

Validação de reanálise do Wave Watch III ao largo da ilha de Santa Catarina com medições de ondógrafo direcional (2001-2005)

Gilmar de Oliveira Gomes¹, Davide Franco², Guilherme Hammes³, Rodrigo Barletta⁴, Eloi Melo Filho⁵, Henrique Frasson de Souza Mário⁶

Laboratório de Hidráulica Marítima (LaHiMar), Depto Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, Campus Trindade, CP 5039, Florianópolis, SC, CEP :88040-970,

Fone/Fax:(48)37219992, email: goliveirag@gmail.com¹, franco@ens.ufsc.br², guihammes@gmail.com³, rcb@ens.ufsc.br⁴, emf@ens.ufsc.br⁵, hfrasson@yahoo.com.br⁶

RESUMO: Pretende-se definir uma climatologia de ondas para a região ao largo da costa de Santa Catarina, utilizando 30 anos de campos de ventos como forçante do modelo Wave Watch III. Neste trabalho são avaliadas as capacidades de representação dos processos físicos do modelo no período 2002-2005 ao largo da Ilha de Santa Catarina, comparando as saídas numéricas aos dados medidos pelo LAHIMAR através de um ondógrafo direcional Datawell. O modelo em escala global foi rodado com grade de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ usando campos de vento de reanálise do NOAA e adquirindo a saída a cada 3 horas; os registros espectrais medidos foram obtidos em 2002 com taxa horária, e entre 2003 e 2005 a cada meia hora. Foram consideradas as saídas do modelo nos dois pontos de grade mais próximos ao local do fundeio e como parâmetro de comparação foram usadas as características medidas e simulada do pico principal de cada registro espectral. Os pontos de grade referem-se às profundidades de 49m e 116,9m, o equipamento esteve fundeado em várias profundidades próximas aos 80m. Os parâmetros básicos que serão analisados, altura significativa e direção de pico foram transformados para as diversas profundidades dos fundeios. Foram selecionados os tempos de simulação próximos aos tempos amostrais obtendo-se 10344 registros pela verificação. No estudo é analisada a distribuição dos erros mapeando a altura significativa no plano (frequência x direção), caracterizando regiões de maior erro e buscando sua assinatura no registro temporal.

PALAVRA-CHAVE: Climatologia de ondas; Costa de Santa Catarina; WW3

ABSTRACT: The aim is to define a wave climatology for the region off the coast of Santa Catarina, using 30 years of fields of winds and forcing the Wave Watch III. This work evaluated the capacity of representation of the physical processes of the model in the period 2002-2005 off the coast of Santa Catarina, comparing the outputs of numerical data measured by LAHIMAR through a directional Datawell. The model was run on a global scale with grid of $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ using fields of wind re-examination of NOAA and acquiring the output every 3 hours, the records spectral measurements were obtained in 2002 with hourly rate, and between 2003 and 2005 to every half hour. We considered the outputs of the model within two points of grid closest to the site of the anchor and as a parameter for comparison were used and measures the characteristics of the simulated main peak of each spectral record.

The grid points of reference in the depths of 49m and 116.9 meters, the equipment was anchored at various depths close to 80 meters. The basic parameters are analyzed, significant height and direction of peak were transformed into the various depths of the anchor. We selected the time of the next simulation sampling time resulting in 10,344 records for verification. In the study reviews the distribution of mapping errors of significant height at the time (frequency x direction), characterizing regions of greatest mistake and seeking his signature on record time.

KEYWORDS: Waves climatology; Santa Catarina coast; WW3.

1 INTRODUÇÃO

As ondas superficiais de gravidade oceânicas são um dos principais agentes que influenciam a dinâmica dos ambientes costeiros, elas representam a principal fonte de energia nesses ambientes.

O conhecimento das variações sazonais, inter-anuais e inter-decadais sofridas pelo estado do mar é de grande importância para o desenvolvimento das suas diversas potencialidades. Por este motivo, vários grupos de pesquisa em todo o país têm se dedicado, embora isoladamente, a elaboração de climatologias do estado do mar de médio e longo prazo desde o começo da década de 1990.

O Laboratório de Hidráulica Marítima da Universidade Federal de Santa Catarina (LaHiMar – UFSC) tem desenvolvido vários trabalhos na busca do entendimento do estado do mar, especificamente sobre o litoral catarinense. Em 2001 o LaHiMar iniciou o Programa de Informação Costeira *on line* (PIC - *on line*) apoiado pelo CNPq através do edital Plano Sul de Pesquisa e Pós-Graduação, estendendo-se até 2005. Desde a sua concepção, o PIC teve como objetivo principal monitorar continuamente as condições do mar ao largo da Ilha de Santa Catarina através de uma bóia medidora de ondas, o ondógrafo direcional Datawell Waverider Mark II, uma esfera de aço inox de 220 Kg de peso e 1 metro de diâmetro, dotada de acelerômetros que calculam as características das ondas superficiais do mar. Neste período as informações captadas foram repassadas a comunidade em tempo real e de forma totalmente gratuita via internet.

Neste trabalho serão utilizados os dados produzidos pelos diversos fundeios do ondógrafo, tabela 1, durante todo o período (2002-2005), objetivando apresentar os primeiros passos para uma futura climatologia de ondas da região da costa de Santa Catarina, através da comparação estatística dos dados medidos com os resultados de um modelo numérico.

Tabela 1: Duração, localização e profundidade das campanhas de monitoramento, Melo[3].

Tipo	Campanha	Início [UTC]	Fim [UTC]	Duração	Latitude [° S]	Longitude [° W]	h [m]
DTWL	2002.1	28/1/2002 00:00	4/12/2002 19:00	310.79	27° 44' 34"	48° 09' 53"	78
	2003.1	8/1/2003 19:00	12/4/2003 08:00	93.54	27° 44' 02"	48° 11' 23"	77
	2003.2	7/6/2003 09:30	20/11/2003 12:30	166.13	27° 42' 40"	48° 07' 48"	77
CDIP	2004.1	11/5/2004 20:30	18/6/2004 20:30	38.00	27° 42' 16"	48° 08' 03"	80
	2004.2	2004/06/18 21:30:00	2004/07/05 16:00:00	16.77	27° 43' 08"	48° 07' 50"	75
	2004.3	2004/10/27 16:00:00	2004/12/04 06:00:00	37.58	27° 42' 18"	48° 08' 13"	75
	2004.4	2004/12/04 11:30:00	2004/12/14 17:00:00	10.23	27° 45' 40"	48° 09' 44"	75
	2004.5	2004/12/14 21:00:00	2005/05/07 09:00:00	143.50	27° 54' 51"	48° 14' 21"	72
	2005.1	2005/08/02 17:30:00	2005/08/12 23:30:00	10.25	27° 55' 43"	48° 13' 45"	75

Será utilizado o modelo WAVEWATCH-III (WW3), o qual, foi desenvolvido no Marine Modeling and Analysis Branch (MMAB) of the Environmental Modeling Center (EMC) of the National Centers for Environmental Prediction (NCEP), baseado em seus antecessores: WAVEWATCH-I, desenvolvido na Delft University of Technology e WAVEWATCH-II, desenvolvido na NASA Goddard Space Flight Center TOLMAN [4].

Para esta análise preliminar, que consiste na determinação do quão próximo a modelagem está dos dados medidos, foram consideradas apenas duas saídas do modelo WW3, que foi rodado para uma grade de resolução $0,25^0 \times 0,25^0$, pela equipe do LaHiMar, com batimetria obtida do banco de dados GEBCO, tendo sido selecionados os tempos de simulação relativos aos tempos amostrais, obtendo-se 10344 registros de cada saída, cujas localizações são as mais próximas das diversas posição do ondógrafo, tabela 1. A primeira saída na profundidade de 49m na posição $27^0 75$ S, 48^0 W (latitude, longitude) é denominada "Ponto 75" ou "P.75" e a segunda na profundidade 116,9m e posição $27^0 75$ S, $47^0 75$ W é

denominada “Ponto 76” ou “P.76”.

O último período no qual esteve fundeado o ondógrafo, denominado 2005.1, tabela 1, foi descartado nesta análise por dois motivos, primeiro devido aos elevados valores de altura de pico, fazendo aumentar drasticamente os valores médios e impondo uma tendência de crescimento que pode não se confirmar, visto que os dados acabam naquele período e o segundo, por já ter sido estudado em um trabalho anterior da equipe do LaHiMar Melo[3], caracterizando o evento como uma ressaca.

2 ESTATÍSTICA BÁSICA COMO PRIMEIRO PASSO PARA UMA CLIMATOLOGIA

2.1 Metodologia do WMO

O conhecimento da climatologia de ondas de uma determinada região é importante para uma série de atividades conforme evidenciado anteriormente; inversamente, a análise empregada para obter determinada climatologia está relacionada a aplicação desejada. Todavia, inicialmente qualquer climatologia deve contemplar segundo o WMO [6]:

1. Alturas de ondas de “longo tempo de retorno” (por exemplo, dentro de 100 anos) associadas a períodos e direções para as regiões de interesse;
2. Percentual de altura de onda ou período para uma determinada direção de onda;
3. Análise de altura de onda que excede determinado valor;
4. Analisar a persistência de determinadas alturas de onda em ultrapassar limites selecionados;
5. Análise de distribuição conjunta de altura significativa e período;
6. Análise de séries temporais de altura e período;
7. Relação entre altura significativa e altura máxima.

Nessa perspectiva, em 2001 ALVES & MELO [1], desenvolveram uma primeira caracterização do estado do mar para a costa de Santa Catarina em termos médios, a qual se deu através da determinação de três parâmetros básicos, tradicionalmente utilizados:

- a altura significativa de onda (H_s);
- o período de pico (T_p);
- a direção média dominante (θ_p),

A altura significativa reflete a média de 1/3 das maiores ondas presentes em um dado campo de onda. O período de pico corresponde a frequência com a maior densidade de energia presente em um espectro de frequência uni-modal (com um único pico, ou seja, com uma única Onda Primária presente) e a direção média dominante é a direção média associada a frequência de pico.

No caso de um mar uni-modal esta informação descreve eficientemente o estado de agitação marítima. Diversa é a situação em mares multi-modais, quando varias Ondas Primárias se encontram, vindas de direções diferentes, com período próprio e com energia (altura) diversa. Assim como ALVES & MELO [1], ARAÚJO, *et al.* [2] revelaram que, ao menos um terço dos espectros se apresentaram como mares bi-modais e tri-modais.

Tendo em vista que este trabalho objetiva uma primeira análise sobre todo o período em que o ondógrafo esteve fundeado, a investigação inicial será baseada nos três parâmetros básicos, citados acima.

2.2 Comparações entre saídas do modelo e os dados medidos

Conforme o WMO[6] a avaliação dos três parâmetros básicos foi feita considerando estatísticas básicas como média, mediana e variabilidade em relação a média. Paralelamente, foi feita uma primeira avaliação do desempenho do modelo Wave Watch III seguindo a metodologia sugerida por Willmott [5], descrita a seguir.

Admitindo que x_i represente uma determinada medição e y_i uma determinada saída do modelo, com $i=1, \dots, n$, sendo n o número de registros disponíveis. Os seguintes parâmetros foram calculados:

- A média aritmética, o desvio padrão e a variância;
- Bias, uma medida de tendenciosidade, descrita como o erro entre as médias das saídas do modelo e das medições;

$$\text{Erro de tendência} = \frac{(\bar{y} - \bar{x})}{\bar{x}} \quad (1)$$

- Erro bruto, dado por

$$\text{Erro Bruto}_i = y_i - x_i \quad (2)$$

- MAE, o erro médio absoluto;

$$\text{MAE}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \quad (3)$$

- RMSE, o erro quadrático médio;

$$\text{RMSE}_i = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

- Índice de concordância de Willmott “d”, uma quantidade adimensional, calculada a partir do que o autor denomina distância potencial máxima que um par (x_i, y_i) pode se afastar, $|y_i - \bar{x}| + |x_i - \bar{x}|$;

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|^2}{\sum_{i=1}^n (|y_i - \bar{x}| + |x_i - \bar{x}|)^2} \quad (5)$$

Para $d=1$ uma concordância perfeita é atingida.

Além destes indicadores sugeridos por Willmott [5], considerou-se uma variação do MAE, normalizando-o pelos valores medidos, que será denominada de Erro normalizado.

$$\text{Erro Normalizado}_i = \frac{|y_i - x_i|}{x_i} \quad (6)$$

2.3 Análise

As duas saídas do modelo foram determinadas em profundidades diferentes daquela na qual o ondógrafo esteve fundeado. Admitindo que a batimetria da região pode ser aproximada por uma batimetria plano paralela, cuja linha de costa forma um ângulo de 15° em relação ao norte, fazendo uma transformação adequada no sistema de referência, pode-se então, utilizar a conservação do fluxo de energia e a lei de Snell para obter os valores de altura e direção, associados às diversas profundidades nas quais o ondógrafo esteve fundeado. A partir daqui P.75 e P. 76 serão considerados como as saídas já transformadas para as mesmas profundidades do ondógrafo.

Assim sendo, as medidas calculadas inicialmente consideraram 9564 registros por saída, dado o corte da última campanha de medições.

Os primeiros indicadores foram calculados considerando as séries de dados sem imposição de um critério prévio de seleção. Os resultados são mostrados na tabela 2 evidenciando que nos cálculos de erro, P.76 apresentou sempre menores valores do que P.75, com destaque para o Erro Bruto e o Erro Normalizado, além de menor variância e desvio. O critério de tendenciosidade, bias, apresentou valor mais baixo em P.76, corroborando com utilização somente de P.76 nas comparações com os valores medidos. Embora o índice de concordância de Willmott de P.76 não esteja muito mais próximo de 1 do que P.75, é outro indicador relevante, some-se a isso os valores máximos de H_s que aproximam-se mais do medido.

	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão	Bias	Erro Bruto	MAE	RMSE	Erro normalizado
P. 75	2.02	1.86	0.4499	6.596345	0.71	0.84	0.20	0.33	0.46	0.61	0.27
P.76	1.91	1.79	0.2759	5.832265	0.62	0.78	0.13	0.22	0.41	0.54	0.24
Bóia	1.69	1.58	0.57	4.65	0.34	0.58	-	-	-	-	-

Tabela 2: Estatísticas básicas para H_s

Com base no exposto acima, concluiu-se pela utilização somente de P.76 para analisar mais aprofundadamente a sua relação com os dados do ondógrafo.

2.4 Mapeamento

Inicialmente foi feito um mapeamento em frequência e direção (fre X dir) dos dados de altura medidos pelo ondógrafo, considerando as 16 direções principais da rosa dos ventos e 29 intervalos de frequência entre 0,05 e 0,33Hz, porque é esta a extensão de frequências que foi medida pelo ondógrafo. Posteriormente, foi feita a determinação da ocorrência das alturas medidas pelo ondógrafo presentes em cada “célula”, ou seja, cada região definida por frequência versus direção, tabela 3.

Observando a tabela 3, é evidente uma concentração de picos nas direções: sul com 21% dos dados, sul-sudeste com 16% e lés-nordeste com 15%. Na frequência o destaque se dá aos valores relativamente baixos, 18% na faixa de 0,09 a 0,1Hz, portanto, períodos entre 10s e 11s e 14% na faixa 0,08 a 0,09Hz, ou seja, períodos entre 11s e 12,5s.

Cabe ressaltar ainda a concentração de picos na direção sul com frequência entre 0,08 e 0,1Hz.

Tabela 3: Contagem de Hs dos dados do ondógrafo por célula (frequência X direção)

	ONO	NO	NNO	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	TOTAL
]0.05;0.06]										1	6						7
]0.06;0.07]									5	28	94	30					157
]0.07;0.08]								2	26	76	200	165	2				471
]0.08;0.09]							3	13	60	152	251	351	13				843
]0.09;0.10]						1	53	112	191	183	228	303	23				1094
]0.10;0.11]						3	83	123	117	104	78	123	25				656
]0.11;0.12]						8	142	182	98	62	63	84	20				659
]0.12;0.13]						5	166	146	78	36	37	39	11				518
]0.13;0.14]					1	13	121	89	46	26	12	31	21				360
]0.14;0.15]					1	18	99	40	24	8	8	21	8				227
]0.15;0.16]					1	26	67	25	14	8	8	23	23				195
]0.16;0.17]					2	21	45	20	4	3	5	19	19				138
]0.17;0.18]					3	28	29	7		2	1	7	16	1			94
]0.18;0.19]					7	29	26	5	4	1	2	16	19				109
]0.19;0.20]				4	15	24	22	2			2	7	24				100
]0.20;0.21]			1	2	14	32	14	1	1	1		16	13	4			99
]0.21;0.22]				7	12	17	3		1			6	11	1			58
]0.22;0.23]			1	4	14	10	3	1			2	6	7	4			52
]0.23;0.24]	1			13	14	7	3				2	6	6				52
]0.24;0.25]				10	7	3	2						1				23
]0.25;0.26]			2	4		1						2	2				11
]0.26;0.27]					4	1	1							1			7
]0.27;0.28]			3	3	4												10
]0.28;0.29]			1	7	2	1											11
]0.29;0.30]				1	2	1											4
]0.33;0.33]			1	2	1												4
TOTAL	1		9	57	104	249	882	768	669	691	999	1255	264	11			5959

Em um segundo momento foram calculadas as estatísticas básicas nos mesmos moldes descritos no item 2.2 e observando a metodologia do WMO[6]. Os resultados são expressos nas figuras a seguir.

Nota-se quatro regiões no mapeamento fre X dir, figura 1, que apresentam valores de altura acima de 2m, entre os dados medidos, com máximo ao redor de 3m. A saída do modelo, figura 2 evidencia três regiões com valores acima de 2,5m, atingindo o máximo em 4m.

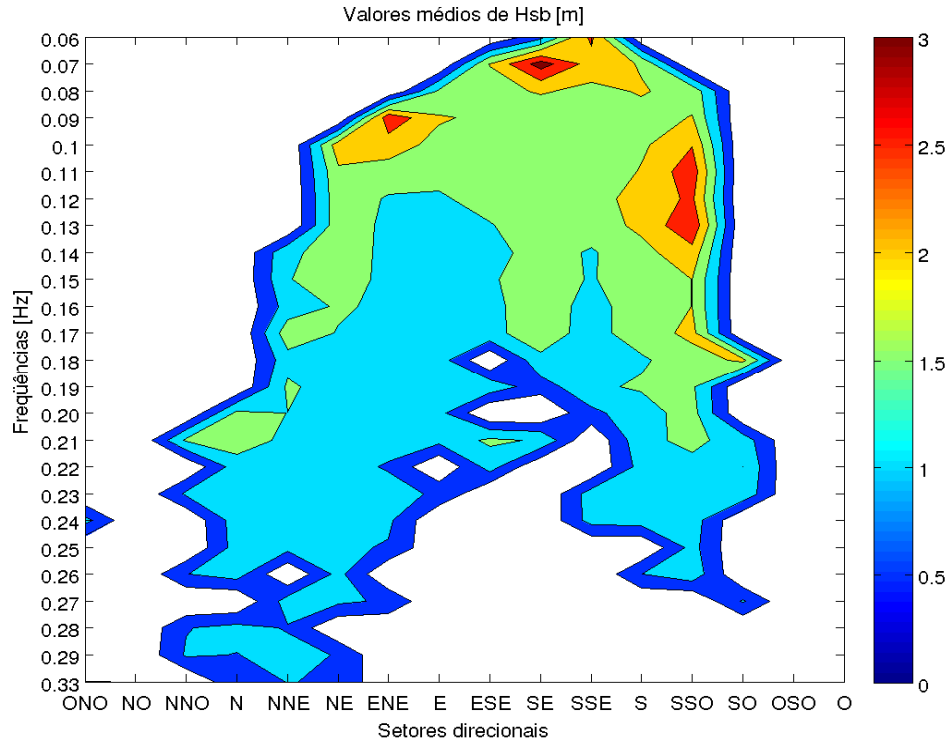


Figura 1 : Valores médios de altura da bóia, por região fre X dir.

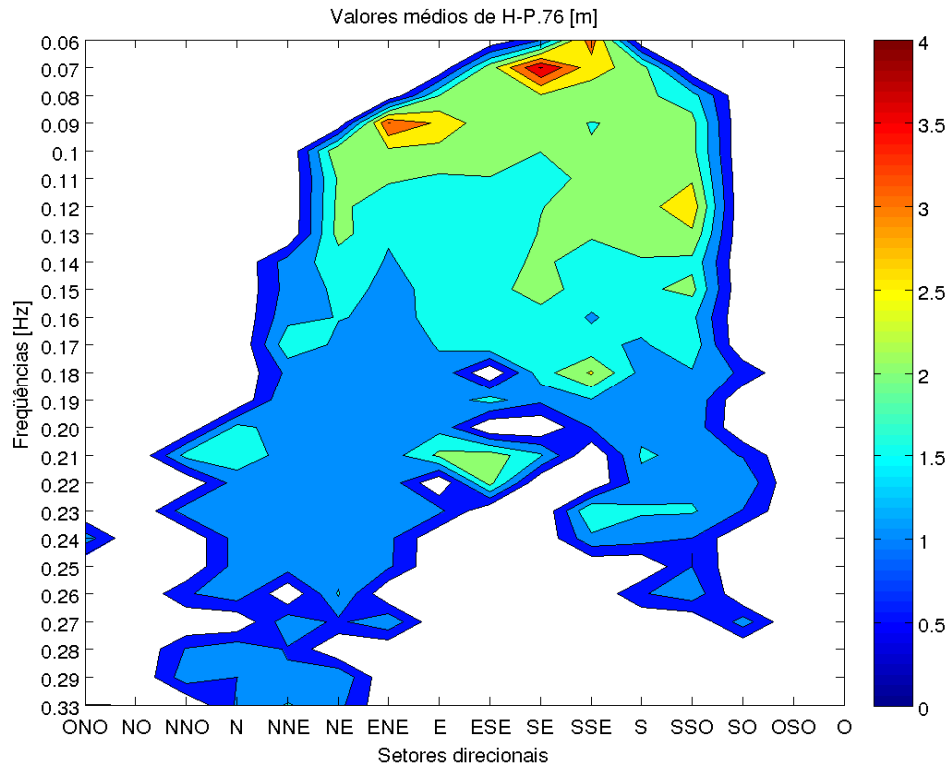


Figura 2 : Valores médios de altura do modelo, por região fre X dir.

A observância das médias das alturas em função do setor direcional, figura 3, assim como da frequência, figura 4, evidencia que o modelo superestima em grande parte as medições e o maior aumento se dá em torno da região sudeste e nas baixas frequências. Inversamente o modelo subestima os dados medidos em sul-sudoeste e sudoeste e na faixa de frequência entre 0.17 e 0.2 Hz.

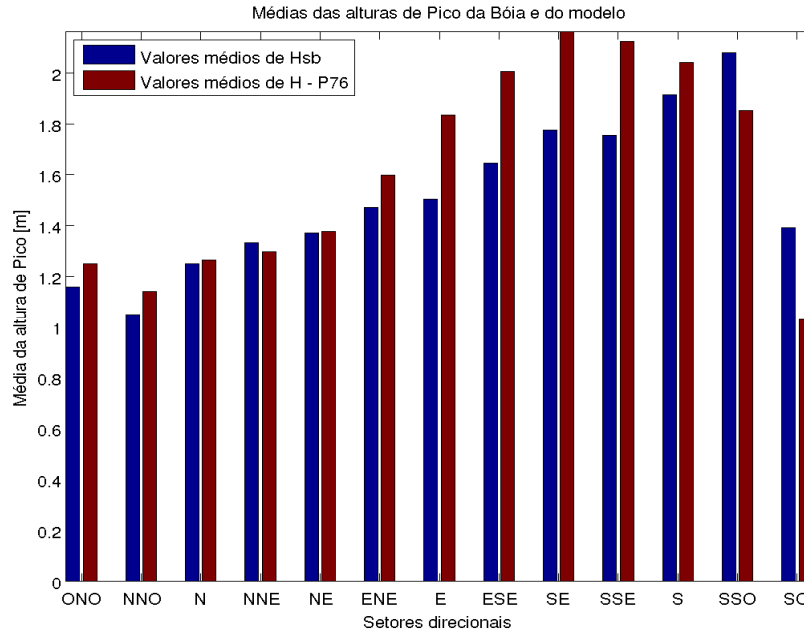


Figura 3 : Diagrama de barras das médias de altura (bóia e modelo) por setor direcional.

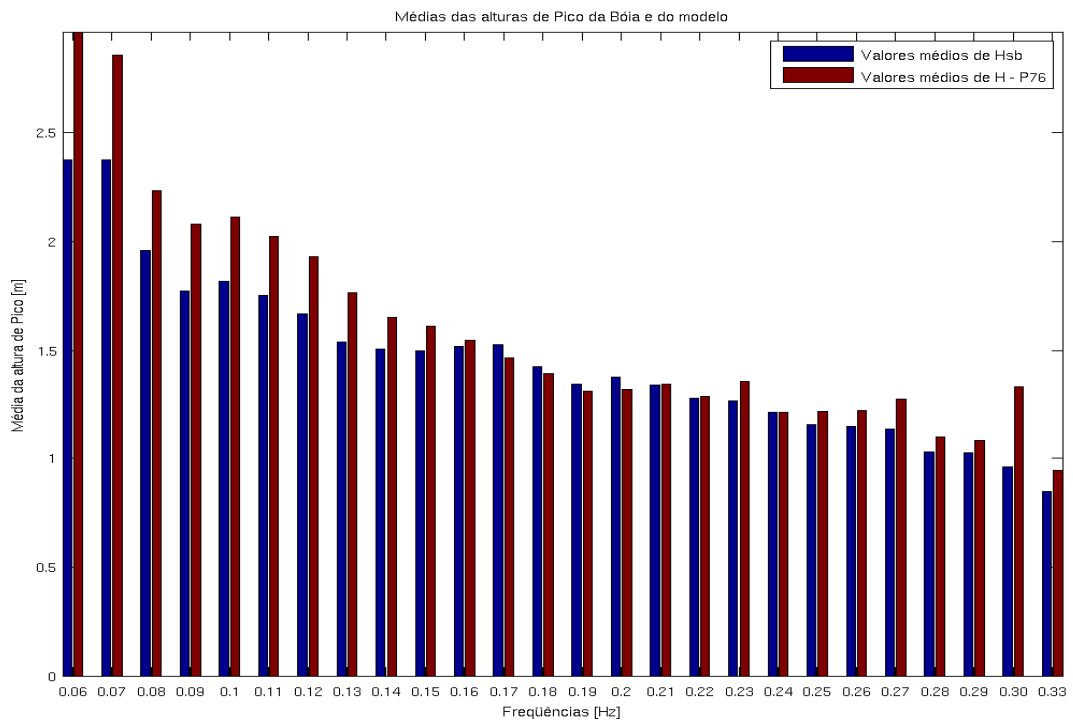


Figura 4 : Diagrama de barras das médias de Hs (bóia e modelo) por frequência.

Como esperado os valores de RMSE figura 6, evidenciam melhor, regiões onde o erro ultrapassa a unidade. Todavia não existe, como se poderia pensar em princípio, uma relação unívoca entre maiores alturas e maiores erros, visto que surgiram outras regiões, diferentes das evidenciadas nas figuras 1 e 2, nas quais MAE figura 5, e RMSE são consideráveis.

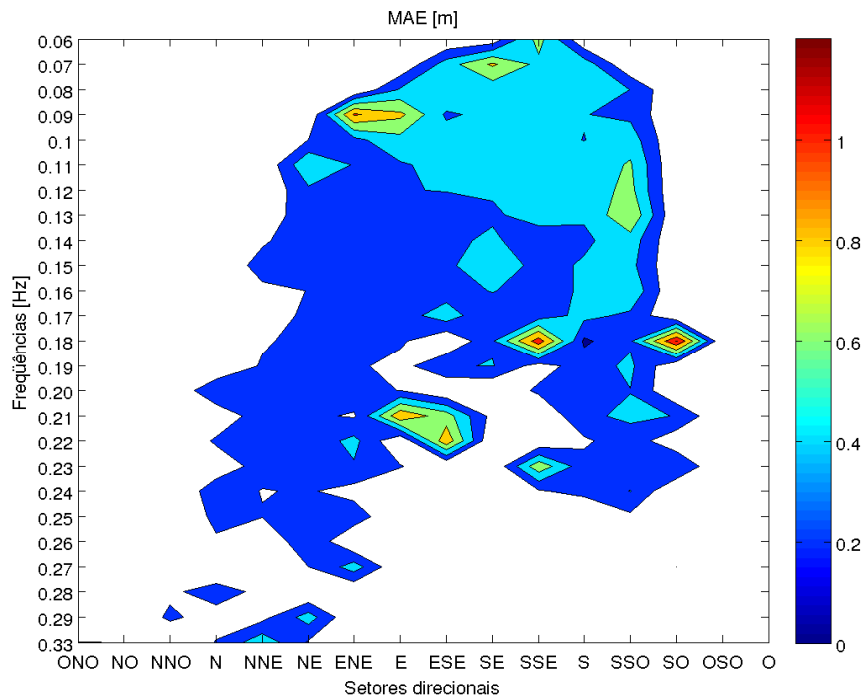


Figura 5 : Valores de MAE para altura por região fre X dir.

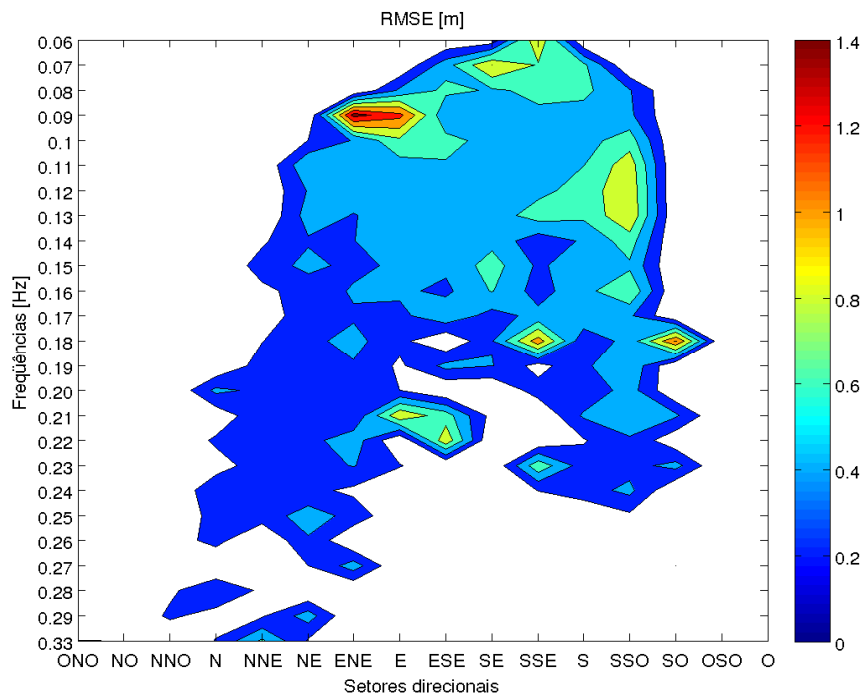


Figura 6 : Valores de RMSE para altura por região fre X dir.

O Erro Bruto, indica o quanto o modelo supera a bóia, figura 7.

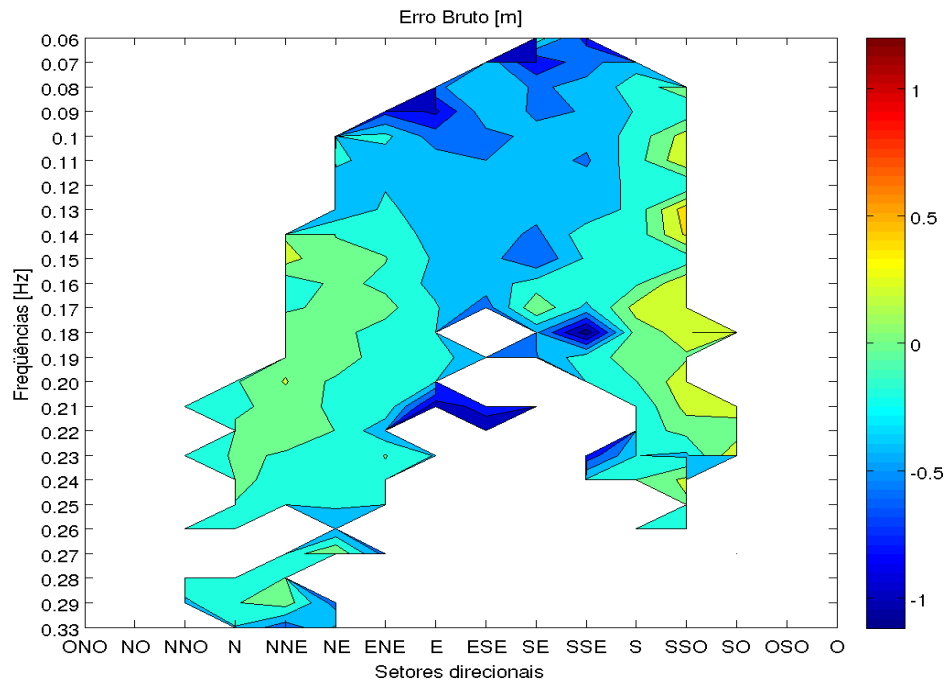


Figura 7 : Valores de Erro Bruto para altura por região fre X dir.

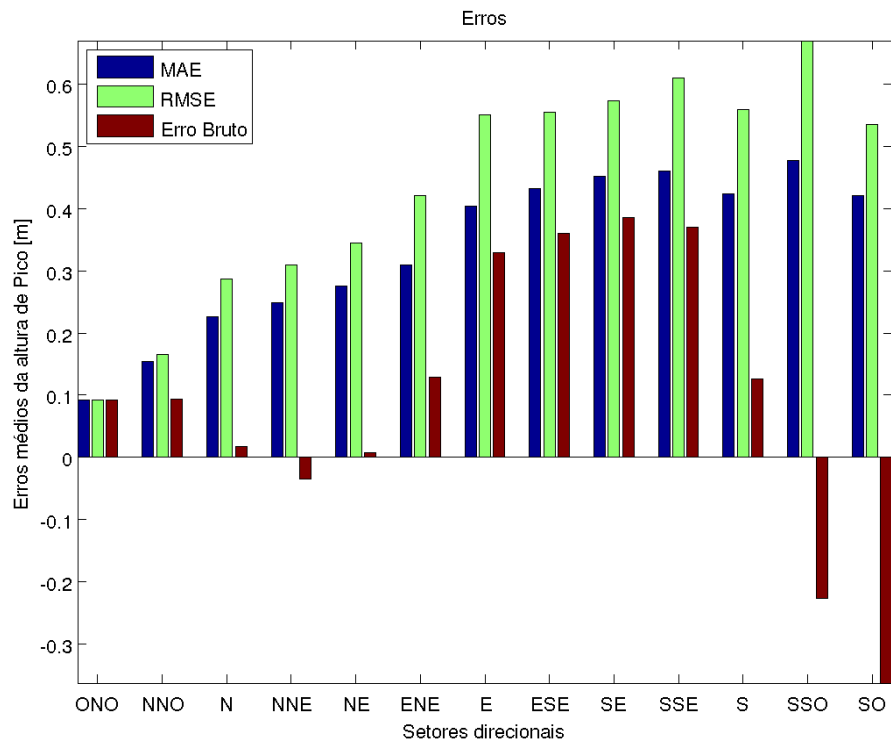


Figura 8 : Diagrama de barras de MAE, RMSE e Erro Bruto por setor direcional.

Em função da frequência, figura 9, assim como da direção, figura 8, RMSE assume valores maiores que MAE, como esperado

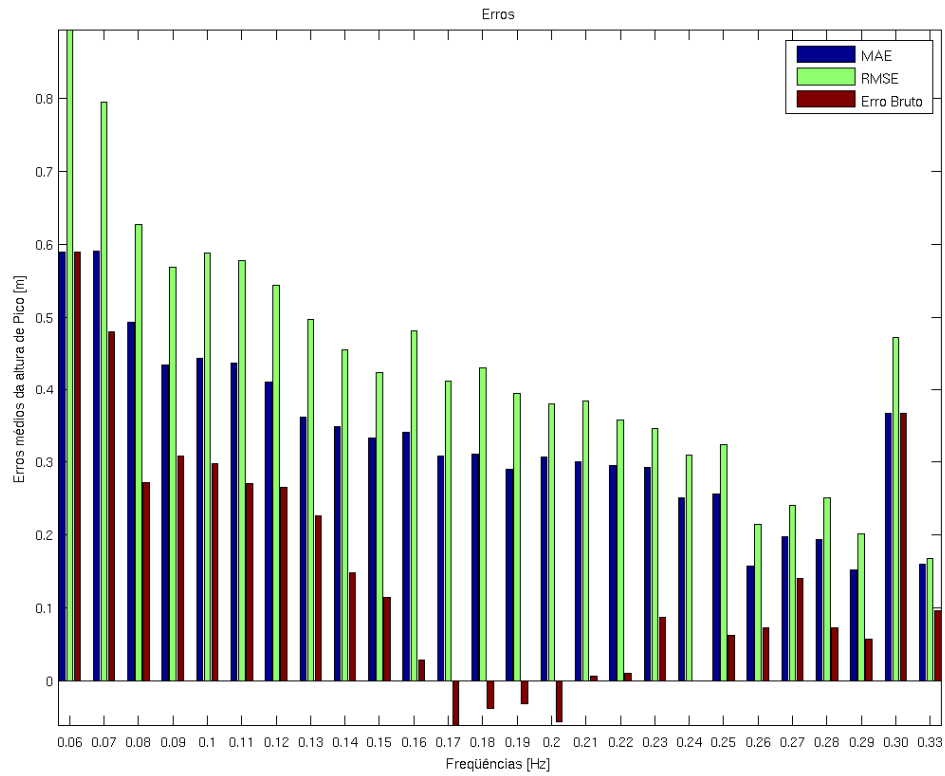


Figura 9 : Diagrama de barras de MAE, RMSE e Erro Bruto por frequência.

Em adição ao indicado por Willmott [5], calculou-se o Erro Normalizado para ressaltar regiões discrepantes. Novamente se observa maiores erros em regiões que não possuem as maiores alturas em média, ao comparar a figura 10 com as figuras 1 e 2.

Cabe destacar a forte homogeneidade do Erro normalizado no domínio da frequência, figura 12 e o seu crescimento em direção ao sul, figura 11.

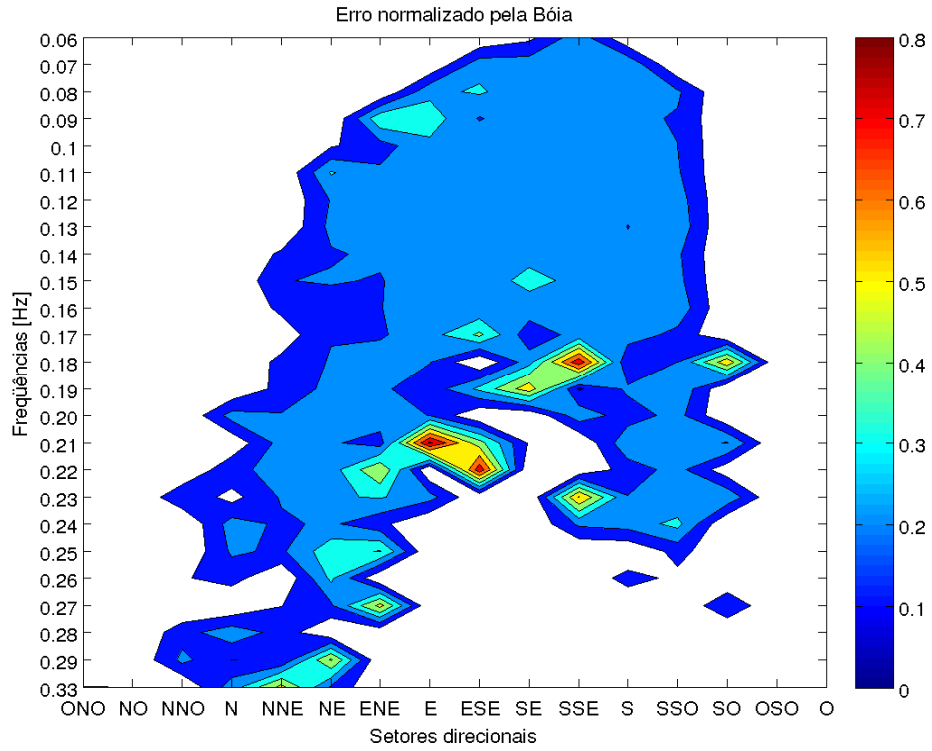


Figura 10 : Erro Normalizado por região fre X dir.

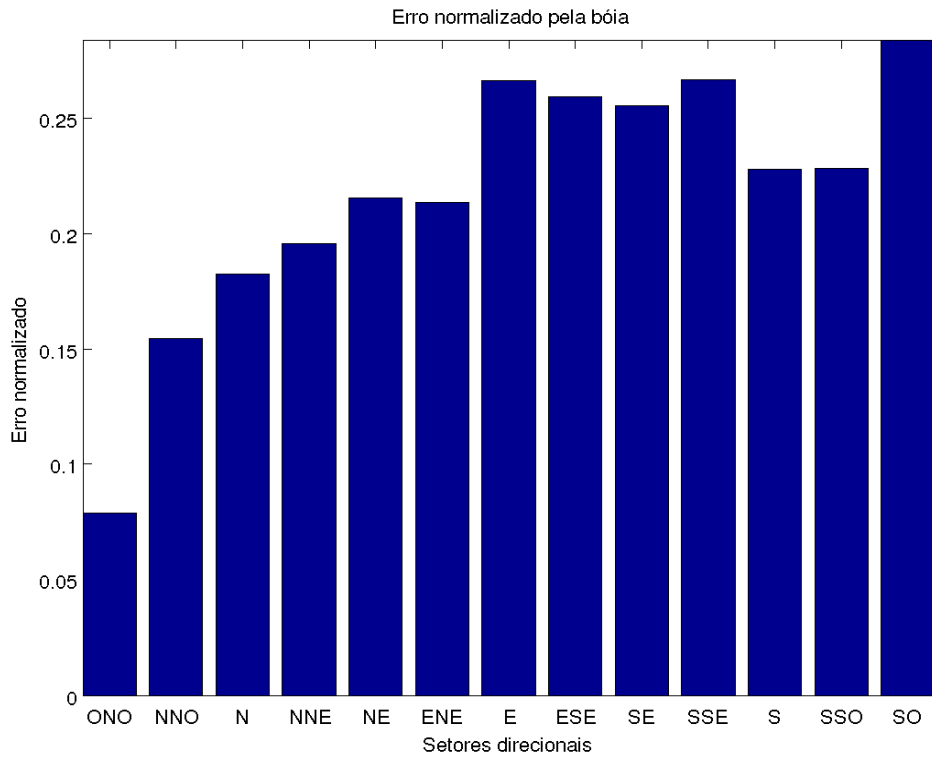


Figura 11 : Diagrama de barras do Erro Normalizado por setor direcional.

Investigando os máximos valores que o modelo e a bóia atingiram figuras 13 e 14, fica evidenciado as mesmas três regiões indicadas nas figuras 1 e 2, além da forma mesmos abrupta de variação dos valores do modelo.

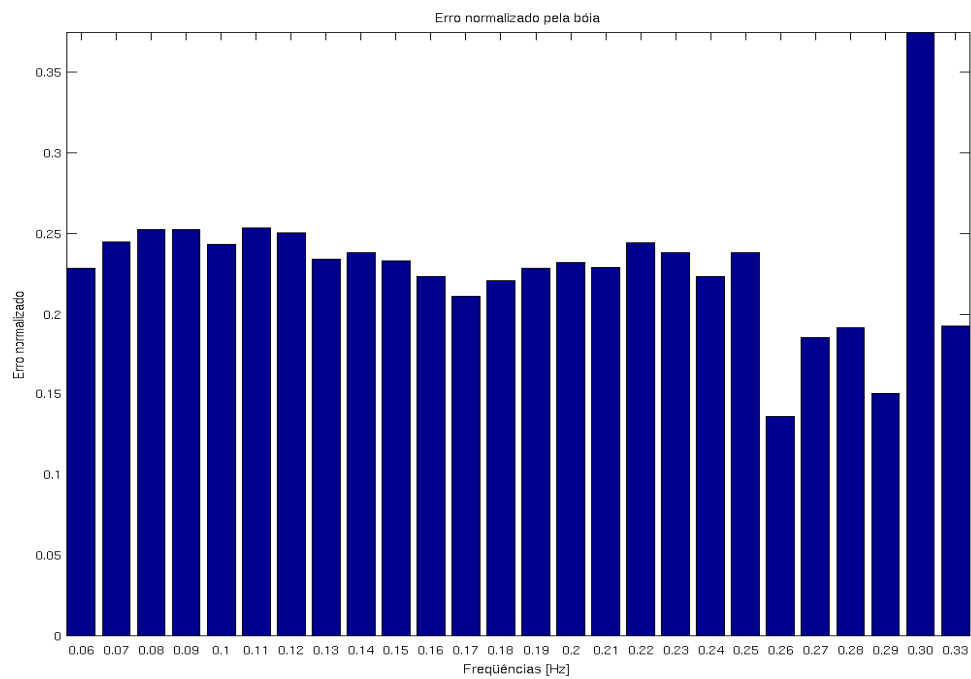


Figura 12 : Diagrama de barras do Erro Normalizado por frequência.

Outro aspecto importante que cabe ser analisado refere-se ao máximo valor de altura.

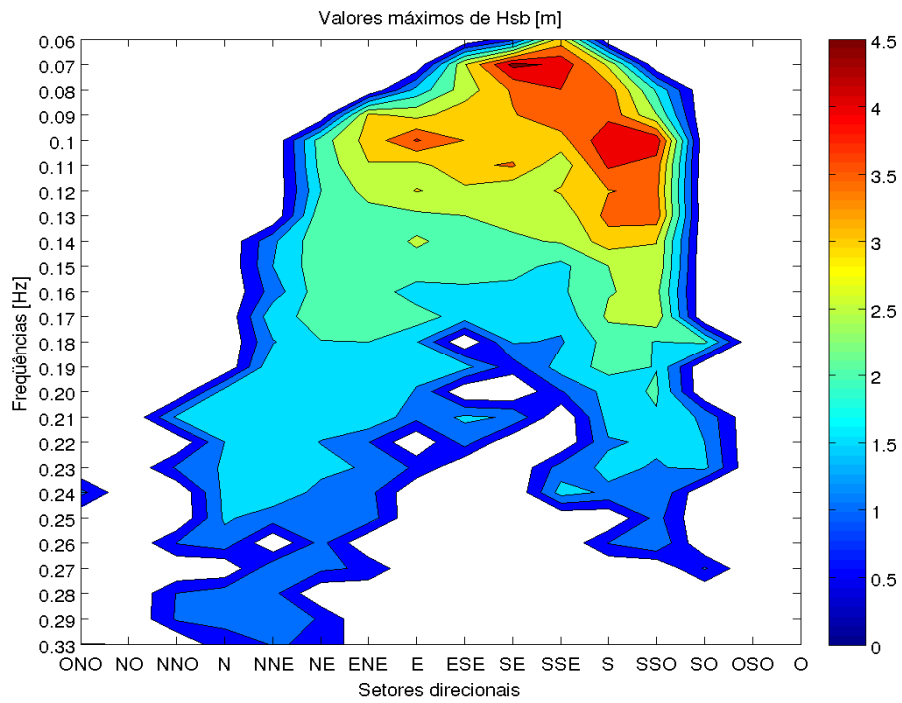


Figura 13 : Máximos das alturas medidas por região fre X dir.

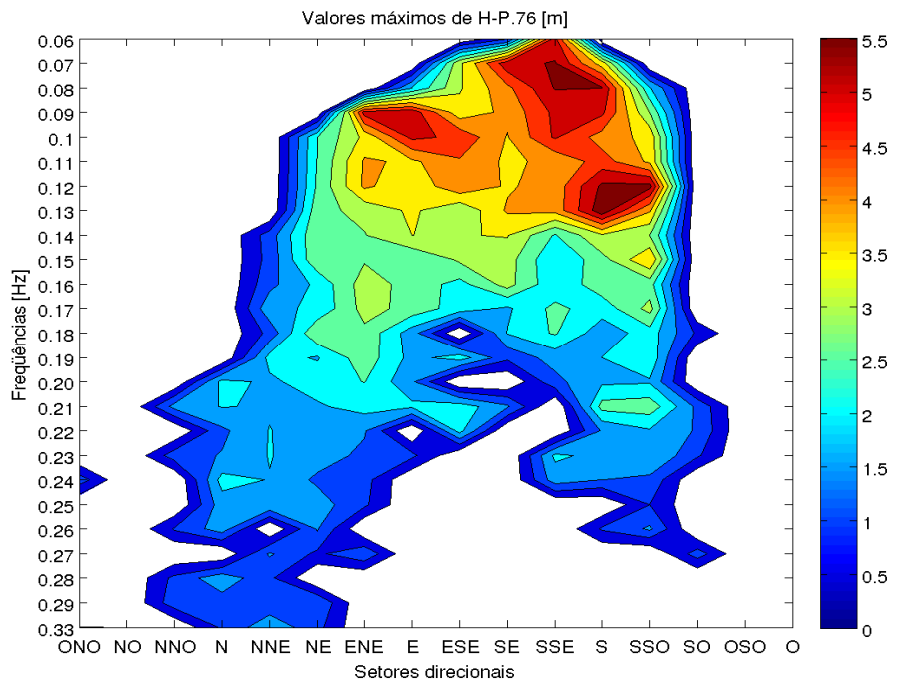


Figura 14 : Máximos das alturas modeladas por região fre X dir.

Novamente, observam-se maiores valores de altura nas baixas freqüências, figura 16 e em direção ao sul, figura 15.

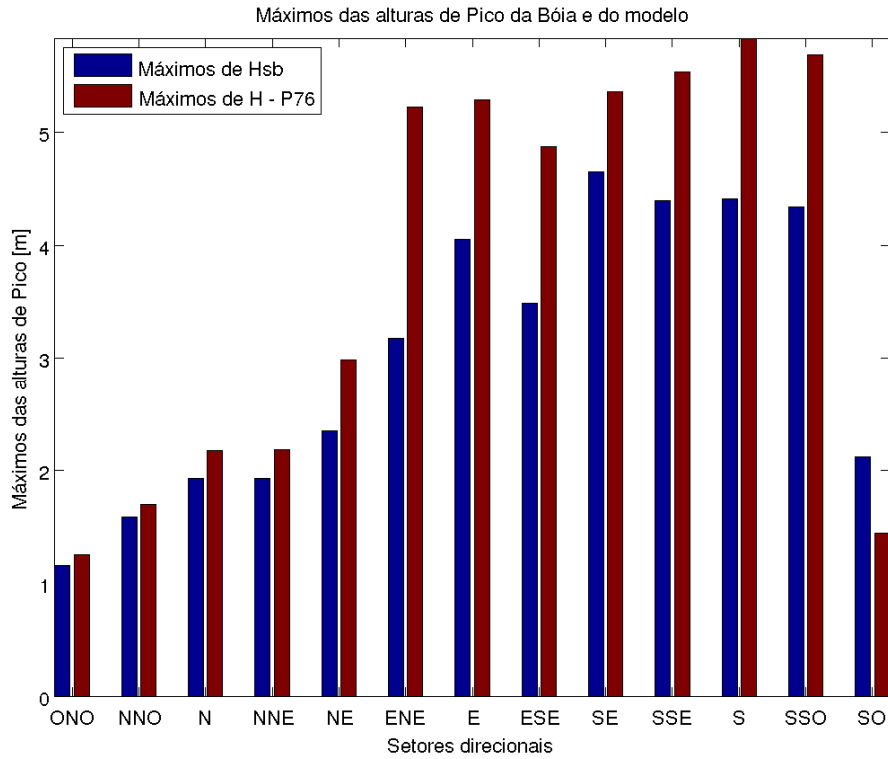


Figura 15 : Diagrama de barras dos Máximos das alturas medidas por setor direcional.

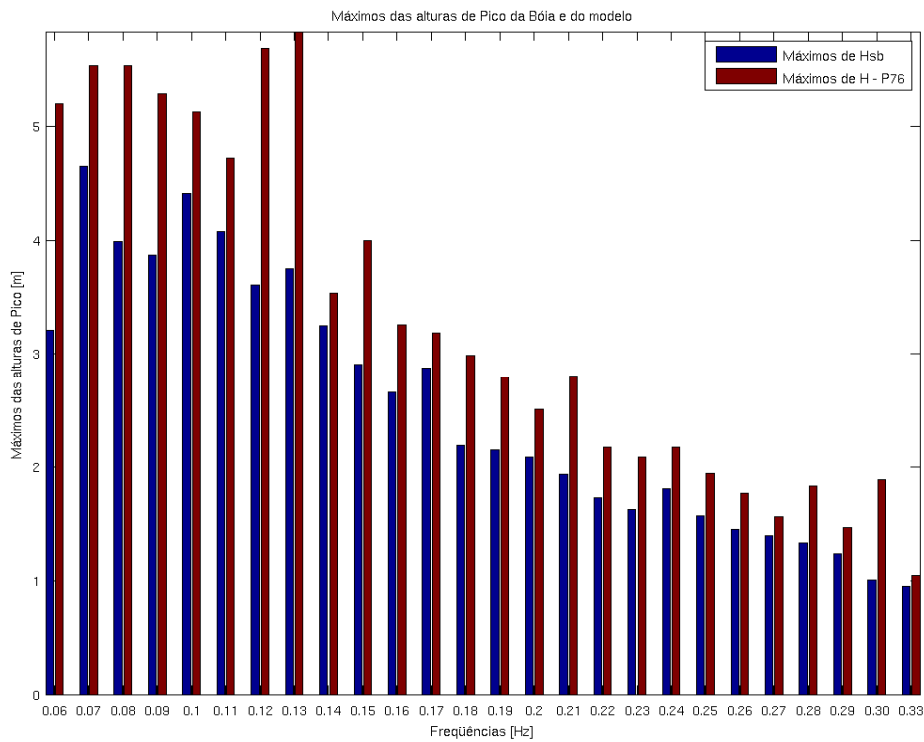


Figura 16 : Diagrama de barras dos Máximos das alturas medidas por freqüência.

A partir das observações acima, procurou-se identificar, ao longo do tempo, intervalos temporais onde o modelo “erra mais”, o critério utilizado baseou-se no Erro Normalizado exceder 0,3. Na tabela 4 são apresentados os valores e onde se localizam.

Tabela 4: Distribuição temporal do Erro Normalizado que excede 0.3

ano	mês	dia	hora	Hsb	H P76	Erro normalizado	direção bóia	direção P76
2002	1	31	0	0,92	1,41	0,53	72,63	63,71
2002	1	31	3	1,03	1,39	0,35	67,01	62,81
2002	1	31	6	1,13	1,33	0,18	68,41	62,11
2002	2	16	12	1,3	1,3	0	97,93	102,8
2002	2	16	15	1,24	1,31	0,06	89,5	103,7
2002	3	4	9	1,48	2,36	0,59	128,86	170,6
2002	3	7	0	0,73	1,14	0,56	134,49	166,2
2002	3	17	3	1,22	0,9	0,26	54,33	178,19
2002	4	4	15	1,68	1,84	0,09	110,57	163,98
2002	4	5	6	1,54	1,79	0,16	104,94	101,1
2002	4	6	6	1,41	1,83	0,3	107,75	96,4
2002	5	2	12	1,4	1,48	0,06	118,99	185,29
2002	5	16	18	1,16	1,37	0,18	192,11	161,46
2002	5	27	12	1,87	2,04	0,09	100,69	103,61
2002	5	28	12	1,56	1,54	0,01	97,88	93,31
2002	8	23	3	2,08	2,23	0,07	86,59	81,66
2002	9	12	18	3,09	2,77	0,1	73,92	68,62
2002	9	12	21	2,78	2,55	0,08	68,29	69,02
2002	9	28	15	0,85	1,55	0,83	65,47	68,6
2002	9	28	21	0,96	1,74	0,82	35,94	105
2002	10	7	3	1,01	1,89	0,87	13,44	73,6
2002	10	30	6	1,25	2,09	0,67	156,86	133,3
2002	10	30	9	1,44	2,56	0,78	163,89	128,5
2002	11	7	3	2,05	2,28	0,11	134,36	161,78
2002	11	10	15	2,49	2,78	0,12	107,64	115,44
2002	11	10	21	2,35	2,65	0,13	107,64	117,32
2002	11	11	0	2,02	2,61	0,29	103,42	118,5
2002	11	11	3	2,14	2,48	0,16	104,82	119,3
2002	11	14	15	1,01	0,87	0,14	58,42	188,85
2002	11	18	15	1	1,2	0,2	13,41	77,41
2002	11	20	15	0,97	1,47	0,51	35,91	67,11
2002	11	21	12	1,26	1,38	0,1	214,51	67,73
2002	11	25	6	1,08	1,1	0,02	37,32	81,7
2002	11	26	0	0,99	1,5	0,52	73,88	74,6
2002	11	29	12	1,4	1,58	0,13	118,88	81,6
2003	1	13	21	1,16	2,11	0,82	85,1	181,34
2003	1	30	15	0,91	1,77	0,95	118,84	106,9
2003	1	31	6	1,17	1,55	0,32	49,94	108,8
2003	2	4	21	1,26	1,08	0,14	59,78	76,91
2003	2	21	3	1,29	0,94	0,27	200,4	64,5
2003	2	21	6	1,42	1,04	0,27	210,24	142,07
2003	3	8	9	0,66	1,1	0,67	58,36	157,88
2003	3	8	12	0,71	1,08	0,52	117,42	167,81
2003	6	14	21	2,75	3,44	0,25	122,99	133,08
2003	6	15	9	2,03	2,96	0,46	121,59	129,2
2003	6	15	18	1,66	2,68	0,61	122,99	126,89
2003	6	15	21	1,79	2,59	0,45	120,18	125,34
2003	6	16	9	1,65	2,44	0,48	118,77	127,67
2003	6	16	12	1,63	2,52	0,55	122,99	127,3
2003	6	16	15	1,72	2,6	0,51	114,55	126,07
2003	6	16	18	1,95	2,63	0,35	121,59	125,23
2003	6	16	21	2,05	2,59	0,26	120,18	124,18
2003	6	17	0	1,75	2,51	0,43	121,59	123,62
2003	6	17	3	1,72	2,39	0,39	106,12	122,86
2003	6	17	12	1,87	2,12	0,13	118,77	122,2
2003	6	17	18	1,64	2,06	0,26	106,12	120,49
2003	6	18	0	1,52	2,04	0,34	101,9	119,53
2003	7	6	9	1,47	1,05	0,28	200,33	127,21
2003	7	27	18	1,56	1,87	0,2	90,63	83,87
2003	9	7	0	1,6	2,17	0,36	55,45	70,9
2003	9	8	0	1,97	2,51	0,27	54,04	68,21
2003	9	24	18	1,32	0,97	0,27	221,38	154,57
2003	9	26	15	1,59	2,29	0,44	107,47	140,3
2003	9	27	0	1,77	2,25	0,27	113,09	127,27
2003	10	19	12	1,66	1,75	0,05	100,43	113,96
2003	10	27	3	2,19	1,54	0,3	55,42	75,5
2004	6	1	6	1,78	2,05	0,15	131,25	175,05
2004	6	18	6	1,22	0,4	0,67	205,77	169,52
2004	6	22	12	1,2	0,63	0,47	218,42	154,86
2004	7	4	0	1,39	0,86	0,38	219,82	72,1
2004	11	1	21	1,23	1,55	0,26	132,57	155,3
2005	1	11	9	1,2	1,85	0,54	160,66	134,7
2005	1	11	18	1,23	2,18	0,77	114,25	129,3
2005	1	11	21	1,45	2,26	0,56	118,47	131,4
2005	1	31	18	2,48	5,29	1,13	79,08	94,02
2005	1	31	21	2,69	5,22	0,94	70,65	95,18
2005	2	1	3	2,7	4,82	0,79	81,9	97,18
2005	2	1	9	2,28	4,44	0,95	90,33	98,04
2005	2	1	21	2,39	3,85	0,61	91,74	99,2
2005	2	2	6	2,84	3,66	0,29	83,3	102,96
2005	2	2	9	2,77	3,63	0,31	88,93	104,81
2005	2	12	12	1,23	1,28	0,04	125,48	102,1
2005	2	26	18	0,89	1,15	0,29	195,79	133,3
2005	3	19	9	2,12	0,9	0,58	219,68	157,9
2005	4	11	6	1,45	0,87	0,4	63,58	180,8
2005	4	13	12	1,79	2,66	0,49	133,89	183,79
2005	4	13	15	2,08	3,01	0,45	145,14	180,88
2005	4	13	18	2,15	3,24	0,5	128,27	176,89
2005	5	4	3	1,05	1,04	0,01	119,82	116,59
2005	5	4	12	1,98	1,07	0,46	109,97	118,19
2005	5	4	15	2,03	1,09	0,46	111,38	114,47
2005	5	4	21	1,96	1,24	0,36	115,6	116,55
2005	5	5	0	1,64	1,3	0,2	112,79	121,37
2005	5	5	3	1,71	1,34	0,22	109,98	121,4
2005	5	5	6	1,73	1,34	0,23	109,97	123,31

Duas situações notáveis, expostas na tabela 4 são apresentadas a seguir nas figuras 17 e 18, na primeira observa-se quando aconteceu o maior erro e na segunda a maior seqüência temporal de erro.

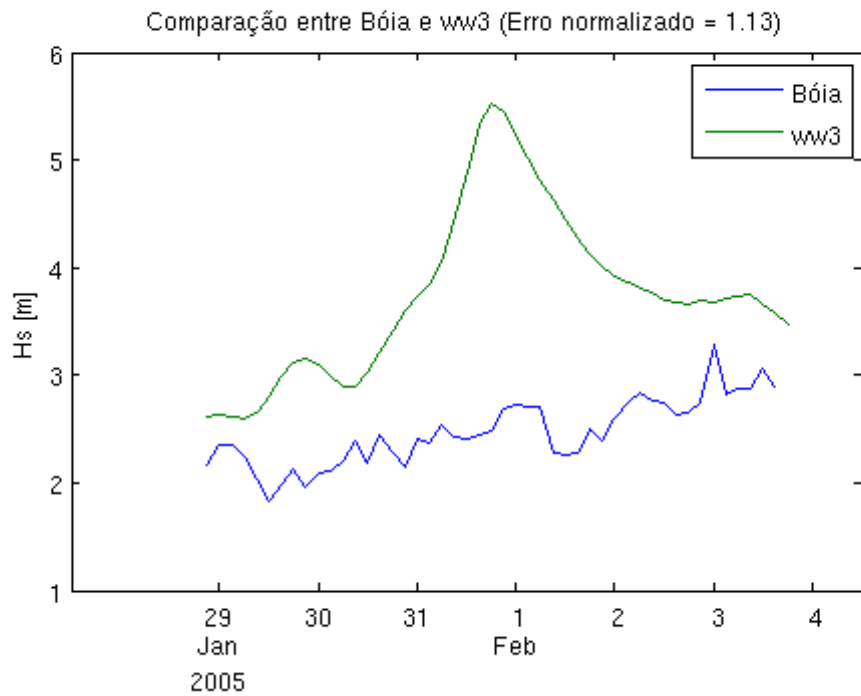


Figura 17: Maior Erro Normalizado

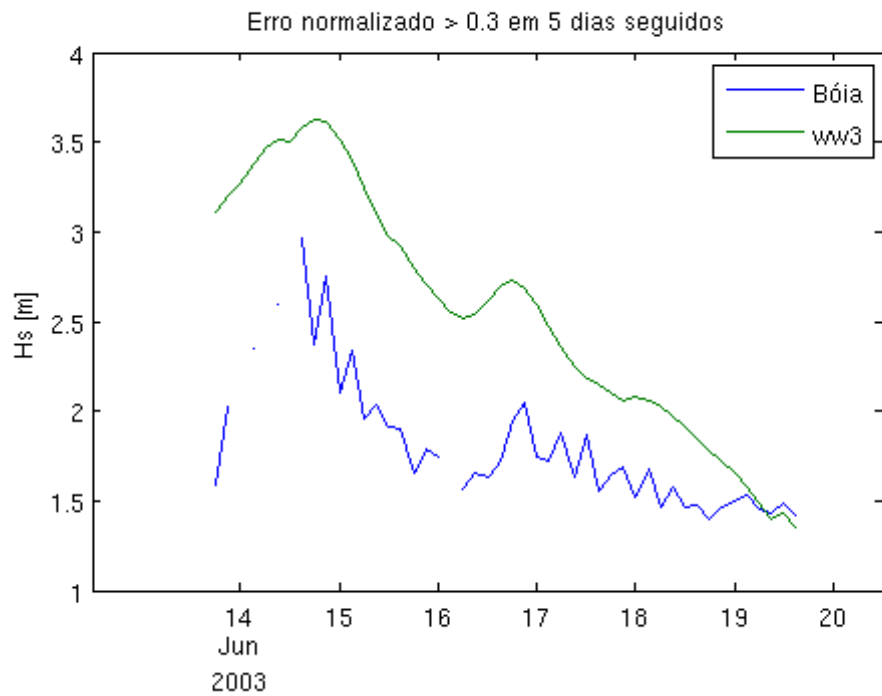


Figura 18: Maior seqüência ininterrupta de dias onde o Erro Normalizado ultrapassou 0.3

3 CONCLUSÕES

A primeira comparação entre a série completa de dados medidos e a saída do modelo mostrou que em geral o modelo superestima os dados medidos. A partir daí se está investigando os motivos pelos quais isso acontece, assim como no caso da subestimação, além dos motivos pelos quais o erro normalizado excede o patamar de 0,3 (30%).

4 REFERÊNCIAS

1. ALVES, J. H. G. M.; MELO, E. Ondas Geradas pelo Vento na costa norte de Santa Catarina. **Rev.Bras. Oceanogr.**, 49(1/2): 13-28. 2001.
2. ARAÚJO, C. E.; FRANCO, D.; MELO, E. & PIMENTA, F. M. (2003). Wave regime characteristics of the Southern Brazilian Coast. **Proceedings of the Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries**, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka, Paper No. 097; pp 15, 2003.
3. MELO F^o, Eloi; HAMMES, Guilherme R.; FRANCO, Davide (2006). Estudo de caso: A Ressaca de Agosto de 2005 em Santa Catarina. **II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica**, FURG, Rio Grande, pp 19, (Publicado em CD sem paginação)
4. TOLMAN, H. L. **User Manual and System Documentation of WAVEWATCH-III version 2.22**. U. S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. National Centers for Environmental Prediction. Technical Note. 2002.
5. WILLMOTT, C.J., 1981. On the Validation of Models. **Physical Geography**, 2, pp 184-194.
6. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, **Guide to Wave Analysis and Forecasting**. 2 ed., Genève, Switzerland, Pub. 702. Secretariat of the World Meteorological Organization.1998.