

RELAÇÕES ENTRE A MORFOLOGIA E A LITOLOGIA DE FEIÇÕES ENCONTRADAS COM ECOBATÍMETRO MULTIFEIXE NO FUNDO MARINHO AO LARGO DA LAGUNA DE ARARUAMA E ARRAIAL DO CABO (RJ)

SIMÕES, I.C.V.P.¹

¹LAGEMAR, Departamento de Geologia – UFF – Av. Litorânea, s/n, Instituto de Geociências – 4º andar – Niterói, RJ (21) 2629-5938 isabelsimoes@gmail.com alberto@igeo.com.br

FIGUEIREDO Jr., A.G.¹

¹LAGEMAR, Departamento de Geologia – UFF – Av. Litorânea, s/n, Instituto de Geociências – 4º andar – Niterói, RJ (21) 2629-5938 alberto@igeo.com.br

ARTUSI, L.²

² Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM/MB), Rua Kioto nº 253. Praia dos Anjos - Arraial do Cabo, RJ. (22) 2622 9014. lucia@ieapm.mar.mil.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo estudar as feições morfológicas encontradas no fundo marinho ao largo de Araruama e Arraial do Cabo e estabelecer algumas relações com os sedimentos que recobrem o fundo no local. Trabalhos anteriores como o de Kowsmann (1978), Corrêa *et al.* (1980), Costa *et al.* (1988), Muehe *et al.* (1993) e Artusi (2004), que sugeriram a existência de terraços marinhos na plataforma continental interna e média da região e identificaram canais e escarpas, serviram de embasamento para as conclusões obtidas. A batimetria detalhada, alcançada graças ao uso do ecobatímetro multifeixe que coleta dados em quantidade e precisão muito superiores à batimetria convencional, foi usada neste estudo para definir as feições morfológicas desta área. Os ecobatímetros multifeixe baseiam-se na emissão de vários feixes estreitos e estabilizados, que obtêm profundidades numa varredura transversal ao deslocamento do navio. O equipamento utilizado foi o EM-1000, fabricado pela Kongsberg, instalado no casco do NHO TAURUS, que coletou 1500 km de informações batimétricas. Os dados batimétricos multifeixe foram somados aos coletados por ecobatímetro monofeixe (extraídos de folhas de bordo) e geraram mapas de contorno batimétrico e um modelo digital de terreno (MDT). Além dos dados batimétricos foram utilizadas cerca de seiscentas (600) informações geológicas provenientes do Banco Nacional de Dados Oceanográficos, que geraram o mapa de distribuição de sedimentos. O estudo conjunto do MDT e do mapa de distribuição de sedimentos, se mostrou uma valiosa ferramenta na correlação entre a morfologia e os sedimentos do fundo marinho. A feição alongada, na cota batimétrica de 50 m e no domínio das areias médias a grossas, foi interpretada como um antigo cordão litorâneo, e pode corresponder aos terraços descritos por Corrêa *et al.* (1980) e Muehe *et al.* (1993), com idade média estimada de 10.000 anos A.P. A feição de escarpa, localizada na cota batimétrica de 70 m e no domínio das areias finas, é interpretada como uma frente de progradação de sedimentos finos que obedecem à direção predominante do transporte sedimentar na área, que é de NE para SW.

Palavras-chave: plataforma continental; morfologia de fundo; Laguna de Araruama; multifeixe.

INTRODUÇÃO

Este estudo é um desdobramento do trabalho realizado por Artusi em 2004, que identificou canais e escarpas e os de Kowsmann (1978), Corrêa *et al.* (1980), Costa *et al.* (1988) e Muehe *et al.* (1993), que sugeriram a existência de terraços marinhos na plataforma continental interna e média ao largo da laguna de Araruama e Arraial do Cabo.

O levantamento realizado com o ecobatímetro multifeixe obteve uma batimetria detalhada, que somada aos dados multifeixe anteriores e aos dados batimétricos convencionais, revelou feições morfológicas que ainda não haviam sido descritas

(SIMÕES *et al.*, 2005, a e b). Estudar estas feições e suas relações com os sedimentos que recobrem o fundo é o objetivo deste trabalho.

Este trabalho está inserido no projeto de estudo da propagação da energia acústica em águas rasas, que vem sendo desenvolvido pelo IEAPM-MB.

ÁREA DE ESTUDO

A área sondada com o ecobatímetro multifeixe está localizada entre as coordenadas 22°58'27"S / 042°21'02"W e 23°06'00"S / 041°52'24"W, com cerca de 755 km² (Fig. 1). A região estende-se sobre a plataforma continental, a oeste da ilha de Cabo Frio e ao largo da laguna de Araruama, onde a ressurgência é notada com maior expressividade no litoral brasileiro.

A região de Cabo Frio é o ponto onde a linha de costa sofre uma brusca inflexão na sua orientação. A região limita duas províncias com características oceanográficas, fisiográficas e sedimentares distintas. Ao norte de Cabo Frio, a margem continental é estreita, com orientação norte-sul, sedimentação predominantemente carbonática e poucos rios que contribuam com o aporte sedimentar terrígeno. As águas quentes e salgadas da massa d'água superficial denominada Água Tropical mantém a produtividade do carbonato e sua preservação. Ao sul de Cabo Frio, a margem é larga e em forma de arco, com sedimentação predominantemente terrígena. A circulação dominada pelos ventos na plataforma interna e os meandros da Corrente do Brasil na plataforma externa são os fatores hidrodinâmicos que determinam a sedimentação na área (MAHIQUES *et al.*, 2005).

METODOLOGIA

O levantamento com o ecobatímetro multifeixe permite um mapeamento detalhado das morfologias do fundo, diferenciando-se da batimetria convencional pela quantidade e pela precisão dos dados obtidos.

Os ecobatímetros multifeixe baseiam-se na emissão de vários feixes estreitos e estabilizados, que obtêm profundidades numa varredura transversal ao deslocamento do navio. O equipamento utilizado foi o EM-1000, fabricado pela Kongsberg, instalado no casco do NHo TAURUS.

Para o posicionamento da embarcação utilizou-se o sistema de posicionamento DGPS DSM212L, com correção oriunda da estação da Ilha Rasa., enquanto no controle da atitude (*roll, pitch e heave*) foi usado o sensor de atitude Seatex MRU-5.2.

Como o cálculo da profundidade da coluna d'água está estreitamente relacionado à velocidade de propagação do som na água, foram realizados 17 lançamentos de CTD com o Mini-CTD SBE 19 Plus da Sea Bird. Para a correção da maré foi utilizada a estação maregráfica do porto do Forno, em Arraial do Cabo-RJ.

Os dados batimétricos adquiridos com o ecobatímetro multifeixe, utilizados neste estudo, são oriundos de dois levantamentos realizados pelo NHO Taurus em 2002 e 2005.

Para preencher os espaços sem informação multifeixe foram considerados também os dados de batimetria monofeixe, digitalizados a partir de folhas de bordo arquivadas no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e demais dados constantes do CD - GEODAS. Os *softwares* utilizados na aquisição e processamento dos dados foram o MERLIN/MERMAID da Kongsberg e o HIPS-SIPS (Sistema de Processamento de Informação Hidrográfica – Sistema de Processamento de Informação Sonar) da CARIS. (Fig. 1).

As informações geológicas utilizadas são provenientes do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO). Parte destas havia sido utilizada no estudo de Artusi (2004) cujo mapa de distribuição de sedimentos serviu de base para o mapa aqui apresentado. Oitenta novas informações, cadastradas posteriormente, foram adicionadas para a confecção do mapa atualizado.

Na criação dos mapas de contorno e de distribuição de sedimentos do fundo foi utilizado o *software* Oásis, versão 6.2 da GEOSOFT.

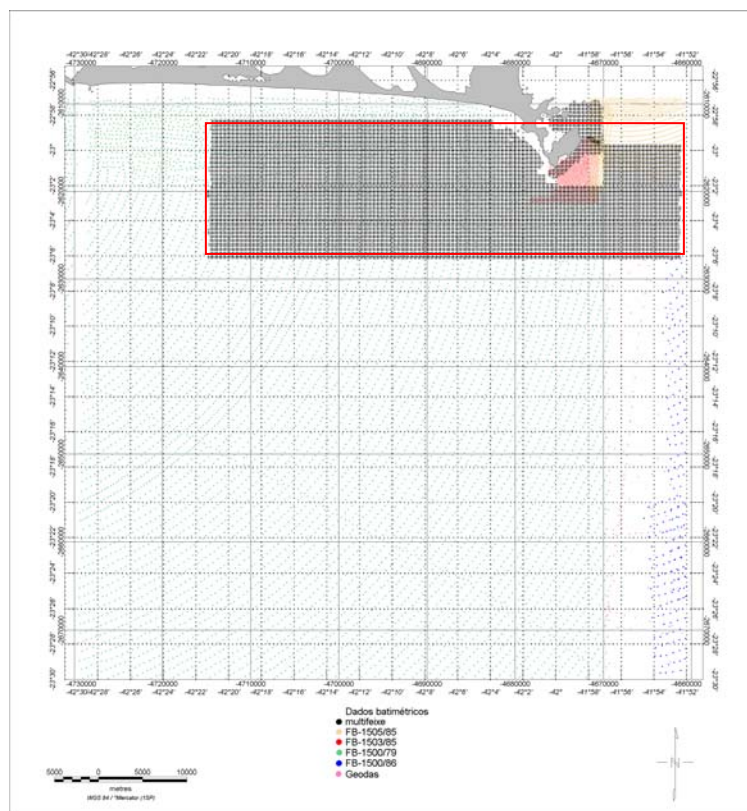


Figura 1 – Dados batimétricos utilizados neste estudo. O quadro vermelho assinala a área levantada neste estudo. Os limites do mapa correspondem à área estudada por Artusi (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Informações batimétricas são tradicionalmente apresentadas sob a forma de mapas de contorno. No entanto, ao juntar dados de fontes diversas (mono e multifeixe) é preciso lembrar que enquanto a batimetria multifeixe, na faixa de profundidade sondada, fornece informações do fundo marinho a cada 6 m, a batimetria das Folhas de Bordo e do GEODAS apresentam informações com espaçamento variável entre 100 e 2000 metros. Para diminuir esta diferença as informações do multifeixe foram reamostradas a cada 50 m. Cada conjunto de informações gerou um *grid* e um contorno. As linhas de contorno foram unidas manualmente gerando o mapa da figura 2.

A análise do mapa de contorno batimétrico mostra uma variação entre 45 e 100 m de profundidade, de maneira regular e com gradiente de 1:220 (Artusi, 2004). Até aproximadamente 60 m as isobatimétricas são paralelas a subparalelas, tornando-se sinuosas na direção oeste da área. A partir desta profundidade até 100 m, as isobatimétricas são bem regulares, revelando um relevo homogeneamente inclinado, com gradiente médio

de 1:370. Além dos 100 m, as isobatimétricas apresentam-se com reentrâncias, denotando maior irregularidade morfológica do fundo.

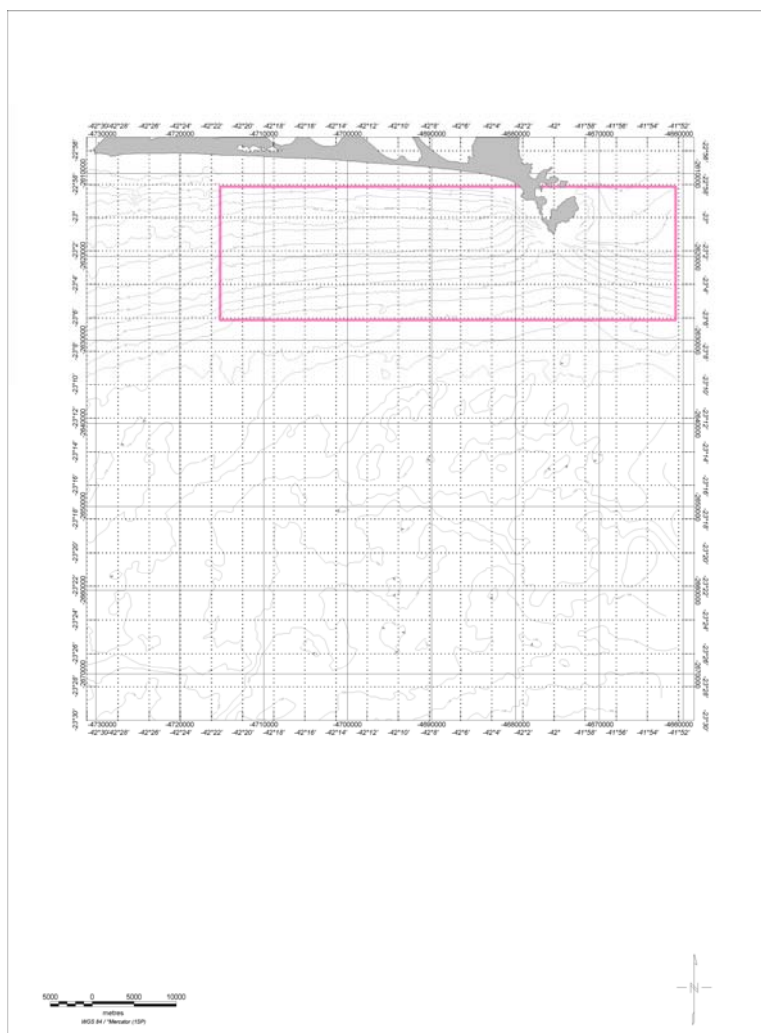


Figura 2 – Mapa de contorno batimétrico com linhas a cada 5 metros. O quadro vermelho assinala a área sondada com o ecobatímetro multifeixe. Os limites do mapa correspondem à área estudada por Artusi (2004).

Para gerar o mapa de distribuição dos sedimentos superficiais foram contabilizadas 652 amostras geológicas, com informação do percentual de cascalho, lama e areia, classificadas segundo Shepard. As amostras foram plotadas sobre o mapa e o traçado dos limites entre os tipos de fundo foi estendido/alterado manualmente, obedecendo prioritariamente a localização das amostras e o contorno das isobatimétricas (Fig. 3).

O mapa de distribuição de sedimentos mostra o predomínio de sedimentos arenosos até a profundidade de e 80 m e maiores que 110m. Os sedimentos finos (areia lamosa e lama arenosa) concentram-se entre a isobatimétrica de 80 m e 110 m avançando um pouco além

da profundidade de 115 m defronte à ilha do Cabo Frio. A leste desta ilha ocorre outro corpo de areia lamosa entre as isobatimétricas de 50 e 60 m. Os sedimentos lamosos ocorrem como poucos pontos isolados, dispersos nas várias profundidades, assim como os de areia cascalhosa. Amostras de cascalho são raras e só ocorrem em profundidades maiores que 125 m.

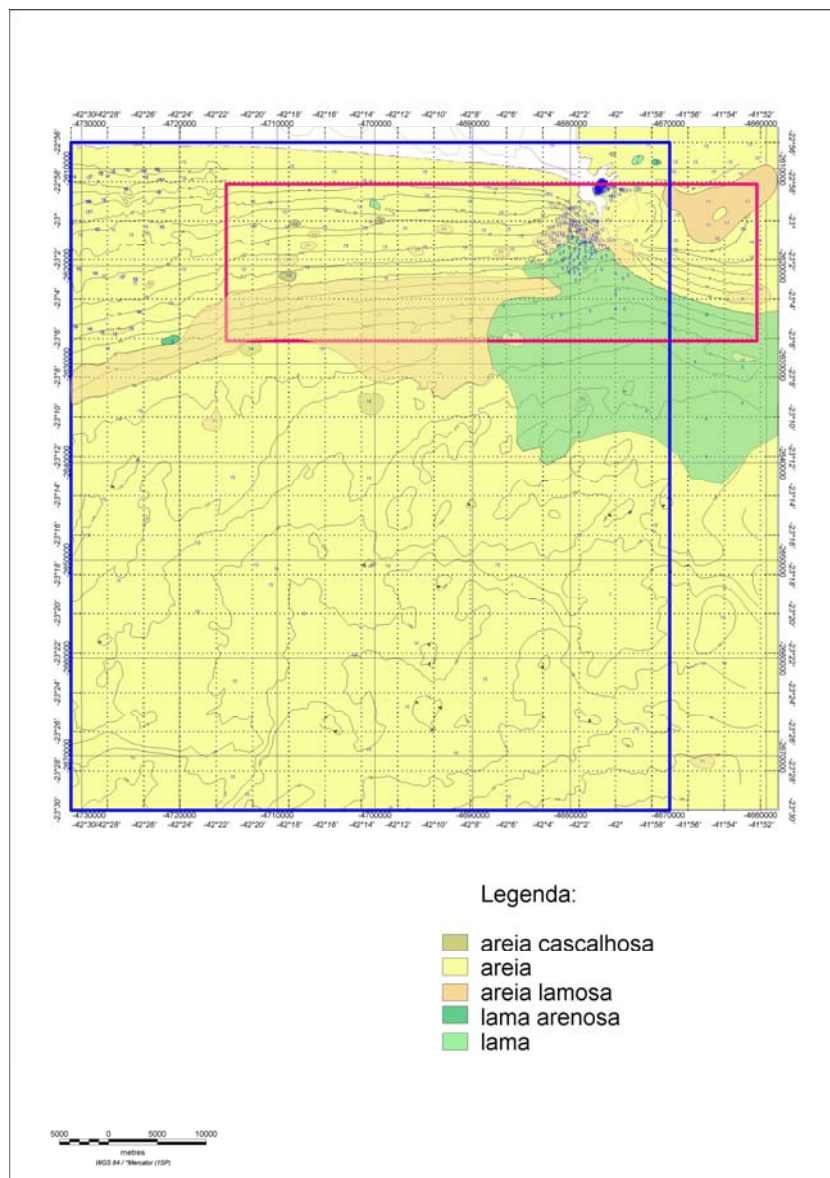


Figura 3 – Mapa da distribuição dos sedimentos superficiais baseada na classificação de Shepard. O quadro vermelho assinala a área sondada com o ecobatímetro multifeixe e o azul a área estudada por Artusi (2004). A numeração em azul indica a localização das amostras geológicas.

Considerando o diâmetro médio, a distribuição dos sedimentos apresenta-se relativamente paralela às linhas batimétricas (ARTUSI, 2004). As areias grossas a médias predominam até a isobatimétrica de 50m e além da isobatimétrica de 105 m. Na plataforma média, entre 50 e 100 m de profundidade, observa-se uma variação do diâmetro dos grãos de oeste para leste, que passa de areia fina para muito fina até lama. Quanto ao teor do CaCO_3 , nota-se que teores menores que 20% ocorrem até cerca de 105 m de profundidade, enquanto que em maiores profundidades os teores são maiores que 80% (ARTUSI, 2004). O modelo digital do terreno (Fig. 4) observado em conjunto com o mapa de distribuição dos sedimentos permitiu observar algumas feições já anteriormente descritas em Simões *et al.*(2005a).

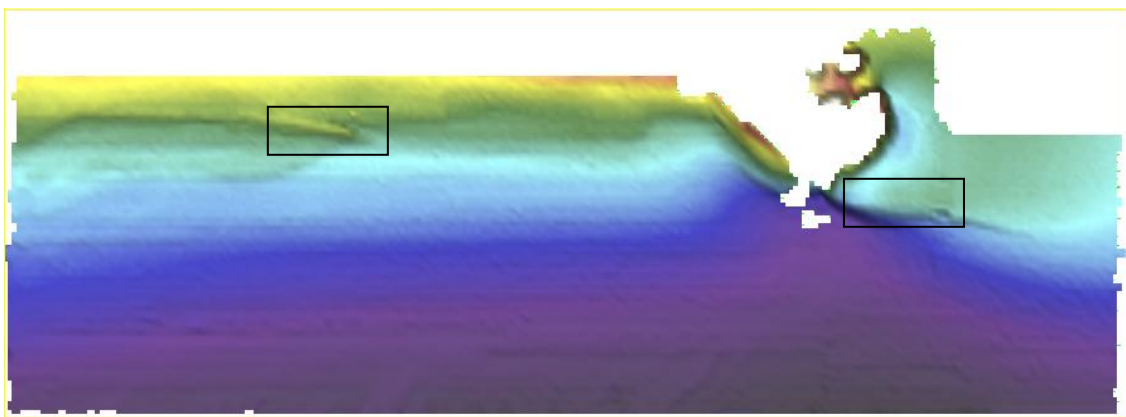
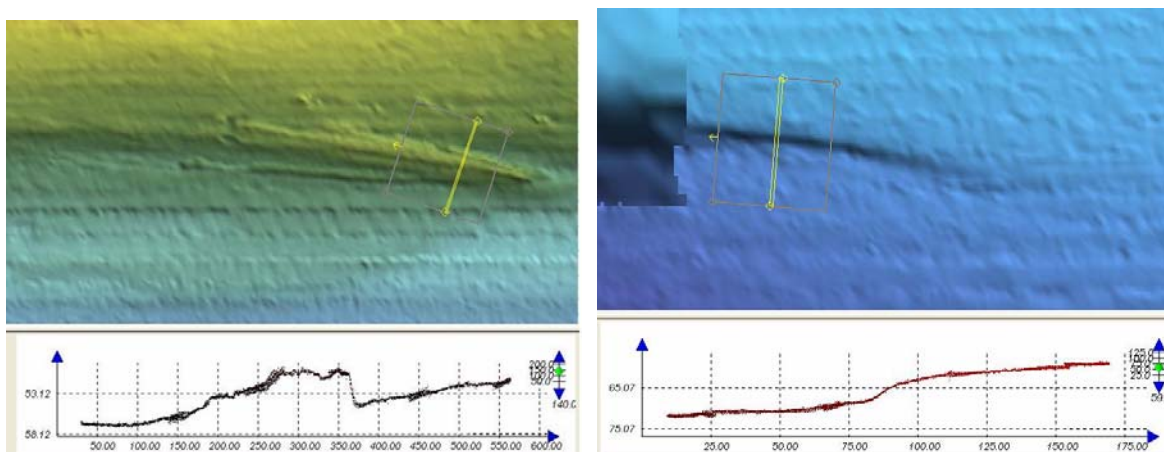


Figura 4 – Modelo digital do terreno gerado a partir dos dados batimétricos multifeixe. O quadro da esquerda assinala a localização da feição alongada e o da direita a da feição de escarpa.

Dentre estas, duas foram destacadas e analisadas. A primeira é uma feição alongada com extensão de aproximadamente 13 km, largura média de 500 m, desnível de até 5 m, alinhada na direção 110° e localizada em torno da isobatimétrica de 50 m (Fig. 5 A). A segunda é uma escarpa com desnível de aproximadamente 10 m orientada na direção NW-SE, localizada ao sul da ilha de Cabo Frio, observada pela variação brusca do gradiente do fundo, em torno da isobatimétrica de 70 m (Fig. 5 B).



Figuras 5 A e B – Feição alongada e feição de escarpa com respectivos perfis batimétricos.

A feição alongada localiza-se no domínio das areias médias a grossas e é interpretada como um arenito de praia (*beach rock*) que pode corresponder aos terraços definidos por Corrêa *et al.* (1980) e Muehe *et al.* (1993), com idade média estimada de 10.000 anos. Pontos de amostragens geológicas em suas proximidades indicaram a presença de concreções carbonáticas ao sul da feição e de lama ao norte, corroborando a interpretação de uma possível laguna e cordão arenoso pretéritos.

A feição de escarpa está localizada no domínio das areias finas, numa região bastante próxima da concentração de lamas arenosas e areias lamosas.

Saavedra e Muhe (1994) mostraram que a direção do transporte sedimentar na área é predominantemente de nordeste para sudoeste, em função da corrente de deriva de nordeste associada aos ventos de mesma direção. Nas proximidades da feição de escarpa, Mahiques *et al.* (2005) mediram taxas de sedimentação que variaram de 0,26 a 0,66 mm/ano. Baseando-se nestas observações sugere-se que esta feição represente uma frente de progradação de sedimentos finos de NE para SW, influenciada pelas correntes marinhas que atuam no local.

CONCLUSÕES

A utilização de dados batimétricos multifeixe se mostrou uma valiosa ferramenta no estudo da morfologia do fundo marinho revelando uma série de feições de fundo ainda desconhecidas.

A feição alongada, na cota batimétrica de 50 m, foi interpretada como um *beach rock* e pode corresponder aos terraços descritos por Corrêa *et al.* (1980) e Muehe *et al.* (1993),

com idade média estimada de 10.000 anos. A feição de escarpa é interpretada como uma frente de progradação de sedimentos finos que obedecem a direção predominante do transporte sedimentar na área de NE para SW.

Futuros estudos deveriam contemplar a testemunhagem geológica e a perfilagem sísmica para verificar a ocorrência de depósitos lagunares na parte posterior do alinhamento da *beach rock* e a ocorrência de camadas de *foresets* que indicassem a progradação sedimentar na área do escarpamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTUSI, L. **Geologia, geomorfologia e sismoestratigrafia rasa da plataforma continental ao largo da laguna de Araruama**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestre) - Curso de Geologia, Departamento de Lagamar, UFF, Niteroi, 2004.

CORRÊA, I. C.; PONZI, V. R. A.; TRINDADE, L. A. F.. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia , 31., 1980, Camboriu. **CBG**. SC: -, 1980. v. 1, p. 578 - 587.

COSTA, M. P. A. et al. Prováveis estabilizações do nível do mar em trechos da plataforma continental entre o norte de São Paulo e o sul do Rio de Janeiro, constatadas através da morfologia de detalhe. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35., 1988, Belém.**CBG** . Pará: -, 1988. v. -, p. - - -.

HUGHES CLARKE, J. E.; MAYER, J. E.; WELLS, D. A.. Shallow water imaging multibeam sonars: a new tool for investigating sea floor process in the coastal zone and continental shelf. **Mar. Geophys. Res.**, -, v. 18, n. -, p.607-629, 1996.

KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. P. A.. Evidence of late quaternary sealevel stillstands on the upper brazilian continental margin: a synthesis. In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Project 61, 1978, São Paulo.**ICGP** . SP: -, 1978. p. - -

MAHIQUES, M. M.; BÍCEGO, M. C.; A.SILVEIRA, I. C.. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, -, v. 77, n. 3, p.535-548, 2005.

MUEHE, D.; CARVALHO, V. G.. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e o Cabo Frio - RJ. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 41, n. -, p.1-12, 1993.

SAAVEDRA, L. e MUEHE, D. 1994. Dinâmica sedimentar na plataforma continental interna entre a ilha de Cabo Frio e Cabo Búzios – RJ. XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia – Camboriu, SC. pg 370-371.

SAAVEDRA, L.; MUEHE, D.. Dinâmica sedimentar na plataforma continental interna entre a ilha de Cabo Frio e Cabo Búzios - RJ. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38., 1994, Camboriu. **CBG**. SC: -, 1994. p. 370 - 371.

SIMÕES, I. C. V. P. et al. Aplicação da batimetria multifeixe para a definição da morfologia detalhada ao largo da laguna de Araruama e Arraial do Cabo. In: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10., 2005a, Guarapari. **ABEQUA** . ES: -, 2005. p. - - -. CD-ROM.

SIMÕES, I. C. V. P.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. G.. Levantamento geomorfológico com ecobatímetro multifeixe ao largo da laguna de Araruama e Arraial do Cabo. In: Simpósio de Geologia do Sudeste , 9., 2005b, Niterói. **SGS**. RJ: -, 2005. p. - - -. CD-ROM.