



Raquel Ribeiro Fidalgo

Licenciada em Ciências de Engenharia Civil

Análise de dados de agitação na costa portuguesa em condições de temporal

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Maria da Graça Reis e Silva de Oliveira Neves,
Professora Doutora, FCT/LNEC

Co-orientador: Tiago Castro Alves Oliveira, Investigador Postdoct,
Woods Hole Oceanographic Institution e University
of Haifa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos G. R. de Almeida

Arguente: Doutor Rui Pereira Capitão

Vogal: Prof. Doutora Maria da Graça Neves



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2016

Análise de dados de agitação na costa portuguesa em condições de temporal

Copyright © Raquel Ribeiro Fidalgo, da FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, a Professora Doutora Maria da Graça Neves e o Engenheiro Tiago Oliveira. À Professora Doutora Maria da Graça Neves agradeço a oportunidade de realizar esta dissertação, a orientação, os conhecimentos transmitidos, o apoio, a confiança e a disponibilidade que teve comigo. Ao Engenheiro Tiago Oliveira também agradeço o apoio, os esclarecimentos e a sua disponibilidade.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial ao Guilherme Coelho, João Pedroso, Pedro Brites e Ruben Correia agradeço a ajuda e os bons momentos passados durante o meu percurso académico.

Às minhas amigas, Ana, Pricilla e Sofia, agradeço por me terem aturado, motivado e pela amizade que sempre me dedicaram.

Ao meu namorado Dani, agradeço a paciência e o carinho que teve comigo principalmente durante esta fase.

Aos meus pais, avó e irmão, agradeço o apoio incondicional que sempre recebi.

Resumo

Esta dissertação tem o propósito de analisar e caracterizar os parâmetros de agitação marítima em condições de temporal em dois pontos da costa portuguesa. Esta enquadra-se no trabalho de colaboração que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto Hidrográfico (IH) têm vindo a desenvolver a fim de, com base na análise de dados de temporais recolhidos e analisados pelo IH em alguns pontos da costa continental portuguesa, dar resposta a algumas questões que se abrem a nível de projeto, construção e manutenção de obras marítimas. Os dados de agitação marítima aqui analisados foram recolhidos num período de mais de 25 anos através de duas boias ondógrafo direcionais Datawell, uma em Sines (entre 1988 e 2015) e outra em Faro (entre 1986 e 2015), em zonas de profundidade de cerca de 97 e 93 m, respetivamente.

Verificou-se que foram registados 101 temporais em Sines, com direção média entre Oeste e Noroeste, e 177 temporais em Faro, 64 com direção média inferior a 180° N maioritariamente entre Lés-Sudeste e Sudoeste e 113 com direção média superior a 180° N maioritariamente entre Su-Sudoeste e Oeste. Os parâmetros analisados foram a altura máxima, a altura significativa, a relação entre estes, o período de pico, o período médio, a direção da agitação e a dispersão direcional. Constatou-se que os temporais de Sines apresentam maiores valores de altura de onda, período de pico e período médio e menores valores de dispersão direcional comparativamente com os dados de Faro. Observou-se que os temporais com durações desde o seu início até à sua intensidade máxima inferiores a 2 horas aumentaram em Sines e diminuíram em Faro ao longo dos anos analisados. Tanto Sines como Faro apresentam uma diminuição no tempo dos valores da altura significativa máxima e um aumento da relação entre a altura máxima e a altura significativa do temporal, sendo que Sines também apresenta uma diminuição da altura máxima do temporal. Foi ainda realizada uma análise estatística, a qual mostrou que a distribuição generalizada de valores extremos foi a que se ajustou melhor à maioria dos parâmetros.

Palavras-chave: Agitação marítima; temporal; altura de onda; período de onda; costa marítima portuguesa.

Abstract

This dissertation aims to analyze and characterize the parameters of ocean wind-generated waves in storm conditions on the Portuguese coast. It follows the collaborative work that the Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) and the Instituto Hidrográfico (IH) have been developing so that, based on the storm collected data and its analysis by IH in some points of the Portuguese coast, some questions about the design and construction of maritime structures can be answered. The wave data was collected for a period of more than 25 years through two directional Datawell wave buoys, one in Sines (1988-2015) and another in Faro (1986-2015), whose depths of the ocean are about 97 and 93 m, respectively.

Sines recorded 101 ocean storms, all with an average direction between West and Northwest, while Faro recorded 177 ocean storms, 64 with an average direction below 180° N mainly between East-southeast and southwest and 113 with an average direction over 180° N mostly between South-Southwest and West.

The parameters analyzed in this paper are the maximum wave height, the significant wave height, the relationship between these, the peak period, mean period, the direction and the directional dispersion. It was found that the storms which occurred in Sines presented bigger wave height, peak and mean period values and smaller directional dispersion values than the storms which occurred in Faro. It was observed an increase in the number of storms with a duration until its higher state below 2 hours in Sines while in Faro the opposite occurs. Both Sines and Faro showed a reduction in the values of significant wave height and a rise in values of the relationship between maximum wave height and significant wave height. Sines also showed a rise in the values of the maximum wave height.

The statistical analysis made in this paper showed that the generalized extreme value distribution was the one that fit the most parameters.

Keywords: ocean wind-generated waves; storm; wave height; wave period; Portuguese coast.

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1	Motivação e enquadramento do tema.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Organização da Dissertação	1
2.	Agitação em condição de temporal.....	3
2.1	Geração de ondas e teoria linear	3
2.2	Dados de agitação marítima.....	4
2.3	Condições de temporal.....	9
2.4	Estatística	9
3.	Análise das características dos temporais ocorridos em Sines entre 1988 e 2015	13
3.1	Características gerais.....	13
3.2	Valores máximos da altura de onda máxima	18
3.3	Valores máximos da altura de onda significativa	20
3.4	Valores máximos da relação H_{max}/H_s	21
3.5	Tendências observadas	23
3.6	Variabilidade de todos os registos de temporal	26
3.7	Análise estatística.....	29
4.	Análise das características dos temporais ocorridos em Faro entre 1986 e 2015.....	33
4.1	Características gerais.....	33
4.2	Valores máximos da altura de onda máxima	38
4.3	Valores máximos da altura de onda significativa	40
4.4	Valores máximos da relação H_{max}/H_s	42
4.5	Tendências observadas	45
4.6	Variabilidade de todos os registos de temporal	47
4.7	Análise estatística.....	50
5.	Considerações finais.....	53
	Bibliografia	57
A.	Anexo – Resumo das características dos temporais medidos em Sines entre 1988 e 2015 ...	61
B.	Anexo– Resumo das características dos temporais medidos em Faro entre 1986 e 2015	75

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Classificação das ondas dependendo do seu período [1].....	3
Figura 2.2 - Método do zero ascendente [2]	4
Figura 2.3 - Boia ondógrafo Datawell Waverider [3], [4]	5
Figura 2.4 - Localização boias ondógrafo	5
Figura 2.5 - Espectro de energia das ondas[6]	7
Figura 2.6 - Espectro de densidade direcional [6].....	8
Figura 2.7 - Função densidade de probabilidade tipo [10].....	10
Figura 2.8 – Função densidade de probabilidade da distribuição generalizada de valores extremos ([13]).....	11
Figura 2.9 - Função densidade de probabilidade Pareto generalizada [16]	12
Figura 3.1 - Parâmetros gerais dos 101 temporais registados em Sines entre 1989 e 2015: a) número de temporais por ano; b) $H_{s,Méd}$: número de temporais; c) $T_{z,Méd}$; d) $T_{p,Méd}$; e) direção média; f) dispersão média; g) duração do temporal vs. $H_{s,Méd}$; h) duração temporal vs $H_{s,Méd}$; i) número de temporais por duração de temporal.....	14
Figura 3.2 - Parâmetros gerais dos 101 temporais registados em Sines entre 1989 e 2015 por meses: a) número de temporais; b) duração temporal; c) tempo até ser atingido $H_{max,Máx}$; d) tempo até ser atingido $H_{s,Máx}$; e) tempo até ser atingido $H_{max}/H_{s,Máx}$; f) direção	16
Figura 3.3 - Valores máximos, médios e mínimos por mês de: a) $H_{max,Máx}$; b) $H_{s,Máx}$; c) $H_{max}/H_{s,Máx}$	18
Figura 3.4 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max} : a) número de temporais; b) T_z em $H_{max,Máx}$; c) T_p em $H_{max,Máx}$; d) duração até $H_{max,Máx}$; e) direção em $H_{max,Máx}$; f) dispersão em $H_{max,Máx}$; g) duração temporal	19
Figura 3.5 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s : a) número de temporais; b) T_z em $H_{s,Máx}$; c) T_p em $H_{s,Máx}$; d) duração até $H_{s,Máx}$; e) direção em $H_{s,Máx}$; f) dispersão em $H_{s,Máx}$; g) duração temporal	21
Figura 3.6 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max}/H_s : a) número de temporais; b) T_z em H_{max}/H_s ; c) T_p em H_{max}/H_s ; d) duração até H_{max}/H_s ; e) direção em H_{max}/H_s ; f) dispersão em H_{max}/H_s ; g) duração temporal.....	22
Figura 3.7 - Número de temporais por ano: a) por meses; b) duração de temporal [dias];c) duração até $H_{max,Máx}$ [horas]; d) por direção média [°N]; e) Valor do máximo de $H_{max,Máx}$ [m] por mês e por ano; f) Valor do máximo de $H_{s,Máx}$ [m] por mês e por ano	24
Figura 3.8 - Valores médios por ano de: a) H_{max} ; b) H_s ; c) H_{max}/H_s	25
Figura 3.9 - Valores de H_{max} , mês, duração, duração até H_{max} , ano e dispersão	27

Figura 3.10- Valores de H_s , mês, duração, duração até H_s , ano e dispersão	28
Figura 3.11 - Valores de H_{max}/H_s , mês, duração, duração até H_{max}/H_s , ano e dispersão	29
Figura 3.12 - Análise estatística dos temporais de Sines para os parâmetros: a) H_{max} ; b) H_s ; c) T_z ; d) Dir; e) Disp; g) H_{max}/H_s	30
Figura 4.1 - Parâmetros gerais dos 177 temporais registados em Faro entre 1987 e 2015: a) número de temporais por ano; b) $H_{s,Méd}$: número de temporais; c) $T_{z,Méd}$; d) $T_{p,Méd}$; e) direção média; f) dispersão média; g) duração do temporal vs. $H_{s,Méd}$; h) duração tempo	34
Figura 4.2 - Parâmetros gerais dos 177 temporais registados em Faro entre 1987 e 2015 por meses: a) número de temporais; b) duração temporal; c) tempo até ser atingido $H_{max,Máx}$; d) tempo até ser atingido $H_{s,Máx}$; e) tempo até ser atingido $H_{max}/H_{s,Máx}$; f) direção média; g) dispersão média; h) $T_{z,Méd}$	36
Figura 4.3 - Valores máximos, médios e mínimos por mês de: a) $H_{max,Máx}$; b) $H_{s,Máx}$; c) $H_{max}/H_{s,Máx}$	38
Figura 4.4 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max} : a) número de temporais; b) T_z em $H_{max,Máx}$; c) T_p em $H_{max,Máx}$; d) duração até $H_{max,Máx}$; e) direção em $H_{max,Máx}$; f) dispersão em $H_{max,Máx}$; g) duração temporal	39
Figura 4.5 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s : a) número de temporais; b) T_z em $H_{s,Máx}$; c) T_p em $H_{s,Máx}$; d) duração até $H_{s,Máx}$; e) direção em $H_{s,Máx}$; f) dispersão em $H_{s,Máx}$; g) duração temporal	41
Figura 4.6 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max}/H_s : a) número de temporais; b) T_z em H_{max}/H_s ; c) T_p em H_{max}/H_s ; d) duração até H_{max}/H_s ; e) direção em H_{max}/H_s ; f) dispersão em H_{max}/H_s ; g) duração temporal.....	44
Figura 4.7 - Número de temporais por ano: a) por meses; b) duração de temporal [dias];c) duração até $H_{max,Máx}$ [horas]; d) por direção média [$^{\circ}$ N]; e) Valor do máximo de $H_{max,Máx}$ [m] por mês e por ano; f) Valor do máximo de $H_{s,Máx}$ [m] por mês e por ano;.....	45
Figura 4.8 - Valores médios por ano de: a) H_{max} ; b) H_s ; c) H_{max}/H_s	47
Figura 4.9 - Valores de H_{max} , mês, duração, duração até H_{max} , ano e dispersão	48
Figura 4.10 - Valores de H_s , mês, duração, duração até H_s , ano e dispersão	49
Figura 4.11 - Valores de H_{max}/H_s , mês, duração, duração até H_{max}/H_s , ano e dispersão	50
Figura 4.12 - Análise estatística dos temporais de Faro para os parâmetros: a) H_{max} ; b) H_s ; c) T_z ; d) Dir < 180° N; e) Dir $\geq 180^{\circ}$ N; f) Disp; g) H_{max}/H_s	51

Lista de Quadros

Quadro 3.1- Análise estatística dos temporais de Sines	31
Quadro 4.1 - Análise estatística dos temporais de Faro	52
Quadro 5.1 - Valores médios de parâmetros da agitação em Sines e Faro em situação de temporal 54	
Quadro 5.2 - Comparação dos parâmetros entre Sines e Faro.....	54
Quadro 5.3 - Valores dos parâmetros das distribuições de Sines e Faro para H_{max} , H_s , T_z e H_{max}/H_s . 55	
Quadro 5.4 - Valores dos parâmetros das distribuições de Sines e Faro para a direção e dispersão direcional	56
Quadro A.1 - Valores médios do temporal: T_z , T_p , H_s , Dir e Disp	61
Quadro A.2 - Número de temporais por $H_{s,Méd}$	61
Quadro A.3 - Número de temporais por $T_{z,Méd}$	61
Quadro A.4 - Número de temporais por $T_{p,Méd}$	61
Quadro A.5 - Número de temporais por direção média	62
Quadro A.6 - Número de temporais por dispersão média	62
Quadro A.7 - Média, Mínimo e Máximo dos valores da duração total dos temporais	62
Quadro A.8 - Número de temporais por duração de temporal.....	63
Quadro A.9 - Número de temporais por mês	63
Quadro A.10 - Número de temporais por mês e por duração.....	63
Quadro A.11 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max,Máx}$	64
Quadro A.12 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{s,Máx}$	64
Quadro A.13 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$	65
Quadro A.14 - Número de temporais por direção média e por mês	65
Quadro A.15 - Características dos temporais com direções inferiores a 270°N.....	65
Quadro A.16 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$ e por mês	66
Quadro A.17 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$ e por mês	66
Quadro A.18 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$ e por mês	66
Quadro A.19 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max,Máx}$	67
Quadro A.20 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$	67
Quadro A.21 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_z	67

Quadro A.22 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_p	68
Quadro A.23 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por duração até $H_{\max, \text{Máx}}$	68
Quadro A.24 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por direção	69
Quadro A.25 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por dispersão	69
Quadro A.26 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{s, \text{Máx}}$	70
Quadro A.27 - Número de temporais por $H_{s, \text{Máx}}$	70
Quadro A.28 - $H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_z	70
Quadro A.29 - $H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_p	70
Quadro A.30 - $H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por duração até $H_{s, \text{Máx}}$	71
Quadro A.31 - $H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por direção	71
Quadro A.32 - $H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por dispersão	71
Quadro A.33 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$	72
Quadro A.34 - Número de temporais por $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$	72
Quadro A.35 - $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_z	72
Quadro A.36 - $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_p	72
Quadro A.37 - $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por duração até $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$	73
Quadro A.38 - $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por direção	73
Quadro A.39 - $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$: Número de temporais por dispersão	73
Quadro A.40 - Número de temporais por $H_{\max, \text{Mín}}$	73
Quadro A.41 - Número de temporais por $H_{\max, \text{Méd}}$	74
Quadro A.42 - Número de temporais por $H_{s, \text{Mín}}$	74
Quadro A.43 - Número de temporais por $H_{s, \text{Méd}}$	74
Quadro A.44 - Número de temporais por $H_{\max}/H_{s, \text{Mín}}$	74
Quadro A.45 - Número de temporais por $H_{\max}/H_{s, \text{Méd}}$	74
Quadro B.1 - Valores médios do temporal: T_z , T_p , H_s , Dir e Disp	75
Quadro B.2 - Número de temporais por $H_{s, \text{Méd}}$	75
Quadro B.3 - Número de temporais por $T_{z, \text{Méd}}$	75
Quadro B.4 - Número de temporais por $T_{p, \text{Méd}}$	76
Quadro B.5 - Número de temporais por direção média	76
Quadro B.6 - Número de temporais por dispersão média	76

Quadro B.7 - Média, mínimo e máximo dos valores da duração total dos temporais	77
Quadro B.8 - Número de temporais por duração de temporal.....	77
Quadro B.9 - Número de temporais por mês	78
Quadro B.10 - Número de temporais por mês e por duração	78
Quadro B.11 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max,Máx}$	79
Quadro B.12 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{s,Máx}$	79
Quadro B.13 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$	79
Quadro B.14 - Número de temporais por direção média e por mês	80
Quadro B.15 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$ e por mês	80
Quadro B.16 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$ e por mês	80
Quadro B.17 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$ e por mês	81
Quadro B.18 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max,Máx}$	81
Quadro B.19 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$	81
Quadro B.20 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_z	82
Quadro B.21 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_p	82
Quadro B.22 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{max,Máx}$	83
Quadro B.23 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por direção em $H_{max,Máx}$	83
Quadro B.24 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por dispersão em $H_{max,Máx}$	84
Quadro B.25 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{s,Máx}$	84
Quadro B.26 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$	85
Quadro B.27 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z	85
Quadro B.28 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_p	86
Quadro B.29 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{s,Máx}$	86
Quadro B.30 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por direção em $H_{s,Máx}$	87
Quadro B.31 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por dispersão em $H_{s,Máx}$	87
Quadro B.32 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max}/H_{s,Máx}$	88
Quadro B.33 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$	88
Quadro B.34 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z	88
Quadro B.35 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_p	89
Quadro B.36 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$	89

Quadro B.37 - $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$: Número de temporais por direção em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$	90
Quadro B.38 - $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$: Número de temporais por dispersão em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$	90
Quadro B.39 - Número de temporais por $H_{\max,\text{Mín}}$	90
Quadro B.40 - Número de temporais por $H_{\max,\text{Méd}}$	91
Quadro B.41 - Número de temporais por $H_{s,\text{Mín}}$	91
Quadro B.42 - Número de temporais por $H_{s,\text{Méd}}$	91
Quadro B.43 - Número de temporais por $H_{\max}/H_{s,\text{Mín}}$	91
Quadro B.44 – Número de temporais por $H_{\max}/H_{s,\text{Méd}}$	91

Lista de Símbolos

a_i	Coefficiente de Fourier
b_i	Coefficiente de Fourier
Dir	Direção
$Dir_{Méd}$	Direção média
$Disp$	Dispersão direcional
$Disp_{Méd}$	Dispersão média
f	Frequência
f_p	Frequência de pico
g	Aceleração da gravidade
h	Profundidade
H	Altura de onda
H_{max}	Altura de onda máxima
$H_{max,Máx}$	Máximo da altura de onda máxima
$H_{max,Méd}$	Média da altura de onda máxima
$H_{max,Mín}$	Mínimo da altura de onda máxima
H_{max}/H_s	Relação da altura máxima com a altura significativa
$H_{max}/H_{s,Máx}$	Máximo da relação da altura máxima com a altura significativa
$H_{max}/H_{s,Méd}$	Média da relação da altura máxima com a altura significativa
$H_{max}/H_{s,Mín}$	Mínimo da relação da altura máxima com a altura significativa
H_{m0}	Altura de onda significativa do método espectral
H_s	Altura de onda significativa
$H_{s,Máx}$	Máximo da altura de onda significativa
$H_{s,Méd}$	Média da altura de onda significativa
$H_{s,Mín}$	Mínimo da altura de onda significativa
k	Parâmetro de forma
k_e	Número de parâmetros de estimação
k_w	Número de onda
L	Comprimento de onda
\hat{L}	Estimativa de máxima verosimilhança do modelo M
m_n	Momento de ordem n
m_0	Momento de ordem zero
N	Número de ondas
t	Tempo
T	Período da onda
T_p	Período de pico
$T_{p,Méd}$	Período de pico médio
T_z	Período médio da onda do zero ascendente
$T_{z,Méd}$	Média do período médio da onda do zero ascendente
S_η	Densidade espectral
δ_i	Fase inicial da onda i
ε	Largura espectral
Δf	Largura da banda de frequência
η	Elevação da superfície do oceano
θ	Direção de propagação da onda
$\hat{\theta}$	Valores dos parâmetros que maximizam a função de verosimilhança
θ_{gp}	Parâmetro de limite
λ	Parâmetro de forma
μ	Parâmetro de posição
μ_{log}	Parâmetro da média do logaritmo
σ	Parâmetro de escala
σ_d	Dispersão direcional
σ_e	Variância espectral

Lista de abreviaturas e siglas

AM	Annual Maxima
GEV	Distribuição generalizada de valores extremos
IH	Instituto Hidrográfico
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MATLAB	Matrix Laboratory
PDF	Função densidade de probabilidade
POT	Peak Over Threshold

1. Introdução

1.1 Motivação e enquadramento do tema

Portugal Continental é limitado pelo Oceano Atlântico a Oeste e a Sul, o que faz com que possua uma costa marítima extensa e, em conjunto com os arquipélagos dos Açores e da Madeira, dispõe de uma zona económica exclusiva extensa, a terceira maior da Europa. A sua zona marítima contribui bastante para a economia portuguesa, por exemplo, através do comércio marítimo, da pesca, turismo marítimo, turismo balnear ou energia das ondas. Aí são construídas ou ampliadas estruturas de aproveitamento de energia, estruturas para prevenir a erosão da costa, estruturas portuárias, entre outras, pelo que o seu correto dimensionamento é de extrema importância. Para tal é necessário conhecer o estado do mar, isto é, da agitação marítima no local de interesse. Atualmente existem, em Portugal, algumas localizações, nomeadamente Sines e Faro, com dados suficientes medidos em campo para a realização de um estudo estatístico fiável, já que se obtiveram mais de 25 anos de informação do estado do mar em alguns pontos do continente português.

Assim, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto Hidrográfico (IH), iniciaram um trabalho de colaboração que, com base na análise dos dados de temporais recolhidos e analisados pelo IH em alguns pontos da costa continental portuguesa, pretende dar resposta a algumas questões que se abrem a nível de projeto, construção, operação e manutenção de obras marítimas, tais como: qual o tempo até um temporal atingir a sua intensidade máxima, a fim de saber quanto tempo se dispõe para retirar pessoal e equipamento em caso de emergência ou quais os meses mais favoráveis para a reparação ou construção de uma estrutura marítima. A nível de projeto é necessário, por exemplo, saber quais as tendências de alteração das condições marítimas nos últimos anos, a fim de as ter em conta no projeto das obras, qual a relação entre a altura de onda máxima e significativa na costa oeste e na costa sul de Portugal, para efeito de dimensionamento de quebra-mares verticais.

1.2 Objetivos

O objetivo desta dissertação é analisar os parâmetros que caracterizam a agitação marítima em condições de temporal com base em dados obtidos em duas boias ondógrafo direcionais da costa continental portuguesa, nomeadamente em Sines e Faro. Pretende-se estudar a relação entre alturas de onda máximas e significativas, e entre estas o seu respetivo período médio e de pico e direção de propagação, verificar se existiram alterações nos padrões das condições de temporal durante o tempo dos registos e, ainda, testar quais as distribuições que melhor se ajustam a estes parâmetros. Tal como referido, procura-se responder a questões como, por exemplo, qual o tempo de aviso até um temporal atingir a sua intensidade máxima ou quais os meses mais favoráveis para cada processo de reparação ou construção de uma estrutura marítima.

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação é composta por cinco capítulos, começando por esta introdução. O segundo capítulo refere sucintamente o processo de geração de ondas e a teoria linear, o método de recolha de dados

da agitação marítima, e por fim, apresenta uma breve introdução à análise estatística. Os capítulos três e quatro expõem a análise realizada da agitação marítima para Sines e Faro, respetivamente, incluindo uma análise estatística. O último capítulo diz respeito à conclusão, a qual contém uma comparação entre os dados de Sines e de Faro e considerações para futuros trabalhos.

2. Agitação em condição de temporal

Neste capítulo são introduzidos, de forma resumida, os conceitos de ondas de vento, teoria linear de ondas, o método de obtenção dos dados da agitação marítima na costa portuguesa continental, e por fim, apresenta-se uma breve introdução à análise estatística que será realizada nesta dissertação.

2.1 Geração de ondas e teoria linear

As ondas são a deformação da superfície livre do oceano. Estas podem ser geradas pela força gravitacional da lua e do sol, as designadas marés, pela atividade sísmica, os tsunamis, ou pela ação do vento (Figura 2.1). Esta última é a ação a considerar em projeto de obras marítimas e a que o presente trabalho refere. O vento, ao transferir energia para o oceano, forma ondas de diversas alturas, períodos e direções, que podem percorrer grandes distâncias, estendendo-se em área, transformando as suas características à medida que se propagam e atingem obstáculos. As características das ondas dependem dos seguintes fatores:

- Intensidade do vento, isto é, a sua velocidade;
- Distância da zona de geração, designado por *fetch* em inglês, que representa a distância sem interrupção em que o vento sopra numa determinada direção;
- Tempo em que o vento sopra nessa direção.

Quanto maiores estes factores, mais energéticas as ondas serão. Pode-se ainda dividir este tipo de ondas em três grupos: ondas capilares, que são ondas de pequena altura que aparecem quando o vento sopra e desaparecem quando este cessa; vagas, que são ondas com período inferior a aproximadamente 8 segundos e geradas pelo vento local; e ondulação (*swell*), que são ondas com período superior a 8 segundos e que estão fora da sua área de geração.

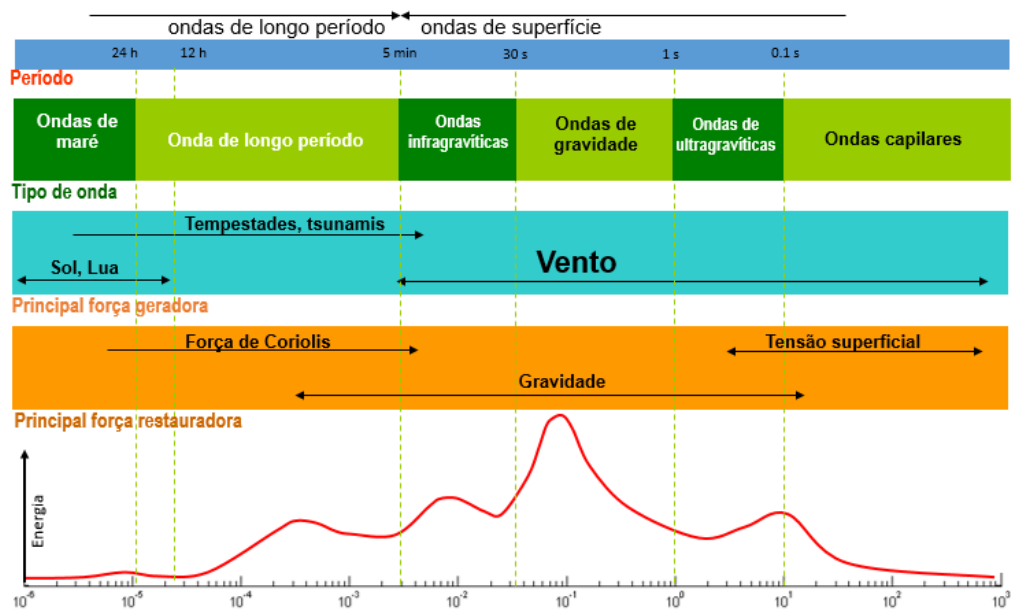


Figura 2.1 - Classificação das ondas dependendo do seu período [1]

Define-se uma onda individual através do método do zero ascendente (ou descendente), que refere que dois pontos de passagem da elevação da superfície do mar por zero ascendentes (ou descendentes) sucessivos delimitam uma onda (Figura 2.2), com altura H , período T , comprimento de onda L e elevação da superfície η .

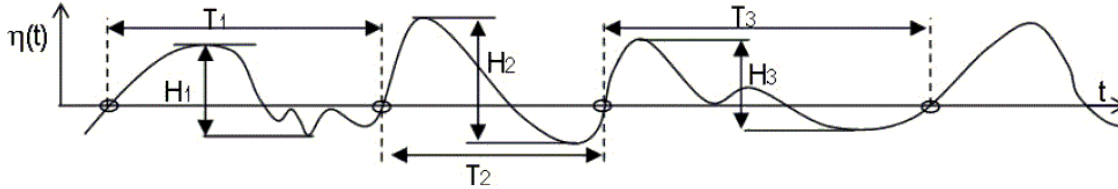


Figura 2.2 - Método do zero ascendente [2]

É possível descrever as ondas do oceano que não sejam muito influenciadas pela viscosidade, tensão de superfície ou turbulência, pela teoria das ondas lineares, ou a teoria das ondas de Airy, que é a teoria mais simples e válida quando a altura de onda é pequena quando comparada com o comprimento de onda (L) e a profundidade do oceano (h).

A variação da elevação da superfície livre, η , com o tempo, t , e a distância, x , é dada pela seguinte equação:

$$\eta = \frac{H}{2} \cos\left(2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right)\right) = \frac{H}{2} \cos(\omega t - k_w x) \quad (2.1)$$

onde

H – altura de onda [m];

L – comprimento de onda [m];

T – período de onda [s];

k_w – número de onda, $k_w = \frac{2\pi}{L}$ [m^{-1}];

ω – frequência de onda, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ [s^{-1}].

A relação entre o período de onda e o comprimento de onda é dada pela equação de dispersão:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) \quad (2.2)$$

onde

g – aceleração da gravidade, $9,81m^2/s$;

h – profundidade do oceano.

2.2 Dados de agitação marítima

A medição da agitação marítima em Portugal Continental é realizada pelo Instituto Hidrográfico (IH) através de boias ondógrafo direcionais Datawell de dois tipos, Wavec e Directional Waverider (Figura

2.3). Atualmente o IH possui três boias ondógrafo direcionais no continente português, em Sines, em Faro e em Leixões. A de Faro foi a primeira a ser instalada, em Setembro de 1986, com uma profundidade de 93m. A de Sines foi instalada em Maio de 1988, com uma profundidade de 97m. A de Leixões foi estabelecida em Julho de 1996 e segue no seguimento da boia que existia na Figueira da Foz desde Julho de 1990 e que foi desativada em Janeiro de 1996. Antes das boias ondógrafo direcionais, Sines e Figueira da Foz dispunham de boias ondógrafo não direcionais, desde 1980 e 1981, respetivamente.



Figura 2.3 - Boia ondógrafo Datawell Waverider [3], [4]

O presente trabalho focar-se-á nos dados recolhidos pelas boias de Sines e Faro (Figura 2.4), desde o início do seu funcionamento até Dezembro de 2015, existindo 27 e 28 anos de registos, respetivamente. Neste período, ocorreu um pequeno número de dados não registados devido a alguma falha ocasional de funcionamento da boia, por exemplo, por esta estar em reparação ou substituição, por falha de transmissão, ou por estar danificada devido a uma tempestade ou a algum abalroamento. A percentagem de falhas no tempo de análise foi de 18% e 16% em Faro e Sines respetivamente, tendo estas ocorrido maioritariamente nos primeiros anos de registo. Estas percentagens são relativamente baixas o que significa que os dados utilizados representam uma boa amostra.

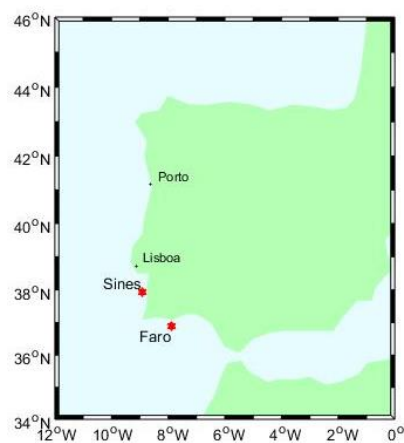


Figura 2.4 - Localização boias ondógrafo

Cada boia está provida de sensores que medem a aceleração vertical de movimento da boia na superfície livre do mar, a direção da propagação das ondas, a temperatura da água à superfície e possui um sistema de GPS para controlar a posição desta. Os dados registados pela boia são

comunicados para uma estação recetora através de um radio instalado. Esses dados são seguidamente descodificados pelo recetor, adquiridos e gravados por um computador e, por fim, enviados para a sede do Instituto Hidrográfico por um modem.

A aquisição dos dados é realizada com um intervalo de digitalização de 0.78125 s e a sua gravação é realizada de duas formas[5]:

- séries temporais com duração de 10 minutos e intervalo entre as mesmas de apenas um ou dois minutos. O processamento é efetuado em tempo real.
- séries temporais com duração de 30 minutos e intervalo entre as mesmas de três horas, em condições normais, ou inferior a um minuto, em situação de temporal. O processamento é efetuado á posteriori.

As séries temporais adquiridas são denominadas por registos. Com estes registos são realizadas duas análises: análise no domínio do tempo e análise no domínio da frequência.

Na **análise no domínio do tempo**, através do método do zero ascendente já descrito, para um registo de dado tempo da série temporal de elevação de superfície no tempo são registadas n ondas e podem-se obter diretamente os seguintes parâmetros:

- H_s – altura significativa, que representa a altura média do terço mais elevado das N ondas registadas, [m];
- H_{max} – altura máxima, que representa a altura máxima ocorrida no registo, [m];
- T_{hs} – período significativo, que representa a média dos períodos correspondentes ao terço de alturas de onda mais elevadas, ou seja, as ondas utilizadas no calculo de H_s , [s];
- T_z – média dos períodos do zero ascendente, [s];
- T_{hmax} – período correspondente a H_{max} , [s];
- T_{max} – período máximo ocorrido no registo, [s].

Na **análise no domínio da frequência**, a série temporal da elevação da superfície, $\eta(t)$, pode ser analisada através da série de Fourier, que permite exprimir a função periódica $\eta(t)$ como a soma de N ondas lineares de diferentes alturas de onda, H , e períodos, T (ou frequências, f), dada por [6]:

$$\eta(t) = \sum_{i=0}^{N-1} \eta_i(t) = \sum_{i=0}^{N-1} 2\sqrt{a_i^2 + b_i^2} \cos(\omega_i t + \delta_i) \quad (2.3)$$

onde δ_i é a fase inicial da onda i , que varia entre 0 e 2π e os parâmetros a_i e b_i são coeficientes de Fourier que podem ser calculados através da transformação rápida de Fourier (FFT) que calcula a transformada discreta de Fourier.

A partir da série temporal podem-se então obter os seguintes parâmetros [6][7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{amplitude} = 2\sqrt{a_i^2 + b_i^2} \\ \text{frequência angular: } \omega = \frac{2\pi}{T_0} \\ \text{Período: } T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = \frac{T_0}{i} \\ \text{Frequência: } f_i = \frac{1}{T_i} = \frac{i}{T_0} \\ \text{Largura de banda de frequência: } \Delta f = \frac{1}{T_0} \\ \text{Densidade espectral: } S_\eta(f_i) = \frac{\frac{1}{2}a^2}{\Delta f} = \frac{2(a_i^2 + b_i^2)}{\Delta f} \end{array} \right. \quad \text{para } i=1,2,\dots,N-1 \quad (2.4)$$

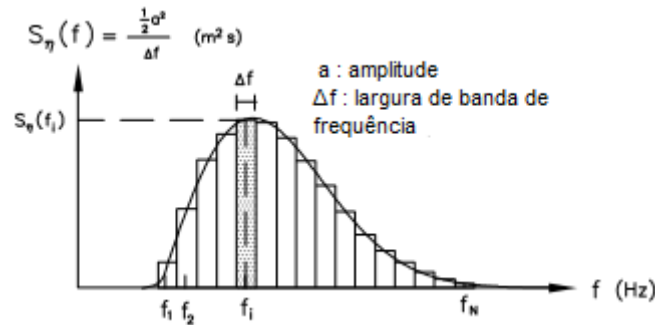


Figura 2.5 - Espectro de energia das ondas[6]

A partir do espectro da energia das ondas (Figura 2.5) podem-se calcular os momentos espectrais de ordem n , m_n , através das seguintes expressões[6]:

$$m_n = \int_0^\infty f^n S_\eta(f) df \quad (2.5)$$

O momento de ordem zero, m_0 , representa a área definida pela curva da função $S_\eta(f)$ (vd. Figura 2.5). Com base no espectro, podem-se estimar os parâmetros característicos da agitação no domínio de frequência [6][6]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Altura significativa: } H_{m0} = 4\sqrt{m_0} \\ \text{Frequência de pico: } f_p = f \text{ do máximo de } S_\eta(f) \\ \text{Período de pico: } T_p = \frac{1}{f_p} \\ \text{Largura espectral: } \varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \\ \text{Variância espectral: } \sigma_\eta^2 = \int_0^\infty S(f) df = m_0 \end{array} \right. \quad (2.6)$$

Pode-se ainda obter informação sobre a direção de incidência da agitação através do espectro direcional de onda, $S_\eta(f, \theta)$, ou seja, obter a densidade espectral direcional em cada frequência, através do produto de uma função de densidade espectral unidirecional, $S_\eta(f)$, e uma função de dispersão em direção, $D(f, \theta)$, Figura 2.6, dada por [6]:

$$S_{\eta}(f, \theta) = S_{\eta}(f) \times D(f, \theta) \quad (2.7)$$

onde,

f – frequência da onda, [Hz];

θ – direção de propagação da onda [rad];

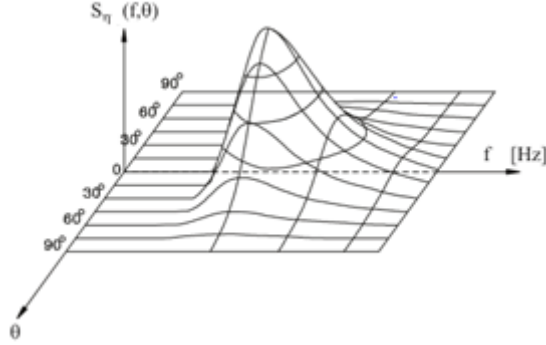


Figura 2.6 - Espectro de densidade direcional [6]

De modo a que a densidade espectral direcional, $S_{\eta}(f, \theta)$, tenha a mesma energia da agitação que representa, isto é, o mesmo momento de ordem zero, que a densidade espectral, $S_{\eta}(f)$, tem de se satisfazer a condição imposta pela equação seguinte [6]:

$$\int_{-\pi}^{\pi} D(f, \theta) d\theta = 1 \quad (2.8)$$

Obtendo-se então o mesmo momento de ordem zero [6]:

$$\begin{aligned} m_0 &= \int_0^{\infty} \int_{-\pi}^{\pi} S_{\eta}(f, \theta) d\theta df \\ &= \int_0^{\infty} S_{\eta}(f) \left(\int_{-\pi}^{\pi} D(f, \theta) d\theta \right) df = \int_0^{\infty} S_{\eta}(f) df \end{aligned} \quad (2.9)$$

A dispersão direcional, σ_d , que possui as mesmas unidades que a direção, calcula-se através da função de dispersão, $D(f, \theta)$, que pode ser definida como constante para todas as frequências, $D(\theta)$ e dada por [6]:

$$D(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} e^{-\frac{(\theta-\theta_m)^2}{2\sigma_d^2}}, \quad -\pi \leq \theta - \theta_m \leq \pi \quad (2.10)$$

onde,

θ_m – direção média de propagação da onda, [rad].

Assim, os dados fornecidos pelo IH contém os dados já recolhidos pelas boias e analisados, sendo cada registo definido pelos seguintes parâmetros:

- Parâmetros calculados pela análise no domínio da frequência ou método espectral:
 - H_{m0} – altura significativa, [m];
 - T_{htp} (ou Dir.) – direção média associada ao período de pico, que neste trabalho se designará apenas por direção, [°N];
 - T_p – período de pico, [s];
 - S_{prtp} (ou Disp) – dispersão no período de pico, que neste trabalho se designará por dispersão ou dispersão direcional [°];
- Parâmetros calculados pela análise no domínio do tempo ou método direto:
 - H_s – altura significativa, [m];
 - H_{max} – altura máxima, [m];
 - T_{hs} – período de H_s , [s];
 - T_z – média dos períodos do zero ascendente, [s];
 - T_{hmax} – período correspondente a H_{max} , [s];
 - T_{max} – período máximo ocorrido no registo, [s].

Cada registo apresenta ainda informação sobre o local de medição, hora, minuto, dia, mês e ano em que este foi obtido.

2.3 Condições de temporal

Neste estudo um temporal é definido pelas seguintes condições:

1. A altura significativa do registo, que é o parâmetro mais importante para descrever a severidade do estado marítimo [8] ser maior ou igual à altura crítica definida para a zona em estudo;
2. Ter uma duração maior ou igual a 6 horas [9], e uma diferença de tempo entre o temporal anterior e o início do temporal seguinte superior a 6 horas (caso contrário, corresponde ao temporal anterior).

Todos os registos que verifiquem estas duas condições passam-se a designar por eventos de um dado temporal. Os valores da altura crítica foram definidos pelo IH e é 4,5 m na Costa Oeste, onde está inserida a boia de Sines, e 2,5 m na Costa Sul, onde está inserida a boia de Faro.

Assim, para a realização desta dissertação utilizaram-se os seguintes dados:

- Todos os registos em Sines com altura significativa calculada pela análise no tempo, H_s , superior a 4.5 m;
- Todos os registos em Faro com H_s superior a 2.5 m.

2.4 Estatística

Para obter uma informação mais detalhada sobre os dados é comum recorrer-se a análise estatística da amostra e ajustar distribuições paramétricas a um dado conjunto de valores. Existem atualmente softwares que permitem verificar qual a distribuição estatística que melhor se adapta a um grupo de

dados. Nesta dissertação foi utilizada a ferramenta *Statistics and Machine Learning Toolbox* e o script *allfitdist* disponíveis para *Matlab*.

O critério padrão utilizado por este script é o critério de informação Bayesiano (*Bayesian information criterion* - BIC) que é baseado na função de verosimilhança e é dado por:

$$BIC = -2 \times \ln(\hat{L}) + k_e \times \ln(n) \quad (2.11)$$

$$\hat{L} = p(x | \hat{\theta}, M)$$

Onde,

\hat{L} – estimativa de máxima verosimilhança do modelo M ;

$\hat{\theta}$ – valores dos parâmetros que maximizam a função de verosimilhança;

k_e – número de parâmetros de estimação;

n – tamanho da amostra.

No presente trabalho estimaram-se as distribuições em função densidade de probabilidade (*probability density function* - pdf) que, por definição, para uma variável aleatória contínua X , é uma função $f_X(x)$ de x tal que para qualquer $a \leq b$:

$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f_X(x) dx \quad (2.12)$$

que satisfaz as seguintes condições:

$$\begin{cases} f(x) \geq 0; \\ \int f_X(x) dx = 1. \end{cases} \quad (2.13)$$

Esta função exprime a probabilidade relativa de uma variável aleatória tomar um dado valor. A probabilidade de um dado valor estar dentro de um determinado intervalo é dada pelo integral da função densidade dessa variável nesse intervalo, ou seja, a área abaixo da curva de $f_X(x)$ dentro desse intervalo (Figura 2.7).

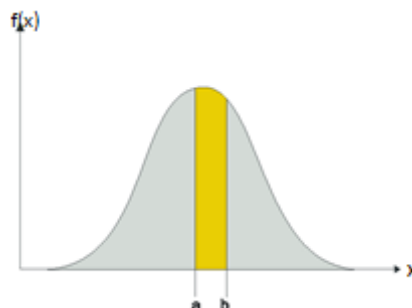


Figura 2.7 - Função densidade de probabilidade tipo [10]

O script utilizado nesta dissertação tenta ajustar diversas distribuições às amostras fornecidas. Dentre essas funções destacam-se a distribuição generalizada de valores extremos (GEV), a log logística, a distribuição de valor extremo e a distribuição Pareto generalizada, cujas equações se apresentam seguidamente.

- **Generalizada de valores extremos**

A função densidade de probabilidade para a distribuição generalizada de valores extremos (*generalized extreme value* – GEV) é dada por [11] [12] :

$$\left\{ \begin{array}{l} y = f(x | k, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} e^{-\left(1+k\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{k}}} \times \left(1+k\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{k}}, \text{ para } k \neq 0 \text{ e } \left(1+k\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) > 0 \\ y = f(x | 0, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} e^{\left(-e^{-\frac{(x-\mu)}{\sigma}} - \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)}, \text{ para } k = 0 \end{array} \right. \quad (2.14)$$

Onde,

k – parâmetro de forma;

μ – parâmetro de posição;

σ – parâmetro de escala.

Esta distribuição combina as distribuições Gumbel, Fréchet e Weibull (Figura 2.8), da seguinte forma:

- $k = 0$ - GEV é do tipo I que é do tipo Gumbel,
- $k > 0$ a GEV é do tipo II que é do tipo Fréchet
- $k < 0$ a GEV é do tipo III que é do tipo Weibull.

As funções do tipo I (Gumbel) e do tipo III (Weibull) correspondem às imagens espelhadas de Gumbel e Weibull, respetivamente.

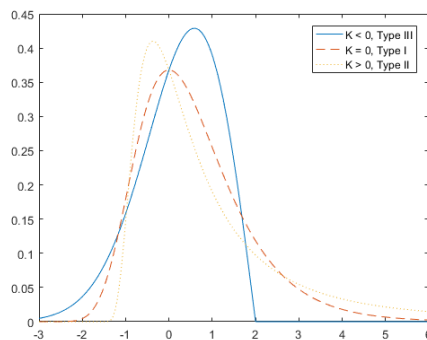


Figura 2.8 – Função densidade de probabilidade da distribuição generalizada de valores extremos ([13])

- **Log logística**

A distribuição log logística é uma distribuição de probabilidade cujo logaritmo tem uma distribuição logística. A função densidade de probabilidade para a distribuição log logística, $f(x | \mu, \sigma)$, é dada por [14] [12]:

$$\begin{cases} f(x | \mu_{log}, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \frac{1}{x} \frac{e^z}{(1+e^z)^2} \\ z = \frac{\log(x) - \mu_{log}}{\sigma} \end{cases} \text{ para } \mu > 0, \sigma > 0 \quad (2.15)$$

Onde,

μ_{log} – média do logaritmo,

σ – parâmetro de escala do logaritmo.

- **Valor extremo**

A função densidade de probabilidade de valor extremo é dada por [15] [12]:

$$f(x | \mu, \sigma) = \sigma^{-1} \times e^{\frac{x-\mu}{\sigma}} \times e^{-e^{\frac{x-\mu}{\sigma}}} \quad (2.16)$$

onde,

μ – parâmetro de posição,

σ – parâmetro de escala.

- **Pareto generalizada**

A função densidade de probabilidade de Pareto generalizada é dada por [16] [12]:

$$f(x | k, \sigma, \theta) = \frac{1}{\sigma} \times \left(1 + k \frac{(x-\theta)}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{k}} \text{ para } \begin{cases} \theta < x \text{ quando } k > 0 \\ \theta < x < \theta - \frac{\sigma}{k} \text{ quando } k < 0 \end{cases} \quad (2.17)$$

$$f(x | 0, \sigma, \theta) = \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{(x-\theta)}{\sigma}} \text{ para } \theta < x \text{ quando } k = 0$$

Onde,

k – parâmetro de forma;

σ – parâmetro de escala;

θ – parâmetro de limite.

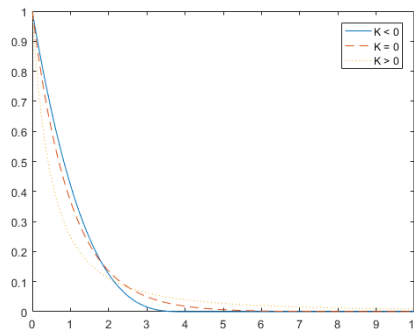


Figura 2.9 - Função densidade de probabilidade Pareto generalizada [16]

3. Análise das características dos temporais ocorridos em Sines entre 1988 e 2015

O presente capítulo apresenta o estudo realizado para os dados de temporal obtidos pelo IH na boia de Sines entre Maio de 1988 e Dezembro de 2015, e tendo em conta a definição de temporal apresentada anteriormente (2.3), verificou-se a ocorrência de 101 temporais. São analisadas as características gerais dos temporais, os valores máximos de H_{max} , H_s e H_{max}/H_s , as tendências observadas e a variabilidade de todos os temporais. São ainda apresentadas as distribuições que melhor se adaptam aos parâmetros de H_{max} , H_s , T_p , Direção, Dispersão direcional e H_{max}/H_s para o total de eventos de temporal registados em Sines.

3.1 Características gerais

Os valores gerais de alguns parâmetros de cada um dos 101 temporais é apresentado na Figura 3.1. Como se pode observar da análise dessa figura, o número de temporais ocorridos ao largo de Sines, entre 1988 e 2015, variou entre 0 a 7 por ano, com exceção do ano 2014, em que ocorreram 13 temporais, pouco menos do dobro do máximo de temporais registados até aí num só ano, sendo por isso um valor bastante elevado em relação aos restantes anos que foram analisados. Os anos em que não se registaram temporais em Sines foram os de 1988, 1995 e 2004 (vd. Figura 3.1a).

A média da altura significativa de onda durante cada temporal, $H_{s,Méd}$, variou entre 4,6 e 6,5 m com uma média de 5,16 m (vd. Quadro A.1). A maioria dos temporais, 79,2%, possuem $H_{s,Méd}$ entre 4,6 e 5,5 m, e apenas 4,0% possuem $H_{s,Méd}$ superior a 6 m (vd. Figura 3.1b e Quadro A.2).

A média dos períodos do zero ascendente durante cada temporal, $T_{z,Méd}$, varia entre 8,1 e 15,2 s, com uma média de 10,1 s (vd. Quadro A.1). Dos 101 temporais registados, 76,2% apresentam valores de $T_{z,Méd}$ entre 8,1 e 10,1 s (vd. Quadro A.3). Os valores de $T_{z,Méd}$ não parecem ter uma relação clara com os valores de $H_{s,Méd}$ (vd. Figura 3.1c).

A média dos períodos de pico durante cada temporal, $T_{p,Méd}$, variam entre 11,0 e 18,1 s, com uma média de 15 s (vd. Quadro A.1). Verifica-se que 70,3 % dos temporais têm um período de pico médio entre 14 e 18 s (vd. Quadro A.4). Os valores de $T_{p,Méd}$ não aparentam ter uma relação clara com os valores de H_s médio (vd. Figura 3.1d).

A média da direção de onda durante cada temporal, $Dir_{Méd}$, varia entre 221,0 e 314,3°N, com uma média de 294,6°N (vd. Quadro A.1). A maioria dos temporais, 67,3%, compreendem valores entre 292,5 e 315°N, que corresponde ao Oés-Noroeste e Noroeste, respetivamente, enquanto 26,7% compreendem valores entre 270°N e 292,5°N, que corresponde ao Oeste e Oés-Noroeste, respetivamente, o que significa que 94,1% dos temporais possuem direções entre o Oeste e o Noroeste. Apenas 5% dos temporais apresentam uma direção média inferior a 270°N (Oeste) (vd. Quadro A.5). O intervalo de valores da direção média diminui quando se incrementa o valor de $H_{s,Méd}$, tendendo para 292,5°N (vd. Figura 3.1e).

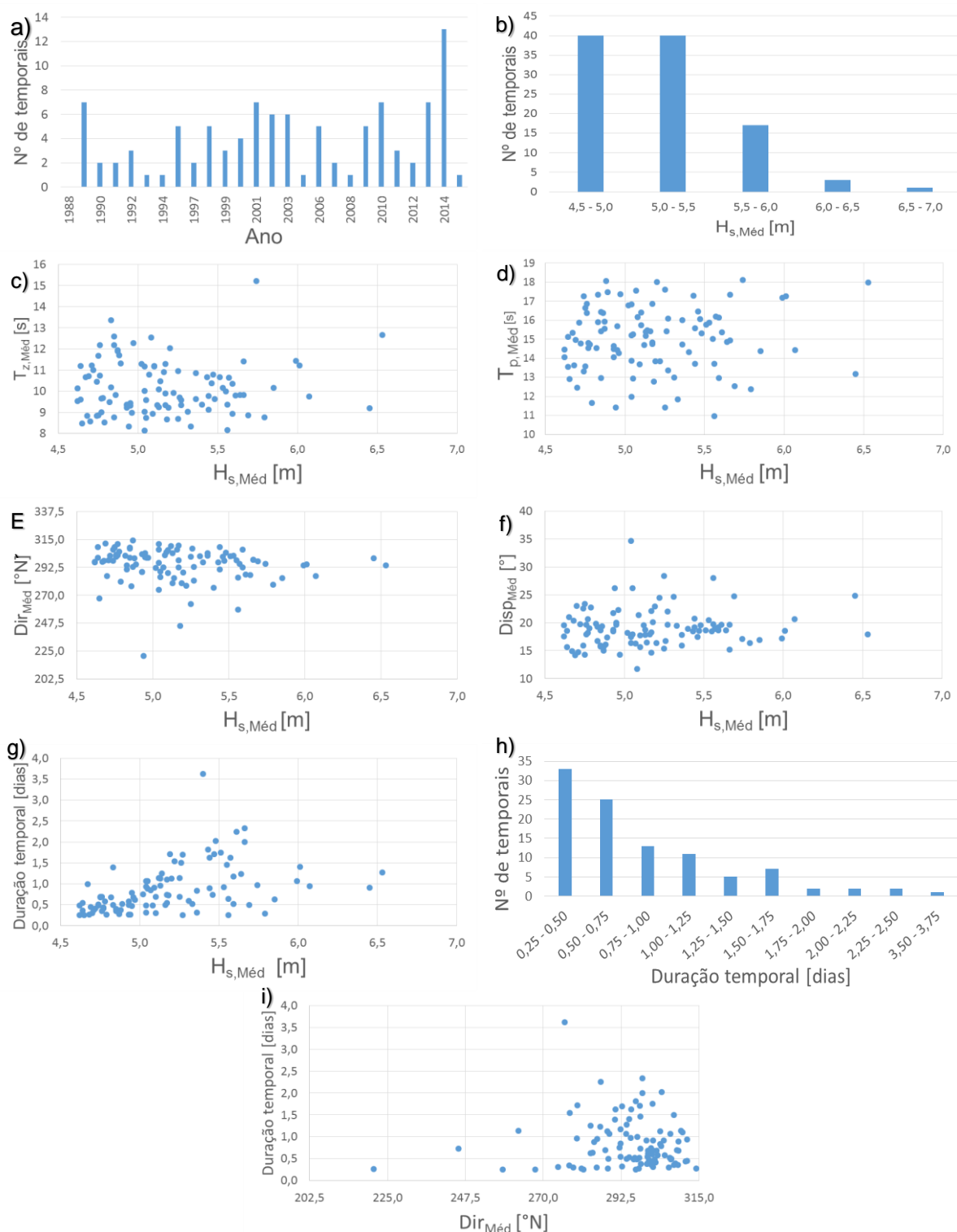


Figura 3.1 - Parâmetros gerais dos 101 temporais registados em Sines entre 1989 e 2015: a) número de temporais por ano; b) $H_{s,Méd}$: número de temporais; c) $T_{z,Méd}$; d) $T_{p,Méd}$; e) direção média; f) dispersão média; g) duração do temporal vs. $H_{s,Méd}$; h) duração temporal vs. $H_{s,Méd}$; i) número de temporais por duração de temporal

A média da dispersão direcional durante cada temporal, $Disp_{Méd}$, varia entre 11,7 e 34,7°, com uma média de 19,1° (vd. Quadro A.1). 66.3% e 20.8% dos temporais compreendem uma dispersão média entre, 15 e 20°, e, 20 e 25°, respetivamente (vd. Quadro A.6). Os valores da dispersão média não parecem ter uma relação clara com os valores de $H_{s,Méd}$ (vd. Figura 3.1f).

As durações dos temporais registados variam entre 0,3 e 3,6 dias, com uma média de 0,84 dias (vd. Quadro A.7). Verifica-se que 70,3% dos temporais apresentam durações inferiores a 1 dia (vd. Figura 3.1h e Quadro A.8). Quando se aumenta o valor de $H_{s,Méd}$, até este atingir 5,7 m, observa-se o aumento das durações máximas, por outras palavras, o intervalo de valores da duração do temporal aumenta. A partir desse valor, os temporais apresentam durações inferiores a 1,5 dias, mas estes correspondem a apenas 7,9% dos temporais. (vd. Figura 3.1g).

Observou-se uma relação entre a média das direções dos temporais e as durações destes: os temporais com direções médias próximas de $292,5^{\circ}N$ apresentam as maiores durações de temporal registadas (vd. Figura 3.1h), e à medida que a $Dir_{Méd}$ diminui ou aumenta para $315,0^{\circ}N$, a duração do temporal diminui, à exceção do temporal nº5, que corresponde ao temporal de 16 de Dezembro de 1989 e que registou uma média de direção de $276,2^{\circ}N$ e duração de temporal de 3,63 dias.

O resumo dos valores gerais registados de alguns parâmetros por mês é apresentado na Figura 3.2. Os valores máximos, médios e mínimos do máximo da altura máxima de onda durante um temporal ($H_{max,Máx}$), máximo da altura significativa de onda durante um temporal ($H_{s,Máx}$) e máximo da relação entre H_{max} e H_s durante um temporal ($H_{max}/H_{s,Máx}$) são expostos na Figura 3.3.

Da análise desta figura verifica-se que os meses que apresentaram mais registos de temporal no período em estudo foram Janeiro, Fevereiro e Dezembro, com 26, 25 e 21 temporais, respetivamente, enquanto Março, Abril, Outubro, e Novembro apenas registaram 7, 3, 7 e 12 temporais, respetivamente, (vd. Figura 3.2a e Quadro A.9).

Os meses que apresentaram temporais com maiores durações foram Dezembro, Janeiro, Novembro e Fevereiro. Dezembro apresenta o temporal com maior duração mas a sua duração média é bastante inferior a esse valor máximo, o que significa que este temporal de grande duração terá sido um caso excecional. Novembro apresenta a média de duração mais elevada mas também tem uma quantidade de temporais inferior a Janeiro, Fevereiro e Dezembro, pelo que seria necessário menos temporais de duração maior para subir a média relativamente aos meses referidos. Os meses mais próximos dos meses de Verão apresentam temporais com menores durações (vd. Figura 3.2b e Quadro A.10).

A duração entre o início do temporal e o momento em que o temporal atinge a sua intensidade máxima (considerado aqui como o momento em que é registado o máximo H_{max} durante o temporal) é maior nos meses de Novembro, Dezembro, Fevereiro e Janeiro (vd. Figura 3.2c). Em termos práticos, temporais que atingem a sua intensidade máxima mais rapidamente podem ser considerados críticos, pois o tempo de aviso é menor. No caso de Sines estes temporais também ocorrem entre Novembro e Janeiro, principalmente em Janeiro e Fevereiro. 6,9% e 18,2% dos temporais demoram 1 hora e 2 horas, respetivamente, a atingir a sua intensidade máxima, o que faz com que em 81,8% dos temporais exista um aviso de intensidade máxima de temporal de pelo menos 2 horas (vd. Quadro A.11).

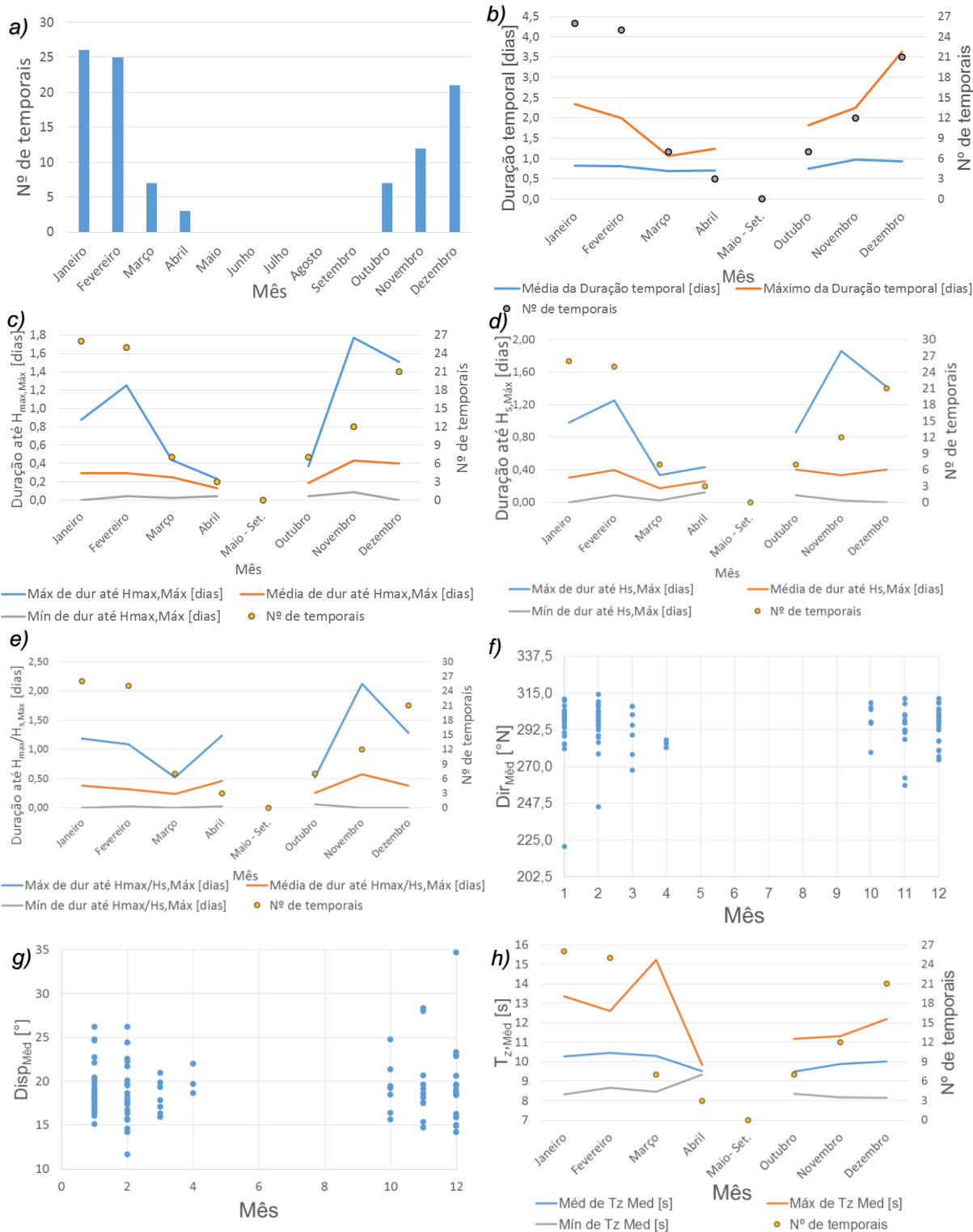


Figura 3.2 - Parâmetros gerais dos 101 temporais registados em Sines entre 1989 e 2015 por meses: a) número de temporais; b) duração temporal; c) tempo até ser atingido $H_{max,Máx}$; d) tempo até ser atingido $H_{s,Máx}$; e) tempo até ser atingido $H_{max}/H_{s,Máx}$; f) direção

Novembro é o mês que registou a máxima duração até $H_{s,Máx}$, seguido de Dezembro e Fevereiro, que mesmo assim apresentam médias da duração até $H_{s,Máx}$ maiores que o primeiro, concluindo-se que Dezembro e Fevereiro apresentam mais temporais com durações até $H_{s,Máx}$ mais elevadas (vd. Figura 3.2d). 66,7%, 42,9% e 34,6% dos temporais registados em Novembro, Dezembro e Janeiro,

respetivamente, demoram menos de 0,2 dias (4 horas e 48 minutos) até ao evento que registou o maior terço das alturas de onda maiores (vd. Quadro A.12).

Novembro registou a máxima duração até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ e a maior média também, pois apenas 33,3% dos temporais demora menos de 6 horas a registar o máximo valor de H_{\max}/H_s (vd. Figura 3.2e e Quadro A.13). Março e Outubro registaram as menores médias da duração até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$.

A direção média não varia com o mês, pois esta é praticamente constante, encontrando-se em 95% dos casos entre Oeste e Noroeste (vd. Figura 3.2f e Quadro A.14). As direções médias inferiores a 270°N não ocorreram sempre no mesmo mês, sendo que os de menor valor ocorreram em Janeiro e Fevereiro. O número de temporais com direção inferior a 270°N foi:

- Relativamente à direção média, 5 temporais, correspondendo aos temporais nº 4, 26, 25, 42 e 57;
- Relativamente à direção do registo máximo de H_{\max} : 6 temporais, correspondendo aos temporais nº 4, 25, 26, 33, 57 e 67;
- Relativamente à direção do registo máximo de H_s : 4 temporais, correspondendo aos temporais nº 4, 25, 26 e 57;
- Relativamente à direção do registo máximo de H_{\max}/H_s : 7 temporais, correspondendo aos temporais nº 4, 25, 26, 33, 42, 57 e 67.

Analisando os temporais referidos, pode-se concluir que os temporais com direções inferiores a 270°N não ocorrem todos no mesmo mês e que estes apresentam valores de H_{\max} , H_s e H_{\max}/H_s dispersos. Estes temporais apresentam o período médio e o período de pico médio abaixo da média, 10,1s e 15s, respetivamente, e a dispersão média acima da média, $19,1^\circ$ (vd. Quadro A.15).

A média da dispersão não varia consoante o mês, embora os meses de Março, Abril e Outubro apresentem valores menos dispersos que os restantes meses, o que pode ser devido ao número reduzido de temporais registados nestes meses (vd. Figura 3.2g).

A média de T_z não depende do mês, pois os valores médios da média de T_z são constantes (vd. Figura 3.2h).

Janeiro e Fevereiro são os meses que apresentam os temporais com os valores maiores de $H_{\max,\text{Máx}}$ (vd. Figura 3.3a). Janeiro é o mês que apresenta mais temporais de grande intensidade, tendo ocorrido 4 temporais com $H_{\max,\text{Máx}}$ superior a 13,5 m (vd. Quadro A.16). Relativamente à média de $H_{\max,\text{Máx}}$, Abril apresenta a média mais elevada, mas é necessário ter em consideração que Abril apenas regista 3 temporais, e destes, o valor de $H_{\max,\text{Máx}}$ mais baixo foi 10,2 m, percebendo-se que Abril não é o mês que apresenta mais temporais de maior duração, pois foi em Janeiro e Fevereiro se registaram mais temporais de maior intensidade e também mais temporais de menor intensidade.

Janeiro e Fevereiro apresentam os temporais com os valores máximos da altura de onda significativa mais elevados (vd. Figura 3.3b). Abril e Outubro apresentam as médias mais elevadas, pela mesma razão referida para $H_{\max,\text{Máx}}$ (Quadro A.17).

Janeiro e Novembro são os meses que apresentam os registos dos dois maiores valores de H_{\max}/H_s , mas é Dezembro que contém mais registos de valores de H_{\max}/H_s superiores a 2,0, apresentando por isso a média mais elevada (Figura 3.3c e Quadro A.18).

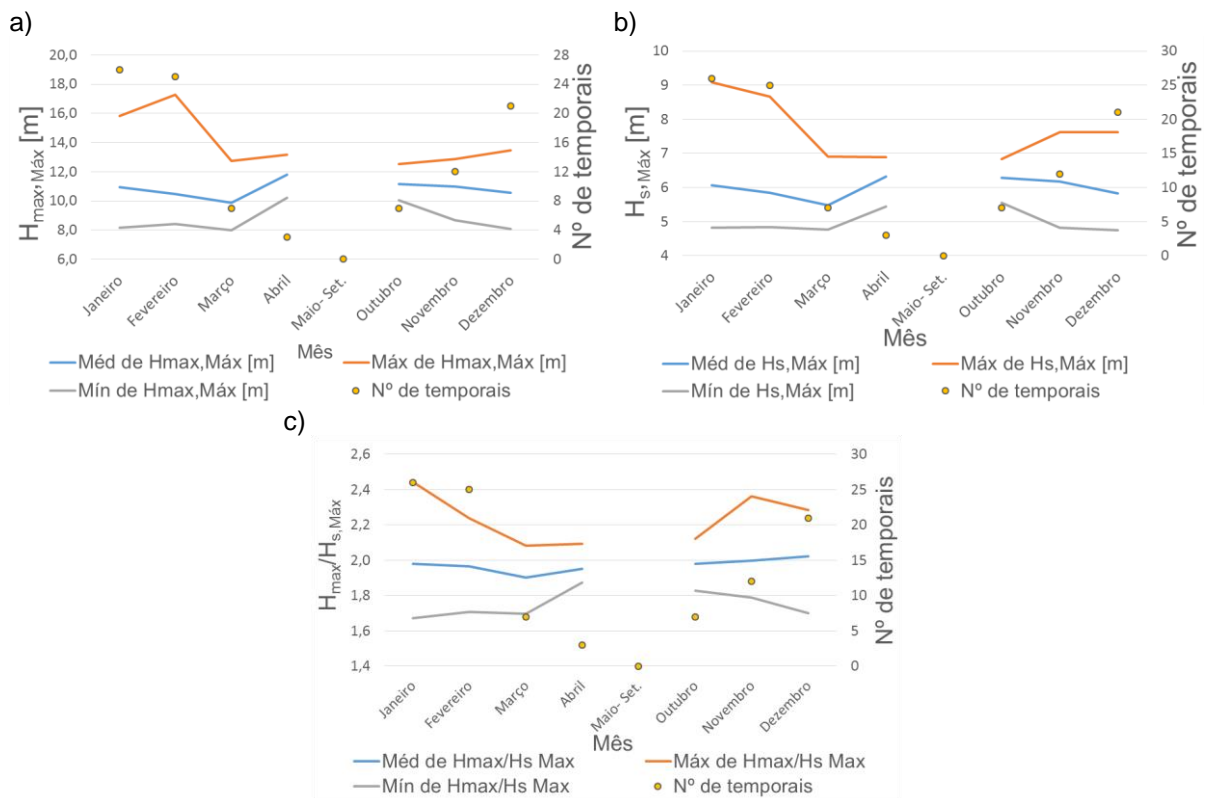


Figura 3.3 - Valores máximos, médios e mínimos por mês de: a) $H_{\max, \text{Máx}}$; b) $H_{s, \text{Máx}}$; c) $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$

3.2 Valores máximos da altura de onda máxima

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{\max} está resumida na Figura 3.4.

O valor máximo de H_{\max} dos temporais, $H_{\max, \text{Máx}}$, registado ao longo de um temporal, varia entre 8,0 e 17,3 m com uma média de 10,7 m (vd. Quadro A.19). A maioria dos temporais, 77,2%, possuem um valor de $H_{\max, \text{Máx}}$ entre 8 e 12 m, enquanto apenas 8,9% apresenta $H_{\max, \text{Máx}}$ superior a 13 m (vd. Figura 3.4a e Quadro A.20).

A média dos períodos do zero ascendente correspondentes a $H_{\max, \text{Máx}}$, T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$, varia entre 8,1 e 15,9 s, com uma média de 10,4 s (vd. Quadro A.19). Dos 101 temporais registados, 72,3% apresentam valores de T_z entre 8 e 11 s (vd. Quadro A.21). Os valores de T_z não apresentam uma relação clara com os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.4b).

Os valores de T_p correspondentes a $H_{\max, \text{Máx}}$, T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$, variam entre 10,0 e 38,0 s, com uma média de 18,1 s (vd. Quadro A.19). 76,2% dos temporais apresentam valores de T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$ entre 12 e 18 s (vd. Quadro A.22). Os valores de T_p não apresentam uma relação clara com os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.4c).

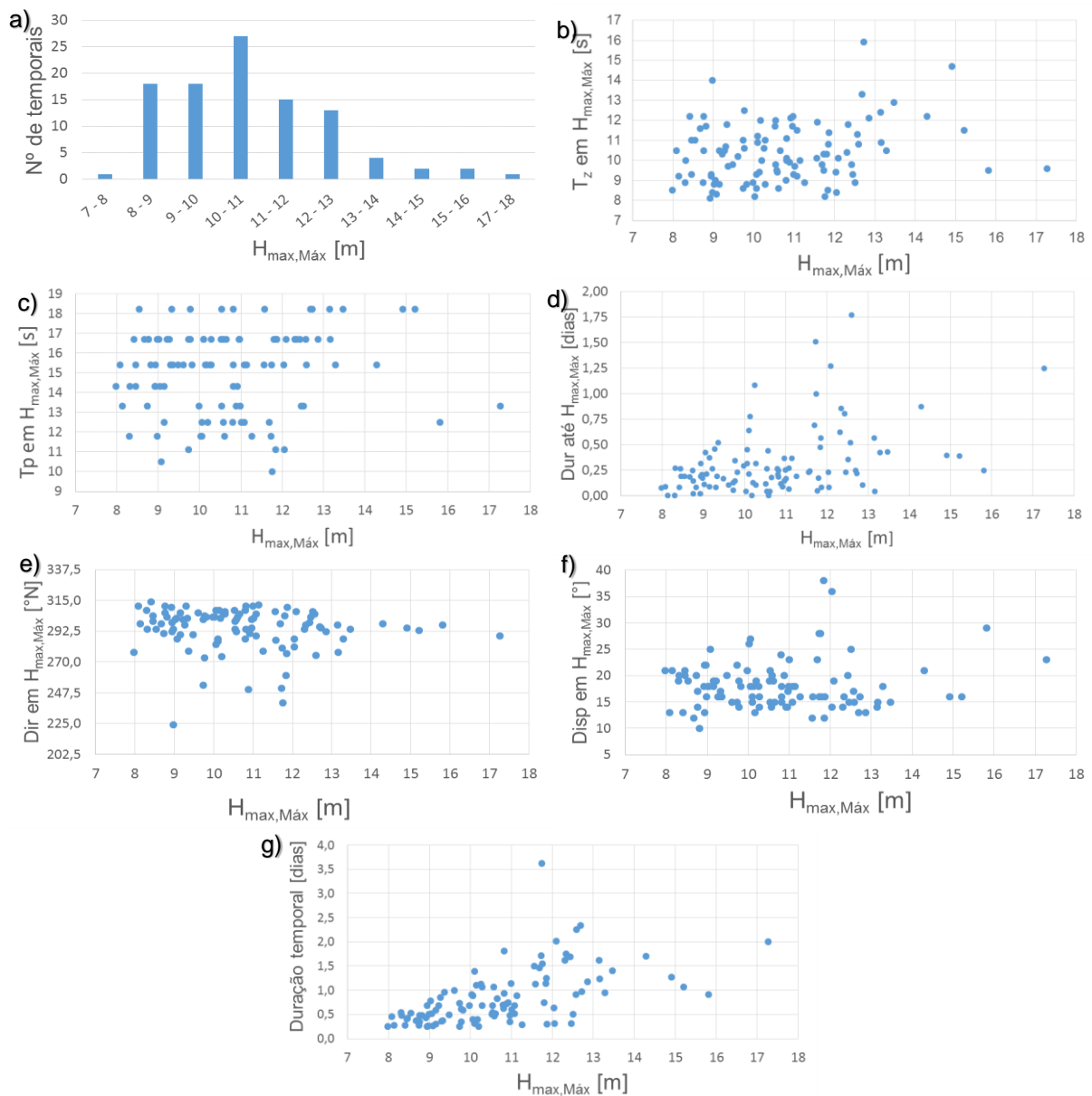


Figura 3.4 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max} : a) número de temporais; b) T_z em $H_{max,Máx}$; c) T_p em $H_{max,Máx}$; d) duração até $H_{max,Máx}$; e) direção em $H_{max,Máx}$; f) dispersão em $H_{max,Máx}$; g) duração temporal

A duração até $H_{max,Máx}$, ou seja a duração do temporal até atingir a sua intensidade máxima varia entre 0,0 e 1,8 dias com uma média de 0,3 dias, que equivale a 7 horas e 40 minutos (vd. Quadro A.19). 76% dos temporais possuem uma duração até á sua intensidade máxima inferior a 0,4 dias, a maioria com $H_{max,Máx}$ entre 8 e 12 m, e os temporais que demoram mais de 0,6 dias apresentam $H_{max,Máx}$ superior a 10 m, correspondendo a 12,9% dos temporais (vd. Quadro A.23). O intervalo da duração até ao $H_{max,Máx}$ aumenta com $H_{max,Máx}$ até este atingir 13 m. Para valores de $H_{max,Máx}$ superiores a 13 m, a duração até $H_{max,Máx}$ reduz-se, com um máximo de 1,3 dias, mas existem poucas ocorrências com $H_{max,Máx}$ superiores a 13 m para se determinar uma tendência (vd. Figura 3.4d).

A direção correspondente a $H_{max,Máx}$, Dir em $H_{max,Máx}$, varia entre 224 e 314°N, com uma média de 294°N (vd. Quadro A.19). 67,3% e 26,7% dos temporais possuem uma direção entre, 292,5 e 315 °N, e, 270 e 292,5 °N, respetivamente, o que faz com que 94,1 % dos temporais possuem direções em $H_{max,Máx}$

entre o Norte e o Noroeste. Apenas 5,9% dos temporais apresentam direções em $H_{\max, \text{Máx}}$ inferiores a 270°N (vd. Quadro A.24). Os valores da direção em $H_{\max, \text{Máx}}$ tendem para $292,5^\circ\text{N}$ para os maiores valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.4e).

A dispersão da direção correspondente a $H_{\max, \text{Máx}}$ varia entre $10,0^\circ$ e $38,0^\circ$, com uma média de $18,1^\circ$ (vd. Quadro A.19). 78,2 % dos temporais apresentam uma dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$ inferior a 20° (vd. Quadro A.25). Os valores da dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$ não parecem ter uma relação clara com os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.4f).

A duração do temporal aumenta com $H_{\max, \text{Máx}}$ até este atingir 13 m. Para valores superiores a 13 m a duração máxima reduz-se, com um máximo de 2 dias, mas existem poucas ocorrências para se determinar uma tendência (vd. Figura 3.4g).

3.3 Valores máximos da altura de onda significativa

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s está resumida na Figura 3.5.

O valor máximo da altura significativa por temporal, $H_{s, \text{Máx}}$, varia entre 4,7 e 9,1 m com uma média de 5,9 m (vd. Quadro A.26). A maioria dos temporais, 75 %, possuem um valor de $H_{s, \text{Máx}}$ entre 4,7 e 6,5 m (vd. Quadro A.27 e Figura 3.5a).

A média dos períodos do zero ascendente correspondentes ao máximo de H_s , T_z at $H_{s, \text{Máx}}$, varia entre 8,5 e 15,8 s, com uma média de 10,8 s (vd. Quadro A.26). Dos 101 temporais registados, 81,2% apresentam valores de T_z em $H_{s, \text{Máx}}$ entre 9 e 13 s (vd. Quadro A.28). Os valores de T_z não apresentam uma relação clara com os valores de $H_{s, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.5b).

O período de pico em $H_{s, \text{Máx}}$, T_p em $H_{s, \text{Máx}}$, varia entre 10,5 e 18,2 s, com uma média de 15,3 s (vd. Quadro A.26). Os valores de T_p em $H_{s, \text{Máx}}$ entre 12 e 17 s representam 77% dos temporais (vd. Figura 3.5c e Quadro A.29). Os valores de T_p não apresentam uma relação clara com os valores de $H_{s, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.5c).

A duração até ao máximo de H_s , varia entre 0,0 e 1,9 dias, com uma média de 0,35 dias (8 horas e 24 minutos) (vd. Quadro A.26). Com o aumento de $H_{s, \text{Máx}}$ a duração máxima dos temporais aumenta até um valor de $H_{s, \text{Máx}}$ de 7,5 m. Para valores superiores a 7,5 m a duração máxima reduz-se, com um máximo de 2,3 dias, mas existem poucas ocorrências para se determinar uma tendência (vd. Figura 3.5d).

A direção em $H_{s, \text{Máx}}$ varia entre 230°N e 314°N , com uma média de $294,8^\circ\text{N}$ (vd. Quadro A.26). 67,3% e 27,7% dos temporais apresentam direções em $H_{s, \text{Máx}}$ entre $292,5^\circ\text{N}$ e 315°N , e, 270°N e $292,5^\circ\text{N}$, respetivamente, o que faz com que apenas 5% dos temporais apresentem direções em $H_{s, \text{Máx}}$ inferiores a 270°N (vd. Quadro A.31). Os valores da direção em $H_{s, \text{Máx}}$ tendem para $292,5^\circ\text{N}$ quando se aumenta o valor de $H_{s, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.5e).

A dispersão direcional correspondente a $H_{s, \text{Máx}}$ varia entre $12,0^\circ$ e $35,0^\circ$, com uma média de $17,6^\circ$ (vd. Quadro A.26). Verificou-se que 72,8% dos temporais apresentam uma dispersão em $H_{s, \text{Máx}}$ inferior ou igual a 20° (vd. Quadro A.32). Os valores da dispersão em $H_{s, \text{Máx}}$ não dependem dos valores de $H_{s, \text{Máx}}$ (vd. Figura 3.5f).

As maiores durações do temporal aumentam com $H_{s,Máx}$ até este atingir o valor de 7,7 m (vd. Figura 3.5g).

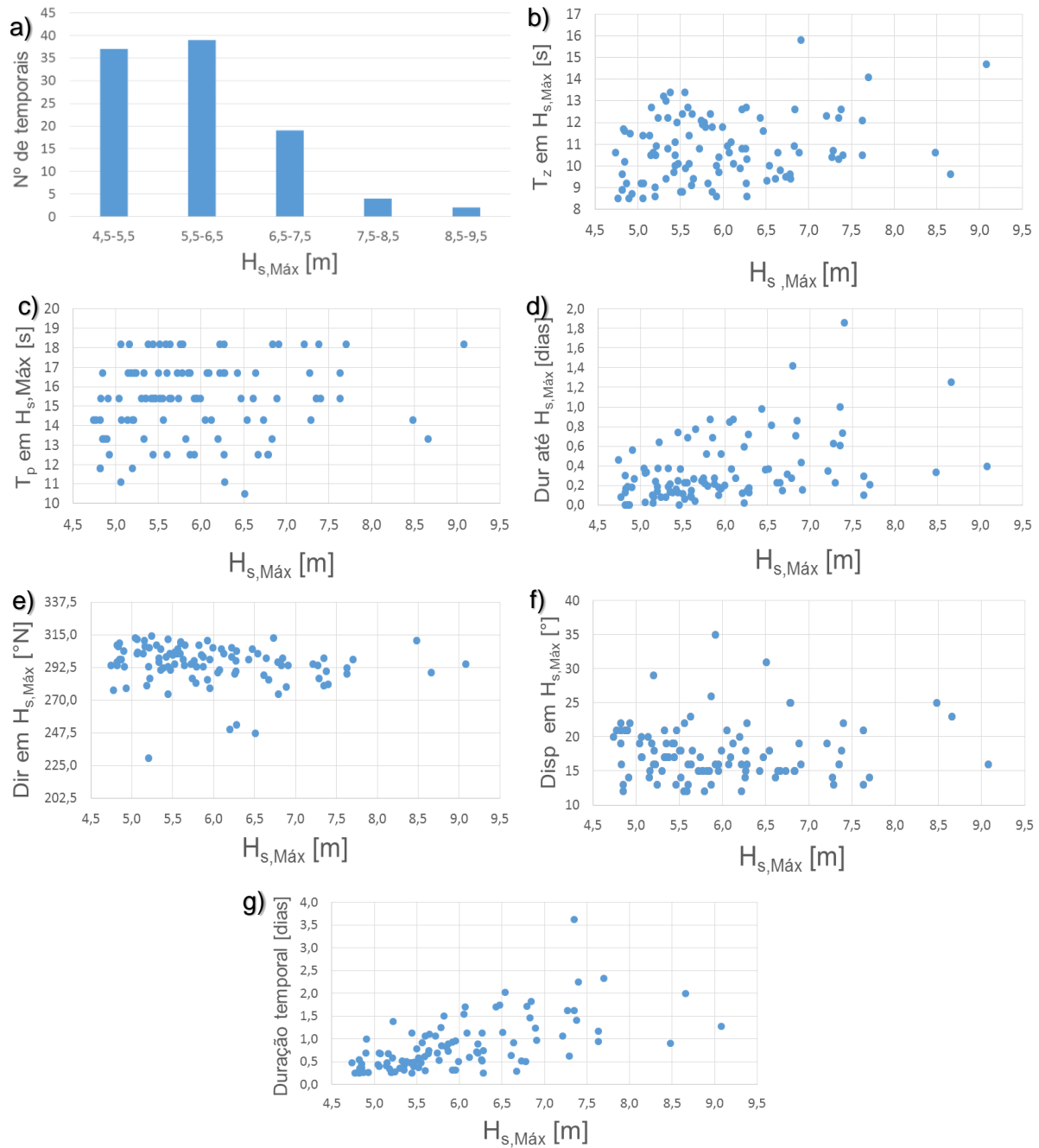


Figura 3.5 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s : a) número de temporais; b) T_z em $H_{s,Máx}$; c) T_p em $H_{s,Máx}$; d) duração até $H_{s,Máx}$; e) direção em $H_{s,Máx}$; f) dispersão em $H_{s,Máx}$; g) duração temporal

3.4 Valores máximos da relação H_{max}/H_s

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos da relação de H_{max}/H_s , $H_{max}/H_{s,Máx}$ está resumida na Figura 3.6.

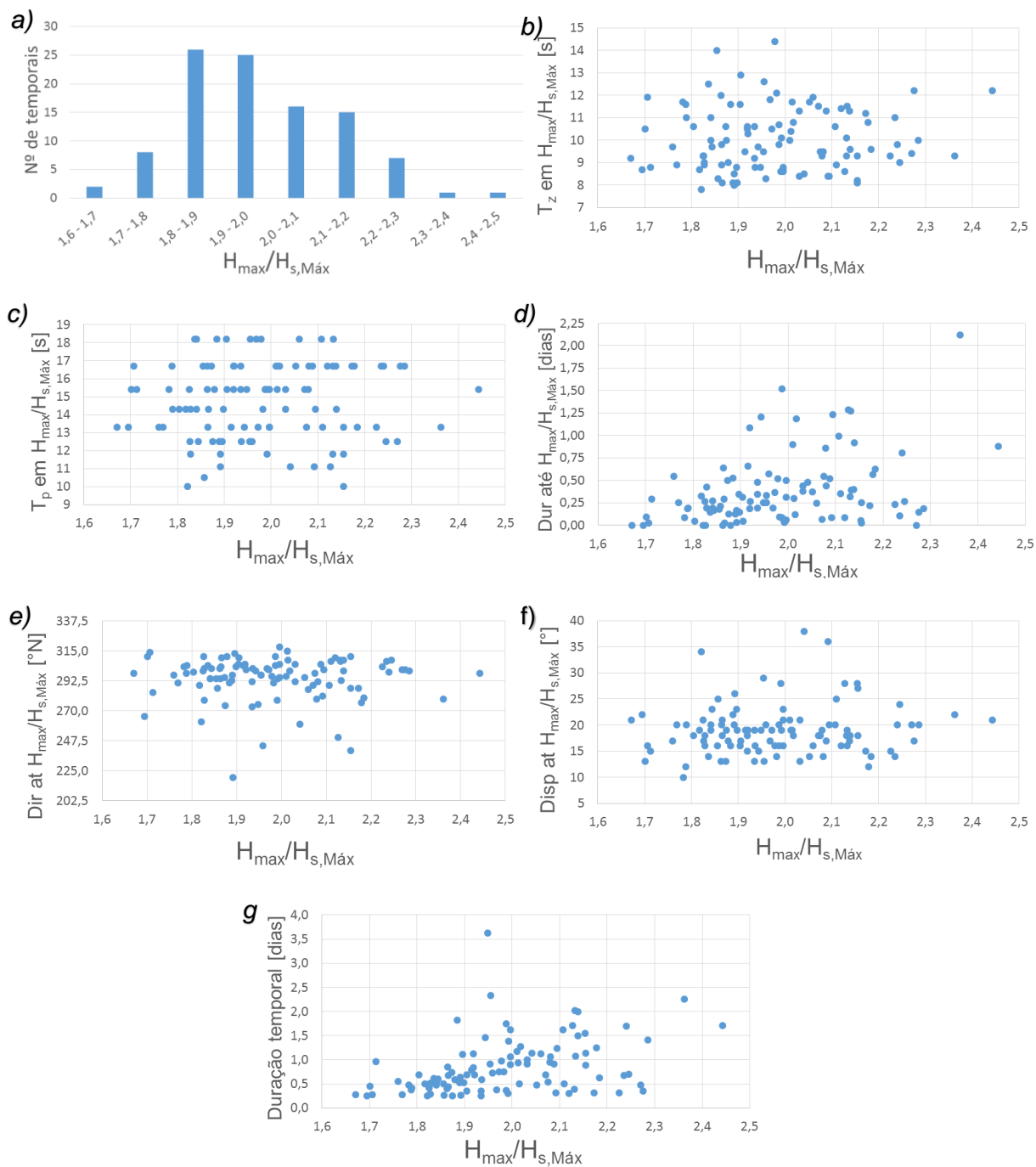


Figura 3.6 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{max}/H_s : a) número de temporais; b) T_z em H_{max}/H_s ; c) T_p em H_{max}/H_s ; d) duração até H_{max}/H_s ; e) direção em H_{max}/H_s ; f) dispersão em H_{max}/H_s ; g) duração temporal

O valor de $H_{max}/H_{s,Máx}$ varia entre 1,7 e 2,4, com uma média de 2,0 (vd. Quadro A.33). 50,5% e 30,7% dos temporais apresentam valores de $H_{max}/H_{s,Máx}$ entre 1,8 e 2,0, e, 2,0 e 2,2, respetivamente (vd. Quadro A.34 e Figura 3.6a).

Os valores do período de pico médio em $H_{max}/H_{s,Máx}$, T_z em H_{max}/H_s , estão bastante dispersos (vd. Figura 3.6b), variando entre 7,8 e 14,4 s, com uma média de 10 s (vd. Quadro A.33). A maioria dos temporais, 75,2%, têm períodos médios entre 7,8 e 11,0 s (vd. Quadro A.35).

O período de pico em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, T_p em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, varia entre 10,0 e 18,2 s, com uma média de 14,7 s (vd. Quadro A.33). Os valores entre 12 e 17 s representam 78,2% dos temporais (vd. Quadro A.36). Este parâmetro apresenta valores bastante dispersos que não dependem do valor de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ (vd. Figura 3.6c).

A duração até ao máximo de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ varia entre 0,0 e 2,1 dias, com uma média de 0,4 dias (9 horas e 54 minutos) (vd. Quadro A.33). O intervalo de valores desta duração aumenta até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ ser igual a 2, a partir desse valor, observa-se uma diminuição deste. Os dois temporais com $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ mais elevado, 2,44 e 2,36, não verificam esta observação, mas correspondem apenas a menos de 2% dos temporais (vd. Figura 3.6d). Verificou-se que 48,5% dos temporais demora menos de 0,25 dias a atingir o máximo de H_{\max}/H_s , ao passo que, 27,7% demora entre 0,25 e 0,5 dias a atingir o mesmo (vd. Quadro A.37).

A direção em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ varia entre 220 e 318°N, com uma média de 294,5°N (vd. Quadro A.33). 67,3% e 23,8% dos temporais apresentam direções entre 292,5 e 315°N, e, 270 e 292,5°N, respetivamente, e apenas 7% dos temporais apresentem direções em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ inferiores a 270°N (vd. Quadro A.38 e Figura 3.6e).

A dispersão da direção correspondente a $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ varia entre 10 e 38°, com uma média de 19,0° (vd. Quadro A.33). Verificou-se que 75% dos temporais apresentam dispersões inferiores a 20° (vd. Quadro A.39). Os valores da dispersão em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ não dependem dos valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ (vd. Figura 3.6f).

As durações dos temporais apresentam um aumento com $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ até este at (vd. Figura 3.6g).

3.5 Tendências observadas

No presente subcapítulo são estudadas as tendências observadas na agitação marítima ao longo dos anos relativamente ao número de temporais por mês, à duração total dos temporais, à duração até à intensidade máxima e à direção do temporal.

Como foi referido anteriormente, os meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro foram os que registaram maior número de temporais no período analisado, Maio de 1988 a Dezembro de 2015. Nos meses de Janeiro e Dezembro existiram anos em que ocorreram bastantes temporais e outros em que apenas ocorreu um ou mesmo nenhum, não apresentando qualquer tendência ao longo do tempo. No entanto, no mês de Fevereiro observou-se um aumento da ocorrência de temporais a partir do ano de 2002 (vd. Figura 3.7a). Relativamente ao mês de Novembro, o quarto com maior registo de temporais, observou-se uma diminuição do número de temporais desde 2006. Março e Abril, apresentam valores constantes ao longo dos anos, ocorrendo no máximo 1 temporal por ano.

Para a análise da duração total dos temporais ao longo dos anos, dividiram-se as durações em seis grupos com intervalos correspondendo a 0,5 dia cada um, exceto o primeiro, que apenas corresponde ao intervalo de 0,25 a 0,5 dias dado que o valor da duração mínima de temporal definida é de 6 horas. Verificou-se que a quantidade de temporais com durações inferiores a 1 dia, ou seja, os dois intervalos que representam as durações menores, aumentou com o decorrer dos anos, concluindo-se que os

temporais com durações menores, principalmente entre 6 e 12 horas, são cada vez mais frequentes, enquanto a quantidade de temporais com durações maiores manteve-se constante (vd. Figura 3.7b).

No que respeita à duração até $H_{\max, \text{Máx}}$, os valores desta foram divididos em cinco intervalos, cada um correspondendo a 2 horas. Observou-se que a quantidade de temporais com durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ inferiores a 4 horas está a aumentar, principalmente as durações inferiores a 2 horas, o que significa que se dispõe de menos tempo de aviso até o temporal atingir a sua intensidade máxima (vd. Figura 3.7c). Este facto pode ser explicado pela observação anterior, que revela que o número de temporais com durações inferiores a 12 horas está a aumentar.

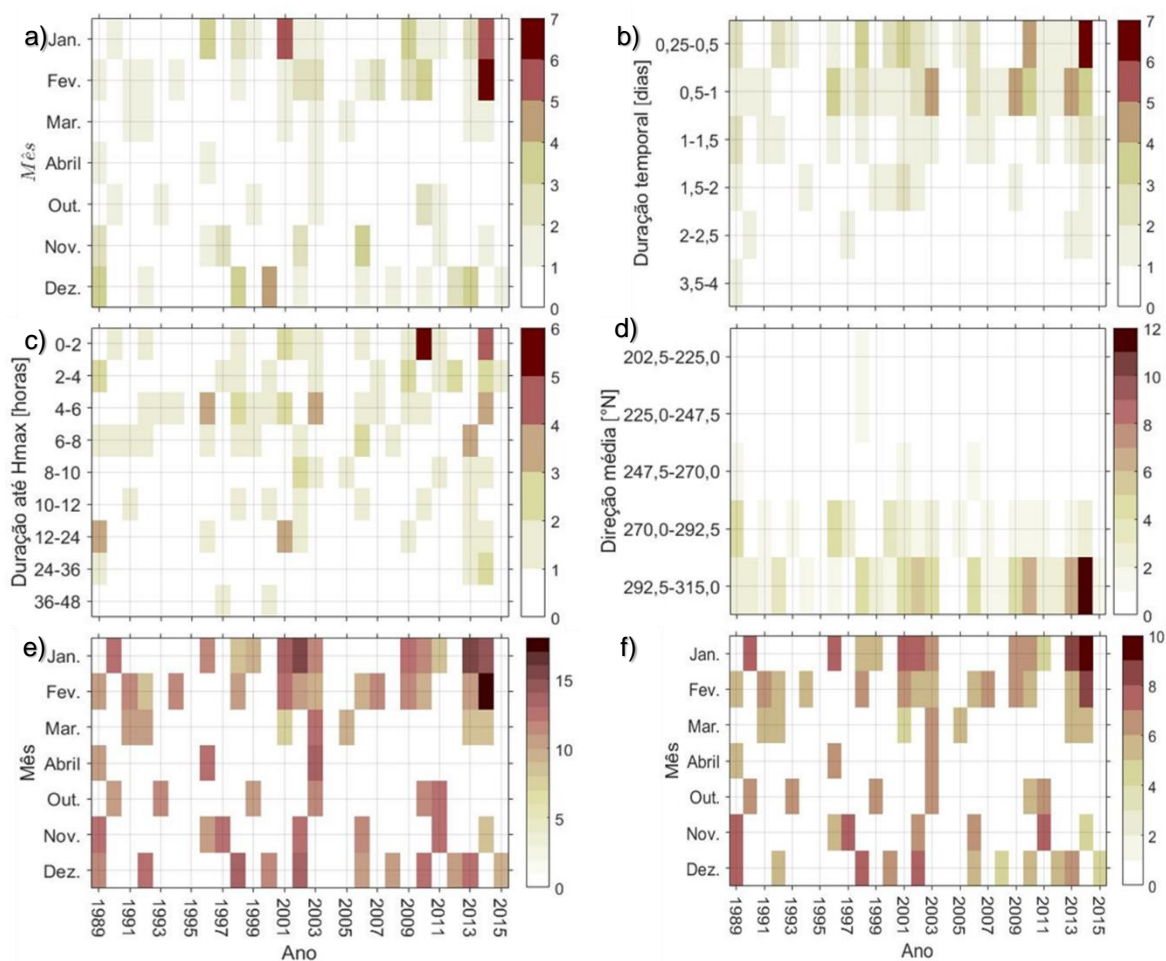


Figura 3.7 - Número de temporais por ano: a) por meses; b) duração de temporal [dias]; c) duração até $H_{\max, \text{Máx}}$ [horas]; d) por direção média [$^{\circ}\text{N}$]; e) Valor do máximo de $H_{\max, \text{Máx}}$ [m] por mês e por ano; f) Valor do máximo de $H_{s, \text{Máx}}$ [m] por mês e por ano

Para a análise de temporais por direção média dividiu-se as mesmas em 5 intervalos, cada um contendo $22,5^{\circ}\text{N}$. Verificou-se um aumento dos temporais com direções médias entre $292,5$ e 315°N , ou seja, entre Oés-Noroeste e Noroeste, e uma diminuição dos temporais com uma direção média entre 270 e $292,5^{\circ}\text{N}$, ou seja, entre Oeste e Oés-Noroeste (vd. Figura 3.7d). Estes intervalos representam $94,1\%$ dos temporais.

Relativamente ao valor máximo de H_{\max} em cada ano e o respetivo mês de ocorrência, verificou-se que há uma tendência para o aumento da dispersão de $H_{\max, \text{Máx}}$ ao longo dos anos, isto é, nos últimos anos

verificou-se quer um aumento dos maiores valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ quer dos menores valores de $H_{\max, \text{max}}$ (vd. Figura 3.7e). Os valores máximos de $H_{\max, \text{Máx}}$ por ano não se encontram sempre no mesmo mês, mas ocorreram mais no mês de Dezembro, 7 anos, enquanto os seguintes meses com mais ocorrências, Janeiro, Fevereiro e Novembro, ocorreram 4 vezes em cada mês. É necessário referir que esta observação não significa que o mês de Dezembro contenha os temporais mais intensos, pois esta análise apenas tem em conta o temporal com o maior $H_{\max, \text{Máx}}$ e, como tal, não indica se existiram temporais de maior intensidade em Dezembro, pois podem haver vários temporais de grande intensidade num só ano, como se verá no subcapítulo 3.6. Não se observa nenhuma tendência relativamente ao valor máximo de H_{\max} em cada ano e o respetivo mês de ocorrência (vd. Figura 3.7f). Por fim, é realizada uma análise da variação dos valores médios de H_{\max} , H_s e H_{\max}/H_s ao longo dos anos. Para esta análise calculou-se a média dos valores máximos, médios e mínimos de H_{\max} dos temporais que ocorreram em cada ano. O mesmo foi feito para H_s e H_{\max}/H_s . Verificou-se que os valores médios de H_{\max} por ano mostram uma tendência para diminuir ao longo dos anos, sendo menos visível na média do mínimo de H_{\max} (vd. Figura 3.8a). Verificou-se que, à semelhança dos valores médios de H_{\max} , os valores médios de H_s por ano apresentam uma diminuição desde 1989 até 2015 (vd. Figura 3.8b). Verificou-se ainda que os valores médios de H_{\max}/H_s estão a aumentar, o que acontece devido ao facto dos valores de H_s terem diminuído mais que os valores de H_{\max} (vd. Figura 3.8c).

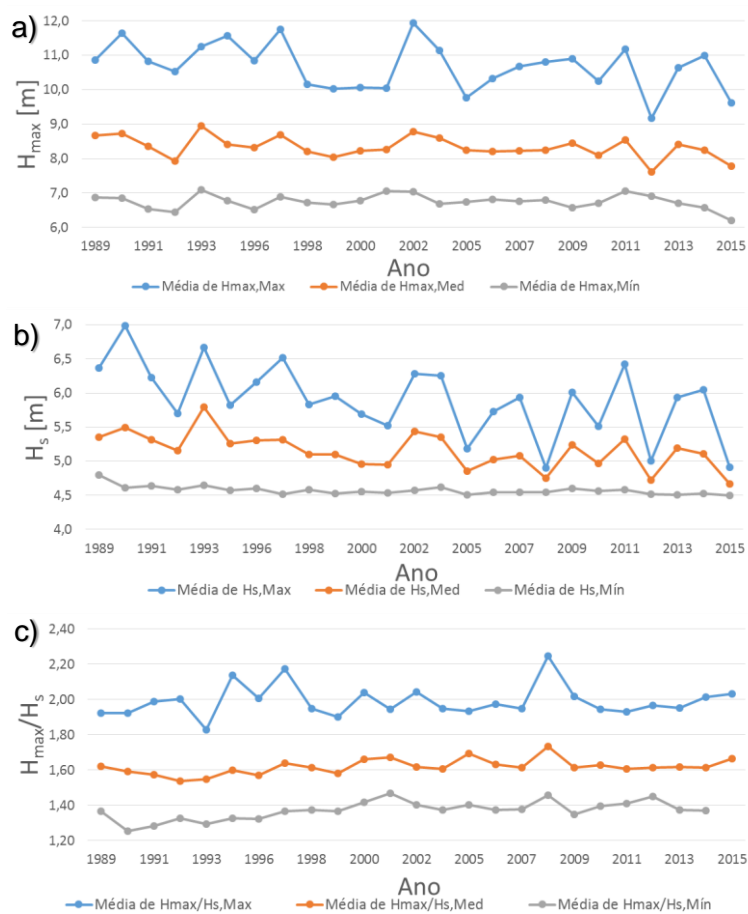


Figura 3.8 - Valores médios por ano de: a) H_{\max} ; b) H_s ; c) H_{\max}/H_s

3.6 Variabilidade de todos os registros de temporal

Cada temporal, de acordo com a sua duração, tem associado um número de registros de cada um dos parâmetros de agitação. No total, aos 101 temporais que se observaram em Sines entre 1989 e 2015 corresponde um total de 2913 registros. Os valores dos parâmetros de cada um desses registros em condição de temporal são aqui analisados, focando-se a análise na sua variabilidade.

A análise relativa à altura de onda máxima de cada registro, H_{max} , encontra-se resumida na Figura 3.9, a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_{max} por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada temporal, a duração até à sua intensidade máxima, o ano em ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_{max} por temporal, calculada pela diferença entre o valor de H_{max} do temporal e o valor médio de todos os registros de todos os temporais.

Constata-se que os valores mínimos de H_{max} , $H_{max,Min}$, mantiveram-se praticamente constantes em todos os temporais, não havendo muita dispersão entre si e variando entre 5,5 m e 8,7 m, sendo que 94,1% dos temporais apresenta $H_{max,Min}$ entre 6,0 e 7,5 metros (vd. Quadro A.40).

Os valores médios de H_{max} , $H_{max,Méd}$, variam entre 7,3 m e 10,5 m, sendo que 80,3% dos temporais possui $H_{max,Méd}$ entre 7,5 m e 9,0 metros (vd. Quadro A.41). Observou-se que não houve uma tendência para o aumento nem para a diminuição destes valores. Verifica-se um ligeiro aumento da diferença entre os valores máximos e $H_{max,Méd}$ ao longo dos anos, principalmente em 2013 e 2014, pois nesse período ocorreram quatro temporais de grande intensidade.

Relativamente aos valores máximos de H_{max} por temporal, $H_{max,Máx}$, (já analisado no capítulo 3.2) observou-se uma grande dispersão de valores de temporal para temporal, notando-se um aumento desde 2013 (temporais 81 a 97), devido aos quatro temporais de grande intensidade referidos nos valores médios. Estes quatro temporais estão entre os cinco temporais com o maior $H_{max,Máx}$, ou seja, quatro dos cinco temporais de maior intensidade registados ocorreram entre 2013 e 2014, o que pode indicar um aumento de temporais com valores H_{max} elevados. Ainda em relação aos temporais de maior intensidade, dos cinco temporais mais intensos, que correspondem a um $H_{max,Máx}$ maior que 14 m, quatro ocorreram em Janeiro e um em Fevereiro, e se se analisar os temporais com H_{max} maior que 13 m, 55,5% desses temporais ocorreram em Janeiro, pelo que se pode concluir que Janeiro é o mês em que mais ocorrem temporais de elevada intensidade.

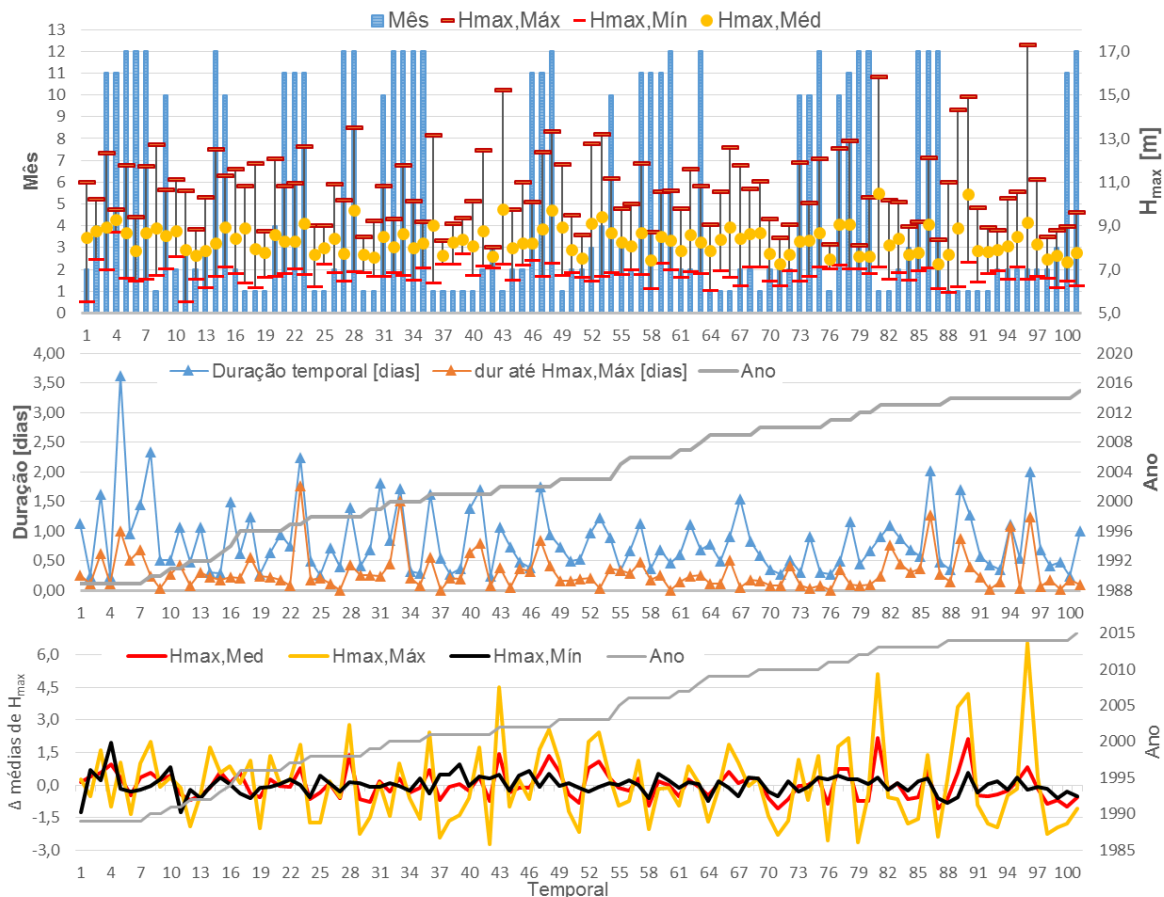


Figura 3.9 - Valores de H_{max} , mês, duração, duração até H_{max} , ano e dispersão

A análise relativa à altura de onda significativa de cada registo, H_s , encontra-se resumida na Figura 3.10, a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_s por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada um, a duração até H_s , o ano em ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_s por temporal, calculada pela diferença entre o valor de H_s do temporal e o seu valor médio.

Verifica-se que os valores mínimos de H_s , $H_{s,Mín}$, não se alteram ao longo dos anos, variando entre 4,5 e 5,2 m, com 79,2% entre 4,5 e 5,5 m (vd. Quadro A.42), e são praticamente constantes, ou seja, apresentam uma dispersão muito pequena. É de notar que $H_s=4.5$ m é o valor correspondente ao critério de início de temporal.

Relativamente aos valores médios de H_s , $H_{s,Méd}$, estes variam entre 4,6 e 6,5 m, com 79,2% dos temporais entre 4,5 e 4,6 m (vd. Quadro A.43), e, à semelhança de H_{max} a diferença entre os os maiores valores médios de H_s e $H_{s,Méd}$ apresenta um ligeiro aumento.

Os valores máximos de H_s variam entre 4,7 e 9,1 m, apresentando uma maior dispersão relativamente aos valores mínimos e médios, um aumento da diferença entre os valores máximos e $H_{max,Méd}$ no decorrer do tempo, e um aumento de $H_{s,Máx}$ desde 2013, o que é explicado pelo facto de em 2013 e 2014 terem ocorrido quatro temporais de grande intensidade, como foi referido anteriormente.

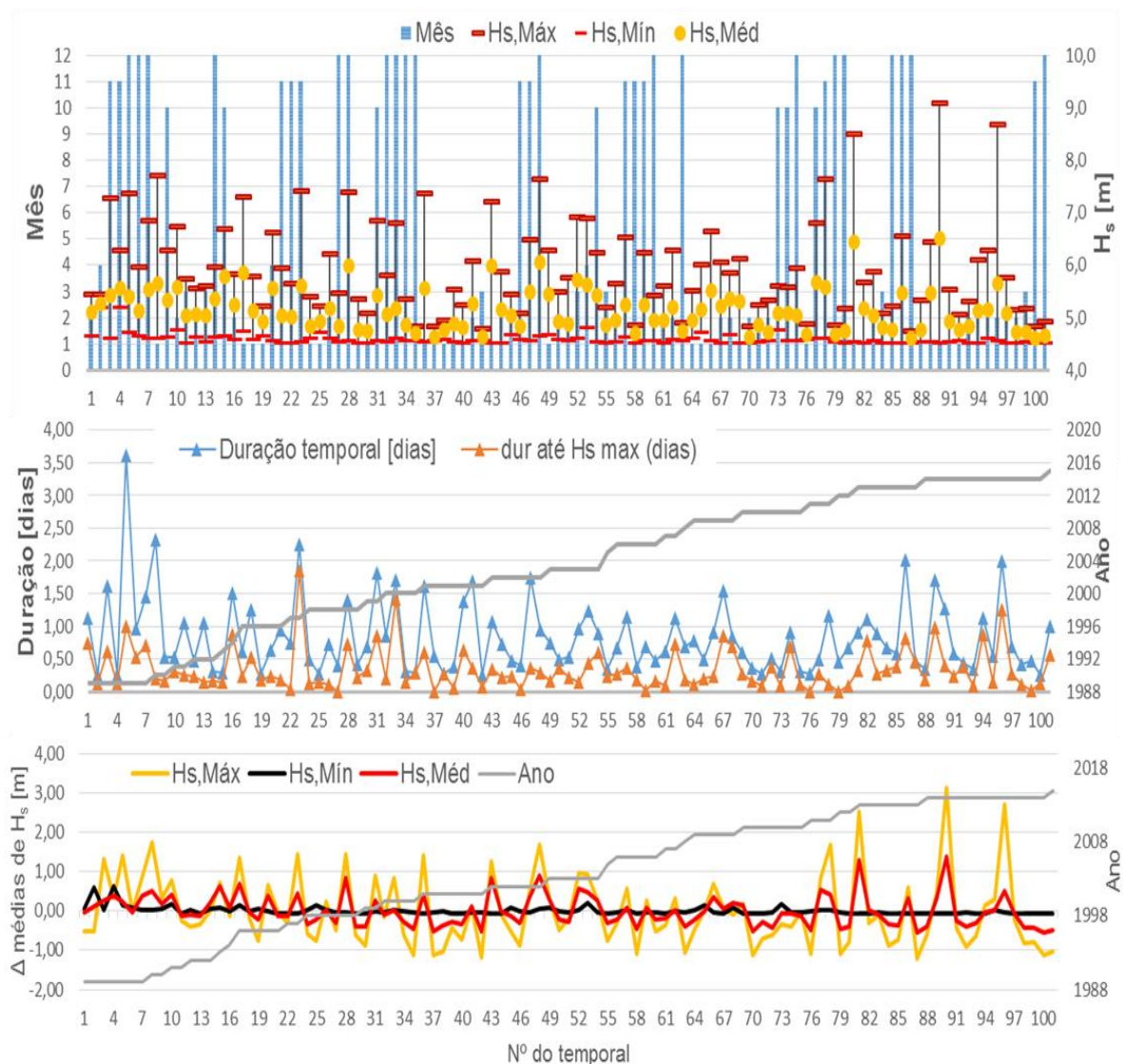


Figura 3.10- Valores de H_s , mês, duração, duração até H_s , ano e dispersão

A análise relativa à relação entre a altura de onda máxima e a altura de onda significativa de cada registo, H_{\max}/H_s , encontra-se resumida na Figura 3.11, a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_{\max}/H_s por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada um, a duração até H_{\max}/H_s , o ano em que ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_{\max}/H_s por temporal, esta calcula-se pela diferença entre o valor de H_{\max}/H_s do temporal e o valor médio de todos os registos de todos os temporais.

Verifica-se que os valores mínimos de H_{\max}/H_s , $H_{\max}/H_{s,\text{Mín}}$, aumentaram ligeiramente ao longo dos anos, variando entre 1,16 e 1,56, com 81,2% entre 1,3 e 1,5 (vd. Quadro A.44), e apresentam uma ligeira diminuição da dispersão desde 2013.

Relativamente aos valores médios de H_{\max}/H_s , $H_{\max}/H_{s,\text{Méd}}$, estes variam entre 1,50 e 1,75, com 70,3% dos temporais entre 1,55 e 1,65 (vd. Quadro A.45), e não apresentam grande variação na sua dispersão.

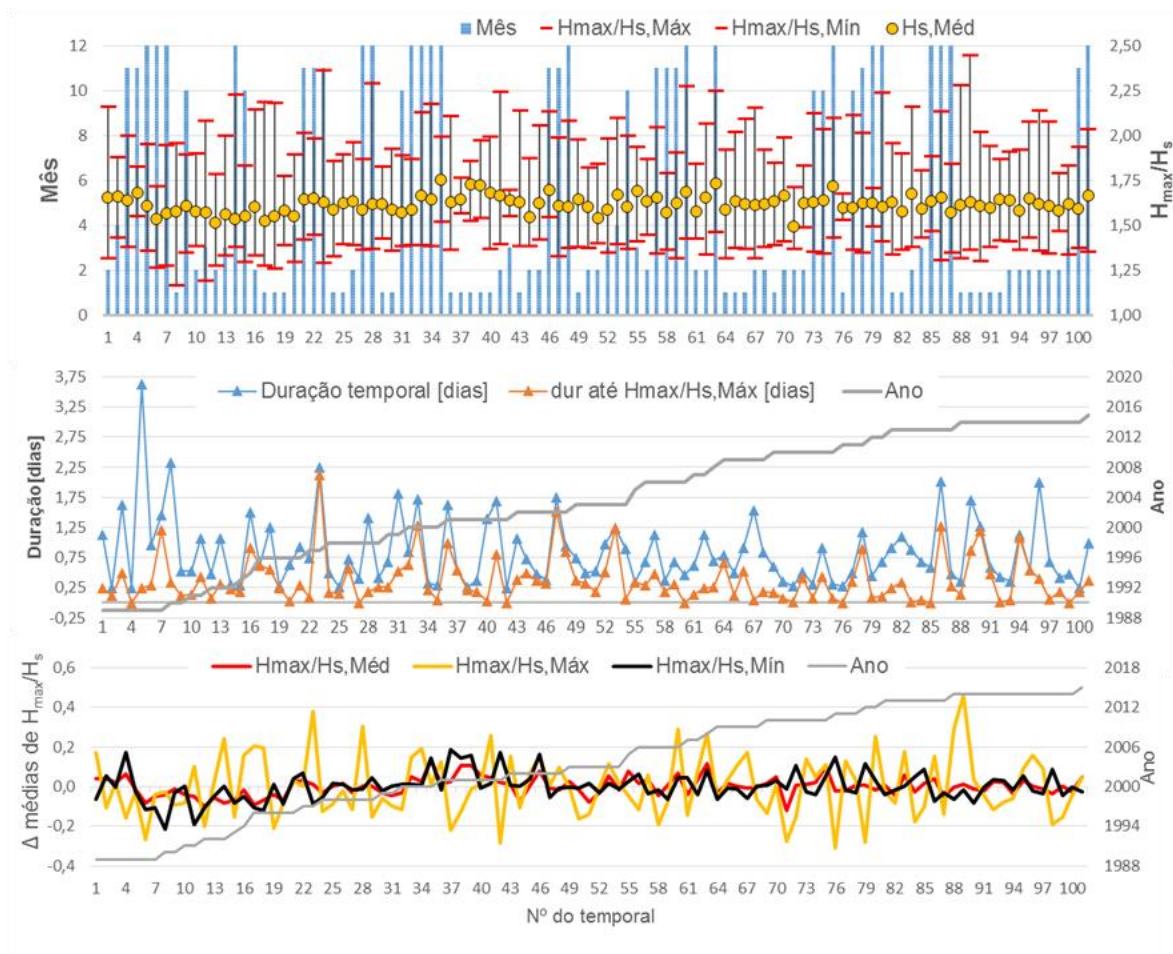


Figura 3.11 - Valores de H_{max}/H_s , mês, duração, duração até H_{max}/H_s , ano e dispersão

3.7 Análise estatística

No presente subcapítulo é realizada a análise das distribuições estatísticas que melhor se ajustam aos parâmetros de H_{max} , H_s , T_p , Direção, Dispersão direcional e H_{max}/H_s para uma amostra de 2913 dados, ou seja, todos os eventos registados em Sines. A Figura 3.12 mostra as duas distribuições que melhor se ajustaram a cada um dos referidos parâmetros e o Quadro 3.1 apresenta os valores dos parâmetros das duas distribuições que melhor se ajustam selecionadas pelo critério de informação Bayesiano.

Os valores de H_{max} , T_z e H_{max}/H_s ajustam-se melhor à distribuição *Generalized Extreme Value*, sendo o primeiro do tipo *Frechet* e os dois últimos do tipo *Weibull*. Os valores de H_s ajustam-se melhor à distribuição *Generalized Pareto* que tem uma forma exponencial e cuja extremidade é finita pois o parâmetro de forma é negativo ($k = -0,1946$), a segunda distribuição a que estes se ajustam melhor é a GEV do tipo *Frechet*. Os valores da direção ajustam-se melhor à distribuição *Extreme Value*. Por fim, os valores da dispersão direcional ajustam-se melhor à distribuição *Loglogistic*, seguida da distribuição GEV do tipo *Frechet*.

Pode-se concluir que a distribuição GEV é a que melhor se ajusta aos parâmetros da agitação marítima em Sines em condições de temporal, à exceção da direção.

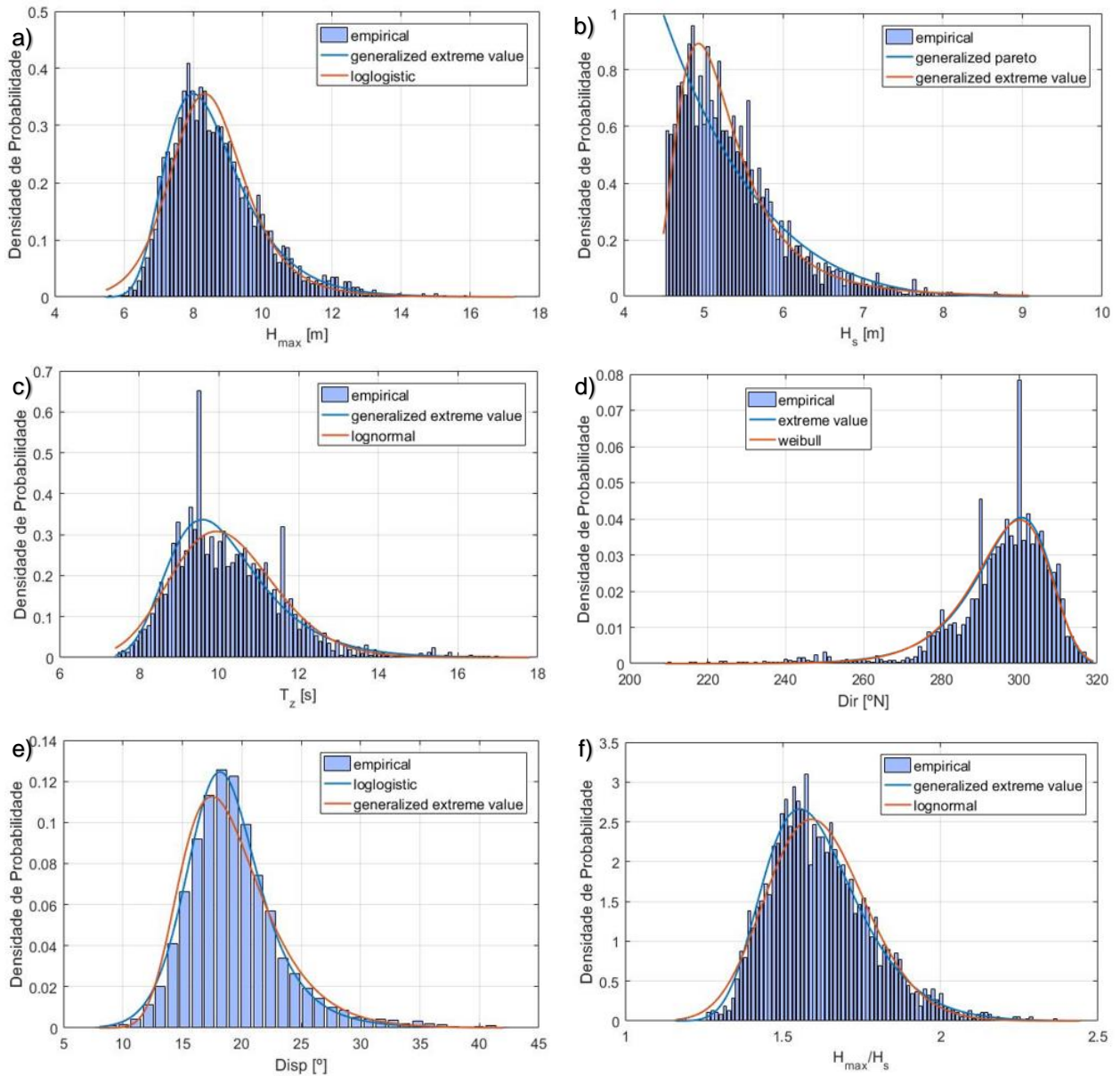


Figura 3.12 - Análise estatística dos temporais de Sines para os parâmetros: a) H_{max} ; b) H_s ; c) T_z ; d) Dir; e) Disp; g) H_{max}/H_s

Quadro 3.1- Análise estatística dos temporais de Sines

Variável	Distribuição	Parâmetros		
H _{max}	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	k	Forma	0,0187
		σ	Escala	1,0341
		μ	Posição	8,0104
	loglogistic	μ _{log}	média do logaritmo	2,1345
		σ	Escala	0,0837
H _s	generalized pareto	k	Forma	-0,1946
		σ	Escala	1,0052
		θ	Limite	4,5
	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	k	Forma	0,1999
		σ	Escala	0,4196
		μ	Posição	5,0127
T _z	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	k	Forma	-0,0123
		σ	Escala	1,0928
		μ	Posição	9,5778
	lognormal	μ _l	média do logaritmo	2,3133
		σ	Escala	0,1292
Dir	extreme value	μ	Posição	300,5853
		σ	Escala	9,1170
	weibull	A	Escala	300,4189
		B	Forma	32,4167
Disp	loglogistic	μ _{log}	média do logaritmo	2,9239
		σ	Escala	0,1091
	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	k	Forma	-0,0354
		σ	Escala	3,2683
		μ	Posição	17,3724
H _{max} /H _s	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	k	Forma	-0,0744
		σ	Escala	0,1386
		μ	Posição	1,5438
	lognormal	μ _l	média do logaritmo	0,4740
		σ	Escala	0,0985

4. Análise das características dos temporais ocorridos em Faro entre 1986 e 2015

O presente capítulo apresenta o estudo realizado para os dados obtidos pela boia de Faro entre Setembro de 1986 e Dezembro de 2015, tendo-se verificado a ocorrência de 177 temporais. À semelhança do capítulo 3, são analisadas neste capítulo as características gerais, os valores máximos de H_{max} , H_s e H_{max}/H_s , as tendências observadas e a variabilidade de todos os temporais. São ainda apresentadas as funções que melhor se adaptam aos parâmetros de H_{max} , H_s , T_p , Direção, Dispersão direcional e H_{max}/H_s para o total de eventos de temporal registados em Faro.

4.1 Características gerais

O resumo dos valores gerais de alguns parâmetros de cada um dos 177 temporais ocorridos em Faro no período em análise é apresentado na Figura 4.1.

No presente texto, os temporais com direção média inferior a 180° N são designados por temporais de levante, e os temporais com direção média superior ou igual a 180° N são designados por temporais atlânticos e são analisados separadamente já que podem apresentar características diferentes. Efetivamente, o mar de levante ou de SE (direção média inferior a 180°) está associado à ocorrência de vento de leste na região a SE do Algarve entre o Estreito de Gibraltar e o Golfo de Cadiz. Já o mar de SW (direção média superior a 180°) ocorre associado a ondulação proveniente do Atlântico Norte. O número total de temporais registados em Faro por ano variou entre 0, em 1993, e 17, em 1996 (vd. Figura 4.1a). Existiram 8 anos em que se registaram mais de 8 temporais e 6 anos em que se registaram 2 ou menos temporais. Não se verifica uma tendência de aumento ou diminuição de temporais nos anos em estudo.

Ocorreram 113 temporais com $Dir_{Méd} \geq 180^\circ$ N e 64 temporais $Dir_{Méd} < 180^\circ$ N. O máximo de temporais Atlânticos registados no mesmo ano foi de 15 temporais enquanto o máximo de temporais de levante registados foi de 5 temporais.

A média da altura significativa de onda para os temporais de levante variou entre 2,6 e 4,1 m, com uma média de 3,0 m e para os temporais atlânticos variou entre 2,6 e 5,0 m, com uma média de 3,1 m (vd. Quadro B.1). De todos os temporais, em 87, 37 de levante e 50 atlânticos, registaram valores de $H_{s,Méd}$ entre 2,5 e 3,0m, e em 75, 24 de levante e 51 atlânticos, registaram valores entre 3,0 e 3,5 m (vd. Quadro B.2 e Figura 4.1b).

Os valores de $T_{z,Méd}$ para os temporais de levante variam entre 5,8 e 7,0 s, com uma média de 6,3 s, enquanto para os temporais atlânticos são ligeiramente superiores, variando entre 6,0 e 8,2 s, com uma média de 6,9 s (vd. Quadro B.1). É possível verificar que os valores de $T_{z,Méd}$ dos temporais atlânticos são maiores que os dos temporais de levante, o que resulta da zona onde é gerada a agitação, como foi referido anteriormente. Os valores de $T_{z,Méd}$ têm tendência a aumentar de valor com o aumento de

$H_{s,Méd}$ e a tender para o intervalo entre 6,5 e 7,0 s no caso dos temporais de levante e para o intervalo de 7,5 e 8,0 s no caso dos temporais atlânticos (vd. Quadro B.3 e Figura 4.1c).

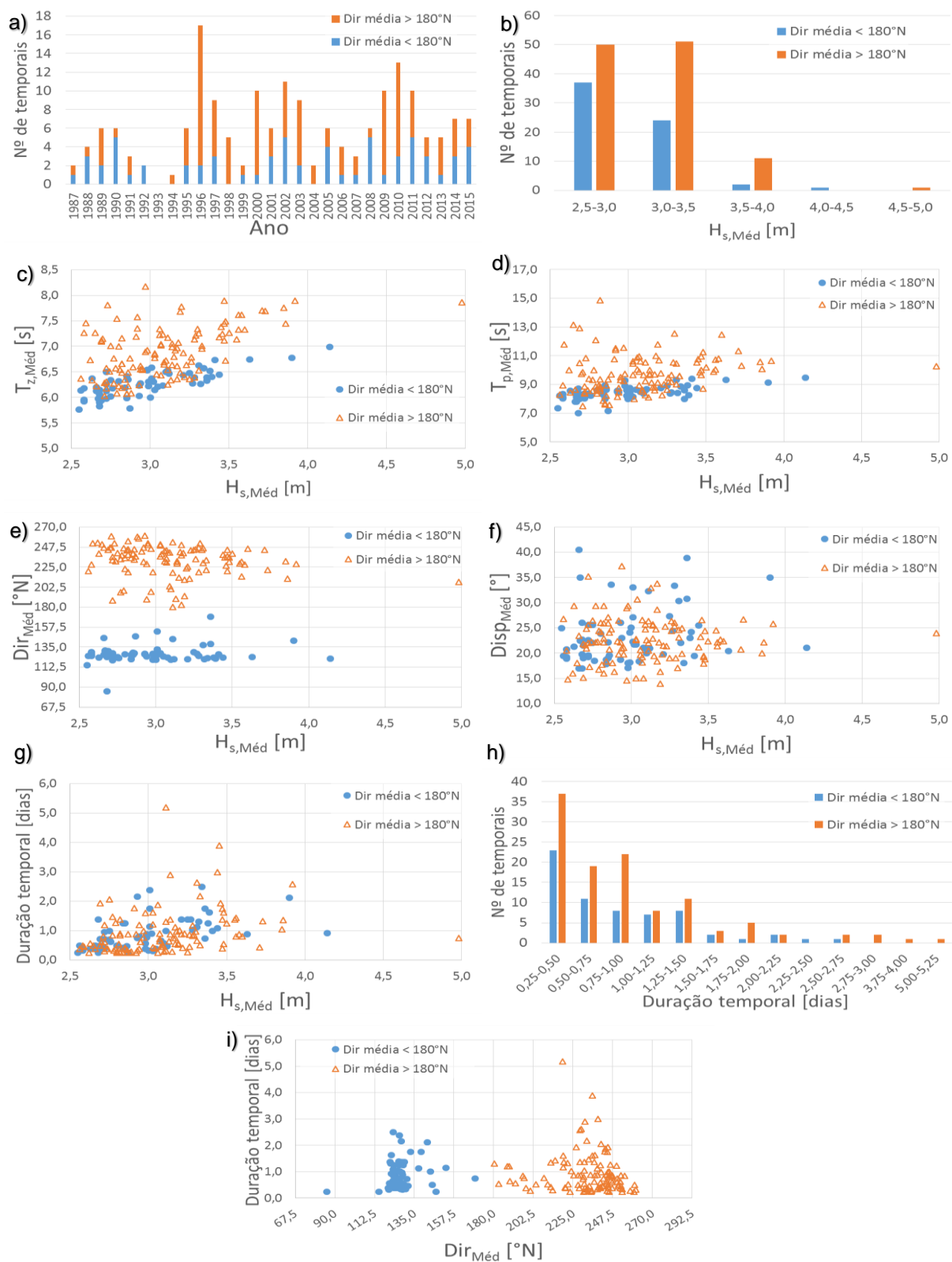


Figura 4.1 - Parâmetros gerais dos 177 temporais registados em Faro entre 1987 e 2015: a) número de temporais por ano; b) $H_{s,Méd}$: número de temporais; c) $T_{z,Méd}$; d) $T_{p,Méd}$; e) direção média; f) dispersão média; g) duração do temporal vs. $H_{s,Méd}$; h) duração tempo

Os valores de $T_{p,Méd}$, para os temporais de levante variam entre 7,0 e 9,5 s, com uma média de 8,4 s, e, para os temporais atlânticos estes valores são superiores, variando entre 7,5 e 14,9 s, com uma média de 9,7 s (vd. Quadro B.1). 82,8% dos temporais de levante possuem valores de $T_{p,Méd}$ entre 8 e 9 s, enquanto 29,2 e 28,3% dos temporais atlânticos possuem valores de $T_{p,Méd}$ entre 8 e 9 s, e 9 e 10s, respetivamente. À semelhança de $T_{z,Méd}$, os valores de $T_{p,Méd}$ dos temporais atlânticos têm uma gama de valores maior que os dos temporais de levante, apresentando também valores maiores. Os valores de $T_{p,Méd}$ tendem para o intervalo entre 9 e 11 s quando se incrementa $H_{s,Méd}$ (vd. Quadro B.4 e Figura 4.1d).

Os valores da direção média, para os temporais de levante, variam entre 85,3 e 169,3°N com uma média de 127,5°N e para os temporais atlânticos variam entre 180,3 e 260,5°N com uma média de 233,1°N (vd. Quadro B.1). Como referido, ocorreram 64 (36,2%) temporais com $Dir_{Méd}$ inferior a 180°N, que têm origem na região do Atlântico a SE do Algarve, em especial no Estreito de Gibraltar, e 113 (63,8%) temporais com $Dir_{Méd}$ igual ou superior a 180°N, que têm origem no Atlântico Norte. Dos temporais de levante, 85,9% têm uma $Dir_{Méd}$ entre 112,5 (Lés-Sudeste) e 135,0°N (Sudeste), e, dos temporais atlânticos, 61,9% têm uma $Dir_{Méd}$ entre 225,0 (Sudoeste) e 247,5°N (Oés-Sudoeste). Os temporais de levante não apresentam uma relação clara entre os valores de $Dir_{Méd}$ e $H_{s,Méd}$, mas os valores da $Dir_{Méd}$ encontram-se bastante concentrados em torno do seu valor médio. Para os temporais atlânticos os valores da $Dir_{Méd}$ tendem para 225,0°N quando se aumenta $H_{s,Méd}$ (vd. Quadro B.5 e Figura 4.1e).

Os valores da dispersão direcional média, para os temporais de levante, variam entre 17,0 e 40,5°, com uma média de 23,4°, e, para os temporais atlânticos, variam entre 14,0 e 37,2°, com uma média de 22,7° (vd. Quadro B.1). 29,4% e 40,7% dos temporais apresenta valores de $Disp_{Méd}$ entre 15 e 20°, e, 20 e 25°, respetivamente. Não se verifica nenhuma diferença entre os valores de $Disp_{Méd}$ dos temporais de levante e dos atlânticos, nem nenhuma relação entre estes e $H_{s,Méd}$ (vd. Quadro B.6 e Figura 4.1f).

As durações dos temporais registados para os temporais de levante variam entre 0,25 e 2,50 dias, com uma média de 0,85 dias, e, para os temporais atlânticos, variam entre 0,25 e 5,19 dias, com uma média de 0,93 dias (vd. Quadro B.7). Não se verifica nenhuma relação entre as durações dos temporais e os valores de $H_{s,Méd}$ (vd. Figura 4.1g). 67,8% dos temporais tiveram durações inferiores a 1 dia, não havendo nenhuma diferença significativa entre os temporais de levante e os atlânticos, apenas os últimos registaram as maiores durações (vd. Quadro B.8 e Figura 4.1h).

Existe uma relação clara entre as $Dir_{Méd}$ dos temporais e as durações destes que varia entre os temporais atlânticos e de levante. Para os temporais de levante, os temporais de maior duração têm direções médias no intervalo entre 112,5 e 135,0°N. Para os temporais atlânticos, as durações máximas registadas ocorrem para agitação com direções médias entre 225,0 e 247,5°N e as durações diminuem quando as direções rodam mais para S (vd. Figura 4.1i).

Um resumo dos valores gerais registados de alguns parâmetros por mês é apresentado na Figura 4.2.

Observa-se na Figura 4.2a que os meses com mais temporais foram Dezembro, Março, Fevereiro, Janeiro e Novembro com 45, 31, 25, 19 e 19 temporais, respetivamente. Em Abril e Outubro foram

registados 17 e 16 temporais, respetivamente, em Maio foram registados apenas 3 temporais e em Junho e Setembro somente 1 temporal. Março foi o mês em que se registaram mais temporais de levante, mais 8 temporais que em qualquer outro mês, seguido de Fevereiro, enquanto Dezembro foi o mês em que se registaram mais temporais atlânticos, mais 20 temporais do que qualquer outro mês, seguido de Novembro e Outubro (vd. Quadro B.9).

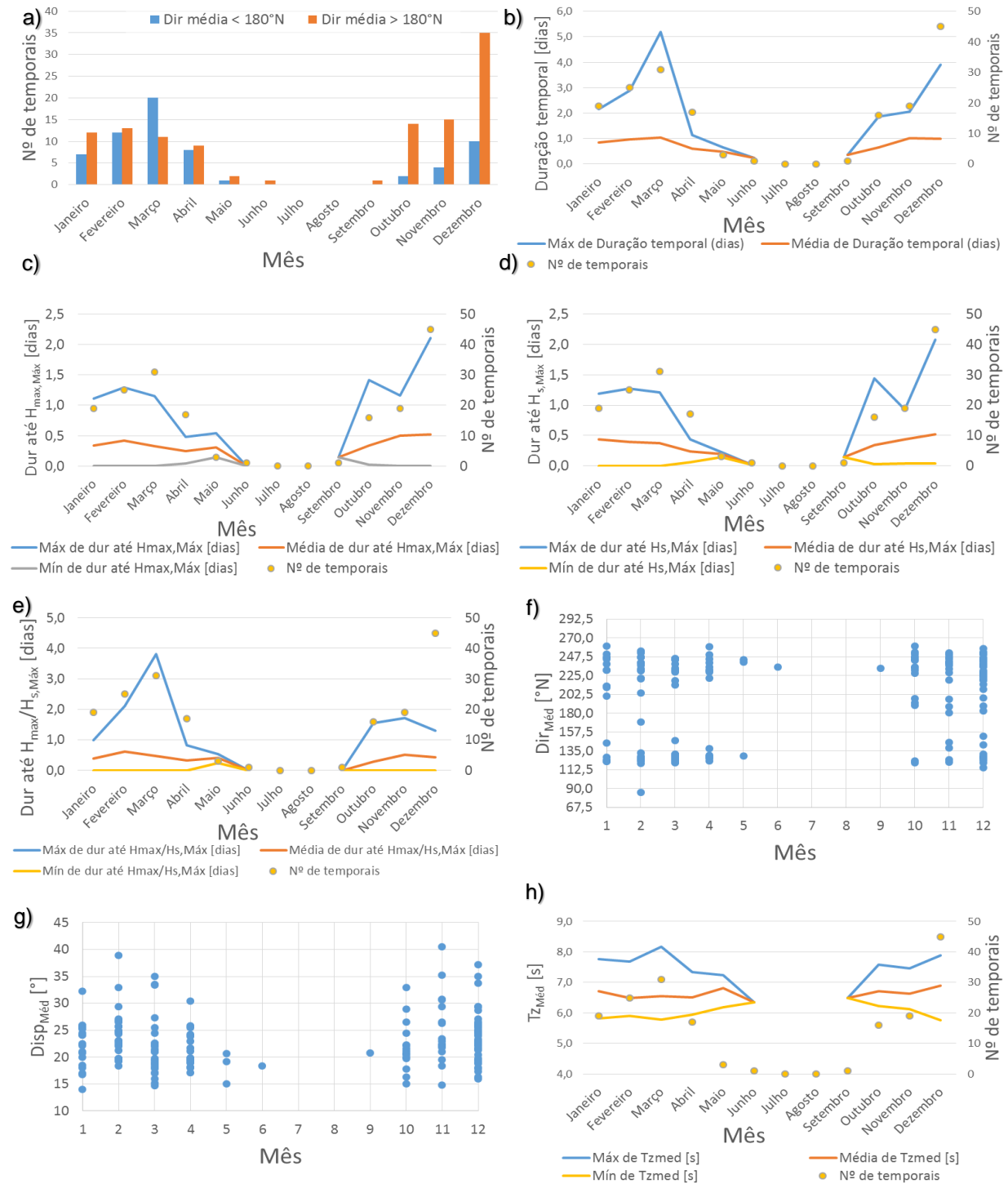


Figura 4.2 - Parâmetros gerais dos 177 temporais registados em Faro entre 1987 e 2015 por meses: a) número de temporais; b) duração temporal; c) tempo até ser atingido $H_{max,Máx}$; d) tempo até ser atingido $H_{s,Máx}$; e) tempo até ser atingido $H_{max}/H_{s,Máx}$; f) direção média; g) dispersão média; h) $T_{z,Méd}$

Os meses que apresentaram temporais com maiores durações foram Março, Dezembro, Novembro, Fevereiro e Janeiro. Março apresenta o temporal com maior duração, mas a sua duração média é bastante inferior a esse valor máximo, o que significa que neste mês também se registaram bastantes temporais com durações relativamente pequenas. Dezembro apresenta uma média de duração de temporal semelhante à de Março, mas apresenta um número maior de temporais registados e um máximo de duração inferior, o que significa que se registaram mais temporais de duração maior do que no mês de Março. Os meses de Abril, Maio, Junho e Setembro apresentam as menores durações médias e os números de ocorrências de temporais mais baixos, o que indica que os poucos temporais que ocorreram nestes meses são, na sua maioria, de curta duração (vd. Figura 4.2b e

Quadro B.10).

A máxima duração entre o início do temporal e o momento em que o temporal atinge a sua intensidade máxima é maior nos meses de Dezembro, Outubro e Fevereiro. Os meses em que se registaram mais temporais com durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ inferiores a 2 horas foram Março, Fevereiro, Outubro e Dezembro. 13,0% dos temporais demoraram menos de 2 horas a atingir a sua intensidade máxima, o que significa que em 87,0% dos temporais houve um tempo de pelo menos 2 horas desde o seu início até à sua intensidade máxima (vd. Figura 4.2c e Quadro B.11).

Dezembro é o mês em que se registaram as quatro maiores durações até $H_{s, \text{Máx}}$, seguido de Outubro e Fevereiro. Abril tem a maior percentagem de temporais registados com durações até $H_{s, \text{Máx}}$ inferiores a 0,2 dias, 47,1%, embora Dezembro e Março tenham registado mais temporais com durações até $H_{s, \text{Máx}}$ inferiores a 0,2 dias, 14 e 10, respetivamente (vd. Figura 4.2d e Quadro B.12).

Março registou a máxima duração até $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$ seguido de Fevereiro. Fevereiro e Novembro apresentam os maiores valores médios de $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$, enquanto Junho e Setembro apresentam os menores valores médios deste parâmetro (vd. Figura 4.2e e Quadro B.13).

A direção média, quando se aproxima dos meses de Verão, tende para $135,0^\circ\text{N}$ nos temporais de levante e para $225,0^\circ\text{N}$ nos temporais atlânticos e torna-se mais dispersa nos meses de inverno (vd. Figura 4.2f e Quadro B.14).

A dispersão média não apresenta uma relação clara com o mês em que ocorre o temporal (vd. Figura 4.2g).

Março, Dezembro, Janeiro e Outubro apresentam os maiores valores máximos de $T_{z, \text{Méd}}$, mas o seu valor médio não apresenta variação significativa entre os meses de setembro a maio (vd. Figura 4.2h).

Os valores máximos, médios e mínimos de $H_{\max, \text{Máx}}$, de $H_{s, \text{Máx}}$ e $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$ são expostos na Figura 4.3.

Da análise desta figura verifica-se que Janeiro, Dezembro e Março apresentam os maiores valores de $H_{\max, \text{Máx}}$, contendo 12 dos 14 temporais registados com $H_{\max, \text{Máx}}$ superior a 8,5 m, com 3, 5 e 4 temporais, respetivamente, e, apresentam também os maiores valores médios de $H_{\max, \text{Máx}}$, sendo claro que estes meses, principalmente Dezembro e Março, apresentam registados muitos temporais com intensidades fracas e muitos temporais com intensidades fortes (vd. Figura 4.3a e Quadro B.15). Observa-se também que os meses mais próximos do Verão, isto é, Setembro, Abril e Maio, apresentam intensidades mais

fracas, ou seja, valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ menores que os meses de inverno, principalmente, Dezembro, Março e Janeiro.

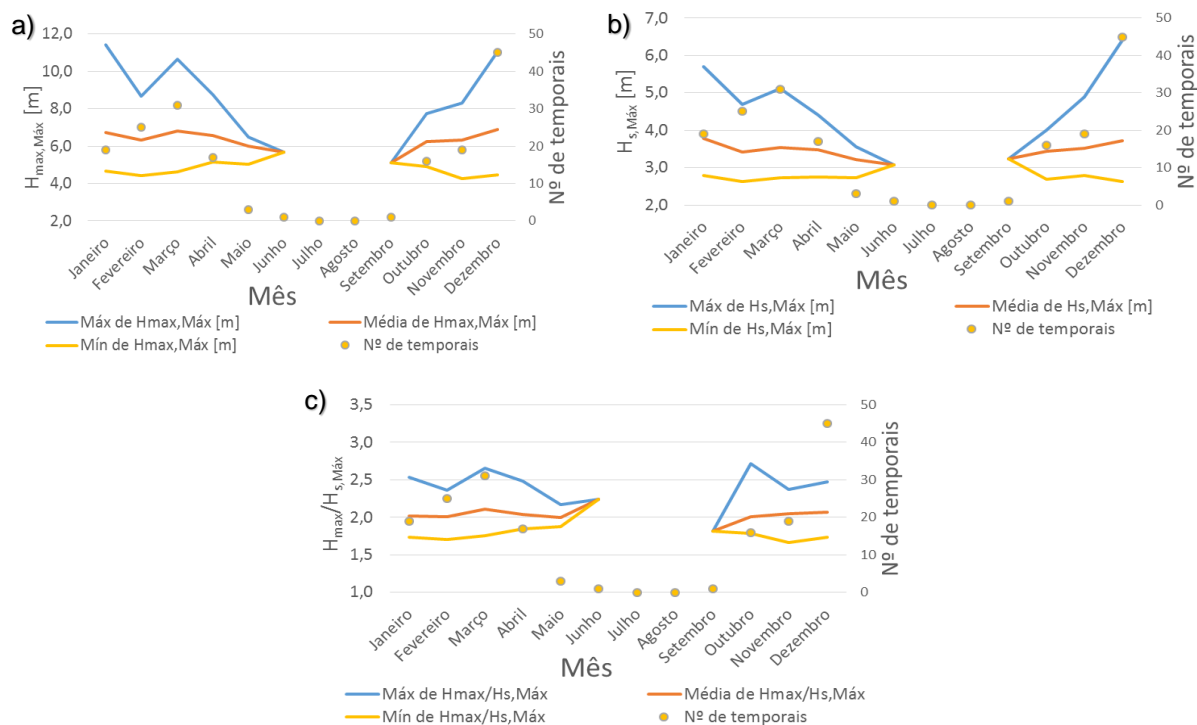


Figura 4.3 - Valores máximos, médios e mínimos por mês de: a) $H_{\max, \text{Máx}}$; b) $H_{s, \text{Máx}}$; c) $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$

À semelhança de $H_{\max, \text{Máx}}$, os meses com os maiores valores máximos e médios de $H_{s, \text{Máx}}$ são Dezembro, Janeiro e Março, e verifica-se que quanto mais próximo do Verão, menores são os valores de $H_{s, \text{Máx}}$, (vd. Figura 4.3b e Quadro B.16).

Outubro e Março são os meses em que se registaram os maiores valores máximos de $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$, mas a média dos valores de $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$ registados não se diferencia muito consoante o mês, ou seja, os valores de $H_{\max}/H_{s, \text{Máx}}$ não têm uma relação clara com os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ e de $H_{s, \text{Máx}}$ (vd. Figura 4.3c e Quadro B.17).

4.2 Valores máximos da altura de onda máxima

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{\max} está resumida na Figura 4.4.

Os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$, para os temporais de levante variam entre 4,4 e 10,6 m com uma média de 6,4 m, e, para os temporais atlânticos variam entre 4,3 e 11,4 m com uma média de 6,7 m (vd. Quadro B.18). 78,0% de todos os temporais registados apresentam valores de $H_{\max, \text{Máx}}$ compreendidos entre 5 e 8 m (vd. Quadro B.19). Não se observa diferença entre os temporais de levante e os temporais atlânticos no que respeita os valores de $H_{\max, \text{Máx}}$, isto é, apresentam uma distribuição de valores equivalente (vd. Figura 4.4a).

Os valores de T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$, para os temporais de levante variam entre 5,7 e 7,6 s com média de 6,5 s, e, para os temporais atlânticos variam entre 5,5 e 8,9 s com uma média de 7,0 s (vd. Quadro B.18). Em 73,4% dos temporais de levante os valores de T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$ estão compreendidos entre 6,0 e 7,0

s e em 74,3% dos temporais atlânticos estão compreendidos entre 6,0 e 7,5 s (vd. Quadro B.20). Analisando estes valores médios e a Figura 4.4b, verifica-se, mais uma vez, que os valores de T_z , neste caso associados a $H_{\max, \text{Máx}}$, dos temporais atlânticos são geralmente maiores que os dos temporais de levante, sendo que, os maiores valores de T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$ registados correspondem a temporais atlânticos. Os valores de T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$ aumentam com o aumento do valor de $H_{\max, \text{Máx}}$, observando-se esta tendência em ambos os tipos de temporais.

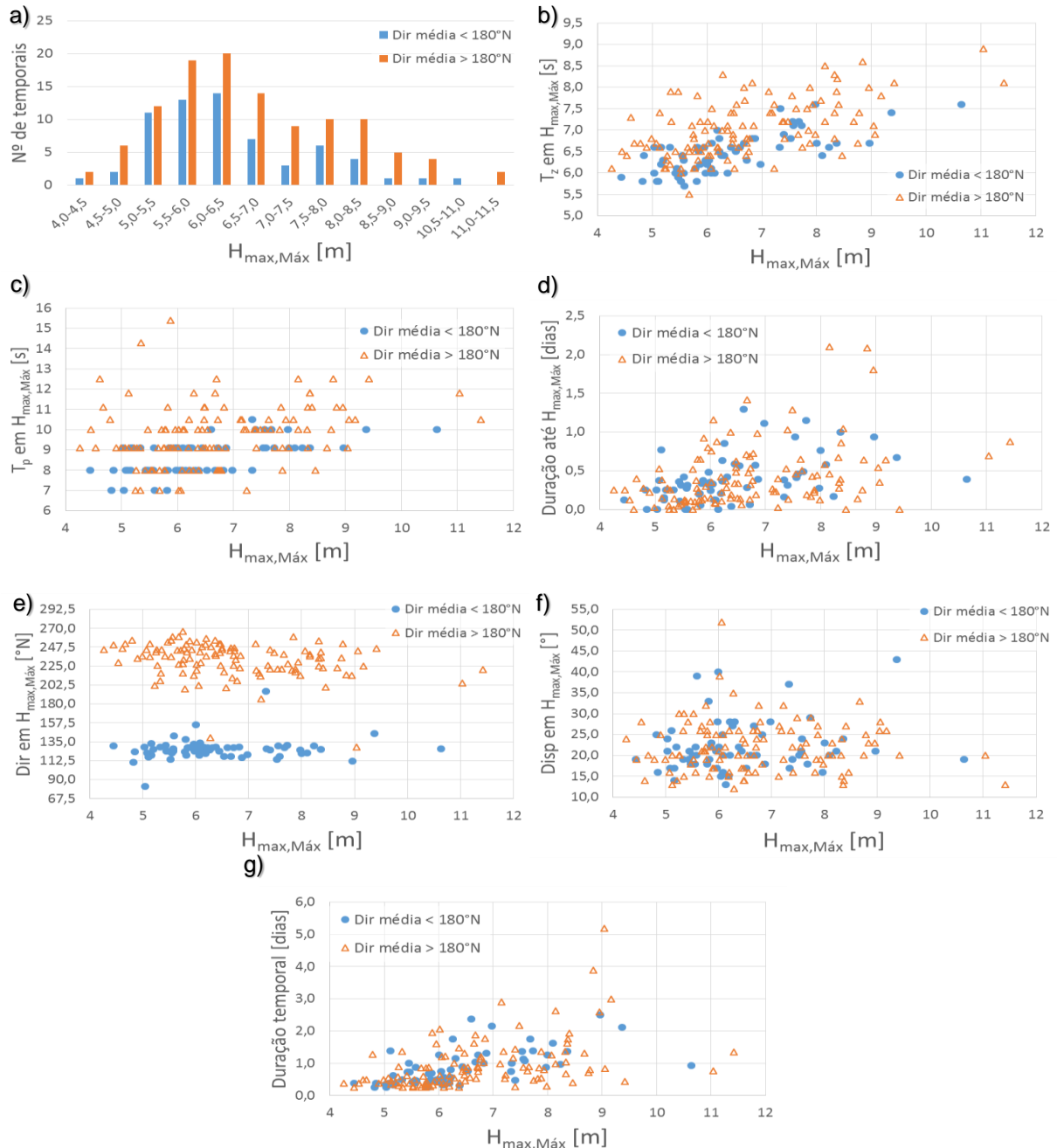


Figura 4.4 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{\max} : a) número de temporais; b) T_z em $H_{\max, \text{Máx}}$; c) T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$; d) duração até $H_{\max, \text{Máx}}$; e) direção em $H_{\max, \text{Máx}}$; f) dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$; g) duração temporal

Os valores de T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$ para os temporais de levante variam entre 7,0 e 10,5 s com média de 8,6 s e para os temporais atlânticos variam entre 7,0 e 15,4 s com uma média de 9,7 s (vd. Quadro B.18).

Em 81,3% dos temporais de levante os valores de T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$ estão compreendidos entre 8,0 e 10,0 s e em 72,6% dos temporais atlânticos estão compreendidos entre 9,0 e 12,0 s (vd. Quadro B.21). Os temporais atlânticos apresentam os maiores valores de T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$ registados, sendo geralmente maiores que os valores dos temporais de levante. Não existe uma relação clara entre T_p em $H_{\max, \text{Máx}}$ e $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 4.4c).

As durações até $H_{\max, \text{Máx}}$, para os temporais de levante, variam entre 0,00 e 1,29 dias com média de 0,38 dias e, para os temporais atlânticos, variam entre 0,00 e 2,10 dias com média de 0,41 dias (vd. Quadro B.18). Os temporais de levante e os atlânticos apresentam uma distribuição de valores equivalente, apresentando 67,2% e 62,8%, respetivamente, uma duração até $H_{\max, \text{Máx}}$ inferior a 0,4 dias (vd. Quadro B.22). Os valores das maiores durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ aumentam com o aumento de $H_{\max, \text{Máx}}$ até este atingir 9 m. Após este valor o mesmo já não se verifica, mas as ocorrências são poucas para se poder determinar uma tendência (vd. Figura 4.4d).

As direções em $H_{\max, \text{Máx}}$, para os temporais de levante variam entre 82,0 e 195,0°N com média de 126,3°N, e, para os temporais atlânticos variam entre 129,0 e 266,0°N com média de 232,6°N (vd. Quadro B.18). À exceção de 3 temporais, os temporais de levante têm uma direção em $H_{\max, \text{Máx}}$ inferior a 180°N e os temporais atlânticos têm uma direção em $H_{\max, \text{Máx}}$ igual ou superior a 180°N. A direção em $H_{\max, \text{Máx}}$ está compreendida entre 112,5 e 135,0°N e entre 225,0 e 247,5°N em 87,5% dos temporais de levante e em 50,4% dos temporais atlânticos, respetivamente. Os temporais de levante apresentam valores bastante mais concentrados num intervalo, entre 135 e 157,5°N, que os temporais atlânticos (Quadro B.23 e Figura 4.4e). Não existe uma relação clara entre a direção em $H_{\max, \text{Máx}}$ e $H_{\max, \text{Máx}}$.

A dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$, para os temporais de levante, varia entre 13,0 e 43,0° com média de 22,1° e, para os temporais atlânticos, varia entre 12,0 e 52,0° com média de 22,13° (vd. Quadro B.18). Os valores da dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$ apresentam uma distribuição equivalente entre os temporais de levante e atlânticos, estando compreendidos entre 15,0 e 25,0° em 70,0% dos casos (vd. Quadro B.24). Não existe uma relação clara entre a dispersão em $H_{\max, \text{Máx}}$ e $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 4.4f).

Os maiores valores da duração total dos temporais aumentam com o aumento do valor de $H_{\max, \text{Máx}}$, até este chegar aos 9,5 m. Para valores superiores a este a duração máxima diminui, com um máximo de 3,8 dias, mas existem poucas ocorrências para se determinar uma tendência (vd. Figura 4.4g).

4.3 Valores máximos da altura de onda significativa

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s está resumida na Figura 4.5.

Os valores de $H_{s, \text{Máx}}$, para os temporais de levante, variam entre 2,6 e 5,3 m com uma média de 3,4 m, e, para os temporais atlânticos variam entre 2,6 e 6,4 m com uma média de 3,6 m (vd. Quadro B.25). 78,0% de todos os temporais registados apresentam valores de $H_{s, \text{Máx}}$ compreendidos entre 2,5 e 4 m (vd. Quadro B.26). No que respeita os valores de $H_{s, \text{Máx}}$ os temporais de levante e os temporais atlânticos apresentam uma distribuição de valores equivalente (vd. Figura 4.5a) exceto para maiores valores de $H_{s, \text{Máx}}$ superiores a 5,3 m, onde apenas ocorrem temporais atlânticos.

Os valores de T_z em $H_{s,M\acute{a}x}$, para os temporais de levante, variam entre 5,8 e 7,6 s com média de 6,6 s, e, para os temporais atlânticos variam entre 6,0 e 9,2 s com uma média de 7,2 s (vd. Quadro B.25). Em 78,1% dos temporais de levante os valores de T_z em $H_{s,M\acute{a}x}$ estão compreendidos entre 6,0 e 7,0 s e em 68,1% dos temporais atlânticos estão compreendidos entre 6,5 e 8,0 s (vd. Quadro B.27). Analisando os valores médios e a Figura 4.5b verifica-se que os valores de T_z em $H_{s,M\acute{a}x}$ dos temporais atlânticos são geralmente maiores que os dos temporais de levante e que os maiores valores de T_z em $H_{s,M\acute{a}x}$ registados pertencem aos temporais atlânticos, aumentando com o aumento do valor de $H_{s,M\acute{a}x}$.

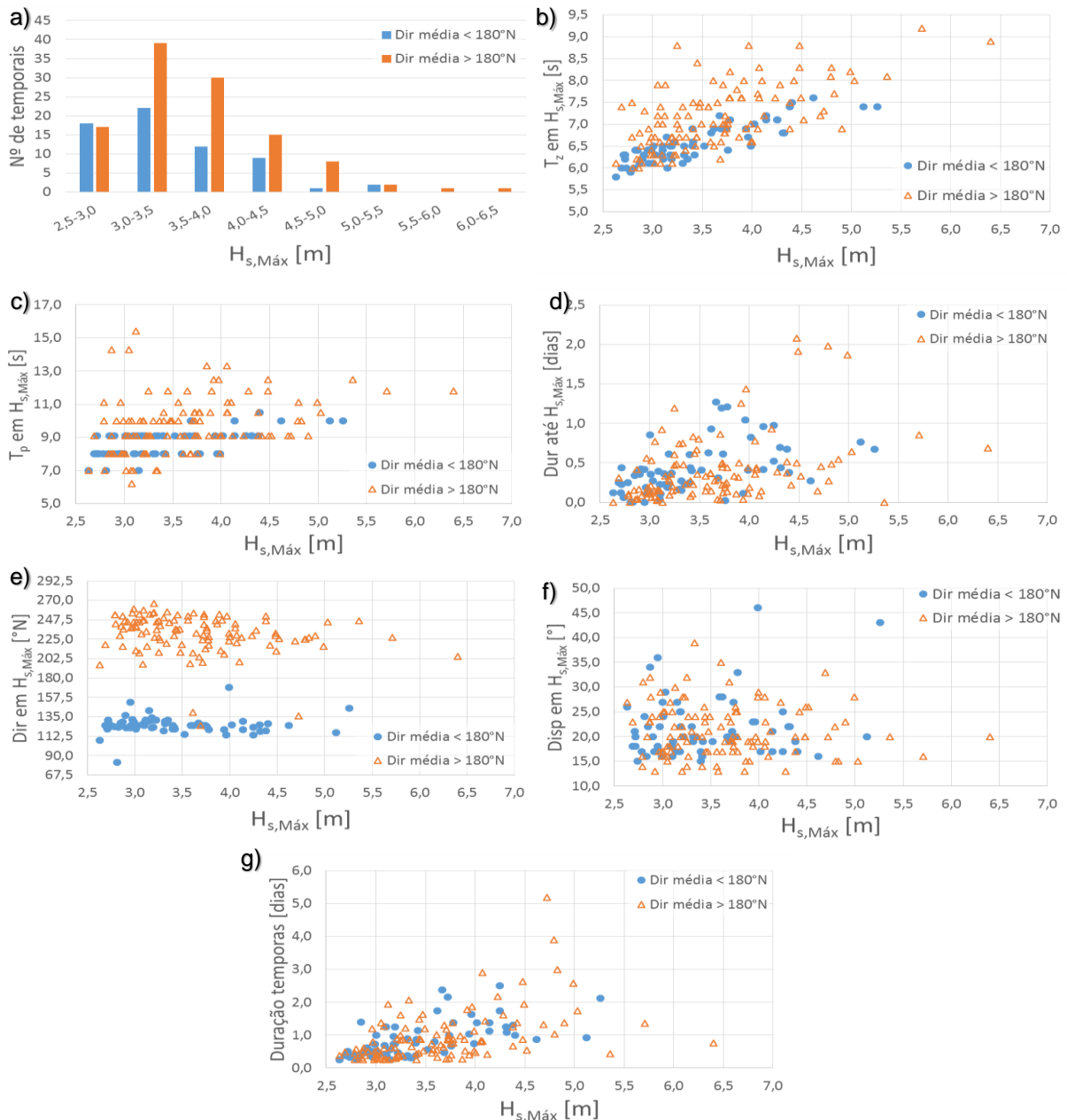


Figura 4.5 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_s : a) número de temporais; b) T_z em $H_{s,M\acute{a}x}$; c) T_p em $H_{s,M\acute{a}x}$; d) duração até $H_{s,M\acute{a}x}$; e) direção em $H_{s,M\acute{a}x}$; f) dispersão em $H_{s,M\acute{a}x}$; g) duração temporal

Os valores de T_p em $H_{s,M\acute{a}x}$ para os temporais de levante variam entre 7,0 e 10,5 s com média de 8,6 s, e, para os temporais atlânticos variam entre 6,2 e 15,4 s com uma média de 9,7 s (vd. Quadro B.25). Em 86,8% dos temporais de levante os valores de T_p em $H_{s,M\acute{a}x}$ estão compreendidos entre 8,0 e 10,0

s e em 70,0% dos temporais atlânticos estão compreendidos entre 9,0 e 12,0 s, mostrando que os valores dos temporais atlânticos se encontram mais dispersos que os dos temporais de levante (vd. Quadro B.28). Os temporais atlânticos apresentam os maiores valores de T_p em $H_{s,Máx}$ registrados, sendo geralmente maiores que os valores dos temporais de levante. Os valores de T_p em $H_{s,Máx}$ tendem para o intervalo entre 11 e 12 s quando se incrementa $H_{s,Máx}$ (vd. Figura 4.5c).

As durações até $H_{s,Máx}$, para os temporais de levante, variam entre 0,00 e 1,27 dias com média de 0,42 dias e, para os temporais atlânticos, variam entre 0,00 e 2,08 dias com média de 0,40 dias (vd. Quadro B.25). Os temporais de levante e os atlânticos apresentam uma distribuição de valores equivalente, apresentando 73,5% e 80,5%, respetivamente, uma duração até $H_{s,Máx}$ inferior a 0,6 dias (vd. Quadro B.29). Os valores das maiores durações até $H_{s,Máx}$ aumentam com o aumento de $H_{s,Máx}$, até este atingir 5 m, após este valor o mesmo já não se verifica, mas tratam-se de apenas 6 temporais (vd. Figura 4.5d).

As direções em $H_{s,Máx}$, para os temporais de levante, variam entre 82,0 e 169,0°N, com média de 125,6°N e, para os temporais atlânticos, variam entre 125,0 e 266,0°N com média de 231,0°N (vd. Quadro B.25). Todos os temporais de levante têm uma direção em $H_{s,Máx}$ inferior a 180°N e todos os temporais atlânticos têm uma direção em $H_{s,Máx}$ igual ou superior a 180°N. A direção em $H_{s,Máx}$ está compreendida entre, 112,5 e 135,0°N em 89,1% dos temporais de levante e entre 202,5 e 225,0°N, 225,0 e 247,5°N, e, 247,5 e 270,0°N em 22,1%, 52,2% e 18,6% dos temporais atlânticos, respetivamente. Pode-se, assim, concluir que os temporais de levante apresentam valores de direção em $H_{s,Máx}$ bastante mais concentrados que os temporais atlânticos (Quadro B.30 e Figura 4.5e). Para os temporais atlânticos as direções em $H_{s,Máx}$ tendem a aproximar-se dos 225,0°N com o aumento de $H_{s,Máx}$. Os temporais de levante apresentam direções que praticamente não variam com $H_{s,Máx}$.

A dispersão direcional em $H_{s,Máx}$, para os temporais de levante, varia entre 15,0 e 46,0° com média de 21,8° e, para os temporais atlânticos varia entre 13,0 e 39,0°, com média de 21,2° (vd. Quadro B.25). Os valores da dispersão em $H_{s,Máx}$ apresentam uma distribuição equivalente entre os temporais de levante e atlânticos, estando compreendidos entre 15,0 e 24,0° em 70,0% dos temporais de levante e em 66,4% dos temporais atlânticos (vd. Quadro B.31). Não existe uma relação clara entre a dispersão em $H_{s,Máx}$ e H_s (vd. Figura 4.5f).

Os maiores valores da duração total dos temporais aumentam com o aumento do valor de $H_{s,Máx}$ até este chegar aos 5,0 m; para valores superiores a duração máxima diminui até 0,25 dias, mas existem poucas ocorrências para se determinar uma tendência (vd. Figura 4.5g).

4.4 Valores máximos da relação H_{max}/H_s

A caracterização dos temporais em relação aos valores máximos da relação de $H_{max}/H_{s,Máx}$ está resumida na Figura 4.6.

Os valores de $H_{max}/H_{s,Máx}$, para os temporais de levante variam entre 1,71 e 2,66, com uma média de 2,06 e para os temporais atlânticos variam entre 1,66 e 2,72, com uma média de 2,05 (vd. Quadro B.32). 81,2% dos temporais de levante e 69,0% dos temporais atlânticos registrados apresentam valores

de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ compreendidos entre 1,9 e 2,3 (vd. Quadro B.33). No que respeita os valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ os temporais de levante e os temporais atlânticos apresentam uma distribuição de valores equivalente (vd. Figura 4.6a).

Os valores de T_z em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, para os temporais de levante variam entre 5,5 e 7,6 s, com uma média de 6,3 s, e para os temporais atlânticos variam entre 5,5 e 8,3 s, com uma média de 6,8 s (vd. Quadro B.32). Em 73,4% dos temporais de levante os valores de T_z em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ são inferiores a 6,5 s, enquanto em 68,1% dos temporais atlânticos são superiores a 6,5 s (vd. Quadro B.34). Analisando as duas médias e a Figura 4.6b verifica-se que os valores de T_z em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ dos temporais atlânticos são geralmente maiores que os dos temporais de levante e que os maiores valores de T_z em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ registados correspondem aos temporais atlânticos. Os valores de T_z em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ não apresentam uma relação clara com os valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$.

Os valores de T_p em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, para os temporais de levante, variam entre 7,0 e 10,5 s, com média de 8,6 s e, para os temporais atlânticos, variam entre 7,0 e 15,4 s, com uma média de 9,6 s (vd. Quadro B.32). Em 84,4% dos temporais de levante os valores de T_p em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ estão compreendidos entre 8,0 e 10,0 s e em 70,0% dos temporais atlânticos estão compreendidos entre 8,0 e 11,0 s, mostrando que os valores dos temporais atlânticos se encontram mais dispersos que os dos temporais de levante e que os temporais atlânticos apresentam valores maiores deste parâmetro que os temporais de levante (vd. Quadro B.35). Os valores de T_p em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ concentram-se no intervalo entre 9 e 11 s para os maiores valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ (vd. Figura 4.6c).

As durações até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, para os temporais de levante, variam entre 0,00 e 1,72 dias, com média de 0,42 dias e, para os temporais atlânticos, variam entre 0,00 e 3,81 dias, com média de 0,46 dias (vd. Quadro B.32). Os temporais de levante e os atlânticos apresentam uma distribuição de valores equivalente, apresentando 73,4% e 73,4%, respetivamente, uma duração até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ inferior a 0,6 dias (vd. Quadro B.36). Os valores das maiores durações até $H_{s,\text{Máx}}$ aumentam com o aumento de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ até ao valor de 2,3, e após este valor as durações têm tendência a diminuir (vd. Figura 4.6d).

As direções em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, para os temporais de levante, variam entre 92,0 e 237,0°N, com média de 131,9°N e, para os temporais atlânticos, variam entre 166,0 e 265,0°N, com média de 234,4°N (vd. Quadro B.32). À exceção de 6 casos, todos os temporais de levante têm uma direção em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ inferior a 180°N e todos os temporais atlânticos têm uma direção em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ igual ou superior a 180°N. A direção em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ está compreendida entre 112,5 e 135,0°N em 76,6% dos temporais de levante e entre 225,0 e 247,5°N e entre 247,5 e 270,0°N em 49,61% e 25,7% dos temporais atlânticos, respetivamente. Pode-se, assim, concluir que os temporais de levante apresentam valores bastante mais concentrados em direção que os temporais atlânticos (vd. Quadro B.37 e Figura 4.6e). Para os temporais atlânticos as menores direções em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ tendem a diminuir com o aumento de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, até este chegar ao valor 2,1; após este valor as direções menores têm tendência a aumentar. Os temporais de levante apresentam direções praticamente constantes.

A dispersão em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, para os temporais de levante, varia entre 12,0 e 51,0° com média de 23,9° e, para os temporais atlânticos, varia entre 12,0 e 22,0° com média de 22,0° (vd. Quadro B.32). Os

valores da dispersão em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ apresentam uma distribuição equivalente entre os temporais de levante e atlânticos, estando compreendidos entre 15,0 e 29,0° em 78,2% dos temporais de levante e em 79,6% dos temporais atlânticos (vd. Quadro B.38). Os maiores valores da dispersão em $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ aumentam até $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$ ser igual a 2,3; após este valor o mesmo já não se verifica, mas existem poucos temporais nesta situação, pelo que não é possível determinar uma tendência (vd. Figura 4.6f).

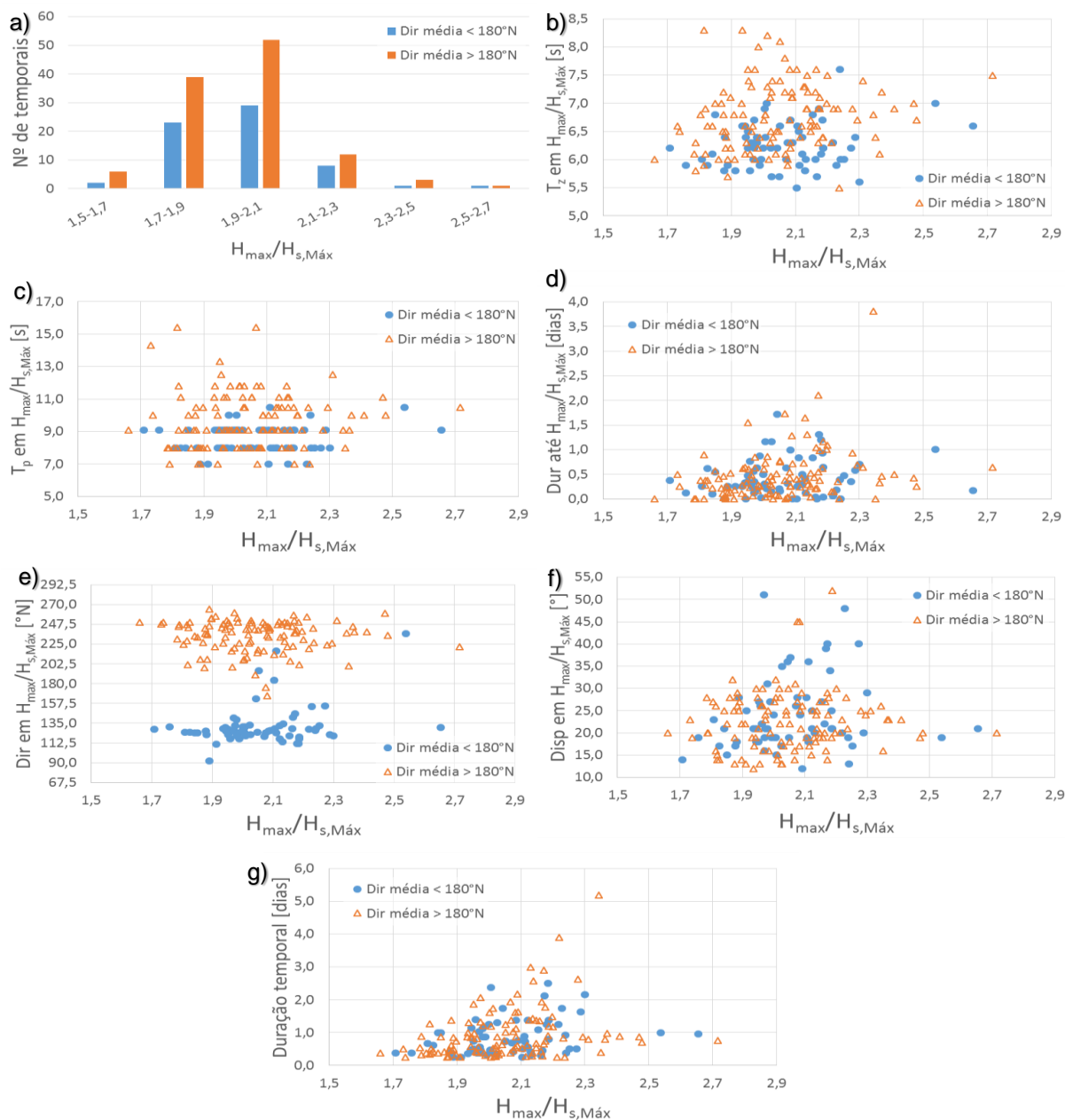


Figura 4.6 - Caracterização dos temporais em relação aos valores máximos de H_{\max}/H_s : a) número de temporais; b) T_z em H_{\max}/H_s ; c) T_p em H_{\max}/H_s ; d) duração até H_{\max}/H_s ; e) direção em H_{\max}/H_s ; f) dispersão em H_{\max}/H_s ; g) duração temporal

Os maiores valores da duração total dos temporais aumentam com o aumento do valor de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, até este chegar aos 2,3; para valores superiores a duração máxima diminui significativamente e aparenta tender para 1,0 dia, mas existem poucas ocorrências para se determinar uma tendência (vd. Figura 4.6g).

4.5 Tendências observadas

No presente subcapítulo são estudadas as tendências observadas na agitação marítima ao longo dos anos, relativamente ao número de temporais por mês, à duração total dos temporais, à duração até à intensidade máxima e à direção do temporal. São também estudados os valores máximos de $H_{max,Máx}$ (vd. Figura 4.7e) e os valores máximos de $H_{s,Máx}$ (vd. Figura 4.7f) de cada mês em cada ano.

Os meses de Dezembro e Março foram os meses que registaram mais ocorrências de temporais entre Fevereiro de 1987 e Dezembro de 2015. Em Dezembro, em que se registaram 45 temporais, é possível observar um aumento no número de temporais nos anos 2009 e 2010 (vd. Figura 4.7a). Relativamente a Março, em que se registaram 31 temporais, observa-se uma diminuição no número de temporais nos últimos 12 anos, o que também acontece com o mês de Janeiro. Outubro mostra um aumento de temporais desde o ano 2002, apesar de serem poucas as ocorrências por ano. Todos os restantes meses não mostram nenhuma tendência clara ao longo dos anos.

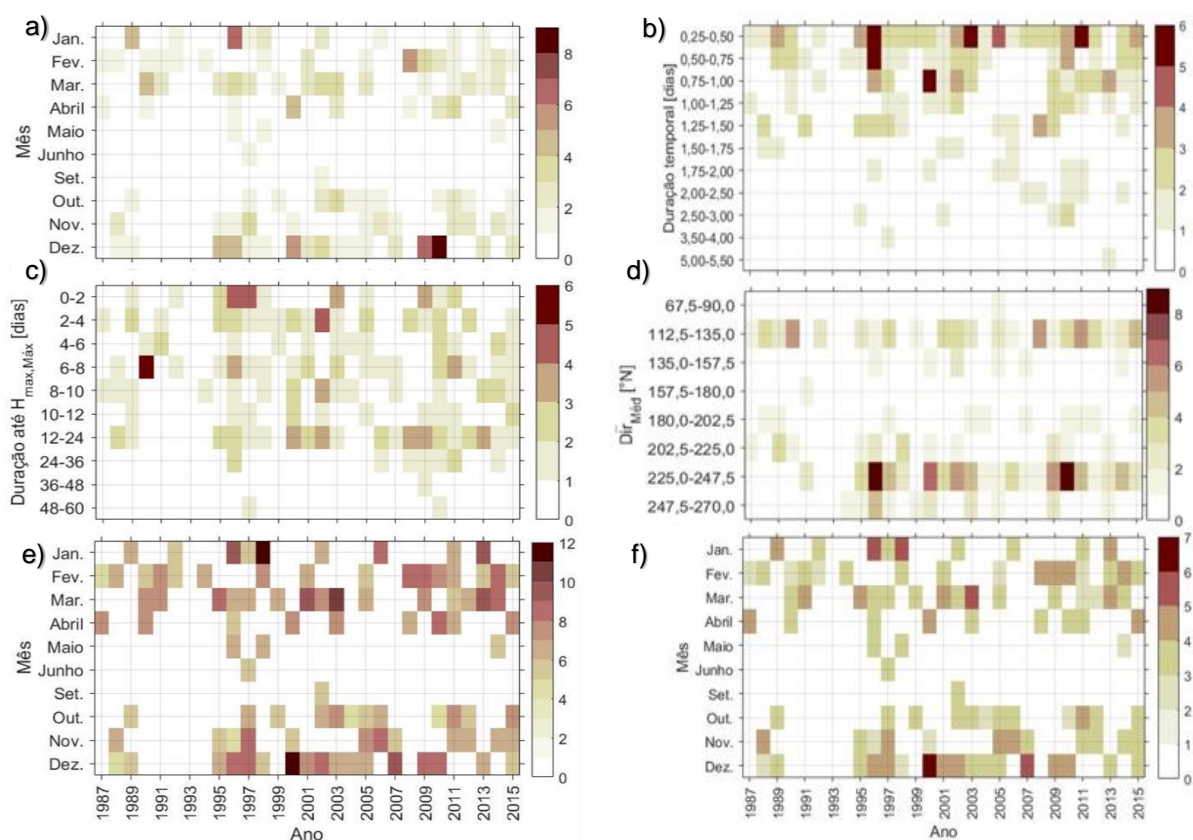


Figura 4.7 - Número de temporais por ano: a) por meses; b) duração de temporal [dias]; c) duração até $H_{max,Máx}$ [horas]; d) por direção média [°N]; e) Valor do máximo de $H_{max,Máx}$ [m] por mês e por ano; f) Valor do máximo de $H_{s,Máx}$ [m] por mês e por ano;

Para a análise da duração total dos temporais ao longo dos anos dividiram-se as durações em seis grupos, com intervalos correspondendo a 0,5 dia cada um, exceto o primeiro, que corresponde ao intervalo de 0,25 a 0,50, já que 0,25 dias, isto é, 6h, é o tempo mínimo do temporal. Verificou-se que foram registados mais temporais com durações entre 6 e 12 horas do que em qualquer outro intervalo, mas não se observa nenhuma tendência, aumento ou diminuição, de ocorrência de temporais para nenhum intervalo ao longo dos anos (vd. Figura 4.7b).

Relativamente à duração até $H_{\max, \text{Máx}}$, os valores desta foram divididos em dez intervalos, os 6 primeiros correspondem a 2 horas e os últimos 4 correspondem a 12 horas. Observou-se que a quantidade de temporais com durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ inferiores a 2 horas está a diminuir, o que significa que se dispõe de mais tempo de aviso até o temporal atingir a sua intensidade máxima (vd. Figura 4.7c). Verifica-se ainda um aumento do número de temporais com durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ entre 12 e 14 horas. Estas observações são curiosas pois não se observa nenhuma alteração ou tendência ao longo dos anos no que respeita à duração total dos temporais.

Para a análise de temporais por direção média dividiram-se as mesmas em 8 intervalos, cada um contendo $22,5^\circ\text{N}$, 4 intervalos para os temporais de levante e 4 intervalos para os temporais atlânticos. Verifica-se que os intervalos com mais ocorrências são claramente entre $112,5$ e $135,0^\circ\text{N}$, e entre $225,0$ e $247,5^\circ\text{N}$. Verifica-se uma diminuição de temporais nos intervalos $247,5$ e $270,0^\circ\text{N}$ e entre $202,5$ e $225,0^\circ\text{N}$ ao longo do tempo em estudo. Observam-se ainda dois ciclos com um número elevado de temporais seguidos de diminuição gradual deste valor no intervalo entre $225,0$ e $247,5^\circ\text{N}$ (vd. Figura 4.7d).

Relativamente aos valores máximos de $H_{\max, \text{Máx}}$ em cada mês e em cada ano, observa-se uma diminuição dos valores em Dezembro desde 2000, apesar de este continuar a ser dos meses em que se registam os maiores valores de $H_{\max, \text{Máx}}$, juntamente com Janeiro e Março. Contrariamente, observa-se um aumento dos valores em Fevereiro desde 2008. Observa-se ainda que, em Janeiro, apesar de em poucos anos terem ocorrido temporais, registaram-se os valores mais elevados de $H_{\max, \text{Máx}}$ (vd. Figura 4.7e). Relativamente aos valores máximos de $H_{s, \text{Máx}}$ de cada mês em cada ano, não se verifica nenhuma alteração significativa dos valores ao longo do tempo em estudo (vd. Figura 4.7f).

Por fim, a Figura 4.8 apresenta a média dos valores máximos, médios e mínimos de H_{\max} , H_s e H_{\max}/H_s em cada ano.

Observa-se que as médias de H_{\max} não apresentam nenhuma tendência clara de alteração no período em estudo, embora os valores máximos não apresentem tanta variação em torno da média (vd. Figura 4.8a). Relativamente aos valores de H_s , a média dos valores máximos e a média dos valores médios por ano apresentam uma ligeira diminuição de valores (vd. Figura 4.8b). Por fim, verifica-se que, a média dos valores máximos e a média dos valores médios por ano de H_{\max}/H_s estão a aumentar, possivelmente devido à diminuição dos valores de H_s , pois os valores de H_{\max} não apresentam nenhuma alteração que justifique este fenómeno (vd. Figura 4.8c).

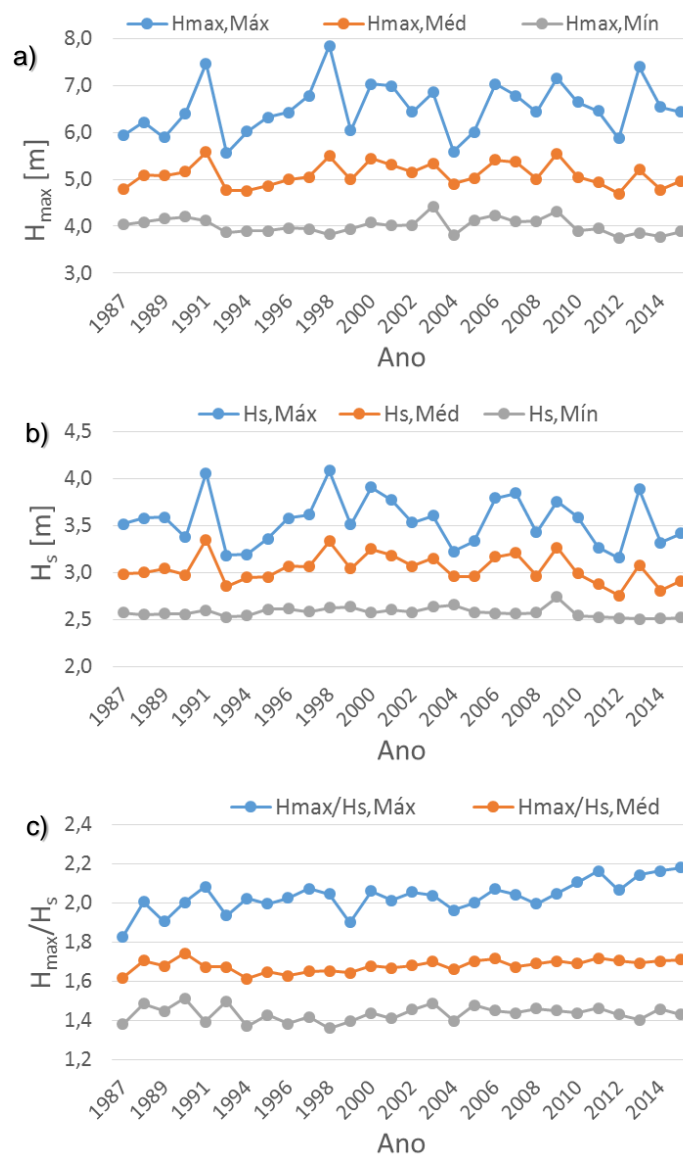


Figura 4.8 - Valores médios por ano de: a) H_{max} ; b) H_s ; c) H_{max}/H_s

4.6 Variabilidade de todos os registos de temporal

Cada temporal, de acordo com a sua duração, tem associado um número de registos de cada um dos parâmetros de agitação. No total, aos 177 temporais que se observaram em Faro entre 1987 e 2015 corresponde um total de 5457 registos. Os valores dos parâmetros de cada um desses registos em condição de temporal são aqui analisados, focando-se a análise na sua variabilidade.

A análise relativa à altura de onda máxima de cada registo, H_{max} , encontra-se resumida na Figura 4.9 a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_{max} por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada temporal, a duração até à sua intensidade máxima, o ano em ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_{max} por temporal, calculada pela diferença entre o valor de H_{max} do temporal e o valor médio de todos os registos de todos os temporais.

Constata-se que os valores mínimos de H_{max} , $H_{max,Mín}$, mantiveram-se praticamente constantes em todos os temporais, não havendo muita dispersão entre si e variando entre 3,4 e 5,0, sendo que 53,1% e

40,1% dos temporais apresenta $H_{max,Min}$ entre 3,5 e 4,0 m e entre 4,0 e 4,5 m, respetivamente (vd. Quadro B.39).

Os valores médios de H_{max} , $H_{max,Méd}$, variam entre 4,0 m e 8,3 m, sendo que 84,7% dos temporais possui $H_{max,Méd}$ entre 4,5 m e 6,0 metros (vd. Quadro B.40). Não se observa uma tendência para o aumento nem para a diminuição destes valores. Também não se verifica nenhuma alteração na dispersão de H_{max} ao longo dos temporais e apenas se registaram 3 picos da diferença entre os valores máximos e $H_{max,Méd}$, que são referentes aos temporais n.ºs 58, 71 e 91, que foram os três temporais que registaram $H_{max,Máx}$ superior a 10 m.

Relativamente aos valores máximos de H_{max} por temporal, $H_{max,Máx}$, (já analisado no subcapítulo 4.2) observa-se que não existe nenhuma alteração significativa no seu valor ao longo dos anos. No entanto, a dispersão é inferior a 3,0 desde 2003.

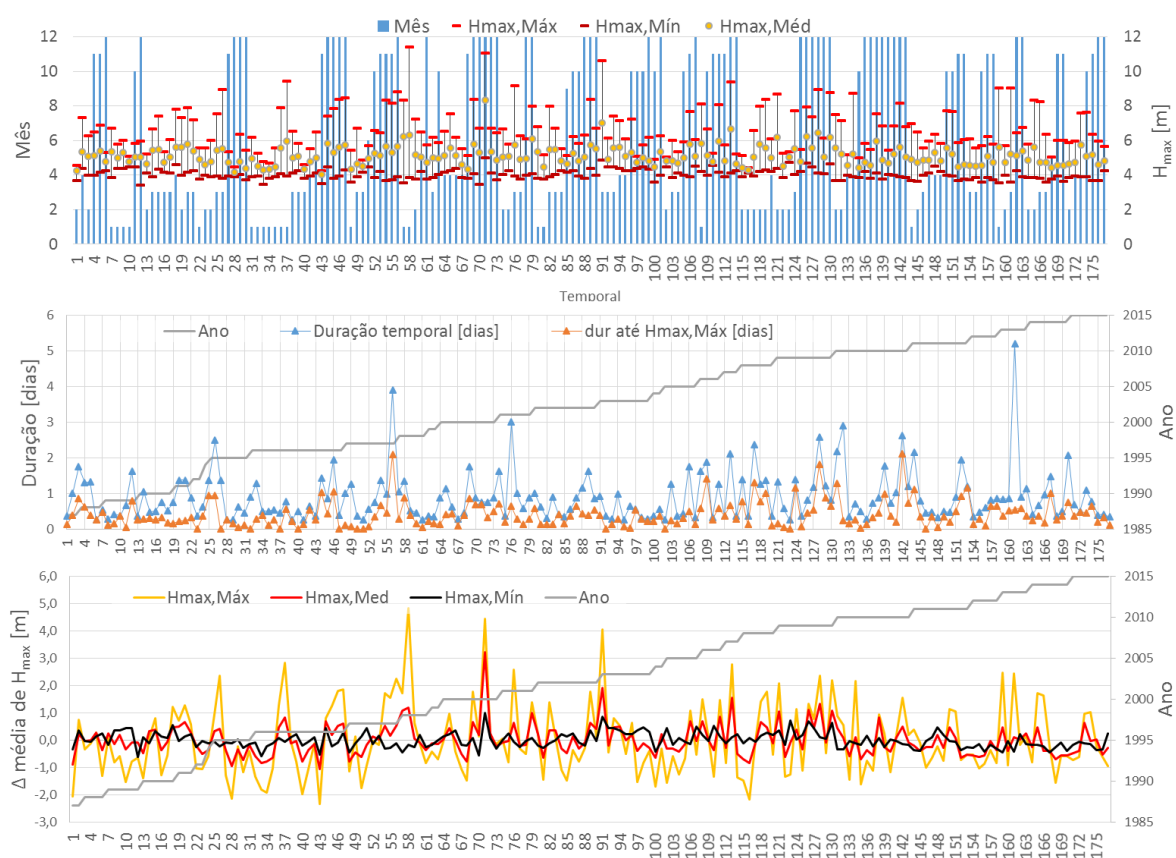


Figura 4.9 - Valores de H_{max} , mês, duração, duração até H_{max} , ano e dispersão

A análise relativa à altura de onda significativa de cada registo, H_s , encontra-se resumida na Figura 4.10, a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_s por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada um, a duração até H_s , o ano em que ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_s por temporal, calculada pela diferença entre o valor de H_s do temporal e o seu valor médio.

Verifica-se que os valores mínimos de H_s , $H_{s,Min}$, não se alteram ao longo dos anos, variando entre 2,5 e 3,0 m, com 89,3% entre 2,5 e 2,7 m (vd. Quadro B.41), e, por isso, apresentam uma dispersão muito pequena.

Relativamente aos valores médios de H_s , $H_{s,Méd}$, estes variam entre 2,6 e 5,0 m, com 91,5% dos temporais entre 2,5 e 3,5 m (vd. Quadro B.42), e a sua dispersão, positiva, mantem-se praticamente constante no decorrer dos anos em estudo.

Os valores máximos de H_s , já analisados neste trabalho, apresentam uma maior dispersão relativamente aos valores mínimos e médios e uma ligeira diminuição da diferença entre os valores máximos e $H_{s,Méd}$ desde o ano 2000. Os dois temporais com $H_{s,Máx}$ superior a 5,5 m são os temporais 71 e 58, que são dois dos três temporais com maior valor de $H_{max,Máx}$.

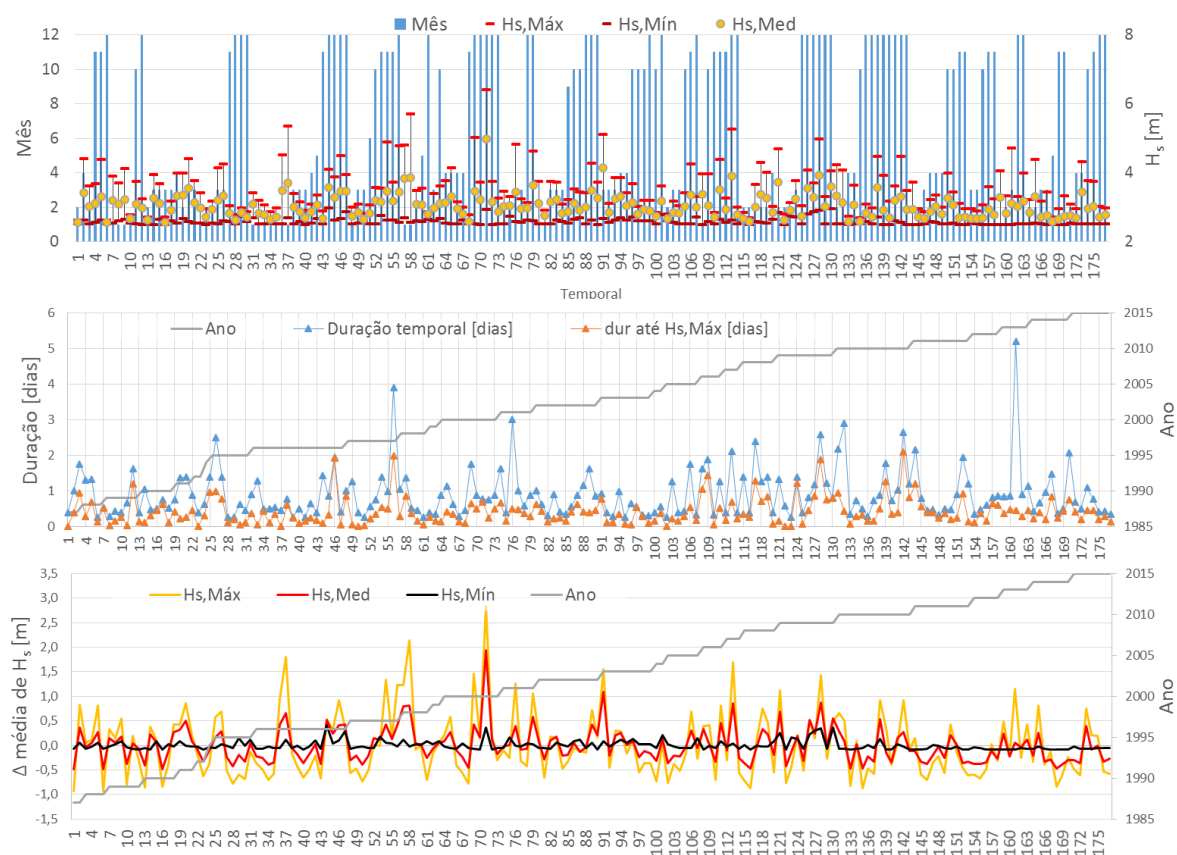


Figura 4.10 - Valores de H_s , mês, duração, duração até H_s , ano e dispersão

A análise relativa à relação entre a altura de onda máxima e a altura de onda significativa de cada registo, H_{max}/H_s , encontra-se resumida na Figura 4.11, a qual apresenta os valores máximos, mínimos e médios de H_{max}/H_s por temporal, o mês em que este ocorreu, a duração de cada um, a duração até H_{max}/H_s , o ano em ocorreu e a dispersão dos valores máximo, mínimo e médio de H_{max}/H_s por temporal, esta calcula-se pela diferença entre o valor de H_{max}/H_s do temporal e o valor médio de todos os registos de todos os temporais.

Verifica-se que os valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Mín}}$ aumentaram ligeiramente ao longo dos anos, variando entre 1,27 e 1,71, com 79,1% entre 1,3 e 1,5 (vd. Quadro B.43), e apresentam uma ligeira diminuição da dispersão.

Relativamente aos valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Méd}}$, estes variam entre 1,52 e 1,86, com 95,5% dos temporais entre 1,6 e 1,8 (vd. Quadro B.44), e não apresenta grande variação na sua dispersão.

Relativamente aos valores de $H_{\max}/H_{s,\text{Máx}}$, estes apresentam um aumento de temporais com valores superiores a 2,3 desde 2010 e, por isso, a dispersão, positiva, também tem aumentado, apresentando uma diminuição de temporais com valores inferiores a 2.



Figura 4.11 - Valores de H_{\max}/H_s , mês, duração, duração até H_{\max}/H_s , ano e dispersão

4.7 Análise estatística

No presente subcapítulo é realizada a análise da distribuição estatística que melhor se ajusta aos parâmetros de H_{\max} , H_s , T_p , Direção, Dispersão direcional e H_{\max}/H_s para uma amostra de 5457 dados, o que corresponde ao número total de eventos registados em Faro. Para a direção, separaram-se os eventos com direção inferior a 180°N , o que equivale a 1785 eventos, e com direção igual ou superior a 180°N , o que equivale a 3672 eventos. A Figura 4.12 mostra as duas distribuições que melhor se ajustaram a cada parâmetro e o Quadro 4.1 mostra os valores obtidos dos parâmetros dessas duas distribuições.

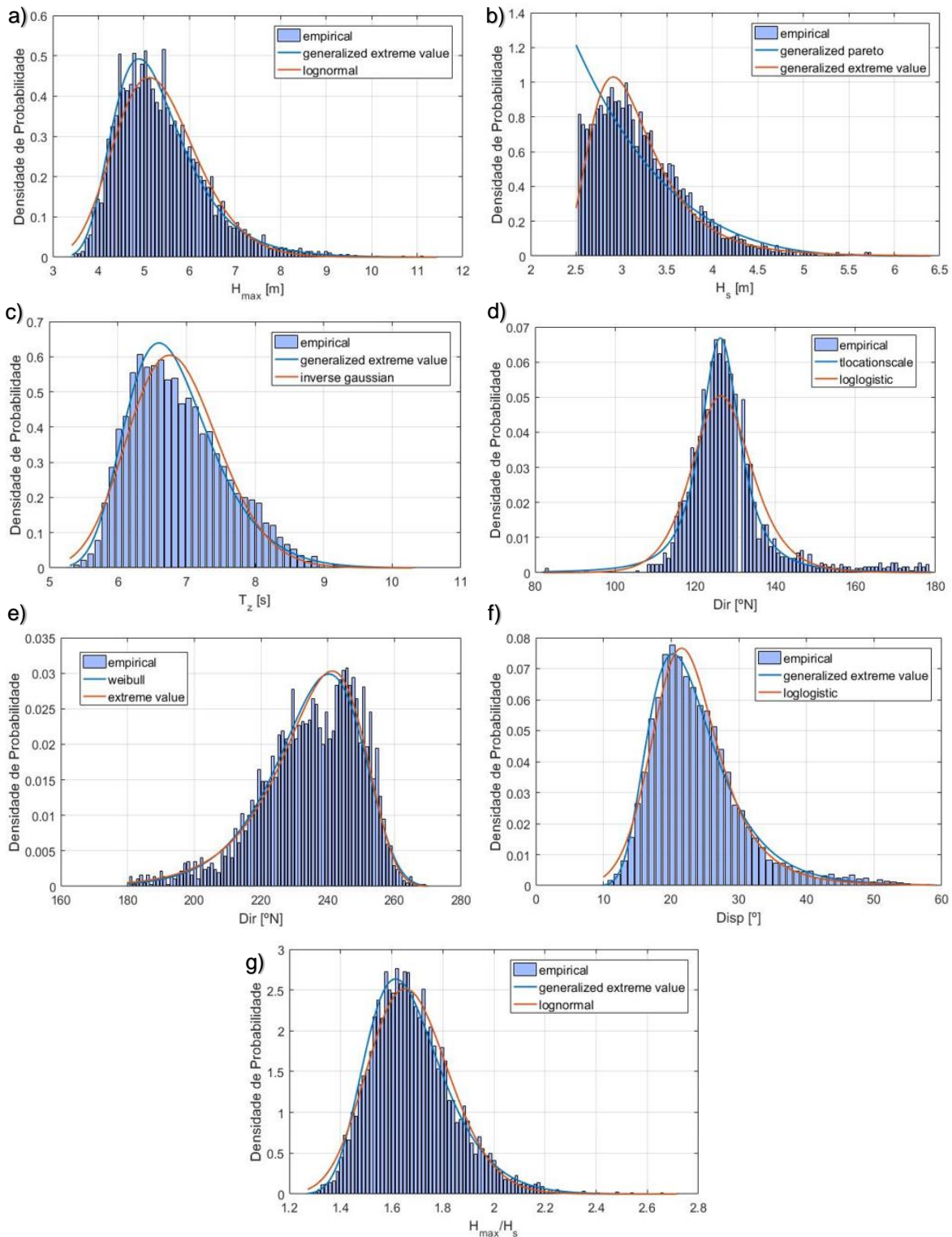


Figura 4.12 - Análise estatística dos temporais de Faro para os parâmetros: a) H_{max} ; b) H_s ; c) T_z ; d) $Dir < 180^\circ N$; e) $Dir \geq 180^\circ N$; f) $Disp$; g) H_{max}/H_s

Os valores de H_{max} , da dispersão direcional, T_z e H_{max}/H_s ajustam-se melhor à distribuição *Generalized Extreme Value*, sendo os primeiros do tipo *Frechet* e os últimos do tipo *Weibull*. Os valores de H_s ajustam-se melhor à distribuição *Generalized Pareto*, e a segunda distribuição a que estes se ajustam melhor é a GEV do tipo *Frechet*. Os valores da direção inferiores a $180^\circ N$ ajustam-se melhor à distribuição *Tlocation scale* enquanto os valores da direção superiores a $180^\circ N$ ajustam-se melhor à

distribuição *Weibull*. Pode-se concluir que a distribuição GEV é a que melhor se ajusta aos parâmetros da agitação marítima em condições de temporal, à exceção da direção, em Faro.

Quadro 4.1 - Análise estatística dos temporais de Faro

Variável	Distribuição	Parâmetros		
H _{max}	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	<i>k</i>	Forma	0,0163
		σ	Escala	0,7474
		μ	Posição	4,9039
	lognormal	μ_{log}	Média do logaritmo	1,6615
		σ	Escala	0,1724
H _s	generalized pareto	<i>k</i>	Forma	-0,2056
		σ	Escala	0,8237
		θ	Limite	2,5
	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	<i>k</i>	Forma	0,1096
		σ	Escala	0,3593
		μ	Posição	2,9457
T _z	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	<i>k</i>	Forma	-0,0770
		σ	Escala	0,5775
		μ	Posição	6,5533
	inverse gaussian	σ	Escala	6,8496
		λ	Forma	721,2586
Dir (< 180°N)	tlocationscale	μ	Posição	126,2769
		σ	Escala	5,3148
		<i>v</i>	Forma	2,0881
	loglogistic	μ_{log}	Média do logaritmo	4,8429
		σ	Escala	0,0392
Dir (≥180°N)	weibull	<i>A</i>	Escala	241,0123
		<i>B</i>	Forma	19,5490
	extreme value	μ	Posição	241,3481
		σ	Escala	12,1413
Disp	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	<i>k</i>	Forma	0,0495
		σ	Escala	4,9266
		μ	Posição	20,5336
	loglogistic	μ_{log}	Média do logaritmo	3,1148
		σ	Escala	0,1481
H _{max} /H _s	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	<i>k</i>	Forma	-0,0733
		σ	Escala	0,1399
		μ	Posição	1,6051
	lognormal	μ_{log}	Média do logaritmo	0,5118
		σ	Escala	0,0955

5. Considerações finais

Nesta dissertação, com base em dados de agitação obtidos nas duas boias da costa continental portuguesa com um maior número de anos de medição, Faro e Sines, analisaram-se os parâmetros que caracterizam a agitação em condições de temporal. Este estudo enquadra-se no trabalho de colaboração que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto Hidrográfico (IH) têm vindo a desenvolver a fim de, com base na análise de dados de temporais recolhidos e analisados pelo IH em alguns pontos da costa continental portuguesa, dar resposta a algumas questões que se abrem a nível de projeto, construção e manutenção de obras marítimas. Concretamente, no âmbito desta dissertação estudou-se a relação entre alturas de onda máximas e significativas, relação normalmente utilizada no dimensionamento de quebra-mares verticais, e entre estes o seu respetivo período médio e de pico e direção de propagação. A duração das tempestades, tempo que a tempestade demora a atingir a sua máxima intensidade e a dispersão direcional também foi estudada. Analisaram-se ainda alterações nos padrões das condições de temporal durante as últimas décadas.

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas. Considerou-se que se estava em condições de temporal quando a altura significativa era igual ou superior a 4,5 m ou 2,5 m, em Sines e Faro, respetivamente, e quando a duração era igual ou superior a 6 horas.

Como foi referido, nos 27 anos de medições em Sines, registaram-se 101 temporais, enquanto nos 29 anos de medições em Faro registaram-se 177 temporais (113 temporais atlânticos e 64 temporais de levante).

O número máximo de temporais por ano registados difere entre 7 em Sines e 17 em Faro. Também os meses em que foram registados mais temporais diferem ligeiramente nestas duas localizações: em Sines foram Janeiro, Fevereiro e Dezembro, com 26, 25 e 21 temporais, respetivamente, enquanto em Faro foram Dezembro, Março e Fevereiro, com 45, 31 e 25 temporais respetivamente.

O Quadro 5.1 apresenta um resumo dos valores médios dos principais parâmetros de agitação de Sines e Faro: período médio de zero ascendente e de pico, $T_{z,Méd}$ e $T_{p,Méd}$, respetivamente, altura de onda significativa, $H_{s,Méd}$, direção e dispersão em direção, $Dir_{Méd}$ e $Disp_{Méd}$, respetivamente.

Como se pode observar da análise do Quadro seguinte, e como seria de esperar, Sines apresenta maiores valores médios de períodos médios e de pico que Faro. Sines apresenta também maiores valores médios de altura de onda significativa que Faro, já que Faro está mais protegido dos temporais do Noroeste Atlântico. Efetivamente, o valor médio da direção média de incidência da agitação dos temporais de Faro de levante é de $127,48^{\circ}N$, dos temporais de Faro Atlântico $233,07^{\circ}N$, aproximadamente a Sudeste e Sudoeste, respetivamente, enquanto nos temporais de Sines é de $294,64^{\circ}N$, o que equivale a Oés-Noroeste, direção correspondente aos maiores valores médios da altura de onda significativa. Relativamente a dispersão na direção média, Sines apresenta valores mais baixos que Faro atlântico e, este último, valores mais baixos que Faro mediterrâneo.

Quadro 5.1 - Valores médios de parâmetros da agitação em Sines e Faro em situação de temporal

Boia		Parâmetros	$T_{z,Méd}$ [s]	$T_{p,Méd}$ [s]	$H_{s,Méd}$ [m]	$Dir_{Méd}$ [°]	$Disp_{Méd}$ [°]
Sines		Média	10,14	15,03	5,16	294,64	19,07
		Mínimo	8,13	10,97	4,62	221,00	11,69
		Máximo	15,22	18,12	6,53	314,25	34,69
Faro	$Dir_{Méd} < 180^{\circ}N$	Média	6,27	8,42	2,98	127,48	23,37
		Mínimo	5,77	7,00	2,55	85,33	17,00
		Máximo	6,99	9,48	4,14	169,32	40,47
Faro	$Dir_{Méd} \geq 180^{\circ}N$	Média	6,89	9,73	3,09	233,07	22,66
		Mínimo	6,03	7,50	2,56	180,26	14,00
		Máximo	8,17	14,85	4,98	260,50	37,23

A média das durações dos temporais não difere muito entre Sines, 0,84 dias, e os temporais de levante de Faro, 0,85 dias. Já os temporais atlânticos registados em Faro apresentam uma duração média ligeiramente superior, de 0,93 dias. Verificou-se ainda que 70,3% dos temporais de Sines e 67,8% dos temporais de Faro apresentam durações inferiores a 1 dia, pelo que se pode concluir no que respeita às durações dos temporais, Faro e Sines apresentam valores bastante semelhantes.

O Quadro 5.2 apresenta os valores dos parâmetros máximos de altura de onda máxima, $H_{max,Máx}$, altura de onda significativa, $H_{s,Máx}$, e da relação $H_{max}/H_{s,Máx}$ e durações até atingir esse valor registadas em Sines e Faro. Verifica-se que Sines regista maiores valores de $H_{max,Máx}$ e $H_{s,Máx}$ que Faro, como seria de esperar pela altura significativa crítica de definição de temporal de cada local (2,5 e 4,5 m, respetivamente) e por Faro estar protegido dos temporais de NW, . O valor máximo de $H_{max,Máx}$ registado em Sines foi de 17,3 m enquanto em Faro foi de 11,4 m, uma diferença de aproximadamente 6 m. No entanto, os valores médios de $H_{max}/H_{s,Máx}$ de Sines e Faro apresentam valores muito próximos, ao redor de 2,0, embora Faro apresente valores máximos superiores.

Quadro 5.2 - Comparação dos parâmetros entre Sines e Faro

Boia		Parâmetros	$H_{max,Máx}$ [m]	dur até $H_{max,Máx}$ [dias]	$H_{s,Máx}$ [m]	dur até $H_{s,Máx}$ [dias]	$H_{max}/H_{s,Máx}$	dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]
Sines		Média	10,7	0,32	5,9	0,35	2,0	0,37
		Mínimo	8,0	0,00	4,7	0,00	1,7	0,00
		Máximo	17,3	1,77	9,1	1,86	2,4	2,12
Faro	$Dir_{Méd} < 180^{\circ}N$	Média	6,4	0,38	3,4	0,42	2,1	0,42
		Mínimo	4,4	0,00	2,6	0,00	1,7	0,00
		Máximo	10,6	1,29	5,3	1,27	2,7	1,72
	$Dir_{Méd} \geq 180^{\circ}N$	Média	6,7	0,41	3,6	0,40	2,1	0,46
		Mínimo	4,3	0,00	2,6	0,00	1,7	0,00
		Máximo	11,4	2,10	6,4	2,08	2,7	3,81

Relativamente às tendências observadas, Sines registou um aumento de temporais em Fevereiro a partir do ano 2002 e uma diminuição de temporais em Novembro desde 2006, enquanto Faro apresentou uma diminuição de temporais em Março nos últimos 12 anos. Sines apresenta ainda um aumento de temporais com durações inferiores a 1 dia enquanto Faro não apresenta nenhuma tendência significativa.

Quanto à duração até $H_{\max, \text{Máx}}$, Sines registou um aumento dos temporais com duração inferior a 4 horas, mas principalmente com durações inferiores a 2 horas enquanto Faro, contrariamente, apresenta uma diminuição na duração até $H_{\max, \text{Máx}}$ inferior a 2 horas e um aumento dos temporais com durações até $H_{\max, \text{Máx}}$ entre 12 e 14 horas.

Quanto à direção média do temporal, Sines apresenta uma rotação dos temporais para noroeste, com um aumento dos temporais com $\text{Dir}_{\text{Méd}}$ entre 292,5 e 315,0°N e uma diminuição dos temporais com $\text{Dir}_{\text{Méd}}$ entre 270,0 e 292,5°N enquanto Faro apresenta, para os temporais atlânticos, uma rotação para Sudeste, com uma diminuição dos temporais com $\text{Dir}_{\text{Méd}}$ entre 247,5 e 270,0°N e entre 202,5 e 225,0°N.

Por fim, em Sines observa-se uma diminuição da média dos valores máximos e médios tanto de H_{\max} como H_s e um aumento da média dos valores médios de H_{\max}/H_s , enquanto em Faro observa-se uma ligeira diminuição da média dos valores máximos e médios de H_s e um aumento da média dos valores máximos e médios de H_{\max}/H_s .

As distribuições que melhor se ajustaram a H_{\max} , H_s , T_z e H_{\max}/H_s foram as mesmas para Sines e Faro (vd. Quadro 5.3), nomeadamente a *generalized pareto* para H_s e a *generalized extreme value* para os restantes parâmetros, apesar dos valores dos parâmetros das distribuições serem ligeiramente diferentes, como seria de esperar devido às diferentes características dos dois locais. Relativamente à direção, as duas primeiras distribuições que melhor se ajustaram em Sines são as mesmas que as que se ajustaram em Faro para direções superiores a 180°N, apesar de estarem em ordem inversa, e foram a *Weibull* e a *extreme value* (vd. Quadro 5.4). Por fim, a dispersão direcional apresenta distribuições diferentes para cada local mas ambos apresentam a distribuição *generalized extreme value* como a primeira ou segunda distribuição que melhor se ajustou.

É possível concluir que a distribuição que melhor se ajusta aos parâmetros da agitação marítima em condições de temporal, à exceção da direção, na costa continental portuguesa é a *generalized extreme value*, pois os parâmetros que a apresentam como segunda melhor distribuição, H_s e a dispersão em Sines, também apresentam um bom ajuste a esta distribuição.

Quadro 5.3 - Valores dos parâmetros das distribuições de Sines e Faro para H_{\max} , H_s , T_z e H_{\max}/H_s

Variável	Distribuição	Parâmetros		Boia	
				Sines	Faro
H_{\max}	generalized extreme value - Tipo II (Frechet)	k	Forma	0,0187	0,0163
		σ	Escala	1,0341	0,7474
		μ	Posição	8,0104	4,9039
H_s	generalized pareto	k	Forma	-0,1946	-0,2056
		σ	Escala	1,0052	0,8237
		θ	Limite	4,5000	2,5000
T_z	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	k	Forma	-0,0123	-0,0770
		σ	Escala	1,0928	0,5775
		μ	Posição	9,5778	6,5533
H_{\max}/H_s	generalized extreme value - Tipo III (Weibull)	k	Forma	-0,0744	-0,0733
		σ	Escala	0,1386	0,1399
		μ	Posição	1,5438	1,6051

Quadro 5.4 - Valores dos parâmetros das distribuições de Sines e Faro para a direção e dispersão direcional

Boia	Variável	Distribuição	Parâmetros		
Sines	Dir	extreme value	μ	Posição	300,5853
			σ	Escala	9,1170
		weibull	A	Escala	300,4189
			B	Forma	32,4167
	Disp	loglogistic	μ_{log}	Média do logaritmo	2,9239
			σ	Escala	0,1091
Faro	Dir (< 180°N)	tlocationscale	μ	Posição	126,2769
			σ	Escala	5,3148
			v	Forma	2,0881
	Dir ($\geq 180^\circ N$)	weibull	A	Escala	241,0123
			B	Forma	19,5490
		extreme value	μ	Posição	241,3481
			σ	Escala	12,1413
	Disp	generalized extreme value - Tipo III (Frechet)	k	Forma	0,0495
			σ	Escala	4,9266
			μ	Posição	20,5336

Relativamente ao dimensionamento de quebra-mares verticais, onde se utiliza a altura de onda máxima, onda de projeto, calculada através de 1,8 vezes a altura de onda significativa, verifica-se que este valor é superado em muitos temporais, atingindo valores bastante superiores.

Em relação à construção e reparação de obras marítimas os resultados de duração de tempestade, tempo até a tempestade atingir a máxima intensidade, distribuição de tempestades por meses do ano podem ser usadas para um melhor planeamento de atividades.

Como trabalhos futuros sugere-se a realização de uma análise idêntica à do presente trabalho para as boias de Leixões e Figueira da Foz, de forma a se obter um estudo mais completo da agitação marítima na costa portuguesa. Recomenda-se também um estudo com o objetivo de calcular o período de retorno para os parâmetros analisados com o intuito de melhorar o dimensionamento das estruturas marítimas. Propõe-se ainda uma análise estatística, com os dados utilizados, mas tendo em conta os dois métodos mais utilizados na literatura para condições extremas, *Annual Máxima (AM)* e *Peak Over Threshold (POT)* [12][17], de forma a comparar os resultados com os obtidos noutros locais.

Bibliografia

- [1] W. H. Munk, "Origin and generation of waves," *Proc. first Conf. Coast. Eng.*, no. 531, pp. 1–4, 1950.
- [2] "Ondas." [Online]. Available: http://www.falcetta.eng.br/_resumos/eng39.html. [Accessed: 06-Sep-2016].
- [3] "Boia Datawell." [Online]. Available: <http://cdip.ucsd.edu/themes/cdip?pb=1&d2=p20&u3=tab:1:display:buoys>.
- [4] D. BV, "Datawell Waverider Reference Manual: WR-SG, DWR-MkIII, DWR-G," vol. 2014, no. 10/14, 2012.
- [5] I. Hidrográfico, "Boias ondógrafo." [Online]. Available: <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>.
- [6] Z. Liu and P. Frigaard, "Generation and Analysis of Random Waves." p. 81, 2001.
- [7] A. Chadwick and J. Morfett, *Hidráulica em Engenharia Civil e Ambiental*. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.
- [8] C. G. Soares, "Probabilistic Models of Waves in the Coastal Zone," *Adv. Coast. Modeling*, pp. 159–187, 2003.
- [9] E. T. Mendoza and J. A. Jiménez, "A Storm Classification Based on the Beach Erosion Potential in the Catalanian Coast," *Coast. Dyn. 2005*, vol. 40855, no. September, pp. 1–11, 2006.
- [10] Wwww.weibull.com, "No Title." [Online]. Available: <http://www.weibull.com/hotwire/issue12/relbasics12.htm>. [Accessed: 09-Feb-2016].
- [11] Mathworks, "Generalized extreme value." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/stats/generalized-extreme-value-distribution.html>. [Accessed: 20-Jun-2009].
- [12] S. Coles, *An Introduction to the Statistical Modelling of Extreme Values*. London: Springer-Verlag, 2001.
- [13] Mathworks, "Generalized Extreme Value Distriution." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/stats/generalized-extreme-value-distribution.html>. [Accessed: 06-Sep-2016].
- [14] Mathworks, "Loglogistic." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/stats/loglogistic-distribution.html>.
- [15] Mathworks, "Extreme value." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/stats/extreme-value-distribution.html>.
- [16] Mathworks, "Generalized pareto." [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/stats/generalized-pareto-distribution.html>.
- [17] E. B. L. Mackay, "Wave Energy Resource Assessment," University of Southampton, 2009.

ANEXOS

A. Anexo – Resumo das características dos temporais medidos em Sines entre 1988 e 2015

Quadro A.1 - Valores médios do temporal: T_z , T_p , H_s , Dir e $Disp$

Parâmetros	Valores médios do temporal				
	$T_{z,Méd}$ [s]	$T_{p,Méd}$ [s]	$H_{s,Méd}$ [m]	Dir_{Med} [°N]	$Disp_{Med}$ [°]
Média	10,14	15,03	5,16	294,64	19,07
Mínimo	8,13	10,97	4,62	221,00	11,69
Máximo	15,22	18,12	6,53	314,25	34,69

Quadro A.2 - Número de temporais por $H_{s,Méd}$

$H_{s,Méd}$ [m]	Nº de temporais	%
4,5 - 5	40	39,6
5 - 5,5	40	39,6
5,5 - 6	17	16,8
6 +	4	4,0
Total	101	100

Quadro A.3 - Número de temporais por $T_{z,Méd}$

$H_{s,Méd}$ [m]	$T_{z,Méd}$ [s]				
	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +
4,5 - 5	10	11	7	7	5
5 - 5,5	6	17	10	5	2
5,5 - 6	4	5	5	2	1
6 +	0	2	0	1	1
Total	20	35	22	15	9
%	19,8%	34,7%	21,8%	14,9%	8,9%

Quadro A.4 - Número de temporais por $T_{p,Méd}$

$H_{s,Méd}$ [m]	$T_{p,Méd}$ [s]				
	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 +
4,5 - 5	2	7	21	9	1
5 - 5,5	3	9	16	11	1
5,5 - 6	1	4	7	4	1
6 +	0	1	1	2	0
Total	6	21	45	26	3
%	5,9%	20,8%	44,6%	25,7%	3,0%

Quadro A.5 - Número de temporais por direção média

H _{s,Méd} [m]	Direção média [°N]				
	202,5-225	225-247,5	247,5-270	270-292,5	292,5-315
4,5-5	1	0	1	6	32
5-5,5	0	1	1	15	23
5,5-6	0	0	1	6	10
6-6,5	0	0	0	1	2
6,5-7	0	0	0	0	1
Total Geral	1	1	3	28	68
%	1,0%	1,0%	3,0%	27,7%	67,3%

Quadro A.6 - Número de temporais por dispersão média

H _{s,Méd} [m]	Dispersão média [°]			
	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 +
4,5 - 5	6	24	9	1
5 - 5,5	2	27	8	3
5,5 - 6	0	14	2	1
6 +	0	2	2	0
Total	8	67	21	5
%	7,9%	66,3%	20,8%	5,0%

Quadro A.7 - Média, Mínimo e Máximo dos valores da duração total dos temporais

Parâmetros	Duração temporal [dias]
Média	0,84
Mínimo	0,25
Máximo	3,63

Quadro A.8 - Número de temporais por duração de temporal

Duração temporal [dias]	Nº de temporais	%
0,25-0,5	33	32,7%
0,5-0,75	25	24,8%
0,75-1	13	12,9%
1-1,25	11	10,9%
1,25-1,5	5	5,0%
1,5-1,75	7	6,9%
1,75-2	2	2,0%
2-2,25	2	2,0%
2,25-2,5	2	2,0%
3,5-3,75	1	1,0%
Total	101	100,0%

Quadro A.9 - Número de temporais por mês

Mês	Nº de temporais
Janeiro	26
Fevereiro	25
Março	7
Abril	3
Outubro	7
Novembro	12
Dezembro	21
Soma	101

Quadro A.10 - Número de temporais por mês e por duração

Mês	Duração temporal [dias]						
	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	3,5-4
Janeiro	7	8	3	5	2	1	0
Fevereiro	7	9	2	3	3	1	0
Março	3	1	1	2	0	0	0
Abril	1	1	0	1	0	0	0
Outubro	2	2	2	0	1	0	0
Novembro	4	1	2	2	2	1	0
Dezembro	9	3	3	3	1	1	1
Soma	33	25	13	16	9	4	1

Quadro A.11 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max,Máx}$

Mês	Dur até $H_{max,Máx}$ [horas]			Dur até $H_{max,Máx}$ [dias]						
	0-2	2-4	4-6	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50	1,50-1,75	1,75-2,00
Janeiro	3	3	8	6	4	2	0	0	0	0
Fevereiro	7	4	5	6	0	1	1	1	0	0
Março	2	0	1	4	0	0	0	0	0	0
Abril	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	3	3	3	1	1	0	0	0	1
Dezembro	3	4	2	7	2	0	1	1	1	0
Soma	19	15	22	28	7	4	2	2	1	1
%	18,8%	14,9%	21,8%	27,7%	6,9%	4,0%	2,0%	2,0%	1,0%	1,0%

Quadro A.12 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{s,Máx}$

Mês	Duração até $H_{s,Máx}$ [dias]								
	0,0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	1,0 - 1,2	1,2 - 1,4	1,4 - 1,6	1,8 - 2,0
Janeiro	9	12	1	3	1	0	0	0	0
Fevereiro	7	11	0	3	3	0	1	0	0
Março	4	3	0	0	0	0	0	0	0
Abril	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Outubro	3	1	1	1	1	0	0	0	0
Novembro	8	2	0	1	0	0	0	0	1
Dezembro	9	4	3	2	1	1	0	1	0
Soma	41	34	6	10	6	1	1	1	1
%	40,6%	33,7%	5,9%	9,9%	5,9%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%

Quadro A.13 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$

Mês	Duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]							
	0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50	1,50-1,75	2,00-2,25
Janeiro	10	8	5	2	1	0	0	0
Fevereiro	13	6	3	2	1	0	0	0
Março	3	3	1	0	0	0	0	0
Abril	2	0	0	0	1	0	0	0
Outubro	4	2	1	0	0	0	0	0
Novembro	4	4	1	1	0	0	1	1
Dezembro	10	6	1	1	1	2	0	0
Soma	46	29	12	6	4	2	1	1
%	45,5%	28,7%	11,9%	5,9%	4,0%	2,0%	1,0%	1,0%

Quadro A.14 - Número de temporais por direção média e por mês

Mês	Direção média [°N]				
	202,5 - 225	225 - 247,5	247,5 - 270	270 - 292,5	292,5 - 315
Janeiro	1	0	0	5	20
Fevereiro	0	1	0	6	18
Março	0	0	1	2	4
Abril	0	0	0	3	0
Outubro	0	0	0	1	6
Novembro	0	0	2	4	6
Dezembro	0	0	0	7	14
Soma	1	1	3	28	68
%	1,0%	1,0%	3,0%	27,7%	67,3%

Quadro A.15 - Características dos temporais com direções inferiores a 270°N

Nº	Ano	Mês	Duração temp. (dias)	$H_{max,Máx}$		$H_{s,Máx}$		$H_{max}/H_{s,Máx}$		Valores médios do temporal				
				$H_{max,Máx}$ (m)	dur até $H_{max,Máx}$ (dias)	$H_{s,Máx}$ (m)	dur até $H_{s,Máx}$ (dias)	$H_{max}/H_{s,Máx}$	dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ (dias)	$T_{z,Méd}$ (s)	$T_{p,Méd}$ (s)	$H_{s,Méd}$ (m)	$Dir_{Méd}$ (°N)	$Disp_{Méd}$ (°)
4	1989	11	0,25	9,73	0,125	6,28	0,125	1,821	0	8,17	10,97	5,56	258,33	28,00
25	1998	1	0,27	8,97	0,206	5,2	0,139	1,892	0,161	8,32	11,42	4,94	221,00	26,22
26	1998	2	0,72	10,88	0,118	6,2	0,118	1,959	0,574	8,67	12,79	5,18	245,50	20,08
33	2000	12	1,71	11,73	1,508	6,79	1,417	2,127	1,285	9,22	13,85	5,19	279,86	22,90
42	2001	3	0,25	7,98	0,078	4,77	0,078	1,695	0	8,47	12,90	4,65	267,67	21,00
57	2006	11	1,14	11,84	0,476	6,51	0,37	2,041	0,476	8,70	11,41	5,25	262,83	28,38
67	2009	2	1,54	11,76	0,049	6,05	0,847	2,154	0,049	9,92	13,85	5,22	277,65	24,42

Quadro A.16 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{max,Máx}$ [m]									
	7,5-8,5	8,5-9,5	9,5-10,5	10,5-11,5	11,5-12,5	12,5-13,5	13,5-14,5	14,5-15,5	15,5-16,5	16,5-17,5
Janeiro	2	8	3	4	2	3	1	2	1	0
Fevereiro	2	6	5	7	4	0	0	0	0	1
Março	1	2	2	1	0	1	0	0	0	0
Abril	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
Outubro	0	0	1	4	1	1	0	0	0	0
Novembro	0	2	2	3	3	2	0	0	0	0
Dezembro	3	4	4	2	6	2	0	0	0	0

Quadro A.17 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{s,Máx}$ [m]									
	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5
Janeiro	3	7	6	3	1	3	1	1	0	1
Fevereiro	1	7	9	6	1	0	0	0	1	0
Março	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0
Abril	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0
Novembro	2	1	2	3	1	2	1	0	0	0
Dezembro	5	6	4	0	3	2	1	0	0	0

Quadro A.18 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{max}/H_{s,Máx}$				
	1,6-1,8	1,8-2	2-2,2	2,2-2,4	2,4-2,6
Janeiro	3	14	7	1	1
Fevereiro	3	12	9	1	0
Março	1	5	1	0	0
Abril	0	2	1	0	0
Outubro	0	4	3	0	0
Novembro	1	6	4	1	0
Dezembro	2	8	6	5	0

Quadro A.19 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max,Máx}$

Parâmetros	$H_{max,Máx}$					
	$H_{max,Máx}$ [m]	dur até $H_{max,Máx}$ [dias]	Dir [°N]	T_p [s]	Disp no T_p [°]	T_z [s]
Média	10,71	0,32	294,2	15,1	18,1	10,4
Mínimo	7,98	0,00	224,0	10,0	10,0	8,1
Máximo	17,27	1,77	314,0	18,2	38,0	15,9

Quadro A.20 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$

$H_{max,Máx}$ [m]	Nº de temporais	%
8 -	1	1,0%
8 - 9	18	17,8%
9 - 10	18	17,8%
10 - 11	27	26,7%
11 - 12	15	14,9%
12 - 13	13	12,9%
13 +	9	8,9%
Soma	101	100,0%

Quadro A.21 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_z

$H_{max,Máx}$ [m]	T_z [s]				
	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +
8 -	1	0	0	0	0
8 - 9	4	5	4	2	3
9 - 10	7	2	7	1	1
10 - 11	5	9	5	6	2
11 - 12	3	5	4	3	0
12 - 13	2	3	3	2	3
13 +	0	2	2	1	4
Soma	22	26	25	15	13
%	21,8%	25,7%	24,8%	14,9%	12,9%

Quadro A.22 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por T_p

$H_{\max, \text{Máx}}$ [m]	T_p [s]				
	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 +
8 -	0	0	1	0	0
8 - 9	2	2	8	5	1
9 - 10	2	2	7	5	2
10 - 11	3	7	7	8	2
11 - 12	4	3	4	3	1
12 - 13	1	2	2	6	2
13 +	0	2	2	1	4
Soma	12	18	31	28	12
%	11,9%	17,8%	30,7%	27,7%	11,9%

Quadro A.23 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por duração até $H_{\max, \text{Máx}}$

$H_{\max, \text{Máx}}$ [m]	Duração até $H_{\max, \text{Máx}}$ [dias]				
	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	0,8 +
8 -	1	0	0	0	0
8 - 9	13	5	0	0	0
9 - 10	9	6	3	0	0
10 - 11	13	9	2	2	1
11 - 12	6	4	2	1	2
12 - 13	2	5	1	1	4
13 +	1	3	3	0	2
Soma	45	32	11	4	9
%	44,6%	31,7%	10,9%	4,0%	8,9%

Quadro A.24 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por direção

$H_{\max, \text{Máx}}$ [m]	Dir em $H_{\max, \text{Máx}}$ [°N]				
	202,5- 225	225- 247,5	247,5- 270	270- 292,5	292,5- 315
7-8	0	0	0	1	0
8-9	1	0	0	2	15
9-10	0	0	1	5	12
10-11	0	0	1	7	19
11-12	0	1	2	5	7
12-13	0	0	0	4	9
13-14	0	0	0	2	2
14-15	0	0	0	0	2
15-16	0	0	0	0	2
17-18	0	0	0	1	0
Soma	1	1	4	27	68
%	1,0%	1,0%	4,0%	26,7%	67,3%

Quadro A.25 - $H_{\max, \text{Máx}}$: Número de temporais por dispersão

$H_{\max, \text{Máx}}$ [m]	Disp em $H_{\max, \text{Máx}}$ [°]				
	10-14	15-19	20-24	25-29	35-39
7-8	0	0	1	0	0
8-9	6	5	7	0	0
9-10	1	13	3	1	0
10-11	5	16	4	2	0
11-12	2	8	2	2	1
12-13	4	6	1	1	1
13-14	1	3	0	0	0
14-15	0	1	1	0	0
15-16	0	1	0	1	0
17-18	0	0	1	0	0
Soma	19	53	20	7	2
%	18,8%	52,5%	19,8%	6,9%	2,0%

Quadro A.26 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{s,Máx}$

Parâmetros	$H_{s,Máx}$ [m]					
	$H_{s,Máx}$ [m]	dur até $H_{s,Máx}$ [dias]	Dir [°N]	T_p [s]	Disp [°]	T_z [s]
Média	5,95	0,35	294,83	15,3	17,65	10,76
Mínimo	4,74	0,00	230,00	10,5	12,00	8,50
Máximo	9,08	1,86	314,00	18,2	35,00	15,80

Quadro A.27 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$

$H_{s,Máx}$ [m]	Nº de temporais	%
4,5 - 5,5	38	37,6
5,5 - 6,5	38	37,6
6,5 - 7,5	19	18,8
7,5 +	6	5,9
Soma	101	100

Quadro A.28 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z

$H_{s,Máx}$ [m]	T_z em $H_{s,Máx}$ [s]							
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
4,5-5,5	7	7	10	6	4	3	0	0
5,5-6,5	5	7	10	7	9	1	0	0
6,5-7,5	0	6	8	0	4	0	0	1
7,5-8,5	0	0	2	0	1	0	1	0
8,5-9,5	0	1	0	0	0	0	1	0
Soma	12	21	30	13	18	4	2	1
%	11,9%	20,8%	29,7%	12,9%	17,8%	4,0%	2,0%	1,0%

Quadro A.29 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_p

$H_{s,Máx}$ [m]	T_p em $H_{s,Máx}$ [s]				
	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 +
4,5 - 5,5	4	6	17	7	4
5,5 - 6,5	1	6	13	11	7
6,5 - 7,5	1	4	8	2	4
7,5 +	0	1	2	1	2
Soma	6	17	40	21	17
%	5,9%	16,8%	39,6%	20,8%	16,8%

Quadro A.30 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por duração até $H_{s,M\acute{a}x}$

$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Dur até $H_{s,M\acute{a}x}$ [dias]								
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,8-2
4,5-5,5	22	11	2	2	0	0	0	0	0
5,5-6,5	16	12	3	4	4	0	0	0	0
6,5-7,5	2	7	1	4	2	1	0	1	1
7,5-8,5	1	3	0	0	0	0	0	0	0
8,5-9,5	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Soma	41	34	6	10	6	1	1	1	1
%	40,6%	33,7%	5,9%	9,9%	5,9%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%

Quadro A.31 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por direção

$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Dir em $H_{s,M\acute{a}x}$ [°N]				
	202,5-225	225-247,5	247,5-270	270-292,5	292,5-315
4,5-5,0	1	0	1	6	32
5,0-5,5	0	1	1	15	23
5,5-6,0	0	0	1	6	10
6,0-6,5	0	0	0	1	2
6,5-7,0	0	0	0	0	1
Total	1	1	3	28	68
%	1,0%	1,0%	3,0%	27,7%	67,3%

Quadro A.32 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por dispersão

$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Disp em $H_{s,M\acute{a}x}$ [°]			
	10 - 15	15 - 20	20 -25	25 +
4,5 - 5,5	8	21	8	1
5,5 - 6,5	16	16	4	2
6,5 - 7,5	8	7	3	1
7,5 +	2	1	3	0
Total	34	45	18	4
%	33,7%	44,6%	17,8%	4,0%

Quadro A.33 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max}/H_{s,Máx}$

Parâmetros	$H_{max}/H_{s,Máx}$							
	$H_{max}/H_{s,Máx}$	dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]	H_{max} [m]	H_s [m]	Dir [°N]	T_p [s]	Disp [°]	T_z [s]
Média	1,98	0,37	10,18	5,13	294,50	14,7	18,96	10,03
Mínimo	1,67	0,00	7,83	4,51	220,00	10,0	10,00	7,80
Máximo	2,44	2,12	15,81	8,09	318,00	18,2	38,00	14,40

Quadro A.34 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$

$H_{max}/H_{s,Máx}$	Nº de temporais	%
1,6-1,8	10	9,9%
1,8-2,0	51	50,5%
2,0-2,2	31	30,7%
2,2-2,4	8	7,9%
2,4-2,6	1	1,0%

Quadro A.35 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z

$H_{max}/H_{s,Máx}$	T_z em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [s]				
	9 -	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 +
1,8 -	3	2	2	3	0
1,8 - 2,0	20	11	10	4	6
2,0 - 2,2	8	8	5	10	0
2,2 +	1	5	1	0	2
Soma	32	26	18	17	8
%	31,7%	25,7%	17,8%	16,8%	7,9%

Quadro A.36 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_p

$H_{max}/H_{s,Máx}$	T_p em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [s]				
	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	18 +
1,8 -	0	4	4	2	0
1,8 - 2,0	6	14	18	6	7
2,0 - 2,2	6	4	7	11	3
2,2 +	0	4	1	4	0
Soma	12	26	30	23	10
%	11,9%	25,7%	29,7%	22,8%	9,9%

Quadro A.37 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$

$H_{max}/H_{s,Máx}$	Duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]				
	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 1,00	1,00 - 1,50	1,50 +
1,8 -	8	1	1	0	0
1,8 - 2,0	28	15	5	2	1
2,0 - 2,2	8	11	8	4	0
2,2 +	5	1	2	0	1
Soma	49	28	16	6	2
%	48,5%	27,7%	15,8%	5,9%	2,0%

Quadro A.38 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por direção

$H_{max}/H_{s,Máx}$	Dir em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [°N]					
	202,5-225,0	225,0-247,5	247,5-270,0	270,0-292,5	292,5-315,0	315,0-337,5
1,6-1,8	0	0	1	2	7	0
1,8-2	1	1	1	10	37	1
2-2,2	0	1	2	11	16	1
2,2-2,4	0	0	0	1	7	0
2,4-2,6	0	0	0	0	1	0
Soma	1	2	4	24	68	2
%	1,0%	2,0%	4,0%	23,8%	67,3%	2,0%

Quadro A.39 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por dispersão

$H_{max}/H_{s,Máx}$	Disp em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [°]				
	10-15	16-21	22-27	28-33	34-40
1,6-1,8	4	5	1	0	0
1,8-2,0	8	34	6	2	1
2,0-2,2	6	19	2	2	2
2,2-2,4	2	4	2	0	0
2,4-2,6	0	1	0	0	0
Soma	20	63	11	4	3
%	19,8%	62,4%	10,9%	4,0%	3,0%

Quadro A.40 - Número de temporais por $H_{max,Min}$

Nº de temporais	$H_{max,Min}$ [m]						
	5,0 - 5,5	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5	6,5 - 7,0	7,0 - 7,5	7,5 - 8,0	8,5 - 9,0
	2	1	21	50	24	2	1
%	2,0%	1,0%	20,8%	49,5%	23,8%	2,0%	1,0%

Quadro A.41 - Número de temporais por $H_{max,Méd}$

Nº de temporais	$H_{max,Méd}$ [m]							
	7,0 - 7,5	7,5 - 8,0	8,0 - 8,5	8,5 - 9,0	9,0 - 9,5	9,5 - 10,0	10,0 - 10,5	10,5 - 11,0
	6	31	25	25	9	3	1	1
%	5,9%	30,7%	24,8%	24,8%	8,9%	3,0%	1,0%	1,0%

Quadro A.42 - Número de temporais por $H_{s,Min}$

Nº de temporais	$H_{s,Min}$ [m]			
	4,5 - 4,6	4,6 - 4,7	4,7 - 4,8	5,1 - 5,2
	80	12	7	2
%	79,2%	11,9%	6,9%	2,0%

Quadro A.43 - Número de temporais por $H_{s,Méd}$

Nº de temporais	$H_{s,Méd}$ [m]				
	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5	6,5 - 7,0
	40	40	17	3	1
%	39,6%	39,6%	16,8%	3,0%	1,0%

Quadro A.44 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Min}$

Nº de temporais	$H_{max}/H_{s,Min}$				
	1,1-1,2	1,2-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6
	2	9	61	21	8
%	2,0%	8,9%	60,4%	20,8%	7,9%

Quadro A.45 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Méd}$

Nº de temporais	$H_{max}/H_{s,Méd}$						
	1,45 - 1,50	1,50 - 1,55	1,55 - 1,60	1,60 - 1,65	1,65 - 1,70	1,70 - 1,75	1,75 - 1,80
	1	8	27	44	16	4	1
%	1,0%	7,9%	26,7%	43,6%	15,8%	4,0%	1,0%

B. Anexo– Resumo das características dos temporais medidos em Faro entre 1986 e 2015

Quadro B.1 - Valores médios do temporal: T_z , T_p , H_s , Dir e $Disp$

$Dir_{Méd}$ [°N]	Parâmetros	Valores médios do temporal				
		$T_{z,Méd}$ [s]	$T_{p,Méd}$ [s]	$H_{s,Méd}$ [m]	$Dir_{Méd}$ [°N]	$Disp_{Méd}$ [°]
< 180	Média	6,27	8,42	2,98	127,48	23,37
	Mínimo	5,77	7,00	2,55	85,33	17,00
	Máximo	6,99	9,48	4,14	169,32	40,47
≥ 180	Média	6,89	9,73	3,09	233,07	22,66
	Mínimo	6,03	7,50	2,56	180,26	14,00
	Máximo	8,17	14,85	4,98	260,50	37,23

Quadro B.2 - Número de temporais por $H_{s,Méd}$

$Dir_{Méd}$ [°N]	Nº de temporais	$H_{s,Méd}$ [m]	Nº de temporais	%
< 180	64	2,5-3,0	37	57,8%
		3,0-3,5	24	37,5%
		3,5-4,0	2	3,1%
		4,0-4,5	1	1,6%
≥ 180	113	2,5-3,0	50	44,2%
		3,0-3,5	51	45,1%
		3,5-4,0	11	9,7%
		4,5-5,0	1	0,9%

Quadro B.3 - Número de temporais por $T_{z,Méd}$

$Dir_{Méd}$ [°N]	$H_{s,Méd}$ [m]	$T_{z,Méd}$ [s]					
		5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5
< 180	2,5-3,0	11	23	3	0	0	0
	3,0-3,5	0	18	6	0	0	0
	3,5-4,0	0	0	2	0	0	0
	4,0-4,5	0	0	1	0	0	0
	Total	11	41	12	0	0	0
	%	17,2%	64,1%	18,8%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	0	19	16	11	3	1
	3,0-3,5	0	9	20	19	3	0
	3,5-4,0	0	0	0	5	6	0
	4,5-5,0	0	0	0	0	1	0
	Total	11	69	48	35	13	1
	%	9,7%	61,1%	42,5%	31,0%	11,5%	0,9%

Quadro B.4 - Número de temporais por $T_{p,Méd}$

Dir _{Méd} [°N]	H _{s,Méd} [m]	T _{p,Méd} [s]							
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
< 180	2,5-3,0	5	31	1	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	0	22	2	0	0	0	0	0
	3,5-4,0	0	0	2	0	0	0	0	0
	4,0-4,5	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total	5	53	6	0	0	0	0	0
	%	7,8%	82,8%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	5	21	11	5	4	2	1	1
	3,0-3,5	0	12	20	16	2	1	0	0
	3,5-4,0	0	0	1	8	1	1	0	0
	4,5-5,0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Total	5	33	32	30	7	4	1	1
	%	4,4%	29,2%	28,3%	26,5%	6,2%	3,5%	0,9%	0,9%

Quadro B.5 - Número de temporais por direção média

H _{s,Méd} [m]	Dir _{Méd} [°N]							
	67,5-90,0	112,5-135,0	135,0-157,5	157,5-180,0	180,0-202,5	202,5-225,0	225,0-247,5	247,5-270,0
2,5-3,0	1	34	2	0	5	4	30	11
3,0-3,5	0	19	4	1	5	9	32	5
3,5-4,0	0	1	1	0	0	3	8	0
4,0-4,5	0	1	0	0	0	0	0	0
4,5-5,0	0	0	0	0	0	1	0	0
Total	1	55	7	1	10	17	70	16
%	0,6%	31,1%	4,0%	0,6%	5,6%	9,6%	39,5%	9,0%
	36,2%				63,8%			

Quadro B.6 - Número de temporais por dispersão média

Dir _{Méd} [°N]	H _{s,Méd} [m]	Disp _{Méd} [°]						
		10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
< 180	2,5-3,0	0	18	11	5	1	1	1
	3,0-3,5	0	5	9	4	5	1	0
	3,5-4,0	0	0	1	0	0	1	0
	4,0-4,5	0	0	1	0	0	0	0
	Total	0	23	22	9	6	3	1
	%	0,0%	35,9%	34,4%	14,1%	9,4%	4,7%	1,6%
≥ 180	2,5-3,0	2	12	21	13	0	2	0
	3,0-3,5	1	17	19	11	3	0	0
	3,5-4,0	0	0	9	2	0	0	0
	4,5-5,0	0	0	1	0	0	0	0
	Total	3	29	50	26	3	2	0
	%	2,7%	25,7%	44,2%	23,0%	2,7%	1,8%	0,0%

Quadro B.7 - Média, mínimo e máximo dos valores da duração total dos temporais

Dir_{Méd} [°N]	Parâmetros	Duração temporal [dias]
< 180	Média	0,85
	Mínimo	0,25
	Máximo	2,50
≥ 180	Média	0,93
	Mínimo	0,25
	Máximo	5,19

Quadro B.8 - Número de temporais por duração de temporal

Dir_{Méd} [°N]	Duração temporal [dias]	Nº de temporais	%	Dir_{Méd} [°N]	Duração temporal [dias]	Nº de temporais	%
< 180	0,25-0,50	23	35,9%	≥ 180	0,25-0,50	37	32,7%
	0,50-0,75	11	17,2%		0,50-0,75	19	16,8%
	0,75-1,00	8	12,5%		0,75-1,00	22	19,5%
	1,00-1,25	7	10,9%		1,00-1,25	8	7,1%
	1,25-1,50	8	12,5%		1,25-1,50	11	9,7%
	1,50-1,75	2	3,1%		1,50-1,75	3	2,7%
	1,75-2,00	1	1,6%		1,75-2,00	5	4,4%
	2,00-2,25	2	3,1%		2,00-2,25	2	1,8%
	2,25-2,50	1	1,6%		2,50-2,75	2	1,8%
	2,50-2,75	1	1,6%		2,75-3,00	2	1,8%
				3,75-4,00	1	0,9%	
				5,00-5,25	1	0,9%	

Quadro B.9 - Número de temporais por mês

Mês	Dir _{Méd} [°N]		Nº de temporais
	< 180	≥ 180	
Janeiro	7	12	19
Fevereiro	12	13	25
Março	20	11	31
Abril	8	9	17
Maio	1	2	3
Junho	0	1	1
Julho	0	0	0
Agosto	0	0	0
Setembro	0	1	1
Outubro	2	14	16
Novembro	4	15	19
Dezembro	10	35	45
Soma	64	113	177

Quadro B.10 - Número de temporais por mês e por duração

Mês	Duração temporal [dias]								
	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1,00	1,00-1,5	1,50-2,00	2,00-2,50	2,50-3,00	3,50-4,00	5,00-5,50
Janeiro	4	5	3	5	1	1	0	0	0
Fevereiro	8	6	2	4	2	2	1	0	0
Março	12	2	5	9	0	0	2	0	1
Abril	8	4	2	3	0	0	0	0	0
Maio	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Junho	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Setembro	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	6	6	3	0	1	0	0	0	0
Novembro	5	1	4	6	2	1	0	0	0
Dezembro	13	5	11	7	5	1	2	1	0
Soma	60	30	30	34	11	5	5	1	1

Quadro B.11 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max,Máx}$

Mês	Dur. até $H_{max,Máx}$ [horas]			Dur. até $H_{max,Máx}$ [dias]						
	0-2	2-4	4-6	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50	1,75-2,00	2,00-2,25
Janeiro	2	5	0	8	2	1	1	0	0	0
Fevereiro	4	4	3	6	2	4	0	2	0	0
Março	5	5	6	8	3	2	2	0	0	0
Abril	2	5	1	9	0	0	0	0	0	0
Maio	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Junho	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	4	2	2	4	3	0	0	1	0	0
Novembro	1	0	1	9	5	2	1	0	0	0
Dezembro	4	6	2	16	8	4	2	0	1	2
Soma	23	29	15	61	24	13	6	3	1	2

Quadro B.12 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{s,Máx}$

Mês	Dur até $H_{s,Máx}$ [dias]									
	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,8-2,0	2,0-2,2
Janeiro	5	5	4	1	2	2	0	0	0	0
Fevereiro	8	7	4	2	3	0	1	0	0	0
Março	10	10	4	3	3	0	1	0	0	0
Abril	8	7	2	0	0	0	0	0	0	0
Maio	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Junho	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setembro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	6	5	3	1	0	0	0	1	0	0
Novembro	6	2	5	5	1	0	0	0	0	0
Dezembro	14	12	6	5	2	1	1	0	3	1
Soma	60	50	28	17	11	3	3	1	3	1

Quadro B.13 - Número de temporais por mês e por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$

Mês	Dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]										
	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	2,0-2,2	3,8-4,0
Janeiro	6	4	4	2	2	1	0	0	0	0	0
Fevereiro	3	10	2	3	2	2	1	0	1	1	0
Março	11	9	4	3	1	1	0	0	1	0	1
Abril	7	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0
Maio	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Junho	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setembro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	8	4	2	1	0	0	0	1	0	0	0
Novembro	5	5	2	4	0	2	0	0	1	0	0
Dezembro	12	15	4	6	4	2	2	0	0	0	0
Soma	54	51	25	20	10	8	3	1	3	1	1

Quadro B.14 - Número de temporais por direção média e por mês

Mês	Direção Média [°N]							
	67,5-90,0	112,5-135,0	135,0-157,5	157,5-180,0	180,0-202,5	202,5-225,0	225,0-247,5	247,5-270,0
Janeiro	0	6	1	0	1	3	6	2
Fevereiro	1	10	0	1	0	3	8	2
Março	0	19	1	0	0	2	9	0
Abril	0	7	1	0	0	1	6	2
Maio	0	1	0	0	0	0	2	0
Junho	0	0	0	0	0	0	1	0
Setembro	0	0	0	0	0	0	1	0
Outubro	0	2	0	0	3	0	8	3
Novembro	0	2	2	0	3	1	9	2
Dezembro	0	8	2	0	3	7	20	5
Soma	1	55	7	1	10	17	70	16

Quadro B.15 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{max,Máx}$ [m]												
	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	9,0-9,5	10,5-11,0	11,0-11,5
Janeiro	0	2	4	3	1	3	0	1	2	0	2	0	1
Fevereiro	1	1	5	5	2	3	4	0	3	1	0	0	0
Março	0	2	2	4	7	4	3	4	1	1	2	1	0
Abril	0	0	1	5	4	1	2	3	0	1	0	0	0
Maio	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Junho	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	2	1	6	1	2	1	3	0	0	0	0	0
Novembro	1	0	3	3	7	1	0	1	3	0	0	0	0
Dezembro	1	1	5	5	10	7	2	4	5	3	1	0	1
Soma	3	8	23	32	34	21	12	16	14	6	5	1	2

Quadro B.16 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{s,Máx}$ [m]							
	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5
Janeiro	4	4	5	2	2	1	1	0
Fevereiro	8	8	3	5	1	0	0	0
Março	6	12	7	3	2	1	0	0
Abril	2	8	4	3	0	0	0	0
Maio	1	1	1	0	0	0	0	0
Junho	0	1	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	1	0	0	0	0	0	0
Outubro	2	6	7	1	0	0	0	0
Novembro	5	5	5	3	1	0	0	0
Dezembro	7	15	10	7	3	2	0	1
Soma	35	61	42	24	9	4	1	1

Quadro B.17 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$ e por mês

Mês	$H_{max}/H_{s,Máx}$					
	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0-2,2	2,2-2,4	2,4-2,6	2,6-2,8
Janeiro	2	8	5	3	1	0
Fevereiro	1	11	12	1	0	0
Março	1	5	20	4	0	1
Abril	0	8	7	1	1	0
Maio	0	2	1	0	0	0
Junho	0	0	0	1	0	0
Setembro	0	1	0	0	0	0
Outubro	2	8	4	0	1	1
Novembro	1	7	8	3	0	0
Dezembro	1	12	24	7	1	0
Soma	8	62	81	20	4	2

Quadro B.18 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	Parâmetros	$H_{max,Máx}$					
		$H_{max,Máx}$ [m]	dur até $H_{max,Máx}$ [dias]	Dir [°N]	T_p [s]	Disp [°]	T_z [s]
< 180	Média	6,40	0,38	126,30	8,63	22,14	6,46
	Mínimo	4,44	0,00	82,00	7,00	13,00	5,70
	Máximo	10,64	1,29	195,00	10,50	43,00	7,60
≥ 180	Média	6,71	0,41	232,56	9,72	22,13	7,02
	Mínimo	4,26	0,00	129,00	7,00	12,00	5,50
	Máximo	11,42	2,10	266,00	15,40	52,00	8,90

Quadro B.19 - Número de temporais por $H_{max,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max,Máx}$ [m]	Nº de temporais	%
< 180	4-5	3	4,7%
	5-6	24	37,5%
	6-7	21	32,8%
	7-8	9	14,1%
	8-9	5	7,8%
	9-10	1	1,6%
	10-11	1	1,6%
≥ 180	4-5	8	7,1%
	5-6	31	27,4%
	6-7	34	30,1%
	7-8	19	16,8%
	8-9	15	13,3%
	9-10	4	3,5%
	11-12	2	1,8%

Quadro B.20 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_z

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max,Máx}$ [m]	T_z [s]						
		5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
< 180	4-5	2	1	0	0	0	0	0
	5-6	6	12	6	0	0	0	0
	6-7	0	11	9	1	0	0	0
	7-8	0	0	3	4	2	0	0
	8-9	0	1	4	0	0	0	0
	9-10	0	0	0	1	0	0	0
	10-11	0	0	0	0	1	0	0
	Total	8	25	22	6	3	0	0
%	12,5%	39,1%	34,4%	9,4%	4,7%	0,0%	0,0%	
≥ 180	4-5	0	2	5	1	0	0	0
	5-6	1	11	11	5	3	0	0
	6-7	0	6	13	9	3	3	0
	7-8	0	1	5	6	6	1	0
	8-9	0	1	2	4	3	3	2
	9-10	0	0	1	1	1	1	0
	11-12	0	0	0	0	0	1	1
	Total	1	21	37	26	16	9	3
%	0,9%	18,6%	32,7%	23,0%	14,2%	8,0%	2,7%	

Quadro B.21 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por T_p

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max,Máx}$ [m]	T_p [s]							
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	14-15	15-16
< 180	4-5	1	2	0	0	0	0	0	0
	5-6	3	12	9	0	0	0	0	0
	6-7	0	12	8	1	0	0	0	0
	7-8	0	1	3	5	0	0	0	0
	8-9	0	0	5	0	0	0	0	0
	9-10	0	0	0	1	0	0	0	0
	10-11	0	0	0	1	0	0	0	0
	Total	4	27	25	8	0	0	0	0
%	6,3%	42,2%	39,1%	12,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
≥ 180	4-5	0	0	4	2	1	1	0	0
	5-6	3	8	11	5	2	0	1	1
	6-7	2	8	9	9	5	1	0	0
	7-8	1	1	4	12	1	0	0	0
	8-9	0	1	2	4	6	2	0	0
	9-10	0	0	1	2	0	1	0	0
	11-12	0	0	0	1	1	0	0	0
	Total	6	18	31	35	16	5	1	1
%	5,3%	15,9%	27,4%	31,0%	14,2%	4,4%	0,9%	0,9%	

Quadro B.22 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{max,Máx}$

DirMéd [°N]	$H_{max,Máx}$ [m]	Duração até $H_{max,Máx}$ [dias]									
		0,0- 0,2	0,2- 0,4	0,4- 0,6	0,6- 0,8	0,8- 1,0	1,0- 1,2	1,2- 1,4	1,4- 1,6	1,8- 2,0	2,0- 2,2
< 180	4-5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-6	8	13	2	1	0	0	0	0	0	0
	6-7	6	7	4	1	1	1	1	0	0	0
	7-8	1	3	3	0	1	1	0	0	0	0
	8-9	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0
	9-10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	10-11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	18	25	10	4	4	2	1	0	0	0
	%	28,1%	39,1%	15,6%	6,3%	6,3%	3,1%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	4-5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-6	18	7	2	3	1	0	0	0	0	0
	6-7	11	8	5	5	2	2	0	1	0	0
	7-8	5	6	5	1	0	1	1	0	0	0
	8-9	2	4	2	2	1	1	0	0	1	2
	9-10	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	11-12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Total	40	31	15	13	5	4	1	1	1	2
	%	35,4%	27,4%	13,3%	11,5%	4,4%	3,5%	0,9%	0,9%	0,9%	1,8%

Quadro B.23 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por direção em $H_{max,Máx}$

DirMéd [°N]	$H_{max,Máx}$ [m]	Dir em $H_{max,Máx}$ [°N]							
		67,5- 90,0	90,0- 112,5	112,5- 135,0	135,0- 157,5	180,0- 202,5	202,5- 225,0	225,0- 247,5	247,5- 270,0
< 180	4-5	0	1	2	0	0	0	0	0
	5-6	1	0	21	2	0	0	0	0
	6-7	0	0	20	1	0	0	0	0
	7-8	0	0	8	0	1	0	0	0
	8-9	0	1	4	0	0	0	0	0
	9-10	0	0	0	1	0	0	0	0
	10-11	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total	1	2	56	4	1	0	0	0
	%	1,6%	3,1%	87,5%	6,3%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	4-5	0	0	0	0	0	0	5	3
	5-6	0	0	0	0	2	4	17	8
	6-7	0	0	0	1	2	5	18	8
	7-8	0	0	0	0	1	10	6	2
	8-9	0	0	0	0	1	4	8	2
	9-10	0	0	1	0	0	0	3	0
	11-12	0	0	0	0	0	2	0	0
	Total	0	0	1	1	6	25	57	23
	%	0,0%	0,0%	0,9%	0,9%	5,3%	22,1%	50,4%	20,4%

Quadro B.24 - $H_{max,Máx}$: Número de temporais por dispersão em $H_{max,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	H _{max,Máx} [m]	Disp em H _{max,Máx} [°]						
		10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45
< 180	4-5	0	2	0	1	0	0	0
	5-6	0	11	8	3	1	1	0
	6-7	0	7	7	3	3	0	1
	7-8	0	2	2	2	2	1	0
	8-9	0	1	4	0	0	0	0
	9-10	0	0	0	0	0	1	0
	10-11	0	0	1	0	0	0	0
	Total	0	23	22	9	6	3	1
	%	0,0%	35,9%	34,4%	14,1%	9,4%	4,7%	1,6%
≥ 180	4-5	0	4	3	1	0	0	0
	5-6	1	7	14	9	0	0	0
	6-7	2	8	14	6	2	2	0
	7-8	0	5	7	6	1	0	0
	8-9	0	5	7	3	0	0	0
	9-10	0	0	3	1	0	0	0
	11-12	0	0	2	0	0	0	0
	Total	3	29	50	26	3	2	0
	%	2,7%	25,7%	44,2%	23,0%	2,7%	1,8%	0,0%

Quadro B.25 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	Parâmetros	H _{s,Máx}					
		H _{s,Máx} [m]	dur até H _{s,Máx} [dias]	Dir [°N]	T _p [s]	Disp [°]	T _z [s]
< 180	Média	3,43	0,42	125,61	8,63	21,75	6,57
	Mínimo	2,63	0,00	82,00	7,00	15,00	5,80
	Máximo	5,26	1,27	169,00	10,50	46,00	7,60
≥ 180	Média	3,64	0,40	231,02	9,74	21,18	7,16
	Mínimo	2,63	0,00	125,00	6,20	13,00	6,00
	Máximo	6,40	2,08	266,00	15,40	39,00	9,20

Quadro B.26 - Número de temporais por $H_{s,Máx}$

$Dir_{Méd}$ [°N]	$H_{s,Máx}$ [m]	Nº de temporais	%
< 180	2,5-3,0	18	28,1%
	3,0-3,5	22	34,4%
	3,5-4,0	12	18,8%
	4,0-4,5	9	14,1%
	4,5-5,0	1	1,6%
	5,0-5,5	2	3,1%
≥ 180	2,5-3,0	17	15,0%
	3,0-3,5	39	34,5%
	3,5-4,0	30	26,5%
	4,0-4,5	15	13,3%
	4,5-5,0	8	7,1%
	5,0-5,5	2	1,8%
	5,5-6,0	1	0,9%
6,0-6,5	1	0,9%	

Quadro B.27 - $H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z

$Dir_{Méd}$ [°N]	$H_{s,Máx}$ [m]	T_z [s]							
		5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	9,0-9,5
< 180	2,5-3,0	2	16	0	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	0	12	10	0	0	0	0	0
	3,5-4,0	0	1	9	2	0	0	0	0
	4,0-4,5	0	0	2	6	1	0	0	0
	4,5-5,0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	0	2	0	0	0	0
	Total	2	29	21	10	2	0	0	0
	%	3,1%	45,3%	32,8%	15,6%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	0	8	6	2	1	0	0	0
	3,0-3,5	0	9	13	11	4	1	1	0
	3,5-4,0	0	1	9	9	7	3	1	0
	4,0-4,5	0	0	3	1	6	4	1	0
	4,5-5,0	0	0	1	3	1	3	0	0
	5,0-5,5	0	0	0	0	0	2	0	0
	5,5-6,0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6,0-6,5	0	0	0	0	0	0	1	0
	Total	0	18	32	26	19	13	4	1
	%	0,0%	15,9%	28,3%	23,0%	16,8%	11,5%	3,5%	0,9%

Quadro B.28 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por T_p

Dir _{Méd} [°N]	$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	T_p [s]									
		6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
< 180	2,5-3,0	0	2	13	3	0	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	0	1	9	12	0	0	0	0	0	0
	3,5-4,0	0	0	5	6	1	0	0	0	0	0
	4,0-4,5	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0
	4,5-5,0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	Total	0	3	27	28	6	0	0	0	0	0
	%	0,0%	4,7%	42,2%	43,8%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	0	2	7	2	3	2	0	0	1	0
	3,0-3,5	1	5	5	12	12	2	0	0	1	1
	3,5-4,0	0	0	5	8	11	3	2	1	0	0
	4,0-4,5	0	0	0	6	3	4	1	1	0	0
	4,5-5,0	0	0	0	4	2	2	0	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	5,5-6,0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	6,0-6,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Total	1	7	17	32	32	15	4	2	2	1
	%	0,9%	6,2%	15,0%	28,3%	28,3%	13,3%	3,5%	1,8%	1,8%	0,9%

Quadro B.29 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por duração até $H_{s,M\acute{a}x}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Dur até $H_{s,M\acute{a}x}$ [dias]									
		0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,8-2,0	2,0-2,2
< 180	2,5-3,0	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	5	13	1	2	1	0	0	0	0	0
	3,5-4,0	2	1	2	2	1	2	2	0	0	0
	4,0-4,5	0	1	3	2	3	0	0	0	0	0
	4,5-5,0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Total	16	22	9	8	5	2	2	0	0	0
	%	25,0%	34,4%	14,1%	12,5%	7,8%	3,1%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	14	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	15	10	4	6	3	1	0	0	0	0
	3,5-4,0	10	11	6	0	1	0	1	1	0	0
	4,0-4,5	3	4	4	1	1	0	0	0	1	1
	4,5-5,0	1	2	3	0	0	0	0	0	2	0
	5,0-5,5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5,5-6,0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	6,0-6,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Total	44	28	19	9	6	1	1	1	3	1
	%	38,9%	24,8%	16,8%	8,0%	5,3%	0,9%	0,9%	0,9%	2,7%	0,9%

Quadro B.30 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por direção em $H_{s,M\acute{a}x}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Dir em $H_{s,M\acute{a}x}$ [°N]								
		67,5- 90,0	90,0- 112,5	112,5- 135,0	135,0- 157,5	157,5- 180,0	180,0- 202,5	202,5- 225,0	225,0- 247,5	247,5- 270,0
< 180	2,5-3,0	1	1	14	2	0	0	0	0	0
	3,0-3,5	0	0	21	1	0	0	0	0	0
	3,5-4,0	0	0	11	0	1	0	0	0	0
	4,0-4,5	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	4,5-5,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Total	1	1	57	4	1	0	0	0	0
	%	1,6%	1,6%	89,1%	6,3%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	2,5-3,0	0	0	0	0	0	1	2	9	5
	3,0-3,5	0	0	0	0	0	1	8	21	9
	3,5-4,0	0	0	1	1	0	2	9	11	6
	4,0-4,5	0	0	0	0	0	1	3	10	1
	4,5-5,0	0	0	0	1	0	0	2	5	0
	5,0-5,5	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	5,5-6,0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6,0-6,5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Total	0	0	1	2	0	5	25	59	21
	%	0,0%	0,0%	0,9%	1,8%	0,0%	4,4%	22,1%	52,2%	18,6%

Quadro B.31 - $H_{s,M\acute{a}x}$: Número de temporais por dispersão em $H_{s,M\acute{a}x}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{s,M\acute{a}x}$ [m]	Disp em $H_{s,M\acute{a}x}$ [°]							
		10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49
< 180	2,5-3,0	0	9	6	1	1	1	0	0
	3,0-3,5	0	11	6	5	0	0	0	0
	3,5-4,0	0	2	5	3	1	0	0	1
	4,0-4,5	0	5	3	1	0	0	0	0
	4,5-5,0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5,0-5,5	0	0	1	0	0	0	1	0
	Total	0	28	21	10	2	1	1	1
	%	0,0%	43,8%	32,8%	15,6%	3,1%	1,6%	1,6%	1,6%
≥ 180	2,5-3,0	2	4	6	3	2	0	0	0
	3,0-3,5	3	12	14	7	2	1	0	0
	3,5-4,0	3	15	6	4	1	1	0	0
	4,0-4,5	1	4	5	5	0	0	0	0
	4,5-5,0	0	2	3	2	1	0	0	0
	5,0-5,5	0	1	1	0	0	0	0	0
	5,5-6,0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6,0-6,5	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total	9	39	36	21	6	2	0	0
%	8,0%	34,5%	31,9%	18,6%	5,3%	1,8%	0,0%	0,0%	

Quadro B.32 - Valores médio, mínimo e máximo dos parâmetros de $H_{max}/H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	Parâmetros	$H_{max}/H_{s,Máx}$							
		$H_{max}/H_{s,Máx}$	dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]	H_{max} [m]	H_s [m]	Dir [°N]	T_p [s]	Disp [°]	T_z [s]
< 180	Média	2,06	0,42	6,07	2,93	131,88	8,56	23,88	6,25
	Mínimo	1,71	0,00	4,27	2,50	92,00	7,00	12,00	5,50
	Máximo	2,66	1,72	10,64	4,75	237,00	10,50	51,00	7,60
≥ 180	Média	2,05	0,46	6,16	3,00	234,36	9,65	22,63	6,76
	Mínimo	1,66	0,00	4,25	2,50	166,00	7,00	12,00	5,50
	Máximo	2,72	3,81	9,06	4,16	265,00	15,40	52,00	8,30

Quadro B.33 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	Nº de temporais	%
< 180	1,7-1,9	9	14,1%
	1,9-2,1	29	45,3%
	2,1-2,3	23	35,9%
	2,3-2,5	1	1,6%
	2,5-2,7	2	3,1%
≥ 180	1,5-1,7	1	0,9%
	1,7-1,9	25	22,1%
	1,9-2,1	48	42,5%
	2,1-2,3	30	26,5%
	2,3-2,5	8	7,1%
	2,7-2,9	1	0,9%

Quadro B.34 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_z

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	T_z [s]					
		5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5
< 180	1,7-1,9	4	4	1	0	0	0
	1,9-2,1	5	16	7	1	0	0
	2,1-2,3	5	12	5	0	1	0
	2,3-2,5	1	0	0	0	0	0
	2,5-2,7	0	0	1	1	0	0
	Total	15	32	14	2	1	0
	%	23,4%	50,0%	21,9%	3,1%	1,6%	0,0%
≥ 180	1,5-1,7	0	1	0	0	0	0
	1,7-1,9	3	8	9	4	0	1
	1,9-2,1	1	15	12	12	4	4
	2,1-2,3	1	5	14	6	4	0
	2,3-2,5	0	2	3	3	0	0
	2,7-2,9	0	0	0	0	1	0
	Total	5	31	38	25	9	5
	%	4,4%	27,4%	33,6%	22,1%	8,0%	4,4%

Quadro B.35 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por T_p

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	T_p [s]								
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
< 180	1,7-1,9	1	5	3	0	0	0	0	0	0
	1,9-2,1	1	11	15	2	0	0	0	0	0
	2,1-2,3	3	10	8	2	0	0	0	0	0
	2,3-2,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2,5-2,7	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Total	5	27	27	5	0	0	0	0	0
	%	7,8%	42,2%	42,2%	7,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
≥ 180	1,5-1,7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1,7-1,9	3	9	4	5	2	0	0	1	1
	1,9-2,1	2	11	13	6	13	1	1	0	1
	2,1-2,3	2	5	8	11	4	0	0	0	0
	2,3-2,5	0	1	2	3	1	1	0	0	0
	2,7-2,9	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total	7	26	28	26	20	2	1	1	2
%	6,2%	23,0%	24,8%	23,0%	17,7%	1,8%	0,9%	0,9%	1,8%	

Quadro B.36 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por duração até $H_{max}/H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	Dur até $H_{max}/H_{s,Máx}$ [dias]										
		0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	2,0-2,2	3,8-4,0
< 180	1,7-1,9	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1,9-2,1	8	10	3	3	2	2	0	0	1	0	0
	2,1-2,3	8	5	4	1	3	1	1	0	0	0	0
	2,3-2,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2,5-2,7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Total	21	18	8	6	5	4	1	0	1	0	0
	%	32,8%	28,1%	12,5%	9,4%	7,8%	6,3%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%
≥ 180	1,5-1,7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,7-1,9	10	9	5	0	1	0	0	0	0	0	0
	1,9-2,1	16	13	5	9	2	0	1	1	1	0	0
	2,1-2,3	5	9	4	3	2	4	1	0	1	1	0
	2,3-2,5	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	1
	2,7-2,9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Total	33	33	17	14	5	4	2	1	2	1	1
%	29,2%	29,2%	15,0%	12,4%	4,4%	3,5%	1,8%	0,9%	1,8%	0,9%	0,9%	

Quadro B.37 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por direção em $H_{max}/H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	Dir em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [°N]							
		90,0- 112,5	112,5- 135,0	135,0- 157,5	157,5- 180,0	180,0- 202,5	202,5- 225,0	225,0- 247,5	247,5- 270,0
< 180	1,7-1,9	1	8	0	0	0	0	0	0
	1,9-2,1	1	24	2	1	1	0	0	0
	2,1-2,3	2	15	4	0	1	1	0	0
	2,3-2,5	0	1	0	0	0	0	0	0
	2,5-2,7	0	1	0	0	0	0	1	0
	Total	4	49	6	1	2	1	1	0
	%	6,3%	76,6%	9,4%	1,6%	3,1%	1,6%	1,6%	0,0%
≥ 180	1,5-1,7	0	0	0	0	0	0	0	1
	1,7-1,9	0	0	0	0	2	2	15	6
	1,9-2,1	0	0	0	2	2	10	22	12
	2,1-2,3	0	0	0	0	1	7	14	8
	2,3-2,5	0	0	0	0	1	0	5	2
	2,7-2,9	0	0	0	0	0	1	0	0
	Total	0	0	0	2	6	20	56	29
%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	5,3%	17,7%	49,6%	25,7%	

Quadro B.38 - $H_{max}/H_{s,Máx}$: Número de temporais por dispersão em $H_{max}/H_{s,Máx}$

Dir _{Méd} [°N]	$H_{max}/H_{s,Máx}$ [m]	Disp em $H_{max}/H_{s,Máx}$ [°]								
		10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54
< 180	1,7-1,9	1	5	2	1	0	0	0	0	0
	1,9-2,1	1	10	7	6	1	3	0	0	1
	2,1-2,3	1	4	8	4	1	2	2	1	0
	2,3-2,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	2,5-2,7	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Total	3	20	18	12	2	5	2	1	1
	%	4,7%	31,3%	28,1%	18,8%	3,1%	7,8%	3,1%	1,6%	1,6%
≥ 180	1,5-1,7	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1,7-1,9	4	4	5	11	1	0	0	0	0
	1,9-2,1	7	11	9	13	6	0	0	2	0
	2,1-2,3	1	9	10	8	1	0	0	0	1
	2,3-2,5	0	2	4	2	0	0	0	0	0
	2,7-2,9	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Total	12	26	30	34	8	0	0	2	1
%	10,6%	23,0%	26,5%	30,1%	7,1%	0,0%	0,0%	1,8%	0,9%	

Quadro B.39 - Número de temporais por $H_{max,Min}$

Nº de temporais	$H_{max,Min}$ [m]				
	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5
	3	94	71	8	1
%	1,7%	53,1%	40,1%	4,5%	0,6%

Quadro B.40 - Número de temporais por $H_{max,Méd}$

Nº de temporais	$H_{max,Méd}$ [m]							
	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	8,0-8,5
	17	66	52	32	7	1	1	1
%	9,6%	37,3%	29,4%	18,1%	4,0%	0,6%	0,6%	0,6%

Quadro B.41 - Número de temporais por $H_{s,Min}$

Nº de temporais	$H_{s,Min}$ [m]				
	2,5-2,6	2,6-2,7	2,7-2,8	2,8-2,9	2,9-3,0
	121	37	11	4	4
%	68,4%	20,9%	6,2%	2,3%	2,3%

Quadro B.42 - Número de temporais por $H_{s,Méd}$

Nº de temporais	$H_{s,Méd}$ [m]				
	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0
	87	75	13	1	1
%	49,2%	42,4%	7,3%	0,6%	0,6%

Quadro B.43 - Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Min}$

Nº de temporais	$H_{max}/H_{s,Min}$ [m]					
	1,2-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6	1,6-1,7	1,7-1,8
	3	50	90	28	5	1
%	1,7%	28,2%	50,8%	15,8%	2,8%	0,6%

Quadro B.44 – Número de temporais por $H_{max}/H_{s,Méd}$

Nº de temporais	$H_{max}/H_{s,Méd}$ [m]			
	1,5-1,6	1,6-1,7	1,7-1,8	1,8-1,9
	5	115	54	3
%	2,8%	65,0%	30,5%	1,7%