



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE.**

Autor: Horácio José dos Santos

Supervisor: DR. Nordino Muaievela



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE**

Autor: Horácio José dos Santos

Supervisor: DR. Nordino Muaievela

### **Declaração de Honra**

Eu, Horácio José dos Santos, declaro por minha honra que, ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE, que apresento para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciada em Engenharia Civil, é resultado da minha investigação pessoal e independente, orientado por Doutor Nordino Muaivevela. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e nas referências bibliográficas.

Maputo, Agosto de 2022

---



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DA ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Horácio José dos Santos entregou no dia 4 Agosto de 2022, as 4 cópias do relatório do trabalho de licenciatura intitulado: ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE.

Maputo, Agosto 2022

A Chefe da Secretaria

---

## DEDICATÓRIO

Aos meus familiares e amigos:

“ Precisamos aprender com as ondas do mar,  
que fazem de cada recuo, um novo impulso  
para continuar em movimento...”

“ A arte da previsão consiste em antecipar o que acontecerá e depois explicar o  
porque não aconteceu...”

Winston Churchill

## **AGRADECIMENTOS**

A meta foi alcançada, o sonho foi cumprido, mas até tudo se tornar realidade houve um longo percurso onde várias pessoas se tornaram fundamentais. A Deus agradeço por ter guiado meus passos na direcção certa. Sem Ele não teria forças para concluir este objectivo.

À Faculdade de Engenharia-UEM onde aprendi tudo que sei e que me permitiu que me desenvolvesse enquanto pessoa. Adquiri ferramentas muito importantes, mas também valores humanos que vou levar para toda vida. Um agradecimento especial às pessoas que representam tão bem essa mesma instituição. Agradecimento também a INAMAR e INAHINA pelo fornecimento dos materiais didácticos e dados para essa pesquisa em particular.

Aos Professores: Jaime Palalane, Alexandra Neves, Carlos Quadros, Carlos Caupers, Cremildo Vasco, Jorge Pindula, Saturnino Chembeza, Salomão Nguenha, Daniel Balói Pedro, Sing-Sang, Fátima Mussa, Álvaro Carmo Vaz e especialmente Professor Nordino Muaievela que me acompanhou de perto. Aos directores e restantes professores.

Agradecimento ao Eng.º Gomes Vilanculos e Nelson Viana pelas aulas de sapiência no ramo de construção civil.

Por último, mas não menos importante, um agradecimento à minha família que me apoiou incansavelmente, ao meu pai José Martins Joaquim dos Santos participou activamente para que eu continuasse determinado em alcançar esta meta. Também meus amigos e colegas especialmente para: Abasse Nuro; Castigo Miambo; Herculano Chambalo; Hans Date; Hélder Bule; Nilza Rai; Naira Guissamulo; Emílio Tobias; Jorge Langa e Lina Siteo que viveram esta experiência comigo ficarão eternamente no meu coração.

Todas as palavras de gratidão são escassas porque não expressam o verdadeiro significado que vocês tiveram para mim neste percurso. Esta vitória é também a vitória de todos vocês.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A perturbação da superfície do mar gera ondas que vão se propagando, desde o ponto que é produzida, transportam energia, momento linear mas não transportam matéria. Este trabalho estuda agitação marítima a sul do rio Save do Moçambique como forma de contribuir para mitigação de problemas de erosão e deposição de sedimentos uma vez que o seu conhecimento é essencial para dimensionamento de estruturas de protecção.

A região para o estudo corresponde a toda extensão da costa a sul do rio Save em Moçambique que é constituído pelas regiões costeiras das províncias de Maputo, Gaza e Inhambane.

O regime de ventos é importante quando se procede a uma análise do clima de agitação, pois é por acção do vento que se formam ondas na superfície do mar. Foram utilizados dados de ventos obtidos no modelo de assimilação MERRA-2 para a geração de séries de dados de ondas de superfície no mar. As velocidades médias anuais de vento variam entre 5 m/s a 6 m/s na região em estudo.

As distribuição de weibull, log-Normal e Gumbel são candidatas para extrapolação de altura de ondas em função de período de retorno mas somente as distribuição log-Normal e Gumbel apresentam melhor ajustamento.

A direcção de onda predominante em Inhambane é SW e SSW, para Gaza é SSE-SE e Maputo é SE-SSE e NNE-NE. A maior parte das ondas comportam alturas que variam de 0 a 1.5 metros em toda zona costeira, em alguns anos existem picos de alturas de onda que chegam atingir 4 metros.

Palavras-chave:

**Agitação marítima a sul de rio Save, Ventos, ajustes a distribuição teóricas**

## ÍNDICE

DEDICATÓRIO .....	I
AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURA.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objectivos do estudo .....	2
1.1.1 Objectivo Geral .....	2
1.1.2 Objectivos Específicos .....	2
2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS .....	3
2.1 Ondas.....	3
2.1.1 Teorias de onda .....	3
2.1.2 Características das Ondas.....	4
2.2 Geração de ondas devido ao vento.....	4
2.2.1 Intensidade ou velocidade de vento.....	6
2.2.2 <i>Fetch</i> .....	8
2.2.3 Previsão de ondas a partir de dados de vento.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1 Área de Estudo e Clima.....	11
3.2 Geologia.....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
3.3 Dados de Satélite .....	12
3.4 Metodologia .....	13
3.4.1 Vento – conversão da direcção.....	13



3.4.2	Agitação Marítima .....	15
3.4.3	Caracterização do clima de ondas a longo termo .....	19
3.4.4	Verificação da bondade do ajuste das distribuições teóricas .....	24
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1	Ventos extremos.....	25
4.2	Agitação Marítima.....	26
4.2.1	Altura de onda e Período .....	26
4.2.2	Direcção de onda .....	31
4.3	Ajuste a distribuição teórica de ondas extremas .....	33
4.3.1	Verificação da bondade do ajuste das distribuições teóricas de probabilidade de ondas extremas .....	36
4.3.2	Discussão de resultados .....	39
5.	CONCLUSÃO .....	40
5.1	Limitações .....	41
5.2	Recomendações.....	41
6.	BIBLIOGRAFIA.....	42
6.1	Outra bibliografia consultada .....	43

## LISTA DE SÍMBOLOS

C	Celeridade em águas pouco profundas
$C_0$	Celeridade em águas profundas
$C_1$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$C_2$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$C_v$	Coeficiente de variação
$D_{0.95}$	Valor crítico para um nível de confiança de 95%
deg	Ângulo em grau
$D_i$	Referência de distância de cada ponto
e	Valor de Euler
g	Aceleração de gravidade
H	Altura de onda
$H_{mo}$	Altura de onda significativa
i	Número de ordem
L	Comprimento de onda em água pouco profunda
$L_0$	Comprimento de onda em água profunda
N	tamanho da amostra
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
$\Phi_{met}$	Coordenadas meteorológicas
$\Phi_{polar}$	Coordenadas polares
Q	Parâmetro da distribuição de Weibull
S	Direcção Sul
SE	Sudeste
SW	Sudoeste
$T_r$	Período de Retorno
$t_{min}$	Duração mínimo
$T_p$	Período da onda
u	Componente zonal ao longo de uma linha de latitude
$U_{10}$	Velocidade de vento a 10 m de elevação

$U_A$	Pressão dinâmica de vento
$U_z$	Velocidade do vento a z de elevação
$v$	Componente Meridional ao longo de uma linha de meridional
$V_H$	Velocidade de vento horizontal
$W$	Oeste
$\bar{x}$	Média da população
$x_0$	Parâmetro da distribuição de Gumbel
$\alpha$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$\beta$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$\gamma$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$\Gamma$	Parâmetro da distribuição de Weibull
$\mu_y$	Desvio padrão
$\sigma_y$	Média da amostra

#### LISTA DE ABREVIATURAS

CVS	<i>Comma Separated Values</i>
GSOD	<i>Global Summary of the Day</i>
ISD	<i>Integrated Surface Database</i>
MERRA-2	<i>Modern-Era Retrospective analysis for research and Applications</i>
NASA	Agência Aeronáutica e Espacial Norte Americana
NCEI	Centro Nacional de Informações Ambientais
SWAN	<i>Simulating Waves Nearshore</i>

## LISTA DE ANEXOS

A1.....	Dados de vento do ponto 1 (Inhambane)
A2.....	Dados de vento do ponto 2 (Inhambane)
A3 .....	Dados de vento do ponto 3 (Gaza)
A4.....	Dados de vento do ponto 4 (Maputo)
A5.....	Código em Octave de geração de onda
A6.....	Código em Octave de geração de onda
A7.....	Código em Octave de geração de onda
A8.....	Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 1
A9.....	Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 2
A10.....	Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 3
A11.....	Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 4
A12.....	Teste de Kolmogorov-Smirnov

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características das ondas (adaptado: coelho,2016).....	4
Figura 2. Perfil de velocidade de vento (fonte: Kamphuis, 2000).....	5
Figura 3. Efeitos de localização .....	7
Figura 4. Correção de estabilidade .....	8
Figura 5. Área de Estudo .....	11
Figura 6. Convenções da velocidade do vento .....	14
Figura 7. Determinação do Fetch no ponto 1.....	17
Figura 8.Determinação do Fetch no ponto 2.....	17
Figura 9. Determinação do Fetch no ponto 3.....	17
Figura 10 Determinação do Fetch no ponto 4.....	17
Figura 11. Roteiro para determinação de pressão dinâmica .....	18
Figura 12.Máxima e média de série temporal do ponto 1 (Inhambane).....	25
Figura 13.Máxima e média de série temporal do ponto 2 (Inhambane).....	25
Figura 14.Máxima e média de série temporal do ponto 3 (Gaza) .....	26
Figura 15. Máxima e média de série temporal do ponto 4 (Maputo).....	26
Figura 16. Estado do mar para altura de onda em Inhambane no ponto 1 .....	27
Figura 17. Estado do mar para o período de onda em Inhambane no ponto 1 .....	27
Figura 18. Estado do mar para altura de onda em Inhambane no ponto 2.....	28
Figura 19. Estado do mar para o período de onda em Inhambane no ponto 2.....	28
Figura 20. Estado do mar para altura de onda em Gaza no ponto 3 .....	29
Figura 21. Estado do mar para o período de onda em Gaza no ponto 3 .....	29
Figura 22. Estado do mar para altura de onda em Maputo no ponto 4.....	30
Figura 23. Estado do mar para o período de onda em Maputo no ponto 4.....	30
Figura 24.Rosa de Ondas para o ponto 1 .....	31
Figura 25.Rosa de ondas para o ponto 2.....	31
Figura 26. Rosa de ondas para o ponto 3.....	32
Figura 27. Rosa de ondas para o ponto 4.....	32
Figura 28. Ajustes a distribuições no ponto 1 .....	34
Figura 29. Ajustes a distribuições no ponto 2 .....	34
Figura 30. Ajustes a distribuições no ponto 3 .....	35
Figura 31. Ajustes a distribuições no ponto 4 .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas do largo do ponto de estudo .....	13
Tabela 2. Rosa de ondas.....	15
Tabela 3. Valores de Fetch para os ângulos notáveis .....	16
Tabela 4. Relações auxiliares para a estimativa do parâmetro de escala de Weibull (fonte: Naghettini e Pinto, 2007).....	23
Tabela 5. Série de máximos anuais de altura de onda em metros .....	33
Tabela 6. Período de Retorno e suas respectivas alturas de onda .....	37
Tabela 7. Quadro de Contingência do ponto 1 .....	38
Tabela 8. Quadro de Contingência do ponto 2 .....	38
Tabela 9. Quadro de Contingência do ponto 3 .....	38
Tabela 10. Quadro de Contingência do ponto 4 .....	38

### 1. INTRODUÇÃO

A agitação marítima pode ser vista como ondas na superfície do mar, resultantes da acção das diversas forças. As ondas podem ser caracterizadas por seus períodos, comprimentos e alturas em função do tipo e escala dessas forças.

Ondas na superfície do oceano com períodos de 3 a 25 segundos são geradas principalmente por ventos e são uma característica fundamental das regiões costeiras em todo mundo (CEM, 2008).

A caracterização da agitação marítima numa região costeira reveste-se de grande importância para estudos de engenharia. Os métodos de dimensionamento de obras de protecção costeira contra erosão e deposição de sedimentos estão dependentes das características de uma onda de projecto que deve ser determinada à partir da agitação marítima. A escolha de uma onda demasiado conservativa acresce o custo do projecto podendo torná-lo inviável. Pelo contrário, subestimar a onda de projecto pode resultar no colapso da estrutura ou elevados custos de manutenção e reparação da mesma.

Estudos de agitação marítima nas zonas costeiras têm sido desenvolvidos ao longo de vários anos e em varias partes do mundo. A titulo de exemplo podem ser destacados os trabalhos de (LNEC, 2017), estudou a propagação de ondas curtas para o interior de um porto utilizando um modelo numérico. (FARIA, 2009), Caracterizou a agitação marítima na Baía de Maputo aplicando o modelo SWAN.

O conhecimento da agitação marítima nesta região pode ser útil para mitigação de problemas de erosão através da melhoria no posicionamento e alinhamento de quebra-mares e de portos e não só, como também na definição das melhores rotas e pontos para a prática de actividades de pesca. Esse trabalho associa diversos altura a diferentes períodos de retorno a essa região sul.

## **1.1 Objectivos do estudo**

### **1.1.1 Objectivo Geral**

- Caracterizar a agitação marítima a sul do rio Save com vista a contribuir na melhor escolha de ondas de projectos em estruturas de protecção costeira.

### **1.1.2 Objectivos Específicos**

- Caracterizar ventos extremos;
- Descrever o clima média e o clima extremo da agitação marítima;
- Conhecer as direcções predominantes de onda;
- Ajustar as diferentes distribuições teóricas de probabilidades a ondas extremas.



## 2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1 Ondas

Uma onda é uma perturbação que se propaga através do espaço, desde o ponto que é produzida, transportando energia e momento linear mas não transportando matéria.

#### 2.1.1 Teorias de onda

A teoria das ondas mais elementar é designada por Teoria das Ondas de Pequena Amplitude ou Linear. Esta teoria foi desenvolvida por Airy em 1845 e representa uma aproximação razoável das características das ondas para uma vasta gama de parâmetros das mesmas (Demirbilek, 2002).

Hipóteses da teoria linear:

- Homogéneo;
- Incompressível;
- Não viscoso;
- Tensão superficial e efeito de Coriolis desprezáveis;
- Pressão na superfície livre constante e uniforme;
- Configuração da onda invariante no tempo e no espaço;
- Válida para grandes e médias profundidades.

A solução da superfície livre é dada pela equação 1 que depende do comprimento de onda, período e altura de onda:

$$\eta(x, t) = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde definem-se os parâmetros:

L - comprimento de onda [m];

T - o período [s];

H - altura da onda [m].

### 2.1.2 Características das Ondas

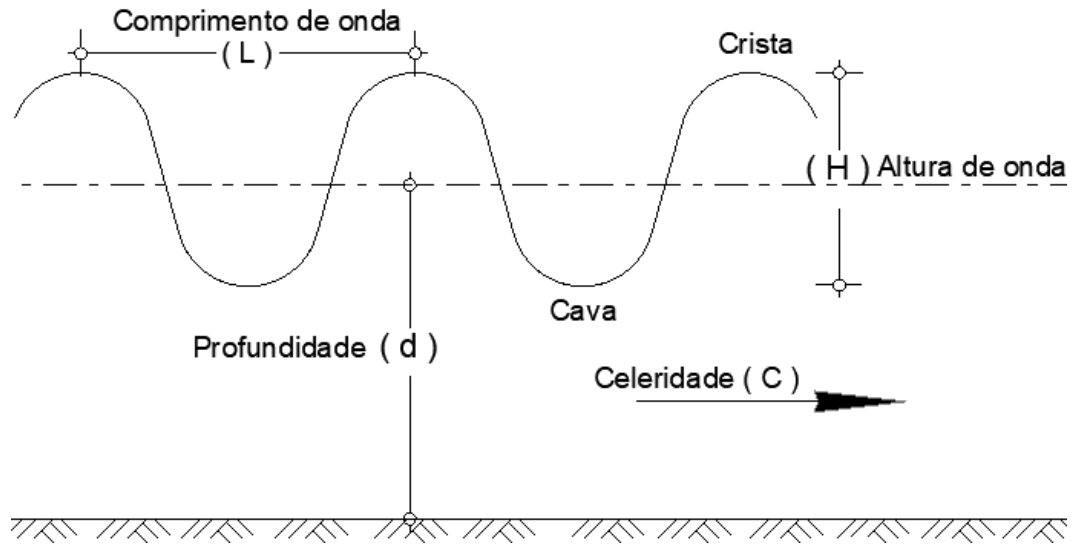


Figura 1. Características das ondas (adaptado: coelho,2016)

Observando a Figura 1, a distância vertical entre as cristas das ondas e a cava adjacente designa-se genericamente como altura de onda ( $H$ ). Outro parâmetro da onda, importante no âmbito da engenharia costeira, é o comprimento de onda ( $L$ ), que é a distância entre cristas ou cavas consecutivas, a grandes profundidades ( $L_0$ ).

O período da onda ( $T$ ), expresso em segundos, é o intervalo de tempo correspondente à passagem de duas cristas sucessivas por um ponto fixo, e ( $C$ ) é a velocidade do movimento aparente das cristas. Para grandes profundidades, a celeridade ( $C_0$ ), não depende da cota dos fundos.

As ondas podem ser classificadas conforme a relação entre o seu comprimento e a profundidade do local onde se propagam em :

- i) Em águas pouco profundas ( $d/L < 0.05$ );
- ii) Em águas intermédias ( $0.05 < d/L < 0.5$ );
- iii) Em águas profundas ( $d/L > 0.5$ ).

### 2.2 Geração de ondas devido ao vento

Existem vários tipos de ondas marítimas que estão associadas a diferentes solicitações externas que as causam. O tipo mais importante e mais comum são as ondas de superfície. Estas ondas são geradas pela acção do vento (Pereira, 2008).

Quando vento suave sopra sobre a água, os vórtices no campo de vento tocarão periodicamente na água, causando perturbações na superfície da água. Pequenas ondulações se formarão, mas apenas onde os vórtices tocam, uma vez que a velocidade do vento deve ser superior a 0,23 m/s para superar a tensão superficial na água.

Philips, 1957 e Miles, 1957 mostraram que a energia do vento é transferida para as ondas com mais eficiência quando ambos se propagam na mesma velocidade. Mas a velocidade do vento é normalmente maior do que a velocidade da onda. Por este motivo, a geração das ondas se formará em um ângulo com a direcção do vento para que o componente da velocidade do vento na direcção da propagação das ondas se aproxima da velocidade da onda (Kamphuis, 2000).

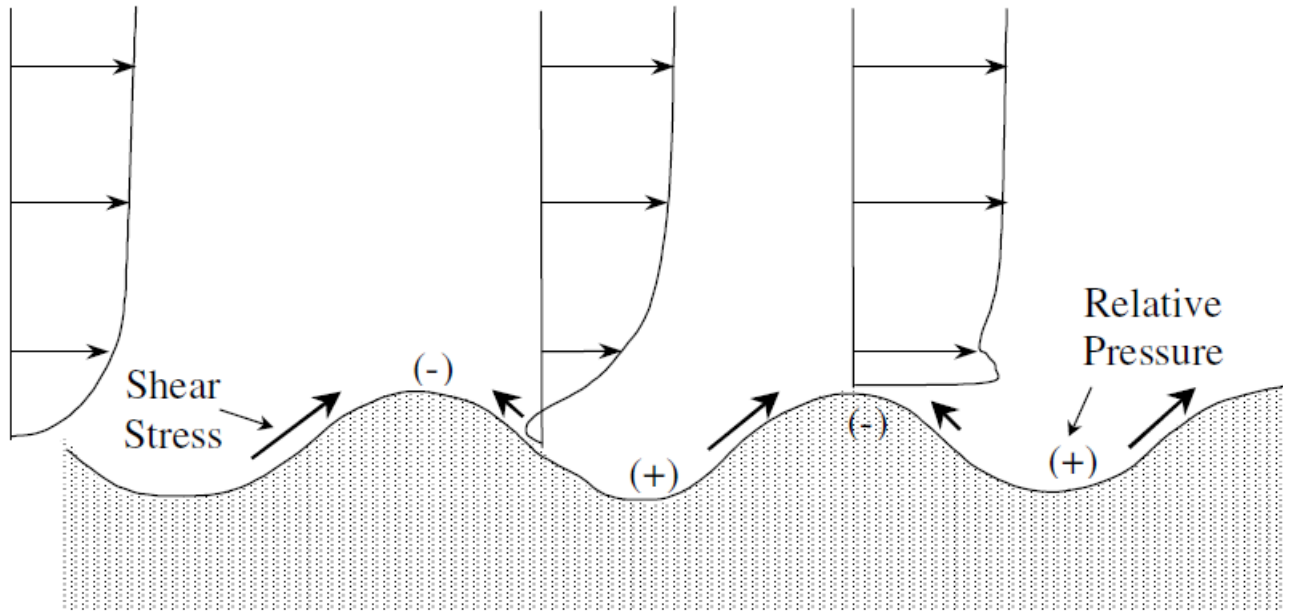


Figura 2. Perfil de velocidade de vento (fonte: Kamphuis, 2000)

A figura 2 demonstra como as ondas de gravidades são geradas a partir da transferência de energia do vento actuando sobre a superfície do oceano.

Denominam-se de vagas (*windsea*) ondas no local da sua geração e ondulação (*swell*) ondas fora da sua área de geração.

Conforme (PATERLINI, 2009), ondas incidindo na costa podem ser resultado de intensas tempestades ocorridas em águas profundas à milhares de quilómetros de distância.

As características das ondas geradas pelo vento dependem de 3 factores:

- 1) Intensidade ou velocidade do vento;
- 2) Duração do vento ;
- 3) Extensão da área de actuação do vento (*fetch* em inglês).

### 2.2.1 Intensidade ou velocidade de vento

Três métodos são comumente usados para estimar campos de vento marinhos de superfície que são:

- a) Estimativas de vento baseadas em observações próximas à superfície;
- b) Estimativas de vento baseadas em análises cinemáticas de campos de vento;
- c) Estimativas de vento com base em informações de campos de pressão e mapas meteorológicos.

O primeiro deles, estimativa de ventos a partir de medições próximas, tem o apelo de simplicidade e tem funcionado muito bem para corpos d'água do tamanho dos Grandes Lagos. Para usar este método, muitas vezes é necessário transferir essas medições de outros locais (por exemplo, de terra para a água) e diferentes elevações (CEM, 2008).

As fórmulas de crescimento de onda são expressas em termos de factor de Pressão do vento  $U_A$  (velocidade do vento ajustada).

O factor de pressão do vento  $U_A$  pode ser calculado conforme a seguinte fórmula, apresentada em (CEM, 2008).

$$U_A = 0.71U_{10}^{1.23} \quad [\text{m/s}] \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$U_{10}$  - Velocidade do vento medida à 10 m acima do nível médio das águas.

#### a) Correcção de elevação da velocidade do vento.

Frequentemente, os ventos são registrados de observações em alturas que (navios, sondas, estruturas offshore, bóias, aeronaves, etc.) não coincidem com altura de referência padrão de 10 m. Ele deve ser convertidos para o nível de referência de 10 m para a previsão de ondas.

Para o caso de ventos registados na altura próximo ao nível de 10 m (dentro da faixa de elevação em cerca de 8 a 20 m). Esta aproximação simples pode ser feita pela equação 3.

$$\frac{U_{10}}{U_z} = \left(\frac{10}{z}\right)^{1/7} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

$U_{10}$  - Velocidade do vento a 10 m de elevação;

$U_z$  - Velocidade do vento numa elevação z em m.

b) Efeitos de localização.

Os ventos são comumente registados em terra e não sobre a água. Para estes casos deve-se efectuar uma transformação tendo em conta que os mesmos resultam do mesmo gradiente de pressão daqueles sobre a água e que a única grande diferença é a rugosidade da superfície. A figura 3 permite essa transferência.

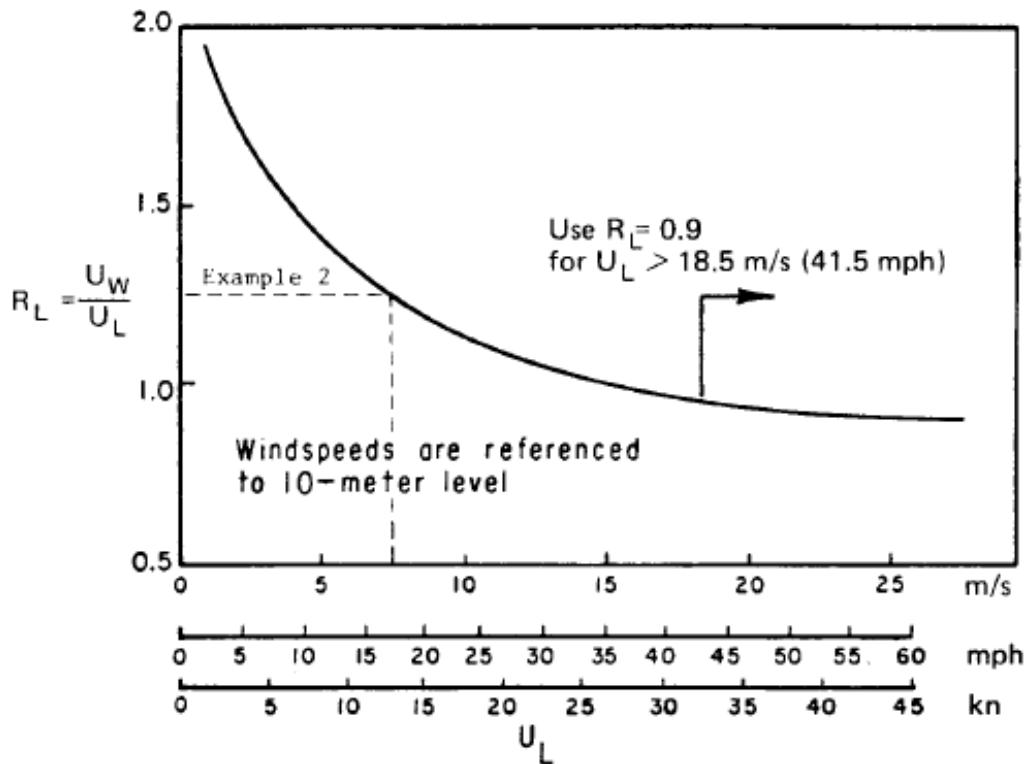


Figura 3. Efeitos de localização

c) Correcção de estabilidade

Se a diferença de temperatura entre o ar e o mar é igual a zero, a camada limite tem estabilidade neutra e não precisa de correcção da velocidade do vento. Se a diferença for negativa, a camada limite é instável e a velocidade do vento é mais eficaz em causar o crescimento das ondas, logo é preciso fazer correcção da velocidade do vento segundo a figura 4. Se a diferença é positiva, a camada limite é estável e a velocidade do vento é menor e eficaz.

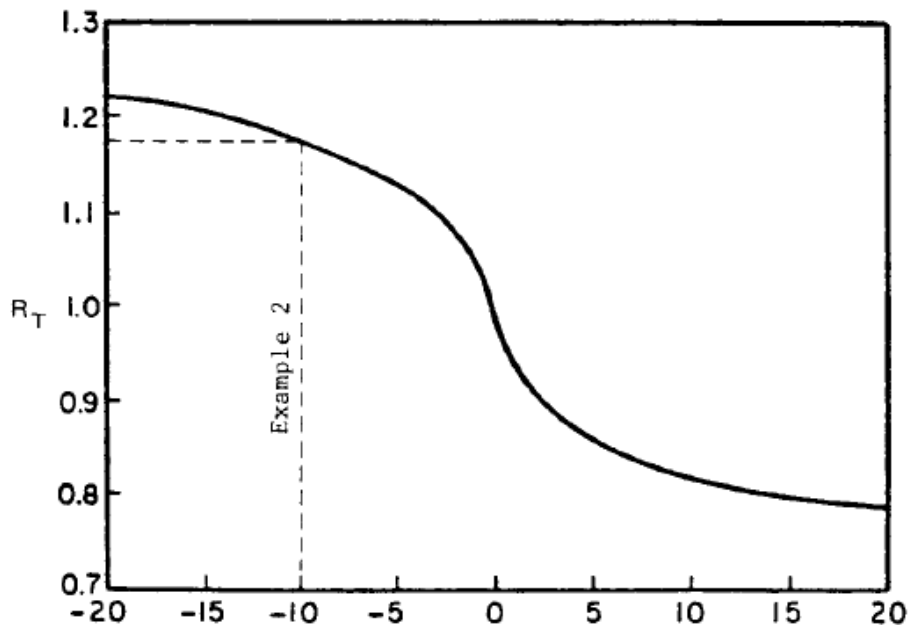


Figura 4. Correcção de estabilidade

Na ausência de informação de temperatura,  $R_T = 1,1$  deve ser assumido.

**2.2.2 Fetch**

O *Fetch* é substancialmente definido como uma região onde o vento e direcção são razoavelmente constantes. A direcção apresenta bons resultados quando o ângulo é de aproximadamente  $15^\circ$  e não excedendo  $45^\circ$  (SPM, 1984). A equação 4 permite determinar o *fetch* efectivo.

$$F = \frac{\sum_{i=9}^9 F_i}{9} \quad \text{(Equação 4)}$$

### 2.2.3 Previsão de ondas a partir de dados de vento.

Quando a duração do vento e o *fetch* são suficientemente ilimitados gera-se um estado do mar completamente desenvolvido para aquela intensidade do vento. A condição para que isto ocorra é a satisfação da equação 5 :

$$\frac{gF}{U_A^2} \geq 23123 \quad (\text{Equação 5})$$

Uma vez satisfeita a equação 5, a altura e período da onda podem ser determinados através das equações 6 :

$$\begin{cases} H = 0.243 \left( \frac{U_A^2}{g} \right) \\ T_p = 8.134 \left( \frac{U_A}{g} \right) \end{cases} \quad (\text{Equação 6})$$

Quando a equação 5 não é satisfeita então as características das ondas serão limitadas pelo *fetch* ou pela duração.

#### a) limitadas por *fetch*

O vento tem duração suficiente em todo *fetch* de modo as alturas de ondas no final alcancem equilíbrio.

- Para águas profundas

$$\frac{gt_{min}}{U_A} = 68.8 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (\text{Equação 7})$$

$$\begin{cases} \frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.0016 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \\ \frac{gT_p}{U_A^2} = 0.2857 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \end{cases} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

$t_{min}$ - duração do vento;

$H_{m0}$ - altura de onda significativa em metros;

$T_p$ - período de pico em segundos.

- Águas intermédias e pouco profundas

Em zonas de águas intermédias, a Equação 9 determina os parâmetros da onda.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.283 \tanh \left( 0.53 \left( \frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/4} \right) \tanh \left[ \frac{0.00565 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left( 0.53 \left( \frac{gh}{U_A^2} \right)^{3/4} \right)} \right] \\ \frac{gT_p}{U_A^2} = 7.53 \tanh \left( 0.833 \left( \frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/8} \right) \tanh \left[ \frac{0.0379 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}}{\tanh \left( 0.833 \left( \frac{gh}{U_A^2} \right)^{3/8} \right)} \right] \\ \frac{gt_{min}}{U_A} = 537 \left( \frac{gt_{min}}{U_A} \right)^{7/3} \end{array} \right. \quad \text{(Equação 9)}$$

b) Duração Limitada

Duração do vento é menor que a mínima necessária, as alturas das ondas são limitadas pelo tempo que o vento tem actuado. Não existe uma fórmula específica, basta para tal seguir o algoritmo:

- 1º passo: Verifique se  $t < t_{min}$ ;
- 2º passo: Substitua  $t_{min}$  por  $t$  na equação 7 e calcule o *fetch* fictício;
- 3º passo: Calcule  $H_{m0}$  e  $T_p$  pela equação 8 onde  $F$  é o *fetch* fictício.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo e Clima

A área em análise corresponde a toda extensão da costa a sul do rio Save em Moçambique. Com o ponto de partida no Rio Save ( $20^{\circ}56'10''\text{S}$  e  $35^{\circ}08'02''\text{E}$ ) até a Ponta de Ouro ( $26^{\circ}51'31''\text{S}$  e  $32^{\circ}53'26''\text{E}$ ). A extensão da zona supracitada é constituído pelas regiões costeiras das províncias de Maputo, Gaza e Inhambane conforme ilustra a figura 5.

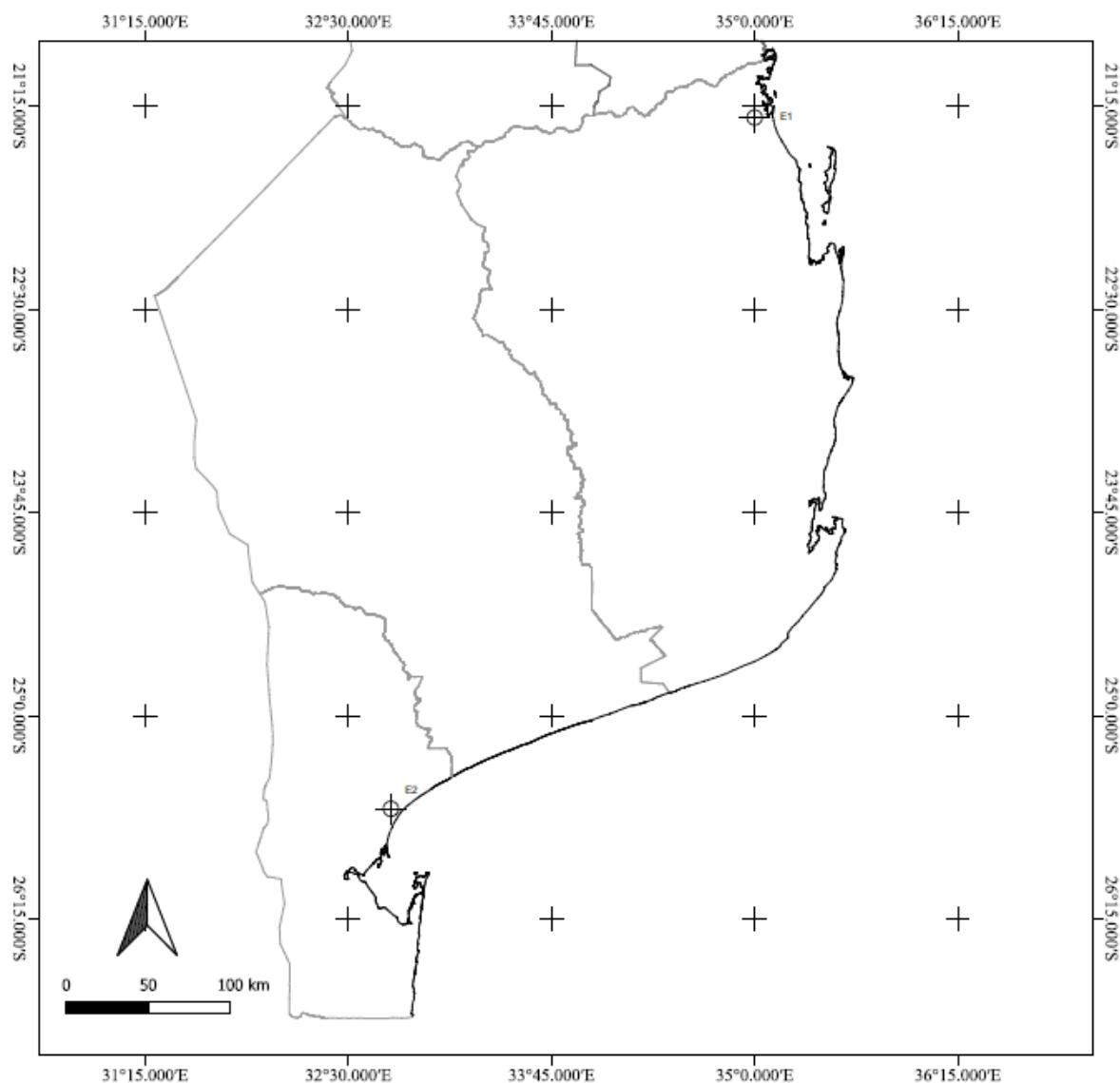


Figura 5. Área de Estudo

O clima de Moçambique é tropical, em geral caracterizado por duas estações bem distintas: uma estação fria e seca, de Abril a Setembro e outra quente e húmida entre Outubro e Março. A Sul do país é geralmente seco mais no interior do que na costa onde a precipitação anual atinge cerca de 800 mm. As temperaturas médias do ar, em geral, variam entre 25 °C e 27 °C no Verão e 20 °C e 23 °C no Inverno.

### 3.2 Dados de Satélite

Os dados de velocidade do vento foram obtidos através do NASA POWER (<https://power.larc.nasa.gov/>). Esta fonte de informação pertence Agência Aeronáutica e Espacial Norte Americana (NASA). As Informações de vento são obtidos por satélite em todo o mundo.

Os parâmetros meteorológicos são baseados no modelo de assimilação MERRA-2. Esses produtos baseados em satélites e modelos demonstraram ser suficientemente precisos para fornecer dados confiáveis de recursos meteorológicos em regiões onde as medições de superfície são escassas ou inexistentes.

A avaliação da precisão dos parâmetros do MERRA-2 é baseada em comparações com observações dos parâmetros correspondentes relatados ao Centro Nacional de Informações Ambientais (NCEI). As avaliações por hora são comparadas com o *Integrated Surface Database* (ISD), enquanto as avaliações médias diárias são comparadas com o *Global Summary of the Day* (GSOD).

Uma avaliação mais quantitativa desta concordância é dada pelos parâmetros estatísticos de dispersão e resumidos em tabelas. Essas estatísticas entre as estimativas do modelo e as observações de superfície incluem o coeficiente de inclinação, interceptação e correlação de Pearson associado a um ajuste de regressão linear de mínimos quadrados, o erro de viés médio e o erro quadrático médio.

A avaliação da precisão dos parâmetros horários do MERRA-2 é baseada nas observações de superfície relatadas no *formerly National Climatic Data Center* (NCEI), *Integrated Surface Database* (ISD). Depois que os códigos de controle de qualidade disponíveis com o banco de dados foram aplicados aos dados, apenas os relatórios mais próximos do topo da hora são retidos para validação potencial.

A próxima qualificação é que deve haver um mínimo de 2.200 relatórios por hora em qualquer ano (cerca de 25%) para que um ano seja considerado.

Os locais de superfície são então seleccionados dentro de caixas de grade de meio grau para cada tipo de superfície disponível (18 no total, incluindo tipos de floresta, matagais, grama e terras de cultivo, neve permanente ou gelo, etc.), tendo também o máximo de dados possível. Este processo de selecção permite que um maior número de locais de superfície na África, América do Sul, Ásia e Europa Oriental sejam avaliados em relação ao MERRA-2.

### 3.3 Metodologia

#### 3.3.1 Vento – conversão da direcção

Ao abrir o Website (<https://power.larc.nasa.gov/>), marcam-se as coordenadas descritas na tabela 1, selecciona-se a série temporal de vento. O autor escolheu uma série de média diária com 30 anos de observação, que inicia no ano de 1990 até 2020. Os dados estão disponíveis no formato CVS( *Comma Separated Values* ) que podem ser abertos no Excel. Os dados apresentam a data, módulo da velocidade em [m/s] e a direcção em graus.

Tabela 1. Coordenadas do largo do ponto de estudo

	Longitude	Latitude	Zona costeira
Ponto 1	38.901764°	-21.644178°	Inhambane
Ponto 2	39.138236°	-23.450640°	Inhambane
Ponto 3	39.419128°	-24.668511°	Gaza
Ponto 4	39.905270°	-27.392925°	Maputo

O cálculo da direcção do vento nas componentes u e v do MERRA-2 é baseado nas informações de referência sobre a direcção do vento disponíveis na pagina Web (<https://www.eol.ucar.edu/>).

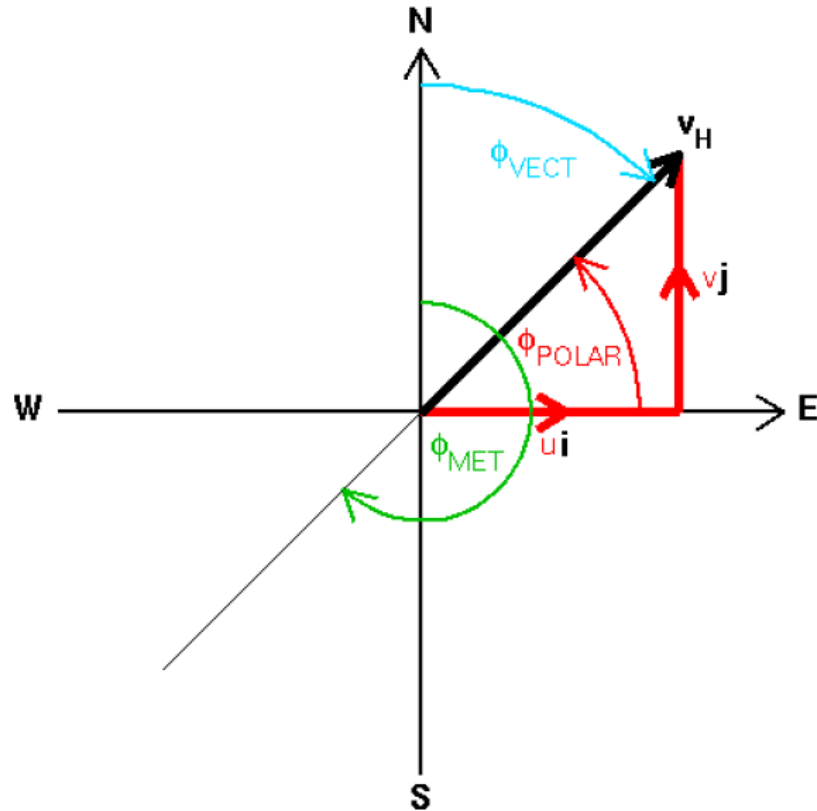


Figura 6. Convenções da velocidade do vento

O vento é um vector, podemos decompô-lo em duas componentes segundo a figura 6.

- Componente zonal u- ao longo de uma linha de latitude;
- Componente Meridional v- ao longo de uma linha de meridional.

A figura 6 mostra que a direcção meteorológica do vento é medido em relação ao norte verdadeiro (0=norte,90=leste,180=sul,270=oeste), conseqüentemente as componentes de ventos U e V devem ser determinados usando as seguintes relações:

$$U = -|V_H| * \text{Sen} \left[ \frac{\pi}{180} * \Phi_{MET}(deg.) \right] \quad (\text{Equação 10})$$

$$V = -|V_H| * \text{cos} \left[ \frac{\pi}{180} * \Phi_{MET}(deg.) \right] \quad (\text{Equação 11})$$

$$\Phi_{MET} = \left[ \frac{180}{\pi} \right] * \text{art2}(U, V) \quad (\text{Equação 12})$$

$$V_H = \sqrt{U^2 + V^2} \quad (\text{Equação 13})$$

$V_H$  é intensidade do vento em módulo.

0° representa N (norte) e os valores dos graus vão aumentando no sentido horário, esse principio serve também para rosa de ondas.

Tabela 2. Rosa de ondas

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5

### 3.3.2 Agitação Marítima

A geração de ondas em mar aberto é limitado pela zona de distúrbios meteorológicos que actuam sobre determinada região, sendo a largura da pista de vento da mesma ordem de grandeza de seu comprimento, considerando somente esta última dimensão para a determinação do *fetch* (SMITH, 1991).

O *fetch* é definido como um comprimento que representa a região sobre a superfície de água submetida à acção do vento com intensidade e direcção consideradas constantes. Apesar de referir-se a uma superfície livre, o *fetch* possui dimensão de comprimento. Esta convenção está relacionada com a origem de tal conceito, o qual foi aplicado inicialmente para previsão de altura de ondas em águas oceânicas (SILVA, 2017).

Os valores de *fetch* serão determinados para várias direcções de vento no ponto de interesse, como limite para tempestades de tamanho normal mudanças na direcção do vento tornam improvável que o *fetch* seja maior que 500km.

Rigorosamente, o *fetch* em áreas oceânicas deve ser definido com o auxílio de cartas sinópticas utilizadas para estudos meteorológicos, pelas quais o comprimento é limitado por uma mudança significativa na direcção do vento ou pela presença de uma frente climatológica (SPM, 1984).

Para o efeito recorreu-se ao *google Earth*, os ângulos são medidos à partir do Norte verdadeiro, o incremento do angulo foi de 22.5°. Da figura 7 até a figura 10 temos a

representação do traçado de *Fetch* para cada ponto de interesse. Os seus valores de *fetch* estão na tabela 3.

Tabela 3. Valores de Fetch para os ângulos notáveis

Ângulos	<i>Fetch</i> [km]			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
0.00°	313	0	0	3.18
22.50°	500	500	0	12.2
45.00°	500	500	0	59
67.50°	500	500	0	500
90.00°	500	500	500	500
112.50°	500	500	500	500
135.00°	500	500	500	500
157.50°	500	500	500	36.12
180.00°	0	500	500	0
202.50°	0	0	223	0
225.00°	0	0	0	0
47.50°	0	0	0	0
270.00°	0	0	0	0
292.50°	0	0	0	0
315.00°	0	0	0	0
337.50°	0	0	0	0

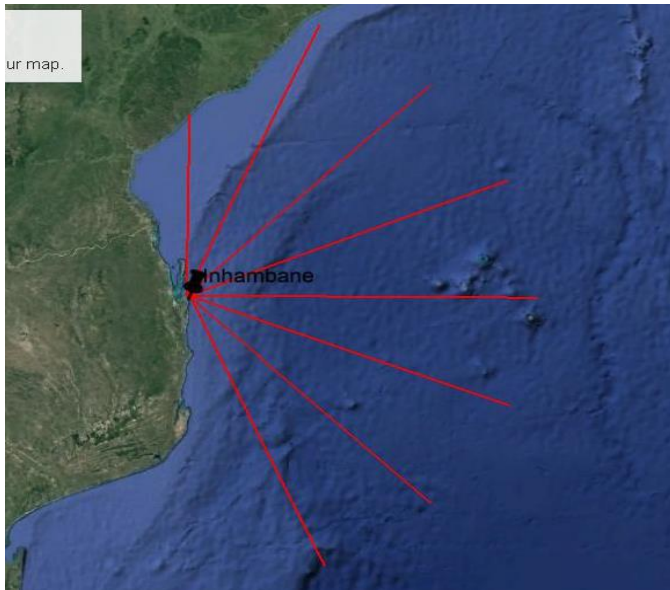


Figura 7. Determinação do *Fetch* no ponto 1

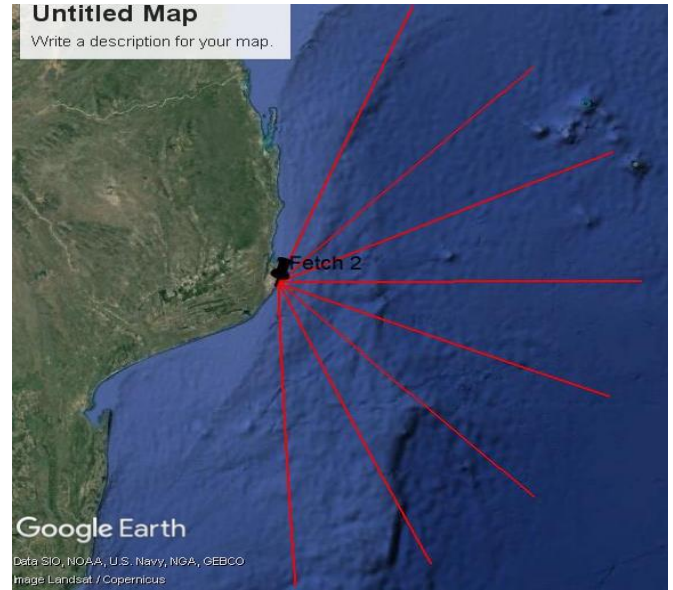


Figura 8. Determinação do *Fetch* no ponto 2

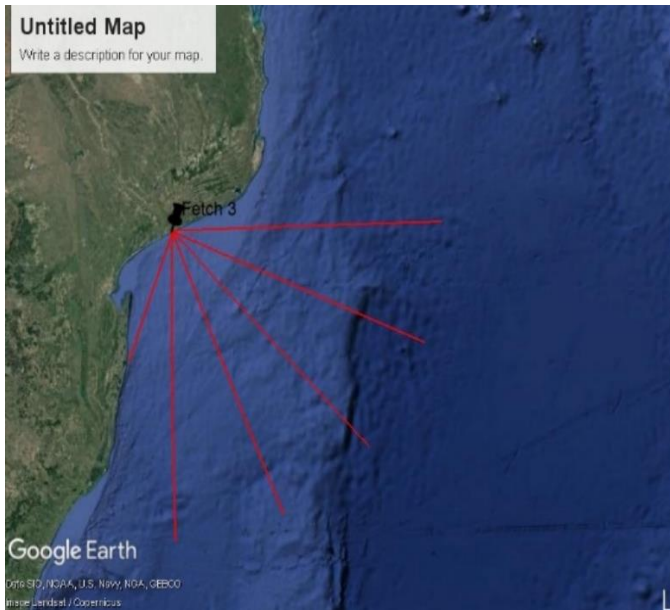


Figura 9. Determinação do *Fetch* no ponto 3

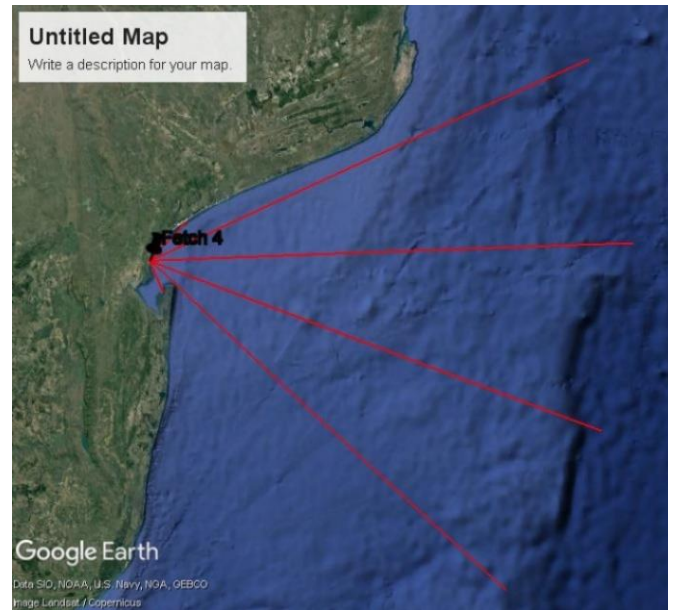


Figura 10 Determinação do *Fetch* no ponto 4

Para a determinação de altura de onda e seu correspondente período seguem-se os passos:

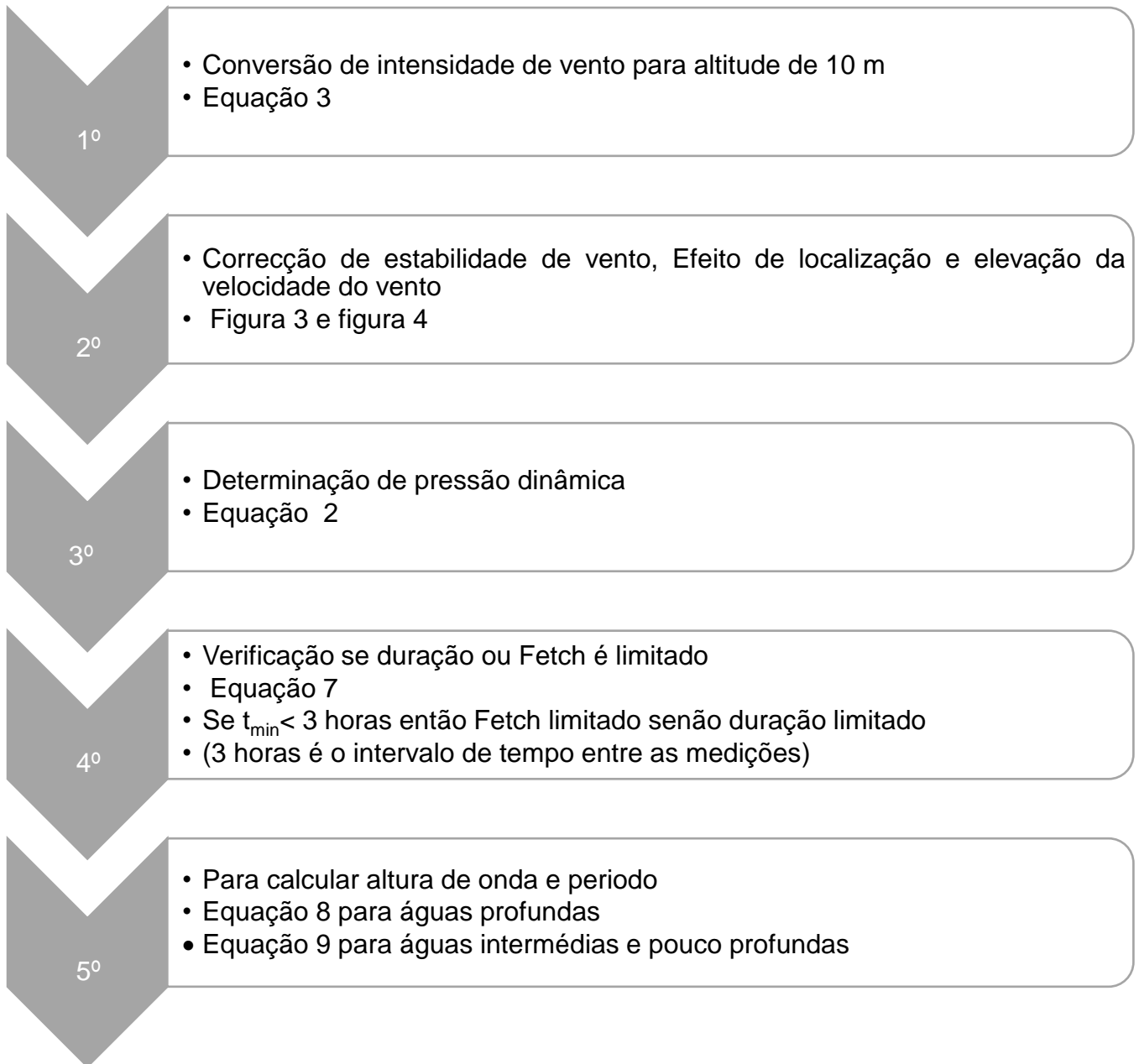


Figura 11. Roteiro para determinação de pressão dinâmica

A figura 11 mostra o roteiro de cálculo que foi automatizado usando software Octave 5.1. o algoritmo esta disponível Anexo A5. Considera-se para o 5º passo, a equação em águas intermédias e pouco profunda para determinar altura e período de onda.



### 3.3.3 Caracterização do clima de ondas a longo termo

A análise da altura de onda a longo prazo tem dois propósitos específicos: organizar dados de altura de onda e extrapolar o conjunto de dados para valores extremos de alturas de onda que ocorrem com baixa probabilidade de excedência (Kamphuis, 2000).

A análise de regressão por mínimos quadrados é mais usada, simplesmente porque é a estatística mais prontamente disponível e mais universalmente compreendida.

Os dados de máximos anuais foram classificados em ordem decrescente com recurso a Excel. As distribuições Log-Normal, Weibul e Gumbel são todas candidatas para análise de valores extremos de dados ordenados.

- Distribuição log-Normal

Diz-se que uma variável segue uma distribuição log-Normal de dois parâmetros ou Galton quando é possível transformar a distribuição normal em transformação logarítmica dessa variável. Se  $\mathcal{X}$  se ajusta à lei de Galton, isso significa que  $y=\ln(\mathcal{X})$  ajusta-se a uma distribuição Normal. O domínio da variável  $0 < \mathcal{X} < +\infty$ , ou seja,  $x$  é sempre positivo. Por outro lado, a lei de Galton tem assimetria positiva. A função de distribuição é:

$$F(x) = \int_0^x \frac{x_1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} dx, \quad 0 < \mathcal{X} < +\infty \quad (\text{Equação 14})$$

Os parâmetros  $\sigma_y$  e  $\mu_y$ , calculados pelo método dos momentos, são:

$$\mu_y = \ln(\mu_x) - \frac{\sigma_y^2}{2} \quad (\text{Equação 15})$$

$$\sigma_y = \left[ \ln \left( 1 + \frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 16})$$

O método da máxima verosimilhança conduz simplesmente a que  $\sigma_y$  e  $\mu_y$  sejam a média e o desvio-padrão da série  $y=\ln(\mathcal{X})$ .

- Distribuição Weibull

A distribuição mais versátil é a distribuição de valores extremos Weibull de três parâmetros:

$$F(x) = 1 - e^{\left(-\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha} \quad x > \gamma, \alpha > 0, \beta > 0 \quad (\text{Equação 17})$$

Em que  $x$  é o valor da variável e  $\gamma, \beta, \alpha$  são os parâmetros de posição, escala e forma da função.

Os parâmetros  $\gamma, \beta, \alpha$  podem ser calculados logaritimizando a equação 17, que pode ser expressa como uma recta, sendo possível determinar  $A$  e  $B$  (coeficientes da equação da recta) pelo método de mínimos quadrados. Assim será:

$$\left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = \frac{x-\gamma}{\beta} \quad (\text{Equação 18})$$

Em que

$$A = \frac{1}{\beta} \quad (\text{Equação 19})$$

$$B = -\frac{\gamma}{\beta} \quad (\text{Equação 20})$$

$$y = \left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (\text{Equação 21})$$

a equação será então:

$$y = Ax + B \quad (\text{Equação 22})$$

Nota-se que mesmo assim, a equação continua indeterminada pois não se conhecem os valores de  $\gamma$ . Portanto o que se faz é adoptar um valor do parâmetro  $\alpha$  de modo que forme uma recta, o que se nota com o valor de  $R$  (coeficiente de correlação),  $R$  mais próximo de 1 indica uma correlação linear quase perfeita, ou seja, a recta mais próxima da distribuição  $(x, y)$ . Mesmo assim o  $Q$  é desconhecido, necessário para se determinar  $\gamma$ . Kamphuis 2000, propõe para análise de valores extremos de dados ordenados (em ordem decrescente) que:

$$Q = \frac{i-c_1}{c_2+N} \quad (\text{Equação 23})$$

Em que  $i$  é o número de ordem do  $x$  e  $N$  tamanho da amostra (ou número de dados).

$$c_1 = 0.20 + \frac{0.27}{\alpha} \quad (\text{Equação 24})$$

$$c_2 = 0.20 + \frac{0.23}{\alpha} \quad (\text{Equação 25})$$

Calculando  $Q$  pode-se determinar  $y$ , e com o valor de  $x$  e  $y$  conhecidos, com ajuda do software Microsoft office Excel, pode-se traçar um gráfico de pontos e fazendo uma correlação linear obtêm-se a equação 22 e o coeficiente de correlação. O valor de  $y$  deve ser calculado testando vários valores de  $\alpha$ , até que se encontre o valor de  $\alpha$  que produz um valor de coeficiente de correlação ( $R$ ) mais próximo de 1 de todos os testados, ou seja o que dê o máximo valor de  $R$  possível. Daí, podem ser tirados da equação da recta os valores de  $A$  e  $B$ , e calculam-se  $\beta$  e  $\gamma$ . Por fim, basta para tal aplicar a equação 17 e obter as probabilidades de não excedência para os valores extremos anuais.

A função Weibull por ser tri-paramétrica deveria apresentar melhores ajustes, mas isto não é exactamente certo, pois a função não é definida para valores de sucesso inferiores ao parâmetro  $\gamma$  (restrição) e um melhor ajuste de  $\gamma$  (mesmo na faixa de validade da função) não representa, necessariamente, melhorias na sua parte central ou alta (que é a priori a zona de interesse do ajuste). Dada esta indeterminação é muito comum, neste tipo de análises, converter a função em bi-paramétrica, dando a  $\gamma$  um valor igual a zero. Com isso, a equação 17 pode ser reescrita:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad x > 0, \alpha > 0, \beta > 0 \quad (\text{Equação 26})$$

A função densidade da distribuição de Weibull é dada por:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \times \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (\text{Equação 27})$$

O valor esperado de média e a variância de uma variável de Weibull são dados, respectivamente, por:

$$\bar{x} = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (\text{Equação 28})$$

$$s_x = \beta^2 \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{\alpha} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \quad (\text{Equação 29})$$

O coeficiente de variação da distribuição de Weibull é:

$$CV_x = \frac{s_x}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\Gamma \left( 1 + \frac{2}{\alpha} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right)}}{\Gamma \left( 1 + \frac{1}{\alpha} \right)} = \frac{\sqrt{B(\alpha) - A^2(\alpha)}}{A(\alpha)} \quad (\text{Equação 30})$$

Dados  $\bar{x}$  e  $s_x$ , o cálculo dos parâmetros da distribuição de Weibull pode ser grandemente facilitado pelo tabelamento da equação 30, a qual relaciona o coeficiente de variação somente ao parâmetro  $\alpha$ . A Tabela 4 mostra a variação de  $CV_x$ ,  $A(\alpha)$  e  $B(\alpha)$  para um conjunto previamente especificado de valores possíveis do parâmetro  $\alpha$ . Com efeito, conhecido o valor de  $CV_x$ , calcula-se inicialmente o parâmetro  $\alpha$  pela Tabela 4 e, em seguida, determina-se o parâmetro  $\beta$  pela equação 31, ou seja:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{A(\alpha)} \quad (\text{Equação 31})$$

Conhecendo-se os parâmetros da distribuição pode-se determinar os valores de altura de onda para diferentes períodos de retorno (T) e o número de eventos por ano ( $\lambda$ ), pela equação 32 se a distribuição for de 2 parâmetros:

$$x(T) = \beta [\ln(\lambda T)]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (\text{Equação 32})$$

Ou

se a distribuição for de 3 parâmetros:

$$x(T) = \gamma + [\ln(\lambda T)]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (\text{Equação 33})$$

Tabela 4. Relações auxiliares para a estimativa do parâmetro de escala de Weibull (fonte: Naghettini e Pinto, 2007).

1/α	A(α)	B(α)	CV	1/α	A(α)	B(α)	CV	1/α	A(α)	B(α)	CV
0,000	1,0000	1,0000	0,0000	0,105	0,9493	0,9155	0,1259	0,210	0,9155	0,8863	0,2394
0,005	0,9971	0,9943	0,0063	0,110	0,9474	0,9131	0,1316	0,215	0,9143	0,8860	0,2446
0,010	0,9943	0,9888	0,0127	0,115	0,9454	0,9107	0,1372	0,220	0,9131	0,8858	0,2498
0,015	0,9915	0,9835	0,0190	0,120	0,9435	0,9085	0,1428	0,225	0,9119	0,8856	0,2549
0,020	0,9888	0,9784	0,0252	0,125	0,9417	0,9064	0,1483	0,230	0,9107	0,8856	0,2601
0,025	0,9861	0,9735	0,0315	0,130	0,9399	0,9044	0,1539	0,231	0,9105	0,8856	0,2611
0,030	0,9835	0,9687	0,0376	0,135	0,9381	0,9025	0,1594	0,232	0,9103	0,8856	0,2621
0,035	0,9809	0,9641	0,0438	0,140	0,9364	0,9007	0,1649	0,234	0,9098	0,8856	0,2642
0,040	0,9784	0,9597	0,0499	0,145	0,9347	0,8990	0,1703	0,235	0,9096	0,8856	0,2652
0,045	0,9759	0,9554	0,0559	0,150	0,9330	0,8974	0,1758	0,2355	0,9095	0,8856	0,2657
0,050	0,9735	0,9513	0,0619	0,155	0,9314	0,8960	0,1812	0,2360	0,9094	0,8856	0,2662
0,055	0,9711	0,9474	0,0679	0,160	0,9298	0,8946	0,1866	0,2361	0,9093	0,8856	0,2663
0,060	0,9687	0,9435	0,0739	0,165	0,9282	0,8933	0,1919	0,2362	0,9093	0,8856	0,2664
0,065	0,9664	0,9399	0,0798	0,170	0,9267	0,8922	0,1973	0,2363	0,9093	0,8856	0,2665
0,070	0,9641	0,9364	0,0857	0,175	0,9252	0,8911	0,2026	0,2364	0,9093	0,8856	0,2666
0,075	0,9619	0,9330	0,0915	0,180	0,9237	0,8901	0,2079	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,080	0,9597	0,9298	0,0973	0,185	0,9222	0,8893	0,2132	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,085	0,9575	0,9267	0,1031	0,190	0,9208	0,8885	0,2185	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,090	0,9554	0,9237	0,1088	0,195	0,9195	0,8878	0,2238	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,095	0,9533	0,9208	0,1146	0,200	0,9181	0,8872	0,2290	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667
0,100	0,9513	0,9181	0,1203	0,205	0,9168	0,8867	0,2342	0,2364	0,9093	0,8856	0,2667

- Distribuição de Gumbel

A distribuição de Gumbel, ou distribuição generalizada de extremo tipo I, tem a seguinte equação:

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}, -\infty < X < +\infty \quad (\text{Equação 34})$$

Sendo portanto uma distribuição com apenas 2 parâmetros  $a$  e  $x_0$ . A função de densidade de probabilidade é:

$$f(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}-e^{-a(x-x_0)}} \quad (\text{Equação 35})$$

Os parâmetros  $a$  e  $x_0$  podem ser estimados através de método dos momentos usando as seguintes equações:

$$a = \frac{\pi}{\sqrt{6\sigma_x}} \quad (\text{Equação 36})$$

$$x_0 = \mu_x - 0.4501\sigma_x \quad (\text{Equação 37})$$

O calculo da probabilidade de não excedência,  $F(x)$ , para um dado valor  $x$  da variável, faz-se substituindo o valor de  $x$  na expressão da função de distribuição. Para determinar o valor da variável correspondente a um determinado período de retorno  $T=1/(1-F)$ , basta inverter a expressão da função de distribuição de Gumbel :

$$x = -\frac{1}{a} \ln[-\ln(F)] + x_0 \quad (\text{Equação 38})$$

### 3.3.4 Verificação da bondade do ajuste das distribuições teóricas

Após a selecção dos modelos de distribuição, é necessário avaliá-los e verificar se eles se ajustam bem à série dada. Para os modelos em causa, utilizou-se um teste analítico, o teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste de Kolmogorov-Smirnov consiste em determinar a estatística  $D$  que é a maior distância entre a função de distribuição teórica  $F(x)$  e a função de distribuição empírica:

$$F(x) = \frac{i}{(N+1)} \quad (\text{Equação 39})$$

A expressão para o cálculo da distância referente a cada ponto da amostra é:

$$D_i = \text{Max} \left\{ \left| \frac{i-1}{N+1} - F(x_i) \right|; \left| \frac{i}{N+1} - F(x_i) \right| \right\} \quad (\text{Equação 40})$$

Para o caso da distribuição log-Normal com parâmetros estimados pelo método dos momentos, o valor crítico para um nível de confiança de 95% é dado por:

$$D_{0.95} = \frac{1.094}{\sqrt{N-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{N}}}} \quad (\text{Equação 41})$$

No caso da distribuição de Gumbel, com parâmetros estimados pelo método dos momentos, o valor crítico para um nível de confiança de 95% é dado por:

$$D_{0.95} = \frac{1.358}{\sqrt{N-0.12+\frac{0.11}{\sqrt{N}}}} \quad (\text{Equação 42})$$

se  $D_{0.95} > D_i$  logo a distribuição em análise se ajusta série em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ventos extremos

Para uma caracterização de ventos extremos de um ponto, foram seleccionados os ventos máximos anuais, com recurso a Excel foram determinados os máximos e médios anuais. Os dados usados para construção dos gráficos da figura 12 a 15 estão disponíveis no anexo A1,A2,A3 e A4.

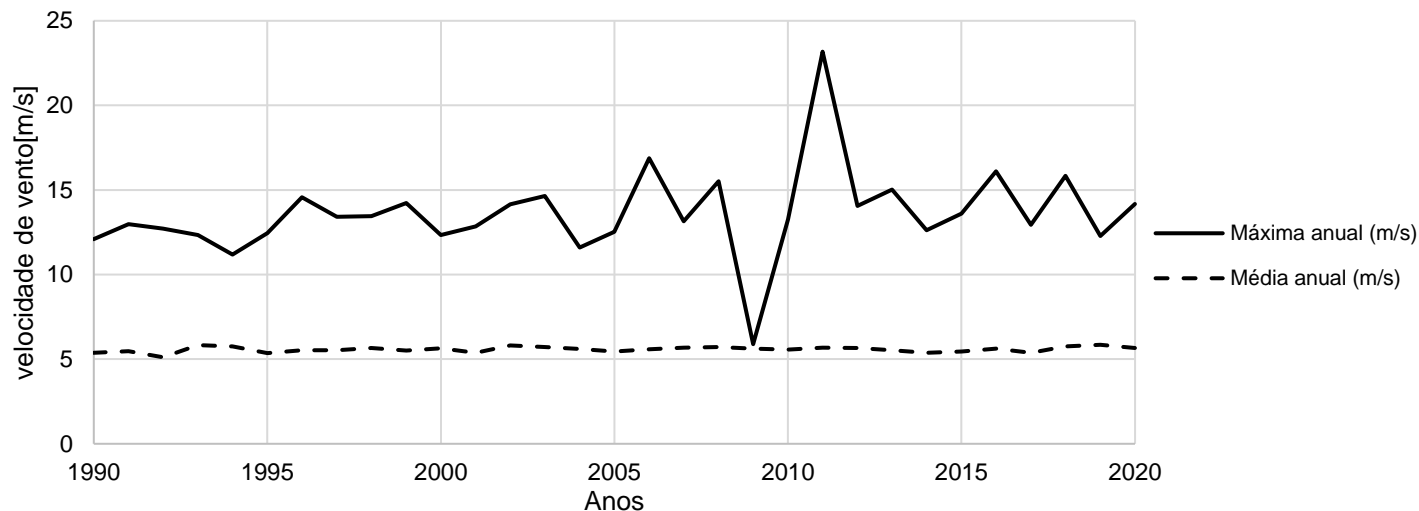


Figura 12. Máxima e média de série temporal do ponto 1 (Inhambane)

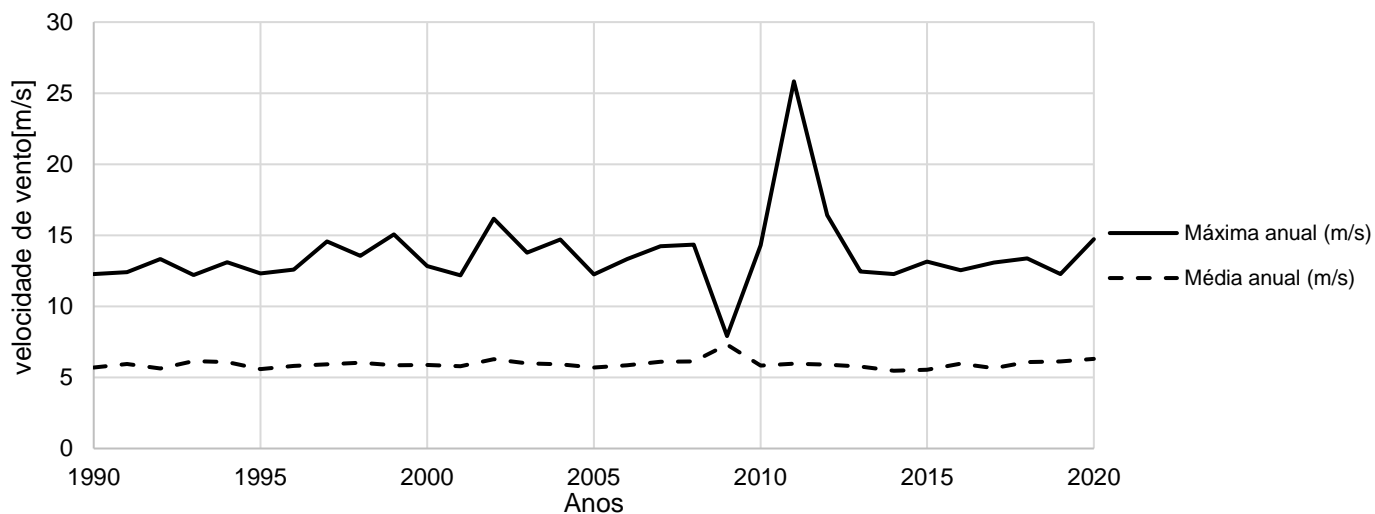


Figura 13. Máxima e média de série temporal do ponto 2 (Inhambane)

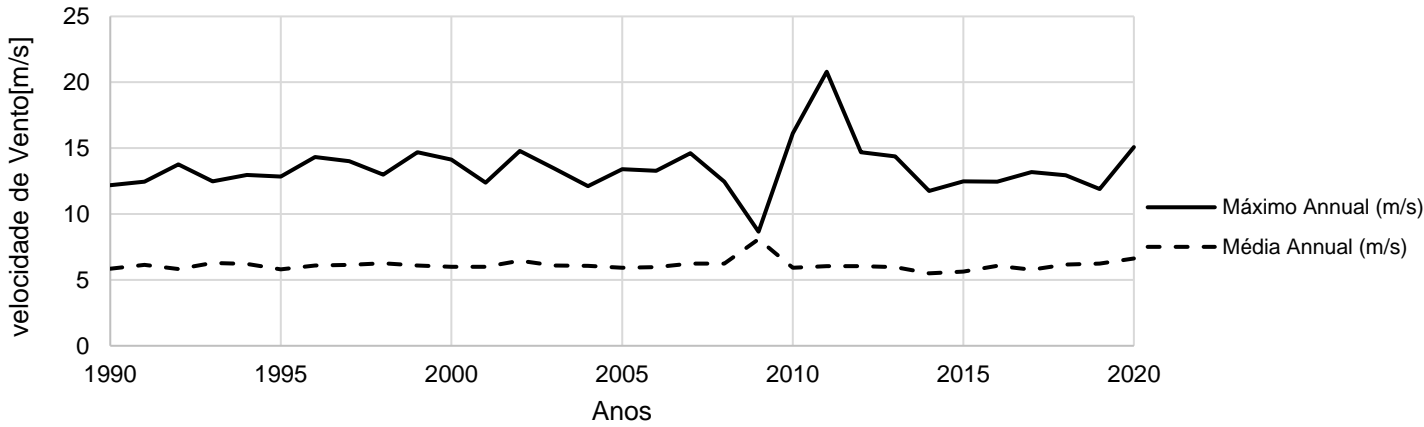


Figura 14. Máxima e média de série temporal do ponto 3 (Gaza)

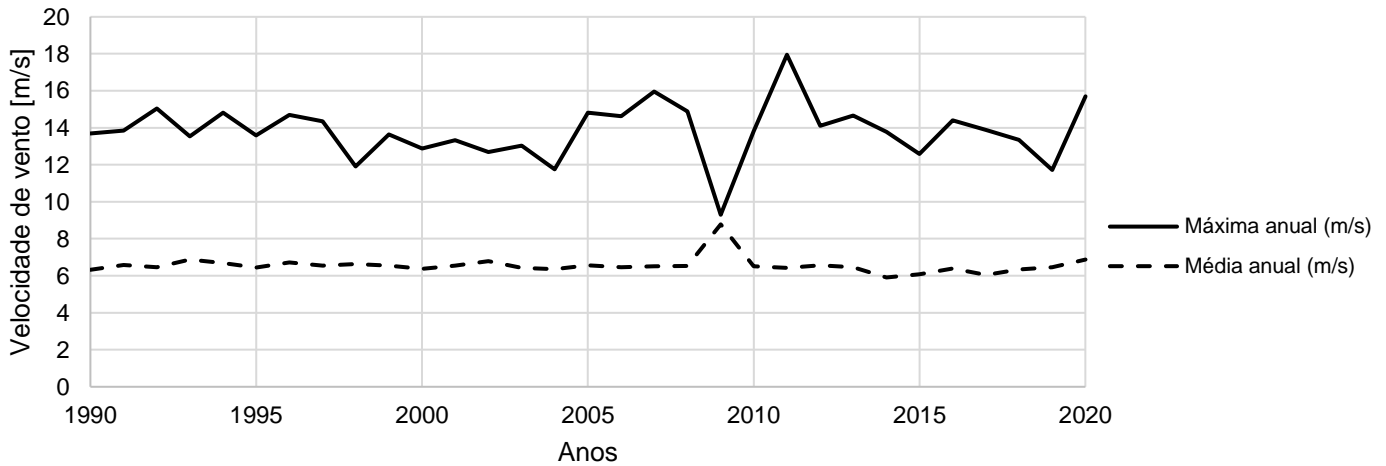


Figura 15. Máxima e média de série temporal do ponto 4 (Maputo)

## 4.2 Agitação Marítima

### 4.2.1 Altura de onda e Período

As alturas e períodos de onda obtidos no cálculo de agitação marítima descrito no roteiro da figura 11, os seus resultados estão ilustrado nas figuras 16 a 23. Ao estender os resultados de altura e período no tempo (anos) obtém-se o reflexo histórico da acção de vento.



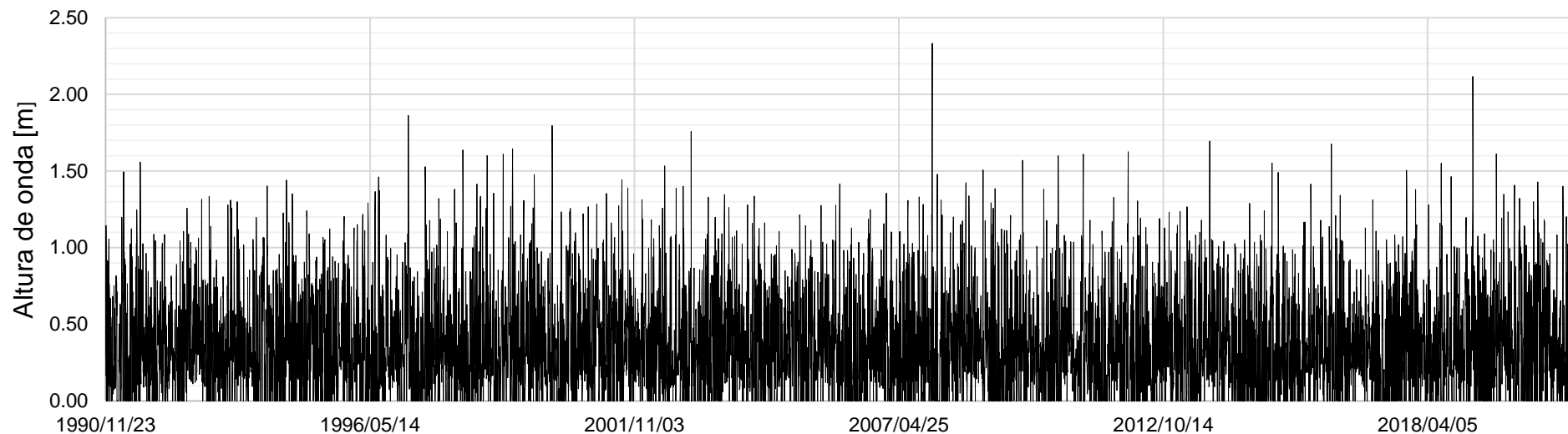


Figura 16. Estado do mar para altura de onda em Inhambane no ponto 1

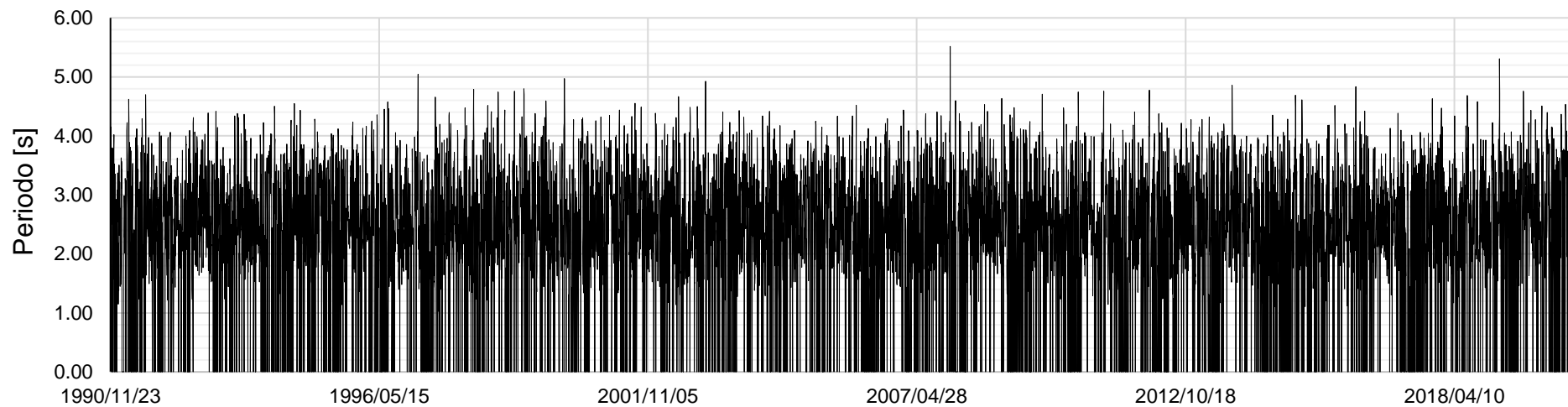


Figura 17. Estado do mar para o período de onda em Inhambane no ponto 1

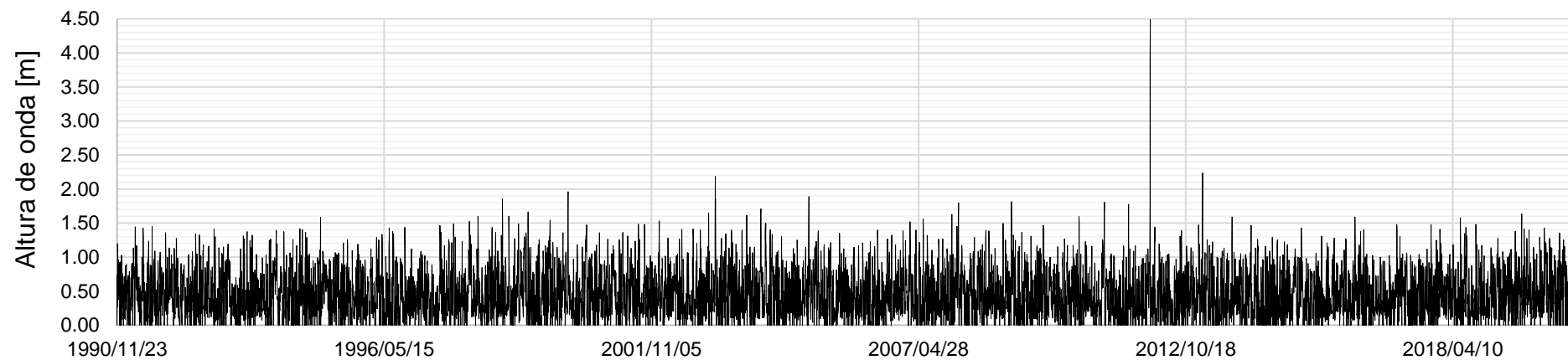


Figura 18. Estado do mar para altura de onda em Inhambane no ponto 2

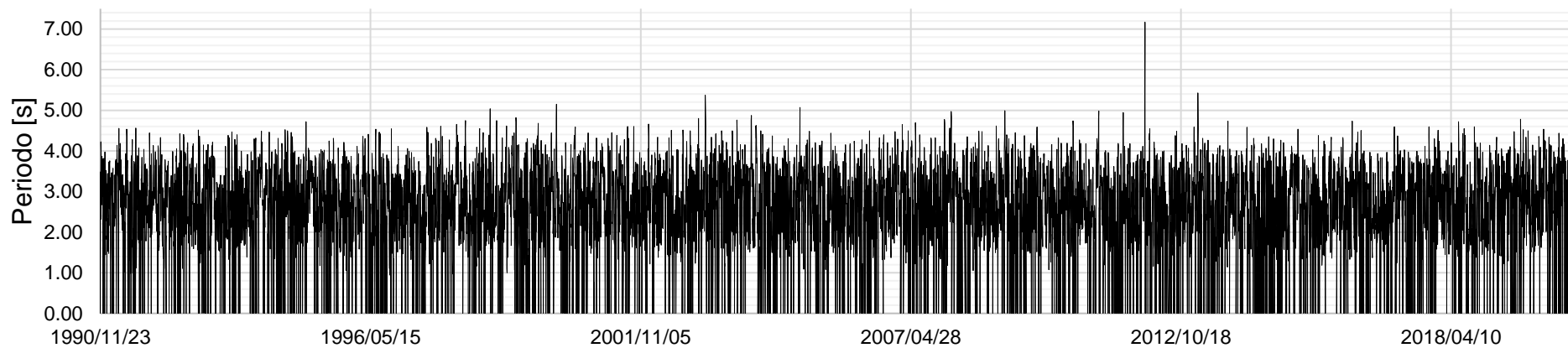


Figura 19. Estado do mar para o período de onda em Inhambane no ponto 2

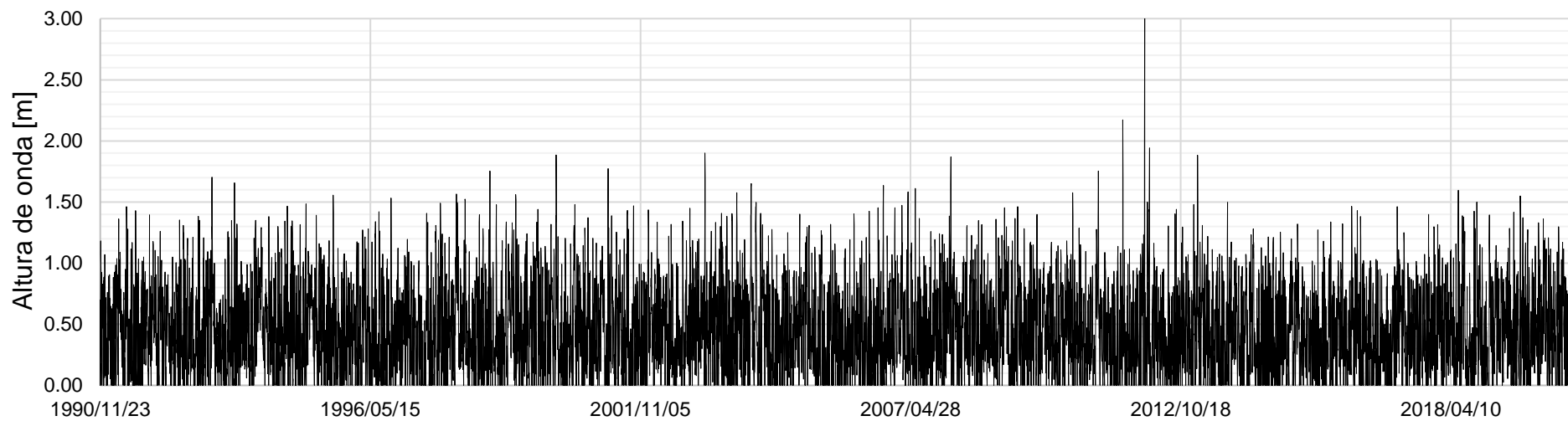


Figura 20. Estado do mar para altura de onda em Gaza no ponto 3

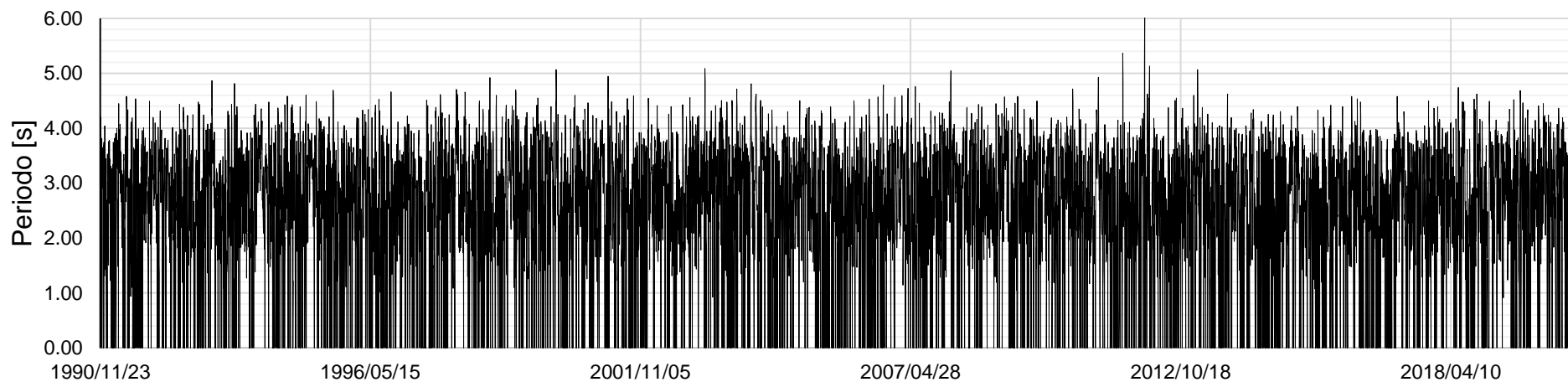


Figura 21. Estado do mar para o período de onda em Gaza no ponto 3

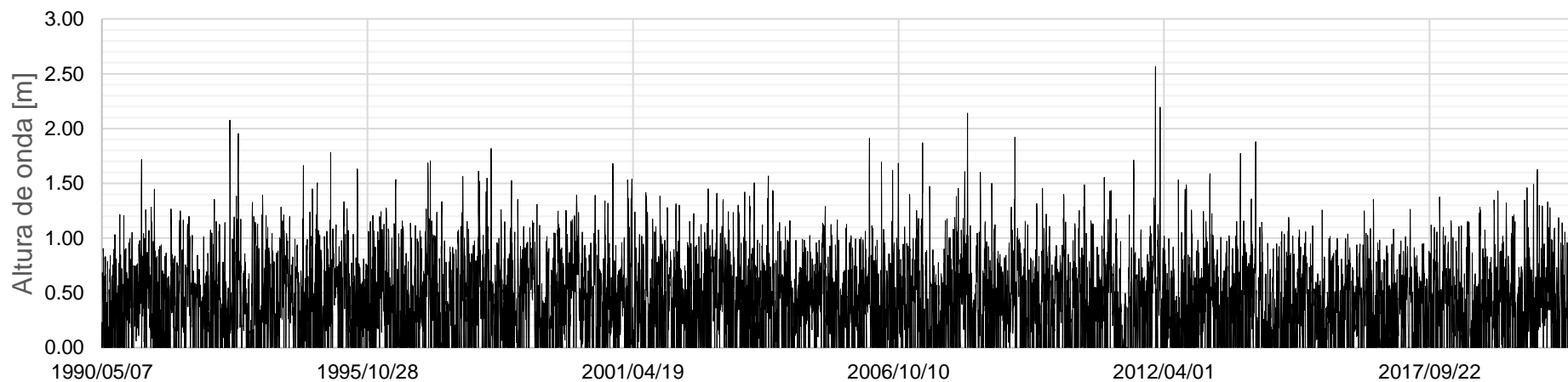


Figura 22. Estado do mar para altura de onda em Maputo no ponto 4

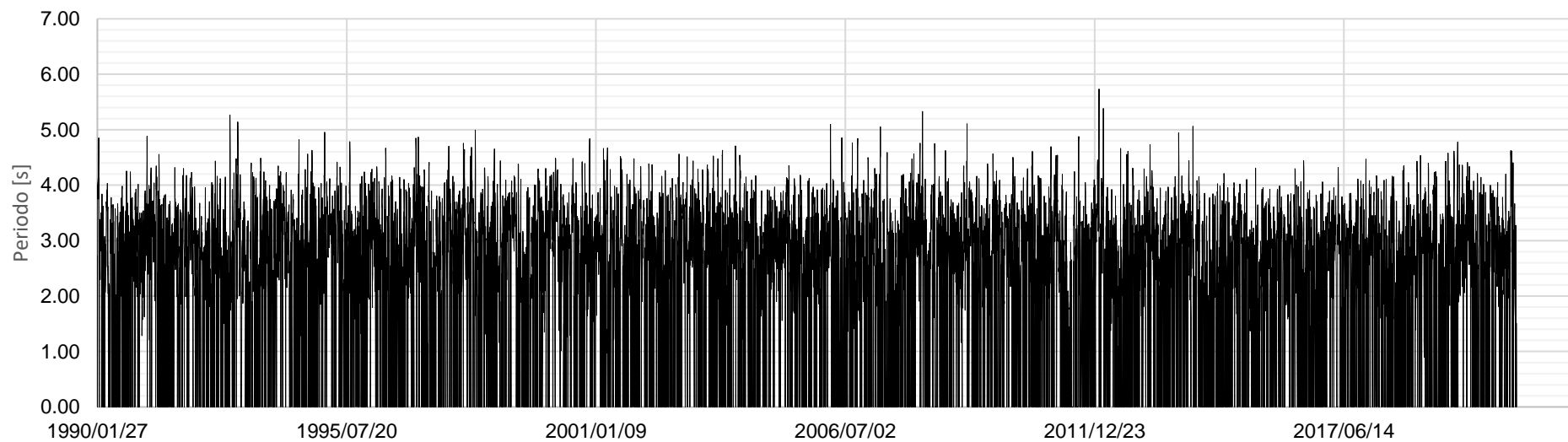


Figura 23. Estado do mar para o período de onda em Maputo no ponto 4

4.2.2 Direcção de onda

A direcção de onda é representado pelas rosas de ondas das figuras 24 a 27.

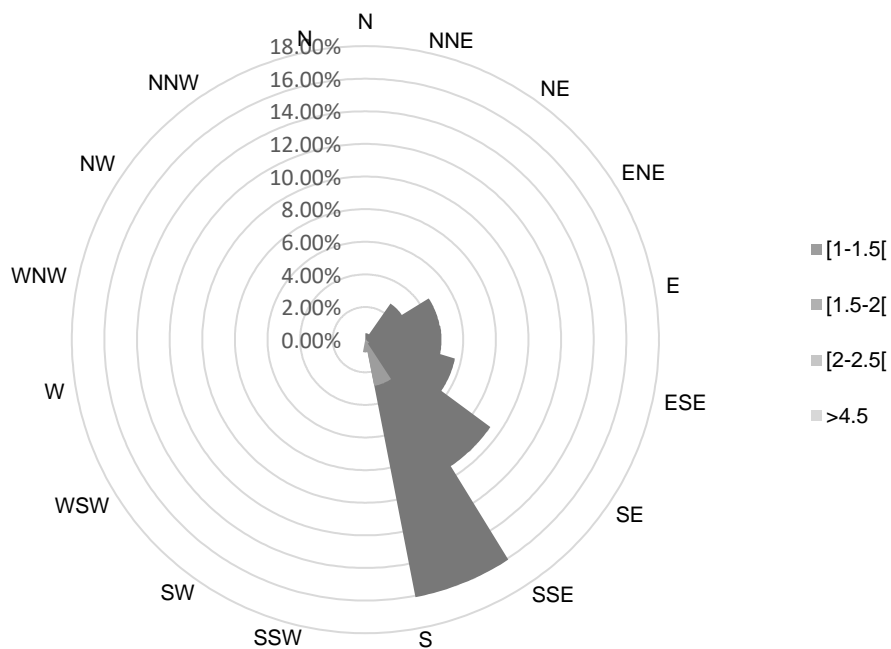


Figura 24.Rosa de Ondas para o ponto 1

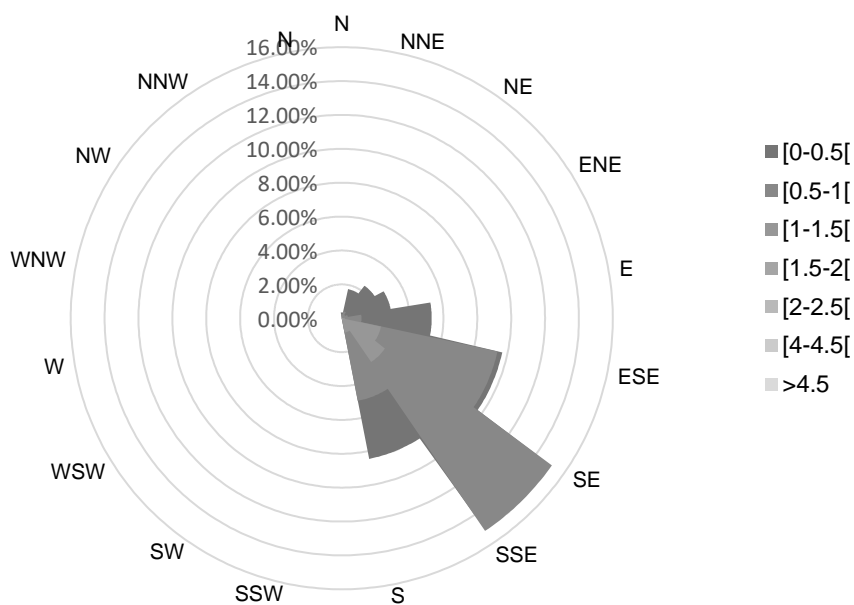


Figura 25.Rosa de ondas para o ponto 2

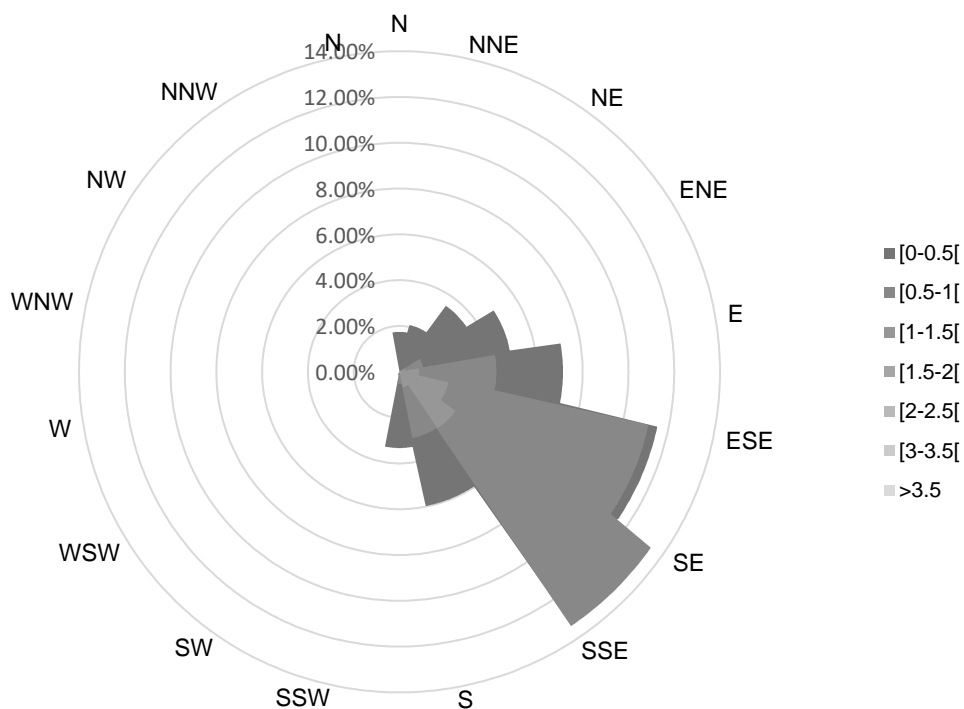


Figura 26. Rosa de ondas para o ponto 3

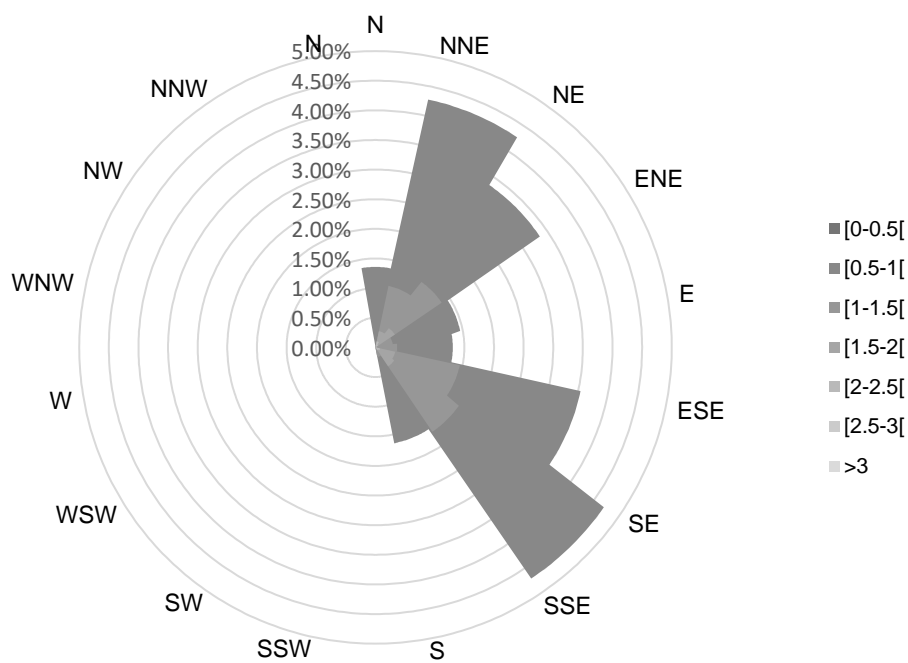


Figura 27. Rosa de ondas para o ponto 4

### 4.3 Ajuste a distribuição teórica de ondas extremas

Da série de dados de ondas calculados, estão dispostos na tabela 5 os máximos anuais de 30 anos de observação.

Tabela 5. Série de máximos anuais de altura de onda em metros

Ano	Máxima anual ponto 1 [m]	Máxima anual ponto 2 [m]	Máximas anual ponto 3 [m]	Máximas anual ponto 4 [m]
1990	1.40	1.43	1.42	1.69
1991	1.56	1.45	1.46	1.72
1992	1.34	1.38	1.70	1.95
1993	1.44	1.42	1.47	1.66
1994	1.24	1.58	1.56	1.78
1995	1.46	1.44	1.53	1.53
1996	1.86	1.49	1.49	1.71
1997	1.64	1.86	1.75	1.82
1998	1.65	1.66	1.56	1.31
1999	1.80	1.96	1.89	1.68
2000	1.44	1.53	1.77	1.54
2001	1.53	1.41	1.45	1.45
2002	1.76	2.18	1.90	1.51
2003	1.34	1.71	1.65	1.57
2004	1.28	1.89	1.40	1.29
2005	1.42	1.40	1.64	1.91
2006	2.33	1.63	1.61	1.87
2007	1.48	1.80	1.87	2.14
2008	1.57	1.82	1.45	1.92
2009	0.46	0.73	0.84	0.93
2010	1.61	1.81	2.17	1.71
2011	1.63	4.49	3.22	2.57
2012	1.70	2.24	1.88	1.77
2013	1.55	1.46	1.28	1.88
2014	1.49	1.43	1.34	1.26
2015	1.68	1.59	1.47	1.35
2016	1.51	1.48	1.46	1.38
2017	1.55	1.58	1.60	1.28
2018	2.12	1.63	1.55	1.63
2019	1.43	1.43	1.36	1.33
2020	1.40	1.89	1.96	1.50

Com os dados da tabela 5 determinou-se a distribuição empírica sabendo que  $T_r = \frac{1}{F(x)}$ , onde  $T_r$  é o período de retorno. Os dados para a representação gráfica das distribuições teóricas e empírica estão disponíveis nos anexos A8 a A11.

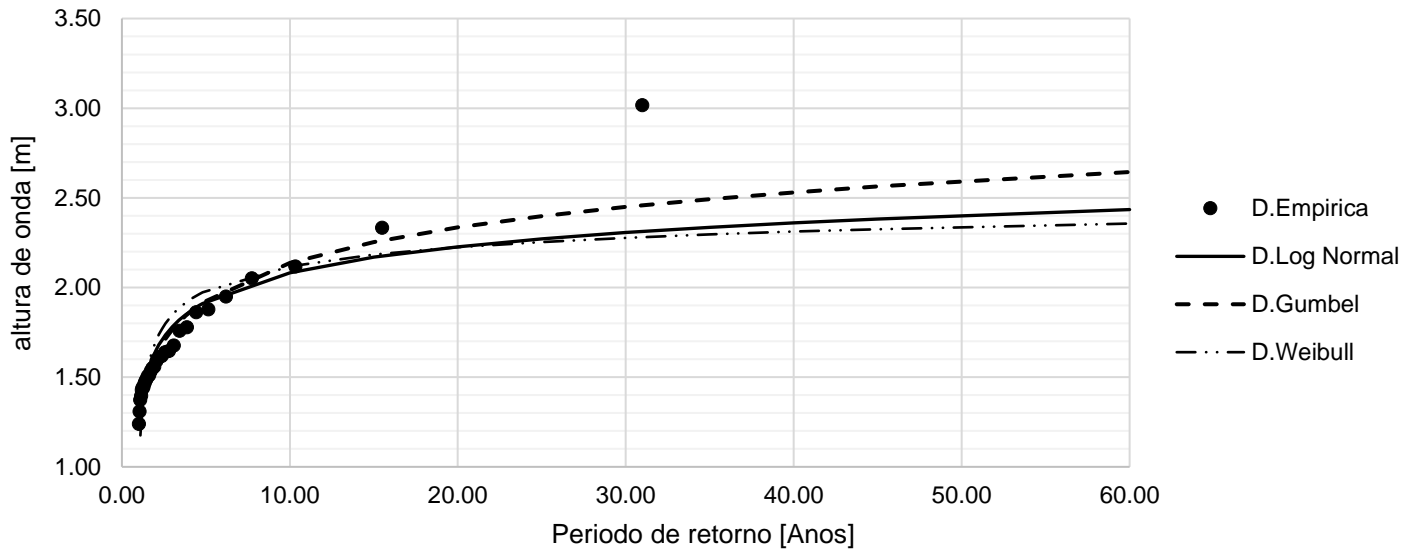


Figura 28. Ajustes a distribuições no ponto 1

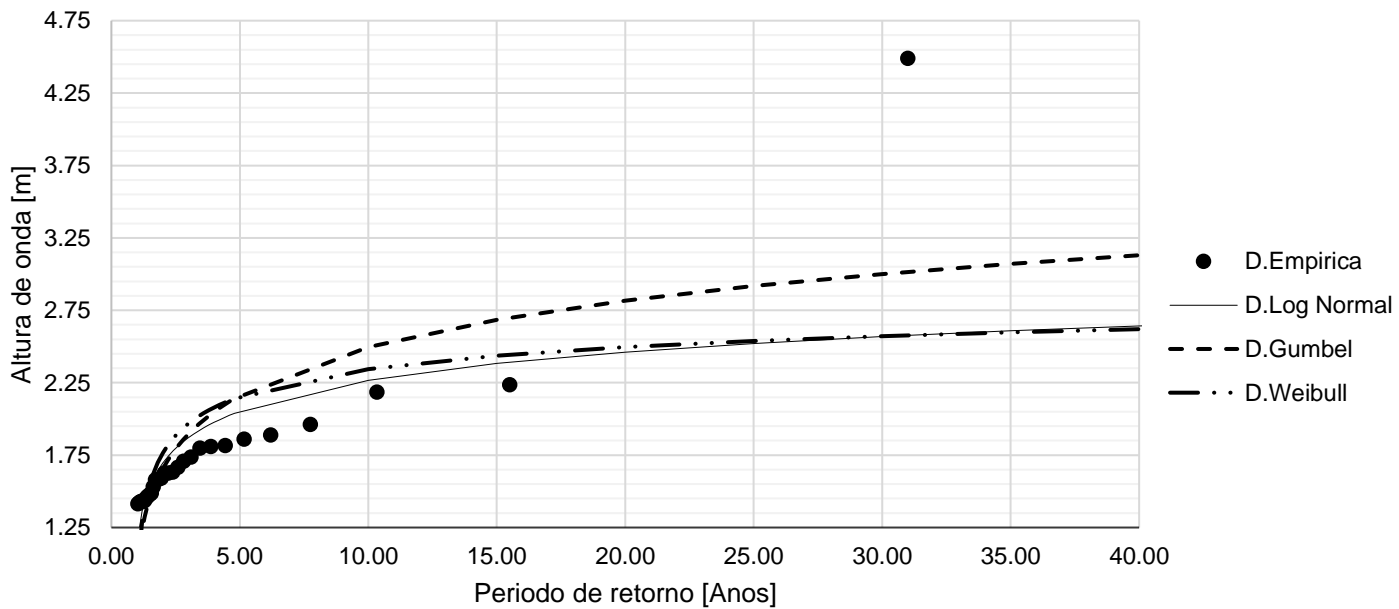


Figura 29. Ajustes a distribuições no ponto 2



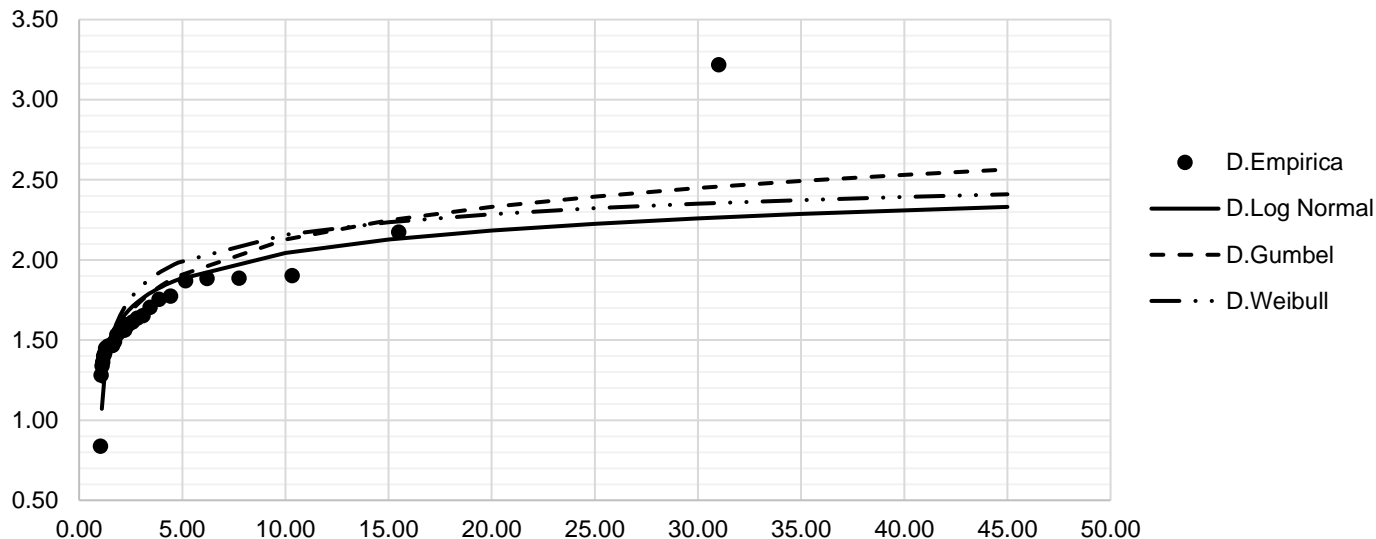


Figura 30. Ajustes a distribuições no ponto 3

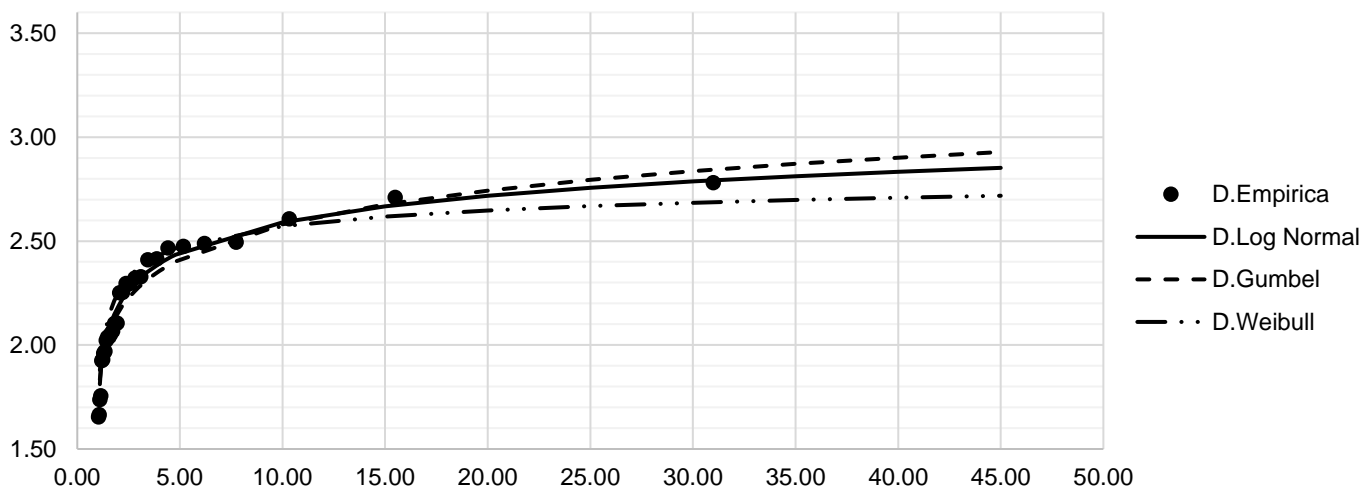


Figura 31. Ajustes a distribuições no ponto 4

Intuitivamente o gráfico da figura 28 mostra que a distribuição teórica de Gumbel tem melhor ajustamento a distribuição empírica, a distribuição teórica log-Normal e Weibull subestimam os valores dessa série.

Para o gráfico da figura 29, fica evidente que a distribuição de log-Normal é mais fiel, para esse caso a distribuição teórica de weibull e Gumbel superestima os valores da série.

Os gráficos das figuras 30 e 31 evidencia-se que a distribuição de log-Normal é mais assertiva no ajuste que restantes das distribuições teóricas, Teste da distribuições teórica de ondas extremas

#### 4.3.1 Verificação da bondade do ajuste das distribuições teóricas de probabilidade de ondas extremas

Depois da escolha da melhor distribuição teórica para cada ponto em estudo, o passo a seguir é o teste da distribuição teórica. Serão testados somente as distribuições teóricas que foram escolhidas para cada ponto, por apresentarem visualmente melhor ajuste relativamente aos demais ajustes de distribuição.

- Para o ponto 1, a verificação da bondade na distribuição teórica de Gumbel representado na figuras 28 é:

$$D_{0.95} = \frac{0.935}{\sqrt{N-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{N}}}} \rightarrow \frac{0.935}{\sqrt{30-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{30}}}} \rightarrow D_{0.95} = 0.166$$

$$D_i = \text{Max} \left\{ \left| \frac{i-1}{N+1} - F(x_i) \right|; \left| \frac{i}{N+1} - F(x_i) \right| \right\} \rightarrow D_i = 0.159$$

- Para o ponto 2, a verificação da bondade na distribuição teórica de log-Normal representados na figuras 29 é:

$$D_{0.95} = \frac{1.094}{\sqrt{N-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{N}}}} \rightarrow \frac{1.094}{\sqrt{30-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{30}}}} \rightarrow D_{0.95} = 0.194$$

$$D_i = \text{Max} \left\{ \left| \frac{i-1}{N+1} - F(x_i) \right|; \left| \frac{i}{N+1} - F(x_i) \right| \right\} \rightarrow D_i = 0.139$$

- Para o ponto 3, a verificação da bondade na distribuição teórica de log-Normal representados na figuras 30 é:

$$D_{0.95} = \frac{1.094}{\sqrt{N-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{N}}}} \rightarrow \frac{1.094}{\sqrt{30-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{30}}}} \rightarrow D_{0.95} = 0.194$$

$$D_i = \text{Max} \left\{ \left| \frac{i-1}{N+1} - F(x_i) \right|; \left| \frac{i}{N+1} - F(x_i) \right| \right\} \rightarrow D_i = 0.139$$

- Para o ponto 4, a verificação da bondade na distribuição teórica de log-Normal representados na figuras 31 é:

$$D_{0.95} = \frac{1.094}{\sqrt{N-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{N}}}} \rightarrow \frac{1.094}{\sqrt{30-0.01+\frac{0.85}{\sqrt{30}}}} \rightarrow D_{0.95} = 0.194$$

$$D_i = \text{Max} \left\{ \left| \frac{i-1}{N+1} - F(x_i) \right|; \left| \frac{i}{N+1} - F(x_i) \right| \right\} \rightarrow D_i = 0.0323$$

A hipótese que a distribuição teórica se ajuste à série em estudo é rejeitada se  $D_i > D_{0.95}$ , logo nenhuma série é rejeitada ao teste de Kolmogorov-Smirnov. Todas as séries se

ajustam as distribuições teóricas escolhidas e os dados usados para o teste de distribuição estão no Anexo A12. A extrapolação para uma probabilidade de excedência da altura de onda para um período de retorno é feita com distribuição teórica de Gumbel e log-Normal nos pontos onde não são rejeitados a verificação de bondade.

Tabela 6. Período de Retorno e suas respectivas alturas de onda

Período de Retorno	Altura de Onda [m]			
	ponto 1 (D. Gumbel)	ponto 2 (D. log-Normal)	ponto 3 (D.log-Normal)	ponto 4 (D.log-Normal)
5	1.93	2.05	1.89	2.44
10	2.14	2.27	2.04	2.59
15	2.25	2.38	2.13	2.67
20	2.34	2.46	2.18	2.72
25	2.40	2.52	2.22	2.76
30	2.45	2.57	2.26	2.79
35	2.49	2.61	2.29	2.81
40	2.53	2.64	2.31	2.83
45	2.56	2.67	2.33	2.85
50	2.59	2.70	2.35	2.87
55	2.62	2.72	2.37	2.88
60	2.64	2.75	2.38	2.90
65	2.67	2.77	2.39	2.91
70	2.69	2.78	2.41	2.92
75	2.71	2.80	2.42	2.93
80	2.72	2.82	2.43	2.94
85	2.74	2.83	2.44	2.95
90	2.76	2.85	2.45	2.96
95	2.77	2.86	2.46	2.97
100	2.79	2.87	2.47	2.97

As correspondentes características de direcção e período de uma dada altura de onda extrapoladas ou interpolados são lidos na rosa de ondas e tabela de contingência, correspondentemente, tendo em conta o intervalo de alturas a que pertence e os correspondentes período e direcção aos quais os dados desse intervalo repetem-se mais.

Tabela 7. Quadro de Contingência do ponto 1

H/Tp	[2.8-3[	[4.2-4.4[	[4.4-4.6[	[4.6-4.8[	[4.8-5[	[5-5.2[	[5.2-5.4[	[5.4-5.6[	Total Geral
[0.4-0.6[	1	0	0	0	0	0	0	0	1
[1.2-1.4[	0	2	3	0	0	0	0	0	5
[1.4-1.6[	0	0	7	7	0	0	0	0	14
[1.6-1.8[	0	0	0	4	4	0	0	0	8
[1.8-2.0[	0	0	0	0	0	1	0	0	1
[2.0-2.2[	0	0	0	0	0	0	1	0	1
>2.4	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total Geral	1	2	10	11	4	1	1	1	31

Tabela 8. Quadro de Contingência do ponto 2

H/Tp	[0-0.2[	[1.2-1.4[	[1.6-1.8[	[1.8-2[	[2-2.2[	[2.2-2.4[	[2.4-2.6[	[2.6-2.8[	[2.8-3[	[3-3.2[	[3.2-3.4[	[3.4-3.6[	[3.8-4[	[4.2-4.4[	Total Geral
[0.6-0.8[	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[1.2-1.4[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
[1.4-1.6[	4	1	0	1	2	1	2	0	1	0	1	1	0	0	14
[1.6-1.8[	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5
[1.8-2.0[	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1	0	0	6
[2.0-2.2[	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[2.2-2.4[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[4.4-4.6[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total Geral	5	2	1	1	3	3	6	1	1	1	3	2	1	1	31

Tabela 9. Quadro de Contingência do ponto 3

H/Tp	[3.6-3.8[	[4.2-4.4[	[4.4-4.6[	[4.6-4.8[	[4.8-5[	[5-5.2[	[5.2-5.4[	[6.2-6.4[	Total Geral
[0.8-1.0[	1	0	0	0	0	0	0	0	1
[1.2-1.4[	0	1	2	0	0	0	0	0	3
[1.4-1.6[	0	0	8	6	0	0	0	0	14
[1.6-1.8[	0	0	0	2	4	0	0	0	6
[1.8-2.0[	0	0	0	0	0	5	0	0	5
[2.0-2.2[	0	0	0	0	0	0	1	0	1
>3.2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total Geral	1	1	10	8	4	5	1	1	31

Tabela 10. Quadro de Contingência do ponto 4

H/Tp	[3.8-4[	[4.2-4.4[	[4.4-4.6[	[4.6-4.8[	[4.8-5[	[5-5.2[	[5.2-5.4[	[5.6-5.8[	Total Geral
[0.8-1.0[	1	0	0	0	0	0	0	0	1
[1.2-1.4[	0	4	3	0	0	0	0	0	7
[1.4-1.6[	0	0	1	5	0	0	0	0	6
[1.6-1.8[	0	0	0	1	8	0	0	0	9
[1.8-2.0[	0	0	0	0	1	5	0	0	6
[2.0-2.2[	0	0	0	0	0	0	1	0	1
[2.4-2.6[	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total Geral	1	4	4	6	9	5	1	1	31

### 4.3.2 Discussão de resultados

O regime de ventos com velocidades médias anuais variam entre 5 m/s a 6 m/s em quase toda zona costeira a sul do rio Save, no ponto 4 a média anual é de 6 m/s superando o resto dos pontos. Os máximos anuais de vento variam de 10 m/s a 15 m/s, mas nos anos de 2010 a 2011 em toda zona costeira nota-se um pico de eventos com ventos máximos e mínimos que chegam a superar uma velocidade 25 m/s e baixar até 5 m/s.

Para a baía de Maputo há predominância de ondas com alturas entre 1.5 m e 3 m e períodos de pico entre 8 s e 14 s (Guiloviça, 2011). As figuras 16, 18, 20 e 22 mostram o histórico de alturas de ondas geradas por ventos na zona costeira, a altura de onda no geral variam de 0 a 3.5 metros em toda zona costeira, em alguns anos existem picos isolados de alturas de onda que chegam atingir 4 metros como no caso do ponto 2 ilustrado na figura 18.

A direcção de onda em alguns estudos apontam que, os diagramas de rosa de onda indicam que na parte Sul de Moçambique, existe uma direcção bi-modal das ondas, cuja aproximação ocorre de S e SE-ESE (Theron, 2012).

As ondas geradas a grandes profundidades propagam-se para a zona costeira pelas direcções Nordeste a Este. As vagas são formadas entre as direcções Este a Sul (Langa, 2000).

Usando o modelo de SWAN verificou-se que: As ondas geradas ao largo por acção de correntes eólicas viajam predominantemente nas direcções Este e Nordeste e para clima médio as  $H_s$  das ondas reduzem e encontram-se num intervalo de 1 – 3 m (Viola, 2012).

A direcção predominante de ondas no ponto 4 (Maputo) é SE-SSE e NNE-NE, essas ondas são geradas por vento e comparando com os resultados de (Theron, 2012), evidencia-se uma ligeira discrepância nos resultados ao destacar-se ondas que vem de nordeste em Maputo, embora (Langa, 2000) e (Viola, 2012) tiveram a mesma direcção com o estudo em causa, usando modelos e fontes de dados diferentes.

### 5. CONCLUSÃO

Este trabalho usou dados de MERRA-2 para a obtenção de aspectos importantes a Sul de Rio Save em Moçambique, foi analisado eventos extremos entre 1990 a 2020. Utilizando os dados das componentes U e V do vento provenientes do modelo foram calculadas as alturas de ondas e períodos entre 1990 a 2020.

A direcção de onda predominante para o ponto 1 é SW e SSW, para ponto 2 e 3 SSE-SE e no ponto 4 é SE-SSE e NNE-NE.

O reflexo histórico da altura onda e período é importante para um entendimento do comportamento da agitação marítima no tempo, eventuais tendências climáticas na costa e possivelmente comportamento de regimes extremos de onda.

Os ajustes estatísticos a distribuições teóricas, devem ser escolhidas de forma minuciosa, para que não se subestime ou superestime a altura de onda. As distribuições de log-Normal e Gumbel apresentaram melhores ajustes a distribuição empíricas. É de extrema importância no ramo da construção civil quantificar as acções de onda de tal forma que não coloque em risco a integridade da estruturas de protecção caso se subestime a altura de onda ou não se desperdice muitos recursos caso se superestime a altura de onda. A tabela 6 de altura de onda e seu respectivo período de retorno extrapolado para cada ponto em estudo, nos dados ajustados a distribuição teórica, nota-se convergência de altura de onda para valores de 2.79 m, 2.87 m, 2.47 m e 2.97 m em períodos de retornos superiores a 100 anos.

É crucial a análise de ondas ao longo do tempo e as potenciais geradas pelo vento, que é a principal força motora com vista a obter os dados mais fiáveis e seguros a se considerar nos projectos de obras costeiras. Com efeito, o projecto, construção e manutenção de portos, estruturas de protecção costeira e zonas de abrigo, o dimensionamento de dispositivos de energia das ondas, quer ao largo quer na costa e a compreensão da morfodinâmica litoral (erosão de dunas e praias) são exemplos de aplicações práticas onde a necessidade do conhecimento da agitação marítima na zona costeira é fundamental.

### **5.1 Limitações**

1. Falta de dados experimentais medidos a partir de boiás ondógrafo para fazer uma comparação da previsão de ondas a partir de ventos com ondas medidas;
2. Os dados de satélites não fornecem dados de altura de onda para reanálise;
3. Dificuldade para identificar eventos extremos como ciclone nesse reflexo histórico de dados;
4. Escassez de dados nas instituições Moçambicanas.

### **5.2 Recomendações**

1. Estudos específicos para análise do comportamento da onda durante a propagação;
2. Estudos que fazem comparação de melhor modelo para estudo do clima Moçambicano;
3. Realização regular de campanhas de campo, que permitiriam caracterizar periodicamente o clima de agitação;
4. A dificuldade aliada às incertezas no tratamento das questões costeiras, nomeadamente às transformações sofridas pela ondulação desde o largo até à zona de rebentação requer a validação e calibração de formulações e modelos numéricos que traduzam o mais aproximadamente possível as dinâmicas costeiras;
5. Recomenda-se que a análise do estado do mar de determinado ponto da costa Moçambicana seja realizada a partir de registos medidos obtidos ao longo de um maior período de tempo (preferencialmente várias décadas de monitorização).

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Balidy, H. e. (2011). *O Ambiente Costeiro e Marinho de Moçambique*.
2. CEM. (1 de Agosto de 2008). *WATER WAVE MECHANICS*.
3. CENTER, U. A. (1984). *Shore Protection Manual (SPM)*.
4. Coelho, C. (2016). *Engenharia Costeira e Portuária*.
5. Demirbilek, Z. V. (2002). *Water Wave Mechanics”; Costal Engineering Manual, Part II, Regular Waves, Chapter 1, II-1-2, EM 1110-2-1100, Morgan*. Washington, DC: Morgan, A. (editor).
6. Domingues, H. F. (2014). *A propagação da agitação marítima e a deriva litoral*.
7. FARIA, C. S. (2009). *PREVISÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA NA COSTA NOROESTE PORTUGUESA*. Porto.
8. Gagg, G. (2016). *LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS – NOÇÕES GERAIS*.
9. *globalweather*. (janeiro de 2022). Obtido de <https://globalweather.tamu.edu>
10. Guiloviça, C. B. (Julho de 2011). *CARACTERIZAÇÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA AO LARGO*. Maputo, Maputo.
11. Hogueane, A. M. (2007). *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique - Diagnosis of Mozambique Coastal Zone Antonio*. Revista de Gestão Costeira Integrada,.
12. Kamphuis, J. (2000). *Introduction to Coastal Engineering and Management*. Canada: World scientific publishing Co. Pe Lta.
13. Langa, J. Q. (2000). *EROSAO COSTEIRA NA CIDADE DE MAPUTO. CAUSAS. IMPACTES AMBIENTAIS E MONITORIZA AO*. Congresso Luso- Mocambicano de Engenharia .
14. LNEC. (2017). *Etudo I - Regimes de agitacao maritima* .
15. Meyer, A. (2012). *Respondendo as mudanças climáticas em Moçambique: Tema 8: Mudanças climáticas*.
16. MIMAIP. (2020). *ELABORAÇÃO DO PLANO DE ORDENAMENTO DO ESPAÇO MARÍTIMO*.
17. NAGHETTINI, M., & PINTO, É. J. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM.



18. PATERLINI, A. Z. (2009). *RECONSTITUIÇÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA NO LITORAL DO ESPÍRITO SANTO: CASO DE JUNHO DE 2006.*
19. Pereira, A. I. (2008). *Modelação da Agitação Marítima em Zonas Costeiras.*
20. SILVA, F. A. (2017). *MODELAGEM PARAMÉTRICA PARA SIMULAÇÃO DOS CAMPOS DE FETCH E ONDAS: ESTUDO DE CASO DOS RESERVATÓRIOS DE SALTO CAXIAS E ITAIPU.* CURITIBA.
21. SMITH, J. M. (1991). *Wind-wave generation on restricted Fetches.*
22. Theron, A. (2012). *Proteção Costeira .*
23. Viola, C. N. (2012). *Propagação da Agitação Marítima do Largo para a Costa de Maputo. Aplicação ao Transporte de Sedimentos.* Maputo.
24. <https://NOA.gov>, 12 julho 2022

#### **6.1 Outra bibliografia consultada**

1. Siteo, A. F. (2004). *Estudo das ondas oceanicas na praia de xai-xai.* Maputo.
2. Ambiental., M. 2.-M. (2013). *Relatório Avaliação Ambiental Estratégica do Desenvolvimento ao Longo da Zona Costeira de Moçambique 2013.* Volume I Diagnóstico Ambiental. República de Moçambique.
3. [pt.wikipedia.org/wiki/Batimetria](http://pt.wikipedia.org/wiki/Batimetria), julho de 2009

# ANEXO

# ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Dados de vento do ponto 1 (Inhambane)

Ano	Máxima anual (m/s)	Média anual (m/s)	Direcção[°]
1990	12.08	5.38	155.62
1991	12.98	5.47	167.06
1992	12.72	5.11	187.12
1993	12.33	5.83	162.88
1994	11.19	5.75	150.62
1995	12.45	5.36	146.00
1996	14.57	5.53	135.25
1997	13.41	5.53	140.06
1998	13.45	5.65	138.50
1999	14.23	5.51	24.44
2000	12.34	5.64	137.38
2001	12.84	5.37	149.00
2002	14.14	5.82	178.81
2003	14.65	5.71	180.00
2004	11.59	5.61	138.31
2005	12.53	5.45	149.94
2006	16.88	5.58	168.12
2007	13.15	5.68	187.12
2008	15.52	5.72	174.31
2009	5.88	5.62	145.12
2010	13.26	5.56	167.12
2011	23.16	5.68	300.25
2012	14.05	5.66	210.62
2013	15.01	5.52	170.75
2014	12.61	5.38	152.25
2015	13.61	5.45	155.44
2016	16.1	5.63	338.44
2017	12.94	5.38	157.44
2018	15.84	5.76	131.06
2019	12.27	5.84	163.69
2020	14.17	5.66	344.19

## ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Dados de vento do ponto Dados de vento do ponto

Ano	Máxima anual (m/s)	Media anual (m/s)	Direcção[°]
1990	12.28	5.7	154.50
1991	12.4	5.95	170.69
1992	13.34	5.62	191.75
1993	12.21	6.15	164.31
1994	13.11	6.09	160.75
1995	12.31	5.58	173.56
1996	12.59	5.8	147.94
1997	14.56	5.93	134.81
1998	13.55	6.03	131.25
1999	15.07	5.85	99.19
2000	12.83	5.87	159.75
2001	12.18	5.78	141.12
2002	16.16	6.28	138.06
2003	13.78	5.99	162.62
2004	14.71	5.93	141.56
2005	12.24	5.7	124.06
2006	13.34	5.85	191.75
2007	14.24	6.11	165.81
2008	14.34	6.12	151.31
2009	7.91	7.31	74.00
2010	14.3	5.83	148.81
2011	25.83	5.96	175.88
2012	16.41	5.9	181.50
2013	12.46	5.77	117.31
2014	12.27	5.47	128.81
2015	13.15	5.55	148.06
2016	12.54	5.97	64.31
2017	13.09	5.66	171.75
2018	13.38	6.07	141.25
2019	12.28	6.13	154.50
2020	14.72	6.3	25.56

## Dados de vento do ponto 3 (Gaza)

	Máxima anual (m/s)	Media anual (m/s)	Direcção[°]
1990	12.20	5.84	169.00
1991	12.45	6.14	117.19
1992	13.76	5.83	92.19
1993	12.48	6.29	144.75
1994	12.97	6.22	103.19
1995	12.84	5.81	170.81
1996	14.32	6.08	215.38
1997	14.02	6.13	129.75
1998	13.00	6.26	127.88
1999	14.70	6.08	106.56
2000	14.12	6.00	179.31
2001	12.38	6.00	151.38
2002	14.78	6.45	133.62
2003	13.48	6.09	167.31
2004	12.11	6.06	128.62
2005	13.40	5.91	101.56
2006	13.27	5.97	115.94
2007	14.61	6.23	157.00
2008	12.45	6.24	117.19
2009	8.66	8.09	131.00
2010	16.12	5.91	140.75
2011	20.80	6.05	85.00
2012	14.69	6.04	172.00
2013	14.38	5.96	217.56
2014	11.76	5.50	136.31
2015	12.47	5.64	160.94
2016	12.45	6.07	117.19
2017	13.18	5.77	185.19
2018	12.94	6.17	135.69
2019	11.89	6.24	169.56
2020	15.07	6.63	182.62

Dados de vento do ponto 3 (Maputo)

	Máxima anual (m/s)	Media anual (m/s)	Direcção[°]
1990	13.69	6.33	116.44
1991	13.84	6.59	83.25
1992	15.04	6.46	96.88
1993	13.53	6.87	127.31
1994	14.82	6.68	179.75
1995	13.58	6.44	170.19
1996	14.7	6.72	222.62
1997	14.35	6.54	144.69
1998	11.91	6.64	223.44
1999	13.64	6.54	75.69
2000	12.87	6.38	206.19
2001	13.33	6.55	193.19
2002	12.69	6.79	249.25
2003	13.03	6.43	145.56
2004	11.75	6.35	196.94
2005	14.82	6.56	179.75
2006	14.62	6.46	100.56
2007	15.96	6.52	96.5
2008	14.88	6.53	148.56
2009	9.29	8.77	123.31
2010	13.81	6.52	119.19
2011	17.95	6.43	116.25
2012	14.11	6.56	103.44
2013	14.66	6.46	133.12
2014	13.77	5.9	138.62
2015	12.59	6.08	162.88
2016	14.4	6.39	172
2017	13.88	6.04	169.5
2018	13.35	6.34	119.38
2019	11.71	6.46	112.38
2020	15.7	6.88	207.44

Código usado para gerar ondas a partir de dados de vento “*wind2wave*”

Function [nvalues,Vagas] = wind2wave(ventos,fetch,year1,Zref,RT,dt)

% Developed by Jaime Palalane

% Date version: 2019-04-14

% Comando Octave to call function:

% [n,vagas]=wind2wave(Ventos,Fetch,1990,10,1.1,3)

message = ["Date & Time U[m/s] V[m/s] UV[m/s] Angle[ $\hat{A}^\circ$ ] Fetch[m] Hm0[m] Tm[s]"] % disp  
("Text")

```

nvalues=length(ventos);
    for i=1:nvalues
        date=ventos(i,1);
        U=ventos(i,2);
        V=ventos(i,3);
        % Compute velocity
        UV=(U^2+V^2)^(1/2);
        if (U == 0)
            U = 0.000001;
        endif
        % Compute velocity
        UV=(U^2+V^2)^(1/2);
        % Compute wave direction
        if (U>=0 && V>=0)
            teta=atan(abs(V/U));
            beta=270-180*teta/3.14;
        elseif (U>=0 && V<=0)
            teta=atan(abs(V/U));
            beta=270+180*teta/3.14;
        elseif (U<=0 && V<=0)
            teta=atan(abs(V/U));
            beta=90-180*teta/3.14;
        elseif (U<=0 && V>=0)
            teta=atan(abs(V/U));
            beta=90+180*teta/3.14;
        else
            message = ["Error in input velocity U10 and V10 values at line:"]
                i
        stop
    endif
        % Convert from cartesian (vectorial) to meteorological convection
        % beta = 270-beta
        % Assign cardinal directions and fetch values to wave angles
        if ((beta>=348.75 && beta<360.05) || (beta>=0 && beta<11.25))
            %WaveDir="N->S"
            fetchCalc=fetch(1,2);
            sector=1;
        elseif (beta>=11.25 && beta<33.75)
            %WaveDir="NNE"
            fetchCalc=fetch(2,2);
            sector=2;
        elseif (beta>=33.75 && beta<56.25)
            %WaveDir="NE"
    
```

```
    fetchCalc=fetch(3,2);
    sector=3;
elseif (beta>=56.25 && beta<78.75)
    %WaveDir="ENE"
    fetchCalc=fetch(4,2);
    sector=4;
elseif (beta>=78.75 && beta<101.25)
    %WaveDir="E->W"
    fetchCalc=fetch(5,2);
    sector=5;
elseif (beta>=101.25 && beta<123.75)
    %WaveDir="ESE"
    fetchCalc=fetch(6,2);
    sector=6;
elseif (beta>=123.75 && beta<146.25)
    %WaveDir="SE"
    fetchCalc=fetch(7,2);
    sector=7;
elseif (beta>=146.25 && beta<168.75)
    %WaveDir="SSE"
    fetchCalc=fetch(8,2);
    sector=8;
elseif (beta>=168.75 && beta<191.25)
    %WaveDir="S->N"
    fetchCalc=fetch(9,2);
    sector=9;
elseif (beta>=191.25 && beta<213.75)
    %WaveDir="SSW"
    fetchCalc=fetch(10,2);
    sector=10;
elseif (beta>=213.75 && beta<236.25)
    %WaveDir="SW"
    fetchCalc=fetch(11,2);
    sector=11;
elseif (beta>=236.25 && beta<258.75)
    %WaveDir="WSW"
    fetchCalc=fetch(12,2);
    sector=12;
elseif (beta>=258.75 && beta<281.25)
    %WaveDir="W->E"
    fetchCalc=fetch(13,2);
    sector=13;
elseif (beta>=281.25 && beta<303.75)
    %WaveDir="WNW"
    fetchCalc=fetch(14,2);
    sector=14;
elseif (beta>=303.75 && beta<326.25)
    %WaveDir="NW"
    fetchCalc=fetch(15,2);
    sector=15;
elseif (beta>=326.25 && beta<348.75)
```



```

    %WaveDir="NNW"
    fetchCalc=fetch(16,2);
    sector=16;
else
    message = ["Wave angle value out of range (0-360°) " , date]
endif
    % Wave computation
    % 1° Adjusting velocity to elevation
    UV10=UV*((10./Zref)^(1./7));
    % 2° Adjusting velocity for stability
    UV10=UV10*RT;
    % 3° Adjusting velocity for wind speed
    UVa=0.71*(UV10^(1.23));
    % 4° Check if wave is fetch limited or duration limited
% Initialize duration of wind event
duracao=dt;
    % Convert duration from h to s
duracao=3600*duracao;
    % Convert fetch from km to m
fetchCalc=1000*fetchCalc;
    % Duration for given fetch
t4fetch=3.215*10*(((fetchCalc^2)/UVa)^(1/3));
    % Comparison
if (t4fetch <= duracao)
    % Fetch limited
    duracao=t4fetch;
else
    % Duration limited
    fetchCalc=sqrt(((duracao/3.215/10)^3)*UVa);
endif
    % 5° Compute wave period and wave height
Hm0=0.0005112*UVa*((fetchCalc)^(1/2));
Tm=0.06238*((UVa*fetchCalc)^(1/3));
    % Compile results to a single matrix
Vagas(i,1)=date;
Vagas(i,2)=U;
Vagas(i,3)=V;
Vagas(i,4)=UV;
Vagas(i,5)=beta;
Vagas(i,6)=fetchCalc;
Vagas(i,7)=Hm0;
Vagas(i,8)=0.95*Tm;

endfor

endfunction

```

ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Distribuição empírica ponto 1

D. Empírica			
i	Máximo anual	Probabilidade	Tr
1	3.02	0.03	31.00
2	2.33	0.06	15.50
3	2.12	0.10	10.33
4	2.05	0.13	7.75
5	1.95	0.16	6.20
6	1.88	0.19	5.17
7	1.86	0.23	4.43
8	1.78	0.26	3.88
9	1.76	0.29	3.44
10	1.68	0.32	3.10
11	1.65	0.35	2.82
12	1.64	0.39	2.58
13	1.62	0.42	2.38
14	1.61	0.45	2.21
15	1.59	0.48	2.07
16	1.56	0.52	1.94
17	1.55	0.55	1.82
18	1.53	0.58	1.72
19	1.51	0.61	1.63
20	1.51	0.65	1.55
21	1.49	0.68	1.48
22	1.48	0.71	1.41
23	1.46	0.74	1.35
24	1.44	0.77	1.29
25	1.44	0.81	1.24
26	1.43	0.84	1.19
27	1.40	0.87	1.15
28	1.37	0.90	1.11
29	1.31	0.94	1.07
30	1.24	0.97	1.03

Distribuição Teórica ponto 1

		Weibull	Log-Normal	Gumbel
Tr	Prob.	Hm0	Hm0	Hm0
1.1	0.91	1.18	1.29	1.27
1.2	0.83	1.33	1.38	1.35
1.3	0.77	1.42	1.44	1.41
1.4	0.71	1.48	1.48	1.45
1.5	0.67	1.54	1.52	1.49
1.6	0.63	1.58	1.55	1.52
1.8	0.56	1.65	1.60	1.57
2	0.50	1.70	1.64	1.62
2.2	0.45	1.74	1.68	1.65
2.4	0.42	1.77	1.71	1.69
2.6	0.38	1.80	1.74	1.71
2.8	0.36	1.83	1.76	1.74
3	0.33	1.85	1.78	1.76
3.2	0.31	1.87	1.80	1.79
3.4	0.29	1.88	1.82	1.81
3.6	0.28	1.90	1.83	1.83
3.8	0.26	1.92	1.85	1.84
4	0.25	1.93	1.86	1.86
4.2	0.24	1.94	1.88	1.87
4.6	0.22	1.96	1.90	1.90
4.8	0.21	1.97	1.91	1.92
10	0.10	2.12	2.08	2.14
15	0.07	2.18	2.17	2.25
20	0.05	2.22	2.23	2.34
25	0.04	2.25	2.27	2.40
30	0.03	2.28	2.31	2.45
35	0.03	2.30	2.34	2.49
40	0.03	2.31	2.36	2.53
45	0.02	2.33	2.38	2.56
60	0.02	2.36	2.43	2.64

Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 1

Media	Desvio padrão	$x_0$	a	Cv	$1/\alpha$	$\alpha$	$\beta$	A ( $\alpha$ )	B ( $\alpha$ )
1.67	0.35	1.51	3.62	0.21	0.19	5.41	1.82	0.92	0.89

ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Distribuição empírica ponto 2

i	D. Empírica		
	Máximo diário	Probabilidade	Tr
1	4.49	0.03	31.00
2	2.24	0.06	15.50
3	2.18	0.10	10.33
4	1.96	0.13	7.75
5	1.89	0.16	6.20
6	1.86	0.19	5.17
7	1.82	0.23	4.43
8	1.81	0.26	3.88
9	1.80	0.29	3.44
10	1.74	0.32	3.10
11	1.71	0.35	2.82
12	1.66	0.39	2.58
13	1.63	0.42	2.38
14	1.63	0.45	2.21
15	1.63	0.48	2.07
16	1.59	0.52	1.94
17	1.58	0.55	1.82
18	1.58	0.58	1.72
19	1.53	0.61	1.63
20	1.49	0.65	1.55
21	1.47	0.68	1.48
22	1.46	0.71	1.41
23	1.45	0.74	1.35
24	1.44	0.77	1.29
25	1.43	0.81	1.24
26	1.43	0.84	1.19
27	1.43	0.87	1.15
28	1.42	0.90	1.11
29	1.42	0.94	1.07
30	1.41	0.97	1.03

Distribuição Teórica ponto 2

Tr	Prob	Distribuição Teórica		
		Weibull	log-Normal	Gumbel
1.1	0.91	1.10	1.255	1.45
1.2	0.83	1.29	1.364	1.52
1.3	0.77	1.40	1.437	1.56
1.4	0.71	1.49	1.493	1.60
1.5	0.67	1.56	1.539	1.63
1.6	0.63	1.61	1.579	1.65
1.8	0.56	1.70	1.644	1.70
2	0.50	1.77	1.697	1.73
2.2	0.45	1.82	1.741	1.76
2.4	0.42	1.87	1.779	1.79
2.6	0.38	1.90	1.813	1.81
2.8	0.36	1.94	1.843	1.83
3	0.33	1.97	1.870	1.85
3.2	0.31	1.99	1.895	1.87
3.4	0.29	2.02	1.918	1.89
3.6	0.28	2.04	1.939	1.90
3.8	0.26	2.06	1.958	1.92
4	0.25	2.08	1.976	1.93
4.2	0.24	2.10	1.993	1.94
4.6	0.22	2.13	2.024	1.97
4.8	0.21	2.14	2.039	1.98
10	0.10	2.34	2.267	2.16
15	0.07	2.44	2.382	2.25
20	0.05	2.49	2.461	2.32
25	0.04	2.54	2.521	2.37
30	0.03	2.57	2.568	2.41
35	0.03	2.60	2.608	2.45
40	0.03	2.62	2.643	2.48
45	0.02	2.64	2.673	2.50
60	0.02	2.69	2.871	2.68

Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 2

Media	Desvio padrão	$x_0$	a	Cv	$1/\alpha$	$\alpha$	$\beta$	A ( $\alpha$ )	B ( $\alpha$ )
1.75	0.57	1.49	2.25	0.33	0.24	4.23	0.00	0.91	0.89

ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Distribuição empírica ponto 3				Distribuição Teórica ponto 3				
D. Empírica				Weibull	Log-Normal	Gumbel		
i	Máximo diário	Probabilidade	Tr	Tr	Prob	Hm0	Hm0	Hm0
1	3.22	0.03	31.00	1.1	0.91	1.04	1.276	1.38
2	2.17	0.06	15.50	1.2	0.83	1.22	1.364	1.44
3	1.90	0.10	10.33	1.3	0.77	1.32	1.422	1.48
4	1.89	0.13	7.75	1.4	0.71	1.40	1.466	1.51
5	1.88	0.16	6.20	1.5	0.67	1.47	1.502	1.54
6	1.87	0.19	5.17	1.6	0.63	1.52	1.533	1.56
7	1.77	0.23	4.43	1.8	0.56	1.60	1.583	1.60
8	1.75	0.26	3.88	2	0.50	1.67	1.623	1.63
9	1.70	0.29	3.44	2.2	0.45	1.72	1.657	1.66
10	1.65	0.32	3.10	2.4	0.42	1.76	1.686	1.69
11	1.64	0.35	2.82	2.6	0.38	1.80	1.711	1.71
12	1.61	0.39	2.58	2.8	0.36	1.83	1.734	1.73
13	1.60	0.42	2.38	3	0.33	1.86	1.754	1.75
14	1.56	0.45	2.21	3.2	0.31	1.88	1.772	1.76
15	1.56	0.48	2.07	3.4	0.29	1.91	1.789	1.78
16	1.55	0.52	1.94	3.6	0.28	1.93	1.805	1.79
17	1.53	0.55	1.82	3.8	0.26	1.95	1.819	1.81
18	1.49	0.58	1.72	4	0.25	1.96	1.833	1.82
19	1.47	0.61	1.63	4.2	0.24	1.98	1.845	1.83
20	1.47	0.65	1.55	4.6	0.22	2.01	1.868	1.85
21	1.46	0.68	1.48	4.8	0.21	2.02	1.879	1.86
22	1.46	0.71	1.41	10	0.10	2.21	2.044	2.03
23	1.45	0.74	1.35	15	0.07	2.30	2.127	2.11
24	1.45	0.77	1.29	20	0.05	2.35	2.183	2.18
25	1.42	0.81	1.24	25	0.04	2.40	2.225	2.22
26	1.40	0.84	1.19	30	0.03	2.43	2.258	2.26
27	1.36	0.87	1.15	35	0.03	2.45	2.286	2.29
28	1.34	0.90	1.11	40	0.03	2.47	2.310	2.32
29	1.28	0.94	1.07	45	0.02	2.49	2.331	2.35
30	0.84	0.97	1.03	60	0.02	2.54	2.331	2.35

Media	Desvio padrão	$x_0$	a	Cv	$1/\alpha$	$\alpha$	$\beta$	A ( $\alpha$ )	B ( $\alpha$ )
1.65	0.36	1.56	4.81	0.22	0.22	4.55	1.80	0.92	0.89

ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

Distribuição empírica ponto 4

i	D. Empírica		
	Máximo diário	Probabilidade	Tr
1	2.78	0.03	31.00
2	2.71	0.06	15.50
3	2.61	0.10	10.33
4	2.49	0.13	7.75
5	2.49	0.16	6.20
6	2.47	0.19	5.17
7	2.47	0.23	4.43
8	2.42	0.26	3.88
9	2.41	0.29	3.44
10	2.33	0.32	3.10
11	2.32	0.35	2.82
12	2.30	0.39	2.58
13	2.30	0.42	2.38
14	2.25	0.45	2.21
15	2.25	0.48	2.07
16	2.10	0.52	1.94
17	2.10	0.55	1.82
18	2.07	0.58	1.72
19	2.05	0.61	1.63
20	2.04	0.65	1.55
21	2.04	0.68	1.48
22	2.02	0.71	1.41
23	1.97	0.74	1.35
24	1.96	0.77	1.29
25	1.93	0.81	1.24
26	1.93	0.84	1.19
27	1.7561	0.87	1.15
28	1.74	0.90	1.11
29	1.66	0.94	1.07
30	1.65	0.97	1.03

Distribuições teóricas no ponto 4

Tr	Prob	Weibull	Log-Normal	Gumbel
		Hm0	Hm0	Hm0
1.1	0.91	1.68	1.83	1.85
1.2	0.83	1.84	1.92	1.93
1.3	0.77	1.94	1.98	1.98
1.4	0.71	2.01	2.03	2.02
1.5	0.67	2.07	2.07	2.06
1.6	0.63	2.11	2.10	2.09
1.8	0.56	2.18	2.15	2.14
2	0.50	2.24	2.19	2.18
2.2	0.45	2.28	2.22	2.22
2.4	0.42	2.31	2.25	2.25
2.6	0.38	2.34	2.27	2.28
2.8	0.36	2.37	2.30	2.30
3	0.33	2.39	2.32	2.33
3.2	0.31	2.41	2.33	2.35
3.4	0.29	2.43	2.35	2.37
3.6	0.28	2.45	2.36	2.39
3.8	0.26	2.46	2.38	2.40
4	0.25	2.47	2.39	2.42
4.2	0.24	2.49	2.40	2.44
4.6	0.22	2.51	2.42	2.46
4.8	0.21	2.52	2.43	2.48
10	0.10	2.66	2.59	2.69
15	0.07	2.73	2.67	2.81
20	0.05	2.77	2.72	2.89
25	0.04	2.80	2.76	2.95
30	0.03	2.82	2.79	3.00
35	0.03	2.84	2.81	3.04
40	0.03	2.85	2.83	3.08
45	0.02	2.86	2.85	3.11

Parâmetros para a distribuições teóricas no ponto 4

Media	Desvio padrão	$x_0$	a	Cv	$1/\alpha$	$\alpha$	$\beta$	A ( $\alpha$ )	B ( $\alpha$ )
2.21	0.29	3.69	2.08	0.13	0.11	9.09	2.35	0.94	0.91

# ESTUDO DE AGITAÇÃO MARÍTIMA A SUL DO RIO SAVE

## Dados do teste de Kolmogorov-Smirnov

i	Ponto 1			Ponto 2			Ponto 3			Ponto 4		
	H0(m)	F(xi)	Di	H0(m)	F(xi)	Di	H0(m)	F(xi)	Di	H0(m)	F(xi)	Di
1	3.017	1.000	0.033	4.489	0.142	0.139	3.218	0.141	0.139	2.780	0.000	0.002
2	2.333	0.998	0.064	2.236	0.079	0.076	2.174	0.028	0.025	2.711	0.000	0.003
3	2.117	0.988	0.088	2.184	0.076	0.071	1.902	0.012	0.008	2.607	0.000	0.004
4	2.051	0.981	0.115	1.961	0.060	0.055	1.886	0.012	0.006	2.495	0.000	0.005
5	1.948	0.960	0.127	1.889	0.055	0.049	1.884	0.012	0.005	2.489	0.000	0.006
6	1.877	0.934	0.134	1.859	0.053	0.045	1.869	0.011	0.003	2.474	0.000	0.008
7	1.862	0.926	0.159	1.816	0.050	0.041	1.774	0.008	0.001	2.467	0.000	0.009
8	1.778	0.867	0.134	1.808	0.049	0.040	1.754	0.007	0.003	2.415	0.000	0.010
9	1.759	0.848	0.148	1.797	0.049	0.038	1.705	0.006	0.005	2.410	0.000	0.011
10	1.676	0.737	0.071	1.736	0.044	0.033	1.652	0.004	0.007	2.329	0.000	0.012
11	1.645	0.682	0.049	1.708	0.043	0.030	1.636	0.004	0.009	2.322	0.000	0.013
12	1.638	0.669	0.069	1.665	0.040	0.026	1.612	0.004	0.010	2.296	0.000	0.014
13	1.618	0.626	0.060	1.632	0.037	0.022	1.596	0.003	0.012	2.296	0.000	0.015
14	1.610	0.609	0.076	1.626	0.037	0.021	1.562	0.003	0.013	2.253	0.000	0.016
15	1.590	0.562	0.062	1.626	0.037	0.020	1.556	0.003	0.014	2.251	0.000	0.017
16	1.559	0.486	0.020	1.590	0.035	0.016	1.551	0.003	0.016	2.105	0.000	0.018
17	1.550	0.463	0.030	1.582	0.034	0.015	1.532	0.002	0.017	2.103	0.000	0.019
18	1.533	0.418	0.018	1.579	0.034	0.014	1.491	0.002	0.018	2.068	0.000	0.020
19	1.510	0.354	0.013	1.531	0.031	0.009	1.467	0.002	0.020	2.053	0.000	0.022
20	1.506	0.343	0.010	1.487	0.028	0.006	1.465	0.002	0.021	2.038	0.000	0.023
21	1.491	0.302	0.002	1.475	0.028	0.004	1.462	0.002	0.022	2.038	0.000	0.024
22	1.477	0.265	0.002	1.464	0.027	0.002	1.462	0.002	0.023	2.022	0.000	0.025
23	1.462	0.227	0.006	1.452	0.026	0.000	1.454	0.002	0.024	1.969	0.000	0.026
24	1.442	0.180	0.020	1.436	0.025	0.002	1.449	0.002	0.025	1.960	0.000	0.027
25	1.440	0.176	0.010	1.431	0.025	0.003	1.416	0.001	0.027	1.930	0.000	0.028
26	1.429	0.151	0.018	1.431	0.025	0.004	1.401	0.001	0.028	1.925	0.000	0.029
27	1.396	0.090	0.010	1.429	0.025	0.005	1.362	0.001	0.029	1.756	0.000	0.030
28	1.372	0.057	0.010	1.424	0.025	0.007	1.339	0.001	0.030	1.737	0.000	0.031
29	1.309	0.010	0.023	1.419	0.024	0.008	1.280	0.000	0.032	1.664	0.000	0.032
30	1.24	0.00047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dimax			0.1594			0.139			0.139			0.032

