

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PREENCHIMENTO DE FALHAS DE DADOS DE ONDAS
E CÁLCULO DA PROFUNDIDADE DE FECHAMENTO
PARA A REGIÃO DE TRAMANDAÍ, RIO GRANDE DO
SUL.**

HEITOR PEROTTO

Porto Alegre – 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PREENCHIMENTO DE FALHAS DE DADOS DE ONDAS
E CÁLCULO DA PROFUNDIDADE DE FECHAMENTO
PARA A REGIÃO DE TRAMANDAÍ, RIO GRANDE DO
SUL.**

HEITOR PEROTTO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Luiz Emílio Sá Brito de Almeida

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Beluco – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. José Antônio Scotti Fontoura – Escola de Engenharia/Laboratório de Engenharia Costeira, Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente minha família por sempre me apoiar em todas as minhas escolhas no decorrer dos anos e pelo estímulo e força em momentos em que eu estava pra baixo.

Ao meu orientador Dr. Luiz Emílio pela ajuda no decorrer do trabalho e pela oportunidade de trabalhar em algo novo, mas ao mesmo tempo na área em que sempre tive fascínio e interesse.

Ao Dr. Elírio por fornecer os dados essenciais para a realização deste trabalho.

Não posso me esquecer dos grandes amigos que estiveram comigo durante esta jornada. Os amigos de longa data: Bóris, Cláudia, Gabi, Luana e Suélen e aos novos amigos que conheci neste período: Aderson, Cris, Eduardo, Felipe, Paula e Thunder.

A oportunidade de ministrar aulas coisa que sempre tive interesse e curiosidade em realizar, através do meu estágio docência. Foi uma experiência maravilhosa e muito gratificante.

A CAPES pela bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências pelo auxílio prestado.

Obrigado a todos!!

RESUMO

As ondas são uma das fontes energéticas mais importantes para a modelagem da geometria das costas em todo o mundo e constituem-se uma ameaça às obras costeiras e operações em mar aberto. O clima de ondas tem grande influência nos processos erosivos de uma praia com isso conhecer seu comportamento no tempo e no espaço é necessário para resolver as dinâmicas destes processos e também para a realização de obras costeiras, recuperação e reconstrução praial e operações em mar aberto. A profundidade de fechamento assim como o limite oceânico são parâmetros importantes para o estabelecimento dos limites de movimento dos sedimentos. Os objetivos deste trabalho são preencher as falhas de dados do ondógrafo, utilizando dois métodos estatísticos: regressão simples e regressão múltipla. E também calcular por meio de equações empíricas a profundidade de fechamento e o limite oceânico empregando-se os dados não preenchidos e os dados preenchidos. Este trabalho utilizou-se dados de um ondógrafo, coletados no ano de 2007 de Janeiro a Setembro na costa do litoral norte do Rio Grande do Sul. Para o preenchimento foi utilizado os métodos de regressão simples e múltipla utilizando dados do modelo WAVEWATCH III, procedentes do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos e da estação meteorológica de Tramandaí. Com base nestes dados foram calculados diversos parâmetros estatísticos para verificar qual dos métodos alcançou a melhor resposta para o preenchimento das falhas. A profundidade de fechamento e o limite oceânico foram calculados utilizando fórmulas empíricas de Hallermeier (1981) e Birkemeier (1985) tanto para os dados não preenchidos como para os dados preenchidos. Os resultados obtidos mostraram que a regressão múltipla apresentou um melhor preenchimento segundo os parâmetros estatísticos e que os valores da profundidade de fechamento variaram entre 6,87 e 4,84 m, 6,62 e 4,74 m, 6,74 e 4,82 m para os dados não preenchidos, regressão simples e múltipla respectivamente e entre 30,20 e 24,80 m, 30,57 e 25,39 m, 30,77 e 25,51 m para o limite oceânico.

ABSTRACT

The waves are one of the most important energy sources for modeling the geometry of the coasts in the world and constitute a threat to coastal works and operations in open sea. The wave climate has a great influence on the erosion of a beach to know that their behavior in time and space is needed to resolve the dynamics of these processes and also to carry out coastal works, rehabilitation and reconstruction Beach Grass and open ocean operations. The closure depth and seaward limit are important parameters for establishing the limits of movement of sediments. The objectives are to conduct filling the gaps of data waverider, using two statistical methods: simple regression and multiple regression. And also calculate by empirical equations the closure depth and seaward limit using the data has not been completed and the data completed. This study used data from a waverider, collected in 2007 from January to September in the northern coast of Rio Grande do Sul to the filling has been used methods of simple and multiple regression model using data from WAVEWATCH III, coming Center for Weather Forecasting and Climate Studies and the meteorological station of Tramandaí. Based on these data were calculated several statistical parameters to determine which of the methods achieved the best answer to fill the gaps. The closure depth and seaward limit were calculated using empirical formulas of Hallermeier (1981) and Birkemeier (1985) data for both unfilled and filled to the data. The results showed that multiple regression analysis showed a better filling according to statistical parameters and the values of the closure depth varied between 6.87 and 4.84 m, 6.62 m and 4.74, 6.74 and 4, 82 m for the data is not filled, simple and multiple regression, respectively, and between 30.20 and 24.80 m, 30.57 m and 25.39, 30.77 and 25.51 m for the seaward limit.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Definição da profundidade de fechamento e do limite oceânico.	11
Figura 2. Localização da área de estudo. Modificado de D'Aquino (2004).	12
Figura 3. Ondógrafo fundeado no litoral norte do Rio Grande do Sul.	13
Figura 4. Localização do fundeio do ondógrafo no litoral norte do Rio Grande do Sul.	20
Figura 5. Histogramas de altura significativa para os dados não preenchidos.	26
Figura 6. Histogramas de período para os dados não preenchidos.	27
Figura 7. Histogramas de direção para os dados não preenchidos.	28
Figura 8. Histogramas de altura significativa para a regressão simples.	29
Figura 9. Histogramas de período para a regressão simples.	30
Figura 10. Histogramas de direção para a regressão simples.	31
Figura 11. Histogramas de altura significativa para a regressão múltipla.	32
Figura 12. Histogramas de período para a regressão múltipla.	33
Figura 13. Histogramas de direção para a regressão múltipla.	34
Figura 14. Histogramas anuais para os dados não preenchidos de altura significativa (a), período (b) e direção (c).	35
Figura 15. Histogramas anuais para a regressão simples de altura significativa (a), período (b) e direção (c).	36
Figura 16. Histogramas anuais para a regressão múltipla de altura significativa (a), período (b) e direção (c).	37
Figura 17. Frequência e intensidade dos ventos de Janeiro a Setembro de 2007.	44
Figura 18. Frequência e intensidade das alturas significativas de Janeiro a Setembro de 2007.	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Valores de média e desvio padrão para os dados não preenchidos.	23
Tabela 2. Valores de média e desvio padrão para a regressão simples.	23
Tabela 3. Valores de média e desvio padrão para a regressão múltipla.	23
Tabela 4. Valores dos resultados estatísticos para a regressão simples.....	24
Tabela 5. Valores dos resultados estatísticos para a regressão múltipla.	24
Tabela 6. Valores da profundidade de fechamento e limite oceânico.	37

Sumário

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABELAS	7
ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
3. CORPO PRINCIPAL	18
3.1. INTRODUÇÃO	19
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.2.1. Dados de ondas	20
3.2.2. Profundidade de fechamento	21
3.3. RESULTADOS	23
3.3.1. Média e desvio padrão	23
3.3.2. Regressão simples e múltipla	24
3.3.3. Profundidade de fechamento	37
3.4. DISCUSSÃO	38
3.4.1. Análises estatísticas	38
3.4.2. Histogramas	38
3.4.3. Profundidade de fechamento	39
3.5. CONCLUSÃO	40
3.6. Agradecimentos	41
3.7. Referências	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO	48

ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

INTRODUÇÃO: contém uma descrição geral dos objetivos e do estado da arte, além de uma exposição sobre a metodologia utilizada e ainda contém as Referências Bibliográficas referentes à introdução.

CORPO PRINCIPAL: contém o artigo científico “Preenchimento de falhas de dados de ondas e cálculo da profundidade de fechamento para a região de Tramandaí, Rio Grande do Sul.” Esse artigo foi submetido à Revista Brasileira de Geociências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: síntese dos resultados que serviram de base para as conclusões, e Referências Bibliográficas relacionados a este capítulo.

1. INTRODUÇÃO

As ondas são, entre os fenômenos naturais, um dos mais conhecidos e estudados pelo homem. A maioria das ondas oceânicas, conhecidas como ondas de gravidade, cuja força de restauração é à força da gravidade, são formadas pela tensão de cisalhamento do vento na superfície da água. Mantendo-se a ação do vento, estas pequenas rugosidades da superfície da água se somam para produzir ondas maiores, cujo tamanho é limitado pela velocidade e duração (tempo) da ação do vento e pela pista (“fetch”), ou seja, a extensão da superfície aquosa sobre a qual o vento está soprando. Estas ondas são as principais e mais constantes fonte de energia no oceano, exercendo um papel fundamental na formação de feições costeiras (Tozzi & Calliari, 2000). Uma vez geradas as ondas viajam mantendo sua trajetória, sendo capazes de propagar-se por grandes distâncias, com pouca atenuação, mesmo depois de cessada a influência do vento (Melo Filho et al., 1993). Quando em suas áreas de geração, as ondas recebem a denominação de vagas (sea), quando já se dispersaram e encontram-se distantes do centro de geração são denominadas ondulações (swell). As vagas são ondas geradas por ventos locais, muito irregulares, com elevada esbeltez e apresentam cristas agudas, geralmente apresentando períodos e comprimento de ondas menores que as ondulações. As ondulações são ondas mais regulares, de períodos mais longos, de menor esbeltez, de cristas mais arredondadas e que derivam de tempestades, muitas vezes situadas a vários milhares de quilômetros da costa. Seu centro de geração é o cinturão de tempestades do Atlântico Sul, posicionado em torno da latitude de 60° Sul. Estas ondas atingem a costa do Rio Grande do Sul através do quadrante sudeste (SE) (Motta, 1967, Strauch, 1996 e Coli, 2000). Vários processos físicos são observados quando as ondas se propagam de águas profundas para águas rasas, que envolve mecanismos que conservam, adicionam ou removem energia destas. O conhecimento do clima de ondas no tempo e no espaço é necessário para resolver as dinâmicas destes processos e também para a realização de obras costeiras, recuperação e reconstrução praias e operações em mar aberto. Dados de campo são escassos na costa brasileira. Alguns estudos do clima de ondas foram realizados para determinadas áreas do sul do Brasil. Estes estudos foram baseados em diversas fontes de dados que abrangem observações visuais (Motta, 1963, Melo et al., 1993), medições de campo (Motta, 1963, Strauch, 1998) e por sensoriamento remoto (Coli, 1994, 2000). Dados coletados em

campo podem apresentar muitas falhas devido à falta de energia, perda do equipamento, manutenção, entre outras.

Através do clima de ondas é possível estabelecer a profundidade de fechamento e o limite oceânico. A profundidade de fechamento e o limite oceânico são caracterizados em função de mudanças de parâmetros granulométricos e suavização das curvas batimétricas, em direção, à costa na medida em que aumenta a ação das ondas sobre o fundo marinho, além do clima de ondas. A profundidade de fechamento (d_1) (Figura 1) é o limite que separa a zona ativa de transporte de sedimento na faixa litorânea submersa adjacente à praia, da área mais profunda onde ocorre reduzida deposição e erosão durante certo intervalo de tempo (Kraus et al. 1999). O limite oceânico (d_2) corresponde a profundidade onde o transporte sedimentar influenciado pela ação das ondas é quase nulo (Hallermeier 1981, Almeida et al. 1999).

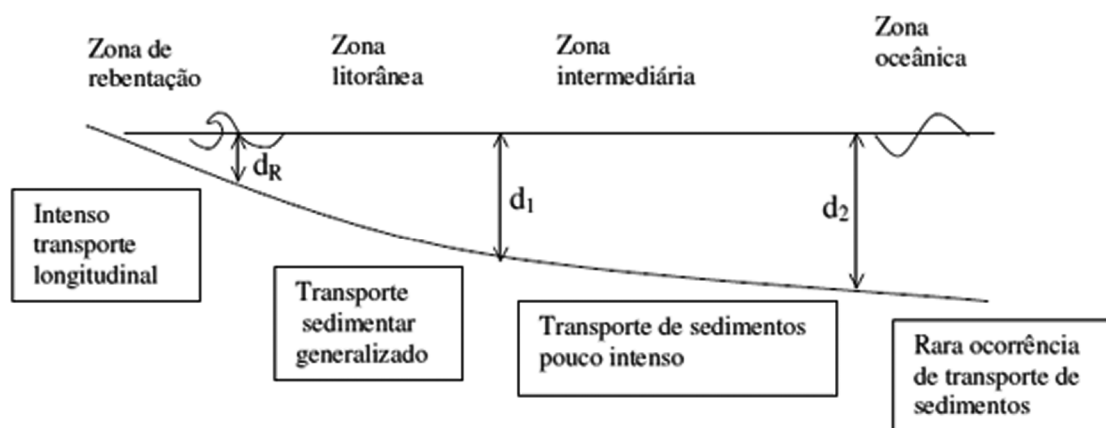


Figura 1. Definição da profundidade de fechamento e do limite oceânico.

Estes limites podem ser estabelecidos através de perfis praias (e.g., Birkemeier, 1985) e também por meio de cálculos empíricos a partir de dados coletados em campo (e.g., Hallermeier, 1981; Almeida et al., 1999). O conhecimento desses limites é de grande importância para a realização de obras costeiras, recuperação e reconstrução de praias e no modelo de transporte de sedimentos.

Neste trabalho foi utilizada uma série de dados de onda do ano de 2007 de Janeiro a Setembro, no litoral norte do Rio Grande do Sul (Figura 2), através de um ondógrafo direcional de bóia (Figura 3), da marca DATAWELL®, fundeado na

proximidade da cidade de Tramandaí, Latitude: $29^{\circ} 59' 58''$ S e Longitude: $50^{\circ} 06' 09''$ W, fixado a 17 m de profundidade.

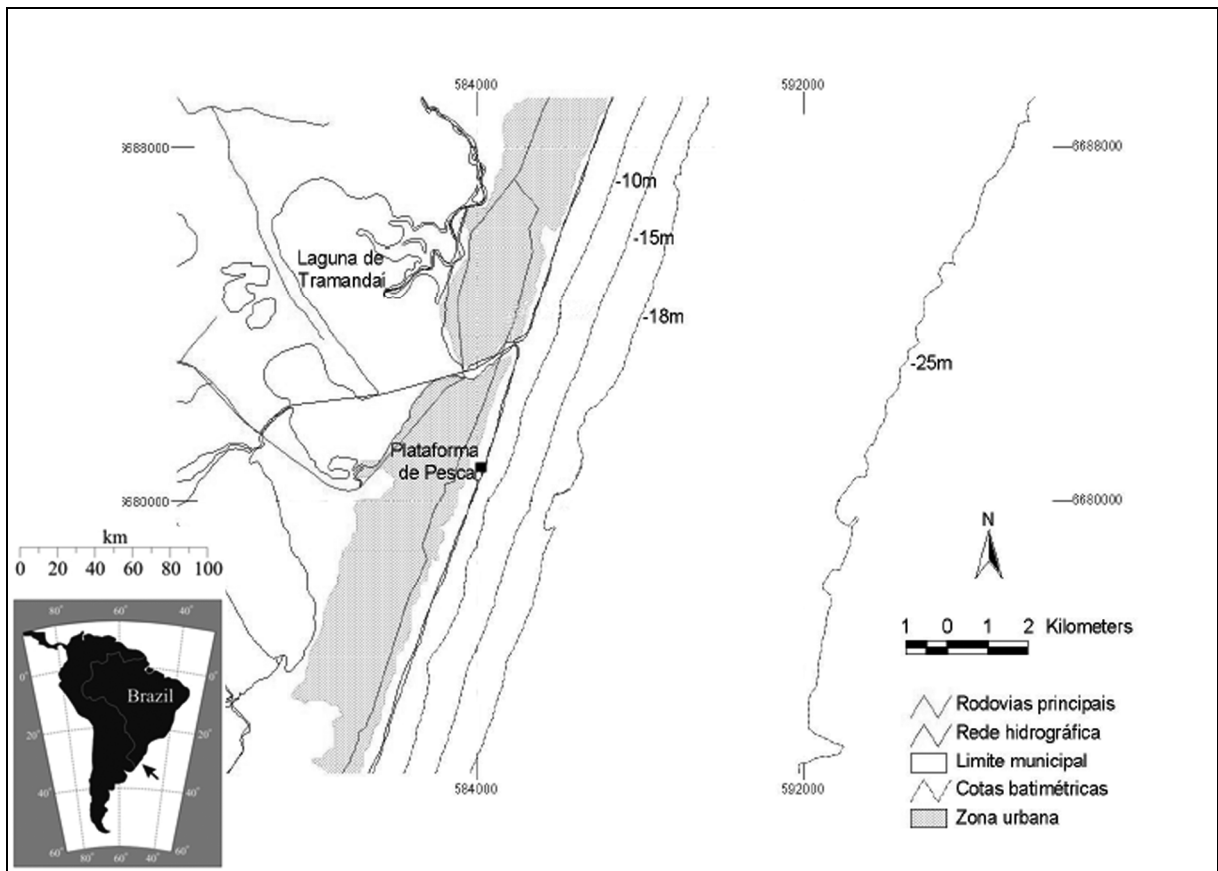


Figura 2. Localização da área de estudo. Modificado de D'Aquino (2004).



Figura 3. Ondógrafo fundeado no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Os objetivos deste trabalho são preencher as falhas de dados do ondógrafo, utilizando dois métodos estatísticos: regressão simples e regressão múltipla e assim constatar qual obteve uma melhor aplicação. E também calcular por meio de equações empíricas a profundidade de fechamento e o limite oceânico empregando-se os dados não preenchidos e os dados preenchidos.

Para as análises estatísticas de regressão simples e múltipla foram utilizados dados disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) através do modelo WAVEWATCH III e também foram utilizados dados de velocidade e direção dos ventos obtidos pela estação meteorológica de Tramandaí.

D'Aquino (2004) preencheu as falhas de dados de ondas do ano de 1996 através de análise de diagramas de ocorrência conjunta entre altura significativa e período de pico. Os diagramas foram feitos mês a mês, e depois um percentual de ocorrência para cada onda foi calculado, seguindo este percentual as lacunas foram

então preenchidas. Observou-se que o padrão das distribuições dos parâmetros de onda se manteve mesmo após o preenchimento dos dados.

Este trabalho foi realizado por meio de fórmulas empíricas empregando-se os dados de ondas não preenchidos e preenchidos por regressão simples e múltipla. Foram escolhidas quatro fórmulas para determinação da profundidade de fechamento e duas para o limite oceânico. Para a profundidade de fechamento foram utilizadas duas fórmulas propostas por Hallermeier (1981), baseada, especialmente em análises de laboratório:

$$d_1 = 2,28H_{s,0,137} - 68,5 \left(\frac{H_{s,0,137}^2}{g\bar{T}_s^2} \right) \quad (1)$$

Onde d_1 é a profundidade de fechamento, $H_{s,0,137}$ é a altura significativa que excedeu 12 horas de mensurações ao longo do ano (0,137%) e T_s o período médio.

$$d_1 = 2\bar{H}_s + 11\sigma \quad (2)$$

Onde H_s é a média anual da altura significativa e σ o desvio padrão.

As outras duas fórmulas foram propostas por Birkemeier (1985) ajustadas através de vários perfis praias:

$$d_1 = 1,75H_{s,0,137} - 57,9 \left(\frac{H_{s,0,137}^2}{g\bar{T}_s^2} \right) \quad (3)$$

$$d_1 = 1,57H_{s,0,137} \quad (4)$$

Para o limite oceânico foi utilizada duas fórmulas proposta por Hallermeier (1981):

$$\sinh\left(\frac{2\pi d_2}{L}\right) = \left(\frac{\pi^2(\bar{H}_s - 0,3\sigma)^2}{8\rho'gD_{50}\bar{T}_s^2}\right)^{0,5} \quad (5)$$

Onde d_2 é o limite oceânico, L o comprimento de onda, D_{50} é o tamanho médio do sedimento (0,2 mm) e ρ' é a densidade do material submerso. ρ' é determinado por:

$$\rho' = \frac{\rho_s - \rho_{as}}{\rho_{as}} \quad (6)$$

Onde ρ_s é a densidade da areia (2650 kg/m³) e ρ_{as} a densidade da água salgada (1026 kg/m³).

$$d_2 = H_s T_s \left(\frac{g}{5000 D_{50}} \right)^{0,5} \quad (7)$$

Cálculos da profundidade de fechamento do perfil, realizados para várias localidades da costa atlântica dos Estados Unidos, tiveram como resultado profundidades entre 5,4 e 7,4 m utilizando estatísticas de ondas baseadas em observações visuais, e entre 4,7 e 7,9 m a partir de altura de ondas medidas por ondógrafos (Hallermeier, 1981).

Almeida et al. (1999) calculou a profundidade de fechamento e o limite oceânico, para o litoral norte do Rio Grande do Sul utilizando dados de onda de 1963 e 1996 obtendo uma variação entre 6,23 e 9,08 m para a profundidade de fechamento e entre 33,24 e 43,67 m para o limite oceânico com os dados de 1963 e uma variação entre 5,46 e 7,61 m para a profundidade de fechamento e para o limite oceânico entre 30,44 e 37,39 m com os dados de 1996. Esses cálculos apresentaram uma diferença de cerca de 40% para a profundidade de fechamento e 20% para o limite oceânico.

Área de Estudo

A província costeira do Rio Grande do Sul é caracterizada por uma extensa planície arenosa litorânea com orientação geral NE-SW ao longo de sua costa, é constituída predominantemente por depósitos arenosos de origem praial, lagunar e eólico (Villwock, 1972). A plataforma continental adjacente é extensa e caracterizada por uma grande regularidade em seus elementos morfológicos, com largura aproximada de 125 km e com gradiente de ordem de 1:1000 (Urien et al. 1973).

A origem dos ventos regionais que afetam a área do Rio Grande do Sul, próxima a latitude de 30° S, estão relacionados, basicamente, com os dois sistemas de altas pressões; o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul (ATAS) e o Anticiclone Polar Migratório (APM). A alternância entre esses dois sistemas acarreta na reinância e dominância dos ventos de nordeste entre os meses de setembro e março e de sudoeste entre abril e agosto (Nimer, 1977). Segundo Tomazelli (1993) que analisou dados de vento entre 1970 e 1982, o vento reinante e dominante provém de nordeste e, embora sobre ao longo de todo o ano, é mais ativo nos meses de primavera e verão.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.E.S.B., ROSAURO, N.M.L., TOLDO JR., E.E., GRUBER, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 13. Belo Horizonte, MG. Anais..., ABRH, 1CD-ROM.

BIRKEMEIER, W.A., 1985. Field Data on Seaward Limit of Profile Change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **11**:598-602.

COLI, A. B., 1994. Análise das alturas de onda ao longo do Rio Grande do Sul: dados históricos e altimétricos. *Trabalho de graduação*, Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 58p.

COLI, A. B., (2000). Estudo do Clima Ondulatório em Rio Grande. *Dissertação de Mestrado*, Curso de Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 76p.

D'AQUINO, C.A. 2004. Calibração e aplicação do modelo numérico Genesis nas praias de Tramandaí e Imbé-RS. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 101 p.

HALLERMEIER, R.J. 1981. A profile Zonation for Seasonal Sand Beach from Wave Climate. *Coastal Engineering*, **4**:253-277.

KRAUS, N.C., LARSON, M., WISE, R.A. 1999. Depth of closure in beach fill design. Proc. 1999 National Conference on Beach Preservation Technology, FSBA, Tallahassee, Florida.

MELO FILHO; ALVES, J. H. G. DE M. 1993. Nota sobre a chegada de ondulações longínquas á costa brasileira. *Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (X ABRH)*, v.5, pp. 362-369, Gramado, RS, Brasil.

MOTTA, V.F. 1963. Relatório – análise e previsão de alturas de onda em Tramandaí. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 30 p.

MOTTA, V.F. 1967. Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura Lagunar de Tramandaí, RS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (Inédito).

STRAUCH, J.C.S. 1996. Estudo do clima ondulatorio em Rio Grande. *Anais do XII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnologia em Engenharia*, Curitiba, PR 51p.

STRAUCH, J.C. 1998. Um Ano de Monitoramento de Ondas em Rio Grande. *XI Semana Nacional de Oceanografia*, Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Oceanografia e suas interfaces, resumos expandidos.

TOMAZELLI, L.J. 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre, 20(1):18-26.

TOZZI, H.A.M E CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da Praia do Cassino. *Pesquisas em Geociências*, 27, pp 29-42.

URIEN, C.M., MARTINS, L.R., BUTLER, L.W. 1973 *Fisiografia da Margem Continental Sul Americana e Unidades Morfo-Estruturais. Séries Mapas*. Instituto de Geociências, UFRGS, n.6.

VILLWOCK, J.A. 1972. Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 133p.

3. CORPO PRINCIPAL

Preenchimento de falhas de dados de ondas e cálculo da profundidade de fechamento para a região de Tramandaí, Rio Grande do Sul.

Heitor Perotto¹ & Luiz Emílio Sá Brito de Almeida²

1 Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91509.900, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail:

heitor_perotto@yahoo.com.br

2 Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15029 CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: luiz.almeida@ufrgs.br

Resumo Este trabalho utilizou-se dados provenientes de um ondógrafo, coletados no ano de 2007 de Janeiro a Setembro na costa do litoral norte do Rio Grande do Sul. Os objetivos são realizar um preenchimento das falhas destes dados com o auxílio de análises estatísticas e calcular a profundidade de fechamento e o limite oceânico deste local utilizando os dados não preenchidos e os dados preenchidos e verificar a variação que ocorre entre estes. Para o preenchimento foi utilizado os métodos de regressão simples e múltipla utilizando dados do modelo WAVEWATCH III, procedentes do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos e da estação meteorológica de Tramandaí. Os resultados obtidos mostraram que a regressão múltipla apresentou um melhor preenchimento segundo os parâmetros estatísticos e que os valores da profundidade de fechamento variaram entre 6,87 e 4,84 m, 6,62 e 4,74 m, 6,74 e 4,82 m para os dados não preenchidos, regressão simples e múltipla respectivamente e entre 30,20 e 24,80 m, 30,57 e 25,39 m, 30,77 e 25,51 m para o limite oceânico.

Palavras-chave: Análises estatísticas, Profundidade de fechamento, Tramandaí.

Abstract *FILL DATA GAPS FOR WAVES AND CALCULATING THE CLOSURE DEPTH FOR THE REGION OF TRAMANDAÍ, RIO GRANDE DO SUL.* This paper used data from a directional waverider obtained in 2007 from January to September in the northern coast of Rio Grande do Sul. The objectives are to conduct a filling the gap of these data with the help of statistical analysis and calculate the closure depth and

seaward limit using data not filled and the data filled and verify the changes that occurs between them. For the filling we used the methods of simple and multiple regression using data from WAVEWATCH III model come from the Center of Weather Forecasting and Climate Studies and the meteorological station of Tramandaí. The results showed that multiple regression analysis showed a better filling according to statistical parameters and the values of the closure depth varied between 6,87 and 4,84 m, 6,62 and 4,74 m, 6,74 and 4,82 m for the data not filled and, simple and multiple regression respectively and between 30,20 and 24,80 m, 30,57 and 25,39 m, 30,77 and 25,51 m for the seaward limit.

Keywords: Statistical analysis, Closure depth, Tramandaí.

3.1. INTRODUÇÃO

Os processos erosivos são causados pela redução no aporte sedimentar provocada por diferentes fatores: exaustão das fontes de fornecimento e geração, retenção de sedimentos por obras de engenharia, readaptação do perfil de equilíbrio a uma elevação do nível do mar ou a uma modificação do clima de ondas (Muehe, 2004). As ondas são uma das fontes energéticas mais importantes para a modelagem da geometria das costas em todo o mundo e constituem-se uma ameaça às obras costeiras e operações em mar aberto. Deste modo, conhecer o clima de ondas é de vital importância para a realização de obras costeiras, recuperação e reconstrução de praias, bem como o conhecimento da profundidade de fechamento e do limite oceânico (que separa a zona de transporte ativo de sedimentos da zona mais profunda onde ocorre baixa taxa de sedimentação e erosão) (Wang & Davis Jr., 1999). Dados de campo relacionados ao clima de ondas são escassos na costa brasileira e, além disso, os dados que existem são incompletos. As falhas presentes nestes dados ocorrem por diversos fatores como: falta de energia no local onde os dados são armazenados, perda do equipamento, mau funcionamento entre outras. Com o intuito de um melhor aproveitamento desses dados realizou-se através de análises estatísticas um preenchimento das lacunas encontradas nestes dados. Com estes dados foi calculada a profundidade de fechamento e o limite oceânico para a região de Tramandaí no litoral norte do Rio Grande do Sul.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. Dados de ondas

Foi utilizada uma série de dados de onda do ano de 2007 de Janeiro a Setembro, no litoral norte do Rio Grande do Sul, através de um ondógrafo direcional de bóia, da marca DATAWELL®, fundeado na proximidade da cidade de Tramandaí, Latitude: 29° 59' 58'' S e Longitude: 50° 06' 09'' W, fixado a 17 m de profundidade (Fig. 1). Dados disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) através do modelo WAVEWATCH III foram utilizados para o cálculo das análises estatísticas e preenchimento das falhas dos dados do ondógrafo. Para o preenchimento também foram utilizados dados de velocidade e direção dos ventos obtidos pela estação meteorológica de Tramandaí.

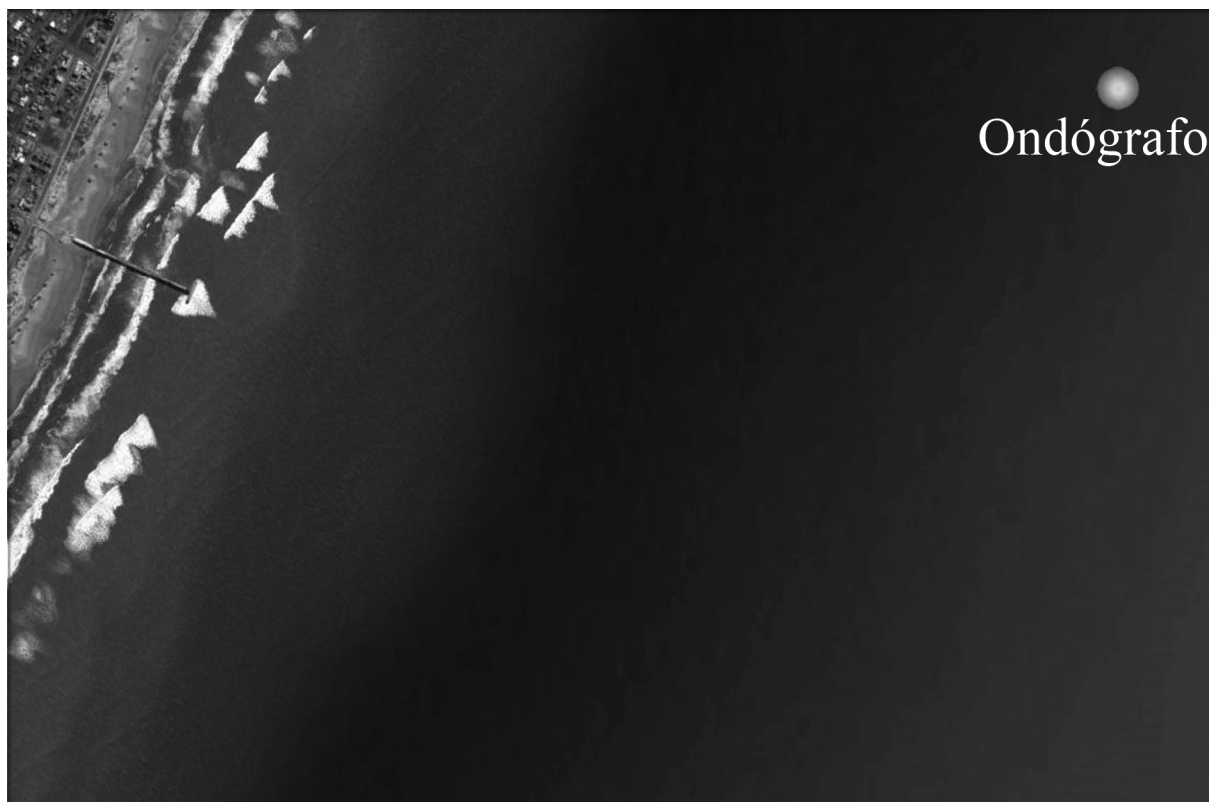


Figura 4. Localização do fundeio do ondógrafo no litoral norte do Rio Grande do Sul.
Análises estatísticas

Para o preenchimento das falhas presentes nos dados provenientes do ondógrafo foram utilizados dois métodos estatísticos: regressão simples e regressão múltipla. Para a regressão simples foram utilizados dados de altura significativa, período e direção do ondógrafo e altura significativa, período e direção prevista pelo modelo. Para a regressão múltipla, além destes dados foram utilizados dados de

velocidade média e direção média dos ventos coletados na estação meteorológica de Tramandaí. A partir destas análises foram obtidos alguns parâmetros estatísticos para verificar qual dos métodos alcançou a melhor resposta para o preenchimento das falhas. Foi calculado a média, o desvio padrão, o erro médio quadrático (RMSE) definido como a raiz quadrada da diferença entre o valor real e a estimativa elevada ao quadrado, o coeficiente de determinação múltipla (R^2), coeficiente de determinação ajustado que leva em consideração o número de variáveis e tamanho amostral, o valor P que é uma medida de significância global e a distribuição de F para cada mês. Em todas as análises estatísticas foi utilizado um nível de significância (α) de 0,05.

3.2.2. Profundidade de fechamento

A profundidade de fechamento (d_1) é o limite que separa a zona ativa de transporte de sedimento na faixa litorânea submersa adjacente à praia, da área mais profunda onde ocorre reduzida deposição e erosão durante certo intervalo de tempo (Kraus et al. 1999). O limite oceânico (d_2) corresponde a profundidade onde o transporte sedimentar influenciado pela ação das ondas é quase nulo (Hallermeier 1981, Almeida et al. 1999). A profundidade de fechamento pode ser apurada de duas maneiras, através de medições realizadas em campo por meio de perfis praias de séries temporais (Birkemeier, 1985) e utilizando-se fórmulas empíricas a partir de dados coletados em campo (Hallermeier, 1981). Este trabalho foi realizado por meio de fórmulas empíricas empregando-se os dados de ondas não preenchidos e preenchidos por regressão simples e múltipla. Foram escolhidas quatro fórmulas para determinação da profundidade de fechamento e duas para o limite oceânico. Para a profundidade de fechamento foram utilizadas duas fórmulas propostas por Hallermeier (1981), baseada, especialmente em análises de laboratório:

$$d_1 = 2,28H_{s,0,137} - 68,5 \left(\frac{H_{s,0,137}^2}{gT_s^2} \right) \quad (1)$$

Onde d_1 é a profundidade de fechamento, $H_{s,0,137}$ é a altura significativa que excedeu 12 horas de mensurações ao longo do ano (0,137%) e T_s o período médio.

$$d_1 = 2H_s + 11\sigma \quad (2)$$

Onde H_s é a média anual da altura significativa e σ o desvio padrão.

As outras duas fórmulas foram propostas por Birkemeier (1985) ajustadas através de vários perfis praias:

$$d_1 = 1,75H_{s\ 0,137} - 57,9 \left(\frac{H_{s\ 0,137}^2}{g\bar{T}_s^2} \right) \quad (3)$$

$$d_1 = 1,57H_{s\ 0,137} \quad (4)$$

Para o limite oceânico foi utilizada duas fórmulas proposta por Hallermeier (1981):

$$\sinh\left(\frac{2\pi d_2}{L}\right) = \left(\frac{\pi^2(\bar{H}_s - 0,3\sigma)^2}{8\rho'gD_{50}\bar{T}_s^2}\right)^{0,5} \quad (5)$$

Onde d_2 é o limite oceânico, L o comprimento de onda, D_{50} é o tamanho médio do sedimento (0,2 mm) e ρ' é a densidade do material submerso. ρ' é determinado por:

$$\rho' = \frac{\rho_s - \rho_{as}}{\rho_{as}} \quad (6)$$

Onde ρ_s é a densidade da areia (2650 kg/m³) e ρ_{as} a densidade da água salgada (1026 kg/m³).

$$d_2 = \bar{H}_s\bar{T}_s \left(\frac{g}{5000D_{50}} \right)^{0,5} \quad (7)$$

3.3. RESULTADOS

Os resultados obtidos serão discutidos nos subitens abaixo:

3.3.1. Média e desvio padrão

Foram calculadas a média e o desvio padrão (σ) da altura significativa, período e direção dos dados não preenchidos e preenchidos com regressão simples e múltipla para todos os meses (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Valores de média e desvio padrão para os dados não preenchidos.

	Dados não preenchidos					
	Altura Significativa		Período		Direção	
	Média	σ	Média	σ	Média	σ
Janeiro	1,30	0,37	7,22	1,06	125,34	36,50
Fevereiro	1,25	0,31	6,74	0,93	114,41	28,06
Março	1,33	0,49	7,01	1,00	117,61	30,55
Abril	1,23	0,37	7,05	1,52	132,33	31,10
Maió	1,22	0,37	8,04	1,36	136,72	30,69
Junho	1,02	0,25	8,54	1,75	130,68	36,56
Julho	1,42	0,45	9,84	1,76	133,19	44,22
Agosto	1,33	0,43	7,71	1,29	143,58	42,99
Setembro	1,47	0,33	7,51	0,89	111,11	29,00

Tabela 2. Valores de média e desvio padrão para a regressão simples.

	Regressão Simples					
	Altura Significativa		Período		Direção	
	Média	σ	Média	σ	Média	σ
Janeiro	1,28	0,33	7,06	0,95	124,00	31,10
Fevereiro	1,24	0,30	6,72	0,80	116,29	26,48
Março	1,28	0,45	7,08	0,84	118,77	25,40
Abril	1,18	0,36	7,16	1,47	130,54	29,01
Maió	1,24	0,36	8,10	1,30	136,95	28,86
Junho	1,03	0,21	8,55	1,56	133,91	32,11
Julho	1,38	0,40	9,41	1,44	122,05	44,57
Agosto	1,34	0,41	7,76	1,22	141,49	40,92
Setembro	1,42	0,32	7,42	0,83	119,93	31,16

Tabela 3. Valores de média e desvio padrão para a regressão múltipla.

	Regressão Múltipla					
	Altura Significativa		Período		Direção	
	Média	σ	Média	σ	Média	σ
Janeiro	1,29	0,33	7,06	0,98	124,18	31,29
Fevereiro	1,24	0,30	6,78	0,84	115,89	26,52
Março	1,29	0,45	7,09	0,84	119,03	25,44
Abril	1,20	0,38	7,09	1,48	132,14	30,67
Maió	1,23	0,36	8,11	1,29	137,02	28,85
Junho	1,03	0,21	8,57	1,56	134,90	32,04
Julho	1,37	0,46	9,46	1,59	132,72	41,37
Agosto	1,34	0,41	7,76	1,21	141,45	41,11
Setembro	1,44	0,31	7,45	0,83	120,03	31,28

R ²	0,56	0,74	0,75	0,78	0,55	0,23	0,58	0,49	0,57
R ² ajus	0,55	0,73	0,74	0,77	0,55	0,21	0,53	0,48	0,56
Período									
RMSE	0,83	0,73	0,80	0,82	1,17	1,21	1,25	0,92	0,59
F	26,92	22,08	23,13	120,75	19,71	43,97	10,49	51,88	48,29
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R	0,40	0,41	0,38	0,72	0,27	0,53	0,55	0,50	0,57
R ² ajus	0,38	0,39	0,36	0,71	0,26	0,52	0,50	0,49	0,56
Direção									
RMSE	32,12	24,53	24,16	20,99	25,07	30,18	25,23	36,61	27,07
F	13,23	11,18	24,68	59,61	27,44	19,72	20,67	21,26	6,53
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R	0,24	0,26	0,39	0,55	0,35	0,34	0,71	0,29	0,15
R ² ajus	0,23	0,24	0,37	0,54	0,33	0,32	0,67	0,27	0,13

Os maiores valores de R² ajustado para os dados de altura significativa, tanto para a regressão simples quanto para a regressão múltipla, foram encontrados nos meses de fevereiro, março e abril e o menor para junho. Este pequeno valor provavelmente está relacionado com a pouca quantidade de dados que foram coletados neste mês. Para os dados de período os maiores valores encontrados no mês de abril para a regressão simples e múltipla e os menores em fevereiro e maio para a regressão simples e em maio para a regressão múltipla. Nos dados de direção o maior valor é para o mês de abril e o menor para o mês de setembro na regressão simples, para a regressão múltipla os maiores valores foram observados no mês de julho e os menores nos meses de janeiro e fevereiro. Os valores encontrados para o RMSE que indica a intensidade do erro dos dados do modelo em relação aos dados medidos mostraram que, tanto para a regressão simples quanto para a regressão múltipla, os maiores erros para a altura significativa foram encontrados nos meses de julho e agosto e os menores nos meses de fevereiro e abril. Com relação ao período os maiores erros aconteceram nos meses de junho e julho e o menor em setembro para as duas regressões. Para a direção os maiores erros foram localizados nos meses de julho e agosto para a regressão simples e nos meses de janeiro e agosto para a regressão múltipla e o menor em abril para ambas as regressões.

As figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 mostram os histogramas de frequência relativa (ocorrência) das alturas significativas, períodos e direções para os dados não preenchidos e para os preenchidos pelos métodos de regressão simples e múltipla.

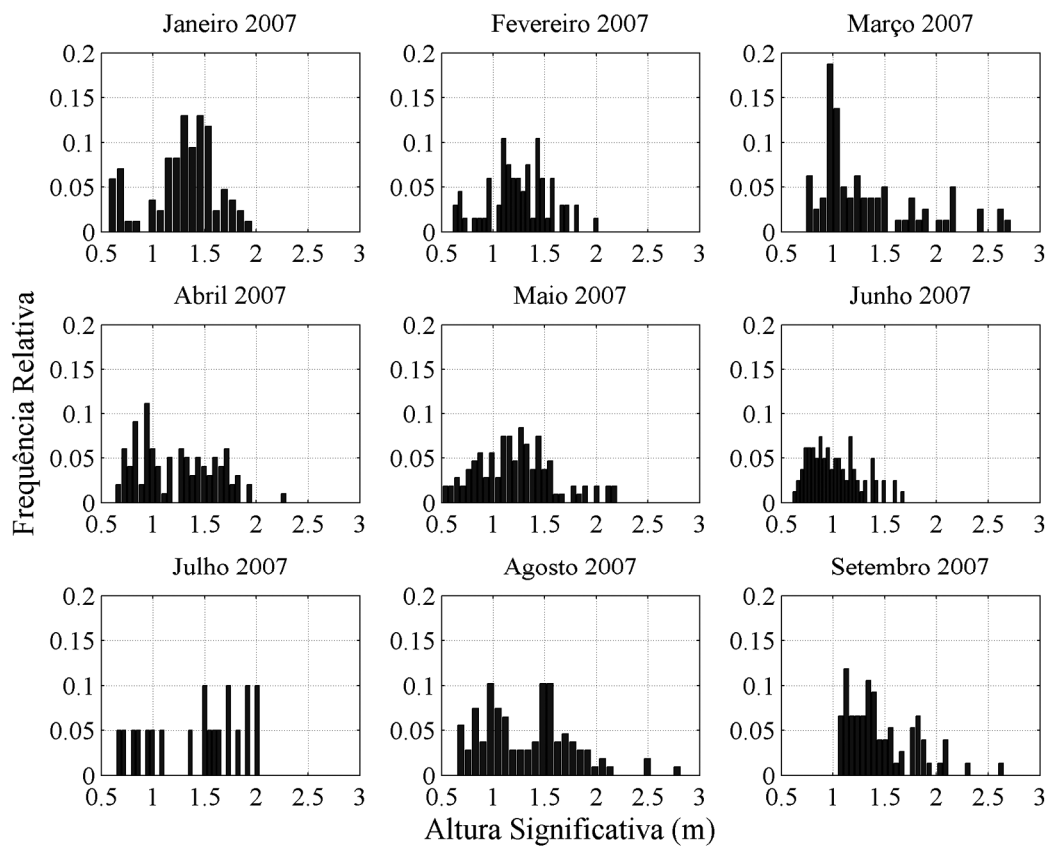


Figura 5. Histogramas de altura significativa para os dados não preenchidos.

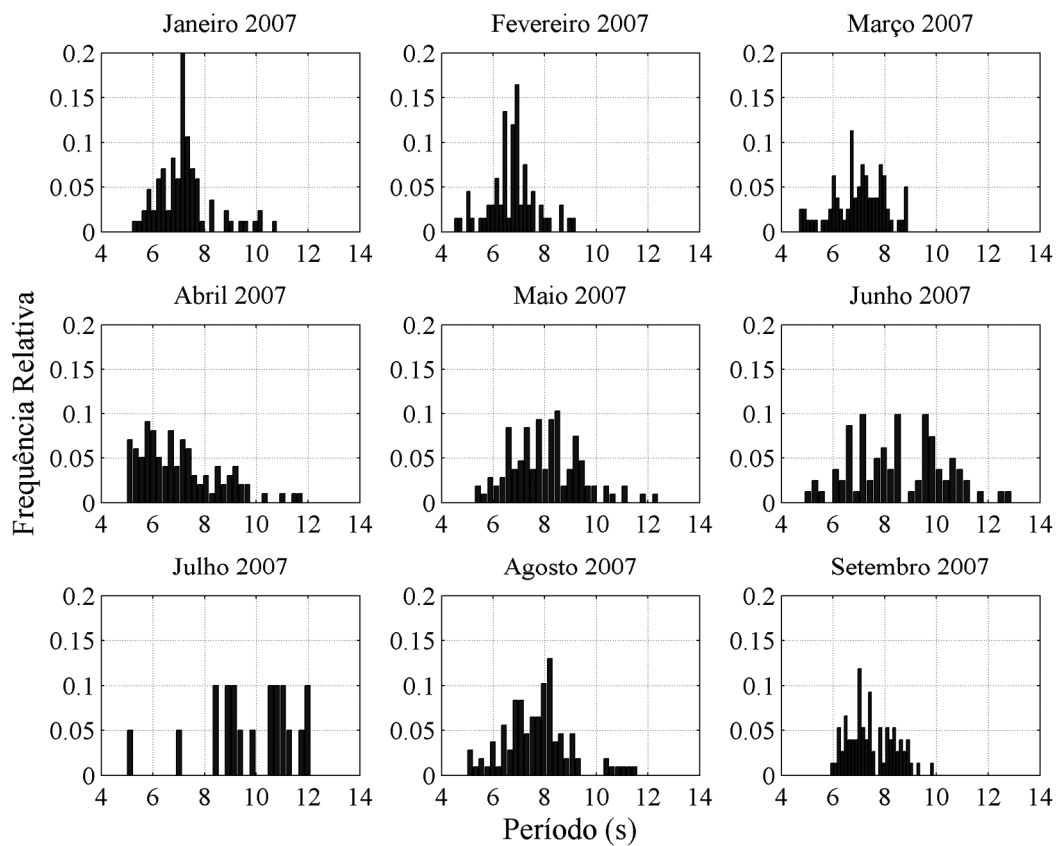


Figura 6. Histogramas do período para os dados não preenchidos.

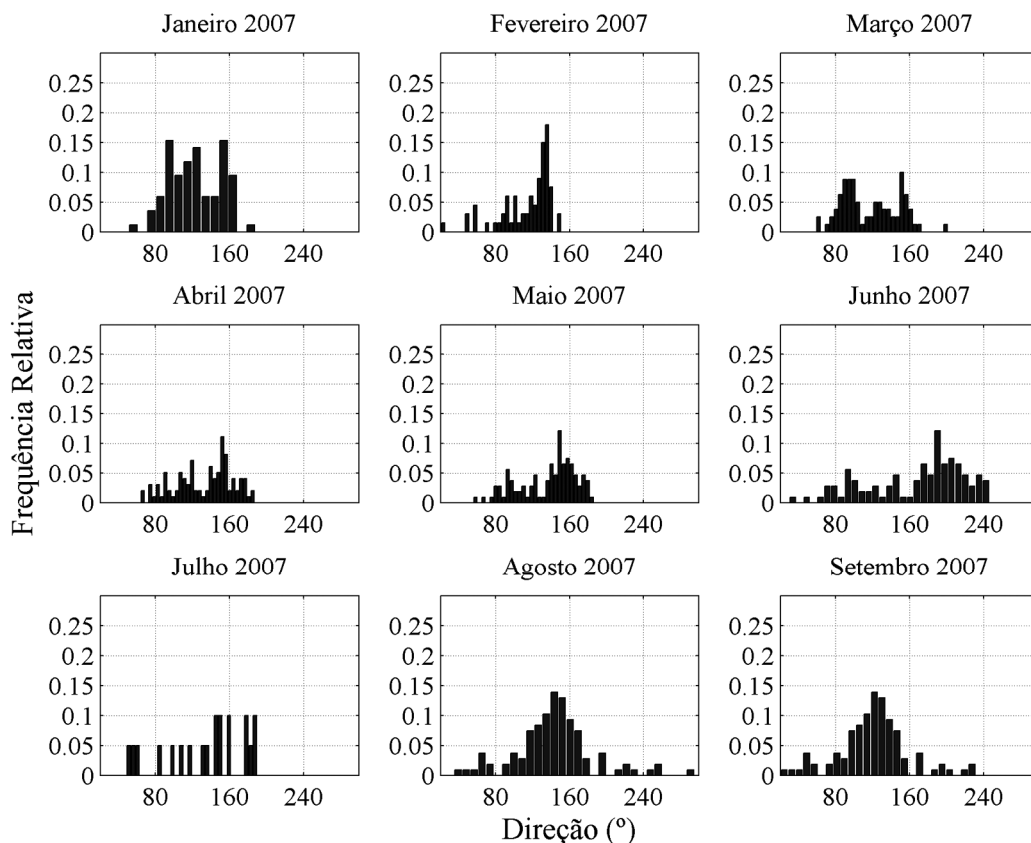


Figura 7. Histogramas de direção para os dados não preenchidos.

Foi observado que o padrão de distribuição dos dados de onda permaneceu o mesmo para os dados não preenchidos e para os dados preenchidos, com exceção do mês de julho, pois este possui poucos dados. Nos histogramas não preenchidos as alturas significativas (Fig. 2) com maior frequência de ocorrência encontradas para janeiro são de 1,30 e 1,46 m, 1,10 e 1,43 m para fevereiro, 0,97 m para março, 0,94 m para abril, 1,27 m para maio, 0,88 e 1,16 m para junho, 1,5, 1,73, 1,91 e 2 m para julho, 0,97, 1,48 e 1,55 m para agosto e 1,13 para setembro. Com relação ao período (Fig. 3) as maiores frequências foram de: 7 s para janeiro e fevereiro, 6,7 s para março, 5,8 s para abril, 8,5 s para maio, 7 s, 8,5 s e 9,5 s para junho, em torno de 9 e 11 s para julho, 8,2 s para agosto e 7 s para setembro. Para a direção (Fig. 4) as maiores frequências de ocorrências foram de: 95 e 153 graus para janeiro, 135 graus para fevereiro, 151 graus para março, 152 graus para abril, 149 graus para maio, 160 graus para junho, em torno de 145 e 160 graus para julho, 143 graus para agosto e 105 graus para setembro.

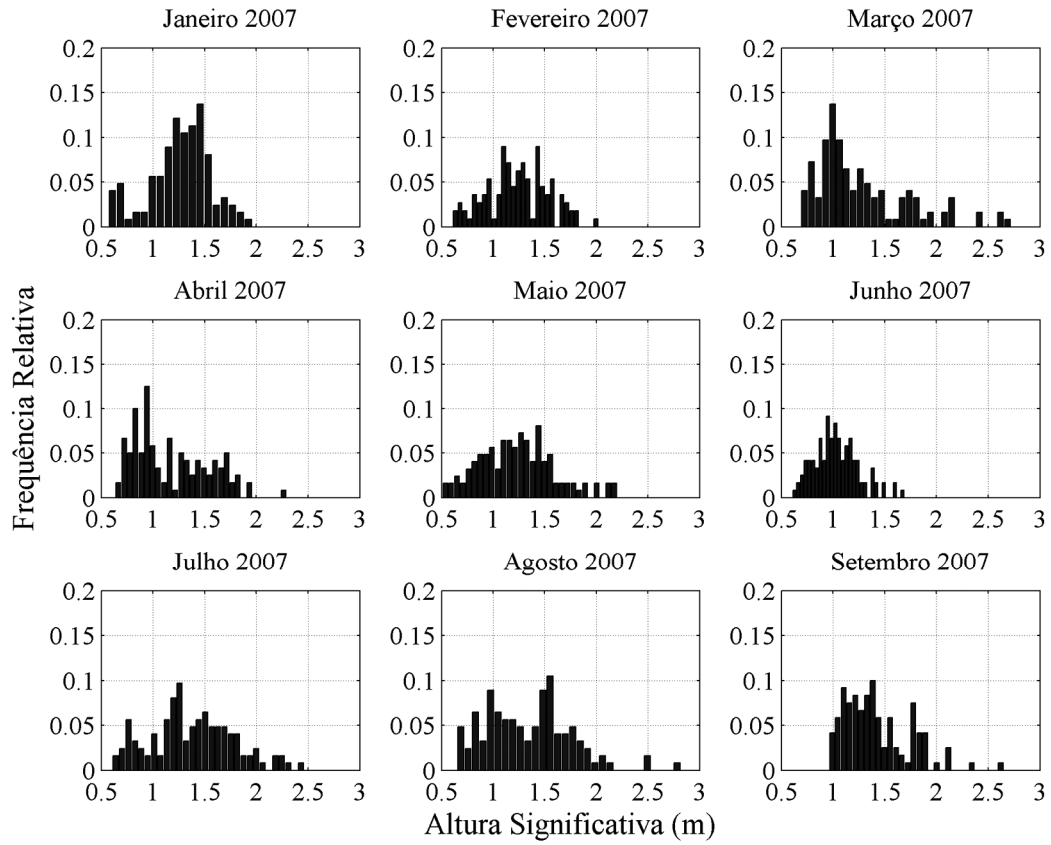


Figura 8. Histogramas de altura significativa para a regressão simples.

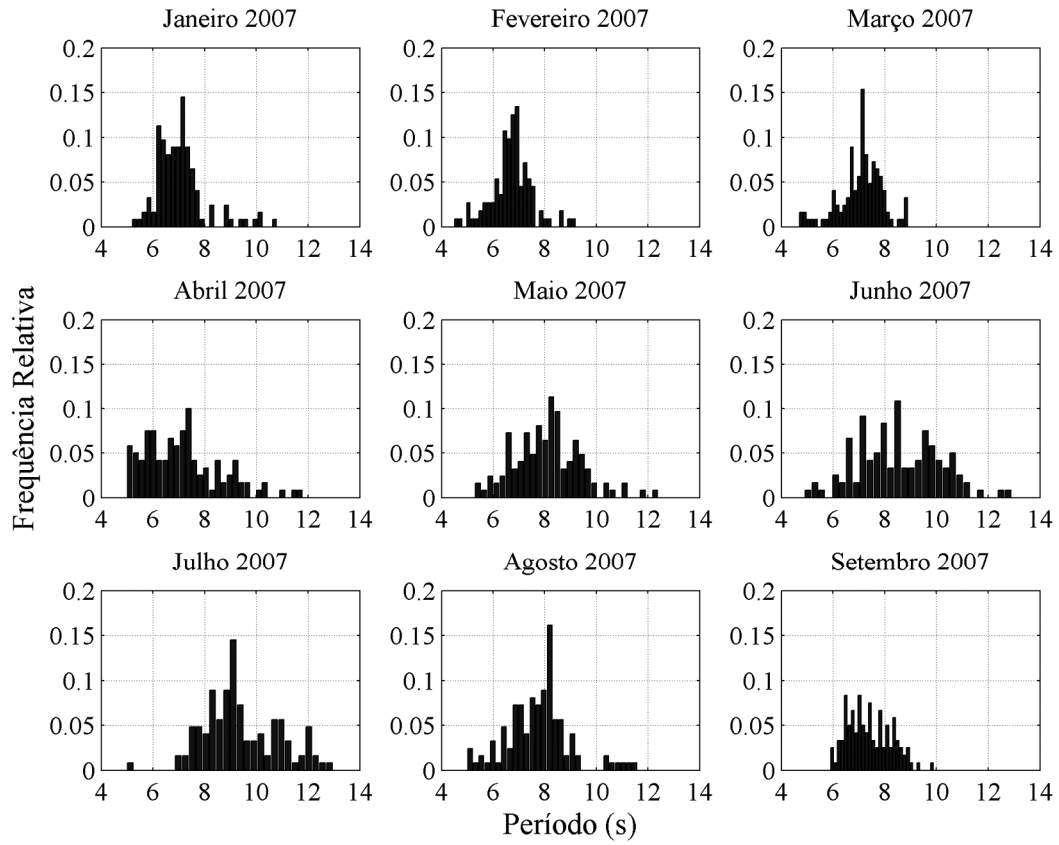


Figura 9. Histogramas de período para a regressão simples.

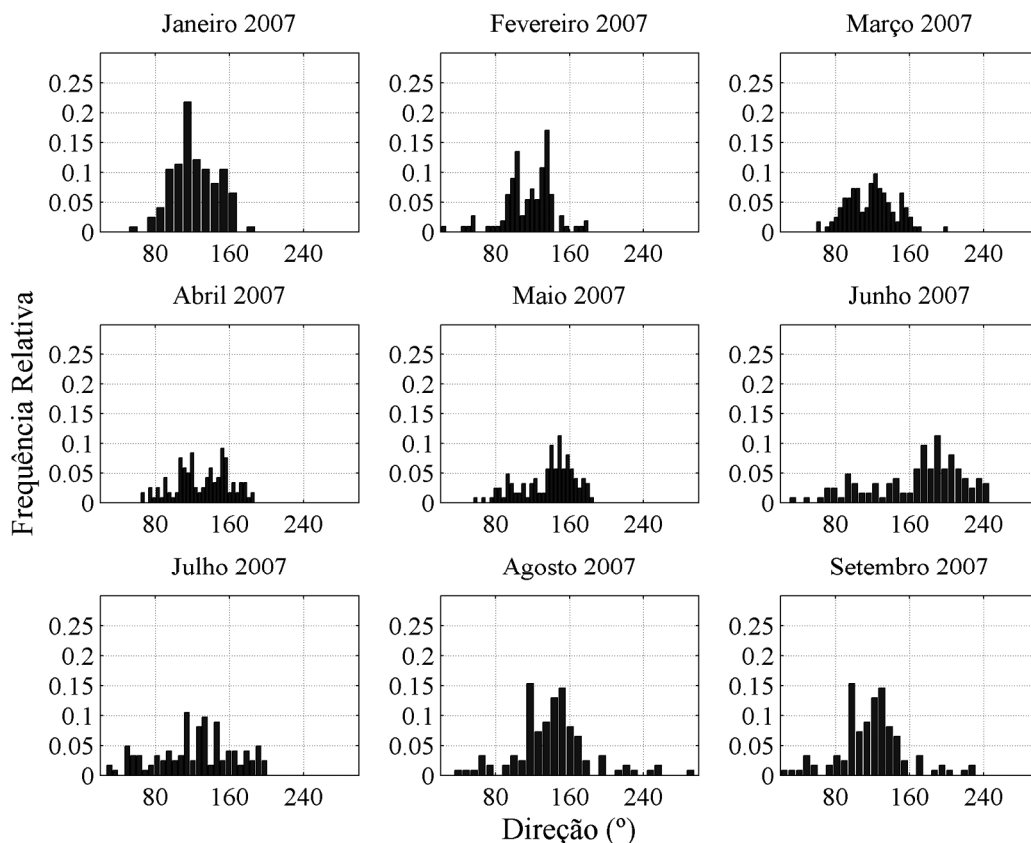


Figura 10. Histogramas de direção para a regressão simples.

Para os dados preenchidos com a análise de regressão simples as maiores frequências para a altura significativa (Fig. 5) foram de: 1,45 m para janeiro, 1,10 m e 1,43 m para fevereiro, 1 m para março, 0,94 m para abril, 1,44 m para maio, 0,95 m para junho, 1,25 m para julho, 1,55 m para agosto e 1,38 m para setembro. Em relação ao período (Fig. 6) as maiores frequências foram de: 7 s para janeiro, fevereiro e março, 7,38 s para abril, 8,25 s para maio, 8,5 para junho, 9 s para julho, 8,2 s para agosto e 6,5 e 7 s para setembro. Para a direção (Fig. 7) os picos de frequência foram de: 114 graus para janeiro, 135 graus para fevereiro, 123 graus para março, 152 graus para abril, 149 graus para maio, 145 graus para junho, 114 graus para julho, 152 graus para agosto e 105 graus para setembro.

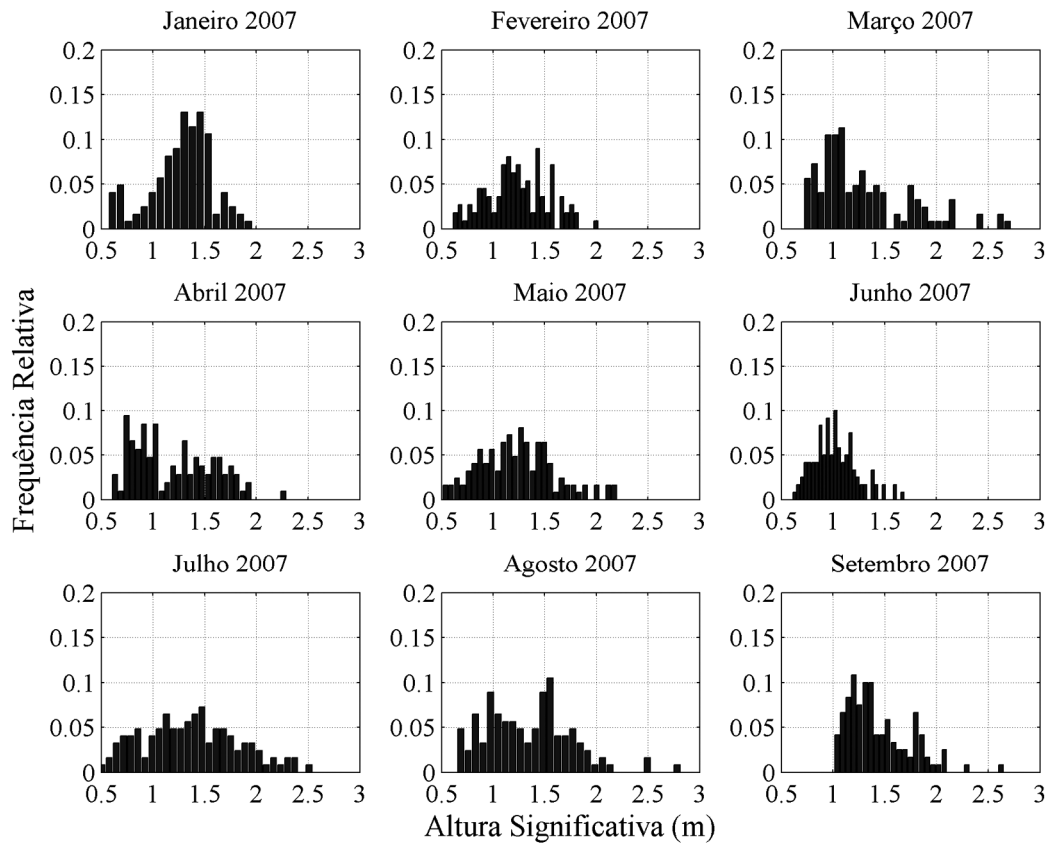


Figura 11. Histogramas de altura significativa para a regressão múltipla.

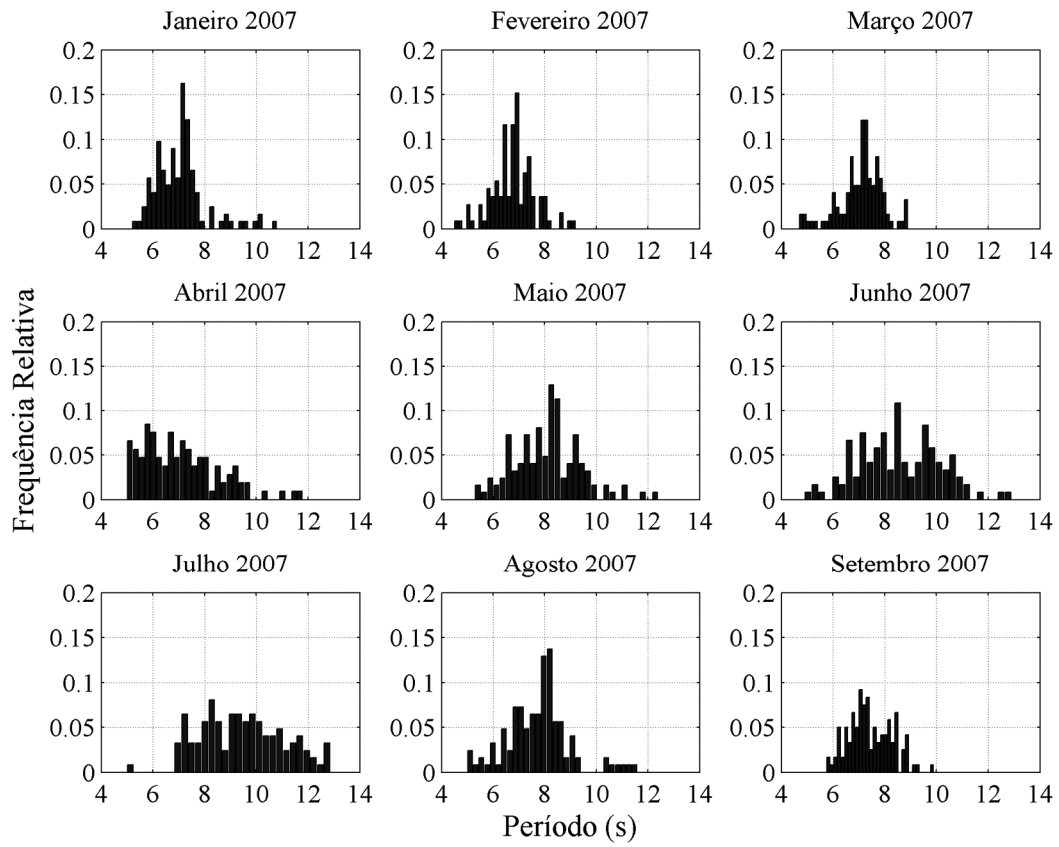


Figura 12. Histogramas de período para a regressão múltipla.

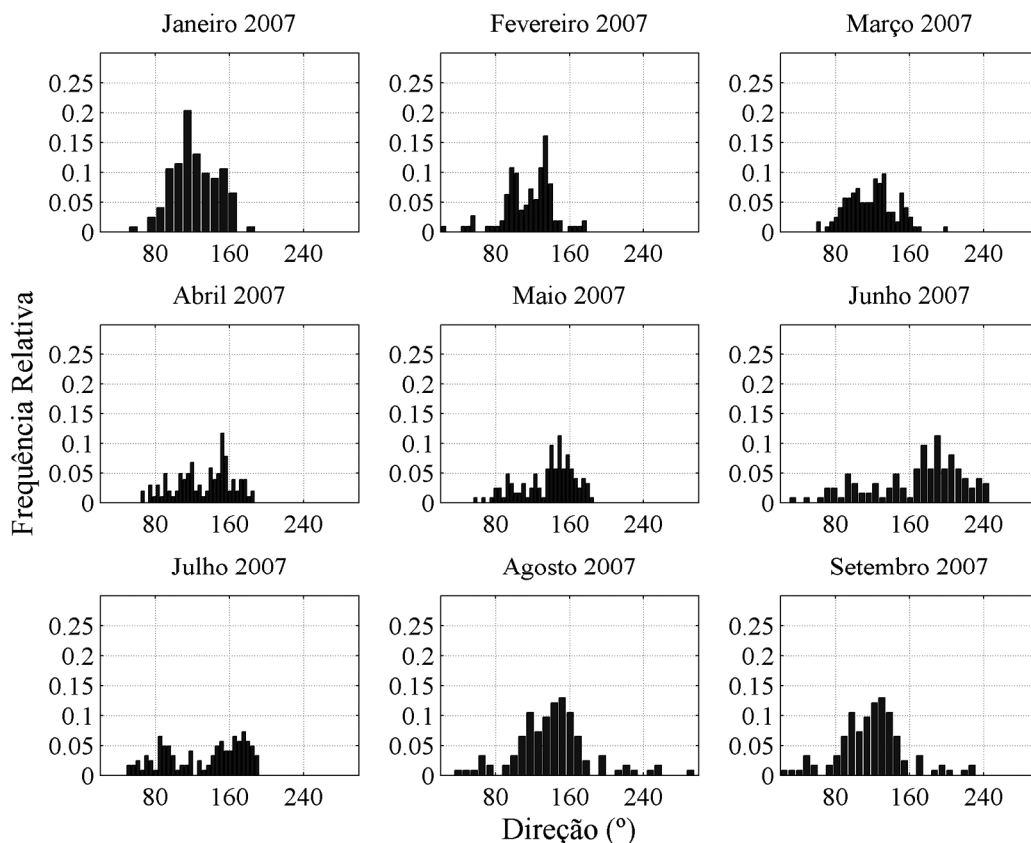


Figura 13. Histogramas de direção para a regressão múltipla.

Para os dados preenchidos com a análise de regressão múltipla as maiores frequências para a altura significativa (Fig. 8) foram de: 1,3 e 1,45 m para janeiro, 1,43 m para fevereiro, 1,08 m para março, 0,75 m para abril, 1,27 m para maio, 1,02 m para junho, 1,47 m para julho, 1,55 m para agosto e 1,2 m para setembro. Em relação ao período (Fig. 9) as maiores frequências foram de: 7 s para janeiro, fevereiro e março, 5,8 s para abril, 8,25 s para maio, 8,5 s para junho, 8,3 s para julho, 8,2 s para agosto e 7 s para setembro. Para a direção (Fig. 10) os picos de frequência foram de: 114 graus para janeiro, 134 graus para fevereiro, 132 graus para março, 152 graus para abril, 149 graus para maio, 153 graus para junho, 175 graus para julho, 152 graus para agosto e 105 graus para setembro.

Observou-se que as maiores frequências para os dados totais sem preenchimento (Fig. 11) foram 1,1 m de altura significativa, 7 s de período e 155 graus de direção. D'Aquino (2004), com dados obtidos de um ondógrafo direcional do ano de 1996, verificou as maiores frequências de 1,2 m, 8 e 12 s e 150 graus para altura significativa, período e direção respectivamente, também para a região de Tramandaí.

Para os dados totais preenchidos com regressão simples (Fig. 12) as maiores frequências foram 1,1 m de altura significativa, 7 s de período e 114 graus de direção e para os dados totais preenchidos com regressão múltipla (Fig. 13) as maiores frequências foram de 1 e 1,15 m de altura significativa, 7 s para o período e 155 graus de direção.

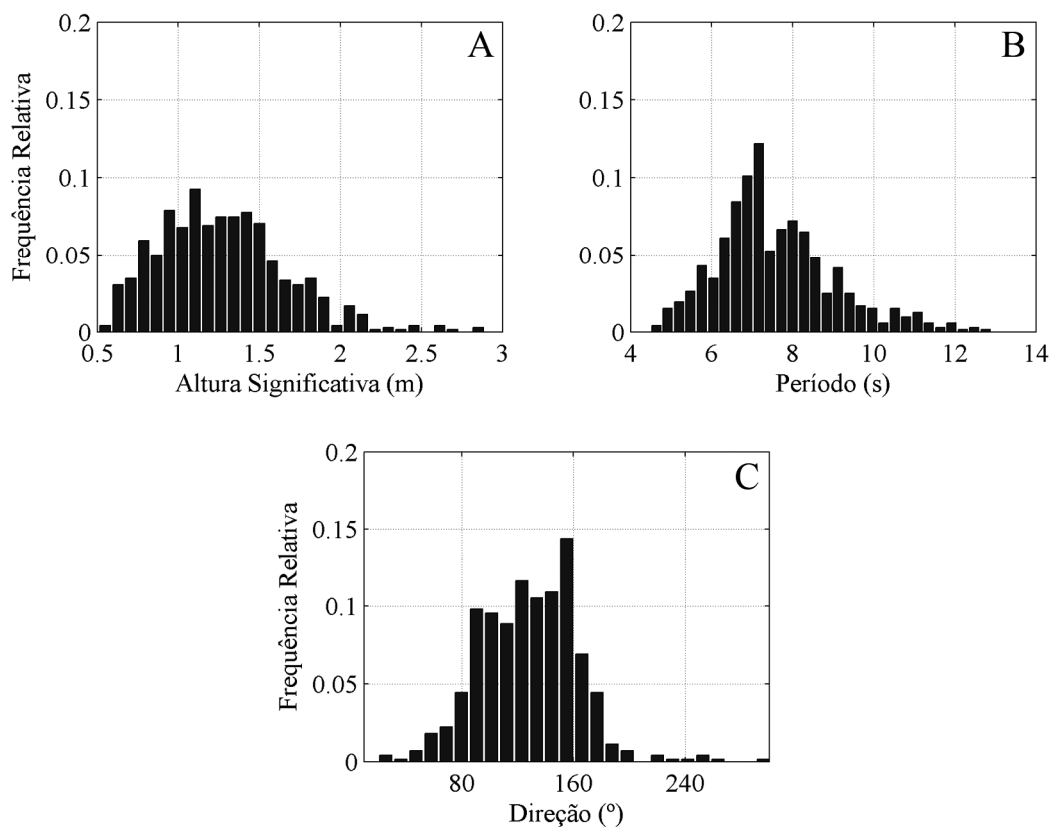


Figura 14. Histogramas anuais para os dados não preenchidos de altura significativa (a), período (b) e direção (c).

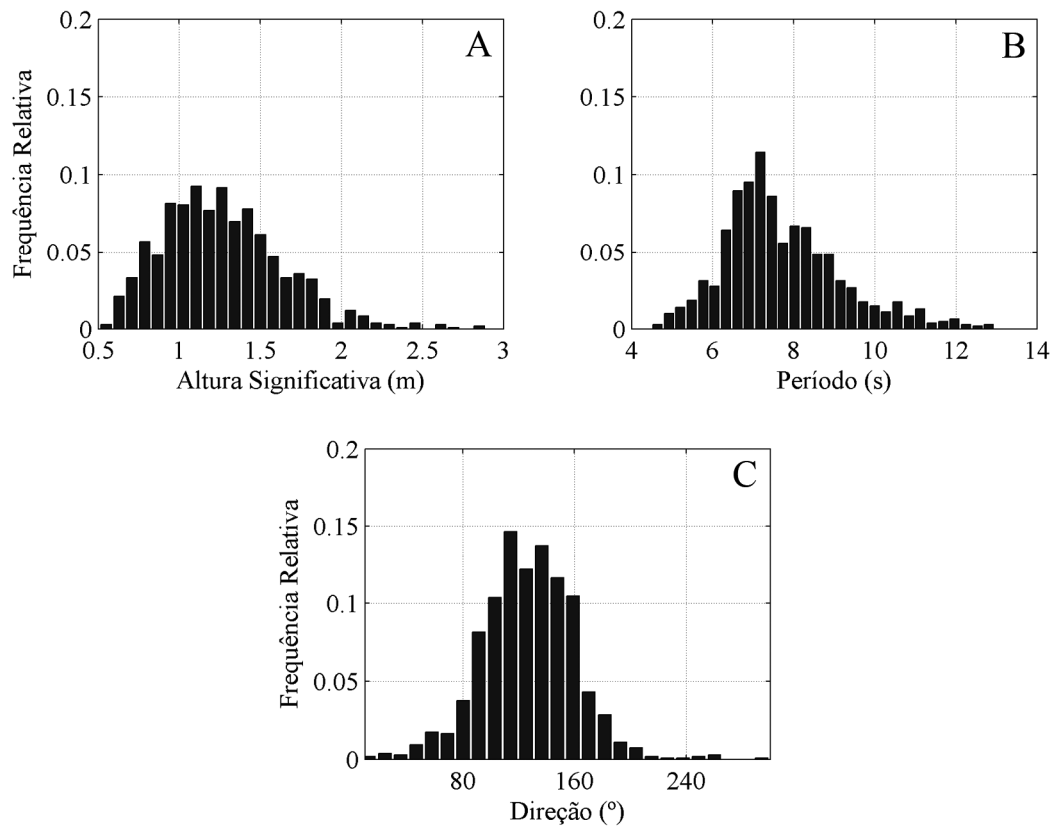


Figura 15. Histogramas anuais para a regressão simples de altura significativa (a), período (b) e direção (c).

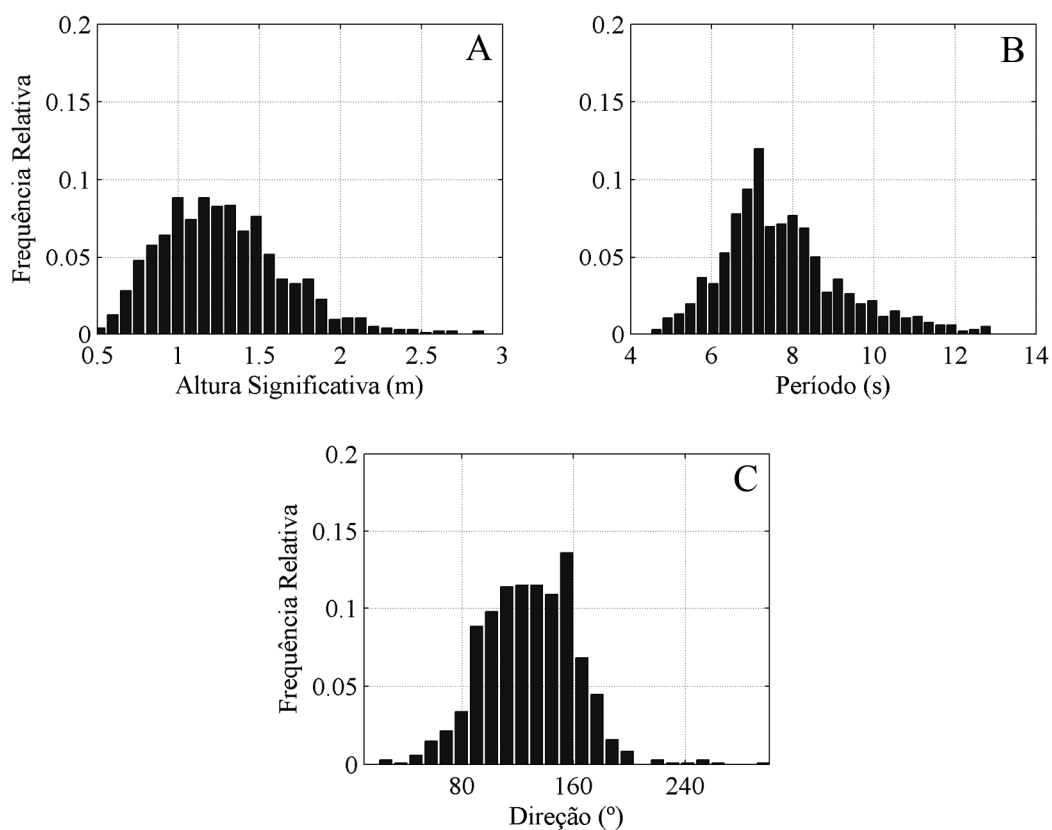


Figura 16. Histogramas anuais para a regressão múltipla de altura significativa (a), período (b) e direção (c).

3.3.3. Profundidade de fechamento

A Tabela 6 apresenta os resultados para a profundidade de fechamento e limite oceânico para as equações descritas anteriormente.

Tabela 6. Valores da profundidade de fechamento e limite oceânico.

Dados não preenchidos								
Média (Hs)	Média (T)	σ (Hs)	Equação (1)	Equação (2)	Equação (3)	Equação (4)	Equação (5)	Equação (7)
(m)	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1,27	7,58	0,39	6,45	6,87	4,84	5,46	24,80	30,20
Regressão Simples								
Média (Hs)	Média (T)	σ (Hs)	Equação (1)	Equação (2)	Equação (3)	Equação (4)	Equação (5)	Equação (7)
(m)	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1,27	7,71	0,37	6,31	6,62	4,74	5,25	25,39	30,57
Regressão Múltipla								
Média (Hs)	Média (T)	σ (Hs)	Equação (1)	Equação (2)	Equação (3)	Equação (4)	Equação (5)	Equação (7)
(m)	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1,27	7,73	0,38	6,41	6,74	4,82	5,35	25,51	30,77

De acordo com os resultados da Tabela 6 a maior profundidade de fechamento obtida foi de 6,87 m com a equação (2) utilizando-se os dados não preenchidos e a menor foi de 4,74 m com a equação (3) usando os dados de regressão simples. E a maior profundidade para o limite oceânico foi de 30,77 m com a equação (7) utilizando-se os dados de regressão múltipla e a menor foi de 24,80 m com a equação (5) empregando-se os dados de não preenchidos.

3.4. DISCUSSÃO

3.4.1. Análises estatísticas

Nas duas análises verificou-se que quanto maior o valor de F menor será o valor de P e que todos os valores de P se mostraram significativos. Comparando-se as duas análises de regressão e seus parâmetros estatísticos verificou-se que o valor de R^2 ajustado foi maior na análise de regressão múltipla em praticamente todos os meses. A maioria dos valores do erro quadrático (RMSE) foi menor na regressão múltipla.

3.4.2. Histogramas

Na observação dos histogramas foi verificada para a altura significativa que a frequência máxima da regressão simples e múltipla, nos meses de março e setembro foram maiores comparadas com a frequência dos dados não preenchidos. No mês de abril a frequência máxima da regressão múltipla foi menor em relação aos dados não preenchidos e no mês de maio a frequência máxima da regressão simples foi maior do que a frequência máxima dos dados não preenchidos. Para o período as frequências máximas da regressão simples e múltipla dos meses de março e maio foram maiores confrontadas com a frequência dos dados não preenchidos. Para abril a frequência máxima da regressão múltipla foi maior do que a dos dados preenchidos e no mês de julho a da regressão múltipla foi menor comparada com a dos dados não preenchidos. Para a direção dos meses de março e junho a frequência máxima da regressão simples e múltipla foi menor em relação a dos dados não preenchidos, para julho a frequência máxima da regressão simples foi menor do que a dos dados não preenchidos, enquanto que a frequência máxima da regressão múltipla foi maior e para o mês de agosto a frequência máxima da regressão simples e múltipla foi maior comparadas com a dos

dados não preenchidos. Nos demais meses para altura significativa, período e direção as frequências máximas não se alteraram.

O padrão de distribuição dos dados de manteve o mesmo para os três casos envolvendo a altura significativa e o período, já com relação à direção o padrão se manteve somente em relação aos dados não preenchidos e os dados preenchidos com a regressão múltipla e sofrendo alteração para a regressão simples. Ocorreu uma diminuição em torno de 5% na frequência de ocorrência das ondas com direção entre 150 a 160 graus e um aumento em torno de 5% na ondas com direção entre 100 e 120 graus para os dados preenchidos com regressão simples em comparação com os dados não preenchidos. Verificou-se a maior ocorrência das ondas de sudeste e menor ocorrência das ondas de leste, não há ocorrência significativa de ondas de nordeste. Este padrão também foi observado por Motta (1963) e D'Aquino (2004). Motta (1963) observou, para a região de Tramandaí, que as alturas significativas e os períodos de maior frequência eram de: 1,5 m, 7 e 8 s. Almeida & Toldo Jr. (1997) descreveram que para a costa do Rio Grande do Sul tipicamente as ondas possuem altura significativa média de 1,4 m e períodos de pico de 7 a 9 s, excedendo 3 m e 12 s, respectivamente, durante tempestades. Cuchiara et al. (2009) através de uma compilação de dados existentes do clima de ondas para a região sul observou que as alturas significativas variaram entre 1 e 1,5 m, o período dominante entre 6 e 14 s e a direção entre 100 e 160 graus (sudeste). Os valores encontrados neste trabalho são coerentes com os observados por estes autores.

3.4.3. Profundidade de fechamento

Os valores obtidos para a profundidade de fechamento, tanto para a regressão simples quanto para a múltipla, foram menores do que para os dados não preenchidos. Contudo os resultados da regressão múltipla se aproximaram mais desses do que os obtidos pela simples. A variação entre os resultados da regressão simples e múltipla ficou em torno de 1,5 %. As maiores variações com relação aos dados não preenchidos ocorreram nas equações (2) e (4), isso ocorre porque essas equações são mais simples, empregando somente a altura significativa sem utilizar o período. Para o limite oceânico os valores das regressões foram maiores do que dos dados não preenchidos e o valor da regressão múltipla foi superior ao da simples, pois o valor médio do período da regressão múltipla também supera o da simples, em torno de 0,3%.

Ocorreu uma variação entre 6,87 e 4,84 m, 6,62 e 4,74 m, 6,74 e 4,82 m para os dados não preenchidos, regressão simples e múltipla respectivamente. Almeida et al. (1999) calculou a profundidade de fechamento e o limite oceânico utilizando dados de onda de 1963 e 1996 obtendo uma variação entre 6,23 e 9,08 m para a profundidade de fechamento e entre 33,24 e 43,67 m para o limite oceânico com os dados de 1963 e uma variação entre 5,46 e 7,61 m para a profundidade de fechamento e para o limite oceânico entre 30,44 e 37,39 m com os dados de 1996. Esses cálculos apresentaram uma diferença de cerca de 40% para a profundidade de fechamento e 20% para o limite oceânico. Essas diferenças também foram constatadas nos resultados deste trabalho.

3.5. CONCLUSÃO

Com base nas análises estatísticas foi constatado que o preenchimento das falhas dos dados obtidos pelo ondógrafo pelos métodos utilizados se mostrou uma ferramenta favorável para suprir essas lacunas. Entre os dois métodos utilizados a regressão múltipla indicou uma melhor resposta para o preenchimento em relação à regressão simples através do coeficiente de determinação ajustado, erro médio quadrático, valor de P e distribuição de F. Também se verificou que quanto maior é a falha menos preciso vai ser o preenchimento, nesse caso a correlação não se mostra tão adequada quanto a que é encontrada nos dados com menor número de falhas.

Pela análise dos histogramas foi averiguado que o padrão geral dos dados não preenchidos se manteve o mesmo para os dados preenchidos por ambas as regressões ocorrendo pequenas variações. Os valores encontrados para a profundidade de fechamento e para o limite oceânico foram menores do encontrados para a mesma região em outros anos por Almeida et al (1999).

Os cálculos com diversas fórmulas empíricas expuseram a diferença que há entre elas. Os cálculos utilizando fórmulas empíricas servem como apoio para se ter uma idéia destas profundidades, porém como possuem grandes variações entre elas não é possível determinar com exatidão a profundidade real. Um estudo de campo com a utilização de perfis praias e posterior comparação com as fórmulas empíricas é a melhor maneira de se definir a profundidade de fechamento e o limite oceânico para a área de estudo.

3.6. Agradecimentos

Ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a CAPES pela bolsa de mestrado.

3.7. Referências

Almeida, L.E.S.B., Toldo Jr., E.E. 1997. Estudos Ambientais em Áreas Costeiras e Oceânicas na Região Sul do País – Região de Osório, RS. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Relatório Técnico, 110 p.

Almeida, L.E.S.B., Rosauero, N.M.L., Toldo Jr., E.E., Gruber, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 13. Belo Horizonte, MG. Anais..., ABRH, 1CD-ROM.

Birkemeier, W.A., 1985. Field Data on Seaward Limit of Profile Change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **11**:598-602.

Cuchiara, D.C., Fernandes, E.H., Strauch, J.C., Winterwerp, J.C., Calliari, L.J. 2009. Determination of the wave climate for the southern Brazilian shelf. *Continental Shelf Research*, **29**:545-555.

D'Aquino, C.A. 2004. Calibração e aplicação do modelo numérico Genesis nas praias de Tramandaí e Imbé-RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 101 p.

Dean, R.G. 1991. Equilibrium beach profiles: Characteristics and applications. *Journal of Coastal Research*, **7**:53-84.

Hallermeier, R.J. 1981. A profile Zonation for Seasonal Sand Beach from Wave Climate. *Coastal Engineering*, **4**:253-277.

Komar, P.D., McDougal, W.G. 1994. The analysis of Exponential Beach Profiles. *Journal of Coastal Research*, **10**:59-69.

Kraus, N.C., Larson, M., Wise, R.A. 1999. Depth of closure in beach fill design. Proc. 1999 National Conference on Beach Preservation Technology, FSBA, Tallahassee, Florida.

Motta, V.F. 1963. Relatório – análise e previsão de alturas de onda em Tramandaí. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 30 p.

Muehe, D. 2004. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. In: BRASIL. Projeto Orla: subsídios para um projeto de

gestão. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – Secretaria do Patrimônio da União, 11-30.

Toldo Jr., E.E., Almeida, L.E.S.B., Dillenburg, S.R., Tabajara, L.L., Ferreira, E.R., Borghetti, C. 1993a. Parâmetros morfodinâmicos e deriva litorânea da praia de Tramandaí, RS. *GeoSul*, **15**:75-86.

Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R., Almeida, L.E.S.B., Tabajara, L.L., Martins, R.R., Cunha, L.O.B.P. 1993b. Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. *Pesquisas*, **20(1)**:27-32.

Triola, M.F. (Eds) 2008. *Introdução à Estatística*. LTC, Rio de Janeiro, 696 pp.

Wang, P., Davis Jr., R.A. 1999. Depth of Closure and the Equilibrium Beach Profile: A Case Study from Sand Key, West – Central Florida. *Shore and Beach*, **67**:33-42.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O preenchimento de falhas de dados de onda é uma maneira de obter resultados mais precisos e significativos quando estes forem utilizados. O emprego ideal seria de uma série limpa sem nenhuma falha ou com o mínimo destas, porém os dados geralmente obtidos são constituídos de inúmeras falhas. O objetivo deste estudo é obter um preenchimento destas falhas, utilizando dados de modelos, com o mínimo de variância possível através de análises estatísticas. Com base nas análises estatísticas foi constatado que o preenchimento das falhas dos dados obtidos pelo ondógrafo pelos métodos utilizados se mostrou uma ferramenta favorável para suprir essas lacunas. Entre os dois métodos utilizados a regressão múltipla indicou uma melhor resposta para o preenchimento em relação à regressão simples através do coeficiente de determinação ajustado, erro médio quadrático, valor de P e distribuição de F. Também se verificou que quanto maior é a falha menos preciso vai ser o preenchimento, nesse caso a correlação não se mostra tão adequada quanto a que é encontrada nos dados com menor número de falhas.

De acordo com a Figura 1 observa-se que as maiores velocidades médias foram de 12 m/s e as menores de 2 m/s. Também foi analisado que os ventos predominantes são provenientes de nordeste em relação aos de sudoeste. Nimer (1977), Tomazelli (1993) e Arejano (1999) foram alguns autores que também observaram este padrão.

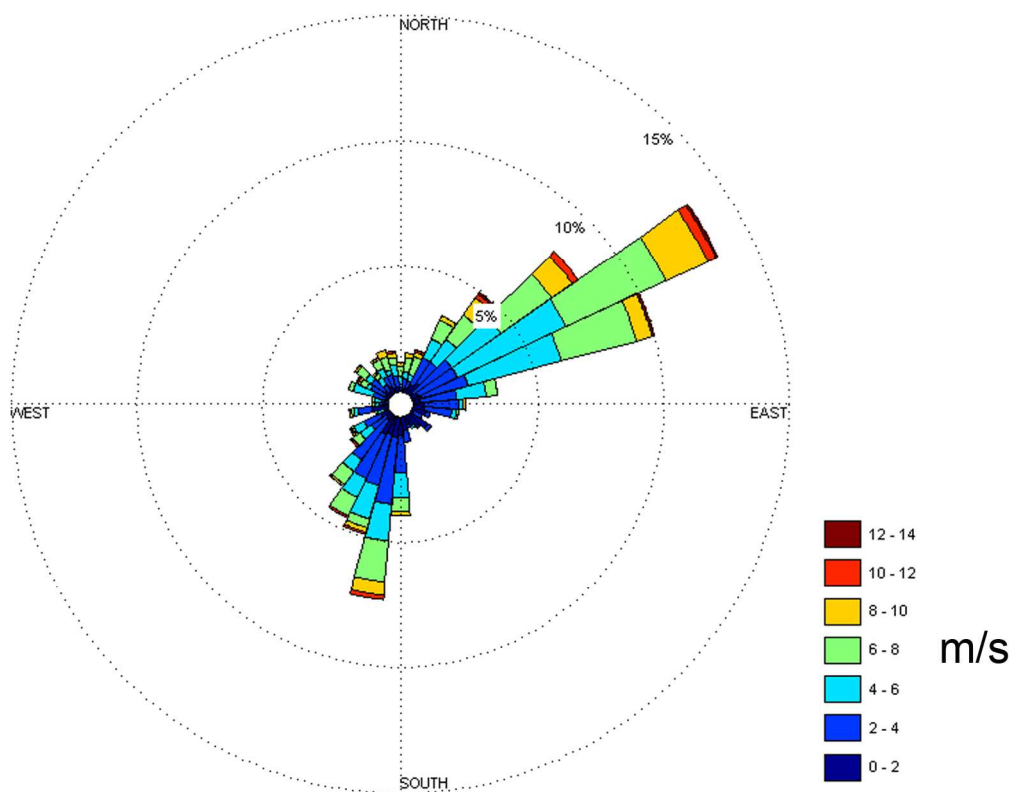


Figura 17. Frequência e intensidade dos ventos de Janeiro a Setembro de 2007.

Comparando-se a Figura 2 foi observada a maior ocorrência de ondas de sudeste e menor ocorrência de ondas de leste, não há ocorrência significativa de ondas de nordeste. Este padrão também foi observado por Motta (1963) e D'Aquino (2004).

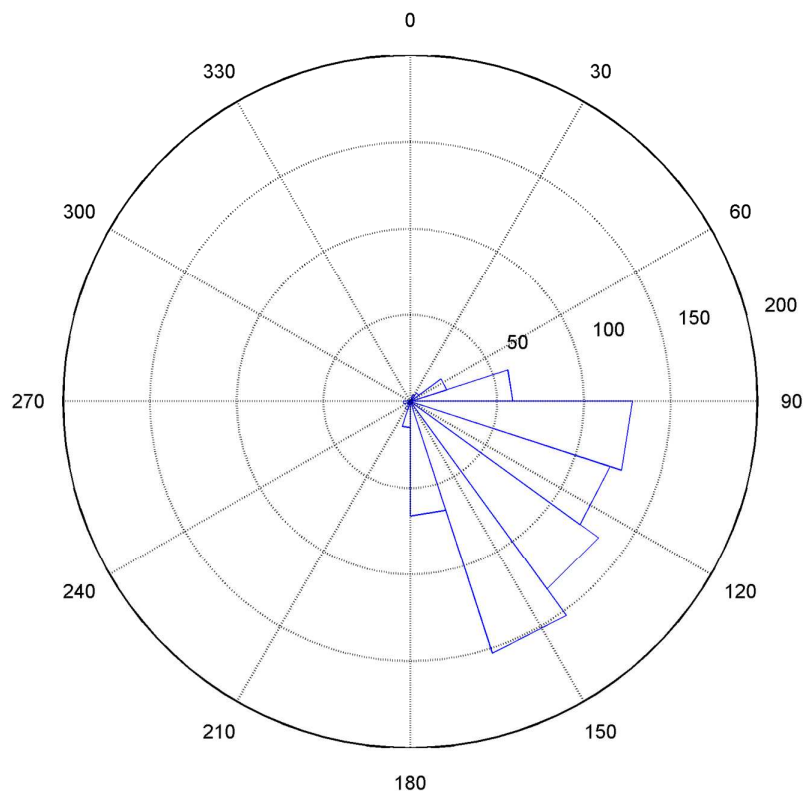


Figura 18. Frequência e intensidade das alturas significativas de Janeiro a Setembro de 2007.

A adoção de limites legalmente aceitos representa um passo fundamental para orientar as ações de controle e restrição de atividades que possam alterar de forma negativa as características ambientais, estéticas e de acessibilidade à orla, em especial às praias (Muehe, 2004). A profundidade de fechamento (d_1) é o limite que separa a zona ativa de transporte de sedimento na faixa litorânea submersa adjacente à praia, da área mais profunda onde ocorre reduzida deposição e erosão durante certo intervalo de tempo (Kraus et al. 1999). O limite oceânico (d_2) corresponde a profundidade onde o transporte sedimentar influenciado pela ação das ondas é quase nulo (Hallermeier 1981, Almeida et al. 1999). Ocorreu uma variação entre 6,87 e 4,84 m, 6,62 e 4,74 m, 6,74 e 4,82 m para os dados não preenchidos, regressão simples e múltipla respectivamente. Almeida et al. (1999) calculou a profundidade de fechamento e o limite oceânico utilizando dados de onda de 1963 e 1996 obtendo uma variação entre 6,23 e 9,08 m para a profundidade de fechamento e entre 33,24 e 43,67 m para o limite oceânico com os dados de 1963 e uma variação entre 5,46 e 7,61 m para a profundidade de fechamento e para o limite oceânico entre 30,44 e 37,39 m com os dados de 1996. Esses cálculos apresentaram uma diferença de cerca de 40% para a profundidade de fechamento e 20%

para o limite oceânico. Essas diferenças também foram constatadas nos resultados deste trabalho.

Os cálculos com diversas fórmulas empíricas expuseram a diferença que há entre elas. Estes utilizando fórmulas empíricas servem como apoio para se ter uma idéia destas profundidades, porém como possuem grandes variações entre elas não é possível determinar com exatidão a profundidade real. Um estudo de campo com a utilização de perfis praias e posterior comparação com as fórmulas empíricas é a melhor maneira de se definir a profundidade de fechamento e o limite oceânico para a área de estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.E.S.B., ROSAURO, N.M.L., TOLDO JR., E.E., GRUBER, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 13. Belo Horizonte, MG. Anais..., ABRH, 1CD-ROM.

AREJANO, T.B. 1999. Análise do regime de ventos e determinação do potencial de deriva de areia no extremo sul do litoral do Rio Grande do Sul – Brasil. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 43p.

D'AQUINO, C.A. 2004. Calibração e aplicação do modelo numérico Genesis nas praias de Tramandaí e Imbé-RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 101 p.

HALLERMEIER, R.J. 1981. A profile Zonation for Seasonal Sand Beach from Wave Climate. *Coastal Engineering*, 4:253-277.

KRAUS, N.C., LARSON, M., WISE, R.A. 1999. Depth of closure in beach fill design. Proc. 1999 National Conference on Beach Preservation Technology, FSBA, Tallahassee, Florida.

MOTTA, V.F. 1963. Relatório – análise e previsão de alturas de onda em Tramandaí. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 30 p.

MUEHE, D. 2004. Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. In: BRASIL. Projeto Orla: subsídios para um projeto de gestão. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – Secretaria do Patrimônio da União, 11-30.

NIMER, E. 1977. Clima. In: IBGE - Geografia do Brasil, Região Sul. SERGRAF-IBGE, Rio de Janeiro, p. 35-79.

TOMAZELLI, L.J. 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas, Porto Alegre, 20(1):18-26.

ANEXO

(0 mensagens novas) Yahoo! Mail, heitor_perotto - Windows Internet Explorer

http://br.mg1.mail.yahoo.com/dc/launch?.gx=1&.rand=fo99090sckpr3

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

ARCHIBASE ★ PLANET

Bonus 3D Stuff [50] Translator Artwork Gallery

(0 mensagens novas) Yahoo! Mail, heitor_perotto

YAHOO! MAIL BRASIL Oi, Heitor | Disponível | Sair

Verificar e-mail Nova

Buscar no e-mail... OK

Entrada
Rascunhos (14)
Enviadas
Spam Limpar
Lixeira (7) Limpar

Contatos Adicionar
1 online
Gabriela Hollmann - Ocupado

Pastas Adicionar

Apagar Responder Encaminhar Spam Mover Imprimir Ações

[RBG] Agradecimento pela Submissão

De: Alberto Pio Fiori <fiori@ufpr.br> Adicionar a contatos
Para: Heitor Perotto <heitor_perotto@yahoo.com.br>

Heitor Perotto,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Preenchimento de falhas de dados de ondas e cálculo da profundidade de fechamento para a região de Tramandaí, Rio Grande do Sul." para Revista Brasileira de Geociências. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:
http://ojs_c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/author/submission/16876
Login: perox

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Alberto Pio Fiori
Revista Brasileira de Geociências

Revista Brasileira de Geociências <http://www.ser.ufpr.br/rbg>

Aplicativos