

Relevância dos mares secundários na caracterização do regime de ondas ao largo da Ilha de Santa Catarina, SC (2002 – 2005).

Davide Franco¹ e Eloi Melo Filho²

¹ Laboratório de Hidráulica Marítima – Dep^{to} Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC – Florianópolis, SC – franco@ens.ufsc.br

² Laboratório de Hidráulica Marítima – Dep^{to} Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC – Florianópolis, SC – emf@ens.ufsc.br

RESUMO: Na avaliação do clima de onda para um dado local são geralmente consideradas estatísticas de longo período de parâmetros médios do espectro de energia (como a altura significativa) e do seu pico principal (direção e período de pico) com a finalidade de quantificar a evolução temporal da distribuição direcional da energia em termos anuais ou sazonais. Trabalhos anteriores apontaram que ao largo da Ilha de Santa Catarina o estado de agitação marítima é caracterizado pela co-ocorrência de dois ou três diferentes sistemas de onda pelo menos por um terço do tempo. Demonstra-se, a partir da comparação quantitativa dos resultados obtidos, como o uso dos picos secundários altere significativamente o cenário reconstruído, e que seria aconselhável considerar sempre que possível esse tipo de informação.

PALAVRAS-CHAVE: ondógrafo direcional, clima de ondas, picos significativos

ABSTRACT: The wave climate estimate for a defined site generally uses long period statistics of energy spectrum's mean parameters (like significant height) and main peak's parameters (peak direction and period) to quantify the time evolution of the directional energy distribution on annual or seasonal basis. Antecedent researches indicated that sea state off shore of Santa Catarina Island is characterized for the simultaneous occurrence of two or three different wave systems almost for one third of the time. From the quantitative comparison of the results, we demonstrated that using secondary peaks really improve the reconstructed scenario, and that will be useful considerate always than possible that kind of information.

KEYWORDS: directional waverider, wave climate, significative peaks

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, ref.[1], como para o “*Coastal Engineering Manual*”, ref.[2], a determinação da climatologia de ondas para determinada região consiste na quantificação de padrões temporais na agitação marítima da região. Considerando-se que a energia associada em cada momento à agitação marítima pode ser representada com um espectro de densidade de energia na frequência e direção, assim, definir um regime de ondas pressupõe reconhecer padrões de recorrência temporal de configurações características do espectro direcional. Formalmente esta distribuição pode ser representada pelo espectro direcional de variância do campo de ondas $[m^2 Hz^{-1} rad^{-1}]$, função da frequência da onda f e da direção de propagação θ , e diretamente proporcional ao espectro direcional de energia $S(f, \theta) = E(f, \theta) / (\rho g)$.

Uma simplificação geralmente aceita ,ref.[3 e 4], é de considerar o espectro direcional (a densidade de probabilidade conjunta da energia em função de frequência e direção) como produto de um espectro de variância (a densidade de probabilidade da energia em função da frequência), $E(f)$, por um a função de distribuição angular $D(\theta|f)$:

$$S(f, \theta) = E(f) \cdot D(\theta|f) \quad (1)$$

O espectro de variância é relacionado ao direcional por:

$$E(f) = \int S(f, \theta) \cdot d\theta \quad (2)$$

e a função de distribuição angular tem as propriedades de uma função densidade de probabilidade condicional, modelando o espalhamento direcional da energia das ondas para cada frequência por:

$$\int D(\theta|f) \cdot d\theta \equiv 1 \quad (3)$$

$$D(\theta|f) \geq 0 \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi \quad (4)$$

A análise direcional consiste na estimativa amostral do espectro direcional $S(f, \theta)$, ou, equivalentemente, do espectro de variância $E(f)$ e da função de distribuição direcional $D(\theta|f)$.

Na definição de um regime de ondas é necessário representar de modo conciso a evolução no tempo de um campo de ondas. Para cada tempo registrado devem ser sintetizadas as informações essenciais para delinear da melhor forma possível todo o espectro direcional.

Parâmetros médios de $S(f, \theta)$ podem ser estimados a partir dos momentos lineares do espectro de variância, permitindo descrever de modo relativamente simples um processo físico extremamente complexo. Definido o momento linear de ordem m , por:

$$M_n = \int [f^n \cdot E(f)] \cdot df \quad (5)$$

São geralmente usados:

$$\text{Altura significativa } H_{mo} = 4.01 \cdot \sqrt{M_0} \quad (6)$$

$$\text{Período médio de zero ascendente } T_z = \sqrt{\frac{M_0}{M_2}} \quad (7)$$

e, eventualmente, parâmetros de forma de $D(\theta|f)$ (“*skewness*”, “*curtose*”, “*narrowness*”, “*broadness*”, “*peakness*”, “*steepness*”, ver por exemplo ref.[5 e 6].

É importante identificar os máximos (picos) na densidade de energia $S(f, \theta)$, em modo a poder distinguir direções e períodos de oscilação associados a fenômenos de agitação marítima mais intensos: de regra se usa o máximo absoluto e se definem assim um período de pico e uma direção média de pico.

Desta maneira, é possível teoricamente modelar todo o campo de energia das ondas no momento da medição com poucos parâmetros característicos e com modelos bem estabelecidos da função distribuição direcional e do espectro de variância . As hipóteses de estacionariedade e ergodicidade sobre a evolução temporal do espectro direcional permitem, em um segundo momento, inferir um regime de ondas para a área de estudo.

Cuidados especiais devem ser tomados na interpretação dos parâmetros médios, como H_{m0} e T_z , calculados a partir dos momentos espectrais no caso de espectros multi-modais que apresentem mais de um pico na frequência. Nesses casos o momento zero, M_0 , continua representando a energia do estado de agitação marítima, entretanto $H_{m0} = 4.01 \cdot \sqrt{M_0}$, não é mais proporcional à altura média do terço superior das ondas presentes no registro (altura significativa H_s), pois no espectro coexistem dois ou mais processos de banda estreita, cada um com a sua altura significativa; T_z também nesses casos não representa mais uma duração média de onda, visto que se apresentam no mesmo registro pacotes de ondas de períodos diferentes.

Vários trabalhos apontaram para a costa Brasileira a presença de registros multi-modais, seja para a Baía de Campos ref.[7 e 8], que mais recentemente para a costa de Santa Catarina ref.[9 e 10], isso motivou em investigar se a identificação dos picos secundários possa alterar os padrões energéticos reconhecidos a partir somente do pico principal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Entre 2002 e 2005 foram monitoradas as condições de agitação marítima 30 km ao largo da Ilha de Santa Catarina com um ondógrafo direcional Datawell Waverider Mark II, fundeado em uma lamina de água de 75m aproximadamente, ref[11]. O presente trabalho é baseado em estimativas do espectro de variância e dos coeficientes normalizados de Fourier de 1ª ordem, $a_1(f)$ e $b_1(f)$, calculados pelo software proprietário do equipamento. O WaveRider estima os espectros de variância com método de sobreposição e soma de Welch em 64 frequências, com uma resolução de 0.005 Hz na faixa de longos períodos [0.025 Hz – 0.1Hz], e de 0.01 Hz na faixa dos períodos menores [0.11 Hz – 0.58 Hz]. As ordenadas da estimativa espectrais têm 16 graus de liberdade em média, sendo 14 nas baixas frequências e 28 na de alta, ref[12]. A partir dos coeficiente de Fourier foi calculada a direção média $\theta_m = \arctan(b_1/a_1)$ proposta por Longuet-Higgins [13].

O período estudado vai de 28 de Janeiro de 2002 até 12 de Agosto de 2005, os registros espectrais foram coletados com taxa horária em 2002-2003, e a cada meia hora em 2004-2005. Existem interrupções na continuidade das medições devido a desgarre ou recolocação do equipamento. Os dados passaram por um acurado controle automático de consistência seguindo as recomendações do “Manual of quality control procedures for validation of oceanographic data” do IOC-IODE [14].

Foram identificados picos espectrais significativos no espectro de variância quando a distância de ordenadas do máximo local com os mínimos adjacentes resultou maior do que o intervalo de confiança da estimativa espectral, ref [15].

$$\ln\left(\frac{E_{MAX}}{E_{min}}\right) \geq \ln\left(\frac{\chi_{v,\alpha/2}^2}{\chi_{v,1-\alpha/2}^2}\right) \quad (8)$$

onde α é a probabilidade de erro definida e v o numero de graus de liberdade da estimativa espectral. O período de pico, T_{peak} , (a frequência de pico, $f_{peak} = 1/T_{peak}$) no espectro de variância permitiu avaliar diretamente a direção média do pico:

$$D_{peak} = \arctan\left[\frac{b_1(f_{peak})}{a_1(f_{peak})}\right] \quad (9)$$

Encontradas as posições dos picos significativos, definimos nesse trabalho uma banda espectral para o pico entre as duas frequências dos mínimos adjacentes, $f_{peak}^{(inf)}$ e $f_{peak}^{(sup)}$, permitindo quantificar em modo mais coerente uma altura significativa e um período médio para cada pico identificado usando ainda as equações 6 e 7 mas integrando os momentos espectrais somente na banda de frequência atribuída ao do pico:

$$M_n(peak) = \int_{f_{peak}^{(inf)}}^{f_{peak}^{(sup)}} [f^n \cdot E(f)] \cdot df \quad (10)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do inteiro período de observação foram validados 23.759 registros espectrais, e foram neles identificados 32.721 picos energeticamente significativos, aumentando a representação amostral do estado de agitação marítima ao largo de Santa Catarina em 38% em relação à hipótese de espectro uni-modal. Considerando-se a escala temporal mensal, como a sazonal pode ainda se verificar um aumento médio de 1/3 no tamanho amostral.

A taxa de amostragem, a duração do experimento e a eficiência amostral limitam, do outro lado, as escalas temporais observáveis. Se os limites diário e anual são implícitos dá taxa amostral (horária) e dos 1294 dias (3.5 anos) de duração do experimento, para definir quais são os limites de resolução temporal nas escalas sazonal e mensal definidos pela base amostral deve-se definir um indicador de eficiência amostral.

Em Tabela 1 (ultima coluna) é avaliada a eficiência amostral sobre o período 2002 - 2005 nas escalas mensal, sazonal e anual, em termos do numero de dias amostrados com sucesso (pelo menos 12 registros do dia passaram a fase de validação), relativamente á duração em dias do período considerado: quanto mais a eficiência amostral é próxima de 1, quanto mais são confiáveis inferências sobre o período em análise, pois melhor é a representatividade temporal da amostra.

A análise dos valores de eficiência amostral indica uma maior significância de estatísticas em escala anual e sazonal, e em algum caso um alerta para interpretar com maior cuidado estatísticas mensais (como no caso de dezembro, janeiro e maio): são esses os critérios que norteiam todas as análises a seguir.

A comparação entre os dois climas de ondas obtidos considerando: 1) somente o pico principal; 2) todos os picos significativos; foi realizada em termos de estatísticas de altura significativa, direção e período de pico em escala sazonal e anual.

3.1 – Mares multi-modais

A Tabela 1 mostra o numero de ocorrências relativas de mares uni-, bi- e tri-modais identificados nos registros espectrais no período 2002 – 2005 nas escalas mensal, sazonal e anual.

Os valores anuais indicam em 65% dos registros situações dominadas por um único sistema de ondas, em 32% dos casos a presença de 2 sistemas, e nos 3% restantes a co-ocorrência de três diversos sistemas. Aparece uma oscilação sazonal, com uma mínima ocorrência de mares multi-modais em todos os meses primaveris (entre 27% e 33%), um aumento durante o Verão (32% - 42%) até um máximo autunal (42% e 51%), para descer novamente no Inverno (27% - 38%). Isso é, a agitação marítima ao largo de Santa Catarina apresenta padrões mais complexos durante o Verão e o Outono, com uma mais precisa dominância de um o outro sistema de onda no Inverno e ainda mais na Primavera.

Tabela 1 – Ocorrência relativa de mares uni-, bi- e tri-modais nas escalas mensal, sazonal e anual, e o percentual do período medido com sucesso no período 2002-2005.

Período	Espectros 1-modais	Espectros 2-modais	Espectros 3-modais	Eficiência amostral
Jan	67.3%	30.7%	2.0%	0.63
Fev	67.8%	29.1%	3.1%	0.98
Mar	58.4%	38.3%	3.3%	0.99
Abr	58.3%	39.6%	2.0%	0.80
Mai	63.5%	34.5%	2.1%	0.63
Jun	49.2%	45.2%	5.6%	0.93
Jul	62.3%	34.6%	3.1%	0.71
Ago	68.3%	29.5%	2.2%	0.78
Set	73.3%	24.9%	1.7%	1.00
Out	66.8%	30.7%	2.5%	0.70
Nov	74.3%	23.8%	1.9%	0.83
Dez	83.3%	16.1%	0.6%	0.55
VERÃO	64.0%	33.1%	2.9%	0.86
OUTUNO	56.5%	40.2%	3.3%	0.79
INVERNO	67.7%	29.4%	2.4%	0.81
PRIMAVERA	74.5%	23.8%	2.6%	0.71
ANO	64.9%	32.4%	2.6%	0.79

3.2 – Altura significativa do registro espectral, H_{m0}

Em vista da freqüente ocorrência de situações multi-modais, o valor da altura significativa avaliado sobre toda a banda espectral, aqui indicado com H_{m0} , pode ser considerado somente como índice de nível energético do estado de agitação marítima. Pode se verificar da Tabela 2. que H_{m0} varia em média entre 1,3 m e 2,0 m, com valores de tendência central de 1,7 m para a média e 1.6 m para a mediana.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas de H_{m0} (m) para o período 2002 - 2005.

2002 - 2005	Mínimo	Média	Máximo	1º quartil	mediana	3º quartil	Intervalo inter-quartil	Desvio padrão	Range
H_{m0} (m)	0.56	1.71	7.24	1.27	1.58	2.01	0.74	0.64	6.68

Na Figura 1 são ilustradas as variações de estatísticas de H_{m0} por meio de diagramas Box-Wiskers em escala: a) sazonal e, b) mensal. Podem se identificar estados de agitação marítima mais energéticos no Inverno (2.0 m em média em Agosto e Setembro), uma pequena diminuição dos valores durante a Primavera (1.85 m em Novembro), até o mínimo bem definido no Verão (com média abaixo de 1.6 m em Fevereiro e Março) e uma leve recuperação dos valores em Outono (1.65 m).

Também as faixas de dispersão (intervalo inter-quartil) mostram um andamento sazonal, e aumentam ou diminuem junto com os valores de tendência central. Visto que o intervalo inter-quartil é pouco sensível á presença de eventos extremos (ao contrario do desvio padrão), a sua variação sazonal está relacionada a uma variação nas ocorrências relativas de valores mais próximos ao de tendência central. É identificável uma grande presença de fenômenos extremos no Inverno, mas é de se notar que todos os valores de H_{m0} acima de 4.5 m nessa estação pertencem a um único evento acontecido em agosto de 2005, descrito em Melo et al [16] e ilustrado na Figura 2.

Uma mais precisa descrição do comportamento sazonal de H_{m0} é dada na Tabela 3 por meio da distribuição percentual dos seus valores durante as quatro estações e no ano.

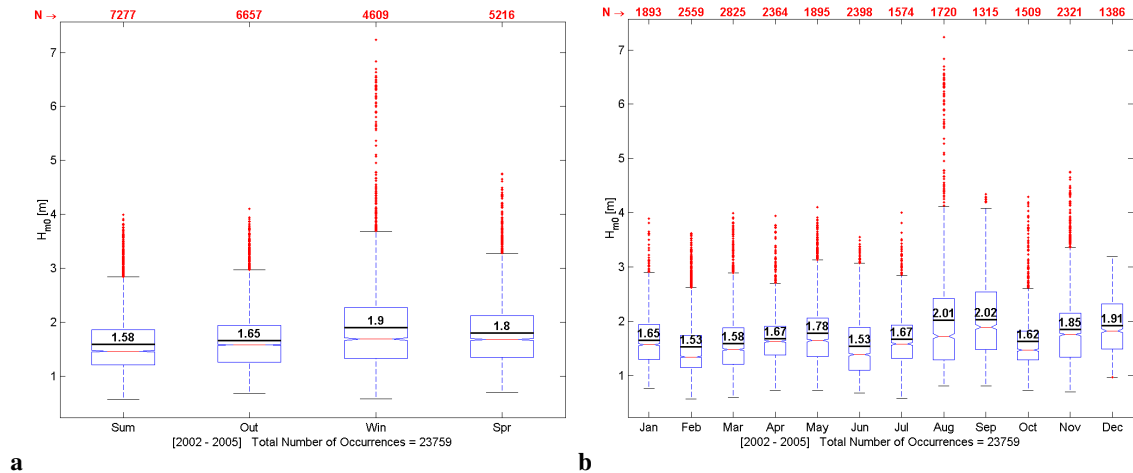


Figura 1 – Evolução sazonal (a) e mensal (b) de estatísticas de H_{m0} (ver a nota ¹ para explicação).

São mostrados valores acima de 0.1%, que em termos temporais representam 0.7 horas por mês (possível ter uma amostra em meia hora somente nas campanhas CDIP), 2.2 horas por estação e 8.8 horas em um ano. Classes de maior probabilidade são evidenciadas em negrito: em preto acima de 5%, e em vermelho acima de 15%. Em negrito azul é marcada a classe limite, a que corresponde aos eventos mais energéticos, detectada significativamente no período. Figura 3 resume os resultados em classes mais extensas.

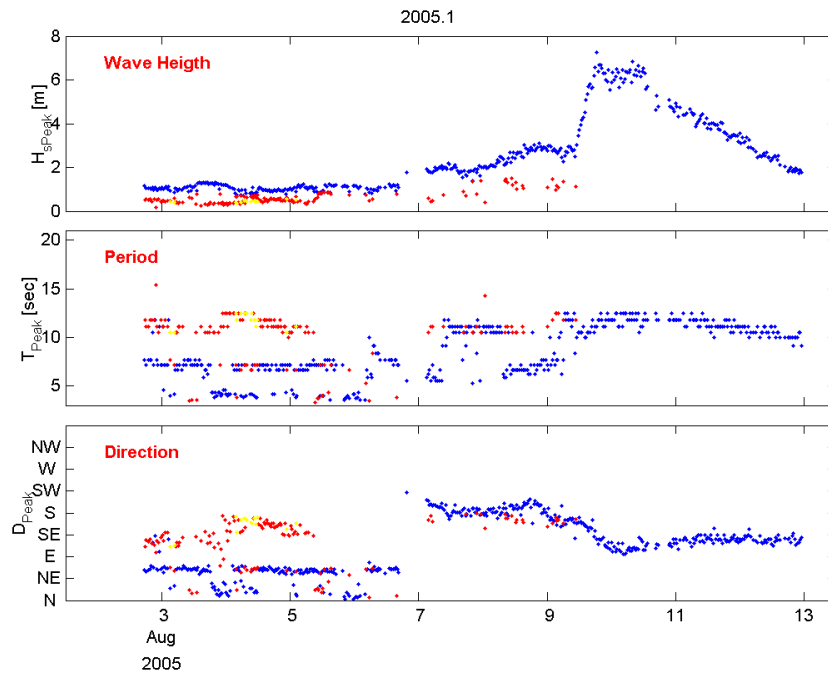


Figura 2. – Evento extremo em agosto 2005. Altura significativa, período e direção dos picos identificados. Em azul o 1º pico (mais energético), em vermelho o 2º, e em amarelo o 3º.

¹ As caixinhas representam o primeiro quartil (25% - fundo da caixa), o segundo quartil (50% - mediana – a linha vermelha), e o terceiro quartil (75% - teto da caixa). A média é indicada com uma linha mais espessa junto com o seu valor numérico. Os segmentos pretos superior e inferior representam os extremos (uma vez e meia o intervalo inter-quartil) além dos quais são definidos os “outliers” da distribuição, indicados aqui com os pontos vermelhos. Os números em vermelho acima da figura mostram o tamanho amostral sobre o qual foram determinadas as estatísticas.

ANO: Anualmente, mais de metade dos espectros amostrais (55%) apresentam altura significativa, H_{m0} , na faixa de [1.00 m-1.75 m], 7% mostram alturas menores de 1.00 m, e o significativo restante (38%) indica: em 28% dos casos alturas na faixa [1.75m-2.50m], em 8% valores entre [2.50m-3.25m], e ainda um 2% acima de 3.25m. Desconsiderando o evento da Figura 2, valores extremos conseguem ainda alcançar os 5.0 m.

VERÃO: No respeito dos valores anuais, aumenta a probabilidade de mares abaixo de 1.00m (+2.7%), como em [1.00m-1.75m] (+5.5%), a revela de mares mais energéticos, 4.8% a menos em [1.75m-2.50m], e 3.3% a menos na faixa de valores acima. No Verão não foram observados valores de H_{m0} maiores de 4.0 metros.

OUTONO: Abaixo de 2,5 metros a distribuição segue um padrão similar ao do Verão mas aproximando-se aos valores anuais, e com um significativo deslocamento dos valores entre 1.75m e 2.5m (+6% no respeito do Verão). Valores mais elevados aparecem com 3.7% menor probabilidade do que no ano. Também no Outono o máximo valor registrado para H_{m0} foi de 4 metros.

INVERNO: A situação se inverte, 8% dos registros espectrais (temporalmente, 2.5 dias na estação) se deslocam de H_{m0} menores de 1.75m, para valores maiores. O incremento é mais sensível (+5.3%) na faixa [2.50m-3.25m], mas ainda consistente (+1.6%) para valores maiores aos 4 metros. Excluindo da análise o evento de 2008, continuam se encontrando 21 dos 101 registros observados no Inverno com altura acima de 4 metros.

PRIMAVERA: O padrão geral é similar ao Inverno abaixo de 1,75m de altura, mas aumentam um pouco os mares em [1.75m-2.50m] (+5% acima do ano), e continuam se encontrando ocorrências até 4.75 metros. É de se notar que a exclusão do evento de 2008 deixa as distribuições de Inverno e Primavera indistinguíveis a partir dos 4 metros, indicando que eventos mais energéticos podem acontecer desde Agosto até Novembro.

Tabela 3 – Distribuição percentual de H_{m0} no período 2002 – 2005, por estação e no ano. Valores acima de 5% são indicados em negrito preto, e valores maiores de 15% em negrito vermelho. O valor limite detectado com probabilidade maior de 0.1% (o evento mais extremo no período) é marcado em negrito azul.

H_{m0} (m)	[0,0-0,25]	[0,25-0,50]	[0,50-0,75]	[0,75-1,00]	[1,00-1,25]	[1,25-1,50]	[1,50-1,75]	[1,75-2,00]	[2,00-2,25]	[2,25-2,50]	[2,50-2,75]	[2,75-3,00]	[3,00-3,25]	[3,25-3,50]	[3,50-3,75]	[3,75-4,00]	[4,00-4,25]	[4,25-4,50]	[4,50-4,75]	[4,75-5,00]	[5,00-6,00]	[6,00-7,00]	[7,00-8,00]
VERÃO			1.8	7.8	20.2	23.7	16.3	10.9	6.7	5.3	2.7	2.4	1.0	0.6	0.3	0.1							
OUTONO			0.3	7.6	17.0	19.9	19.2	13.8	9.2	6.2	2.3	1.8	1.3	0.8	0.5	0.2							
INVERNO			0.5	3.9	15.0	17.4	17.1	11.5	9.0	7.1	6.2	4.3	2.8	1.2	1.1	0.7	0.6	0.3	0.2	0.1	0.4	0.7	
PRIMAVERA			0.2	4.1	12.0	21.2	17.0	15.8	9.2	7.6	5.0	3.3	1.0	1.2	1.0	0.4	0.4	0.4	0.1				
ANO			0.7	6.2	16.5	20.9	17.4	12.9	8.4	6.4	3.8	2.8	1.5	0.9	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	

3.2.1 – H_{m0} em mares multi-modais

Em Figura4 são mostrados os histogramas de ocorrência percentual de H_{m0} , em função do numero de sistemas de ondas identificados no registro, as estatísticas mais significativas dos mesmos parâmetros são reportadas na Tabela 4.

É fácil verificar que as situações 1-modais são as mais energéticas, e na presença de vários sistema de onda encontra-se menos e menos energia. Como consequência disso os valores de H_{m0} apresentados pelas situações uni-modais são significativamente superiores aos avaliados sobre todos os registros espectrais. Os indicadores de dispersão indicam que situações 3-modais são mais similares energeticamente entre si, e que os casos 1-modais do outro lado apresentem uma bem maior variabilidade.

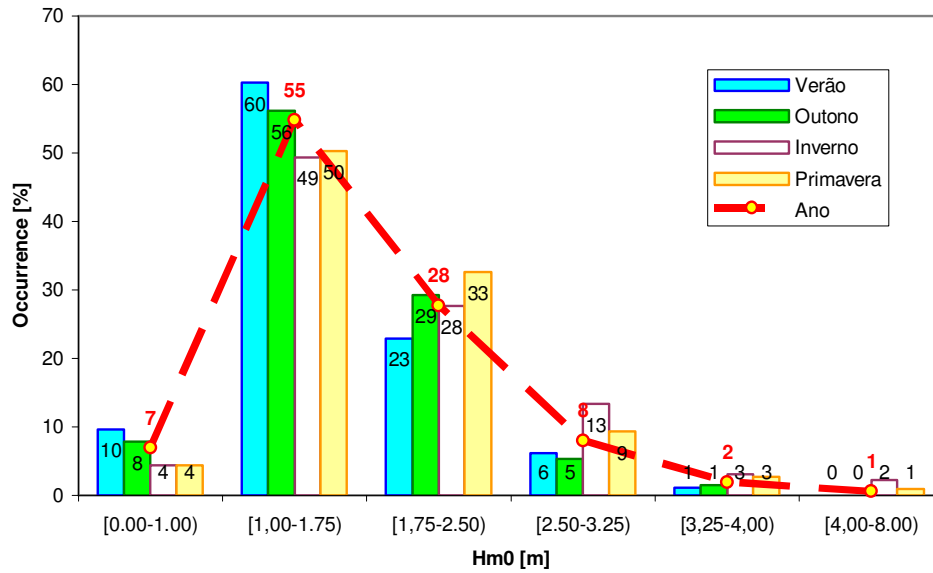


Figura 3 – Histogramas de ocorrência relativa de H_{m0} no período 2002 – 2005, por estação e no ano.

Pegando como referência os valores de H_{m0} no caso de mares uni-modais, pode-se avaliar a fração de energia apresentada por mares multi-modais usando-se $\left[\frac{H_{m0}^{\text{multi-modal}}}{H_{m0}^{\text{1-modal}}} \right]^2$. Dos valores dos três quartis de H_{m0} verifica-se que na co-ocorrência de dois sistemas o nível energético do estado do mar diminui entre 21% e 41%, e quando da identificação de um terceiro sistema tem-se uma ulterior diminuição de 14%-17%, ou seja, quando se desenvolvem mares tri-modais o mar apresenta no intervalo inter-quartil de 35% a 58% menos energia que nos casos uni-modais.

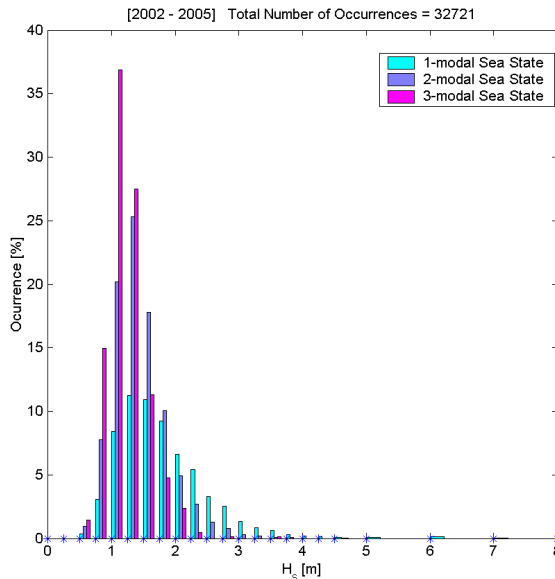


Figura 4 – Histogramas de ocorrência relativa de H_{m0} , no período 2002 – 2005, em função do número de sistemas de onda identificados.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas de H_{m0} no período 2002 – 2005, em função do número de sistemas de onda identificados.

2002 – 2005 H_{m0}	Uni-modais	Bi-modais	Tri-modais	Todos
Mínimo	0.56	0.59	0.70	0.56
Média	1.84	1.49	1.28	1.71
Máximo	7.24	4.61	3.75	7.24
1º quartil	1.34	1.19	1.08	1.27
Mediana	1.71	1.42	1.23	1.58
3º quartil	2.21	1.70	1.43	2.01
Intervalo Inter-quartil	0.86	0.51	0.36	0.74
Desvio padrão	0.69	0.44	0.32	0.64
Range	6.68	4.02	3.14	6.68

3.3 – Altura significativa de pico, H_{sPeak}

Identificados os picos é possível avaliar a altura significativa associada a cada um dos sistemas de onda presentes no registro integrando a estimativa espectral na banda de frequência do pico.

Na Figura 5 são mostrados os histogramas de H_{sP1} , H_{sP2} , H_{sP3} comparando-os com a distribuição de H_{m0} e de H_{sPeak} . Na Tabela 5 são comparadas estatísticas da altura significativa: do registro, H_{m0} ; das alturas significativas associadas a cada um dos picos identificados em ordem decrescente, H_{sP1} , H_{sP2} e H_{sP3} (H_{sP1} somente nos casos uni-modais coincide com H_{m0}); e de H_{sPeak} , considerando todos os picos juntamente.

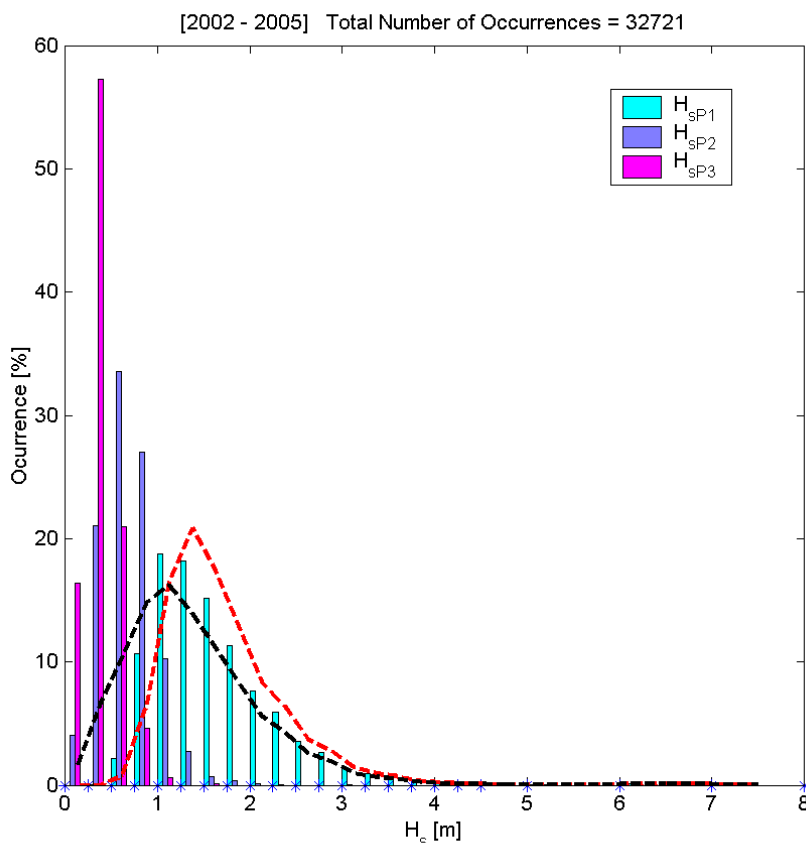


Figura 5 – Histogramas de ocorrência relativa de alturas significativas associadas aos picos no período 2002 – 2005. As linhas mostram a distribuição de H_{m0} (em vermelho) e de H_{sPeak} (em preto).

É imediato verificar que a identificação dos picos amplia e detalha o domínio amostral, pois se começam a enxergar mares menos energéticos (o valor mínimo passa de 0.56 a 0.05 m), isso tem como consequência:

- a diminuição dos valores de tendência central considerando-se somente o primeiro pico, e ainda mais quando se avaliam todos os picos (o valor médio passa de 1.7 m, para 1.6 m, e enfim a 1.4 m, a mediana de 1.6 m \rightarrow 1.5 m \rightarrow 1.3 m).
- a ampliação da dispersão dos valores, como no caso do intervalo inter-quartil, que de 0.74 m para H_{m0} , chega a 0.89 m usando-se H_{sPeak} .

Se a altura significativa do sistema de onda dominante situa-se no intervalo [1.2m – 2.0m], quando se considera o segundo pico os valores baixam consistentemente para [0.5m – 0.9m],

e no caso de um terceiro mar, a sua altura fica em [0.3m – 0.5m]. Mares multi-modais são no geral, portanto, dominados por um ou outro sistema de onda em cada registro.

Tabela 5 – Estatísticas descritivas de alturas significativas associadas aos picos no período 2002 – 2005.

2002-2005	Mínimo	Média	Máximo	1º quartil	mediana	3º quartil	Intervalo inter-quartil	Desvio padrão	Range
H_{m0} (m)	0.56	1.71	7.24	1.27	1.58	2.01	0.74	0.64	6.68
H_{sP1} (m)	0.44	1.64	7.24	1.17	1.50	1.97	0.80	0.67	6.80
H_{sP2} (m)	0.05	0.71	3.14	0.50	0.69	0.88	0.38	0.30	3.09
H_{sP3} (m)	0.41	0.41	1.52	0.28	0.38	0.51	0.23	0.19	1.48
H_{sPeak} (m)	0.05	1.38	7.24	0.87	1.26	1.76	0.89	0.73	7.19

Para quantificar a relevância de cada um dos picos identificados, foram calculadas (ver Tabela 6) estatísticas do percentual relativo da energia associada a cada pico no respeito da energia do registro espectral $\left[H_{sPk}^{multi-modal} \right]^2 / \left[H_{m0}^{multi-modal} \right]^2$, e do percentual relativo da energia associada aos picos secundários no respeito da energia do pico principal $\left[H_{sPk}^{multi-modal} \right]^2 / \left[H_{sP1}^{multi-modal} \right]^2$.

No caso de mares bi-modais o primeiro pico da conta de 63%-86% da energia do registro, e a energia do segundo pico está entorno de 34% da do primeiro.

Em casos tri-modais os percentuais relativos baixam, o primeiro pico representa 50%-70% da energia total, o segundo e o terceiro 21%-36% e 6%-17%, respectivamente. Cresce ao contrario a importância relativa do segundo pico no respeito do primeiro (49%), e o terceiro pico mostra ainda de ter 17% da energia do pico principal.

Tabela 6 – Estatísticas descritivas do percentual relativo de energia associada aos picos em relação à energia do registro espectral no período 2002 – 2005.

	2002 - 2005	1º quartil	mediana	3º quartil	Intervalo inter-quartil
Bi-modais	E_{p1}/E [%]	63	75	86	23
	E_{p2}/E [%]	14	25	37	23
	E_{p2}/E_{p1} [%]	16	34	59	43
Tri-Modais	E_{p1}/E [%]	50	59	70	20
	E_{p2}/E [%]	21	29	36	15
	E_{p3}/E [%]	6	10	17	11
	E_{p2}/E_{p1} [%]	30	49	73	43
	E_{p3}/E_{p1} [%]	8	17	32	24

A altura H_{sPeak} da uma idéia global da altura real associada a cada pico identificado no registro espectral, estatísticas dessa variável representam, em modo mais consistente do que H_{m0} os sistemas de onda atuantes na região. Entretanto, vista a predominância de mares 1-modais mais energéticos sobre uma minoria de mares multi-modais de menor intensidade, se pode esperar um modelo de comportamento similar ao de H_{m0} durante o ano e nas relações entre estações, evidenciado da comparação entre Figura 1a com Figura 6.

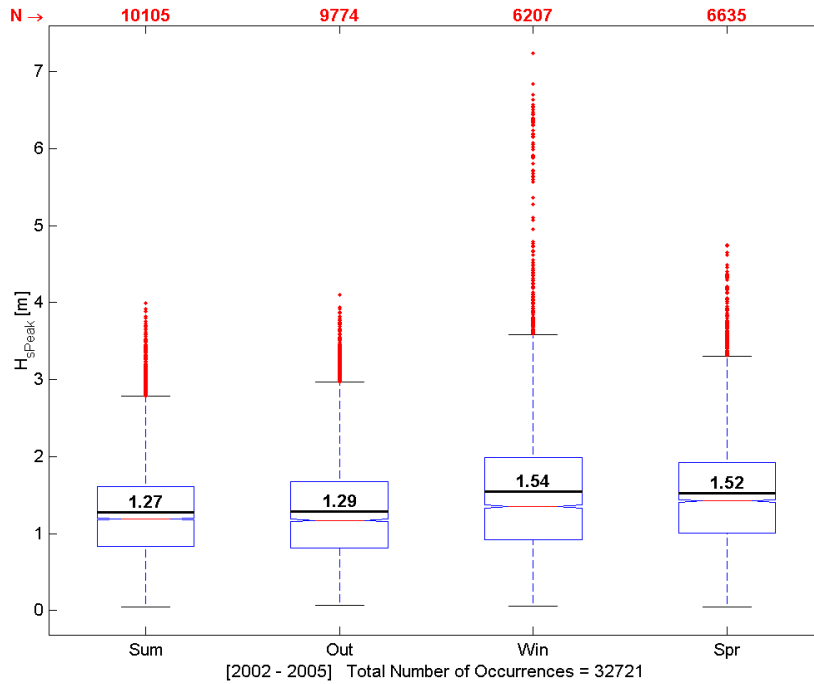


Figura 6 – Evolução sazonal de estatísticas de H_{sPeak} no período 2002 – 2005.

A Tabela 7 reporta a distribuição percentual de H_{sPeak} para as quatro estações e no ano. Foram coloridos valores diferentes por mais de 1% de quanto encontrado pela altura significativa do registro H_{m0} (Tabela 3): em azul se para cima, e em vermelho se para baixo.

As distribuições de altura significativa de pico (como os valores de tendência central da Figura 6) se deslocam para esquerda pela identificação de um maior numero de valores inferiores a 1.25 m, mas quanto concluído para H_{m0} continua valendo para H_{sPeak} em termos anuais e sazonais.

Tabela 7 – Distribuição percentual de H_{sPeak} no período 2002 – 2005, por estação e no ano. Em negrito são identificados valores diferentes mais do que 1% no respeito da distribuição de H_{m0} (em Tabela 3): em azul são marcados aumentos, e em vermelho diminuições nas probabilidades, respectivamente.

H_{sPeak} (m)	[0-0,25]	[0,25-0,50]	[0,50-0,75]	[0,75-1,00]	[1,00-1,25]	[1,25-1,50]	[1,50-1,75]	[1,75-2,00]	[2,00-2,25]	[2,25-2,50]	[2,50-2,75]	[2,75-3,00]	[3,00-3,25]	[3,25-3,50]	[3,50-3,75]	[3,75-4,00]	[4,00-4,25]	[4,25-4,50]	[4,50-4,75]	[4,75-5,00]	[5,00-6,00]	[6,00-7,00]	[7,00-8,00]
VERÃO		0.1	3.2	12.4	22.3	20.1	14.4	9.5	6.1	5.0	2.8	2.2	0.9	0.6	0.3	0.1							
OUTUNO			2.4	13.3	19.3	16.6	16.2	12.3	7.9	5.3	2.2	1.6	1.3	0.8	0.5	0.2							
INVERNO			1.6	8.1	16.7	16.0	14.3	10.2	8.5	6.8	5.8	4.1	2.7	1.2	1.1	0.7	0.6	0.3	0.2	0.1	0.4	0.7	
PRIMA VERA			0.9	7.2	14.8	19.5	15.5	13.7	8.8	7.2	4.6	3.3	1.0	1.2	1.0	0.4	0.4	0.4	0.1				
ANO			2.2	10.7	18.7	18.2	15.1	11.3	7.7	5.9	3.6	2.7	1.4	0.9	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	

3.4 – Período de pico, T_{Peak}

Nas Figuras 7 são mostrados histogramas de ocorrências relativas do período de pico, T_{Peak} , para todos os picos identificados em 2002-2005: no **painel a** para o conjunto dos T_{Peak} , e no **painel b** para os T_{Peak} discriminados por altura de pico decrescente

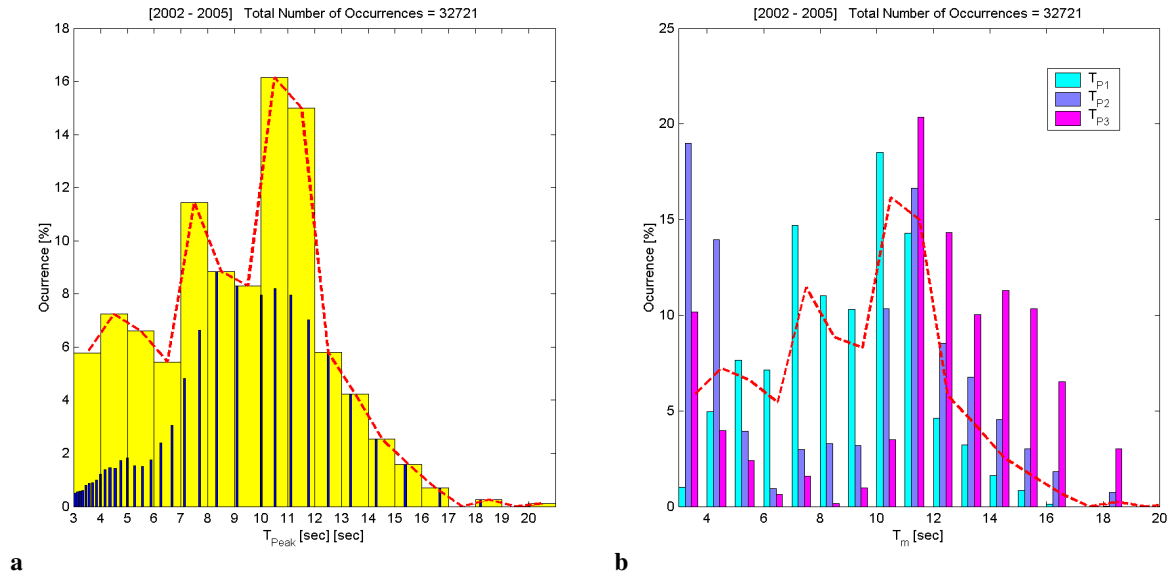


Figura 7 – Histogramas de ocorrência relativa do período dos picos identificados no período 2002 – 2005 (ver o texto para explicação).

O método de estimativa espectral adotado avalia a densidade espectral sobre um conjunto de 64 frequências discretas independentes, 16 dessas abaixo de 0.1 Hz e 48 acima, porém, períodos de pico significativos são identificados somente entre 3 e 20 segundos, reduzindo o universo amostral à 34 valores, mas continuando a ter uma maior densidade amostral em alta frequência, com 10 valores abaixo de 0.1 Hz e 24 acima.

No **painel a** é indicado com barras azuis estreitas o histograma dos valores discretos de T_{Peak} , que pode ser comparado com o histograma por classes de 1 segundo do mesmo parâmetro, em barras amarelas largas (e em linha vermelha tracejada).

Os valores do período de pico do histograma por classes de 1 segundo se concentram entorno de 3 diferentes faixas de valores: (4-5), (7-8) e (10-12) segundos. Deve-se notar que os máximos nesse histograma se apresentam levemente deslocados para esquerda (para períodos um pouco menores), no respeito do histograma dos valores discretos, pela presença na classe de uma maior ou menor densidade amostral, mas sem prejuízo para as análises sucessivas.

No **painel b** é repetida, como termo de comparação, a linha vermelha tracejada do histograma sobre todos os valores de T_{Peak} , as barras coloridas mostram os histogramas do 1º, 2º e 3º pico, em ordem decrescente de altura significativa.

O pico dominante se apresenta com mais probabilidade na faixa das ondulações próximas (10-11 séc), em segunda instancia como mar local desenvolvido (7-9 séc), mas aparece expressivamente também como mar local (4-6 séc); o 2º pico ocupa primeiro a faixa dos mares locais em estagio inicial (3-5 séc), se espalha na banda das ondulações a partir dos 10 séc, com um máximo em 11 séc e decaindo até os 18 séc, e aparece uniformemente e com menor probabilidade entre os 7 e os 9 segundos; o 3º pico aparece insistentemente como ondulação, mostrando um primeiro máximo em 11-12 séc, e um segundo mais disperso em [13-18 séc] centrado nos 14 segundos, mas se apresenta com frequência também como mar local em estagio inicial (3-4 séc). (Isso pode ser visualizado na Figura 2.9 onde são representados os picos identificados em função da altura significativa de pico H_{sPeak} e do período de pico, T_{Peak}).

A presença nos histogramas de máximos locais indica a pouca expressividade de estatísticas medias da distribuição, como é imediato verificar comparando os resultados acima

discutidos com a Tabela 8, onde são reproduzidas as distribuições percentuais de T_{Peak} no período 2002 – 2005, por estação e no ano. Em negrito são identificados os máximos locais da distribuição: em vermelho o 1º máximo, em azul o 2º, e, eventualmente em verde o 3º.

Tabela 8 – Distribuição percentual de T_{Peak} no período 2002 – 2005, por estação e no ano. Em negrito são identificados os máximos locais da distribuição: em vermelho o 1º máximo, em azul o 2º, e, eventualmente em verde o 3º.

T_{Peak} (sec)	[3-4]	[4-5]	[5-6]	[6-7]	[7-8]	[8-9]	[9-10]	[10-11]	[11-12]	[12-13]	[13-14]	[14-15]	[15-16]	[16-18]	[18-20]	[20-21]
VERÃO	4.4	8.1	7.7	6.0	14.5	9.2	6.8	15.4	15.1	5.5	3.6	1.9	1.0	0.5	0.2	0.1
OUTUNO	7.5	7.8	7.5	4.4	7.7	4.6	6.1	15.7	18.1	7.8	6.0	3.4	2.1	1.0	0.2	0.1
INVERNO	6.8	6.8	4.4	4.4	9.5	7.9	10.5	17.3	16.3	5.8	4.3	2.9	1.9	0.7	0.3	0.0
PRIMAVERA	4.3	5.5	5.6	7.0	14.2	15.4	11.8	16.9	9.1	3.4	2.5	1.9	1.4	0.5	0.3	0.3
ANO	5.8	7.2	6.6	5.4	11.4	8.9	8.3	16.1	15.0	5.8	4.2	2.5	1.6	0.7	0.2	0.1

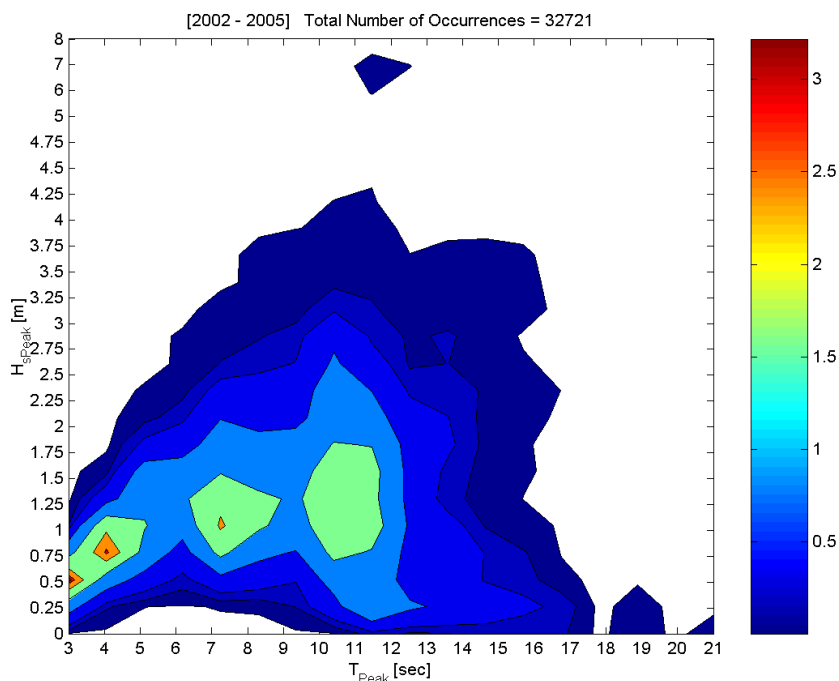


Figura 8 – Densidade de probabilidade conjunta de altura significativa e período médio para todos os picos identificados no período 2002 – 2005.

Durante o Inverno metade dos picos identificados apresenta período na faixa das ondulações (acima de 10 séc), e a outra metade representa mares locais. Este balanço se volta a favor dos mares locais durante a Primavera (64%) e o Verão (57%), para se inverter no Outono, quando as ondulações vêm a predominar (54%).

Mares locais nos primeiros estágios (até 7 segundos) representam em média 25% do total dos picos identificados; este valor se mantém relativamente estável ao longo das estações, um pouco menor em Inverno e Primavera (22%), e com um leve aumento no Verão e Outono (27%).

A ocorrência de mares locais em estagio mais maduro (7-10 séc) segue um mais acentuado andamento sazonal: aparecem menos no Outono (18%), sobem para 28% no Inverno,

alcançam um máximo de 41% na Primavera (quando são o tipo de mar mais identificado), para diminuir novamente no Verão (30%) em proporções similares ao do Inverno.

Picos de ondulação de período maior de 15 segundos, aparecem com regularidade no ano inteiro, com um máximo de ocorrências relativas em Outono (3,3%), que diminui lentamente ao longo das estações: 2.9% no Inverno, 2.5% na Primavera, e 1.9% no Verão.

A presença de ondulações até 15 segundos é máxima em Outono, quando são o mar mais freqüente (51%), desce no Inverno (47%) e Primavera (34%), para voltar a subir no Verão (41%). Usando como valor de barramento o 5%, pode se verificar da Tabela 2.11, que ondulações no Outono tem períodos preferencialmente em 11-12 séc, mas períodos de 14 segundos ainda representam 6% dos picos identificados. Nas outras estações do ano o período mais provável baixa para 10-11 séc, e a banda de períodos com ocorrência maior de 5% se estreita e se alarga juntamente com a proporção de picos com período em (10-15 séc) na estação: i.e. em Inverno se encontram mais de 5% de ondulações até os 13 segundos, na Primavera até os 12 segundos, para voltar aos 13 segundos no Verão.

A análise da densidade de probabilidade conjunta de altura significativa de pico e período de pico mostrada na Figura 8 confirma alguns aspectos de quanto discutido até o momento, podem-se reconhecer:

- o crescer de mares locais: os primeiros dois núcleos em verde que se desenvolvem dos 3 segundos e 0.5 m de altura, até os 9 segundos e 1,5 m de altura;
- as ondulações próximas: na faixa vertical do núcleo verde centrado nos 11 segundos, com alturas até os 4 metros;
- as ondulações mais longínquas: o núcleo azul em 19 segundos, com alturas abaixo do meio metro;
- os picos mais energéticos (acima dos 3.25 m): distribuídos quase que uniformemente entre os 8 e os 17 segundos
- o evento extremo de Agosto de 2005: completamente isolado do resto das observações, na parte de cima da figura.

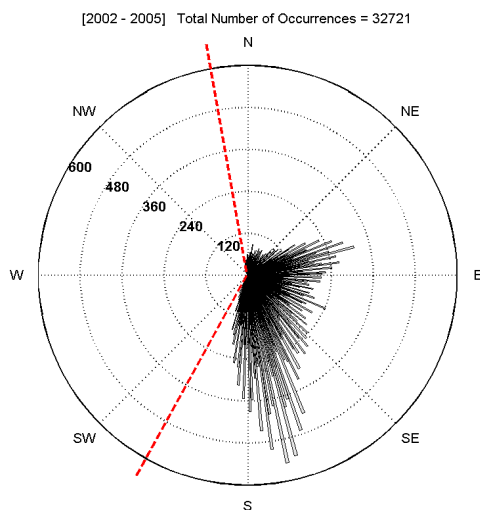


Figura 9 – Diagrama em rosa de D_{Peak} dos picos identificados no período 2002 – 2005 por classes de 1° .

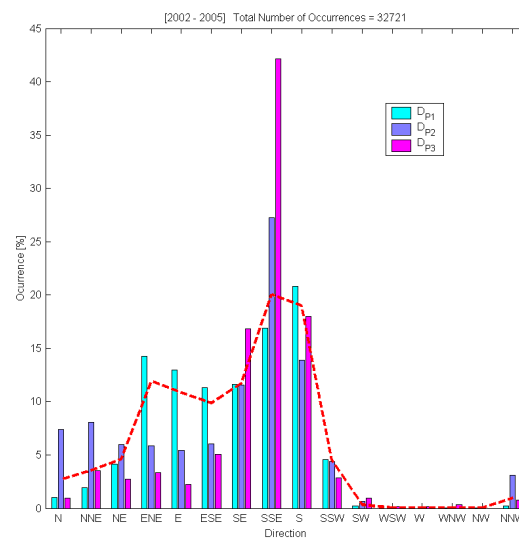


Figura 10 – Histogramas de ocorrência relativa de D_{Peak} dos picos identificados no período 2002 – 2005, discriminados pelo H_{sPeak} decrescente.

3.5 – Direção de pico, D_{Peak}

O diagrama em rosa das direções médias de todos os picos identificados, D_{Peak} , por setores de 1° (Figura 9) mostra: a) um amplo setor direcional vazio, WSW – W – WNW - NW, que reflete a direção da costa, a orientação de possíveis pistas de vento na região, e a distancia do equipamento de medição da costa; b) dois setores direcionais marcadamente preferenciais, SSE e ENE, em ordem de importância.

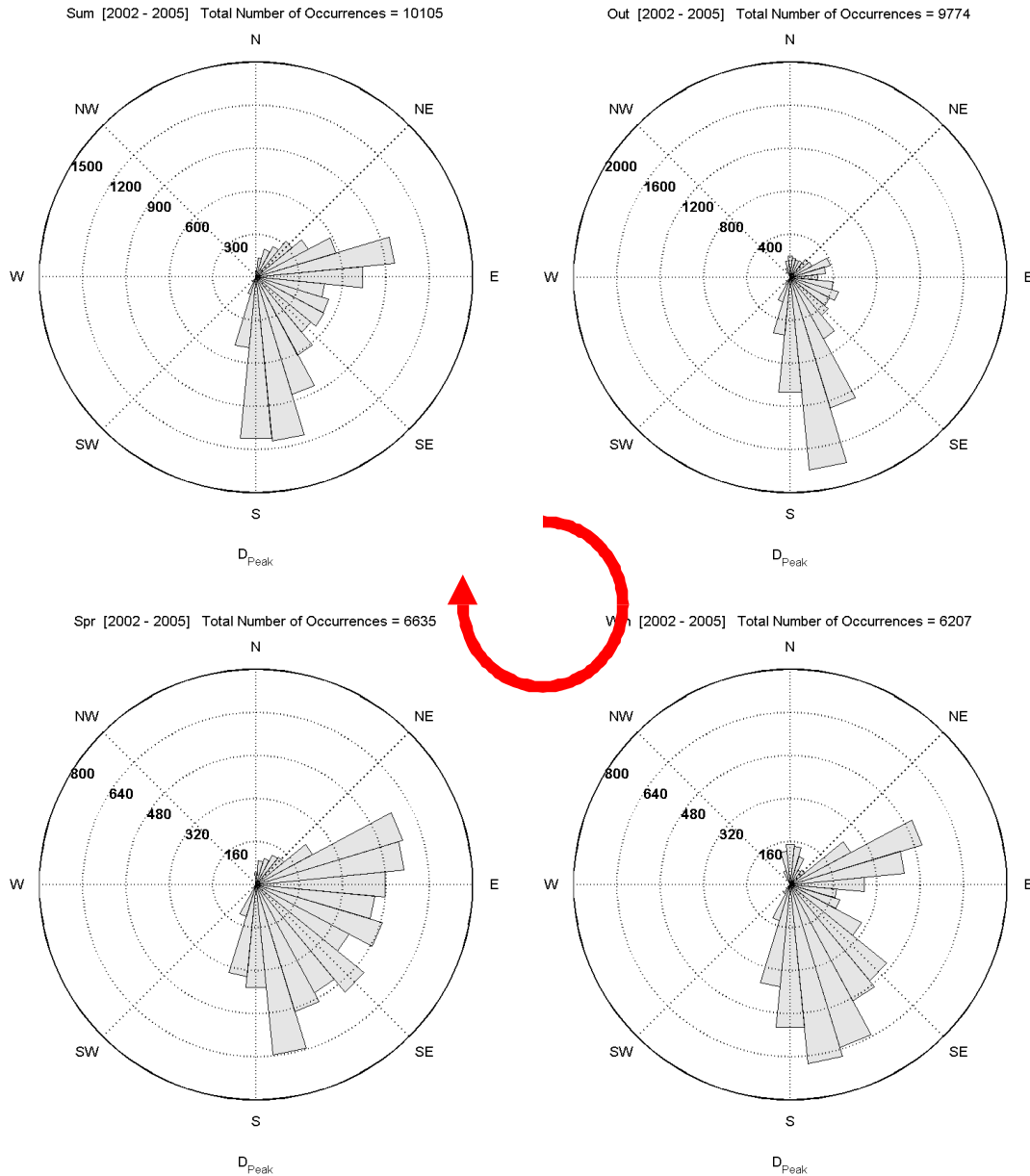


Figura 11 – Diagrama em rosa da direção média dos picos identificados no período 2002 – 2005 para as quatro estações do ano.

A análise dos histogramas de D_{Peak} em função de H_{sPeak} (Figura 10), aponta para ondas do primeiro pico seguindo o padrão geral, com duas bandas direcionais bem definidas, mas com ondas do setor meridional vindo mais de S antes do que SSE, e SE. A direção média do 2° , como do 3° pico, na banda Sul é centrada marcadamente em SSE, mas diverso é o padrão dos

dois picos para outras direções de chegada: o 2º pico aparece desde NNW (onde é improvável encontrar 1º ou 3º picos), com um máximo de ocorrências em NNE, até ESE; o 3º se distribui em modo menos expressivo de NNE até ESE.

A evolução sazonal das ocorrências da direção média de pico é mostrada na Figura 11 por meio de diagramas em rosa por setores de 11.25°, e quantificada nas distribuições da Tabela 9.

Tabela 9 – Distribuição percentual de D_{Peak} no período 2002 – 2005, por estação e no ano. Em negrito são identificados os máximos locais da distribuição: em vermelho o 1º máximo, em azul o 2º, e, eventualmente em verde o 3º.

D_{Peak} (m)	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W
VERÃO	0.0	0.0	0.1	1.0	4.0	6.2	12.8	14.7	9.9	10.4	17.2	20.3	3.0	0.2	0.0	0.0
OUTONO	0.0	0.1	1.8	3.9	3.3	4.2	7.1	5.7	9.2	9.8	26.3	22.7	5.4	0.4	0.0	0.0
INVERNO	0.0	0.1	1.8	4.8	3.4	2.9	14.3	9.1	6.8	13.9	19.4	17.3	5.5	0.4	0.0	0.0
PRIMAVERA	0.0	0.0	0.2	1.3	3.2	4.1	15.3	14.2	13.6	14.5	15.7	13.1	4.5	0.2	0.0	0.0
ANO	0.0	0.1	0.9	2.6	3.5	4.6	11.9	10.9	9.8	11.7	20.0	19.0	4.5	0.3	0.0	0.0

O Outono mostra um domínio absoluto de ondas do setor Sul com quase 50% dos picos entre SSE (26%) e S (23%). Já a partir do Inverno o quadro começa a ficar mais complexo, entre SSE e S se encontram ainda 38% dos picos, mas crescem as ocorrências de SE (de 10% no Outono para 14%) e, duplicam as de ENE e E (de 13% para 24%). Na Primavera a distribuição direcional se uniformiza, com 30% dos picos entre ENE - E, 28% em ESE - SE, e 29% em SSE - S, crescendo no geral as contribuições do setor Leste. Este movimento sazonal para Leste continua no Verão, e se pelas outras estações sempre é mais provável ter ondas de ENE do que de E, como ondas de SSE do que de S, durante o Verão este padrão se inverte. Durante o ano tem uma contribuição menor e sazonal do setor Norte, que contribui em Outono e Inverno com 4% dos picos, e na Primavera e Verão quase some, ficando perto de 1%.

3.6 – Período x direção média de pico [T_{Peak} x D_{Peak}]

Discutidos os aspectos relacionados às distribuições marginais dos parâmetros de pico aqui em estudo, pode-se melhor entender o regime de ondas na região analisando distribuições de probabilidade conjunta de período, altura significativa, e direção média de pico. Na Figura 12 é representada em escala de cores a distribuição de ocorrências relativas conjunta [T_{Peak} x D_{Peak}] para o inteiro período de medição, em branco são indicados valores de probabilidade entre 0.1 e 1% e, em preto, valores acima de 1%. Três grandes grupos de picos se destacam:

- ❖ de ondulações de S-SSE com ocorrência máxima nos períodos de 11-12 séc, mas se desenvolvendo desde os 10 até os 19 segundos;
- ❖ de mares locais de ENE-E com maior probabilidade nos 7-8 séc, e permanecendo nos 9-10 séc desde Leste até Sul;
- ❖ de mares locais que de N com 3-5 séc, se alinham ao NNE entre os 3 e os 6 segundos, e a NE alcançam os 7-8 séc.

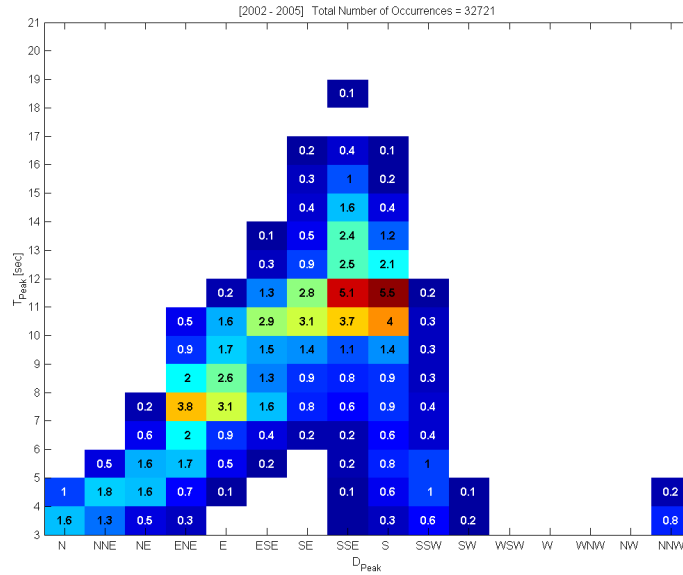


Figura 12 – BI-histograma de ocorrência relativa de T_{Peak} versus D_{Peak} dos picos identificados no período 2002–2005.

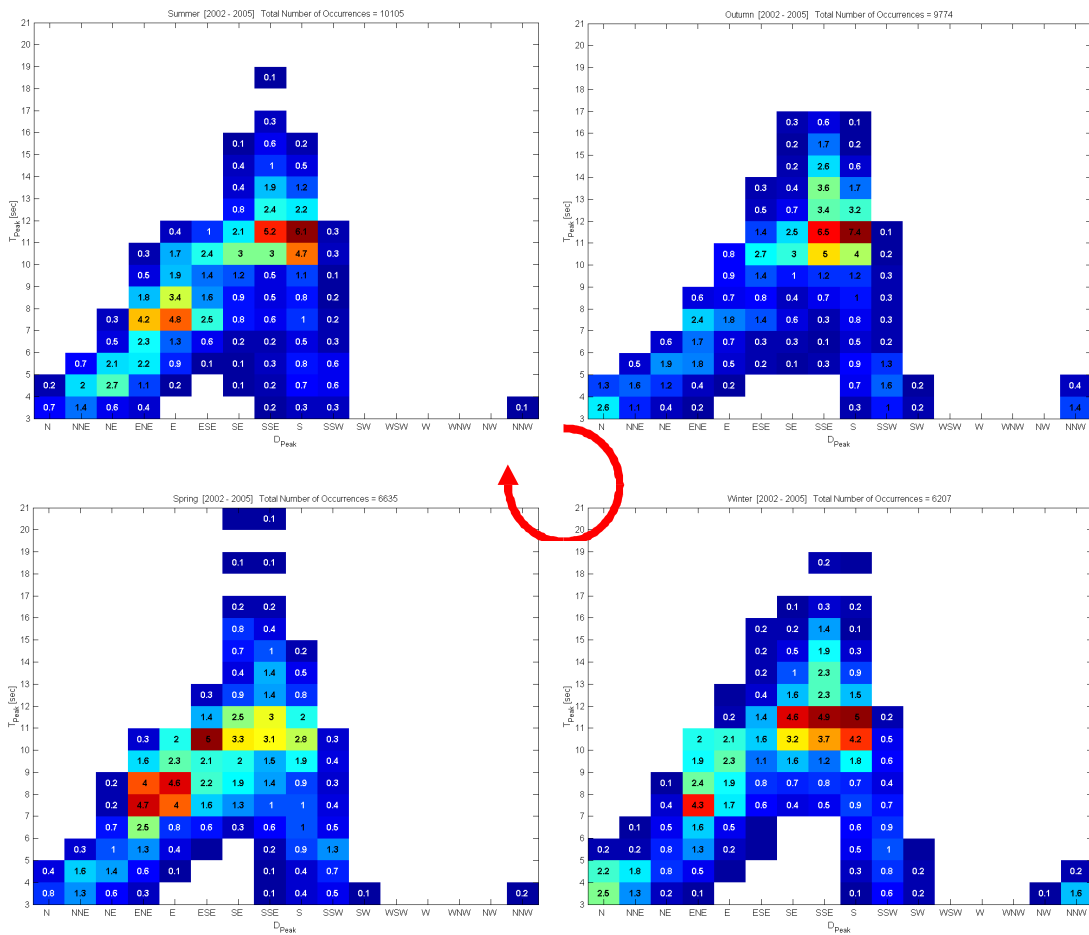


Figura 13 – BI-histogramas sazonais de ocorrência relativa de T_{Peak} versus D_{Peak} dos picos identificados no período 2002 – 2005.

A evolução sazonal das ocorrências período - direção dos picos é mostrada na Figura 13, com: o Outono dominado pelas ondulações meridionais; a entrada de mares locais de Leste no Inverno junto com mares curtos de Norte, e o aumentar dos períodos e do setor direcional de chegada das ondulações; o aumento da importância dos mares de Leste na Primavera, quando as ondulações continuam alongando o período e se alinham mas para o Sul; no verão continuam perdurando mas em escala menor as ocorrências de Leste, e as ondulações começam a perder período e se espalhar novamente para ESE.

3.7 – Altura significativa x direção média de pico [H_{sPeak} x D_{Peak}]

É interessante ver também como direção e altura significativa estejam relacionadas. Em Figura 14 é visualizada, com uma escala normalizada ao máximo de probabilidade encontrado, a densidade de probabilidade conjunta H_{sPeak} - D_{Peak} . Núcleos de maior probabilidade estão centrados entre 0.5m e 1.5m para os mares locais de ENE, desde os 0m até os 2.25m para as ondulações de Sul, e para as ondas de ESE aparecem valores de altura entorno de 1m. Para os picos vindo desde SSW até ESE podem aparecer valores de onda até os 4m, de ESE até ENE valores elevados de maior ocorrências ficam no máximo entorno dos 3 metros, e indo na direção do Norte os valores diminuem sensivelmente.

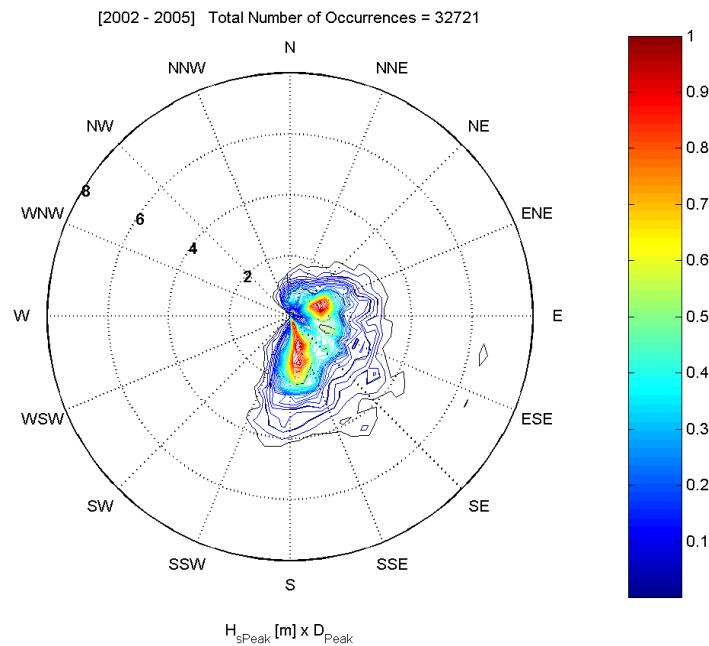


Figura 14 – Densidade de probabilidade de H_{sPeak} x D_{Peak} dos picos identificados no período 2002 – 2005.

A evolução sazonal das ocorrências de altura significativa - direção dos picos é mostrada na Figura 15. As ondulações meridionais do Outono mostram de ter alturas menores quando de SSE (máximo de ocorrências entre 0.75m e 1.25m, e com valores até 3.5 m) do que para S (máximo em 1.5m-2.0m, até os 4.0m). Os mares locais de Leste no Inverno se apresentam na faixa 1.0-1.5 metros e a partir desta estação podem alcançar os 3.5m; junto com o aumentar dos períodos e do setor direcional de chegada das ondulações, no Inverno se alarga o setor de chegada de ondas que podem chegar aos 4.5m desde SE até SSW, esse cenário perdura ainda durante a Primavera. No topo da figura do Inverno é reconhecível o evento de Agosto 2005. O ulterior espalhamento nas direções e no período das ondulações na Primavera distribui as alturas com maior uniformidade ao longo da escala de valores; mais evidente resulta o máximo de ocorrência dos mares locais do setor Leste entorno a 1.25m-1.50m. No Verão

enfim os valores máximos, como mais prováveis, das alturas das ondulações diminuem no geral, com um padrão que se estabiliza no Outono.

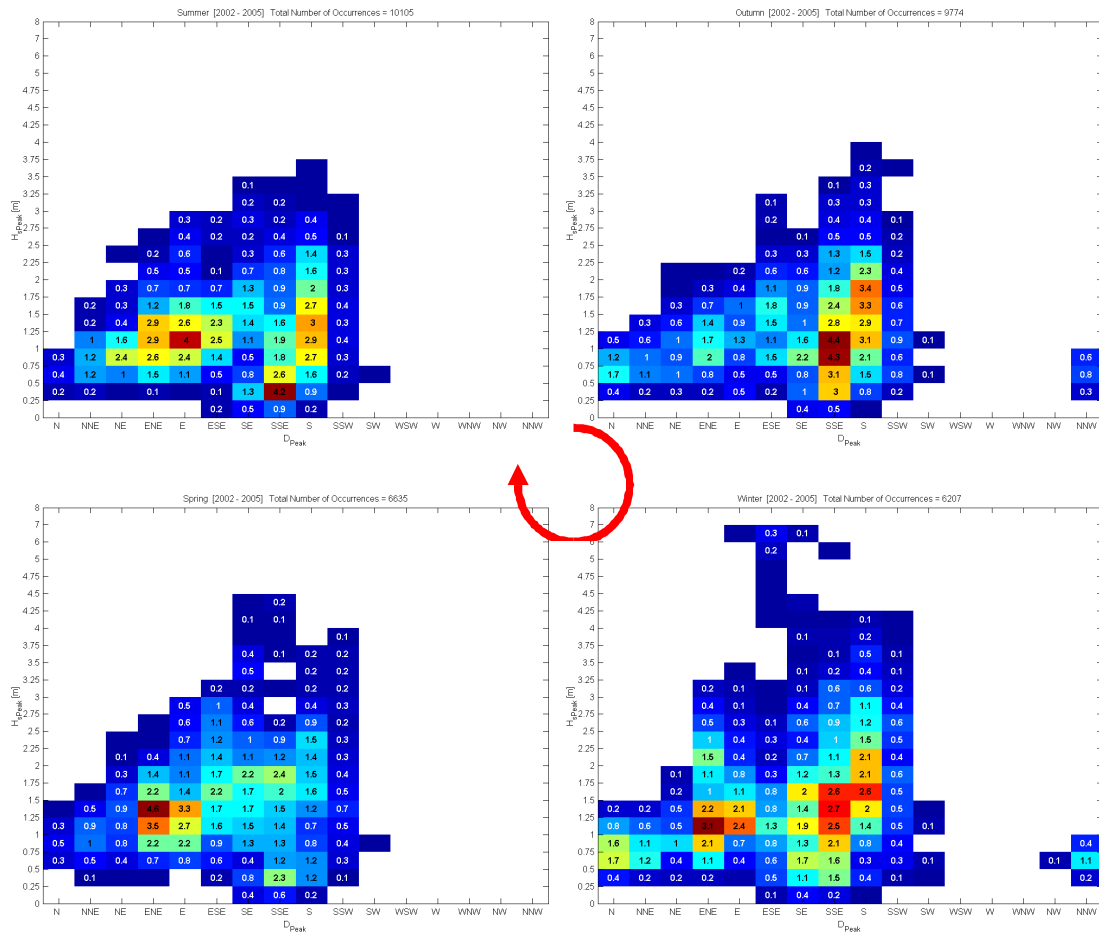


Figura 15 – BI-histogramas sazonais de ocorrência relativa de $H_{sPeak} \times D_{Peak}$ dos picos identificados no período 2002 – 2005.

4. CONCLUSÕES

Da comparação dos resultados obtidos somente com o pico principal, ou com todos os picos identificáveis no registro espectral pode se concluir que:

A) diminui o valor do erro na estimativa de estatísticas dos parâmetros de interesse. Se X é variável aleatória (como a altura significativa do pico, ou o período de pico, ...) de média μ_X e variância σ_X^2 , a estimativa de estatísticas sobre N valores amostrais $\{X_1, \dots, X_n\}$ apresenta um erro proporcional a σ_X / \sqrt{N} . O aumento de N devido as informações independentes sobre os picos secundários melhora a estimativa de estatísticas (diminui o erro da estimativa).

B) aumenta o domínio observável. O domínio físico de valores no espaço tridimensional {altura, período e direção} é definido pela posição do ponto de medição relativamente à costa e ao fundo, e às características dos sistemas meteorológicos forçantes. Algumas regiões desse espaço 3-D são fisicamente impossíveis (ondas não chegam vindo da costa se não tem pista suficiente para um vento local atuar), outras são mais improváveis e mais dificilmente podem

ser observadas experimentalmente. A identificação de picos secundários permite resolver regiões que não são “visíveis” a partir da análise de somente o pico principal.

5. REFERÊNCIAS

[1] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1998. Guide to Wave Analysis and Forecasting., 2nd ed., Genève, Switzerland, Pub. 702. Secretariat of the World Meteorological Organization.

[2] RESIO, D., BRATOS, S., and THOMPSON, E. 2002. Meteorology and Wave Climate. In: Vincent, L., and Demirbilek, Z. (editors), Coastal Engineering Manual, Part II, Hydrodynamics, Chapter II-2, Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.

[3] VINCENT, L., and DEMIRBILEK, Z. 2002. Water Wave Mechanics. In: Vincent, L., and Demirbilek, Z. (editors), Coastal Engineering Manual, Part II, Hydrodynamics, Chapter II-1, Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.

[4] NDBC, 1996. Nondirectional and directional wave data analysis procedures, *NDBC technical Document* 96-01.

[5] SUNDER V., SANNASIRAJ S.A., KLADENHOFF H., Directional spreading of waves in the nearshore zone, *Ocean Engineering*, 26, p. 161-188, 1999.

[6] KUMAR SANIL V., DEO M.C., ANAND N.M. Ashok Kumar K., 1998. Directional spread parameter at intermediate water depth, *Ocean Engineering*, 27, p. 889-905, 2000 .

[7] SEIXAS, N. A. B. Rio de Janeiro, 1997. Clima de ondas na Bacia de Campos: Análise de dados e proposta de parametrização. Tese (Doutorado em Física) - Observatório Nacional.

[8] PINHO, U. F. Caracterização dos Estados de Mar na Bacia de Campos. Rio de Janeiro, 2003. Tese (Mestrado), COPPE, UFRJ.

[9] 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.

[10] 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 (publicado em CD, sem paginação).

[11] Melo, E.; Pimenta, F.M.; Mendes, D.A.R.; Hammes, G.R.; Araújo, C.E.; Franco, D.; Alves, J.H.G.M., Barletta, R.C.; Souto, A.M.C.; Castelão, G.P.; Pereira, N.C. & Branco, F.V. , 2003. A real time, on-line coastal information program in Brazil. Proceedings of the Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Colombo, Sri Lanka, Paper No. 104; pp 14, 2003 (publicado em CD, sem paginação).

[12] DATAWELL, 1999. Operation and service manual for “DIRECTIONAL WAVERIDER” MARK II (from serial no. 30302 and including no. 30293)

[13] LONGUET-HIGGINS, M.S.; CARTWRIGHT, D.E. & SMITH, N.D. Observations of the directional spectrum of sea waves using the motions of a floating buoy. In: Admiral, R. & Stephan, E.C. eds. *Ocean Wave Spectra* . New Jersey, Prentice-Hall. P. 11-136 .1963.

[14] IOC – IODE; Manual of quality control procedures for validation of oceanographic data. *Manual and Guides* 26.

[15] Rodrigues C., Guedes-Soares C., 1999. A criterion for the automatic identification of multimodal sea wave spectra. *Applied Ocean Research*, 21, 329-333.

[16] Melo F°, E.; Hammes, G.R.; Franco, D., 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)