

## NOTA TÉCNICA / *TECHNICAL NOTE*

### Levantamento do Perfil da Antepraia (Shoreface) com uso de Ecobatímetro Portátil e Caiaque \*

#### *Measuring Shoreface Profiles with a Kayak and Handheld Depth Finder*

Fábio Mayo Belligotti <sup>1</sup> & Dieter Muebe <sup>@, 1</sup>

#### RESUMO

A extensão de perfis topográficos da praia para a zona submarina através de nivelamento convencional se limita à distância que o portador da mira topográfica consegue avançar mar-a-fora, necessitando de acoplamento com perfilagem ecobatimétrica para o levantamento de segmentos mais distantes e profundos da zona submarina adjacente. O emprego de uma embarcação para o levantamento batimétrico implica em custos e às vezes longos percursos até o local do levantamento, inviabilizando este tipo de levantamento de forma rotineira. O presente trabalho apresenta o resultado do emprego de um caiaque, que pode ser lançado diretamente ao mar na área de interesse, juntamente com utilização de um GPS e ecobatímetro portátil, permitindo a realização de perfis para a caracterização morfológica da antepraia, assim como a comparação entre perfis sucessivos e a comparação com o perfil de equilíbrio teórico.

**Palavras-chave:** Levantamento ecobatimétrico, antepraia, caiaque.

#### ABSTRACT

*The extension of topographic beach profiles toward offshore is limited to the depth the level rod can be read as also the ability to carry the rod through the surf and breaker zone. To avoid the high cost of a bathymetric survey by a conventional boat in order to extend the profiles to the entire shoreface, the survey may be done using a kayak, which can be launched directly in the research area with measures made using a handheld fish finder together with a hand held GPS. The measurements are made on previously defined waypoints along a line perpendicular to the shoreline with subsequent correction of deviations through the projection of each segment between waypoints to the direction of the profile in order to avoid distortions in length and declivity. In spite of the imprecision of the positioning as also the depth measurement due to the influence of waves, the method is sufficiently accurate to allow the comparison between profiles and the characterization of the morphology of the shoreface in terms of bathymetric gradients and comparison with the equilibrium profile.*

**Keywords:** Echo-bathymetry, shoreface, kayak.

@ - Autor correspondente: [dieter.muebe@gmail.com](mailto:dieter.muebe@gmail.com)

1 - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Programa de Pós-Graduação em Geografia e Laboratório de Geografia Marinha, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 2194-611, Rio de Janeiro, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o estudo de praias arenosas se concentra na porção emersa das praias, abrangendo a pós-praia, a face de praia e, ocasionalmente, a região da antepraia superior ocupada pela zona de surfe. Entretanto, sabe-se que tanto em eventos episódicos de alta hidrodinâmica quanto em escalas de tempo mais amplas, de anos a décadas, a troca de sedimentos entre a praia e a zona marinha adjacente freqüentemente extrapola os limites da zona de surfe e ocupa toda a antepraia, chegando a incluir a plataforma continental interna (Lee *et al.*, 1998). Além disso, a preocupação com uma possível subida do nível do mar e a ocorrência de erosão das praias, assim como suas implicações no estabelecimento de faixas de não edificação no planejamento urbano dos municípios costeiros cria uma demanda de estudos consistentes, que permitam a utilização de modelos atuais como subsídio à tomada de decisão, como a determinação da profundidade de fechamento.

A extensão dos perfis batimétricos para além da zona de arrebentação apresenta dificuldades logísticas, por exigir o emprego de embarcação para o levantamento batimétrico, encarecendo o trabalho, além da dificuldade associada ao deslocamento da embarcação. Este trabalho apresenta uma metodologia que contorna tais dificuldades por meio do emprego de uma embarcação de pequeno porte (caiaque), lançada ao mar no local do levantamento, e uso de um ecobatímetro de mão e um aparelho de posicionamento por satélite (GPS). O emprego de caiaque para levantamento batimétrico foi apresentado em forma de painel por Belligotti & Muebe (2007) e por Hampson *et al.* (2011). Neste último é utilizado um sistema de posicionamento mais preciso, porém mais caro e que exige a montagem de uma estrutura de suporte o que pode dificultar a estabilidade da embarcação principalmente ao atravessar a zona de surfe e arrebentação.

## 2. METODOLOGIA

A porção emersa da praia pode ser nivelada através do método das balizas de Emery (Emery, 1961) ou por nivelamento topográfico convencional, com o uso de teodolito, nível topográfico ou estação total. Este nivelamento pode ser estendido até à zona submersa próxima até o limite de visão da mira topográfica, incluindo a zona de surfe ou ao menos de parte da mesma, de acordo com as condições de mar.

O perfil submarino deve ser levantado através da medição da profundidade em pontos discretos ao longo do mesmo, com o uso de ecobatímetro portátil, e posicionamento por meio de GPS, sendo as medidas de profundidade registradas em gravador (Figura 1). O ecobatímetro utilizado (fabricado pela NorCross Marine Products, modelo DF2200PX) possui dimensões reduzidas (20 cm de comprimento e 6,7 cm de diâmetro máximo) e é capaz de medir de 0,8 a 60 metros de profundidade com resolução de 0,1 m. Possui um feixe de 20° de abertura e opera em freqüência de 200 kHz. Tem o formato e a dimensão de uma lanterna de mão típica.

A amarração entre os dois perfis pode ser executada através de um datum vertical comum, como o nível médio do mar local, quando houver previsão de maré adequada.



**Figura 1.** Medições realizadas a bordo do caiaque. Em destaque o ecobatímetro, à esquerda acima, e o GPS e gravador condicionados em saco à prova de água, à direita.

*Figura 1.* Measures taken on board the kayak. Inserted in the upper left corner is a picture of the handheld echo sounder and at the right the GPS and voice recorder.

Muebe *et al.* (2003) propõem a utilização de uma referência de nível vertical (RN) ajustada ao nível médio do mar através do levantamento da altura no ponto de refluxo máximo da onda na face de praia e correção desta altura pela previsão de maré mais próxima. No presente trabalho, foi utilizada a previsão de maré para o local das medições, cedida pela Marinha do Brasil (36 constantes harmônicas obtidas entre 20/12/1974 e 20/01/1975).

Previamente ao trabalho de campo, devem ser programadas as coordenadas geográficas dos pontos ao longo do perfil onde se deseja medir a profundidade, atentando à precisão do método de posicionamento e às dimensões de estruturas que se deseja mapear. A partir de duas posições geográficas pré-determinadas (através de cartas, imagens georreferenciadas ou no próprio campo, é possível obter uma direção de perfil perpendicular à linha de costa e calcular as coordenadas geográficas de pontos homogeneamente espaçados ao longo deste perfil. Para corrigir os desvios entre cada posição programada e a posição da medição, decorrente de deriva da embarcação, cada segmento, entre duas posições, é projetado de forma a ficar paralelo ao perfil previsto, empregando a metodologia descrita por Muebe (2004, 2006).

Ao contrário do registro batimétrico contínuo dos ecobatímetros convencionais, as profundidades foram determinadas por meio de medidas sucessivas pontuais, considerado o valor de maior ocorrência, buscando realizar a leitura da profundidade numa posição entre a crista e o vale de cada onda. Para reduzir o efeito da variação das medidas devido ao efeito da passagem das ondas, é recomendado que, além da questão de segurança, esta metodologia seja aplicada em condições de mar calmo.

Dois testes foram realizados no centro da praia de Piratininga (Niterói, RJ), uma praia oceânica de alta energia localizada imediatamente a leste da entrada da Baía de Guabara, a fim de avaliar a metodologia proposta. O primeiro foi uma comparação entre o método proposto e a utilização de levantamento topográfico com o uso de nível e mira. O segundo consistiu no levantamento de cinco perfis

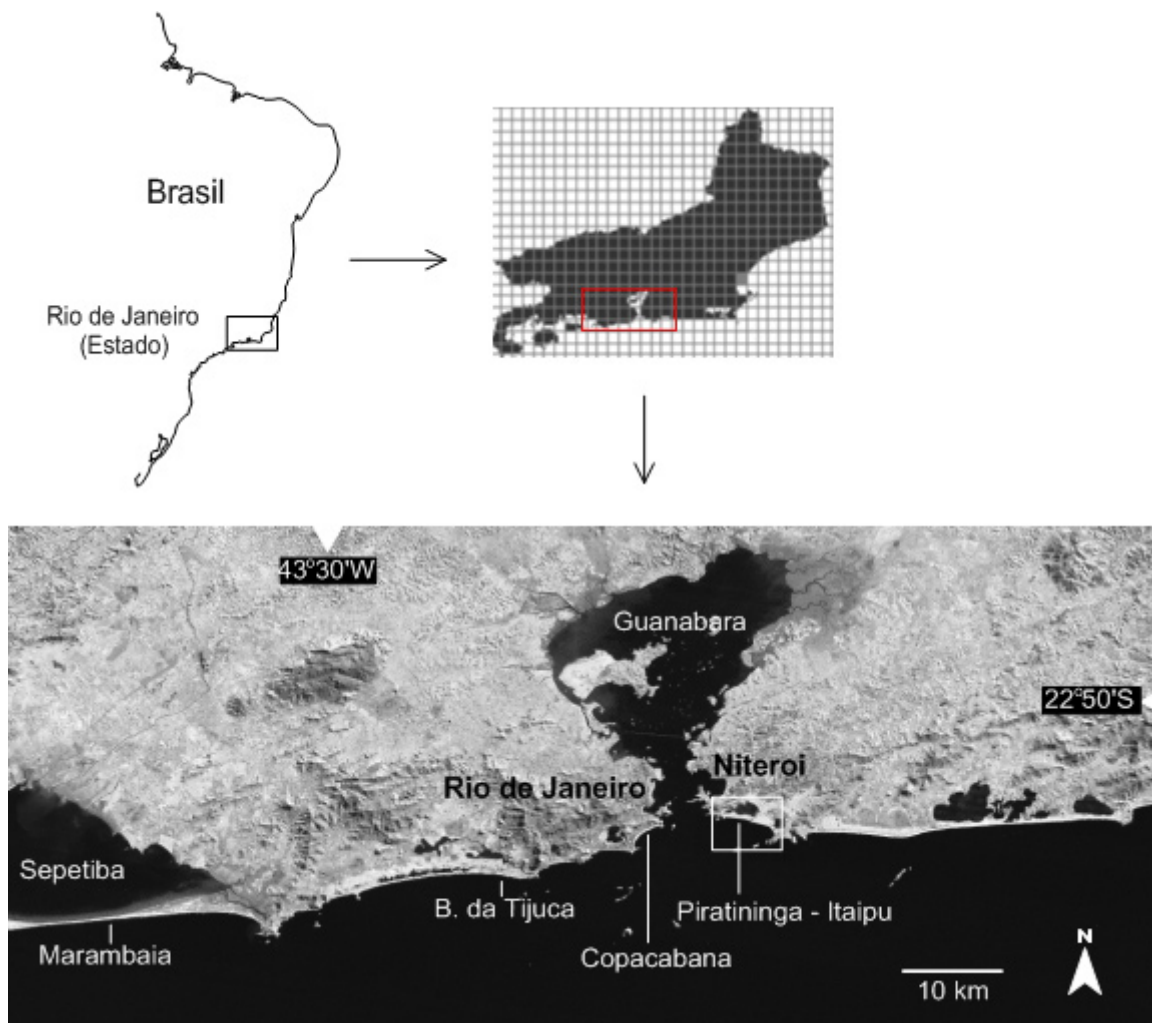
batimétricos consecutivos, abrangendo um período completo de maré vazante. A figura 2 mostra a localização dos perfis e da praia de Itaipu, para a qual foi realizada a previsão de maré.

### 3. RESULTADOS

O primeiro teste, realizado para avaliar a precisão do método proposto através de comparação com nivelamento topográfico convencional, foi realizado na praia de Piratininga em abril de 2009 em condições de mar muito calmo, isto é ondas com altura de até 0,5 m e período de 7s. A maré foi considerada constante durante o período de medição (15 minutos) e igual à altura do refluxo máximo da onda na face da praia. Os perfis foram levantados simultaneamente, utilizando os mesmos sete pontos de medição e totalizando aproximadamente 30 m de sobreposição dos dois métodos (Figura 3).

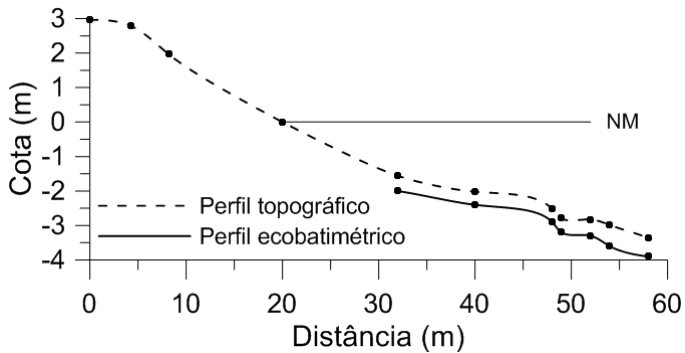
O perfil ecobatimétrico indicou profundidades 0,46 m, em média, maiores que o perfil através de nivelamento topográfico com desvio padrão de 0,09 m. A geometria dos perfis, entretanto, manteve-se constante. Este desvio entre o perfil topográfico e o batimétrico está relacionado à determinação da altura do nível do mar como sendo representado pelo refluxo máximo da onda na face da praia para o nivelamento topográfico, enquanto que as medidas com o ecobatímetro representam a profundidade da água conforme indicado pelo ecobatímetro. A figura 4 mostra os mesmos perfis, mas com a aplicação de um fator de correção, ou calibração, dos dados batimétricos de + 0,46 m. É evidente a correspondência entre os perfis, apesar dos pequenos desvios na porção mais profunda.

A figura 5 mostra a relação entre as profundidades determinadas através de cada método. As duas medidas apresentam estreita relação entre si, como mostra a regressão linear na figura.



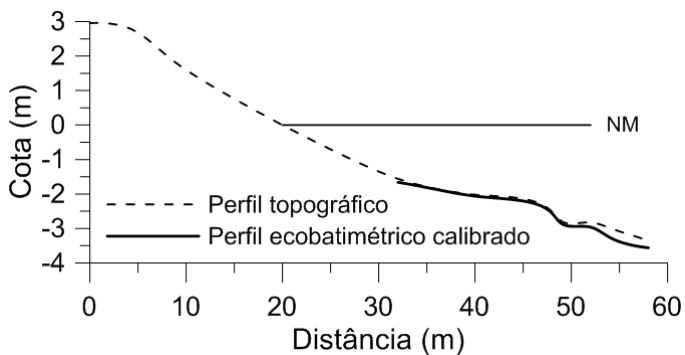
**Figura 2.** Localização do perfil batimétrico na praia de Piratininga e da praia de Itaipu, local da previsão maregráfica.

**Figure 2.** Location of the bathymetric profile in front of the Piratininga Beach and Itaipu Beach where the tidal forecasting came from.



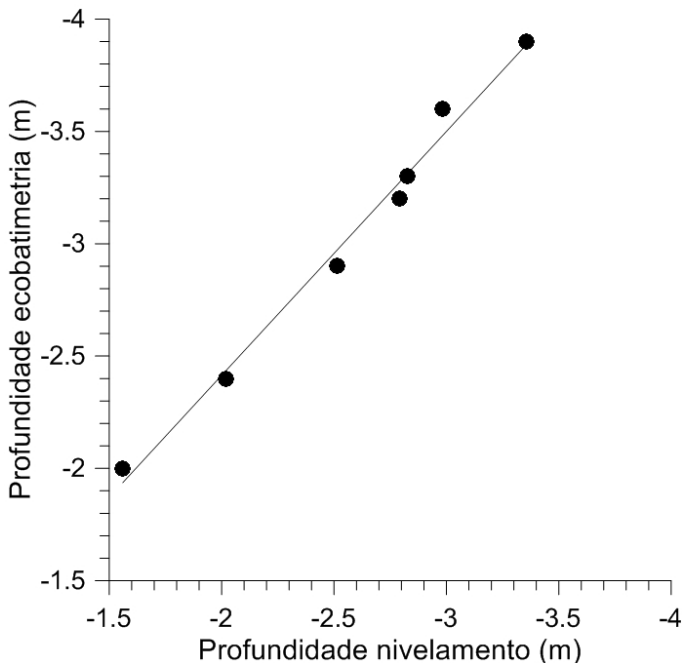
**Figura 3.** Comparação entre perfis batimétricos levantados por meio de nivelamento topográfico e ecobatimetria. Cada dado batimétrico é representado por um ponto.

*Figure 3.* Comparison between bathymetric profiles measured through topographic survey and echobathymetry. Each measured depth is represented by a dot.



**Figura 4.** Comparação entre o perfil levantado por meio de nivelamento topográfico e o perfil ecobatimétrico calibrado (+0,46 m).

*Figure 4.* Comparison between topographic and calibrated echosounder profiles.

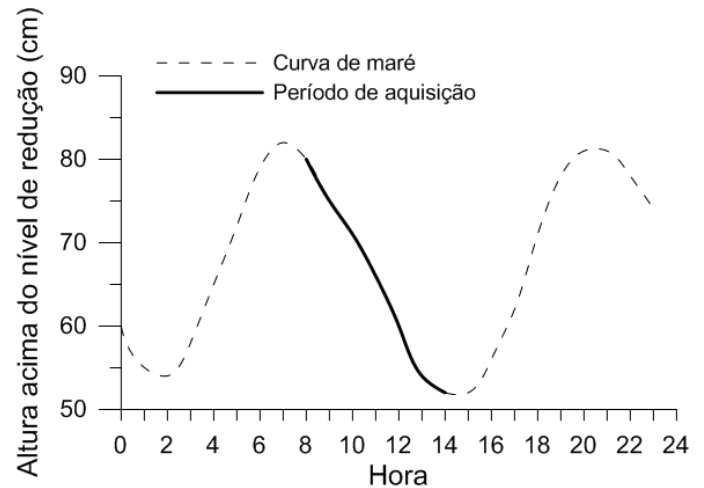


**Figura 5.** Relação entre as profundidades determinadas por ecobatimetria e nivelamento topográfico.

*Figure 5.* Relation between depths measured through echosounder and topographic survey.

### 3.1. Comparação entre perfis consecutivos

Em 23 de junho de 2007, foram levantados cinco perfis consecutivos no centro da praia de Piratininga. O ensaio foi realizado das 07:49 às 14:04 horas e cada levantamento teve duração média de 65 minutos. Este período abrange uma maré vazante completa. A correção da profundidade pela maré foi feita a cada 10 minutos aproximadamente com a utilização de previsão horária de maré, calculada para a praia de Itaípu (Fig. 6).



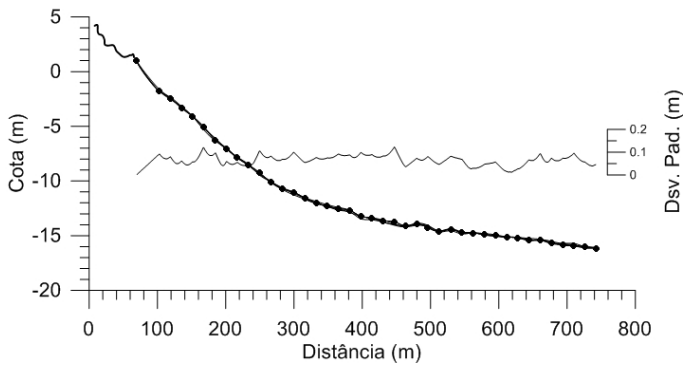
**Figura 6.** Previsão horária de maré para a praia de Itaípu ressaltando o período de levantamento dos perfis topográficos.

*Figure 6.* Tidal prediction for Itaípu Beach. The bold curve indicates the period of the survey.

A figura 7 mostra o resultado do teste, realizado na praia de Piratininga. O perfil submarino se estendeu por 673 m, com 40 pontos de medição, chegando a uma profundidade de 16,1 m. Estes perfis foram interpolados a cada metro para fins de análise utilizando o software BMAP 2.0 (Beach Morphology Analysis Package), que interpola os perfis de forma linear, não modificando a geometria medida. O desvio padrão médio das profundidades ao longo do perfil foi de 0,07 m, chegando a um máximo de 0,12 m e um mínimo de 0,01 m. Apesar das diferenças, a distribuição do desvio padrão ao longo do perfil não apresentou relação com a profundidade ou distância. A diferença média de profundidade entre o envoltório máximo e mínimo foi de  $0,17 \text{ m} \pm 0,05$ , sendo a maior diferença 0,31 m e a menor 0,04 m.

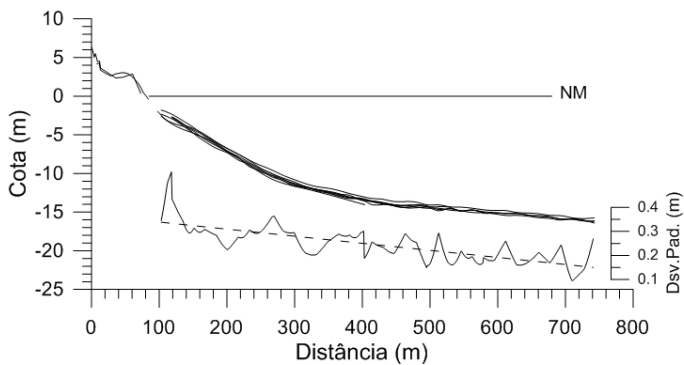
## 4. MONITORAMENTO

A metodologia apresentada vem sendo utilizada no monitoramento de perfis em várias praias, com resultados consistentes em termos de definição de sua morfologia e mudanças de gradiente. A figura 8 mostra a superposição de perfis na praia de Piratininga, incluindo o desvio padrão ao longo do perfil. Os perfis foram levantados entre março de 2007 e julho de 2008.



**Figura 7.** Perfil de praia e superposição de cinco perfis batimétricos levantados na praia de Piratininga de forma consecutiva em um período de 6 horas.

**Figure 7.** Superposition of five consecutive bathymetric profiles in front of Piratininga Beach during a period of six hours.



**Figura 8.** Perfis topo-batimétricos na praia de Piratininga monitorados por 16 meses. Parte da variabilidade vertical dos perfis decorre da morfodinâmica natural e que mostra um aumento em direção a profundidades menores.

**Figure 8.** Bathymetric profiles in front of Piratininga Beach measured during a time span of 16 months. The onshore increase in vertical variability of the profiles is partly due to the natural increase in morphodynamic activity due to wave action.

Apesar da metodologia não ser refinada o bastante para uma determinação precisa da profundidade de fechamento, a partir da identificação da profundidade de convergência dos perfis observa-se, no conjunto dos perfis batimétricos, uma nítida mudança de declividade na profundidade entre 11 e 12 m (Fig. 8). Outra maneira de avaliação é o desvio padrão das variações entre perfis e que indica um aumento significativo na profundidade de 10 m. Dessa forma a profundidade de fechamento parece se localizar na faixa dos 10 a 12 m o que a situa dentro da faixa de profundidade encontrada em outros trabalhos realizados em praias de alta energia no litoral brasileiro e que encontraram valores entre 7 e 12 m (Gruber *et al.* 2006; Belligotti, 2009; Muebe *et al.*, 2011).

## 5. CONCLUSÕES

A metodologia apresentada, mesmo sem o refinamento e precisão dos registros ecobatimétricos contínuos, se mostrou satisfatória na caracterização e monitoramento do perfil topográfico da antepraia, permitindo a avaliação da mobilidade morfológica do fundo através de superposição de perfis, da identificação de bancos, da configuração do perfil e de mudanças de gradientes, muitas vezes associadas à localização da profundidade de fechamento ou do limite da antepraia e início da plataforma continental interna. Entretanto, apesar de identificar a configuração de perfis da antepraia para fins de caracterização e comparação, o método não oferece precisão suficiente para atender aos quesitos de um levantamento hidrográfico no sentido de indicar a profundidade precisa de cada ponto. Esta, no entanto, mesmo que se faça uma calibração das sondagens por meio da medição das profundidades de uma placa refletora, dependerá sempre das condições de ondulação e da precisão da previsão maregráfica que por sua vez é influenciada pela distância ao marégrafo mais próximo. Outra limitação é a extensão mar-a-fora dos levantamentos devido ao pequeno tamanho da embarcação, razão pela qual se restringe à antepraia, isto é da zona de arrebentação à transição com a plataforma continental interna.

## BIBLIOGRAFIA

- Belligotti, F.M. (2009) - *Avaliação metodológica da profundidade de convergência (profundidade de fechamento) de perfis de três praias de energia moderada a alta no litoral do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, 130p., Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Não publicado.
- Belligotti, F.M.; Muebe, D. (2007) - Levantamento do perfil da antepraia (*shoreface*) com uso de ecobatímetro portátil e mini-embarcação (measuring shoreface profiles with a small boat and handheld depth finder). *XI Congresso da ABEQUA*, Belém,. Disponível em [http://www.abequa.org.br/trabalhos/2007\\_fabio\\_mayo\\_quatcost.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/2007_fabio_mayo_quatcost.pdf)
- Emery, K.O. (1961) - Simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6(1):90-93. Disponível em [http://www.aslo.org/lo/toc/vol\\_6/issue\\_1/0090.pdf](http://www.aslo.org/lo/toc/vol_6/issue_1/0090.pdf)
- Gruber, N.L.S.; Toldo, E.E.; Barboza, E.G.; Nicolodi, J.L.; Ayup-Zouain; R.N. (2006) - A shoreface morphodynamic zonation and the equilibrium profile variability on the Northern coastline of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), S139:504-508. Disponível em [http://www.cerf-jcr.org/images/stories/100\\_gruber.pdf](http://www.cerf-jcr.org/images/stories/100_gruber.pdf)
- Hampson, R.; MacMahan, J; Kirby, T. (2011) - A low-coast hydrographic kayak survey system. *Journal of Coastal Research*, 27(3):600-603. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-09-00108.1
- Lee, G.; Nicholls, R.; Birkemeier, W. (1998) - Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981-1991. *Marine Geology*, 148(3-4):163-177. DOI: 10.1016/S0025-3227(98)00010-3
- Muebe, D. (2004) - Método de levantamento topo-batimétrico do perfil do sistema praia-antepraia. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (ISSN: 2236-5664), 5(1):95-

100. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/285/204>
- Muehe, D. (2006) - Método de levantamento topobatimétrico do perfil do sistema praia-antepraia (errata). *Revista Brasileira de Geomorfologia* (ISSN: 2236-5664), 7(1):91-92. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/283/203>
- Muehe, D.; Fernandez, G.B.; Bulhões, E.M.R.; Azevedo, I.S. de (2011) - Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local, tomando como exemplo o arco praial entre Rio das Ostras e o cabo Búzios/RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (ISSN: 2236-5664), 12(2):45—58. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/234/182>
- Muehe, D.; Roso, R.H.; Savi, D.C. (2003) - Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como *datum* vertical para amarração de perfis de praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (ISSN: 2236-5664), 4(1):53-57. Disponível em <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/19/17>.