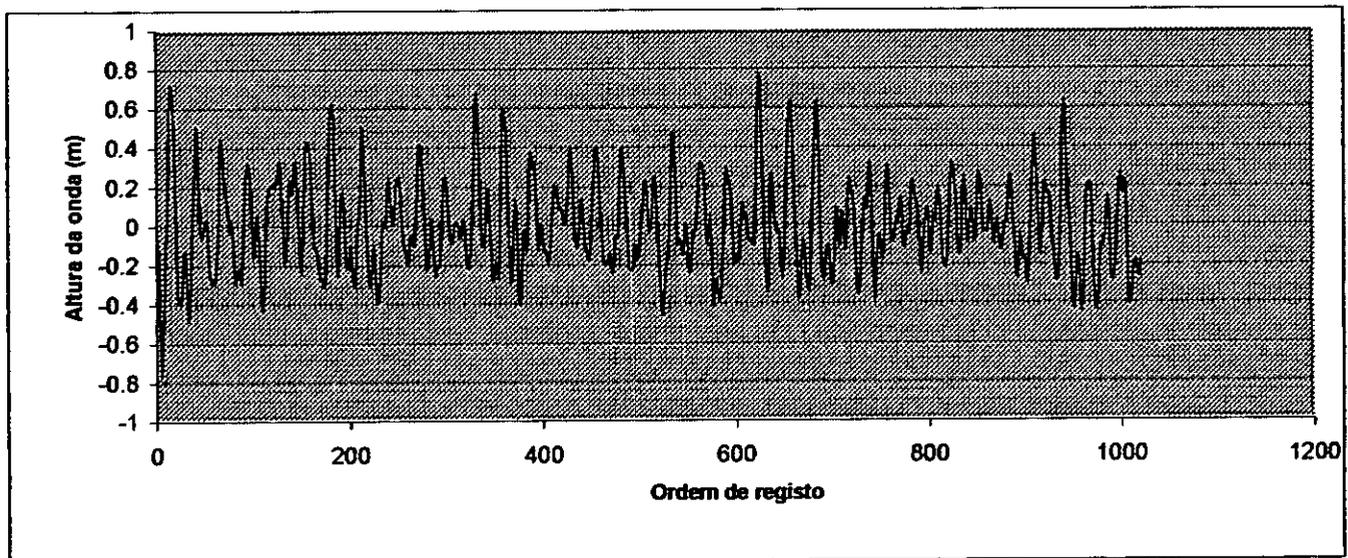


Figura 15: Altura da onda registada pelo marégrafo das 15:50h as 16:00h; 22/11/03

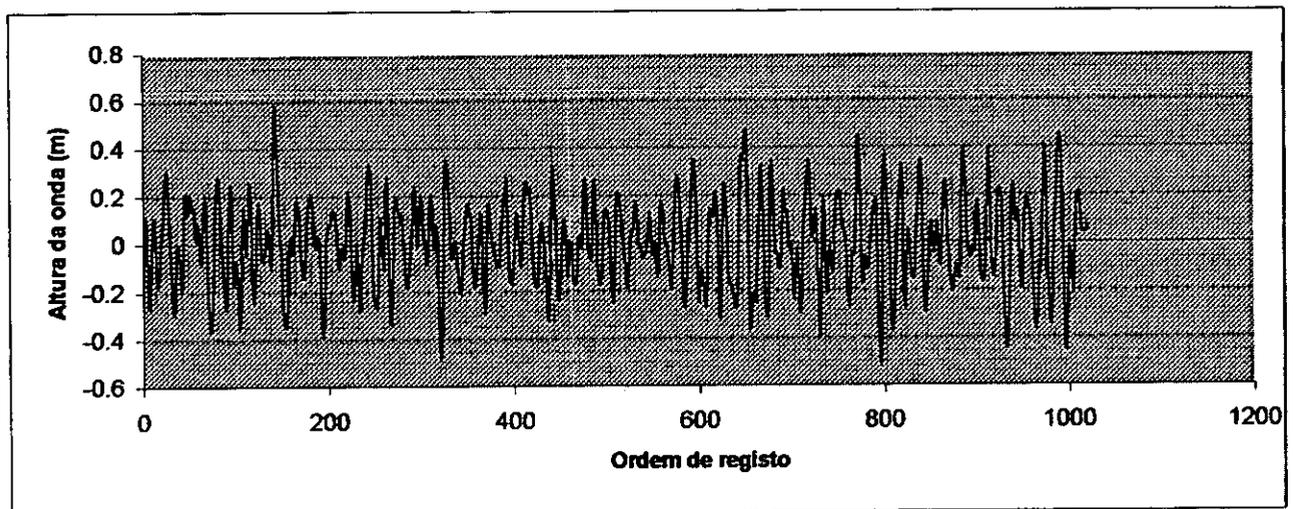


Figura 16: Altura da onda registada pelo marégrafo das 15:50h as 16:00h; 24/12/03

Durante os dois períodos de observação o espectro das ondas tem a mesma forma. Para o mês de Novembro a crista mais elevada deu-se na ordem número 625 tendo atingido a cota 0,86m e o cavado correspondente deu-se na ordem 633 e o valor deste foi de -0,34m e a altura da onda correspondente é de 1,2 m . Para o mês de Dezembro a crista mais elevada verificou-se na ordem 143, tendo atingido a cota de 0,62m e o cavado correspondente deu-se na ordem 155 tendo atingido o valor de -0,33m, a altura da onda respectiva é de 0,95 m .

A altura das ondas e energia correspondente em função da frequência, observadas em Novembro e Dezembro, apresentam-se na tabela 3.

Novembro			Dezembro		
Núm. Obser	Altura (m)	Energ. (J/m ²)	Núm. Obser	Altura (m)	Energ. (J/m ²)
1	1.2	1820.45	1	0.95	1140.94
1	1.1	1529.68	1	0.93	1093.41
1	1.03	1341.19	1	0.91	1046.88
1	1	1264.2	1	0.82	850.05
1	0.94	1117.05	2	0.73	673.69
1	0.93	1093.41	1	0.71	637.28
1	0.92	1070.02	1	0.7	619.45
1	0.91	1046.88	2	0.67	567.50
1	0.85	913.385	1	0.64	517.81
2	0.72	655.36	1	0.63	501.76
3	0.71	637.28	1	0.61	470.41
1	0.69	601.89	1	0.6	455.11
1	0.68	584.57	2	0.58	425.28
1	0.62	485.96	1	0.56	396.45
1	0.6	455.11	1	0.55	382.42
2	0.59	440.07	2	0.54	368.64
2	0.57	410.739	1	0.52	341.84
1	0.55	382.42	1	0.51	328.818
1	0.54	368.64	2	0.49	303.53
3	0.52	341.84	1	0.46	267.50
1	0.48	291.27	1	0.44	244.75
1	0.47	279.26	2	0.43	233.75
1	0.45	256.00	1	0.42	223.00
1	0.43	233.75	1	0.41	212.51
1	0.39	192.28	1	0.4	202.27
1	0.38	182.55	1	0.37	173.07
1	0.37	173.07	2	0.36	163.84
1	0.35	154.86	1	0.35	154.86

Tabela 2: Altura da onda e energia correspondente em função da frequência

Para o cálculo da altura significativa, foram seleccionadas nove alturas das ondas mais altas (tabela 3) que representam um terço das alturas apresentadas na tabela 3. O resultado deste cálculo vem na tabela 4.

Nov/03		Dez/03	
H(m)	E(J/m ²)	H(m)	E(J/m ²)
0.85	913.38	0.64	517.82
0.91	1046.88	0.67	567.49
0.92	1070.02	0.7	619.46
0.93	1093.41	0.71	637.28
0.94	1117.05	0.73	673.69
1	1264.2	0.82	850.05
1.03	1341.19	0.91	1046.88
1.1	1529.68	0.93	1093.41
1.2	1820.45	0.95	1140.94

Tabela.3 Altura e energia da onda

Estatística	Nov/03		Dez/03	
	H (m)	E(J/m ²)	H(m)	E(J/m ²)
Média art	0.99	1244.03	0.78	794.11
Variância	0.11	283.06	0.12	243.46
Desvio Padrão	0.10	266.87	0.11	229.54
Máxima	1.2	1820.45	0.95	1140.94
Mínima	0.85	913.38	0.64	517.82

Tabela.4 Análise estatística da altura e energia da onda

Para estimar a probabilidade de ocorrências de onda de uma determinada altura, as ondas foram organizadas em classes tabelas (5 e 6).

Novembro					
Alturas (m)	N.Ob	Fr*100%	Energia (J/m ²)	N.Ob	Fr*100%
[0.35-0.49]	8	23	[154.9-303.5]	8	23
[0.49-0.63]	11	31	[303.5-501.8]	11	31
[0.63-0.77]	7	20	[501.8-749.5]	7	20
[0.77-0.91]	2	5,7	[749.5-1046.9]	2	5,7
[0.91-1.05]	5	14	[1046.9-1393.8]	5	14
[1.05-1.19]	1	2,9	[1393.8-1790.2]	1	2,9
[1.19-1.33]	1	2,9	[1070.2-2236.2]	1	2,9

Tabela.5. Ondas organizadas em classes e energia equivalente; Novembro/03

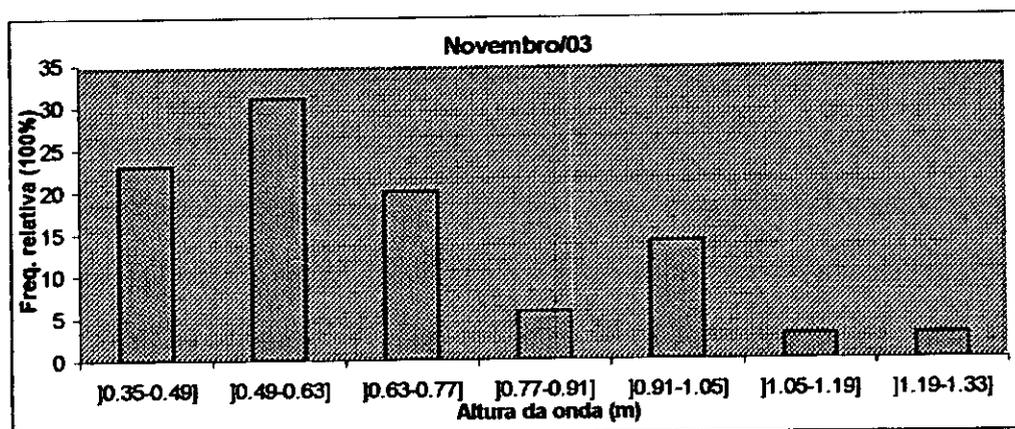


Figura 17: Altura da ondas registada pelo marégrafo em relação à frequência Novembro/03

Dezembro					
Alturas (m)	N.Ob	Fr*100%	Energia(J/m ²)	N.Ob	Fr*100%
[0.35-0.45]	10	28	[154.9-256.0]	10	28
[0.45-0.55]	8	23	[256.0-382.4]	8	23
[0.55-0.65]	7	20	[382.4-534.1]	7	20
[0.65-0.75]	6	17	[534.1-711.1]	6	17
[0.75-0.85]	2	5,7	[711.1-913.4]	2	5,7
[0.85-0.95]	2	5,7	[913.4-1141.0]	2	5,7

Tabela.6. Ondas organizadas em classes e energia equivalente; Dezembro/03

As figuras (17 e 18) mostram a relação das alturas com frequência.

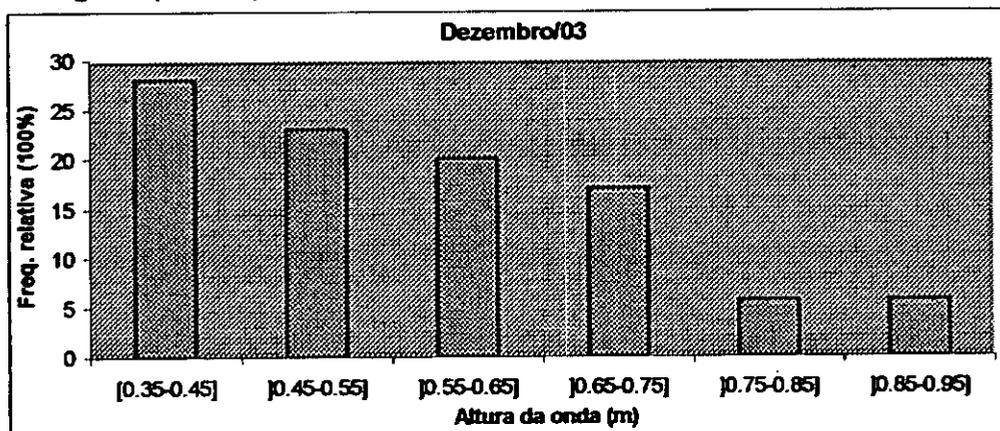


Figura 18: Altura da ondas registada pelo marégrafo em relação à frequência Dezembro/03

4.2 Período e Frequência da Onda

Com base nos dados do vento foram calculados o período e a frequência da onda, cujos resultados vêm na tabela 7.

Nov/03			Dez/03		
W(m/s)	T(s)	f(Hz)	W(m/s)	T(s)	F(Hz)
5.2	2.7	0.37	5	2.59	0.386
5.3	2.75	0.364	5.2	2.69	0.371
6	3.11	0.322	5.5	2.85	0.351
6.8	3.53	0.283	5.8	3.01	0.332
7.3	3.79	0.26	6.2	3.22	0.311
7.6	3.93	0.254	7.1	3.68	0.272
7.8	4.05	0.247	7.5	3.89	0.257
8.2	4.25	0.235	8	4.15	0.241
8.5	4.41	0.226	8.3	4.31	0.232

Tabela.7 Período e frequência da onda

As figuras 19, 20,21 e 22 são referentes ao período e frequência da onda em relação à velocidade do vento.

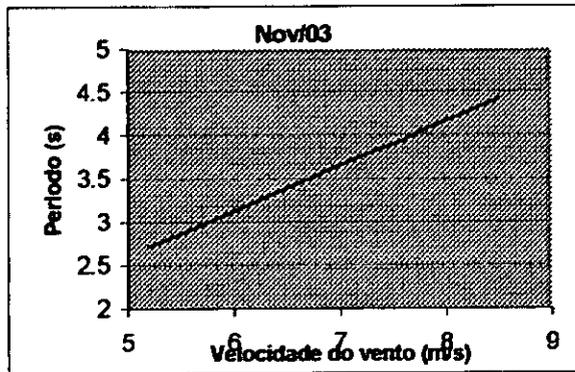


Figura 19: Período da onda 14:40h a 16:10 h, 22/11/03

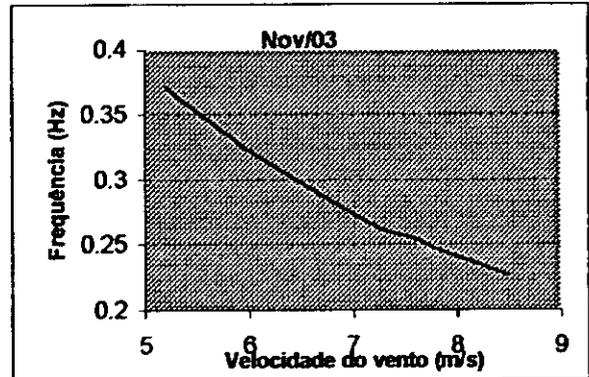


Figura 20: Frequência da onda, 14:40h a 16:10 h, 22/11/03

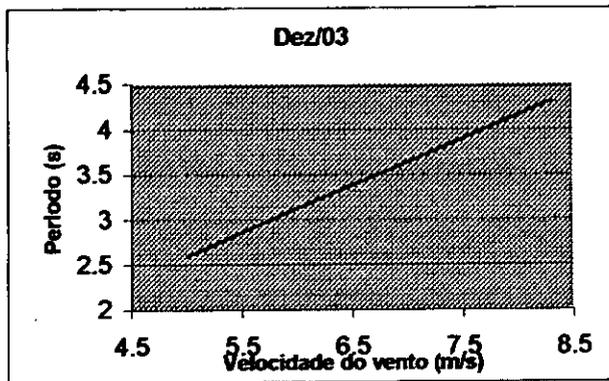


Figura 21: Período da onda 14:40h a 16:10 h, 22/12/03

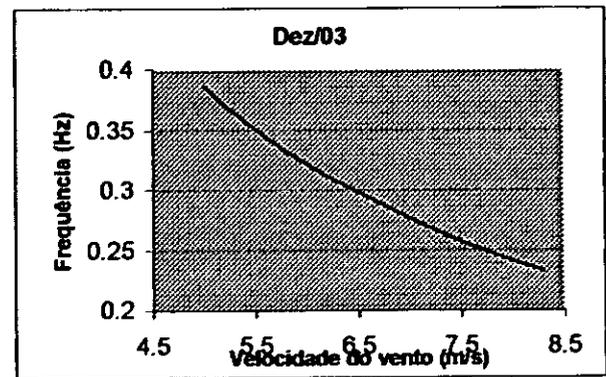


Figura 22: Frequência da onda, 14:40h a 16:10 h, 22/12/03

4.3 Movimento das Partículas

A tabela 8 é referente ao movimento das partículas durante a enchente e vazante

Enchente			Vazante		
Temp(s)	Esp(m)	V(m/s)	Temp(s)	Esp(m)	V(m/s)
9	6	0.67	10	6.5	0.65
10	8	0.8	10	7	0.7
11	6	0.55	11	6	0.55
11	7	0.64	12	7	0.58
12	7.5	0.63	13	7.5	0.58
12	8	0.67	13	9	0.69
13	6.5	0.5	14	8	0.57

Tabela.8 Movimento das partículas

As figuras (23 e 24) mostram o espaço percorrido pelas partículas durante a enchente e durante a vazante.

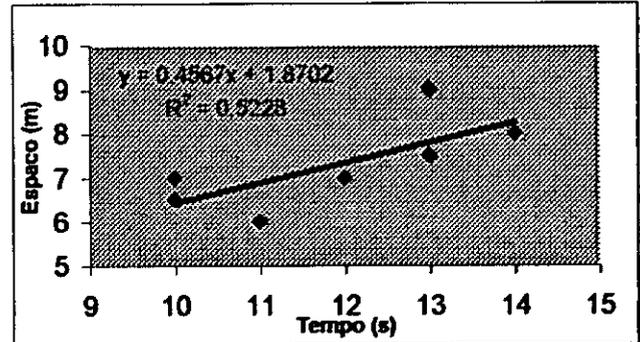
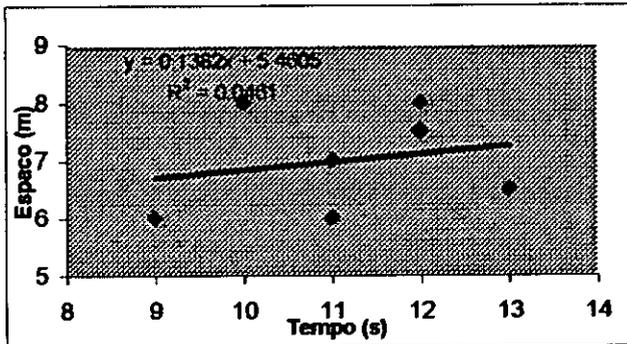


Figura 23: Espaço perc. pelas partic. durante a enchente Figura 24: Espaço perc. pelas partic. durante a vazante

4.4 Perfil da Praia

A Tabela 9 é do perfil da praia medido junto e paralelamente à linha da costa, o marégrafo estava a 150m do ponto A, figura 27.

Dist(m)	Nível(m)								
0	0.65	116	1.02	232	1.37	348	1.8	464	2.1
4	0.71	120	1.03	236	1.38	352	1.85	468	2.1
8	0.78	124	1.02	240	1.39	356	1.81	472	2.2
12	0.85	128	1.12	244	1.42	360	1.88	476	2
16	0.88	132	1.03	248	1.43	364	1.86	480	2.1
20	0.85	136	1.06	252	1.43	368	1.9	484	2
24	0.86	140	1.18	256	1.51	372	1.91	488	2.1
28	0.83	144	1.24	260	1.45	376	1.89	492	2
32	0.84	148	1.21	264	1.46	380	1.87	496	2.1
36	0.87	152	1.24	268	1.54	384	1.8	500	2
40	0.86	156	1.25	272	1.55	388	1.86	504	2.1
44	0.87	160	1.25	276	1.51	392	1.89	508	2
48	0.88	164	1.27	280	1.55	396	1.85	512	2.1
52	0.86	168	1.29	284	1.63	400	1.86	516	1.9
56	0.85	172	1.31	288	1.63	404	1.87	520	1.99
60	0.83	176	1.34	292	1.61	408	1.89	524	2.1
64	0.87	180	1.4	296	1.64	412	1.91	528	2.2
68	0.89	184	1.37	300	1.66	416	1.89	532	2.1
72	0.85	188	1.4	304	1.65	420	1.92	536	2
76	0.86	192	1.37	308	1.67	424	1.93	540	2.1
80	0.9	196	1.39	312	1.61	428	1.95	544	1.99
84	0.78	200	1.4	316	1.68	432	1.94	548	1.98
88	0.83	204	1.38	320	1.69	436	1.96	552	1.98
92	0.92	208	1.41	324	1.71	440	1.98	556	1.97
96	0.9	212	1.34	328	1.7	444	1.97	560	1.96
100	0.82	216	1.37	332	1.81	448	1.99	564	1.98
104	0.83	220	1.38	336	1.84	452	1.91	568	1.95
108	0.9	224	1.43	340	1.79	456	1.9	572	1.94
112	1	228	1.34	344	1.83	460	2	576	1.93

Tabela.9 Perfil da praia medido no sentido paralelo à linha da costa

A figura 25 é do o perfil da praia em função da distância, foi feita com base nos registos que constam na tabela 10.

A (Zona de lançamento de barcos)

C(Zona de banhistas)

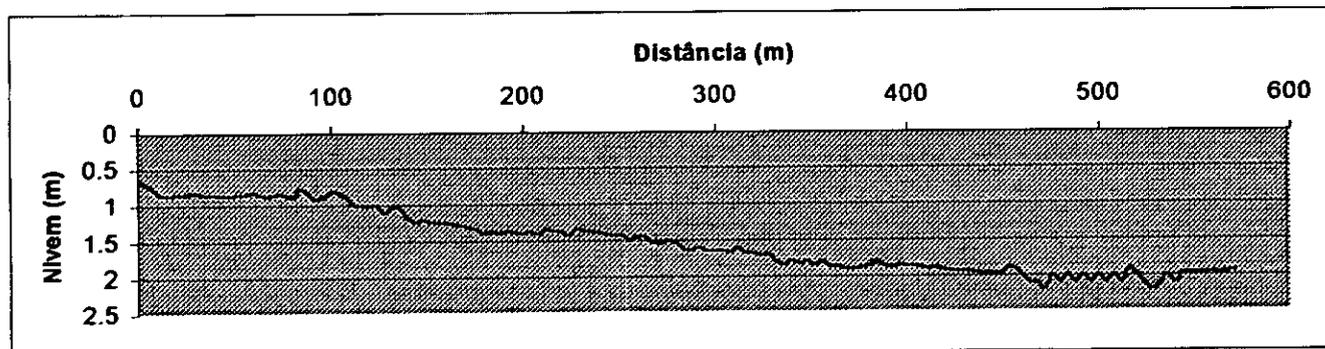


Figura 25: Perfil da praia no sentido paralelo à linha da costa

A Tabela 10 é das medições feitas perpendicularmente à linha da costa, a partir da linha mais afastada atingida por maré alta.

Dist(m)	Nível(m)	Dist(m)	Nível(m)	Dist(m)	Nível(m)	Dist(m)	Nível(m)
0	0.84	12	2.29	24	3.11	36	3.9
4	1.75	16	2.45	28	3.41	40	4
8	1.97	20	2.85	32	3.73		

Tabela.10 Perfil da praia medido perpendicularmente à linha da costa, na recta dos pontos B e D no mapa1.

A figura 26 mostra o perfil da praia, em função da distância obtido por meio da tabela 10.

D (50m antes da linha da costa)

B (linha da costa)

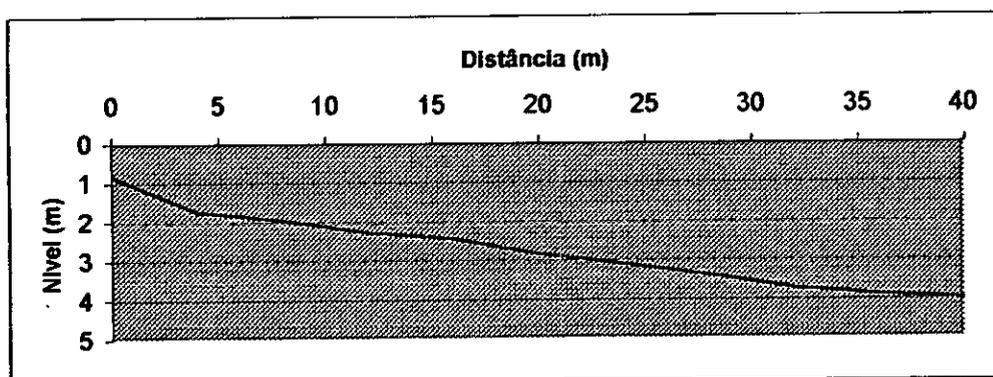


Figura 26: Perfil da praia perpendicularmente à linha da costa, na recta dos pontos B e D, no mapa1.

A tabela 11 é do perfil da rocha em função da distância

Dist(m)	Nível(m)								
0	2.05	116	2.75	208	2.1	304	2.6	420	1
4	2.05	120	2.75	212	2.1	308	2.6	424	1
8	2.05	124	2.75	216	2.1	312	2.6	428	1.2
12	2.64	128	2.97	220	2.1	316	1.8	432	1.2
16	2.64	132	2.97	224	2.1	320	1.8	436	1.2
20	2.64	136	2.97	228	2.85	324	1.8	440	1.2
24	2.64	140	2.97	232	2.85	328	1.8	444	1.2
28	2.05	144	2.97	236	2.85	332	1.74	448	1.29
32	2.05	148	3.24	240	2.85	336	1.74	452	1.29
36	2.05	152	3.24	244	2.85	340	1.74	456	1.29
40	2.7	156	3.24	248	2.82	344	1.74	460	1.29
44	2.7	160	3.24	252	2.82	348	1.4	464	1.29
48	2.7	164	3.24	256	2.82	352	1.4	468	1.3
52	2.7	144	2.93	260	2.82	356	1.4	472	1.3
56	2.64	148	2.93	264	2.82	360	1.4	476	1.3
60	2.64	152	2.93	268	2.57	364	1.4	480	1.3
64	2.64	156	2.93	272	2.57	368	1.38	484	1.6
68	2.7	160	2.93	276	2.57	372	1.38	488	1.6
72	2.7	164	2.82	280	2.57	376	1.38	492	1.6
76	2.7	168	2.82	264	2.85	380	1.38	496	1.2
80	2.7	172	2.82	268	2.85	384	1.47	500	1.2
84	2.7	176	2.82	272	2.85	388	1.47	504	1.2
88	2.78	180	2.82	276	2.85	392	1.47	508	1.2
92	2.78	184	2.75	280	2.6	396	1.47	512	0
96	2.78	188	2.75	284	2.1	400	1.47	516	0
100	2.78	192	2.75	288	2.1	404	1.47	520	0
104	2.78	196	2.97	292	2.1	408	1	524	0
108	2.75	200	2.97	296	2.1	412	1	528	0.8
112	2.75	204	2.97	300	2.1	416	1	532	0.8

Tabela.11 Perfil da Rocha

F (Zona de lançamento de barcos)

G(Zona de banhistas)

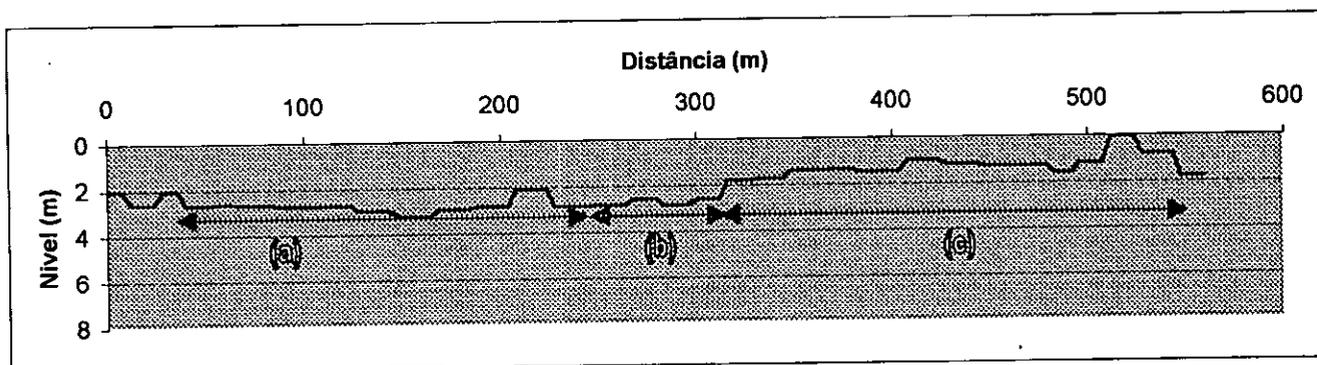


Figura 27: Perfil da Rocha onde (a) e (c) são baías e (b) cabo

CAPÍTULO V

5. Discussão dos Resultados

5.1 Análise Espectral da Onda

O comportamento das ondas marítimas está evidenciado nas figuras 17 e 18. As subidas e descidas da superfície do mar ocorrem de forma irregular, tanto para cima como para baixo do nível médio do mar. Os pontos mais altos atingidos pela água correspondem às cristas das ondas. Os pontos mais baixos entre as cristas são os chamados cavados das ondas.

As ondas na Praia de Xai-Xai, imediatamente antes de rebentarem, provocam tanto protuberâncias (cristas) quanto depressões (cavados) na superfície da água, face a este acontecimento pode-se afirmar que as ondas no local em estudo quebram-se com um remanescente do cavado ainda considerável dando impressão de que há uma depressão na frente da crista, a maior parte da onda fica acima do nível médio, sendo perceptível apenas uma pequena parte do cavado, dando a impressão de que o fundo do mar próximo à praia empurra a onda para cima forçando o cavado a se aproximar ao nível médio e forçando a crista a subir.

As figuras 17 e 18 mostram que as ondas mais altas, estão entre 0.85m a 1,33m estas são menos frequentes; isto significa que a probabilidade de ocorrência das mesmas é menor do que aquelas que são menores que 0.85m. A probabilidade de ocorrência das ondas mais altas varia de 2,9% a 5,7% e a das ondas menores que 0.85m varia de 14% a 30%.

5.2 Alturas Significativas

Na determinação de altura significativa e energia foram usados dois métodos que são: uso da relação da velocidade do vento e altura da onda e medição directa por meio do marégrafo.

Uso da Relação da Velocidade do Vento e Altura da Onda

A velocidade do vento, no momento de colecta dos dados, variou de 5,2m/s a 8,5m/s em Novembro e 5m/s a 8,3m/s em Dezembro correspondendo a altura significativa de 0,58m a 1,51m e 0,53m a 1,45 m respectivamente. a altura significativa 10 minutos antes e depois das 16 horas foi de 1,40 m para Novembro e 1,32m para o mês de Dezembro.

Comparando os resultados dos dois meses a diferença é de 0,08m é insignificante, o maior valor foi de Novembro, esta ligeira diferença deve-se ao facto de terem-se registado valores muito aproximados da velocidade do vento nos meses em causa.

Medição Directa por Meio do Marégrafo

As alturas significativas variaram de 0,99m em Novembro a 0,78m em Dezembro, onde em Novembro registou-se a onda mais alta. A diferença de 0,21m nas alturas deve-se ao facto de terem-se registado valores altos da velocidade do vento em Novembro que em Dezembro.

Comparação dos Dois Métodos

O primeiro método forneceu valores mais altos das alturas das ondas em relação ao segundo, a diferença das alturas foi de 0,41m e de 0,54m para Novembro e Dezembro respectivamente. Esta diferença significativa é provável que seja do efeito da rocha, visto que a relação teórica não tem em conta o efeito de barreiras, ou seja, obstáculo à propagação da energia da onda.

5.3 Energia da Onda

Conforme a equação (12) a energia é directamente proporcional ao quadrado da altura da onda.

Uso da Relação da Velocidade do Vento e Altura da Onda

A energia da onda obtida a partir da relação empírica variou de 424,5 J/m² a 2876,9 J/m² em Novembro e de 354,4 J/m² a 2652,8 J/m² em Dezembro. A diferença entre os máximos é de 224,1 J/m² e entre os mínimos foi de 70,1 J/m², sendo maior o valor registado em Novembro. As causas são as mesmas do caso de altura significativa.

Medição Directa por Meio do Marégrafo

A energia da onda observada variou de 913.38 J/m^2 a 1820.45 J/m^2 e 517.82 J/m^2 a 1140.94 J/m^2 em Novembro e Dezembro respectivamente, o maior valor foi de Novembro, a diferença entre os máximos é de 449.92 J/m^2 e entre os mínimos é de 395.56 J/m^2 .

Teoricamente esta energia é baixa, mas é suficiente para alimentar sete lâmpadas de 100 W. Os resultados da energia significam que as ondas não têm somente impacto negativo, têm também impacto positivo que é o fornecimento de energia que pode ser transformada em energia eléctrica.

Comparação dos Dois Métodos

O método da relação da velocidade do vento e a altura da onda apresenta valores relativamente altos em relação ao método da medição directa por meio do marégrafo. Os maiores valores são do mês de Novembro, dado que as alturas registadas em Dezembro são desprezíveis em comparação às do mês de Novembro. A rocha dissipa uma parte da energia da onda; considerando que a relação teórica não tem em conta o obstáculo à propagação da energia da onda pode-se estimar energia dissipada pela rocha a partir da diferença entre os dois métodos. Com base na altura significativa, a energia dissipada pela rocha é de 1060 J/m^2 para Novembro e para Dezembro é de 1430 J/m^2 .

5.4 Período e Frequência das Ondas

As ondas obtidas pela relação velocidade do vento e a altura da onda são de período que varia de 2.7 s a 4.4 s, correspondendo a frequências que variam de 0.226Hz a 0.386 Hz, estes são valores característicos de ondas curtas. As figuras (19 e 21) mostram que com o aumento da velocidade do vento aumenta também o período de ondas e as figuras (20 e 22) que indicam o comportamento da frequência, mostram que esta é inversamente proporcional à velocidade do vento.

5.5 Movimento das Partículas

O objectivo do estudo do movimento das partículas era de saber para que lado as partículas se deslocam, com que velocidade bem como sua trajectória, quer na vazante quer na enchente. Das várias tentativas feitas o limão mostrou ser mais eficiente no estudo, visto que minimizou o efeito da turbulência. Para o efeito era atirado um limão para a água para uma distância possível de ser visto com nitidez, observou-se que o movimento dominante durante a enchente é para a zona de banhista e

para a zona de lançamento de barcos em caso contrario. Verificou-se ainda que o movimento não é rectilíneo e as partículas deslocam-se a uma velocidade inferior a 1m/s. As correntes da vazante são maiores que as da enchente, provavelmente, isto ocorre devido à influência dos atritos lateral (rocha e linha da costa) e do fundo que são gradativamente maiores em direcção à zona de banhistas.

As partículas movimentam-se ziguezagueando, isto deve-se às correntes longitudinais (ao longo da costa) e transversais (de retorno). A foto nº1 secunda igualmente o facto mencionado anteriormente sobre correntes que se observam na linha da costa da Praia de Xai-Xai.

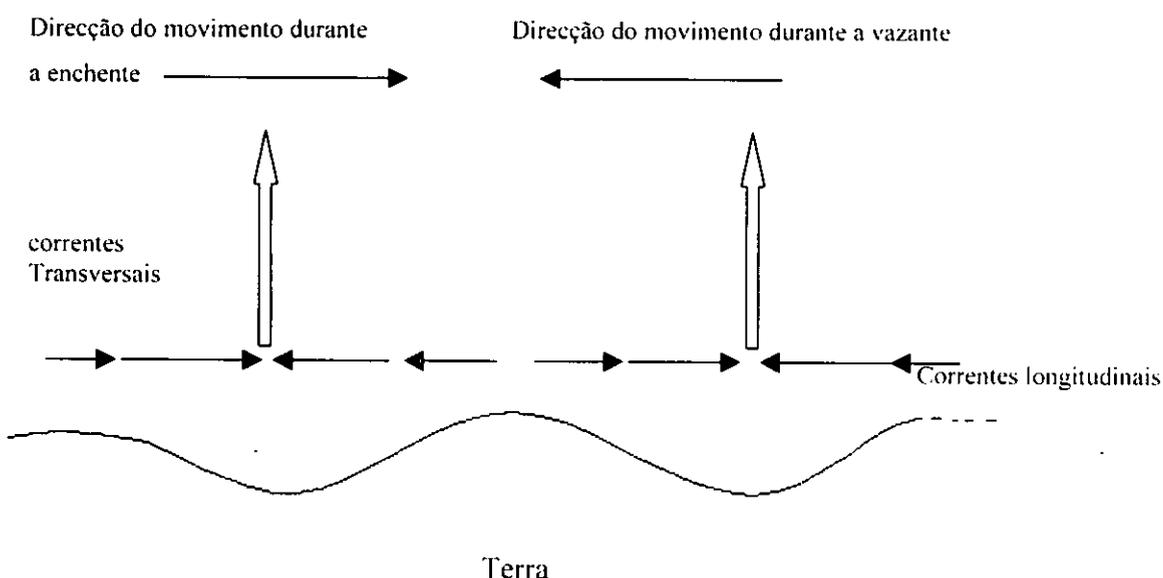


Figura (28): Correntes

O aspecto da linha da costa da praia de Xai-Xai é o da figura 28, as correntes que se verificam vêm representadas pelas setas, onde as setas grossas simbolizam que as correntes longitudinais à linha da costa ao se juntarem na direcção das reentrâncias são fortes e deslocam-se em direcção ao mar e estas são denominadas correntes transversais à linha da costa ou simplesmente correntes de retorno (rip currents). A meia distância entre a linha da costa e a rocha formam-se de novo correntes longitudinais cujo sentido é para a zona de banhistas durante a enchente e para a zona do Parque do Campismo durante a vazante.

Normalmente as correntes longitudinais crescem em intensidade da costa em direcção ao mar, estas correntes transportam sedimentos colocados em suspensão pelas ondas incidentes: potencialmente

podendo movê-los ao longo de quilómetros através de processo de meso-escala conhecido como deriva litorânea. Existem dois mecanismos básicos que explicam a formação de correntes longitudinais:

- a) incidência oblíqua de ondas sobre a praia;
- b) variação longitudinal da altura de rebentação.

<http://br.drs.yahoo.com/s+16745933/k=caracterização+do+litoral>.

Dos dois mecanismos básicos que explicam a formação de correntes longitudinais, o primeiro é mais notável na Praia de Xai-Xai, isto sustenta-se pela feição sinuosa da linha da costa.

Não há relação entre a rocha e a forma da linha da costa, ou melhor, não se conclui que onde a rocha é alta verificam-se promontórios e onde é baixa verificam-se baías. dado que a zona tem um declive acentuado orientado em direcção à zona de banhista onde a rocha é alta e sem fracturas; nota-se através da figura 27, que o perfil da rocha é crescente caminhando da zona de banhista para a zona de lançamento de barcos, ao passo que através da figura 25 do perfil junto à linha da costa o declive é acentuado e orientado para a zona de banhistas, neste contexto, o volume de água que é admitido quase instantaneamente da zona de lançamento de barcos dirige-se para a zona de banhistas onde se acumula formando uma baía que termina no início duma duna na zona da Wenela (foto.1).

5.6 Perfis da Praia e da Rocha

Perfil da Praia

Os dados do perfil da praia mostram que a Praia de Xai-Xai não é plana, isto é a área apresenta ondulações, tornando a Praia perigosa para os que praticam natação.

Perfil da Rocha

A figura 27 mostra que a altura da rocha não é uniforme; além de fracturas apresenta, outrossim, pontos baixos e altos. Existem muitos factores quer relativos à geodinâmica interna quer relativos à geodinâmica externa que originaram o aspecto actual da rocha. Adianta-se, neste trabalho, a hipótese de os principais agentes serem os processos marinhos como as correntes de marés e a acção das ondas. A medição da rocha pelo teodolito foi caracterizada por algumas limitações que a seguir se indicam:

- a) Dificuldades de caminhar sobre a rocha, visto que esta em algumas partes está em forma de blocos;

- b) Dificuldades de comunicação com o ajudante de campo;
- c) A rocha possui fracturas que em algumas zonas não permitiram que a régua usada na medição fosse colocada no lugar pretendido.

5.7. Limitações Dos Métodos Usados

Uso da Relação da Velocidade do Vento e a Altura da Onda

A velocidade do vento depende de muitos factores. Considerando mesma vertical a velocidade do vento lida no mesmo instante num ponto alto é superior em relação à aquela que é lida num ponto baixo, sendo assim a velocidade do vento depende da posição onde é colocado o anemómetro.

Medição Directa por Meio do Marégrafo

O marégrafo, embora seja um instrumento moderno com uma boa precisão em relação ao caso anterior, tem também suas limitações. De referir que o marégrafo é ancorado no fundo marinho; do exposto sabe-se que a areia e a água estão em constante movimento, sendo assim qualquer alteração da posição deste instrumento influi nos resultados. O outro aspecto é o facto de o marégrafo funcionar com pilhas, na prática sabe-se que qualquer instrumento que usa pilhas a insuficiência da intensidade da corrente implica o funcionamento indevido do instrumento em causa.

5.8 Análise Crítica do uso dos dois Métodos/Validade dos dois métodos

No primeiro método a intervenção humana é dominante, sendo assim os erros frequentes estão relacionados com a intervenção humana, normalmente um erro humano é mais grave que o erro instrumental, além disso o método analítico não tem em conta o obstáculo à propagação da energia da onda, assim poder-se-á afirmar que os dados do marégrafo estão mais próximos da realidade.

CAPÍTULO VI

6.1 Conclusão

Nos dias em que foram feitas as medições as alturas significativas, pelo método teórico foram de 1.40m e 1.32 m e pelo método prático foram de 0,78m e 0,99m para Novembro e Dezembro respectivamente, com estes resultados conclui-se que a altura significativa das ondas, após a rocha para terra, na praia de Xai-Xai é de cerca de um metro.

Os valores máximos da energia da onda foram de 2876 J/m^2 pelo método teórico e 1820 J/m^2 pelo método prático com estes valores conclui-se que as ondas na praia de Xai-Xai são fortes. Tratando-se de uma área sensível, esta energia é bastante erosiva.

A onda dissipa uma parte da sua energia na rocha, neste âmbito, tem-se a concluir que a presença daquela estrutura na zona é benéfica para a humanidade em geral; se não existisse rocha em causa, tratando-se de uma zona de solo arenoso onde verifica-se a dinâmica do ar, da água bem como da areia, não haveria talvez, neste momento, praia naquela zona, ou seja, a rocha protege a praia contra erosão. Pela observação directa do autor deste trabalho foi possível concluir que a rebentação em espiral é um dos tipos de rebentamento mais frequentes que se verificam na praia de Xai-Xai; este facto é sustentado pela foto 3 tirada na zona de estudo.

Os máximos períodos das ondas foram de cerca de 4 segundos para pelo método teórico e volta de 2 segundos para a medição directa com o marégrafo, com estes dados conclui-se que as ondas que se verificaram foram curtas.

Por meio das fig. 15 -16 , conclui-se que a onda na praia de Xai-Xai quebra-se com um remanescente do cavado ainda considerável dando impressão de que há uma depressão na frente da crista.

Através da inclinação das rectas das fig. 23-24 , pode-se afirmar que as correntes da vazante são maiores que as da enchente, com isto é extremamente perigoso nadar em profundidades que ultrapassam o peito porque a probabilidade de ser arrastado para águas mais profundas é maior.

Por meio das fig. 17-18, conclui-se que as ondas mais frequentes após o impacto na rocha são aquelas que têm altura inferior a 0,85 m.

6.2 Recomendações e Medidas para a Mitigação do Impactos Negativos Provocados pela Acção das Ondas

Existe um conjunto de impactos negativos provocados pelas ondas, tais como: a erosão costeira, naufrágios, correntes fortes que estas criam imediatamente após o seu rebentamento; com vista a aumentar a segurança na utilização das praias tem de se ter em conta as seguintes considerações:

- a) Próximo da zona de correntes litorais, existem buracos que podem criar graves problemas aos banhistas. Os buracos aparecem paralelos à praia e podem ter uma profundidade variável;
- b) No instante imediatamente depois da tempestade as praias são mais traiçoeiras;
- c) Devido às ondas da tempestade e de ventos moderados a costa encontra-se em mudança progressiva, constituindo perigos aos banhista mal desprevenidos;
- d) Recomendam-se, as entidades responsáveis pela administração marítima, a colocação de bandeiras de sinalização indicando o estado do mar, onde para o efeito dever-se-á usar cor verde para simbolizar que o mar está calmo pode se entrar na praia; amarela para simbolizar que há correntes marítimas fortes e vermelha como sinal de que é proibido entrar na praia por várias causas: presença de correntes fortes, presença de produto tóxico, etc.
- e) Recomenda-se ainda, que existam nadadores-salvadores nos dias com maior movimento, como por exemplo nos fins-de-semana ou mesmo durante as férias escolares.

6.3 Sugestões

Existe um conjunto de perigos inerentes aos processos marítimos aos quais os utentes de uma praia devem ter especial atenção, tais como: os tipos de ondas, a sua formação e forma de rebentação, os tipos de correntes, os gradientes das praias, os buracos, etc. A compreensão dos fenómenos costeiros é um importante passo para aumentar a segurança na utilização das praias pelo público em geral, neste contexto, a satisfação das seguintes sugestões é mais um passo para a mitigação dos problemas acima mencionados na Praia de Xai-Xai, ou melhor, em toda a costa.

- a) A continuidade dos trabalhos de investigação na costa moçambicana é importante para o conhecimento das causas dos problemas criados pela complexidade dos fenómenos que interagem na zona de interface terra/mar/sociedade;
- b) Sugere-se a conservação da rocha, porque protege a praia contra as ondas fortes;
- c) Sugere-se ainda, que sejam colocadas placas de advertência ao longo da praia indicando zonas perigosas;
- d) Sugere-se ainda a realização de palestras de divulgação persuadindo a população no sentido de esta cumprir o seguinte:
 - Se for apanhado por uma corrente marítima forte, mantenha calma não nadar contra a corrente, deixe-se arrastar para não se cansar muito, nade obliquamente até alcançar a costa;
 - Não entre na água após longos períodos de exposição ao sol visto que uma entrada de rompante na água pode provocar choque térmico e até a morte instantânea;
 - Nadar acompanhado;
 - Avisar aos seus acompanhantes quando for tomar banho;
 - Tente obter informações sobre as zonas perigosas;
 - Não procurar mostrar os seus dotes de nadador na praia;
 - Não colher mexilhão na rocha durante ondas fortes.

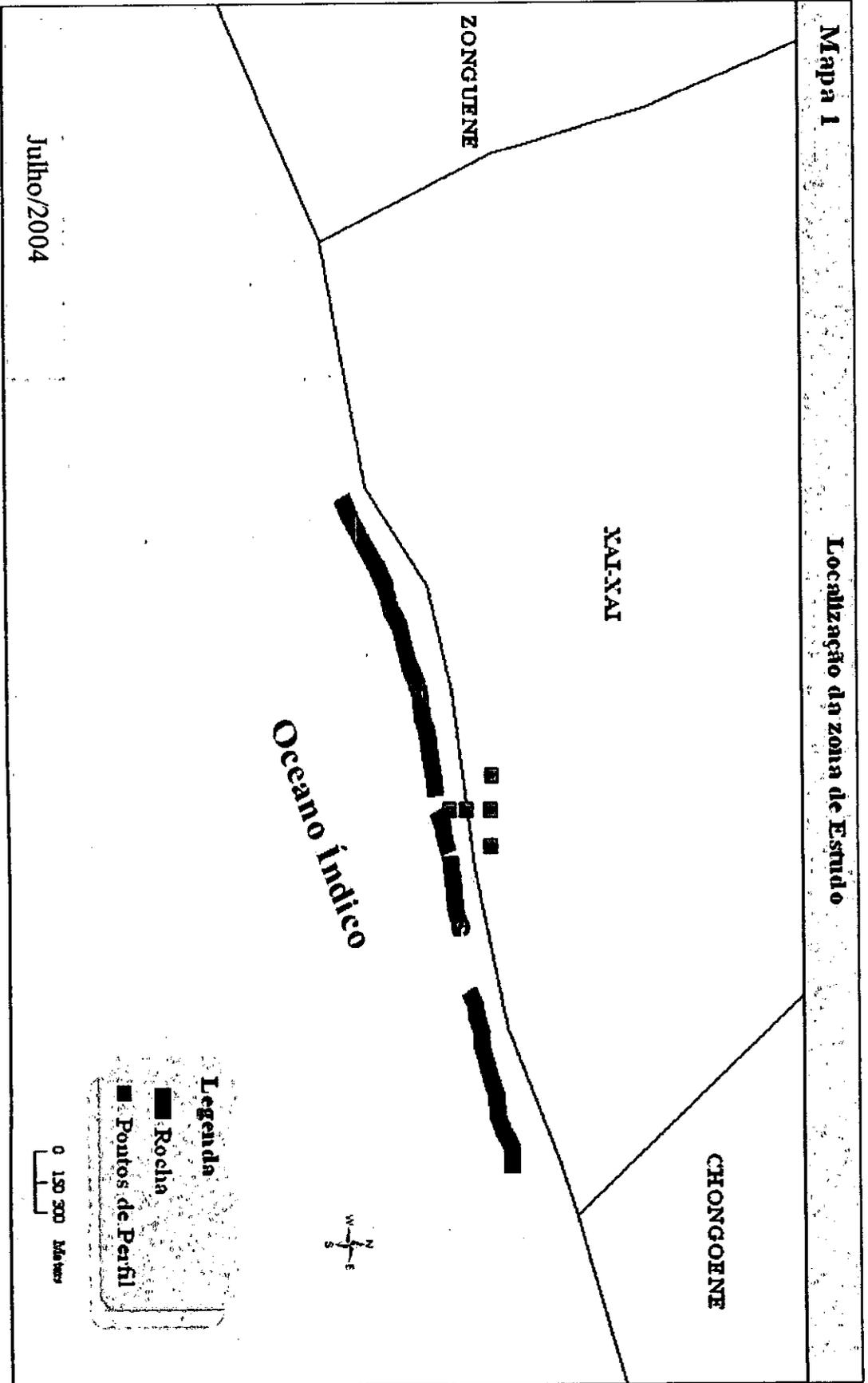
6.4 Referência Bibliográfica

1. Ochi, M. K. (1968) Ocean Waves. Cambridge University. pp 303.
2. Machado, F. (1979) Introdução à Oceanografia. Instituto Universit. dos Açores. pp103.
3. Hare, K; W. Andrew; M.K. Judith; R.W.Kates, D.L. Johnson; H.K.Johnson and A.G..Manuel (1992). Desertificação: Causas e Consequências. Fundação Calouste Gulbenkian. PP 678. Lisboa.
4. Micoa-CDS. Curso de Gestão Costeira para Membros de Comitês Inter-Instituoc. pp 45. Xai-Xai;
5. R. Kay and A. Jacqueline (2000). Coastal Planning and Manangement. pp 375 Londres.
6. Bascom.W (1959). Waves and Beaches. PP.366. New York.
7. Kuenen, P.H. (1963) Marine Geology. pp.568.USA.
8. Brown, J; A. Colling; P.Dave; P.Joahn; R.Dave and W.John (1995). Ocean Chemistry and Deep-Sea Sediments. pp.134.England.
- 9.Press, F and R.Siever (1998). Earth. pp.656. Fourth Edition.
10. Evelyn. P; A.Colling; P.Dave. J.Phillips; D.Rothery and J.Wright (1999). Waves, Tides and Shallow-Water Process. PP.225.
11. Carter, R. W.G. (1988). Coastal Environments. pp 617. London (British Library).
12. <http://www.io.fc.ul.pt> ;
13. Departamento de Geologia (UEM) (2001). Manual de Geologia. pp140.
14. <http://www.falmouth.com/products/mtide/index.htm>;
15. Viles and Spencer (1995). Coastal Problems. Oxford University. pp 350.
- 16.<http://br.drs.yahoo.com/s+16745933/k=caracterizacao+do+litoral>;
17. 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;
18. <http://www.conhecimentosgerais.com.br/preserveomundo/preverve-os-oceanos>;
19. Gove. D (2001).Perfil Ambiental da Província de Gaza-Depart. C. Biológicas (UEM)
20. Shepard. F; Inman. D.L and Gold B.(1947). Submarine Geology .pp 557. second Edition. New York;
21. Snead. R (1992). Coastal Land Forms and Surface Features pp.247. Hutchinson Ross Published Company. RSA.
- 22.Mulenga. Alberto (2004). Introdução à Estatística. Maputo. pp 205

23. Triola, Mário F (1999). Introdução à Estatística. Sexta edição. Rio de Janeiro.
24. <http://www.ieapm.mar.mil.br/asp/3dwarec.htm>.
25. Odum, Eugene P (1997). Fundamentos de Ecologia. Quinta edição. Lisboa. pp 680.
26. Menard, H.W (1977). Ocean Science. USA.

Mapa 1

Localização da zona de Estudo



Julho/2004