



CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO CLIMA DE AGITAÇÃO MARÍTIMA NA COSTA PORTUGUESA

Mariana Costa, Raquel Silva, João Vitorino

Instituto Hidrográfico, Rua das Trinas 49, 1249-093 Lisboa

SUMÁRIO

O Instituto Hidrográfico (IH) iniciou, em 1979, com o apoio de várias instituições nacionais, um programa de medição de dados de agitação marítima, o programa ONDMAR, com o objectivo de contribuir para o conhecimento do clima de agitação marítima na costa portuguesa. Em 1987, conseguido o apoio da OTAN através do seu programa "Science for Stability", deu-se início ao projecto PO-WAVES, o qual veio permitir aumentar a rede inicial de estações ondógrafo e sistematizar a aquisição e o processamento dos dados. No relatório final do projecto (1994) foi apresentado um resumo da informação obtida a partir do processamento de todos os dados colhidos no âmbito do projecto.

Nesta comunicação apresenta-se, com base num maior volume de dados, uma caracterização sumária do clima de agitação marítima, de reconhecido interesse para o projecto e dimensionamento de estruturas e instalações costeiras. Usando toda a informação relativa às estações da Figueira da Foz, Sines e Faro, desde 1980 até ao corrente ano, são caracterizadas as condições médias globais, as condições médias sazonais e as condições extremas, na costa oeste e na costa sul de Portugal. As condições de temporal nas duas áreas referidas são tipificadas de acordo com as situações meteorológicas dominantes no Atlântico Norte.

LISTA DE REFERÊNCIAS

COSTA, M., Dados direccionais de agitação marítima na costa portuguesa, Relatório 5/94-A do projecto PO- WAVES, Instituto Hidrográfico, 1994.

COSTA, M., Agitação Marítima na Costa Portuguesa, Anais o Instituto Hidrográfico, nº13, p5, Instituto Hidrográfico, 1994.

LONGUET-HIGGINS, M. S., CARTWRIGHT, D. E. e SMITH, N. D., Observations of the directional spectrum of sea waves using the motions of a floating buoy, pp. 111-132 in Ocean Wave Spectra. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1963.

LOUREIRO, A. M., Análisis espectral de oleaje direccional (boyas de balance y cabeceo), Programa de Clima Maritimo de España, 1985.

PIRES, H., Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal. I.N.M.G., 1985.

TRIGO, R.M., Classificação Objectiva de Padrões de Circulação Atmosférica para Portugal, Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências de Lisboa, 1996.

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Hidrográfico (IH) iniciou, em 1979, com o apoio de várias instituições nacionais, um programa de medição de dados de agitação marítima, o programa ONDMAR, com o objectivo de contribuir para o conhecimento do clima de agitação marítima na costa portuguesa. Em 1987, conseguido o apoio da OTAN através do seu programa "Science for Stability", deu-se início ao projecto PO-WAVES, o qual veio permitir aumentar a rede inicial de estações ondógrafo e sistematizar a aquisição e o processamento dos dados.

Das várias estações que foram sendo instaladas ao longo dos anos, as que se revestem de maior importância do ponto de vista climatológico, quer pela sua localização, quer pela quantidade de informação disponível, são as estações direccionais de Leixões, Figueira da Foz, Sines e Faro. Destas quatro, julga-se que três são suficientes para cobrir a costa portuguesa: Figueira da Foz ou Leixões, Sines e Faro. Embora a estação de Leixões se mantenha em funcionamento e a da Figueira da Foz já tenha sido desactivada, é, por enquanto, na estação da Figueira que existe maior quantidade de informação. Esta razão levou a que fossem aqui analisados os dados da Figueira da Foz e não os de Leixões. Contudo, está prevista a inclusão destes dados no estudo relativo à caracterização das condições de Temporal, do qual se apresentam nesta comunicação alguns resultados já encontrados.

No relatório final do projecto (1994) foi apresentado um resumo da informação obtida a partir do processamento de todos os dados colhidos no seu âmbito. Nesta comunicação apresenta-se, com base num maior conjunto de dados, uma nova caracterização do clima de agitação marítima. Usando toda a informação relativa às estações direccionais da Figueira da Foz, Sines e Faro são caracterizadas as condições médias globais, as condições médias sazonais e as condições extremas, na costa oeste e na costa sul de Portugal. As condições de temporal nas duas áreas referidas são ainda tipificadas de acordo com as situações meteorológicas dominantes no Atlântico Norte.

2. AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS

Os dados foram adquiridos por bóias direccionais Datawell de dois tipos, Wavec e Directional Waverider. Enquanto as primeiras, do tipo "pitch and roll", medem a aceleração vertical do movimento da superfície livre e os declives em relação a duas direcções perpendiculares entre si, as segundas medem sempre acelerações (vertical e horizontal). É a partir dos espectros cruzados entre as três séries temporais de que se dispõe em ambos os tipos de bóias, que os parâmetros direccionais podem ser estimados.

Em situações normais a aquisição foi efectuada de 3 em 3 horas, durante períodos de 20 a 30 minutos. Em situações de temporal (altura significativa superior a 5 metros na costa oeste e 3 metros na costa sul) a aquisição foi efectuada de modo quase contínuo, isto é, os períodos de aquisição são apenas espaçados de pequenos intervalos necessários ao processamento em tempo real.

Tabela I – Estações direccionais

Estações	Prof. (m)	Latitude (N)	Longitude (W)	Data inicial	Data final	Nr total registos válidos	Nr registos válidos 3/3 horas
F. Foz	92	40° 11' 08"	9° 08' 44"	Jul 1990	Jan 1996	11 193	10 190 (62%)
Sines	97	37° 55' 16"	8° 55' 44"	Mai 1988	Dez 2000	29 786	28 833 (78%)
Faro	93	36° 54' 17"	7° 53' 54"	Set 1986	Dez 2000	28 424	26 836 (64%)

Na Tabela I apresenta-se, a localização de cada uma das estações, o número total de registos válidos durante cada um dos períodos em análise, e o número e percentagem de registos

válidos de 3 em 3 horas. Apenas foram considerados como válidos os registos para os quais houve informação simultânea de alturas, períodos e direcção. Refira-se, no entanto, o caso da estação de Faro, em que por falha do sistema de gravação não existe informação direccional para cerca de 7% dos registos. Embora esses registos não tenham sido englobados na Tabela I e, portanto não tenham sido considerados para a caracterização das condições médias, julgou-se importante considerá-los na caracterização dos períodos de temporal.

Na Tabela II apresentam-se as percentagens mensais de registos válidos em cada estação. Na estação da Figueira da Foz salienta-se a baixa percentagem de registos válidos durante os meses de Verão e, em particular, no mês de Julho; em Faro, as percentagens mais baixas situam-se no Inverno, especialmente nos meses de Novembro e Dezembro. Em termos globais as percentagens de registos válidos são de 78% em Sines, 62% na Figueira de Foz e 64% em Faro. Agrupando os meses em períodos de Verão (Abril a Setembro) e Inverno (Outubro a Março), verifica-se que as percentagens sazonais são idênticas em Sines, enquanto na Figueira da Foz e em Faro se verificam diferenças acentuadas: em Faro, a percentagem de registos válidos é 73% no Verão e 55% no Inverno, e na Figueira da Foz é, respectivamente, 47% e 78%. Tais assimetrias condicionam, obviamente, a caracterização das condições sazonais naquelas duas estações.

Tabela II - Percentagens mensais de observações válidas

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
F. Foz	75	79	76	56	52	46	29	44	56	76	79	80
Sines	73	79	77	77	61	82	87	84	79	71	86	78
Faro	54	66	79	87	88	85	69	54	58	52	43	39

No que respeita ao processamento dos dados, as séries temporais de elevações e declives (ou deslocamentos horizontais) foram analisados no domínio da frequência, com vista à estimação dos espectros cruzados. Os espectros foram estimados em 127 bandas de frequência entre 0.005 e 0.635 Hz, com intervalo entre frequências de 0.005Hz. Para cada registo foram então estimados, entre outros, os parâmetros que se apresentam no presente 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 de 0° a 360° a partir do Norte verdadeiro, no sentido dos ponteiros do relógio.

3. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DE AGITAÇÃO MARÍTIMA

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 de 3 em 3 horas, enquanto que para as situações de temporal foram considerados todos os registos válidos.

3.1 Condições médias globais

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 1 a 5), bem como nos quadros que resumem a distribuição conjunta de HM0-TP-THTP (Tabelas III a V).

Distribuições de alturas, períodos e direcções

Da análise das distribuições salienta-se:

Quanto à altura significativa:

- Nas estações da costa oeste os valores mais frequentes situam-se na classe de 1 a 2m (40% na Figueira da Foz e 49% em Sines); valores superiores a 3m são cerca de 22% na Figueira da Foz e 10% em Sines; valores inferiores a 1m são mais frequentes em Sines do que na Figueira da Foz (23% e 10%).
- A média é 2.2m na Figueira da Foz e 1.7m em Sines; o desvio padrão é, respectivamente, 1.1m e 0.9m.
- Na costa sul, a maior parte dos valores são inferiores a 1m (68%); valores superiores a 3 m não atingem 2%. A média é 1.0m e o desvio padrão 0.6m.

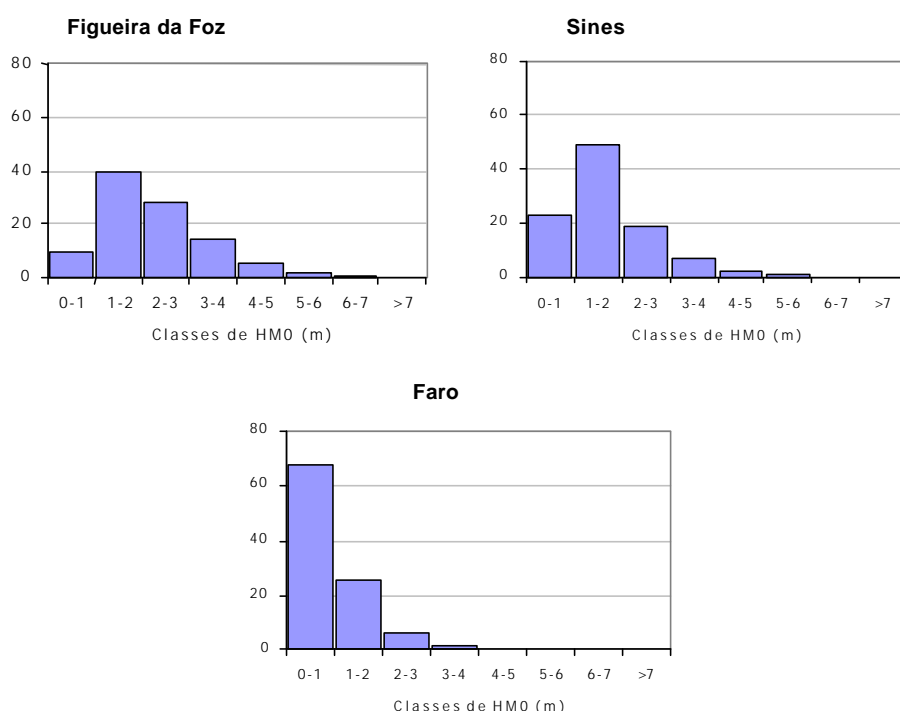


Figura 1 – Distribuição de frequência relativa (em %) de Hm0 (F. Foz, Sines e Faro)

Quanto ao período médio:

- Nas estações da costa oeste os valores mais frequentes situam-se entre 5 e 7s (41% na Figueira da Foz e 44% em Sines); valores superiores a 9s não atingem 20%.
- A média é 7.2s na Figueira da Foz e 6.6s em Sines; o desvio padrão é, respectivamente, 1.7 e 1.8s.
- Na costa sul os valores mais frequentes situam-se entre 3 e 5s (63%) e apenas cerca de 4% são superiores a 7s. A média é 4.7s e o desvio padrão é 1.1s.

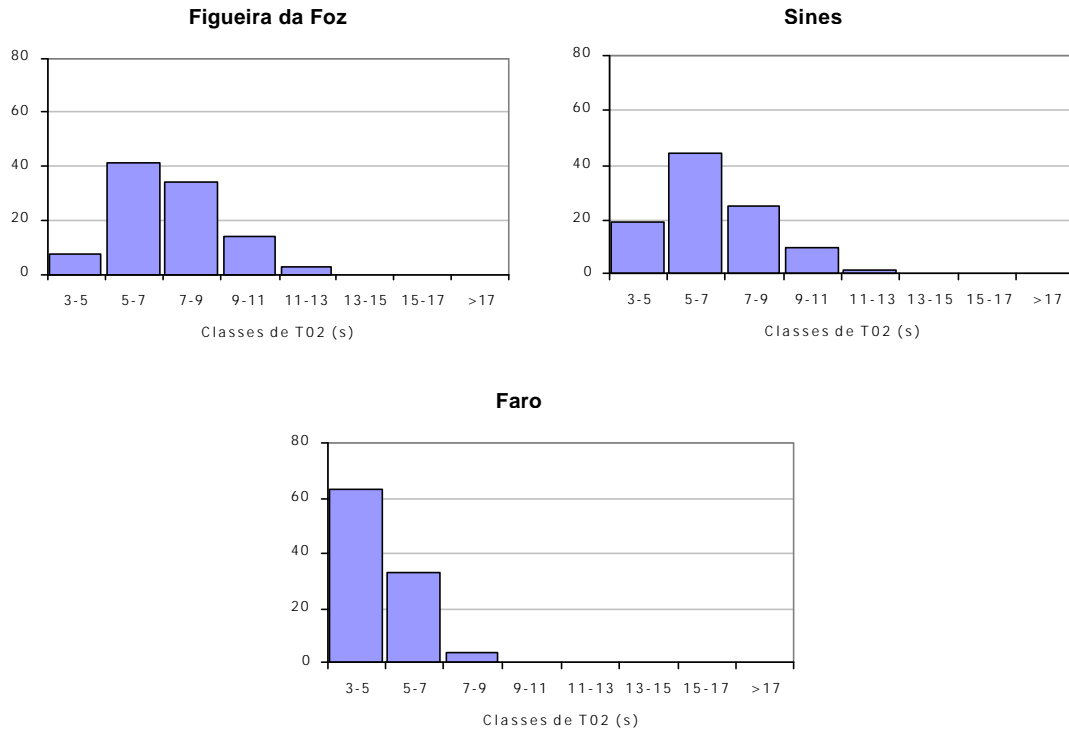


Figura 2 – Distribuição de freqüência relativa (em %) de T02 (F. Foz, Sines e Faro)

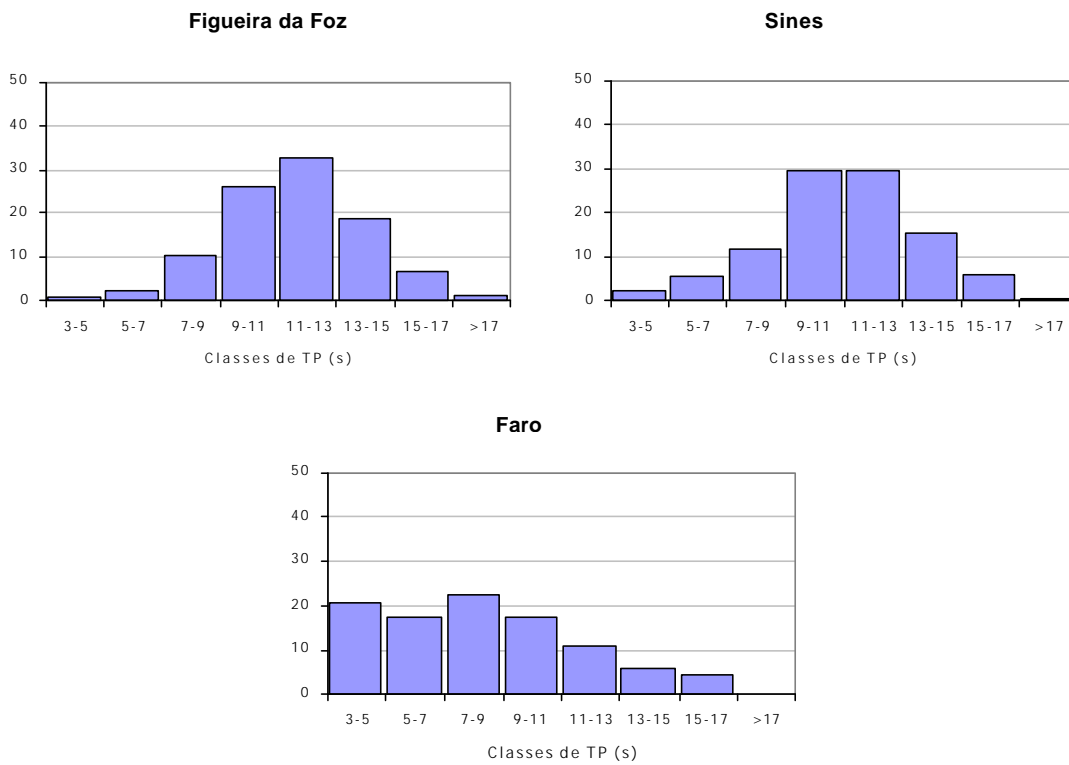


Figura 3 – Distribuição de freqüência relativa (em %) de TP (F. Foz, Sines e Faro)

Quanto ao período de pico:

- Nas estações da costa oeste, cerca de 60% dos valores situam-se entre 9 e 13s; valores superiores a 15s não atingem 10%.
- A média é 11.4 e 10.8s, e o desvio padrão é 2.5 e 2.7s, respectivamente, na Figueira da Foz e em Sines.
- Na costa sul, cerca de 78% são inferiores a 11s, com percentagens de ocorrência muito semelhantes nas várias classes. A média é 8.2s e o desvio padrão é 3.3s.

Quanto à direcção média associada ao período de pico:

- Nas duas estações da costa oeste a distribuição de THTP é muito semelhante, com a maior parte das observações no sector NW: na Figueira da Foz, cerca de 90% das observações provêm dos sectores de NW e W e, em Sines, cerca de 97%; as observações de SW não atingem 3%. Há, no entanto, na Figueira da Foz uma contribuição de Norte que não se observa em Sines em detrimento de uma contribuição de NW. Se se considerarem 16 classes de direcção em vez das 8 que aqui foram utilizadas, verifica-se que aquela contribuição é NNW. Este facto pode relacionar-se com a geometria da costa, que abriga Sines das componentes de NNW.
- Na estação de Faro a distribuição de THTP é mais complexa, com dois sectores dominantes: SW-W (71%) e SE (23%).

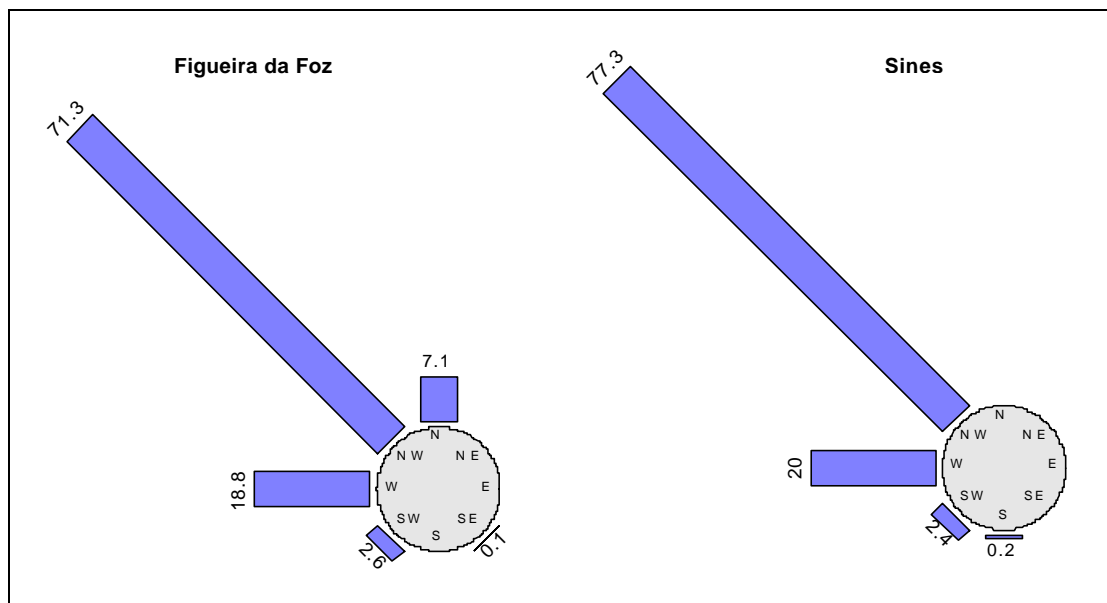


Figura 4 – Distribuição de frequência relativa (em %) de THTP na F. Foz e Sines.

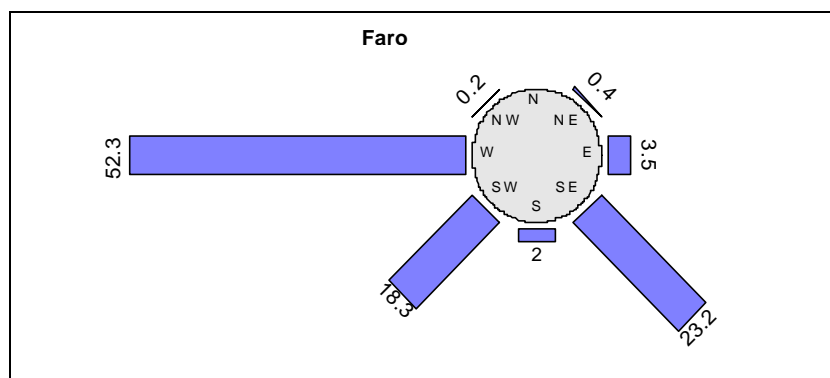


Figura 5 – Distribuição de frequência relativa (em %) de THTP em Faro

As diferenças na distribuição de THTP entre a costa oeste e a costa sul são obviamente condicionadas pelo facto de a costa sul se encontrar abrigada dos estados de mar provenientes de NW (dominantes na costa oeste) e, além disso, estar sujeita às condições originadas pelos ventos de levante. No que diz respeito aos estados de mar de sudoeste, existe no entanto alguma correlação entre a costa oeste e a costa sul. De facto, os estados de mar de sudoeste estão, na costa sul, associados a condições meteorológicas que originam, na costa oeste, mar de sudoeste ou de oeste, tal como foi referido por Pires (1985).

Distribuições conjuntas de alturas, períodos e direcções

Na Tabelas III a V apresentam-se, para as três estações, a distribuição conjunta de frequência relativa HM0-TP para as classes de direcção mais representativas, as quais totalizam em todos os casos mais de 90% das observações. Alerta-se para o facto de as percentagens apresentadas terem sido normalizadas, de forma a totalizarem 100% para cada classe de direcção, com vista a facilitar a sua análise comparativa.

Tabela III – Distribuição conjunta HM0-TP, por direcção, na F. Foz

NW (71.3%)	3-7	7-11	11-15	>15	W (18.8%)	3-7	7-11	11-15	>15
<1	0.5	5.6	2.4		<1	1.5	6.1	3.9	0.4
1-3	1.0	25.9	38.3	2.6	1-3	1.6	24.6	37.4	4.4
3-5		2.0	14.1	4.8	3-5		4.1	10.6	2.5
>5			1.1	1.6	>5			1.2	1.8

Tabela IV – Distribuição conjunta HM0-TP, por direcção, em Sines

NW (77,3%)	3-7	7-11	11-15	>15	W (19,7%)	3-7	7-11	11-15	>15
<1	2.8	14.1	5.0	0.2	<1	2.7	16.0	7.8	0.5
1-3	5.1	26.0	35.4	2.9	1-3	1.5	21.7	32.0	4.6
3-5		0.4	4.9	2.6	3-5		2.7	6.7	2.0
>5			0.2	0.4	>5			0.9	0.8

Da análise destas tabelas, salienta-se:

Relativamente à costa oeste:

- As distribuições conjuntas de HM0 -TP são semelhantes nas duas estações, com as observações mais frequentes a ocorrerem no sector de NW e nas classes de 1 a 3m e de 7 a 15s (respectivamente, 46% e 47% do total de observações válidas, na Figueira

da Foz e em Sines). O mesmo se passa para o sector de W, em que as correspondentes percentagens de ocorrência são de 12% e 11%, respectivamente.

- Para cada estação, são também semelhantes as distribuições de HM0-TP nas duas classes de direcção apresentadas, sugerindo que, pelo menos de forma aproximada, estas distribuições se podem considerar independentes da direcção.

Tabela V – Distribuição conjunta HM0-TP, por direcção, em Faro

SE (23,2%)	3-7	7-11	11-15	>15
<1	4.0	5.3		
1-3	14.7	37.3		
3-5		1.6		
>5				

SW (18,3%)	3-7	7-11	11-15	>15
<1	17.3	13.8	19.2	12.8
1-3	5.4	16.5	4.8	6.0
3-5		3.1	0.6	0.1
>5			0.2	

W (52,3%)	3-7	7-11	11-15	>15
<1	25.2	34.6	17.6	1.7
1-3	5.8	8.5	5.3	0.9
3-5		0.2	0.1	
>5				

Relativamente à costa sul:

- A distribuição conjunta de HM0 -TP parece fortemente influenciada pela direcção. Tal não é de estranhar, conhecido o facto de as ondas presentes em cada uma das direcções apresentadas terem áreas de geração distintas. Em particular, é de assinalar o facto de os períodos mais elevados estarem associados aos sectores de W e SW, reflectindo zonas de geração mais distantes, e de os períodos relativos ao sector de SE, quase sempre inferiores a 11s, reflectirem a influência de menores "fetches", na geração originada pelos ventos do levante.
- As observações mais frequentes correspondem a alturas significativas inferiores a 1m, TP inferior a 11s e direcções de W (31%); alturas significativas superiores a 3m provêm, na sua maioria, de SW.

3.2 Condições médias sazonais

As condições médias sazonais são aqui caracterizadas através da informação presente nos gráficos das Figuras 6 a 13.

As Figuras 6 a 8 ilustram, para as três estações, a variação ao longo do ano das médias mensais de HM0, T02 e TP. É clara a variação sazonal de todos estes parâmetros, com valores máximos durante o período de Inverno. Nos meses de Inverno, as médias de HM0 são superiores a 2m na costa oeste e a 1m na costa sul. É de assinalar o facto de os meses de Abril e Outubro serem claramente meses de transição, muito embora tenham sido incluídos, respectivamente, nos períodos de Verão e de Inverno. É também evidente a maior severidade dos estados de mar, ao longo de todo o ano, nas estações da costa oeste, verificando-se na Figueira da Foz os valores mais elevados. As médias mensais de HM0 estão compreendidas entre 1.1m e 2.8m nas estações da Figueira da Foz e Sines, e entre 0.6m e 1.5m em Faro.

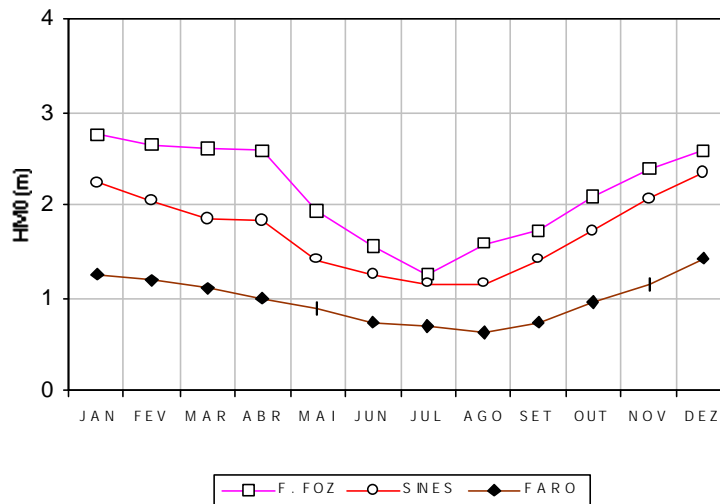


Figura 6 – Variação ao longo do ano da média mensal de HMO

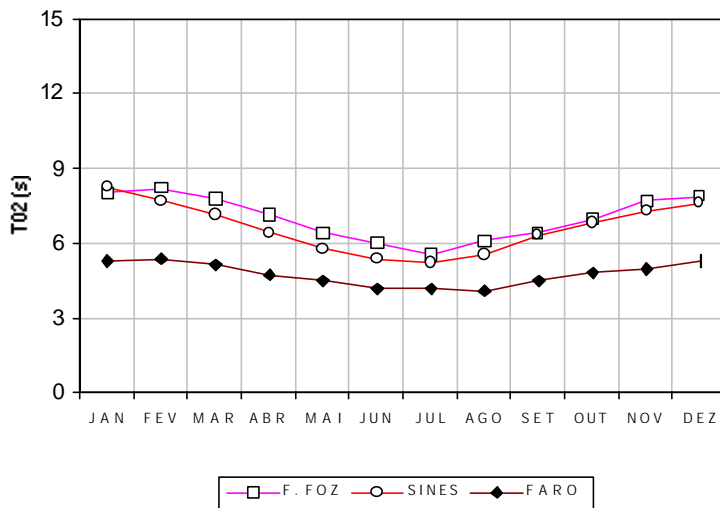


Figura 7 – Variação ao longo do ano da média mensal de T02

Relativamente ao período médio T02, as médias mensais situam-se entre 5 e 9s na costa oeste e entre 4 e 6s na costa sul. Quanto aos períodos de pico TP, os valores médios variam entre 8 e 13s na costa oeste e entre 6 e 11s na costa sul. Note-se a grande semelhança entre os valores médios dos períodos nas estações da costa oeste, em especial do período de pico, o que sugere a mesma zona de geração para a ondulação mais energética.

Comparando estes resultados com os que se obtiveram quando foram analisados, no âmbito do projecto PO-WAVES, os dados adquiridos até final de 1993 (Costa,1994), concluiu-se que são praticamente idênticos. Pode-se, pois, afirmar que a inclusão de mais anos de dados não veio modificar a caracterização, em termos médios, da agitação marítima, aumentando, no entanto, a confiança nos resultados.

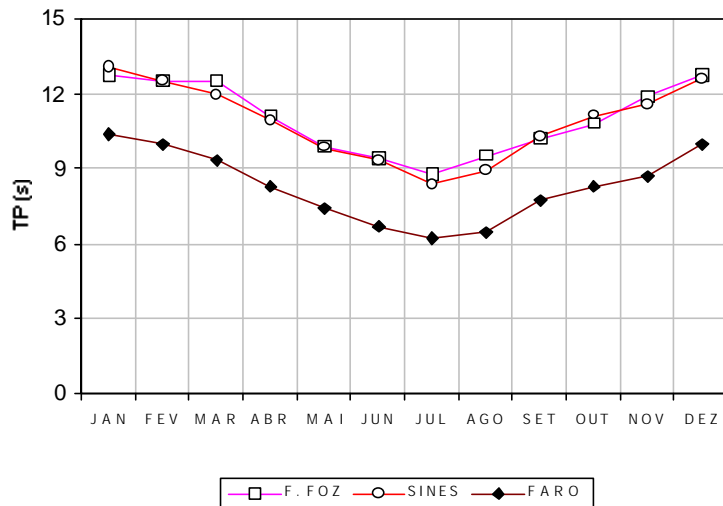


Figura 8 – Variação ao longo do ano da média mensal de TP

As Figuras 9 a 11 ilustram, para as três estações, a variação ao longo do ano da distribuição de frequência relativa da altura significativa, HM0. Estes gráficos realçam, uma vez mais, a variação sazonal de HM0. É também visível, a maior severidade dos estados de mar na costa oeste, e particularmente, na Figueira da Foz.

Da análise destes gráficos, salienta-se:

- Nas estações da costa oeste, valores superiores a 5m ocorrem essencialmente nos meses de Inverno (a percentagem máxima verificada é de 7% em Janeiro na Figueira da Foz); a percentagem de ocorrência de valores inferiores a 3m é, em todos os meses, superior a 60% na Figueira da Foz e a 70% em Sines.
- Na costa sul, mais de 50% das observações são, durante todo o ano (à excepção do mês de Dezembro), inferiores a 1m; valores superiores a 3 m ocorrem essencialmente nos meses de Inverno.

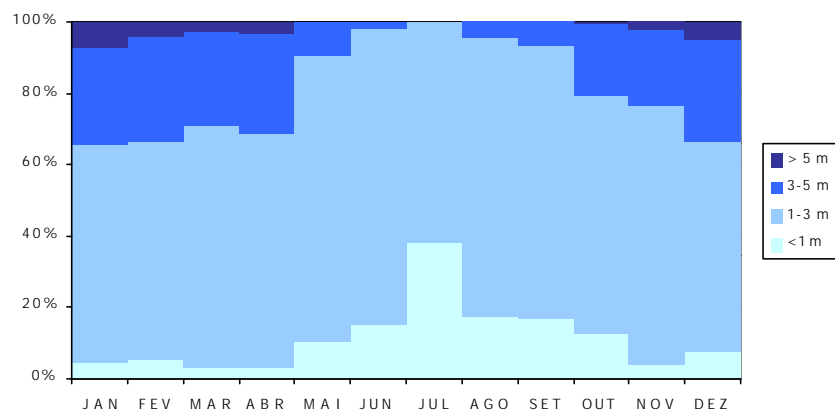


Figura 9 – Variação ao longo do ano da distribuição mensal de HM0 na F. Foz

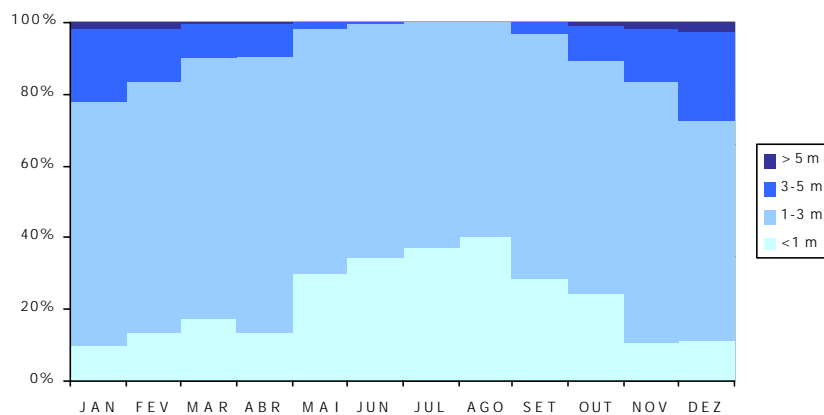


Figura 10 – Variação ao longo do ano da distribuição mensal de HM0 em Sines

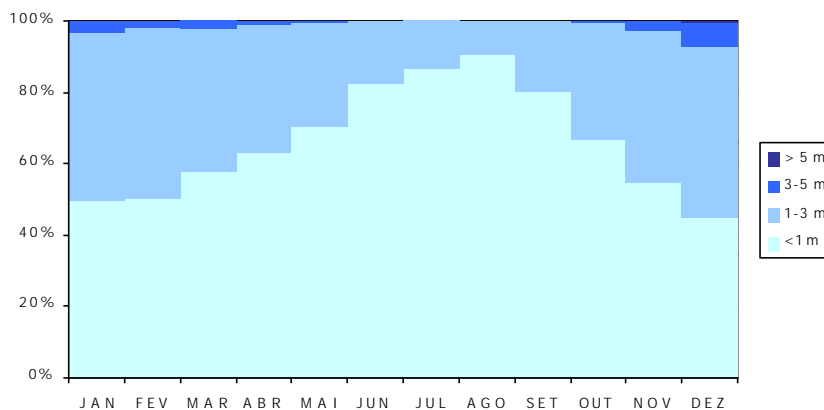


Figura 11 – Variação ao longo do ano da distribuição mensal de HM0 em Faro

Nas Figuras 12 a 14 apresentam-se, para as três estações, as distribuições de frequência relativa de THTP normalizadas aos períodos de Verão e Inverno. Comparando-as com a distribuição global apresentada nas Figuras 4 e 5, verifica-se, para a Figueira da Foz, que há no Verão um acréscimo de observações em N e NW (ou melhor, em NNW, se usarmos 16 classes de direcção) e, no Inverno, um ligeiro acréscimo no sector de W.

Em Sines e em Faro, as distribuições de Verão e de Inverno apresentam também algumas diferenças relativamente às distribuições globais. Em Sines, verifica-se durante o Verão uma maior concentração no sector de NW e, durante o Inverno, uma transferência de NW para W). Em Faro, verifica-se um acréscimo no sector de W durante o Verão, e uma transferência, durante o Inverno, de W para SW.

As comparações entre as situações de Verão e de Inverno, nas estações da Figueira da Foz e de Faro, devem ser encaradas com alguma reserva, pois, tal como foi referido atrás, existem diferenças significativas na cobertura temporal dos dados.

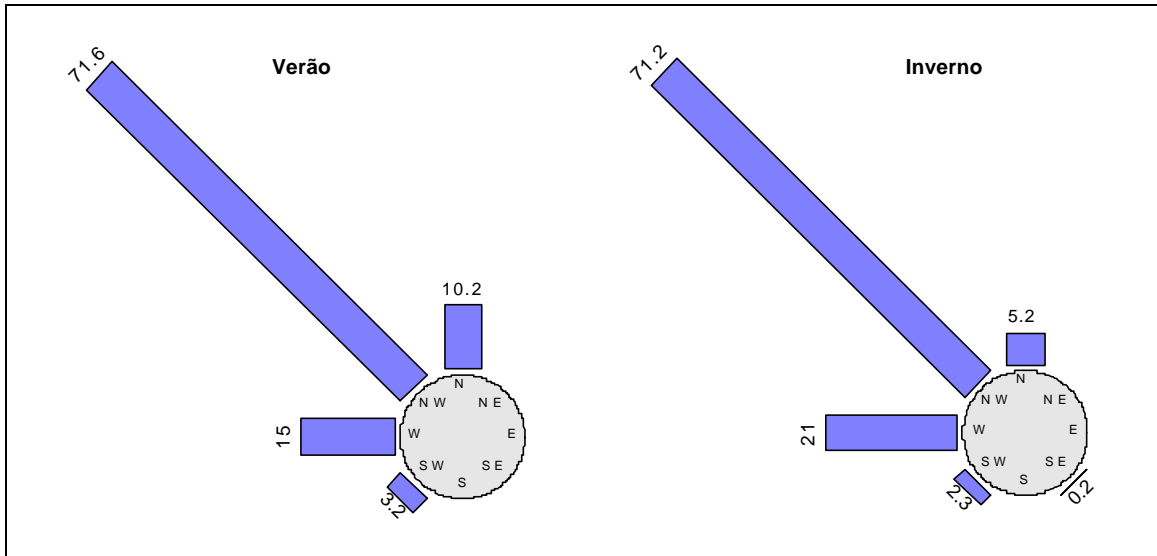


Figura 12 – Distribuição de frequência relativa (em %) de THTP na F. Foz (Verão e Inverno)

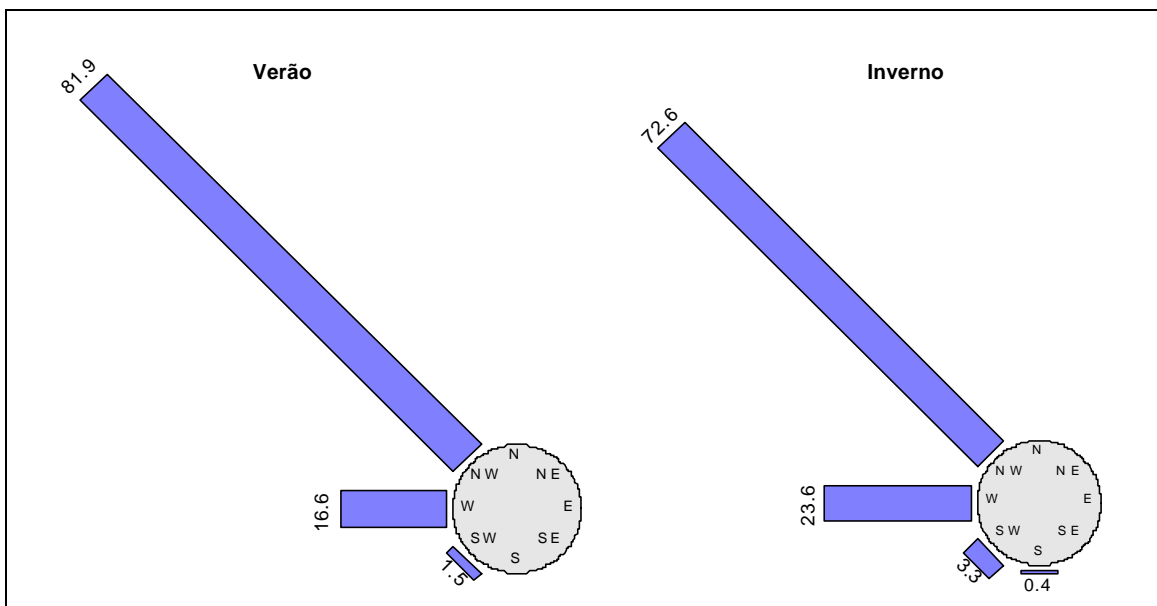


Figura 13 – Distribuição de frequência relativa (em %) de THTP em Sines (Verão e Inverno)

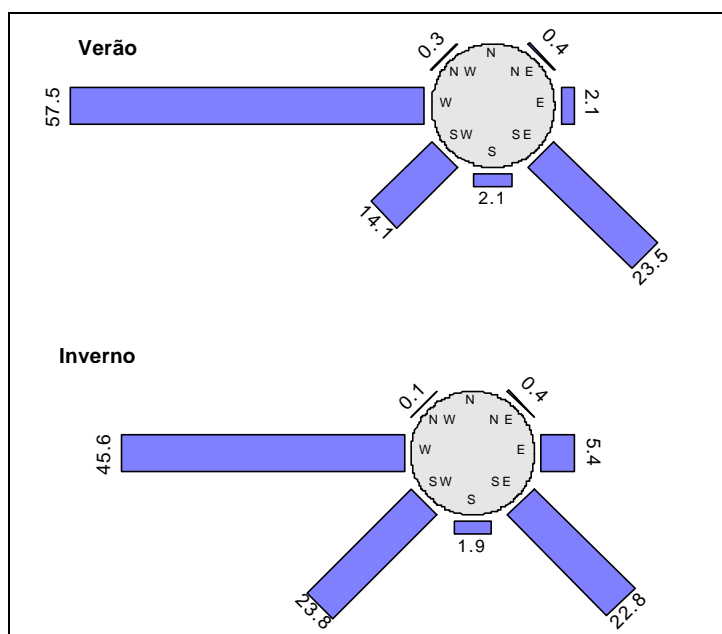


Figura 14 – Distribuição de frequência relativa (em %) de THTP em Faro (Verão e Inverno)

3.3 Condições de Temporal

As condições extremas de agitação marítima revestem-se de grande importância para o projecto e dimensionamento de estruturas (em particular de quebra mares) e instalações costeiras. A caracterização destas condições extremas na costa de Portugal Continental constitui o objectivo de um estudo em curso cujos resultados preliminares são apresentados nesta comunicação.

A identificação dos temporais nas séries de agitação marítima, anteriormente descritas, baseou-se na altura significativa. Assim na costa Oeste os períodos de temporal correspondem a $H_{M0} > 4.5 \text{ m}$, enquanto que na costa Sul este critério é de $H_{M0} > 3.5 \text{ m}$. No presente estudo apenas foram retidos os períodos de temporal completamente cobertos com observações válidas.

Na Tabela VI apresenta-se o número médio de dias com temporal no Verão e Inverno marítimos, i.e., o quociente entre o número total de dias com temporal em cada estação do ano e o número total de estações sazonais respectivas com informação válida, no período considerado. Junto à identificação de cada estação ondógrafo apresenta-se o número de temporais registados no período a que se refere este estudo. Quaisquer comparações entre os valores indicados para as diferentes estações devem ser feitas com cautela, dadas as assimetrias existentes na cobertura dos dados e as diferenças entre os períodos de observação (ver Tabela I e II).

Tabela VI – Número médio de dias com Temporal

Estações	Verão (Abril a Setembro)	Inverno (Outubro a Março)
F. Foz (56)	3,4	19,9
Sines (47)	0,5	8,4
Faro (56)	0,6	9,3

Como seria de prever é maior o número de dias com temporal no Inverno, sendo no Verão praticamente nulo para as estações de Sines e Faro, e de reduzida importância para a Figueira. Acrescenta-se que a ocorrência de temporais no Verão, em qualquer das estações, pelos períodos considerados, se restringe aos meses de Abril, Maio ou Setembro. Além disso, estes eventos parecem persistir mais na Figueira da Foz do que em Sines, o que é consistente com o aumento da severidade dos estados do mar na costa oeste à medida que se caminha para norte.

A caracterização dos temporais integrou as características da agitação marítima nesses períodos (altura significativa máxima, direcção do período de pico, duração em dias) e a situação meteorológica na origem dessas condições de agitação extrema. A metodologia seguida é, na sua base, semelhante à seguida por Pires (1985) no seu estudo das condições de agitação marítima na costa Portuguesa.

Contudo, com o objectivo de evoluir para uma tipificação das condições de agitação extrema na costa Portuguesa, fomos descrever os períodos de temporal com base no sistema de classificação objectiva dos regimes de circulação atmosférica proposto por Trigo (1996). Este autor propôs que os regimes de circulação atmosférica que afectam Portugal podem ser descritos por um conjunto de 10 Padrões (ou tipos) de Circulação Atmosférica (PCA) cuja importância relativa varia sazonalmente (Figura 15).

Utilizando os Boletins Meteorológicos Diários, editados pelo Instituto de Meteorologia, procedeu-se à análise das cartas de superfície correspondentes ao período de ocorrência de cada um dos temporais. Com base nesta análise e por comparação com as situações padrão atrás referidas, atribuiu-se a cada temporal isoladamente, de forma subjectiva, o PCA que apresentasse características mais próximas das observadas. Apenas foram atribuídos 8 entre os 10 PCA's retidos para Portugal por Trigo (1996) : E (Este), SE (Sudeste), S (Sul), SW (Sudoeste), W (Oeste), NW (Noroeste) e N (Norte).

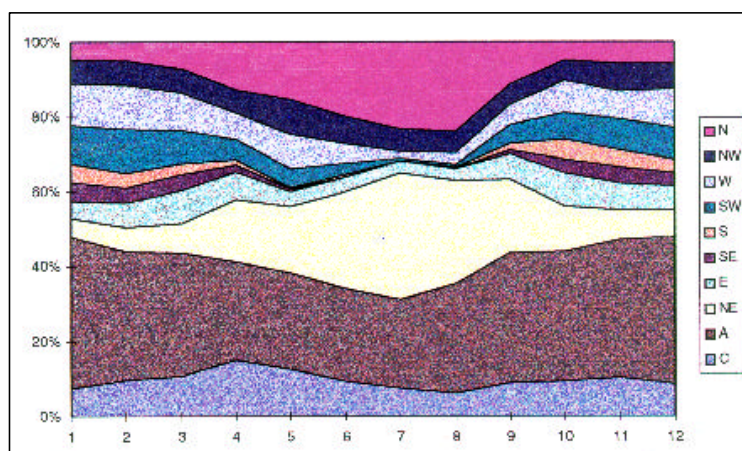


Figura 15 – Evolução da importância relativa (%) de cada PCA ao longo dos meses do ano, [R.M.Trigo,1996].

Atente-se na Figura 15 para verificar que, a importância dos padrões, aos quais não foram associados temporais, prevalece ao longo de todo o ano. À excepção dos padrões C, NW e N, os padrões retidos são aqueles cuja importância relativa aumenta no Inverno e períodos de transição, sendo quase nula nos meses de Verão.

Verificou-se que alguns dos temporais registados não apresentavam uma direcção (THTP) dominante, evidenciando rotações bem definidas deste parâmetro. Além disso, estes temporais estavam normalmente associados a situações de circulação atmosférica de rápida variabilidade, que não seriam bem descritas por nenhum dos PCA. Assim, estes temporais foram englobados numa mesma classe que passámos a designar por R (de rotação), e serão analisados posteriormente nesta comunicação.

Distribuições conjuntas Hmax-PCA

Nas Figuras 16 e 17 apresentam-se as distribuições conjuntas dos temporais por classes de Hmax e PCA, para cada uma das estações em estudo. Da análise destas distribuições destaca-se o que se segue.

Na Figueira da Foz:

- O padrão dominante é o de NW que retém cerca de 58% dos temporais observados; com uma menor contribuição temos o padrão de W (13%); os restantes 29% distribuem-se com reduzido significado pelos padrões de N, SW, SE, E (e R).
- É para os dois padrões dominantes, com semelhante distribuição de Hmax, que se encontram os maiores valores deste parâmetro; a maior percentagem de temporais localiza-se no padrão de NW, com Hmax entre 5 e 7 m (45%). Nesta estação, não são raros os temporais que possam atingir mais de 7 m (16%).

Em Sines:

- O padrão de NW (42%) é o que mais se evidencia, retendo nas classes entre os 5 e os 7m, a maior percentagem relativa de temporais (28%); nesta estação, localizam-se no padrão de W 26% dos temporais.
- A distribuição de Hmax para os padrões de NW e W, que totalizam 50% das observações superiores a 7m, é semelhante à dos padrões respectivos, na Figueira da Foz, para estas classes de alturas; contudo, verifica-se que a classe entre os 4 e 5 m apresenta maior frequência relativa de temporais, em detrimento das classes entre 5 e 7m.
- É de assinalar a importância dos padrões de rotação, que retêm apenas 11% das observações, mas 33% das observações superiores a 7m.

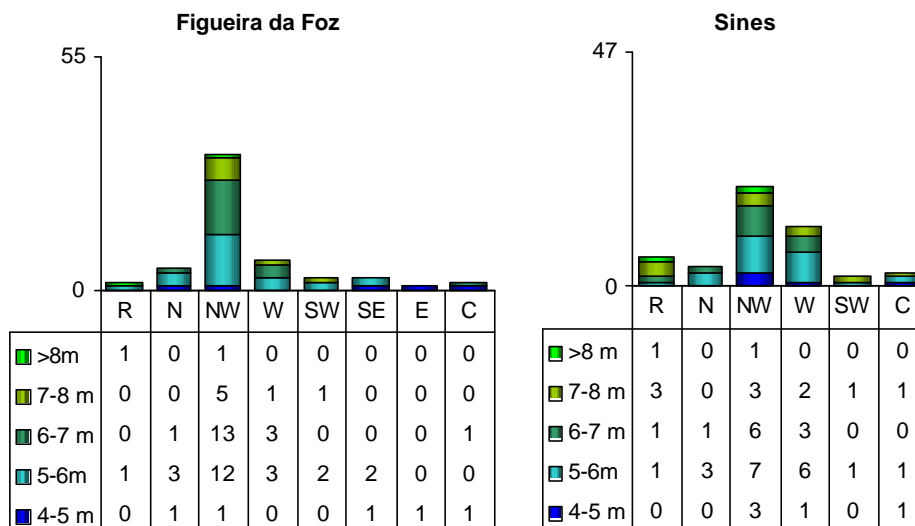


Figura 16 – Distribuição conjunta Hmax-PCA (F. Foz e Sines).

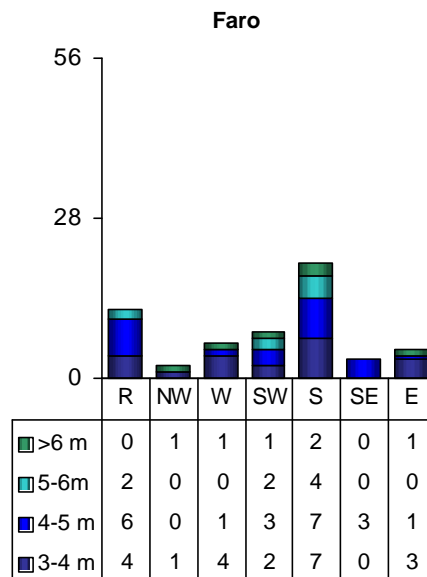


Figura 17 – Distribuição conjunta Hmax-PCA (Faro).

Para a costa sul salienta-se:

- As observações encontram-se mais distribuídas pelas classes de PCA do que na costa oeste. No entanto, o padrão de S destaca-se com 36% das observações, seguido do PCA SW (14%). É de assinalar o aumento da frequência relativa de temporais de rotação comparativamente com a costa oeste. De facto, esta classe engloba 21% dos temporais registados.
- No respeitante à distribuição de alturas significativas máximas, ela é marcadamente diferente para a costa sul. As alturas significativas máximas observadas situam-se essencialmente entre 3 e 5 m (75%), valores de Hmax superiores a 5m apenas se encontram nos padrões de W, SW e S.
- Da análise da distribuição conjunta constata-se que as observações mais frequentes têm PCA S e Hmax entre 3 e 5 m (25%).

Distribuições conjuntas média de THTP-PCA, média de THTP-Hmax e média de THTP-duração

Na classificação dos temporais por PCA verificou-se uma grande semelhança entre os padrões de W e SW. Por este motivo, e por as distribuições conjuntas Hmax-PCA e média de THTP-PCA (não apresentada nesta comunicação) não evidenciarem disparidades para estes dois padrões, eles passam a estar associados num único, que se designa W/SW. Da análise das distribuições referidas verifica-se que os padrões de E e SE originam o mesmo tipo de temporais unidireccionais, pois nas zonas onde possam ser gerados temporais que atinjam a costa portuguesa eles são idênticos. Também eles são englobados num único, E/SE.

Nas Figuras 18 a 19 são apresentadas as distribuições conjuntas média de THTP-PCA, e média de THTP-duração, normalizadas para os padrões dominantes em cada estação, que retêm cerca de 90% das observações unidireccionais, em qualquer dos casos.

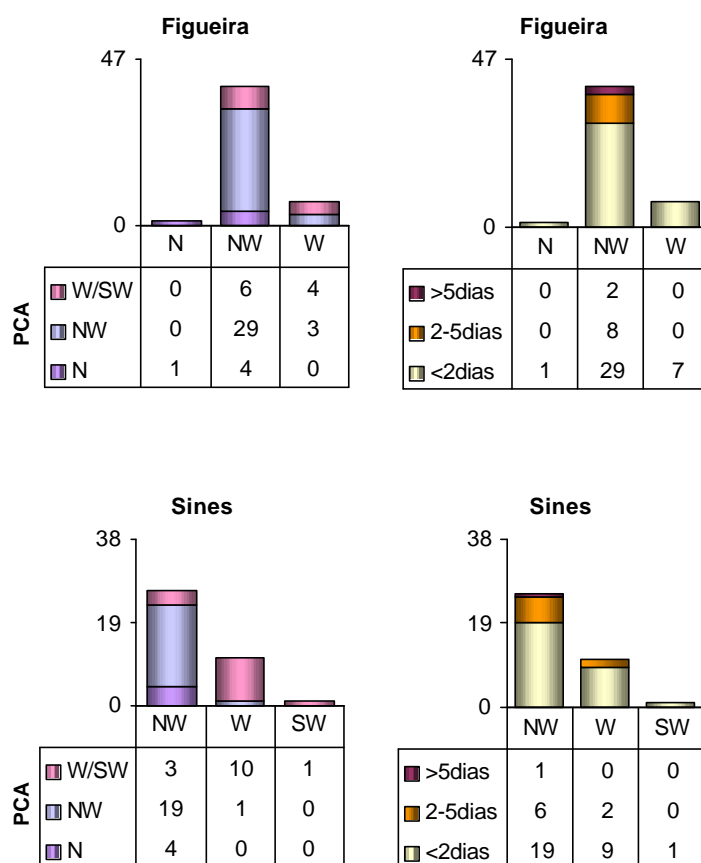


Figura 18 – Distribuição conjunta média de THTP-PCA e média de THTP-duração (F. Foz e Sines)

Na costa oeste verifica-se que:

- A duração dos temporais parece independente da localização, em qualquer das estações são mais de 75% as observações de temporais que persistem por menos de 2 dias. Parece relacionar-se com o padrão de circulação, repare-se que durações superiores a 2 dias ocorrem para direcções associadas ao padrão de NW. Durações superiores a 5 dias só no caso do sector de direcção de NW.
- O maior número de observações unidireccionais é de temporais provenientes de NW (83% na Figueira e 68% em Sines).
- Em Sines 50% das observações são do sector NW associadas ao PCA NW. Encontra-se ainda uma percentagem significativa de observações de temporais de W (29%), em que 26% estão associadas ao PCA W/SW.
- Na Figueira da Foz a grande parte dos temporais unidireccionais observados provêm de NW com PCA associado de NW (62%).

Da análise da Figura 19, salienta-se para a costa sul:

- Os temporais unidireccionais na costa sul provêm essencialmente de SW (64%) e SE (32%).
- Encontra-se a maior frequência relativa de observações no sector de direcção SW, associado ao padrão de W/SW (39%) No mesmo sector de direcção associado ao PCA

de S encontram-se 25 % das observações. No sector SE a classe de E/SE retêm 21% das observações.

- Em Faro os temporais unidireccionais observados não persistem por mais de 5 dias. No entanto é superior a frequência relativa de observações de temporais que duram entre 2 e 5 dias (21%).

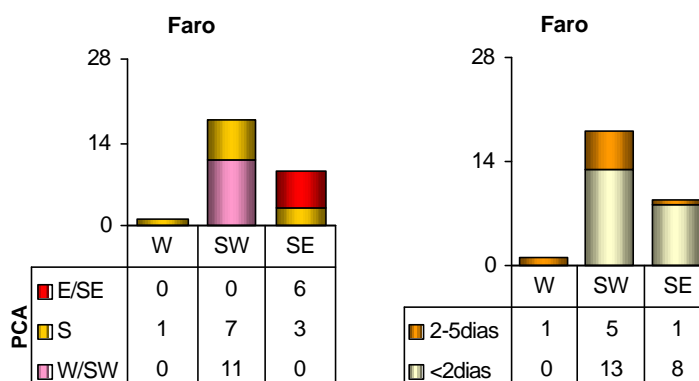


Figura 19 – Distribuição conjunta média de THTP-PCA e média de THTP-duração (Faro).

Interpretação de resultados

É importante referir que o período de cobertura comum às três estações é demasiado pequeno (cerca de 6 anos), para que se possa inferir com confiança sobre todos os aspectos direccionais das condições de Temporal, esta situação é agravada pela ocorrência de lacunas nos dados, algumas das quais provocadas pela necessidade de manutenção das estações, e outras, por avarias ocasionais que muitas vezes se verificam nos meses de Inverno, em particular, durante situações de temporal.

Na costa oeste de Portugal as condições de Temporal que mais se fazem sentir são provenientes de NW. Estas condições podem estar associadas ao padrão de circulação de NW, situações caracterizadas pela localização do Anticiclone dos Açores entre os arquipélagos dos Açores e da Madeira e pela localização das depressões sobre as Ilhas Britânicas, com zonas de geração no bordo NE do Anticiclone dos Açores. Neste caso, toda a costa parece sentir estas condições de alturas significativas máximas entre 5 e 7m mas que podem chegar aos 8m, durante menos de 2 dias, mas que por vezes persistem por mais de 5 (estas condições foram já indicadas em "Mar de NW", (Pires,1985)).

Em especial na parte sul da costa oeste sentem-se também temporais de W. Estes temporais são em geral originados por situações W/SW de circulação atmosférica, caracterizadas pela localização do Anticiclone dos Açores a cerca de 30°N e centros de baixas pressões a Oeste das Ilhas Britânicas, ou com um enfraquecimento do Anticiclone dos Açores e depressões localizadas a Sul da Islândia. À latitude da Península Ibérica, a circulação está associada ao aparecimento frequente de depressões frontais ao largo da costa portuguesa. Aqui, estes temporais fazem-se sentir com alturas significativas máximas que variam entre 5 e 8m, persistindo raramente por mais de 2 dias.

Em Faro estas mesmas condições atmosféricas parecem provocar temporais de SW com alturas significativas máximas entre 3 e 5m, mas que são muitas vezes maiores do que 6m, estas condições chegam a persistir por mais de 2 dias (estas condições apresentam alguma correspondência com situações descritas em "Mar de SW", (Pires,1985)).

Na costa sul sentem-se ainda temporais de SW originados por situações de circulação atmosférica do tipo S, situações dominadas por núcleos de altas pressões localizados sobre a

Europa Central e Setentrional. As depressões Atlânticas estendem-se até latitudes baixas, características da localização do Anticiclone dos Açores. As condições de temporal sentidas são semelhantes às de SW com geração do tipo W/SW.

Temporais que são normalmente de curta persistência e provenientes de SE normalmente associados a períodos de pico curtos, e alturas máximas inferiores a 5 m, parecem ter origem em situações de E/SE. Estas condições são caracterizadas pela localização de anticiclones a norte da Península Ibérica e a sul das Ilhas Britânicas, impedindo a propagação para Leste das depressões provenientes do Atlântico. É no bordo S dos anticiclones que se gera ondulação de SE com vento de SE que pode ser forte (situação indicada em "Mar de levante", (Pires,1985)).

Os temporais englobados na classe R foram analisados isoladamente.

Na costa oeste eles são de dois tipos:

- Temporais de Oeste (em conformidade com os temporais de igual designação em (Pires,1985)): em Sines em Nov/89, com altura significativa máxima 8,1 m e 5 dias de duração, em Dez/89, com altura significativa máxima de 7,5 m, persistente por 9 dias e em Dez/00, por cerca de 4 dias, com altura máxima de 7 m; na Figueira em Jan/96, com altura significativa máxima de 10 m e 11 dias de duração. A direcção THTP associada a estas condições oscilam entre o NW, W e SW.
- Temporais associados a baixas pressões cavadas muito próximas a W, NW ou SW da costa oeste de Portugal em deslocação lenta para E, SE ou NE respectivamente, associadas à passagem de sistemas frontais complexos, em que os ventos fortes rodam, atingem-se alturas significativas de 5 a 6m, e uma duração entre 1 e 2 dias, a direcção roda em consonância com o vento.

Na costa sul é maior o número de temporais de rotação observado, são temporais que apenas duram 1 a 2 dias com alturas significativas máximas de 4 a 5 m. Estes temporais estão sempre associados a baixas pressões localizadas a SW de Portugal Continental em rápida deslocação. A direcção THTP roda consoante a proximidade do núcleo depressionário ou mais propriamente, consoante qual o bordo da depressão a cuja geração a costa está mais exposta. Encontram-se rotações de SE-SW e o inverso, também de W-SW e SW-W ou mesmo de SE-SW-W(Jan/98).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constituiu objectivo do presente trabalho a caracterização do clima de agitação marítima na costa de Portugal Continental. Este objectivo foi prosseguido com base na informação adquirida por três estações (Figueira da Foz, Sines e Faro), uma vez assumido o facto de outra informação disponível se poder considerar redundante. É importante assinalar que a escolha dos locais onde estas estações foram implantadas foi efectuada de forma a garantir-se, com um mínimo de meios, a melhor cobertura geográfica em águas profundas, tendo em vista estudos climatológicos. No entanto, o seu início não foi simultâneo: entre a instalação da estação de Faro, em 1986, e a da Figueira da Foz, em 1990, decorreram cerca de 4 anos. O período de cobertura comum (cerca de 6 anos) é demasiado pequeno para que se possa inferir com confiança sobre todos os aspectos direccionais do clima de agitação marítima, em particular sobre as condições extremas. Esta situação é ainda agravada, como é habitual, pela ocorrência de lacunas nos dados, algumas das quais provocadas pela necessidade de manutenção das estações, e outras, por avarias ocasionais. Muitas vezes, essas falhas verificaram-se nos meses de Inverno e, em particular, durante situações de temporal.

Quanto às condições médias globais e sazonais, pôde concluir-se que são semelhantes os resultados obtidos para as duas estações da costa oeste, nomeadamente quanto à distribuição direccional dos estados de mar e aos valores médios dos períodos. Tais resultados eram esperados, dado o facto de a exposição das estações da Figueira da Foz e de Sines às condições meteorológicas do Atlântico ser idêntica, e de a distância entre elas ser relativamente pequena. No entanto, quanto à distribuição das alturas significativas, é clara uma maior severidade, durante todo o ano, na estação da Figueira da Foz. Este resultado parece-

nos justificar que se continue a optar por manter pelo menos duas estações ondógrafo na costa oeste.

A costa sul, dado não estar directamente exposta às componentes da agitação predominantes na costa oeste, nomeadamente à ondulação de NW gerada no Atlântico e à vaga associada aos ventos locais dos quadrantes de norte, apresenta condições médias muito menos severas. A distribuição de THTP apresenta dois sectores dominantes: SW-W, associado às condições meteorológicas do Atlântico, e SE, associado à ocorrência dos ventos de levante.

É de referir que todos estes resultados são muito semelhantes aos já encontrados anteriormente, com um menor volume de dados, (Costa,1994). Julga-se, pois, poder afirmar que o conjunto de dados actualmente existente já é suficiente para caracterizar, em termos médios, o clima de agitação marítima na nossa costa. No entanto, as estações ondógrafo continuam a revestir-se de interesse para monitorização da agitação marítima. Esta monitorização é fundamental para implementação de modelos de previsão, para a caracterização das condições extremas e para uma determinação mais rigorosa de ondas de projecto.

Relativamente à caracterização das condições de temporal, cujo estudo continua em curso, acrescenta-se aqui algum detalhe, quantificando, na medida do possível, as situações já referidas em (Pires,1985).

Na costa oeste foram caracterizados três tipos de Temporal: o mais severo e persistente, mas menos frequente, sentido em toda a costa é designado por Temporal de Oeste em (Pires,1985); o mais frequente, um pouco menos severo, proveniente de NW, que parece ser sentido em toda a costa ou apenas na parte norte (situação ainda em estudo); e um outro com idêntica severidade e persistência, mas que apenas se sente na parte sul da costa oeste, com direcção de W.

Na costa sul gerados por situações idênticas às que estão na origem dos temporais de W referidos para a parte sul da costa oeste, observam-se frequentemente temporais de SW com curta duração e reduzida severidade. Temporais de SE normalmente associados a períodos curtos, como seria de esperar dada a pouca extensão de "fetch", ocorrem também com alguma frequência. Nesta parte da costa portuguesa, situações de baixas pressões localizadas a SW de Portugal Continental em rápida deslocação, originam por vezes temporais em que a direcção THTP roda, por a costa sul ir ficando mais sujeita a geração em zonas diferentes da depressão.