



**MONITORIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA**  
RELATÓRIO INICIAL DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS  
HISTÓRICOS DA REDE DE MONITORIZAÇÃO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA  
(AJUSTE DIRETO Nº 5/DRAM/2016)



GOVERNO DOS AÇORES  
Vice-Presidência do Governo



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

## Sumário:

1. Introdução
2. Enquadramento
3. Caracterização da Rede
4. Registos, transmissão, processamento, estrutura, base de dados
  - 4.1 dados dos 10 minutos
  - 4.2 dados MKIII e RAWDATA
  - 4.3 dados em ficheiros .kmz (Google Earth)
5. Informação em domínio público (página web)
6. Climatologia da agitação, interpretação de dados históricos
  - 6.1 Aquisição de dados
  - 6.2 Altura significativa
  - 6.3 Período médio
  - 6.4 Período de pico
  - 6.5 Direcção Média associada ao período de pico
  - 6.6 Distribuição conjunta de direcções, alturas significativas e períodos médios
  - 6.7 Condições médias sazonais
  - 6.8 Condições de temporal
  - 6.9 Considerações finais
7. Referências bibliográficas
8. Anexo\_I – Apuramentos anuais recentes da agitação marítima

## Equipa:

Eduardo Brito de Azevedo

Francisco Vieira Reis

Filipe Fernandes

Angra do Heroísmo, Agosto de 2016

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde ao **relatório inicial de análise e interpretação de dados históricos (RO)** no âmbito do serviço prestado pela Associação para o Estudo do Ambiente Insular (AEAI) à Direcção Regional dos Assuntos do Mar (DRAM) da Região Autónoma dos Açores (RAA), nos termos do ajuste direto 5/DRAM/2016, o qual tem por objeto principal a aquisição de serviços para a implementação do programa de “MONITORIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA” com base nos dados resultantes dos equipamentos, sensores e bóias ondógrafo que a cada momento estejam em funcionamento no contexto da rede de Monitorização da Agitação Marítima sob a gestão da AEAI, a qual é mantida através de várias iniciativas, projetos e parcerias, e de acordo com as cláusulas técnicas constantes da parte II do respectivo caderno de encargos (CE) e condições de adjudicação (V/R SAI-DRAM/2016/407).

Atendendo à natureza da matéria contratualizada, o presente relatório deve ser entendido como complementar ao serviço de dados disponibilizado através do endereço electrónico *datacenter.oaacores.pt* com “user\_name” e respectiva “password” de acesso à base de dados, oportunamente fornecida por correio electrónico de forma a garantir a sua confidencialidade.

## 2 - ENQUADRAMENTO

Os projectos CLIMAAT e CLIMARCOST (Azevedo *et al.* 2008), promovidos pela AEAI, desenvolvidos no âmbito das Iniciativas Comunitárias Interreg\_IIB, Açores Madeira e Canárias (MAC/2.3/A3; 03/MAC/2.3/A5; 05/MAC/2.3/A1), tiveram como objectivo o aprofundamento da cooperação técnica e científica tendo em vista o desenvolvimento e adopção de metodologias e de tecnologias específicas para o estudo e acompanhamento da meteorologia e do clima das regiões insulares da Macaronésia, bem como da sua envolvente, a uma escala compatível com a generalidade dos fins aplicados.

De entre as diversas iniciativas desenvolvidas pelos diferentes parceiros, e no âmbito dos referidos projectos, foi possível à AEAI dotar o Arquipélago dos Açores de uma rede de estações ondógrafo de acompanhamento das condições da agitação marítima em tempo q/real, a qual, desde o início do lançamento da primeira bóia ondógrafo em Fevereiro de 2005 ao largo da Praia da Vitória, tem vindo a ser alargada a todo o arquipélago.

Atendendo à nossa dependência em relação ao mar (económica e de segurança), a localização de cada uma das estações ondógrafo foi escolhida para atender prioritariamente às necessidades da operação portuária, construções portuárias, condições de navegação junto à barra dos portos, operações de pesca, actividades náuticas e segurança costeira e no mar.

A informação disponibilizada em tempo q/real pela rede tem uma natureza operacional fornecendo dados sobre o estado do mar através de página web

([www.climaat.angra.uac.pt](http://www.climaat.angra.uac.pt)), bem como da evolução do estado do mar nas últimas 24 horas;

A informação acumulada é arquivada em base de dados e utilizada para produzir a climatologia da agitação marítima necessária para vários fins (cf. Esteves *et al.*, 2009; Capitão *et al.* 2010), incluindo trabalhos de natureza científica, designadamente para efeitos de calibração de dados de detecção remota (cf. Pontes *et al.*, 2010; 2011), de modelos da agitação marítima (cf. Guilherme *et al.* 2009; Santos *et al.* 2009; 2010b), avaliação da energia das ondas (cf. Pontes *et al.* 2010; Izan *et al.* 2011), avaliação do risco em operações portuárias (cf. Santos *et al.* 2010a; Neves *et al.* 2011;), erosão costeira, transporte de sedimentos, caracterização dos ecossistemas marinhos, etc..

A possibilidade do acompanhamento em tempo real do estado do mar em situações mais complicadas do estado do tempo tem permitido uma gestão da operação e obras portuárias em condições de maior segurança e eficiência.

A iniciativa mereceu desde o seu início o apoio de todas as entidades que se relacionam com o mar, muito em particular das Administrações Portuárias, as quais colaboram de forma exemplar no apoio às operações de mar e albergam os dispositivos de recepção em terra e sistemas de transmissão de dados.

Outros operadores marítimos privados (armadores e empreiteiros), bem como a Marinha e a Força Aérea Portuguesas, têm prestado colaboração operacional sempre que solicitados.

Assim, pela primeira vez, pese embora o enquadramento oceânico e a dependência das ilhas dos Açores e da sua economia às condições atmosféricas e do estado mar, foi possível dotar o arquipélago de uma estrutura científica/operacional, com carácter permanente, e capaz de dar resposta às necessidades mais elementares de informação sobre estes meios.

### **3 - CARACTERIZAÇÃO DA REDE:**

Iniciada em 2005, a rede de monitorização da agitação marítima da RAA é composta actualmente por seis estações ondógrafo da marca Datawell MK\_III que, de Sta. Maria às Flores (tabela I e figura 1), registam e transmitem em tempo quase-real (q/real) informação relevante para diferentes fins aplicados (cf. Barrera *et al.* 2008; V. Reis *et al.* 2012). Por circunstâncias anómalas atendendo ao ambiente extremo em que as estações operam, ou por razões de manutenção, pode acontecer que as mesmas se encontrem temporariamente inoperacionais, como acontece nesta data com a estação de Sta. Maria que aguarda reparação.

A posse e a gestão operacional e administrativa de toda a rede é da responsabilidade da AEAI tendo para o efeito sido formados técnicos, quer para a manutenção dos equipamentos e sistemas de processamento e transmissão de dados, quer para o desenvolvimento e manutenção e dos respectivos sistemas de informação.

O conjunto de estações ondógrafo da RAA está registado na Organização Meteorológica Mundial (OMM) com os códigos de 6202400 a 6202405, fazem parte da rede nacional de monitorização da agitação marítima sob a tutela do Instituto Hidrográfico, e integram várias as redes e consórcios internacionais.

Tabela I – localização e características de amarração das estações ondógrafo

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade amarração	Modelo Datawell
Flores	39° 22.11´	-31° 9.80´	80 m	MK_III (0.7 m)
Terceira	38° 45.05´	-27° 00.62´	100 m	MK_III (0.7 m)
Faial/Pico	38° 35.26´	-28° 32.26´	110 m	MK_III (0.9 m)
Graciosa	39° 05.21´	-27° 57.73´	97 m	MK_III (0.7 m)
S. Miguel	37° 43.53´	-25° 43.28´	90 m	MK_III (0.7 m)
Sta. Maria*	36° 55.21´	-25° 10.02´	119 m	MK_III (0.7 m)
* a aguardar reparação				

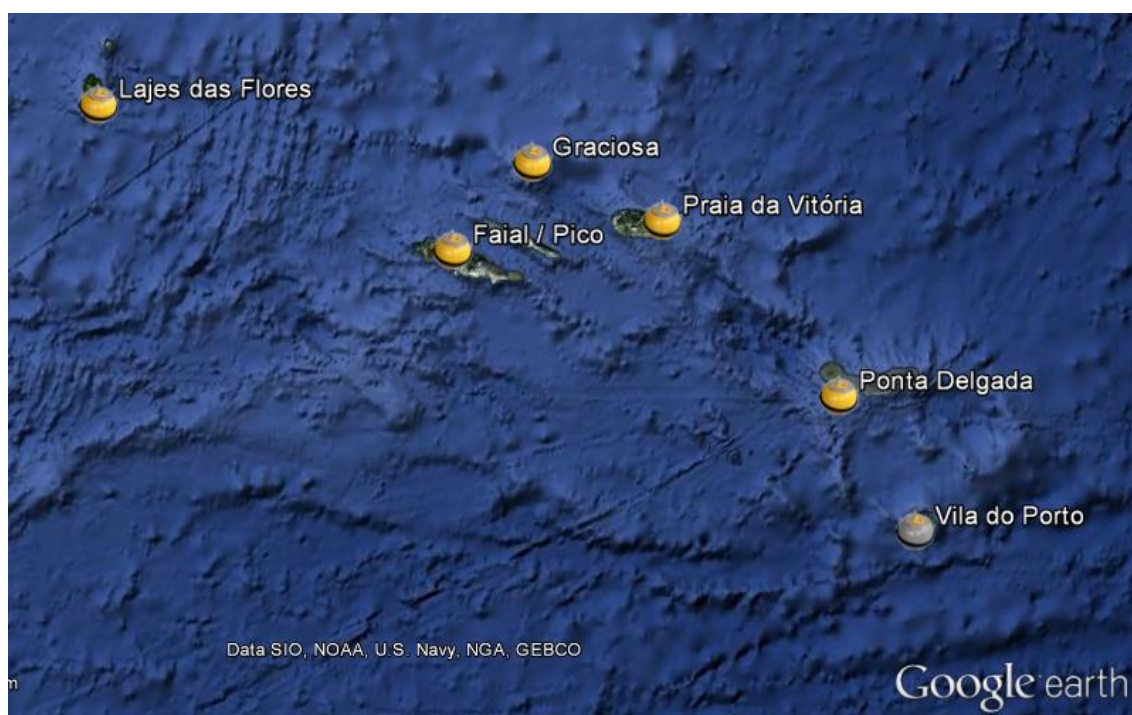


Figura 1 – Rede de Bóias Ondógrafo dos Açores

#### 4 – REGISTOS, TRANSMISSÃO, PROCESSAMENTO, ESTRUTURA, BASE DE DADOS.

Os registos, constituídos por séries temporais de deslocamentos verticais e horizontais segundo os eixos N-S e E-W, são efectuados pelo microprocessador instalado na bóia a partir das medições das três componentes da aceleração do movimento da superfície livre e das três componentes do campo magnético terrestre.

Em condições normais, a aquisição de dados é efectuada em intervalos mais alargados. Em condições de temporal, ou seja, quando a altura significativa da ondulação excede 5 metros, os períodos de aquisição são apenas espaçados de pequenos intervalos necessários ao processamento dos dados.

Os equipamentos ondógrafo também disponibilizam a temperatura de superfície da água do mar em graus centígrados.

A transmissão dos dados das bóias para terra é feita via rádio, em VHF, sendo depois encaminhados via Web, por ADSL, para os servidores da AEAI.

A organização da informação é feita em base de dados, sendo susceptível de consulta “online” através de uma interface específica, conforme figura 2.

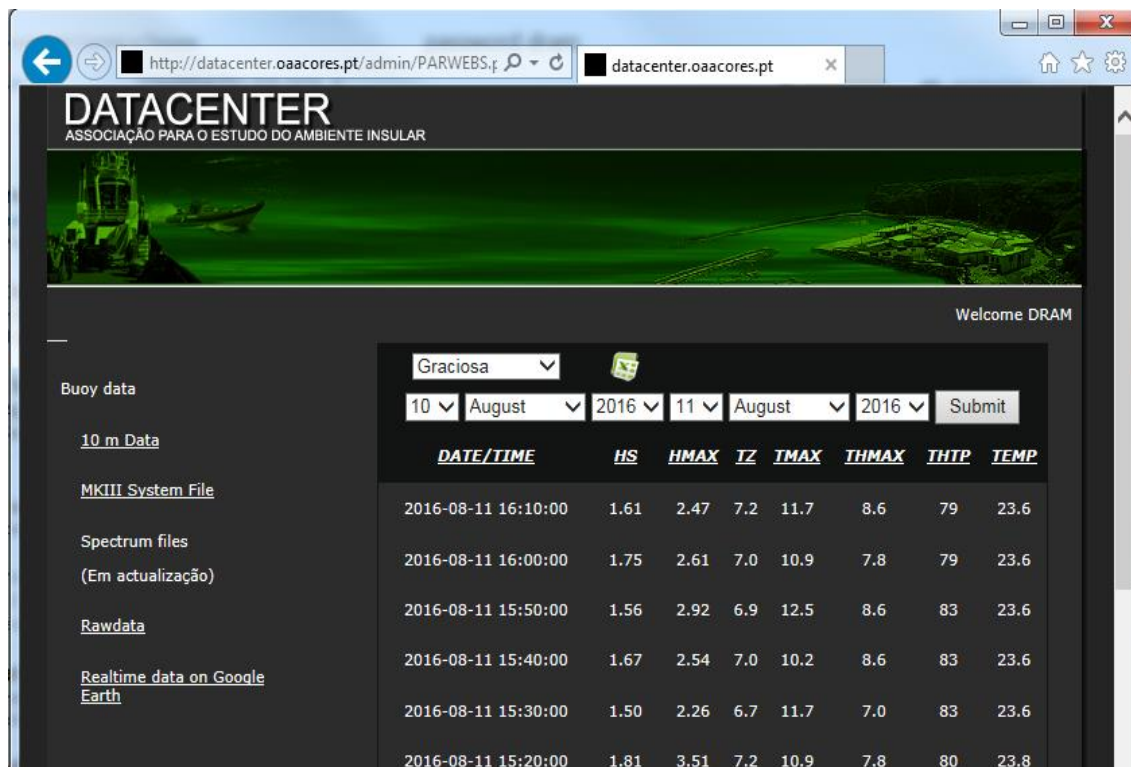


Figura 2 – Interface “on\_line” de acesso à base de dados da Agitação Marítima

Os diferentes blocos de informação podem ser consultados através de critérios de selecção por unidade ondógrafa, por tipo de dados e por intervalo de calendário, bem como descarregados para ficheiros autónomos em formato ASCII ou CSV (formato nativo do EXEL).

Os dados estão organizados nos seguintes blocos de informação:

- dados dos 10 minutos
- dados do system file da MKIII (formato do fabricante)
- “spectrum files” ( em actualização)
- “rawdata
- dados em tempo q/real em formato KMZ (Google Earth)

O acesso à base de dados é disponibilizado à DRAM através dos seguintes parâmetros:

endereço: <http://datacenter.oaacoes.pt/>

user\_name: DRAM

password: (confidencial) já fornecido por correio electrónico



#### 4.1 - DADOS DOS 10 MINUTOS

As séries temporais de elevação são processadas pelo método directo sendo apresentados os ficheiros numéricos dos blocos de 10 minutos (10m Data) correspondentes aos seguintes parâmetros que constam na tabela II.

HS (m) – Altura Significativa em metros (média do terço mais elevado de ondas de zero ascendente);

HMAX (m) – Altura máxima de zero ascendente ocorrida no registo, em metros;

TZ (s) – Média dos períodos de zero ascendente, em segundos;

TMAX (s) – Período máximo ocorrido no registo, em segundos;

THTP – Direcção azimutal norte da agitação predominante (360 graus);

TEMP – Temperatura superficial da água do mar, em graus centígrados;

EST\_ID\_EST – Código da estação ondógrafo

Tabela II – ficheiros “10m Data”

DATAHORA	HS	HMAX	TZ	TMAX	THMAX	THTP	TEMP	EST_ID_EST
10-08-2016 00:10	0.70	1.03	4.00	8.60	7.80	32.00	22.80	4
10-08-2016 00:20	0.68	1.07	3.90	10.20	3.10	32.00	22.80	4
10-08-2016 00:30	0.66	0.99	4.00	8.60	7.80	10.00	22.80	4
10-08-2016 00:40	0.69	1.05	4.10	9.40	3.90	10.00	22.80	4
10-08-2016 00:50	0.67	1.29	3.90	10.20	6.30	10.00	22.80	4
10-08-2016 01:00	0.69	1.05	3.90	10.90	7.80	11.00	22.80	4
10-08-2016 01:10	0.73	0.97	4.00	10.20	6.30	11.00	22.80	4
10-08-2016 01:20	0.66	1.00	3.80	8.60	6.30	11.00	22.80	4
10-08-2016 01:30	0.63	0.96	3.80	9.40	8.60	41.00	22.70	4
10-08-2016 01:40	0.65	1.07	3.80	10.90	3.90	41.00	22.70	4
10-08-2016 01:50	0.66	1.11	4.00	10.20	5.50	41.00	22.70	4
10-08-2016 02:00	0.70	0.98	3.90	10.20	9.40	31.00	22.70	4
10-08-2016 02:10	0.66	1.13	3.80	7.80	4.70	31.00	22.70	4
10-08-2016 02:20	0.69	0.99	4.00	10.90	4.70	31.00	22.70	4
10-08-2016 02:30	0.64	1.05	4.00	10.20	4.70	32.00	22.70	4
10-08-2016 02:40	0.72	1.06	4.20	10.20	4.70	32.00	22.70	4
10-08-2016 02:50	0.63	1.14	4.00	10.20	6.30	32.00	22.70	4
10-08-2016 03:00	0.63	0.93	3.90	10.20	3.10	31.00	22.60	4
10-08-2016 03:10	0.69	0.96	4.40	9.40	5.50	31.00	22.60	4
10-08-2016 03:20	0.63	1.14	3.80	9.40	6.30	31.00	22.60	4
10-08-2016 03:30	0.70	1.07	4.40	10.20	6.30	18.00	22.60	4

#### 4.2 DADOS MKIII E RAWDATA

Toda a informação numérica dos registos ( ficheiros *MKIII* e *Rawdata*), susceptível de ser utilizada em pós processamento por diferentes utilizadores e tendo em vista diferentes objectivos, está disponível em formato ASCII ou CSV (formato nativo do EXEL), conforme tabela III.

Tabela III – ficheiros “Rawdata”

204 2016 00:25  
+0006-0005+0021+0002-0011+0010-0020-0012-0006-0024+0003-0013-0023+0015+0004  
+0002+0031+0030+0031+0023+0019+0041-0017-0003+0007-0034-0015-0011-0018-0027  
-0024+0000-0018-0023+0004-0006-0026+0007+0001-0011+0020+0010+0026+0013+0015  
+0038+0002+0011+0038-0005+0003+0012-0008-0003-0009-0015-0019-0047-0009-0024  
-0049+0021-0015-0018+0024+0005+0015+0015+0011+0044-0010+0011+0031-0034+0012  
+0010-0028+0006-0001-0008-0002-0014+0017+0000-0010+0034+0000-0013+0016-0003  
-0021+0003-0006-0006-0006-0005+0005-0026+0008+0016-0022+0004+0010-0017+0010  
+0003-0014+0003-0008+0000-0004-0019+0033-0006+0008+0048-0011+0017+0022-0012  
+0016-0009-0003+0009-0037+0012-0003-0033+0010-0017-0014+0016-0012-0005+0011  
+0001-0007-0004-0028-0005-0011-0024+0025-0019+0003+0040-0002+0007+0044+0008  
+0024+0028+0000+0038-0004+0008+0036-0028-0002+0028-0049-0009-0014-0039-0004  
-0040-0023+0002-0060+0001+0012-0051+0041+0012-0009+0062-0005+0034+0054-0016  
+0051+0015-0013+0034-0021-0015+0032-0043-0005+0008-0057+0016-0018-0041+0013  
-0022-0015+0006-0022-0007+0000-0033+0008-0015-0018+0020-0002-0011+0022-0001  
-0004+0024+0011+0009+0016+0015+0034+0011+0006+0047-0004+0005+0036-0019-0009  
+0011-0030-0001-0023-0031-0005-0051-0013-0002-0055+0012+0002-0012+0032+0016  
+0005+0036+0010+0032+0019-0008+0009-0006-0016+0011-0002-0022+0021+0012-0003  
+0020+0013+0008+0028-0004+0022-0010-0018+0014-0010-0021+0005-0026-0025-0007  
-0042+0000-0019-0046+0037-0011-0001+0042-0010+0038+0013-0014+0028-0013-0011  
+0029-0031+0011+0010-0040+0023-0004-0026+0016-0012-0009+0004-0008+0004-0009  
+0008-0005-0019-0019+0000-0016-0006+0009+0000+0005+0006+0012-0001+0011+0012  
+0020+0006+0008+0009-0005+0000-0002-0005-0010-0014-0008-0006-0032+0000+0004

#### 4.3 DADOS EM FICHEIROS .KMZ (GOOGLE EARTH)

Também são disponibilizados ficheiros .kmz, susceptíveis de serem importados para as plataformas individuais dos utilizadores e actualizados de forma automática através da plataforma GoogleEarth (cf. figura 4):

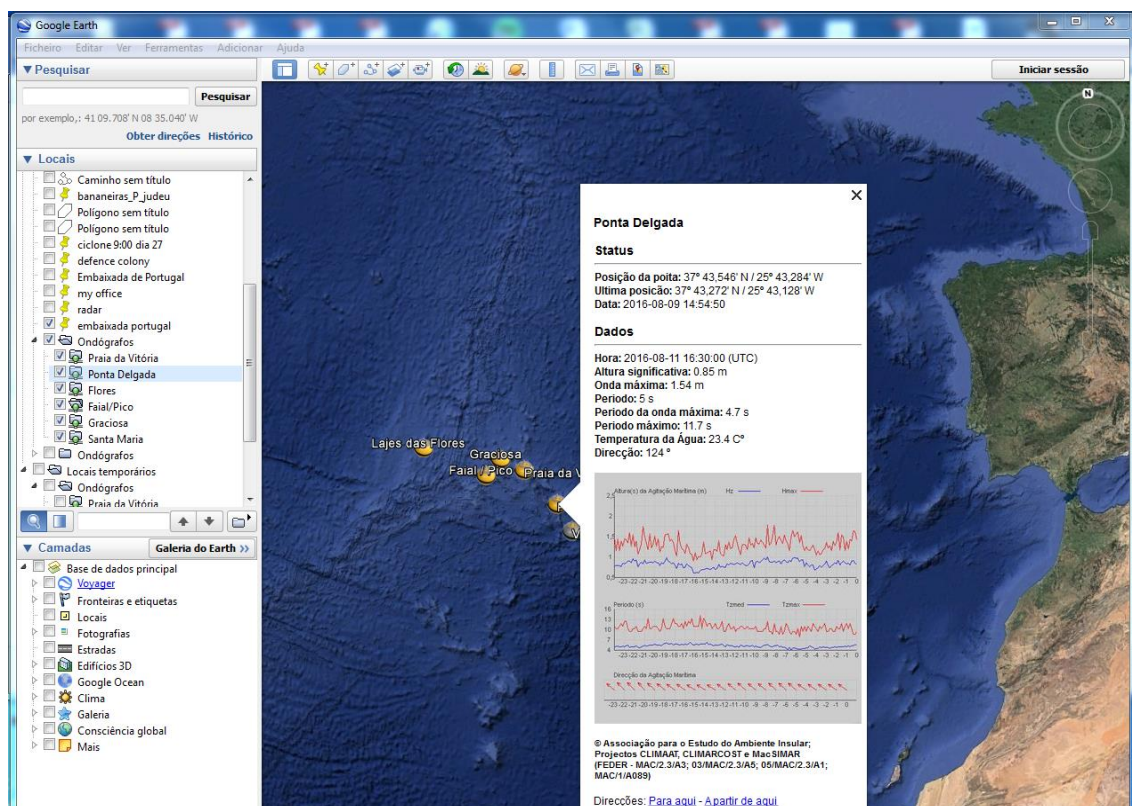


Figura 4 – Exemplo dos dados em tempo q/real da estação ondógrafo disponibilizados em ficheiros .kmz (Google Earth)



## 5 – INFORMAÇÃO EM DOMÍNIO PÚBLICO (PÁGINA WEB)

A informação produzida pela rede pode ter um objectivo estritamente operacional, fornecendo dados sobre o estado do mar em tempo q/real através da página web [www.climaat.angra.uac.pt](http://www.climaat.angra.uac.pt) (cf. figura 5), e da sua evolução nas últimas 24 horas (cf. figura 6).

Os dados fornecidos em tempo q/real referem-se aos seguintes parâmetros:

- Identificação
- Posição
- Dia/hora (UTC)
- Dia/hora Local
- Altura Significativa (Hz)
- Altura máxima no período (Hmax)
- Período Médio (segundos)
- Período Máximo Observado (segundos)
- Período da Onda de Altura Máxima (segundos)
- Direcção da agitação (azimute a partir do norte)
- Temperatura superficial da água do mar (°C)

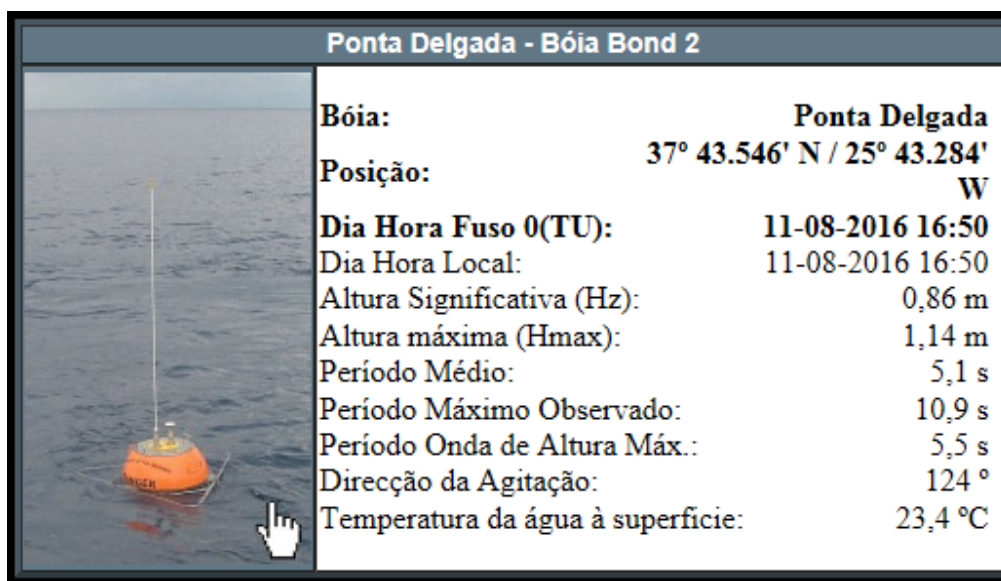


Figura 5 – Dados em tempo q/real da estação ondógrafo correspondentes aos blocos transmitidos cada 15 minutos.

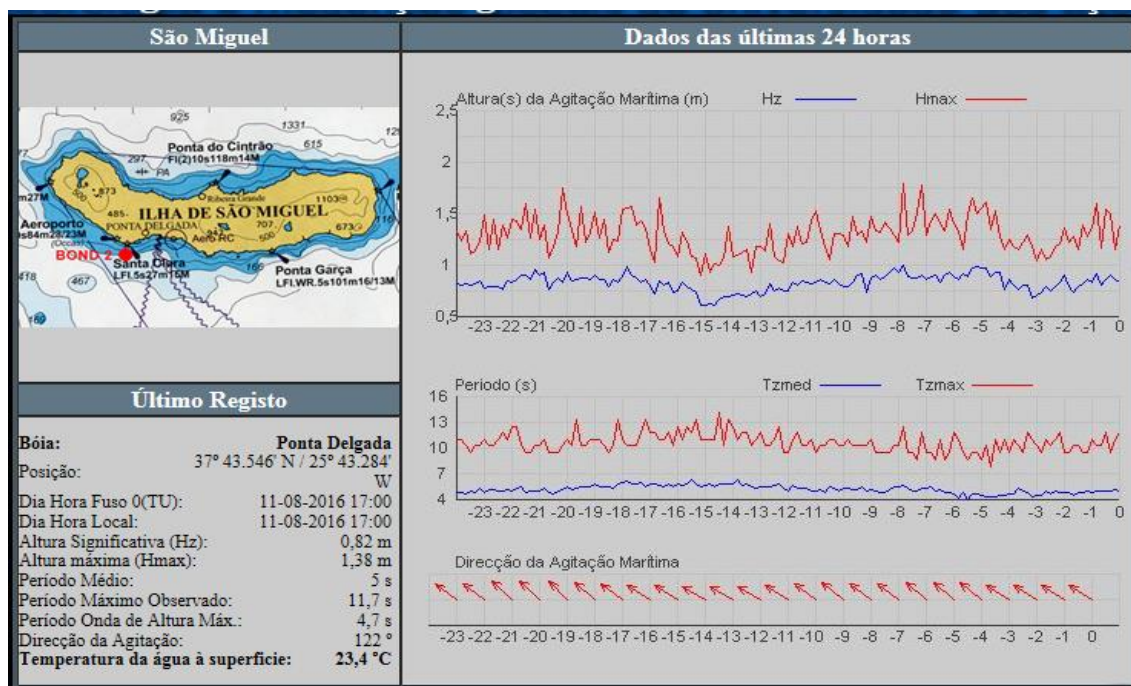


Figura 6 – Evolução do estado do mar nas últimas 24 horas anteriores ao último registo

## 6 - CLIMATOLOGIA DA AGITAÇÃO, INTERPRETAÇÃO DE DADOS HISTÓRICOS

Tal como acima referido, para além da natureza operacional que os registos dos parâmetros da agitação marítima permitem, a análise das séries de observações efectuadas ao longo dos anos de funcionamento da rede permite a elaboração da climatologia da agitação marítima, quer para fins estritamente técnicos, quer para fins científicos. Nesse sentido, quer a fiabilidade dos registos quer a integridade e a longevidade das séries dos registos revelam-se factores da maior importância.

Com base nos diferentes períodos de registo efectuados desde o início do funcionamento da rede, pese embora as falhas circunstanciais a que a mesma esteve e estará sempre sujeita, foi já possível elaborar a primeira climatologia da agitação marítima nos Açores (Esteves *et al.* 2009) baseada em dados observados numa primeira fase de aquisição de dados. É, aliás, com base nesse trabalho que se procede à seguinte caracterização do clima da agitação marítima observado em algumas das estações ondógrafo dos Açores. Em complemento a essa caracterização são apresentados os apuramentos anuais das observações referentes aos anos mais recentes do funcionamento da rede (ANEXO\_I).

### 6.1 – AQUISIÇÃO DE DADOS

A caracterização que se apresenta nesta primeira aproximação à climatologia da agitação marítima na RAA, é baseado nos registos das estações ondógrafo direccionais das Flores, Terceira e São Miguel. Os dados das Flores são referentes ao período de Julho de 2006 a Dezembro de 2008, os da Terceira, de Fevereiro de 2005 a Dezembro de 2008, e os de São Miguel, de Agosto de 2005 a Dezembro de 2008.

Os dados foram adquiridos por bóias direccionais Datawell Directional Waverider MKIII conforme condições de fundeio apresentadas na Tabela I. Estas bóias, para além do sensor que mede a aceleração vertical do movimento da superfície livre do mar, estão equipadas com sensores adicionais que medem a aceleração horizontal em relação a duas direcções perpendiculares entre si, o que permite obter, simultaneamente, dados relativos à altura, ao período e à direcção. As séries temporais obtidas são constituídas por deslocamentos verticais (ou elevações) e deslocamentos horizontais relativamente a duas direcções perpendiculares entre si, norte-sul e este-oeste. Na figura 7 apresentam-se os respectivos períodos de aquisição de dados. Os espaçamentos a branco apenas contemplam as falhas técnicas das bóias.

Outras falhas ocorreram, nomeadamente na recepção dos dados, o que se traduziu numa diminuição da percentagem de registos válidos em cada estação. As estações do Faial, Graciosa e Santa Maria não foram consideradas neste primeiro trabalho por corresponderem a estações mais recentes, necessitando portanto de mais tempo para a consolidação das respectivas séries.

Devido à respectiva cobertura temporal e espacial, os dados estatísticos apresentados nesta primeira abordagem devem ser considerados como representativos da área de medição ou de posições com a mesma exposição meteo-oceanográfica. Qualquer extrapolação para locais afastados das posições das bóias deve ser interpretada, recorrendo-se para o efeito a modelos matemáticos adequados.

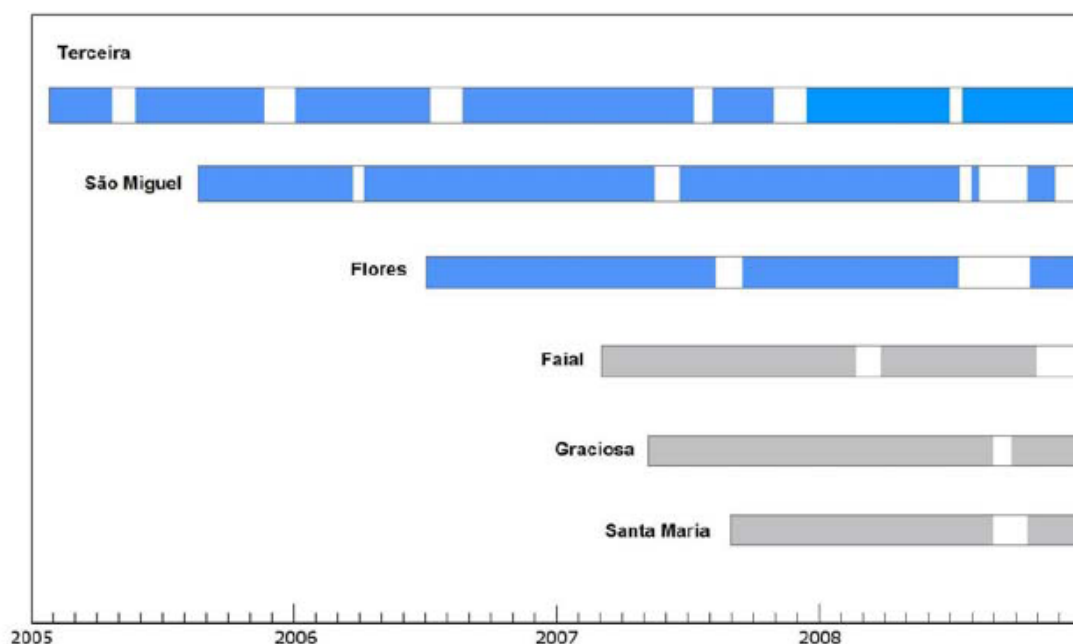


Figura 7 - Períodos de aquisição dos dados utilizados na presente caracterização climática

Na tabela IV apresentam-se as percentagens mensais de registos válidos nas estações das Flores, Terceira e São Miguel. Nas Flores salienta-se a baixa percentagem de registos válidos em alguns meses de Verão, em particular em Agosto, em que existem apenas 10% de registos válidos; na Terceira, foi em Julho que se verificaram mais falhas de dados (33% de registos válidos); em São Miguel a percentagem mais

baixa registada é de 49% em Agosto. Em termos globais, a percentagem de registos válidos é superior em São Miguel (77%), seguindo-se as Flores (67%), e a Terceira (60%). Agrupando os meses em dois períodos sazonais de Verão (Abril a Setembro) e de Inverno (Outubro a Março), verifica-se que, na Terceira, as percentagens em cada período são semelhantes (62% e 59%), o que não acontece em São Miguel (71% e 83%) e nas Flores (49% e 85%). Estas assimetrias condicionam, obviamente, a caracterização das condições sazonais na estação de São Miguel e, principalmente, na das Flores.

Tabela IV – Percentagens mensais de observações válidas no período considerado

Estações	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Flores	74	90	90	92	93	63	37	10	35	72	94	88
Terceira	58	62	64	78	62	75	33	46	82	73	48	46
S. Miguel	94	96	77	83	81	72	81	49	66	78	86	72

No que respeita ao processamento de dados, as séries temporais foram analisadas no domínio da frequência, com vista à estimação dos parâmetros característicos da agitação marítima. Para cada registo, foram estimados, entre outros, os parâmetros que se apresentam neste artigo: altura significativa (HM0), período médio (T02), período de pico (TP) e direcção média associada ao período de pico (THTP). Note-se que a direcção aqui considerada é a direcção de onde as ondas vêm, medida a partir do Norte verdadeiro, no sentido dos ponteiros do relógio.

Para a caracterização do clima de agitação marítima é utilizada informação gráfica e em tabelas, relativa aos parâmetros HM0, T02, TP e THTP. No que diz respeito à caracterização das condições médias globais e sazonais, foram considerados apenas os registos adquiridos de 3 em 3 horas, enquanto que para as situações de temporal foram considerados todos os registos válidos.

As condições médias globais são aqui caracterizadas através da informação presente nos gráficos das distribuições de frequência relativa de cada um dos parâmetros HM0, T02, TP e THTP (figuras 8 a 11), bem como nas tabelas que resumem a distribuição conjunta de THTP-HM0, THTP-TP e HM0-TP (tabelas V a XII).

## 6.2 ALTURA SIGNIFICATIVA

Os valores mais frequentes de altura significativa, nas três estações, situam-se na classe de 1 a 2m (52% nas Flores, 51% na Terceira e 45% em São Miguel); alturas significativas superiores a 3m são cerca de 12% nas Flores, 11% na Terceira e 7% em São Miguel. Valores superiores a 5m apresentam percentagens inferiores a 1%, nas três estações.

Nas Flores e na Terceira a média é 1.9m e o desvio padrão é 0.9m; em São Miguel a média é 1.5m e o desvio padrão é 0.9m. As alturas significativas máximas observadas são 7.0m nas Flores, 8.6m na Terceira e 8.2m em São Miguel.

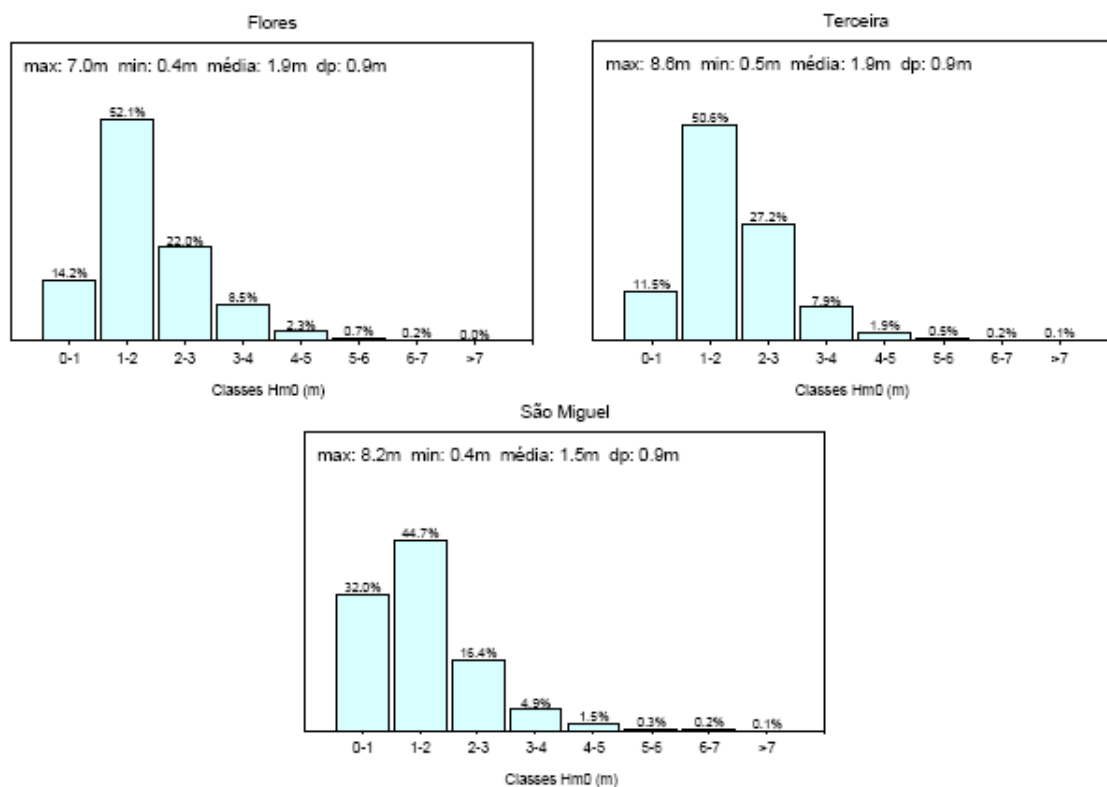


Figura 8 – Distribuição de frequência relativa de Hm0 das Flores, Terceira e S. Miguel



### 6.3 PERÍODO MÉDIO

Os valores mais frequentes de período médio, nas três estações, situam-se na classe de 5 a 7s (63% nas Flores, 59% na Terceira e 60% em São Miguel); nas Flores e São Miguel a segunda classe com maior percentagem de observações é a de 3 a 5s, enquanto na Terceira é a classe de 7 a 9s; valores superiores a 9s são aproximadamente 1% nas Flores e em São Miguel, e 3% na Terceira.

A média é 5.9s nas Flores, 6.3s na Terceira e 5.9s em São Miguel; os respectivos desvios padrão são 1.1s, 1.2s e 1.2s; os valores máximos observados são 10.6s, 11.7s e 10.9s, respectivamente.

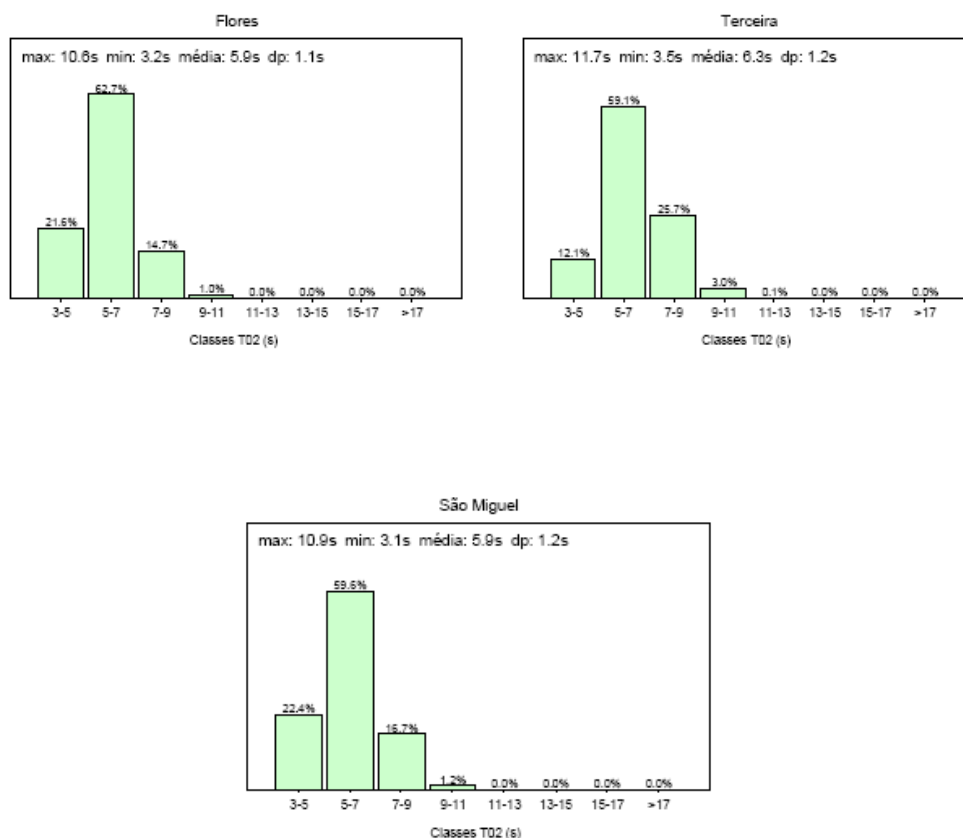


Figura 9 – Distribuição de frequência relativa de TO2 das Flores, Terceira e S. Miguel

#### 6.4 PERÍODO DE PICO

Os valores mais frequentes de período de pico, nas três estações, situam-se na classe de 9 a 11s (29% nas Flores, 32% na Terceira e 28% em São Miguel); a segunda classe a registar maior percentagem de ocorrências é a de 7 a 9s nas Flores (24%), enquanto na Terceira e em São Miguel é a de 11 e 13s (29% e 24%, respectivamente); valores superiores a 15s são cerca de 4% nas Flores e na Terceira, e 6% em São Miguel.

A média é 9.9s nas Flores, 10.6s na Terceira e 10.4s em São Miguel; os respectivos desvios padrão são 2.8s, 2.4s e 2.8s e os valores máximos observados são 18.2s, nas três estações.

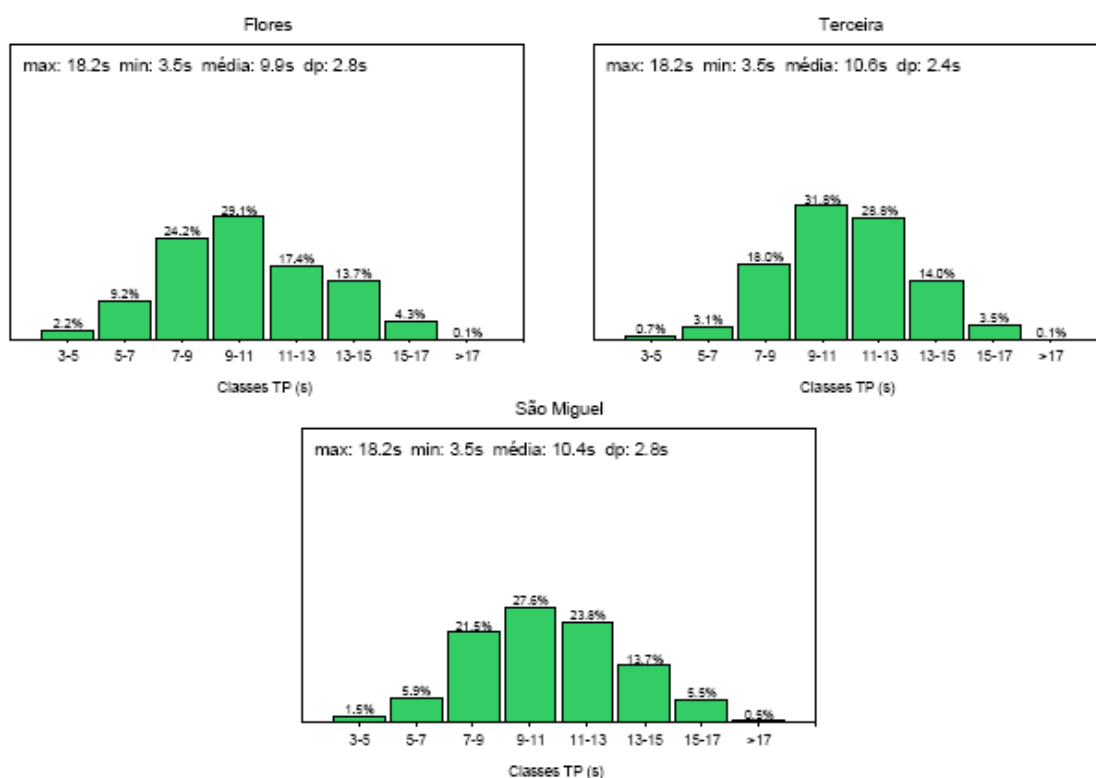


Figura 10 – Distribuição de frequência relativa de TP nas Flores, Terceira e São Miguel.

## 6.5 DIRECÇÃO MÉDIA ASSOCIADA AO PERÍODO DE PICO

A figura 11 representa a distribuição da direcção média associada ao período de pico, em 16 classes, para cada uma das estações em análise. A representação gráfica utilizada permite uma visualização imediata das direcções mais frequentes.

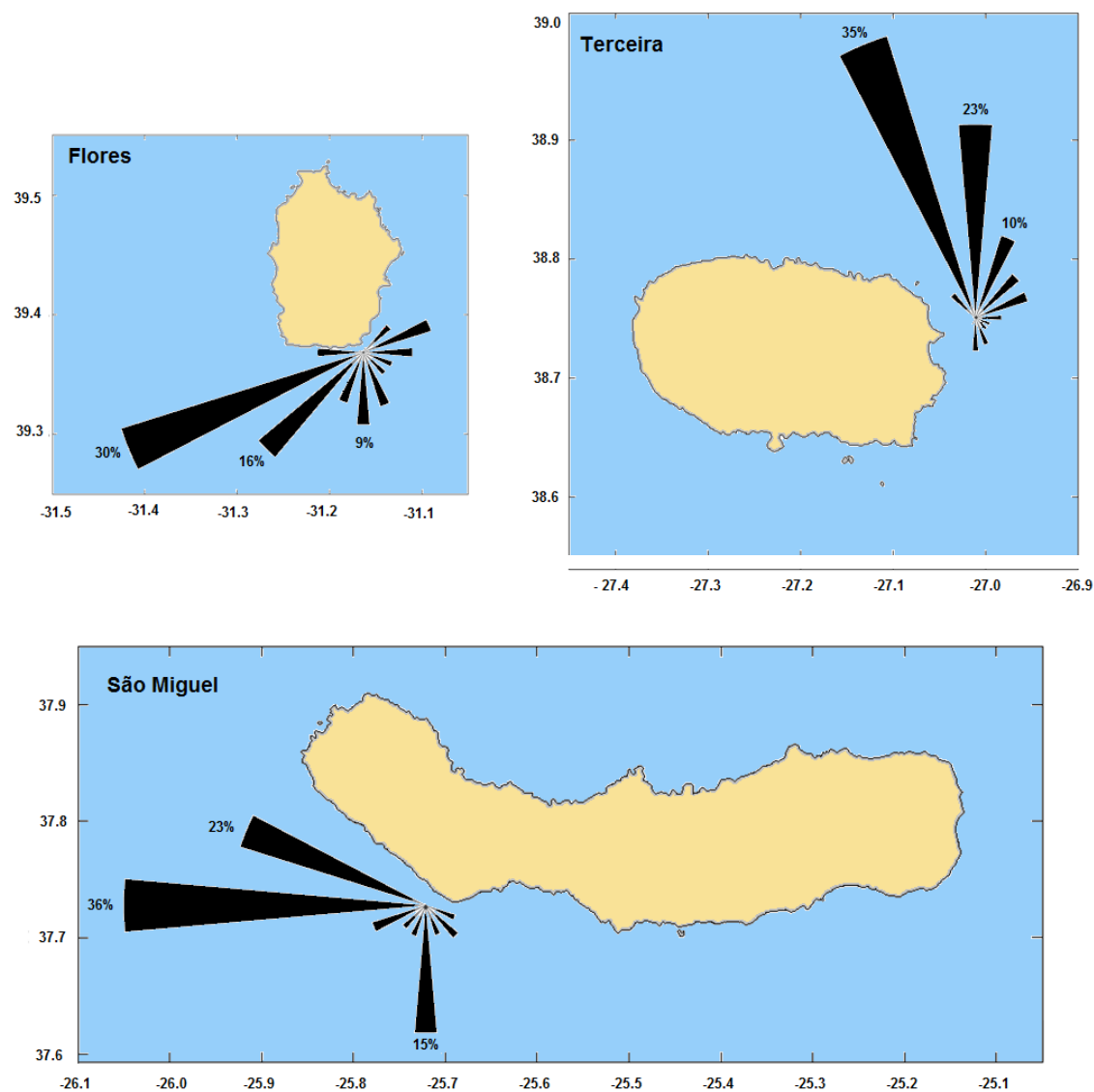


Figura 11 – Distribuição de frequência relativa de THTP nas Flores, Terceira e São Miguel

Assim, verifica-se que as direcções predominantes são: Nas Flores, WSW (30%), seguindo-se SW (16%) e Sul (9%); Na Terceira, NNW (35%), seguindo-se N (23%) e NNE (10%); Em São Miguel, W (36%), seguindo-se WNW (23%) e Sul (15%).

Note-se que estes resultados estão fortemente influenciados pela localização geográfica das estações e pela proximidade de cada uma às ilhas. Veja-se, por exemplo, as baixas percentagens de ocorrência entre WNW e NNE nas Flores e entre WNW e SSW na Terceira; em São Miguel, ocorrências entre NW e E são praticamente inexistentes. Relativamente às estações das Flores e de São Miguel, embora ambas estejam expostas ao SW e protegidas de N, verifica-se uma predominância de SW nas Flores, que não se verifica em São Miguel e nas Flores a percentagem de observações de W é menor que em São Miguel. Atribui-se este resultado a diferenças nos padrões de circulação atmosférica nas ilhas do Grupo Ocidental e Oriental. Em termos climáticos, o Grupo Ocidental é mais afectado pelas tempestades que cruzam o Atlântico Norte (Andrade *et al*, 2008).

## 6.6 DISTRIBUIÇÃO CONJUNTA DE DIRECÇÕES, ALTURAS SIGNIFICATIVAS E PERÍODOS MÉDIOS

Nas tabelas V a XIII apresentam-se as distribuições conjuntas de frequência relativa THTP-HM0, THTP-TP e TP-HM0 para as estações das Flores, Terceira e São Miguel. Foram consideradas dezasseis classes de direcção e oito classes de alturas e períodos. Da análise destas distribuições, bem como ainda das distribuições conjuntas TP-HM0 por classe de direcção, aqui não apresentadas, concluiu-se o seguinte:

Relativamente às Flores:

Os estados de mar predominantes são provenientes de WSW, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 11 e 13s. Devido à localização da bóia, verifica-se apenas uma pequena percentagem de ocorrência (inferior a 2%) de estados de mar com direcções entre WNW e NNE, com alturas significativas inferiores a 2m e períodos de pico inferiores a 11s.

Alturas significativas superiores a 6m verificam-se apenas de SW, com períodos de pico entre 11 e 13s; períodos de pico superiores a 15s são na sua maioria provenientes de Sul (entre SSE e SW) e correspondem, também na sua maioria, a alturas significativas inferiores a 2m.

Tabela V – Distribuição conjunta de THTP-HM0, para as Flores

### Flores

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
<1		0.2	0.6	0.7	0.6	0.2	0.3	2.5	3.0	0.6	0.9	3.2	1.1	0.2			14.2
1-2	0.1	0.4	3.0	5.1	2.9	1.8	1.5	2.3	3.6	3.0	7.2	17.0	3.7	0.3	0.1	0.1	52.1
2-3			0.6	1.8	1.6	0.7	1.1	1.0	1.2	1.3	4.6	7.3	0.6				22.0
3-4				0.6	0.7	0.5	0.4	0.8	0.6	0.9	2.2	1.9					8.5
4-5				0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.8	0.4					2.3
5-6							0.1			0.1	0.3	0.1					0.7
6-7											0.1						0.2
>7																	
%	0.1	0.6	4.2	8.4	5.8	3.6	3.4	6.7	8.6	6.3	16.2	29.9	5.4	0.5	0.2	0.1	100

Tabela VI – Distribuição conjunta de THTP-TP, para as Flores

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5			0.1	0.1		0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0.3	0.6					2.2
5-7		0.1	0.6	0.8	0.3	0.5	0.4	0.5	1.0	1.1	1.2	2.1	0.3				9.0
7-9		0.2	1.5	2.2	2.7	1.7	1.5	1.4	1.6	2.2	2.7	4.9	1.3	0.2			24.2
9-11	0.1	0.3	1.6	3.5	2.2	1.2	1.2	1.4	1.2	1.5	2.6	8.6	3.2	0.2	0.1	0.1	29.1
11-13			0.5	1.5	0.4	0.1	0.1	0.6	0.9	0.4	2.2	10.1	0.5				17.4
13-15				0.1	0.1			1.6	2.6	0.4	5.3	3.6					13.7
15-17				0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	0.9	0.3	1.7						4.3
>17																	0.1
%	0.1	0.6	4.2	8.4	5.8	3.6	3.4	6.7	8.6	6.3	16.2	29.9	5.4	0.5	0.2	0.1	100

Tabela VII – Distribuição conjunta de TP-HM0, para as Flores

	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	>17	%
<1	0.5	1.0	2.6	3.2	2.2	3.3	1.3		14.2
1-2	1.6	6.5	13.5	14.5	8.8	5.3	1.8	0.1	52.1
2-3		1.5	6.4	6.2	4.4	2.9	0.6		22.0
3-4			1.7	3.7	1.2	1.5	0.4		8.5
4-5			0.1	1.1	0.4	0.4	0.2		2.3
5-6				0.3	0.2	0.2	0.1		0.7
6-7					0.1				0.2
>7									
%	2.2	9.0	24.2	29.1	17.4	13.7	4.3	0.1	100

Relativamente à Terceira:

Os estados de mar predominantes são provenientes de NNW, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 11 e 13s. Devido à localização da bóia, verifica-se apenas uma pequena percentagem de ocorrência (inferior a 2%) de estados de mar com direcções entre WNW e SSW, na sua maioria com alturas significativas inferiores a 2m e períodos de pico inferiores a 11s.

Alturas significativas superiores a 7m verificam-se apenas de NE (entre NNE e ENE) com períodos de pico entre 11 e 13s; períodos de pico superiores a 17s são provenientes de N e SSE e correspondem a alturas significativas entre 1 e 2m.

Relativamente a São Miguel:

Os estados de mar predominantes são provenientes de W, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 9 e 11s. Devido à localização da bóia, ocorrências com direcções entre NW e E são praticamente inexistentes.

Alturas significativas superiores a 7m verificam-se apenas de W, com períodos de pico entre 15 e 17s; períodos de pico superiores a 17s são provenientes de W-WNW e S-SSW e correspondem, na sua maioria, a alturas significativas inferiores a 2m.

Ainda relativamente a esta estação, constatou-se a existência de uma percentagem significativa de ocorrências provenientes de S, com alturas inferiores a 1m e



períodos entre os 13 e 15s, tendo-se observado que nas direcções adjacentes (SSE e SSW) as correspondentes percentagens eram muito inferiores.

Tabela VIII – Distribuição conjunta de THTP-HM0, para São Miguel

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
<1						1.8	1.2	1.2	10.0	1.5	0.8	1.9	8.3	5.1	0.1		32.0
1-2						1.6	2.6	1.5	3.7	1.5	1.8	3.0	16.7	12.3	0.1		44.7
2-3						0.2	0.9	0.9	1.0	0.6	0.7	1.2	6.8	4.2			16.4
3-4						0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	2.5	1.0			4.9
4-5							0.1		0.1		0.1	0.1	0.9	0.2			1.5
5-6													0.2	0.1			0.3
6-7													0.1				0.2
>7													0.1				0.1
%						3.6	5.0	3.7	14.9	3.8	3.6	6.6	35.6	22.9	0.2		100

Tabela IX – Distribuição conjunta de THTP-TP, para São Miguel

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	%
3-5						0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1			1.5
5-7						0.8	1.1	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	1.0	0.7			5.9
7-9						2.2	2.9	1.5	1.5	1.0	1.6	2.4	4.7	3.4	0.1		21.5
9-11						0.5	0.8	0.6	0.7	0.9	0.9	2.4	12.8	8.0			27.6
11-13								0.2	2.8	0.6	0.4	0.9	11.4	7.5			23.8
13-15								0.4	6.0	0.5		0.3	4.1	2.4			13.7
15-17								0.4	3.0	0.2		0.1	1.1	0.7			5.5
>17									0.2	0.1			0.2	0.1			0.5
%						3.6	5.0	3.7	14.9	3.8	3.6	6.6	35.6	22.9	0.2		100

Tabela X – Distribuição conjunta de TP-HM0, para São Miguel

	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	>17	%
<1	0.5	1.5	6.5	9.4	5.2	6.4	2.3	0.2	32.0
1-2	1.1	3.7	9.8	13.1	11.7	3.5	1.7	0.2	44.7
2-3		0.7	4.3	3.5	5.2	2.3	0.4		16.4
3-4			0.8	1.3	1.2	1.1	0.5	0.1	4.9
4-5				0.4	0.5	0.4	0.2		1.5
5-6					0.1	0.1	0.1		0.3
6-7					0.1		0.1		0.2
>7							0.1		0.1
%	1.5	5.9	21.5	27.6	23.8	13.7	5.5	0.5	100

No sentido de melhor analisar estes resultados, apresenta-se na tabela XI a distribuição de frequência relativa do período de pico, para cada mês, considerando apenas as observações provenientes de Sul.

Tabela XI – Variação ao longo do ano da distribuição mensal de TP em São Miguel, para observações provenientes de Sul

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	%
3-5		0.4		0.1	0.1	0.2		0.1		0.2			1.0
5-7	0.2	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2		0.1	0.1	0.4	1.3	0.8	3.9
7-9	0.7	0.2	0.3	0.5	0.6	0.4		0.1	0.2	1.1	3.8	2.3	10.3
9-11	0.3	0.1		0.3	0.2			0.2	0.6	0.3	2.0	0.8	4.7
11-13				0.4	1.5	2.4	3.4	3.3	5.9	1.3	0.2	0.1	18.6
13-15				1.1	1.7	8.5	10.7	11.1	5.1	0.9	0.7		39.8
15-17				1.0	2.0	4.1	3.5	4.6	2.2	1.0	1.7		20.0
>17				0.3	0.4	0.8	0.1	0.1					1.7
%	1.1	1.0	0.6	3.8	6.8	16.6	17.7	19.5	14.0	5.2	9.7	3.9	100

Para estas observações provenientes de Sul, as maiores percentagens de ocorrência de TP verificam-se nos meses de Verão, situando-se na classe de 13 a 15s, e é também nos meses de Verão que se observam períodos de pico superiores a 17s.

Este regime de ondas específico dos meses de Verão, parece estar relacionado com um fenómeno conhecido nos Açores como “inchas”. Este fenómeno é também verificado no Havai e está associado a ondulações geradas por tempestades a Sul do Equador durante os meses de Inverno do Hemisfério Sul, e que se propagam com pouca atenuação fora da sua área de geração (Vitousek and Fletcher, 2008).

## 6.7 CONDIÇÕES MÉDIAS SAZONAIS

As condições médias sazonais são aqui caracterizadas através da informação presente nos gráficos das figuras 12 e 13.

A figura 12 mostra a variação ao longo do ano dos valores médios mensais da altura significativa (HM0) e período médio (T02), nas estações das Flores, Terceira e São Miguel. Nela se evidencia o carácter sazonal das condições de agitação marítima, com os valores mais elevados a ocorrerem nos períodos de Inverno.

As médias mensais de HM0 variam entre 0.7m e 2.6m. Na Terceira os valores médios mensais são, na sua maioria, superiores às outras duas estações, evidenciando maior severidade dos estados de mar, ao longo de quase todo o ano. São Miguel apresenta os valores mais baixos das três estações.

Quanto ao período médio T02, as médias mensais situam-se entre 4.7 e 7s. Nas Flores e em São Miguel verifica-se uma grande semelhança entre os valores dos períodos médios; a Terceira apresenta valores um pouco mais elevados, especialmente nos meses de Inverno.

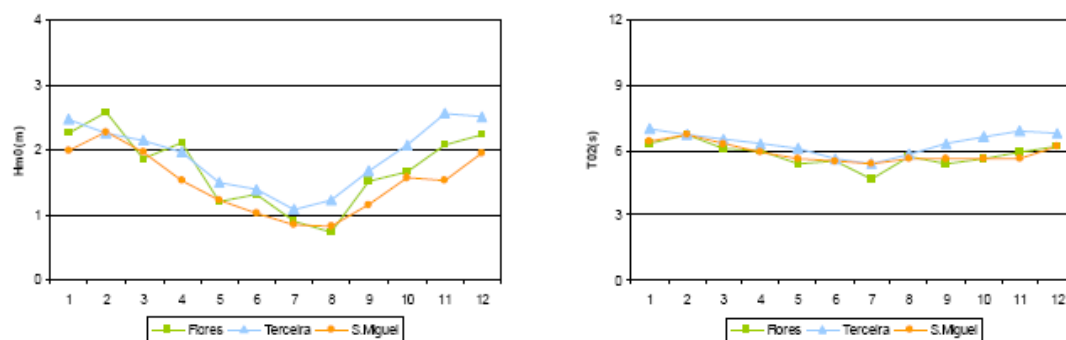


Figura 12 – Variação ao longo do ano das médias de  $HM_0$  e  $T_{02}$ , para as Flores, Terceira e São Miguel

A figura 13 mostra a distribuição de frequência relativa da altura significativa, em três classes ( $<3m$ ,  $3-5m$  e  $\geq 5m$ ), ao longo do ano.

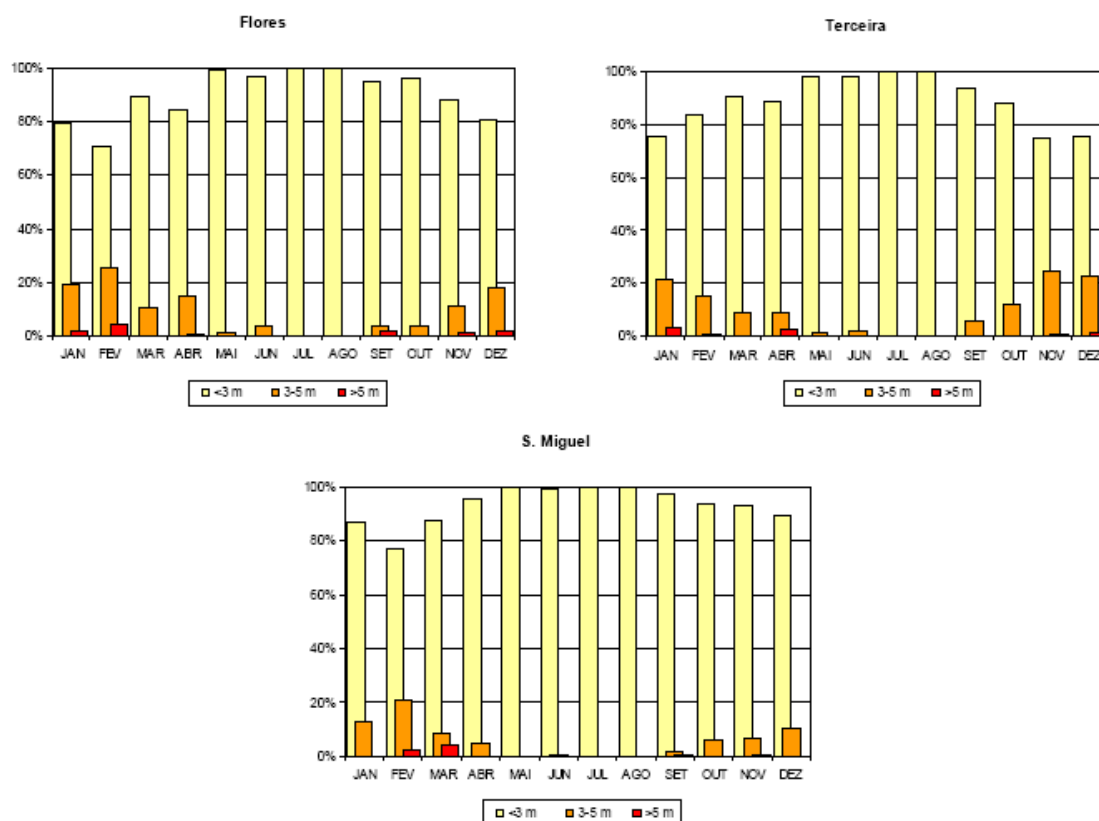


Figura 13 – Variação ao longo do ano da distribuição mensal de  $HM_0$ , para as Flores, Terceira e São Miguel

Destas classes, é a primeira a mais frequente, mesmo durante os meses de Inverno e em todas as estações; valores superiores a 3m ocorrem essencialmente nos meses de Inverno; valores superiores a 5m ocorrem em percentagens muito baixas (a percentagem máxima verificada foi 4%, em Flores, no mês de Fevereiro). Uma vez mais, a menor severidade do estado de mar em São Miguel é evidenciada nestes gráficos.

#### 6.8 CONDIÇÕES DE TEMPORAL

A análise das condições extremas foi efectuada utilizando a altura significativa de onda como o parâmetro definidor destes eventos. Considerou-se existir temporal sempre que a altura significativa atingiu o limiar de 3.5m, durante um período de pelo menos 12h, e no qual se tenham verificado valores máximos superiores a 4.5m.

A caracterização destes eventos foi efectuada através de uma análise do comportamento do troço de série temporal a que pertenciam, identificando a sua duração (em dias), a altura significativa máxima, isto é, o pico do temporal (HM0max), os períodos médios e as direcções médias associadas ao período de pico. Os períodos e as direcções que se apresentam são as médias de T02 (Tmed) e de THTP (Dir), relativas ao conjunto de todos os registos que constituíram cada situação de temporal.

No período em análise foram identificados 16 eventos extremos nas Flores, 17 na Terceira e 15 em São Miguel. Foram distribuídos por classes de altura significativa máxima (HM0max), direcção média (Dir) e duração, cujos resultados se apresentam nas Figuras 14 e 15.

Dos temporais identificados, alguns não apresentaram uma direcção bem definida, com diferenças entre os valores mínimos e máximos de THTP superiores a 40°, sugerindo a coexistência de sistemas de ondas com origens e períodos distintos ou a associação a padrões de circulação atmosférica de rápida variabilidade. Consideraram-se nesta situação, 3 nas Flores, 2 na Terceira e 3 em São Miguel, os quais foram englobados numa classe designada por R (Rotação).

Na Figura 14 apresenta-se o conjunto dos temporais registados em cada uma das três estações, distribuídos por classes de direcção e altura significativa máxima (4-5 m, 5-6 m, 6-7 m, 7-8 m e >8m).

Nas Flores, os temporais mais frequentes são de SW, com altura significativa máxima entre 6 e 7m; o temporal mais severo é também proveniente de SW.

Na Terceira os temporais mais frequentes são de NNW, com igual número de ocorrências nas classes de 4-5, 5-6 e 6-7m; os temporais mais severos são provenientes de direcções entre N e E.

Em São Miguel, os temporais mais frequentes são provenientes de W, com altura significativa máxima entre 5 e 6m. São também provenientes de W os temporal mais severos.

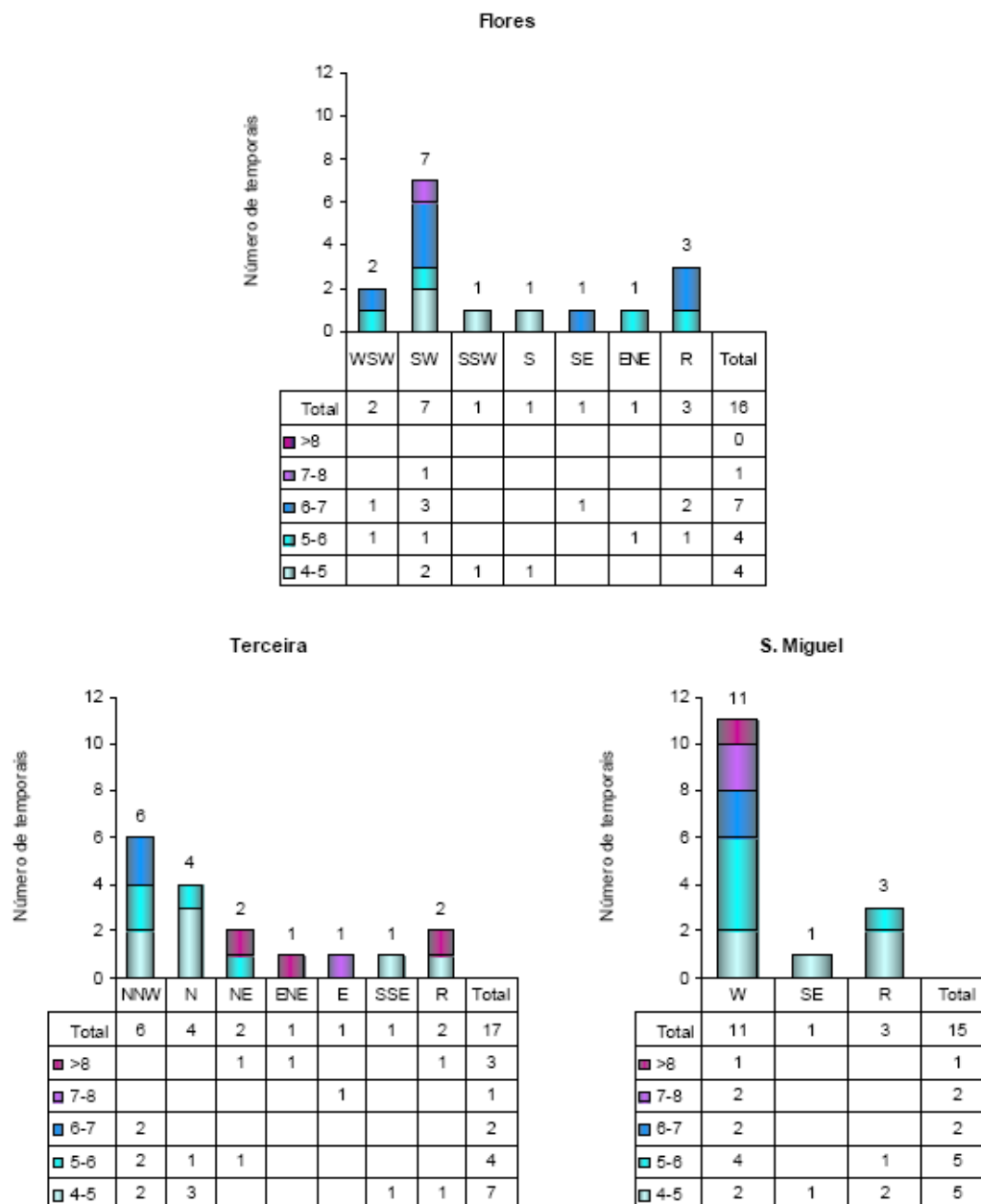


Figura 14 – Ocorrência de temporais por classes de direcção e altura significativa máxima

Na Figura 15 apresenta-se o conjunto dos temporais registados em cada uma das três estações, distribuídos por classes de direcção e duração (<1, 1-2, 2-3 e >3 dias).

Em todas as estações, a maioria dos temporais teve uma duração entre 1 e 2 dias.

Nas Flores, os temporais mais frequentes são de SW, com duração entre 2 e 3 dias. Na Terceira os temporais mais frequentes são de NNW com duração entre 1 e 2 dias. Em São Miguel, os temporais mais frequentes são provenientes de W, com duração entre 1 e 2 dias. Temporais com duração superior a três dias ocorreram apenas uma vez nas Flores e na Terceira, com direcção pouco definida, e por duas vezes em São Miguel, com direcção W.



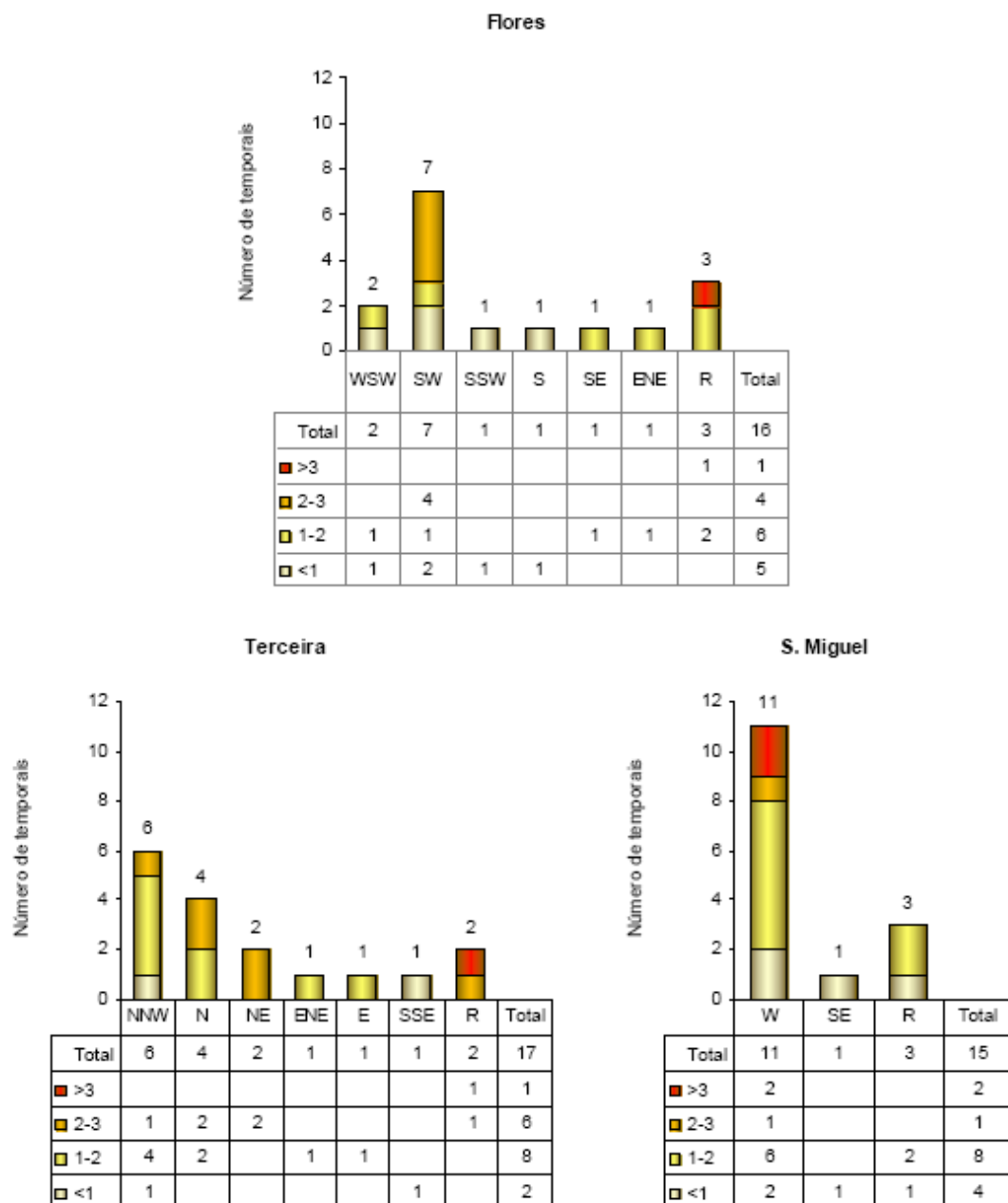


Figura 15 – Ocorrência de temporais por classes de direcção e duração

Na tabela XII apresenta-se a lista de todos os temporais registados em cada estação. A sombreado encontra-se os temporais mais severos ( $HM0_{max} > 7m$ ).

Da análise da informação constante na tabela, salienta-se o seguinte: Nas Flores apenas foi registado um temporal com altura significativa máxima superior a 7m, em Fevereiro 2007.

Na Terceira, entre 2005 e 2008, registaram-se 4 temporais com altura significativa máxima superior a 7m. Os dois temporais mais severos ocorreram em Fevereiro 2005 e Abril 2008, com alturas significativas máximas de 8.6m e 8.8m, direcções de ENE e NE e durações de 1.3 dias e 2 dias,

respectivamente. O temporal com maior duração (3.5 dias) ocorreu em Dezembro 2007, com 8m de altura significativa máxima. Este temporal apresentou uma direcção pouco definida, rodando de NNW para ENE, estando o período de maior intensidade associado à direcção N.

Em São Miguel registaram-se 3 temporais com altura significativa máxima superior a 7m, todos com direcção de W. O temporal mais severo ocorreu em Março 2006 (HM0max = 8.9m) e duração de 1.9 dias. O temporal com maior duração (3.9 dias) ocorreu também em Março de 2006 (HM0max = 7.9m).

Flores

Data	HM0max (m)	Dir	Duração (dias)	Tmed (s)
24-Sep-06	6.0	SW	0.9	8.5
29-Nov-06	4.8	S	0.6	8.0
13-Dez-06	4.6	SSW	0.8	7.0
02-Jan-07	4.8	SW	0.9	8.2
23-Jan-07	6.1	ESE / R	4.3	7.6
09-Fev-07	5.3	SW	2.1	8.1
13-Fev-07	6.2	SW	2.1	8.7
17-Fev-07	5.6	WSW	1.0	7.7
20-Fev-07	7.0	SW	2.0	9.3
26-Fev-07	4.9	SW	1.4	7.8
03-Dez-07	6.1	SSW / R	1.6	7.9
17-Jan-08	5.8	SW / R	1.3	7.5
10-Fev-08	6.1	WSW	0.9	8.3
08-Abr-08	5.9	ENE	1.6	8.0
16-Nov-08	6.0	SE	1.9	7.4
28-Dez-08	6.4	SW	2.0	8.1

Terceira

Data	HM0max (m)	Dir	Duração (dias)	Tmed (s)
26-Fev-05	8.6	ENE	1.3	8.4
25-Mar-05	5.9	NNW	1.6	9.2
26-Out-05	5.4	N	1.3	9.0
18-Nov-05	4.8	NNW	1.5	7.6
17-Fev-06	4.8	N	2.0	9.3
09-Abr-06	5.8	NE	2.8	7.7
16-Out-06	4.9	N	1.1	7.4
15-Nov-06	4.9	N	2.1	8.2
23-Nov-06	5.8	NNW	2.0	8.8
27-Nov-06	4.9	NNW	0.9	9.4
29-Nov-06	4.8	SSE	0.6	7.3
15-Dez-06	4.6	E / R	2.3	6.7
23-Jan-07	7.4	E	1.8	8.0
06-Jun-07	6.8	NNW	1.6	7.5
17-Dez-07	8.0	NNE / R	3.5	8.3
02-Jan-08	6.3	NNW	1.6	9.5
08-Abr-08	8.8	NE	2.0	8.6

S. Miguel

Data	HM0max (m)	Dir	Duração (dias)	Tmed (s)
01-Nov-05	5.0	W	1.8	7.9
12-Dez-05	4.8	SE / R	1.0	7.4
27-Fev-06	6.0	W	1.4	9.2
15-Mar-06	8.9	W	1.9	9.0
22-Mar-06	7.9	W	3.9	8.6
25-Sep-06	6.2	W	1.1	9.0
24-Out-06	4.6	W	0.6	7.9
24-Nov-06	5.9	W	3.0	7.9
29-Nov-06	5.5	SSW / R	0.8	7.5
24-Jan-07	4.9	SE	0.8	7.5
14-Fev-07	5.2	W	1.8	8.2
21-Fev-07	7.1	W	2.1	9.8
04-Dez-07	4.6	WSW / R	1.5	8.4
17-Dez-07	4.7	W	1.4	7.8
11-Fev-08	5.9	W	0.9	8.6

Tabela XII – Temporais registados na bóia das Flores, Terceira e São Miguel

Todos os temporais foram registados entre os meses de Outubro e Abril, à excepção de um temporal registado na Terceira em Junho de 2007, com direcção de NNW e altura significativa máxima de 6.8m. Os períodos médios dos temporais não ultrapassaram os 10s. A variabilidade de direcções pode, por exemplo, ser observada

na Terceira, em Novembro de 2006, em que 3 temporais consecutivos de N e NNW são seguidos por um temporal de SSE.

Na tabela XIII apresentam-se os temporais para os quais existem simultaneamente registos das três estações (o símbolo “-“ indica que o critério de temporal não foi verificado).

Da análise da informação constante na tabela XIV, verifica-se o seguinte:

Os temporais que são registados apenas nas Flores, são os de fraca intensidade provenientes de SW (e também WSW e SSW). Quando provenientes de SW, mas de maior intensidade, fazem-se sentir em S.Miguel, com direcção predominante de W, e várias horas depois do seu início nas Flores (a diferença horária entre o início dos temporais registados nas Flores e São Miguel foi de 6, 18, 12 e 15h).

Um temporal de SE com altura máxima de 6m foi também registado apenas nas Flores. Uma possível explicação para que não tenha sido registado na Terceira e em São Miguel, as quais se encontram relativamente expostas a esta direcção, pode dever-se a uma geração local devido a ventos fortes.

Em Abril de 2008 foi observado nas Flores um temporal de ENE, com 5.9m. Cerca de 3h depois foi sentido na Terceira com direcção NE e altura significativa máxima de 8.8m.

Os temporais que são registados apenas na Terceira são provenientes de N. O temporal de Dezembro 2006, com fraca intensidade e direcção pouco definida (variando entre NNE e SE) foi também observado apenas na Terceira. Quando provenientes de NNW podem eventualmente fazer-se sentir em São Miguel, como aconteceu com os temporais de Novembro 2006 e Dezembro 2007.

No temporal de Novembro de 2006, o primeiro registo na Terceira antecipa o de São Miguel em 6h, sugerindo que se trata do mesmo temporal, e que devido à sua direcção de NNW foi registado mais cedo na Terceira.

No caso do temporal de Dezembro 2007, foi registado primeiro em São Miguel com uma diferença de 9h, mas a sua duração foi superior na Terceira. Ambos os temporais apresentaram uma direcção pouco definida: em São Miguel rodou de WSW para WNW e na Terceira de NNW para ENE. A análise da evolução do temporal nas duas estações, mostrou que em São Miguel deixou de se verificar o critério de temporal no período em que na Terceira a ondulação registou ondas com direcção N.

Quando provenientes de NE e forte intensidade fazem sentir-se na Terceira e nas Flores, embora com menor intensidade nas Flores. O temporal de Abril de 2008, referido anteriormente, é exemplo disso.

Relativamente a São Miguel, todos os temporais aí registados (à excepção de um, de fraca intensidade e duração) são os que também se fazem sentir na Terceira ou nas Flores, dependendo da sua direcção predominante.

Foram apenas identificadas duas situações de temporal que se registaram simultaneamente nas Flores, Terceira e em São Miguel: em Novembro de 2006 e em Janeiro de 2007.

Em Novembro de 2006, o temporal foi registado nas Flores com altura significativa máxima de 4.8m, direcção S e com duração de 0.6 dias. Na Terceira, o temporal inicia-se aproximadamente 3 horas depois, e com direcção SSE. Cerca de 9h depois de ser observado nas Flores, fez-se sentir em São Miguel, inicialmente com direcção S, rodando depois para SW. Nas três estações foram registadas durações e alturas máximas semelhantes. Tendo sido primeiro verificado nas Flores e apresentando direcções provenientes de S, sugere-se que este temporal esteja associado a padrões de circulação atmosférica de rápida variabilidade.

Em Janeiro de 2007, foi registado nas Flores um temporal com direcção a variar entre E e SE, registando um máximo de 6.1m. Na Terceira, cerca de 6h depois, começou a ser registado com direcção de E, apresentando uma altura significativa máxima de 7.4m. Em São Miguel, cerca de 15h depois de ser registado nas Flores, foi observado um temporal com direcção de SE e um máximo de 4.9m. A diferença de alturas entre Terceira e São Miguel pode ser explicada pelo facto da bóia em São Miguel estar relativamente protegida de ondas com direcção Este. No entanto, a duração do temporal foi maior nas Flores do que nas restantes estações. Registaram-se 4.3 dias de duração nas Flores, na Terceira 1.8 dias e em São Miguel 0.8 dias. Sugere-se que a diferença entre a duração do temporal nas Flores e nas outras estações se deva também a padrões de circulação atmosférica de rápida variabilidade.

Data	Flores		Terceira		S. Miguel	
	HM0max (m)	Dir	HM0max (m)	Dir	HM0max (m)	Dir
Dez-06	4.6	SSW	-	-	-	-
Jan-07	4.8	SW	-	-	-	-
Fev-07	5.3	SW	-	-	-	-
Fev-07	5.6	WSW	-	-	-	-
Fev-07	4.9	SW	-	-	-	-
Jan-08	5.8	SW / R	-	-	-	-
Nov-08	6.0	SE	-	-	-	-
Out-06	-	-	4.9	N	-	-
Nov-06	-	-	4.9	N	-	-
Dez-06	-	-	4.6	E / R	-	-
Jan-08	-	-	6.3	NNW	-	-
Out-06	-	-	-	-	4.6	W
Abr-08	5.9	ENE	8.8	NE	-	-
Set-06	6.0	SW	-	-	6.2	W
Fev-07	6.2	SW	-	-	5.2	W
Fev-07	7.0	SW	-	-	7.1	W
Fev-08	6.1	WSW	-	-	5.9	W
Nov-06	-	-	5.8	NNW	5.9	W
Dez-07	-	-	8.0	NNE / R	4.7	W / R
Nov-06	4.8	S	4.8	SSE	5.5	SSW / R
Jan-07	6.1	ESE / R	7.4	E	4.9	SE

Tabela XIII – Temporais registados nas estações das Flores, Terceira e São Miguel com dados em simultâneo nas 3 estações, agrupados por direcção

## 6.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizando os dados provenientes das estações ondógrafo das Flores, Terceira e São Miguel, desde o seu início até ao final de 2008, foram caracterizadas as condições médias globais e sazonais e as condições extremas da agitação marítima em cada um daqueles três locais.

Nas Flores, verificou-se que os estados de mar predominantes são provenientes de WSW, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 11 e 13s. Devido à localização da bóia, verificou-se apenas uma pequena percentagem de ocorrência de estados de mar com direcções entre WNW e NNE, com alturas significativas inferiores a 2m e períodos de pico inferiores a 11s.

Relativamente à Terceira, verificou-se que os estados de mar predominantes são provenientes de NNW, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 11 e 13s. Atendendo à localização da bóia, verificou-se apenas uma pequena percentagem de ocorrência (inferior a 2%) de estados de mar com direcções entre WNW e SSW, na sua maioria com alturas significativas inferiores a 2m e períodos de pico inferiores a 11s.

Quanto a São Miguel, os estados de mar predominantes são provenientes de W, com alturas significativas entre 1 e 2m e períodos de pico entre 9 e 11s. Devido à localização da bóia, ocorrências com direcções entre NW e E são praticamente inexistentes.

Foram encontradas algumas diferenças na distribuição da direcção média entre as estações das Flores e de São Miguel, nomeadamente, uma predominância de SW nas Flores não verificada em São Miguel. Sendo que ambas se encontram expostas ao SW e protegidas de N, atribui-se aquele resultado a diferenças nos padrões de circulação atmosférica nas ilhas do Grupo Ocidental e Oriental. Este resultado comprova, tal como seria de esperar atendendo à distância, existir diferenças no campo da ondulação entre o Grupo Ocidental e Oriental.

A partir da análise dos dados da estação de São Miguel foi identificado um regime de ondas característico dos meses de Verão. Nesta estação verificou-se uma percentagem significativa de ocorrências provenientes de S, com alturas inferiores a 1m e períodos entre os 13 e 15s, durante os meses de Verão. Este regime de ondas parece estar relacionado com um fenómeno conhecido nos Açores como “inchas”. Este fenómeno é também verificado no Havai e está associado a ondulações geradas por tempestades a Sul do Equador durante os meses de Inverno do Hemisfério Sul e que se propagam com pouca atenuação fora da sua área de geração. A futura análise dos dados da estação de Santa Maria trará certamente um contributo para a clarificação deste assunto. Sugere-se ainda que os Grupos Central e Ocidental também possam ser afectados por este regime de ondas, remetendo-se para trabalho futuro a sua verificação.

A análise das condições extremas revela que, na estação das Flores os temporais mais frequentes e severos foram provenientes de SW, e em São Miguel de W. Na Terceira, os temporais mais frequentes foram provenientes de NNW, e os mais severos provenientes de direcções entre N e E. A maioria dos temporais registados tiveram uma duração entre 1 e 2 dias; temporais com duração superior a três dias ocorreram excepcionalmente. No período em análise todos os eventos extremos

foram registados entre os meses de Outubro e Abril, à excepção de um temporal registado na Terceira em Junho de 2007.

A análise dos eventos extremos em que existem simultaneamente registos das três estações está de acordo com a localização de cada bóia relativamente a efeitos de sombra e também sugere variabilidade espacial nos limites do Arquipélago que é atribuída a diferenças nos padrões de circulação atmosférica.

Segundo os dados apresentados no Weratlas, a agitação marítima predominante no arquipélago dos Açores é de NW e W, seguindo-se, com menor frequência SW e NE. No entanto, outros regimes, tais como ondulações de Este e Sul, apesar de ocorrerem com magnitude e frequência menores, parecem também ser importantes para completar a descrição do clima de agitação marítima dos Açores.

Note-se que os resultados obtidos estão fortemente influenciados pela localização geográfica das estações e face à proximidade de cada uma das ilhas. Assim, chama-se a atenção para o facto de os resultados apresentados neste artigo serem apenas representativos para a área de medição e para áreas com a mesma exposição meteorológico-oceanográfica. Quaisquer extrapolações para locais afastados da posição das bóias devem ser verificados recorrendo a modelos matemáticos adequados.

Por último refira-se que, para além do interesse para a monitorização da agitação marítima, considera-se que é de primordial importância a manutenção da rede de estações ondógrafo, para que no futuro, a existência de séries temporais mais longas possa contribuir para uma melhor caracterização da agitação marítima nos Açores.

## 7 - Referências Bibliográficas

- Andrade, C., R.M. Trigo, M.C. Freitas, M.C. Gallego, P. Borges and A.M. Ramos (2008). - Comparing historic records of storm frequency and the North Atlantic Oscillation (NAO) chronology for the Azores region- The Holocene, 2008; 18; 745.
- Azevedo, E.B.; Paulo M.; Gonçalo V., (2008) - "Projectos CLIMAAT e CLIMARCOST, Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos, Clima Marítimo e Costeiro" – Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa -WSCRA08- Março de 2008
- Azevedo, E. B & V. Gonçalo (2005). - O Projecto CLIMAAT e o seu Contributo para a Monitorização e Caracterização da Agitação Marítima no Arquipélago dos Açores - 4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo, 20 e 21 de Outubro de 2005.
- Azevedo, E.B. (2001) – “Condicionantes Dinâmicas do Clima do Arquipélago dos Açores, Elementos Para o seu Estudo” – Açoreana . Boletim da Sociedade de Estudos Açoreanos “Afonso Chaves” 9 (3): 309-317
- Barrera C., Azevedo E.B., Rueda M.J., Gelado M.D. and Llinás O. (2008) - Real-time monitoring network in the Macaronesian region as a contribution to the Coastal Ocean Observations Panel (COOP). *Journal of Operational Oceanography*. Vol. 1. Issue 1: 59-69 (February 2008).
- Capitão, R.; Endres, L.; Fortes, C. J. E. M.; Simões, A. (2010): “Análises temporal, espectral e direccional de dados de agitação marítima no porto de Praia da Vitória”, IARH conference - XXIV Congreso latino-americano de hidráulica. Punta del Este, Uruguay, Novembro.
- Esteves R.,Valente A.; Costa M.; Reis F.; Azevedo E. B. (2009) – Dados Direccionais de Agitação Marítima nos Açores - 6<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária – PIANC – Funchal, Outubro de 2009.
- Guilherme, L.; Santos, J. A.; Fortes, C. J. E. M.; Simões, A. (2009): “Validação da metodologia utilizada para a previsão da agitação marítima implementada no projecto MOIA”, Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería 2009, Barcelona, Espanha, 29 de Junho a 2 de Julho.
- Izan Le Crom, Hector Cabrera Bermejo, Arthur Pecher, Eduardo Brito Azevedo, Fransisco Vieira Reis – (2011) Incident wave climate at the OWC Pico plant: Validation of a feed-forward based propagation

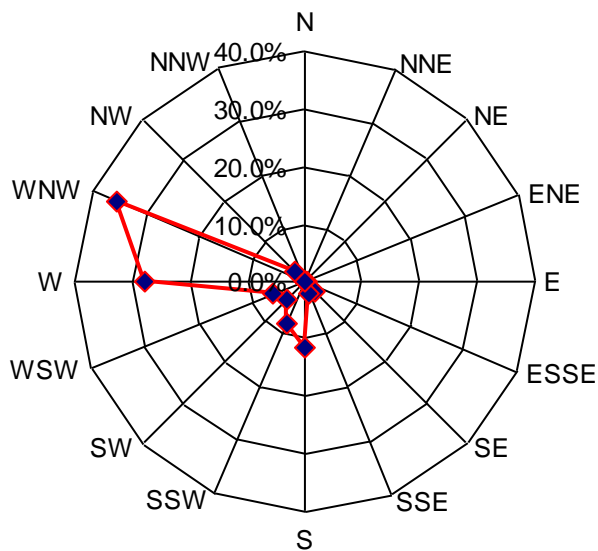
- method (ANN) and a numerical simulation (SWAN) with measured data. proceedings of 9<sup>th</sup> European Wave and Tidal energy Conference Series. University of Southamton.
- Neves, D. R.; Santos, J. A.; Fortes, C. J. E. M.; Reis, M. T.; Rodrigues, S.; Simões, A.; Azevedo, E. B. (2010): “*Avaliação do risco para a navegação em dois portos portugueses*” Proc. IV SEMENGO, Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 3 a 5 de Novembro, Rio Grande, Brasil.
- Pontes T., Bruck M. M., Azevedo E., Lehener S. (2011) – “*Study of Sea-State Variability and Wave Groupiness Using TerraSAR-X Synthetic Aperture Radar Data*” – proceedings of 9<sup>th</sup> European Wave and Tidal energy Conference Series. University of Southamton.
- Pontes M.T., Azevedo E.B., Bruck, M., Lehener S. (2010) - “*Use of Spectral Remote Wave Data for Wave Energy Resource Characterization*” Instituto hidrográfico. 1<sup>as</sup> jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisboa Junho de 2010.
- Pontes, M. T., G. A. Athanassoulis, S. Barstow, L. Cavaleri, B. Holmes, D. Mollison and H. Oliveira Pires (1996) -. WERATLAS – Atlas of Wave Energy Resource in Europe, Lisbon, INETI.
- Santos, J,A; Rodrigues S., Pinheiro, L., Neves D.R., Fortes C. J., Reis M.T., Simões, A., Azevedo, E.B. (2010a) – “*Managing Wave-Induced Risks in Port Operations*” – ICCCM10 - International Conference on Coastal Conservation and Management in Atlantic and Mediterranean. Estoril, Portugal.
- Santos, J.A.; Rodrigues, S.; Pinheiro, L.; Forte, C.; Simões, A.; Azevedo, E.B. (2010b)- “*Influência do vento local na transferência da agitação marítima para o porto da Praia da Vitória*” - 4<sup>o</sup> Congresso da Água. Algarve.
- Santos, J. A.; Guilherme, L.; Fortes, C. J. E. M.; Pinheiro, L. V.; Simões, A. (2009): “*Coupling Numerical Models for Wave Propagation in the MOIA Package*”, Journal of Coastal Research, SI56, 544-548.

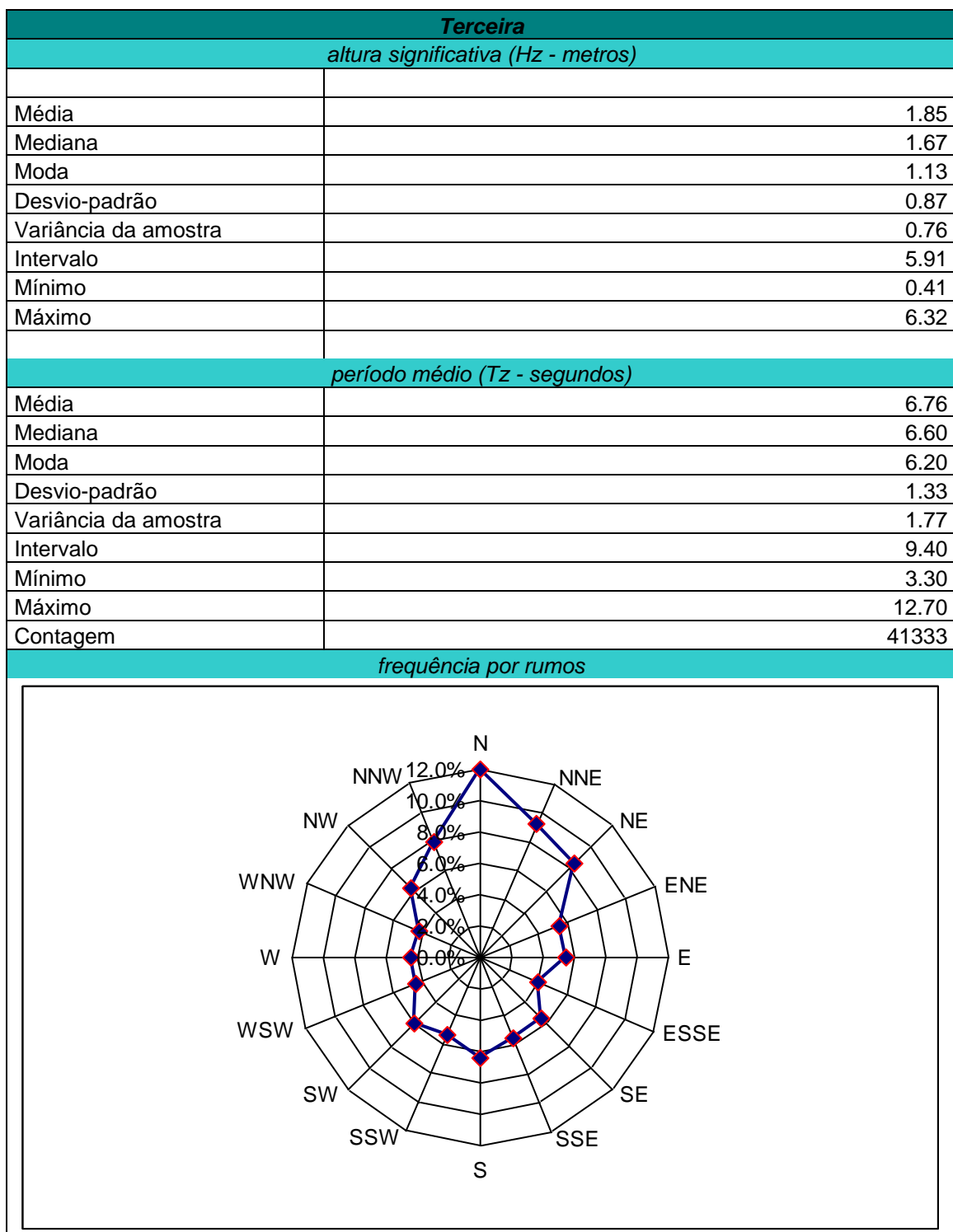


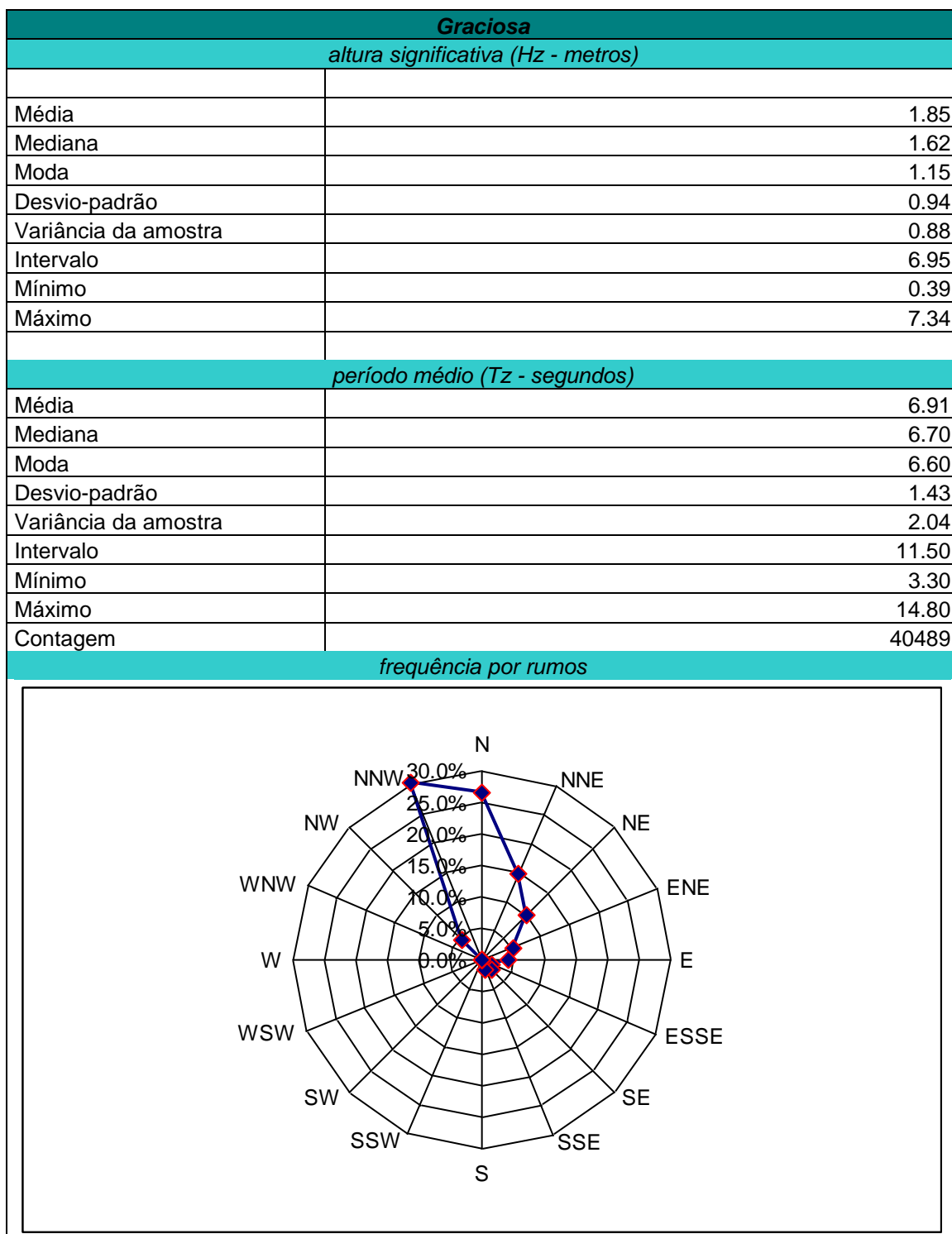
## ANEXO\_I

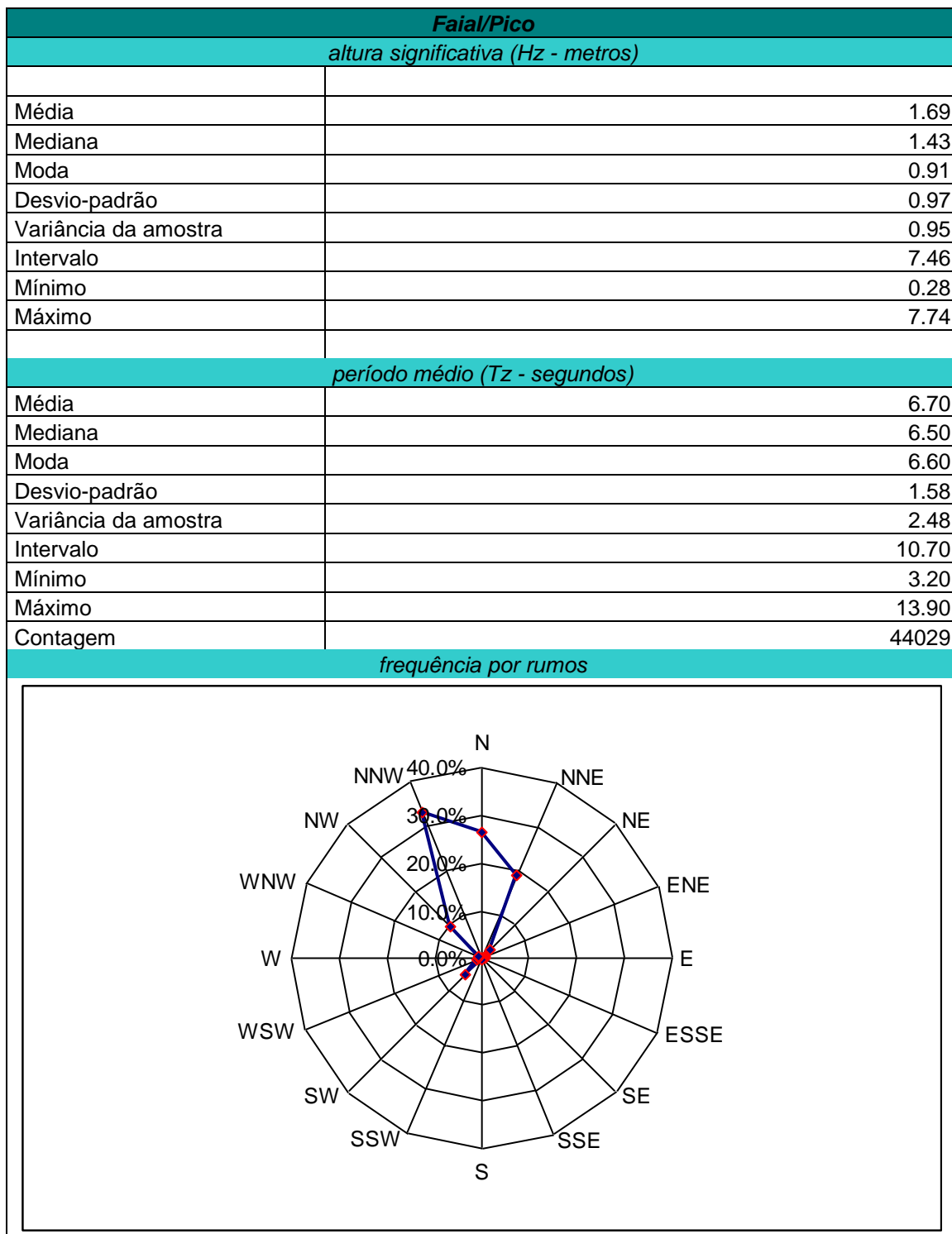
### APURAMENTOS ANUAIS RECENTES DA AGITAÇÃO MARÍTIMA

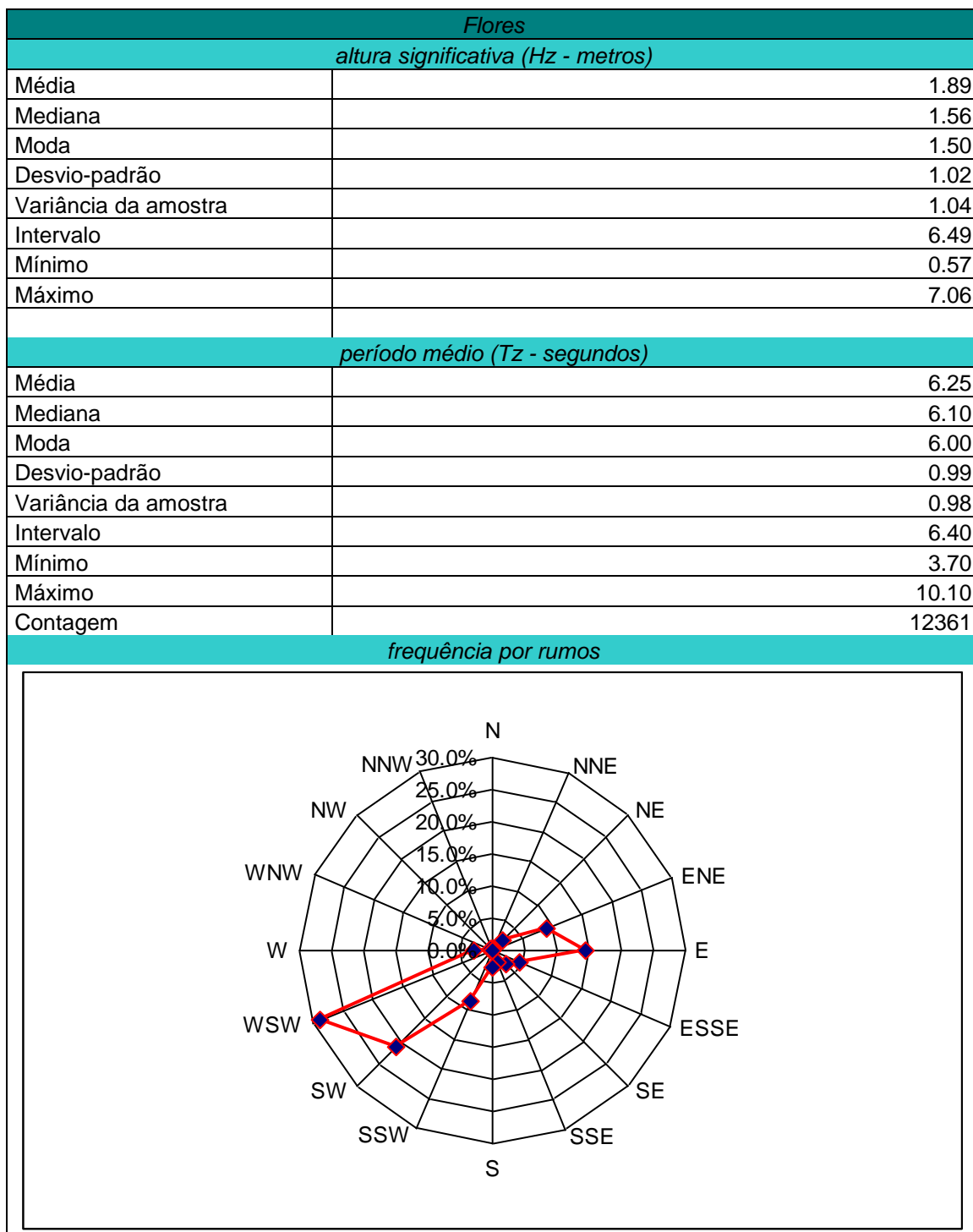
**Climatologia da Agitação Marítima nos Açores no ano de 2012** (estatística dos blocos de 10 minutos validados)

<b>S. Miguel</b>	
<i>altura significativa (Hz - metros)</i>	
Média	1.23
Mediana	1.00
Moda	0.66
Desvio-padrão	0.74
Variância da amostra	0.54
Intervalo	5.93
Mínimo	0.27
Máximo	6.20
<i>período médio (Tz - segundos)</i>	
Média	5.97
Mediana	5.90
Moda	5.90
Desvio-padrão	1.13
Variância da amostra	1.28
Intervalo	10.20
Mínimo	3.10
Máximo	13.30
Contagem	37748
<i>frequência por rumos</i>	
	





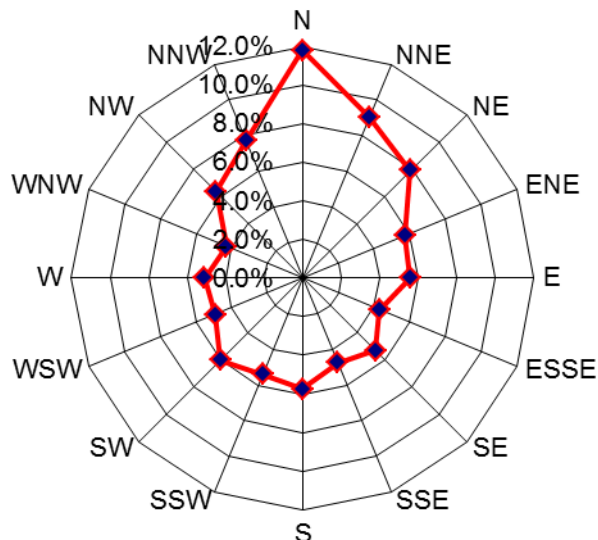


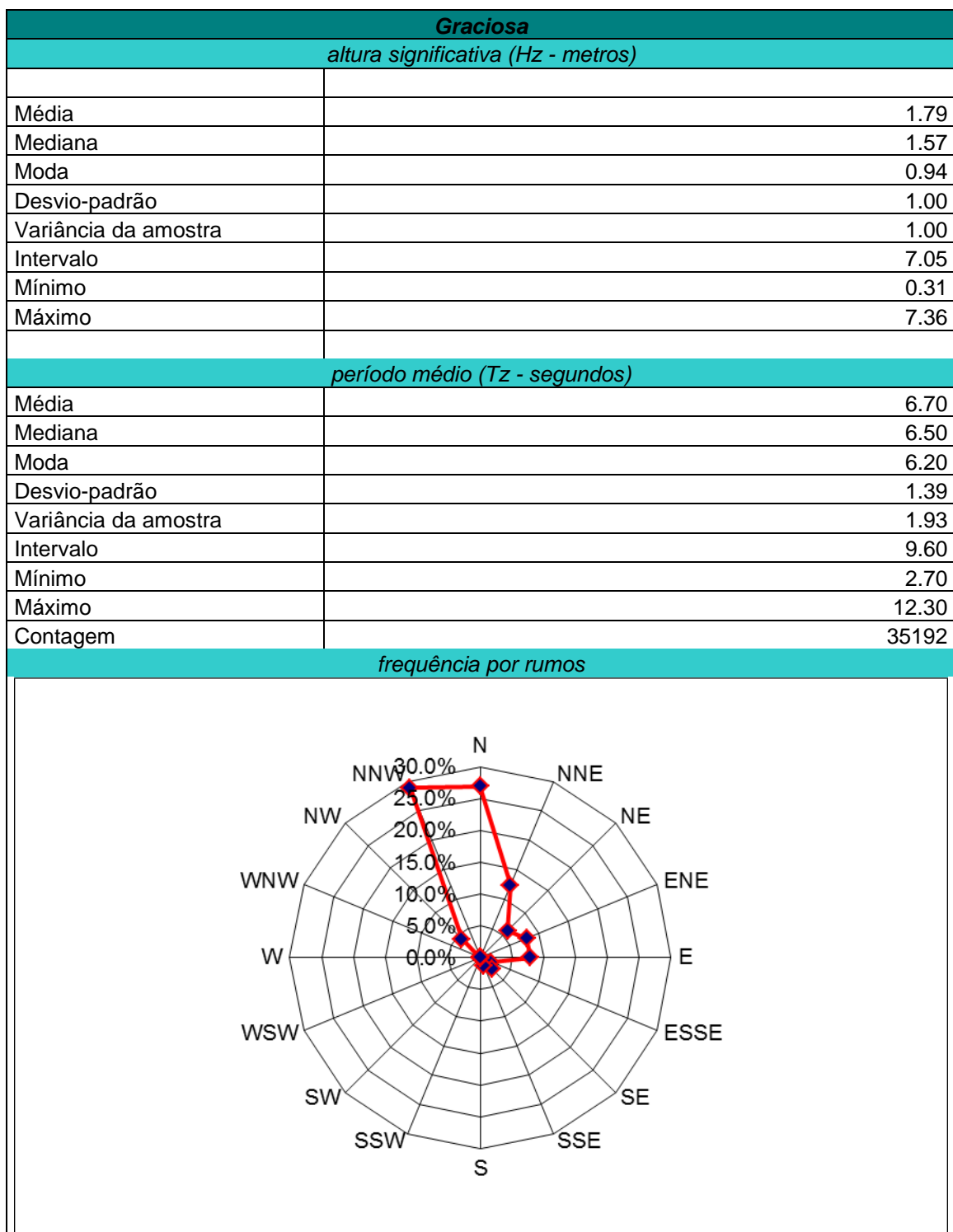


**Climatologia da Agitação Marítima nos Açores no ano de 2013** (estatística dos blocos de 10 minutos validados)

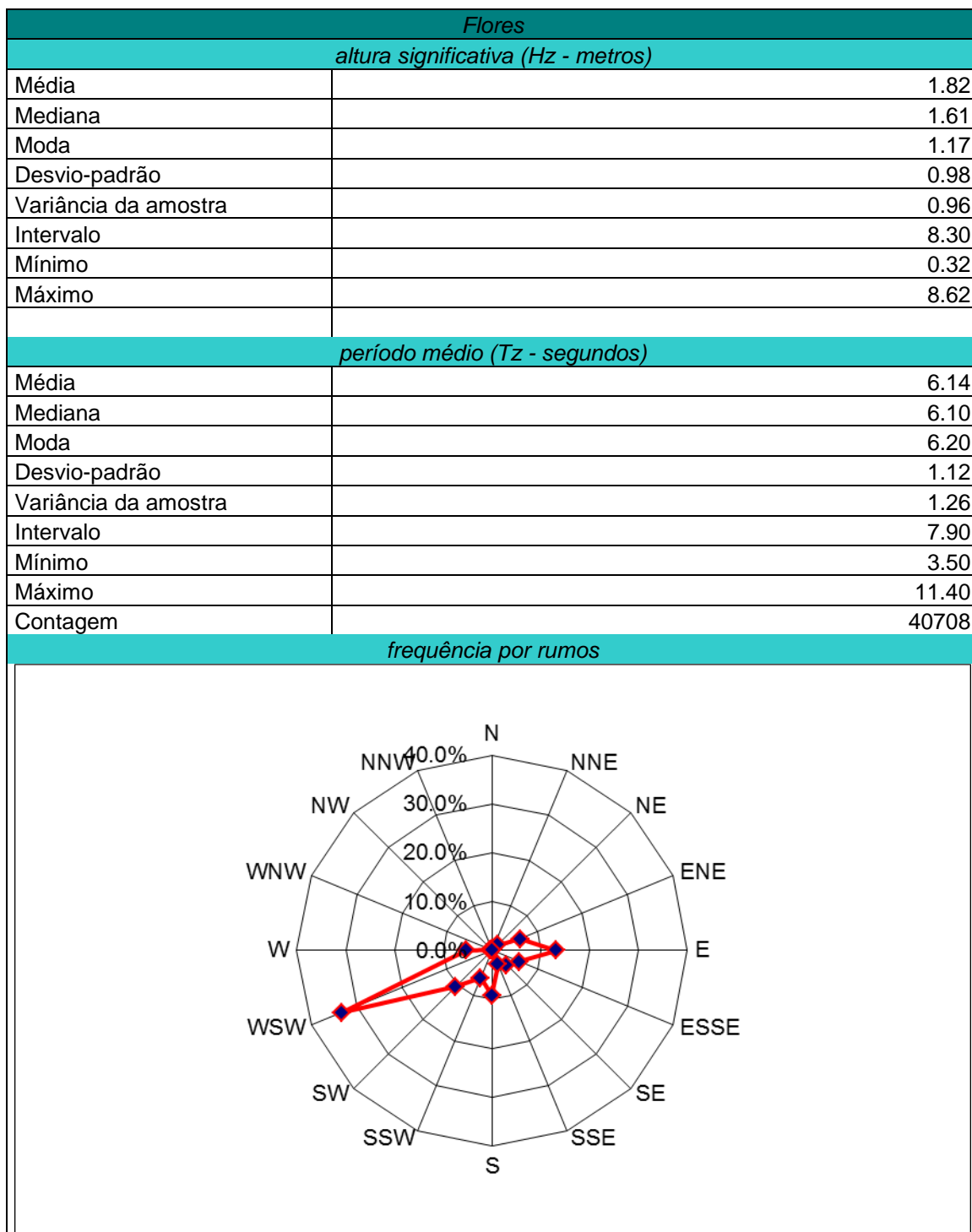
<b>S. Miguel</b>	
<i>altura significativa (Hz - metros)</i>	
Média	1.68
Mediana	1.59
Moda	0.87
Desvio-padrão	0.82
Variância da amostra	0.67
Intervalo	5.14
Mínimo	0.37
Máximo	5.51
<i>período médio (Tz - segundos)</i>	
Média	6.26
Mediana	6.20
Moda	6.20
Desvio-padrão	1.21
Variância da amostra	1.47
Intervalo	8.50
Mínimo	3.440
Máximo	11.90
Contagem	14094
<i>frequência por rumos</i>	



<b>Terceira</b>	
<i>altura significativa (Hz - metros)</i>	
Média	1.75
Mediana	1.59
Moda	1.04
Desvio-padrão	0.89
Variância da amostra	0.79
Intervalo	7.52
Mínimo	0.39
Máximo	7.91
<i>período médio (Tz - segundos)</i>	
Média	6.58
Mediana	6.40
Moda	6.20
Desvio-padrão	1.24
Variância da amostra	1.55
Intervalo	9.40
Mínimo	3.40
Máximo	12.80
Contagem	33349
<i>frequência por rumos</i>	
	



<b>Faial/Pico</b>	
<i>altura significativa (Hz - metros)</i>	
Média	1.74
Mediana	1.47
Moda	1.11
Desvio-padrão	1.07
Variância da amostra	1.14
Intervalo	9.48
Mínimo	0.26
Máximo	9.74
<i>período médio (Tz - segundos)</i>	
Média	6.71
Mediana	6.60
Moda	6.60
Desvio-padrão	1.60
Variância da amostra	2.57
Intervalo	11.30
Mínimo	2.90
Máximo	14.20
Contagem	49275
<i>frequência por rumos</i>	



**Climatologia da Agitação Marítima nos Açores no ano de 2014** (estatística dos blocos de 10 minutos validados)

**Tabela V**

<b>S. Miguel</b>			
<b>Altura Significativa (Hz – metros)</b>		<b>Período Médio (Tz – segundos)</b>	
Média	1.81	Média	6.72
Erro-padrão	0.01	Erro-padrão	0.01
Mediana	1.50	Mediana	6.60
Moda	0.91	Moda	6.60
Desvio-padrão	1.03	Desvio-padrão	1.23
Variância da amostra	1.06	Variância da amostra	1.50
Curtose	2.51	Curtose	0.21
Assimetria	1.47	Assimetria	0.51
Intervalo	7.39	Intervalo	8.90
Mínimo	0.44	Mínimo	3.80
Máximo	7.83	Máximo	12.70
Soma	31767.60	Soma	117923.40
Contagem	17550.00	Contagem	17550.00

<b>frequência por rumos</b>	

Tabela VI

Faial/Pico			
Altura Significativa (Hz – metros)		Período Médio (Tz – segundos)	
Média	1.89	Média	6.95
Erro-padrão	0.01	Erro-padrão	0.01
Mediana	1.58	Mediana	6.80
Moda	0.90	Moda	6.20
Desvio-padrão	1.16	Desvio-padrão	1.75
Variância da amostra	1.35	Variância da amostra	3.05
Curtose	1.59	Curtose	-0.13
Assimetria	1.28	Assimetria	0.50
Intervalo	7.52	Intervalo	11.70
Mínimo	0.26	Mínimo	3.30
Máximo	7.78	Máximo	15.00
Soma	93985.21	Soma	346549.40
Contagem	49841.00	Contagem	49841.00

frequência por rumos	

Tabela VII

