



## Estudo dos processos sedimentares na Lagoa Rodrigo de Freitas através de Sísmica de alta frequência

José Antônio Baptista Neto; Cleverson Guizan Silva, Estefan Monteiro da Fonseca, Claudia G. Vilela, Susanna Sichel  
Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense Av. General Milton Tavares de Souza, s/nº - 4º andar -  
Campus da Praia Vermelha - Gragoatá - Niterói – RJ, email: [jneto@igeo.uff.br](mailto:jneto@igeo.uff.br). [cleverson@igeo.uff.br](mailto:cleverson@igeo.uff.br)

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Rodrigo de Freitas Lagoon bottom sediments and seabed characteristics were analyzed using high-resolution (10 kHz) sub-bottom profiles associated with particle size analyses of 44 bottom sediment samples. Four types of echo-characters were identified revealing the strong relation with the particle size distribution. Where it was possible to be observed that the sandy bottom areas presented strong echo reflections, without sub-bottom penetration, while in muddy areas sub-bottom reflections showed the acoustic basement delineating buried sugar-loaf hills and infilled-valley features, wrinkled seabed surface, which represent dragging areas, the presence of gas, and it is also possible to define in the north portion of the lagoon, its sediment thickness, which reached in this area 16 meters.

### Introdução

Ambientes transicionais e fluvio-marinhos como os estuários, deltas, baías e lagoas costeiras têm sido, nas últimas décadas, cada vez mais alvos de investigação quanto aos processos sedimentares atuantes. No Brasil vários trabalhos têm utilizado sísmica de alta frequência (3,5 a 12 kHz) com o intuito de determinar os processos sedimentares, geomorfologia submarina, espessura do pacote sedimentar e evolução sedimentar em ambientes costeiros (Baptista Neto *et al.*, 1996; Quaresma *et al.*, 2000; Costa e Figueiredo, 1998; Figueiredo *et al.*, 1996; Catanzaro *et al.* 2004; Weschenfelder *et al.*, 2005; Weschenfelder *et al.*, 2006). O padrão do eco é resultado da interação entre o fundo oceânico e o pulso da energia usada como fonte. O retorno do eco é afetado pelo tipo de sedimento, e suas camadas, e por suas estruturas e rugosidade do fundo (Flood, 1980).

A lagoa Rodrigo de Freitas está situada ao sul da cidade do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22° 57'02"S e 22° 58' 09"S e longitudes 043°11'09" e 043°13'03"W (Figura 1). Possui um espelho d'água com cerca de 2 km<sup>2</sup> e dimensões aproximadas de 2 km na direção Norte-Sul, 0,8 a 1,6 km na direção Leste-Oeste. A acumulação natural, nesse ambiente, de sedimentos tanto marinhos como continentais e os aterros produzidos pelos homens há vários anos tem modificado o aspecto e as dimensões da Lagoa. O seu formato atual é de um polígono irregular com um perímetro de 7,2 km e a largura máxima de 3 km. O espelho de água é de cerca de 2,5 km<sup>2</sup> com profundidade máxima de 11m (Andreatta *et al.*, 1997). No presente estudo, a sísmica foi utilizada para a visualização do tipo de fundo, dos processos sedimentares atuantes, e da espessura de sedimentos na Lagoa Rodrigo de Freitas.

### Metodologia

Amostras de sedimentos superficiais foram coletadas com um amostrador do tipo van Veen em 44 estações (Figura 1), cobrindo praticamente toda a área de estudo. A perfilagem sísmica (Figura 2) foi feita através do equipamento STRATABOX ODEC, que opera na frequência de 10 kHz para penetração do sub-fundo. As análises granulométricas foram realizadas com o método tradicional de peneiramento (> 62µm, escala de Wentworth) e pipetagem (< 62µm), após destruição da matéria orgânica com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A concentração de matéria orgânica foi determinada através da utilização do equipamento CS infrared analyser modelo Eltra Metaly 1000CS.

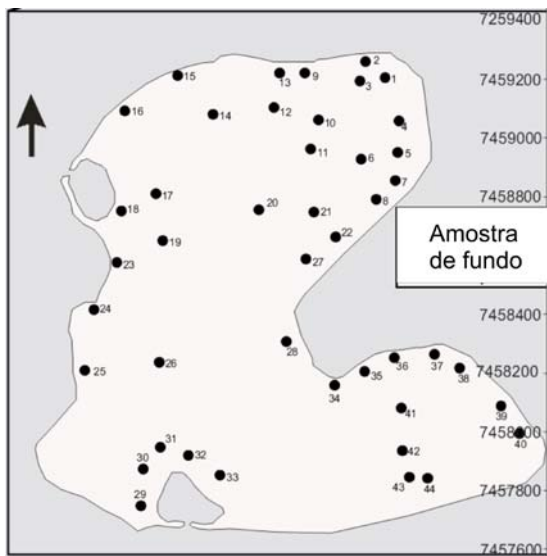


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo, com o posicionamento das amostras de fundo.

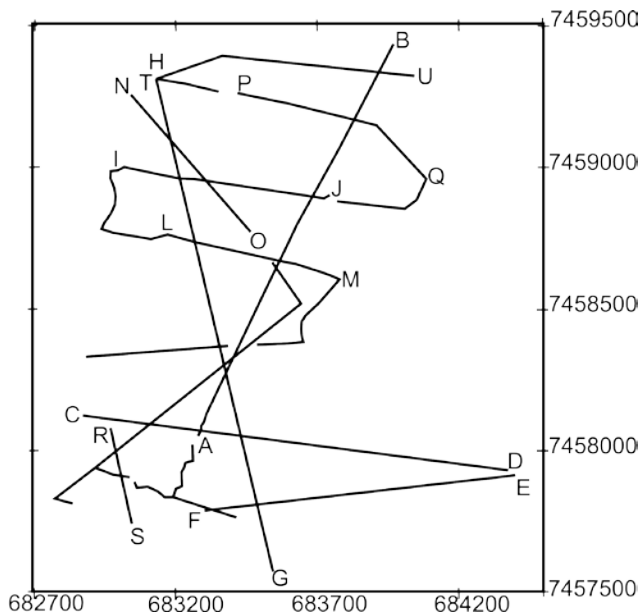


Figura 2 – Posicionamento das linhas sísmicas na Lagoa Rodrigo de Freitas

## Resultados

Os registros de sismica revelaram principalmente quatro tipos de sismofácies: 1) ecocaráter de forte reflexão do fundo, não ocorrendo penetração do sinal e sem reflexões de sub-fundo; 2) ecocaráter transparente, permitindo observar refletores em sub-superfície e até mesmo o embasamento cristalino; 3) ecocaráter de forte reflexão com vários refletores múltiplos (plano-paralelos)

de aspecto difuso (“borrado”) sem fortes contrastes; 4) ecocaráter fortemente refletivo, em região de fundo extremamente irregular e “enrugado”.

A distribuição destes tipos de eco foi comparada com os tipos de sedimentos amostrados permitindo tecer interpretações sobre a natureza do fundo lagunar.

O primeiro tipo de eco (fundo fortemente refletivo) é representado por sedimentos arenosos, localizados preferencialmente próximo ao canal do Jardim de Alah. Este tipo de fundo não permite a visualização de camadas de subsuperfície e desta forma não é possível observar a espessura da camada de sedimentos.

O segundo ecocaráter (transparente) ocorre em áreas de sedimentação mais fina, lamosa, permitindo penetração suficiente do sinal acústico para imagear o embasamento acústico em alguns locais. Tal tipo de eco encontra-se localizado, de acordo com o mapa de diâmetro médio das partículas, em regiões onde o fundo apresenta sedimentos do tamanho silte-argila, refletindo condições hidrodinâmicas calmas, característicos de ambiente lagunar. O paleorelevo do embasamento cristalino soterrado, provavelmente predominante em todo o sub-fundo da lagoa, é bastante irregular, com feições do tipo pão-de-açúcar recobertas por lamas lagunares (Fig. 3).

O terceiro tipo de eco (altamente refletivo com várias múltiplas) é indicativo da presença de gás junto ao sedimento como observado na Baía de Guanabara por Baptista Neto et al. (1996) e Catanzaro et al. (2004). Localmente ocorrem feições de escape de gás na forma de “cortinas acústicas” (Figura 3) semelhantes às descritas por Garcia-Garcia et.al (1999); Garcia-Gil et.al (1999) e Judd et.al (1992) em outras áreas. Estes autores afirmam que em diversas regiões do mundo existem camadas de matéria orgânica produzindo gás, em profundidades de até 100m abaixo dos sedimentos de fundo. Oliveira (2000) relata a ocorrência destas “cortinas acústicas” em trabalho realizado no litoral leste da ilha de Paquetá. Em função da pequena espessura de sedimentos sobre o embasamento cristalino na lagoa Rodrigo de Freitas, o gás é de origem biogênica, formado pela decomposição de matéria orgânica por bactérias anaeróbicas.

O quarto ecocaráter (fundo refletivo e irregular) representa uma superfície que foi dragada (Figura 4).

Estes tipos de dragagem ocorreram, principalmente, próximo ao clube de Regatas do Flamengo, para a realização dos jogos Pan-Americanos, realizados na cidade do Rio de Janeiro.

Os principais registros regionais, realizados na Lagoa Rodrigo de Freitas, demonstram claramente os processos sedimentares atuantes na área. No perfil A-B (Figura 3), que é um perfil nordeste-sudoeste saindo das proximidades do canal do Jardim de Alah até o interior da lagoa, observa-se sedimentos silte-argilosos da parte sul, da lagoa, passando por uma área com a presença de refletores múltiplos de subfundo, que segundo a literatura, representa áreas de ocorrência de gás. Em seguida observa-se um fundo lamoso, onde é possível a visualização do embasamento acústico, com a presença de um relevo bastante irregular, com formas de pão-de-açúcar (Baptista Neto et al., 1999; Catanzaro et al, 2004), e paleovales. O Perfil G-H (Figura 5), sendo um perfil noroeste-sudeste, representa o mais longo dos perfis, mostrando bem as variações de fácies sedimentares que ocorrem na lagoa, desde areia lamosa, até as lammas argilo-siltosas, da parte mais ao norte da lagoa, passando por uma faixa com inúmeros refletores múltiplos, indicativas de gás. Na parte mais interna da lagoa é possível observar o embasamento acústico.

Os Perfis localizados na região norte da lagoa foram utilizados para medir a espessura da camada de sedimentos lamosos da lagoa Rodrigo de Freitas, este perfis apresentaram maiores penetrações onde foi possível observar refletores plano-paralelos em sub-superfície, indicando uma sedimentação mais fina do tipo lamosa, pois logo abaixo ocorre uma camada transparente até atingir o embasamento acústico. Tal tipo de eco encontra-se localizado, em regiões onde o fundo apresenta sedimentos do tamanho silte e argila, refletindo baixas condições hidrodinâmicas. Neste tipo de eco, observa-se o paleorelevo predominante em toda a lagoa, onde são encontradas formas de relevo bastante irregulares, do tipo "pão-de-açúcar" recobertos por estes sedimentos lamosos, além de vales preenchidos e paleocanais. Estes paleorelevos são testemunhas dos processos de formação deste ambiente lagunar, num nível de mar abaixo do atual e são semelhantes a outros

ambientes costeiros no estado do Rio de Janeiro, como Baía de Guanabara (Catanzaro et. al. 2004). A espessura da camada de lama que ocorre na parte norte da lagoa, pode atingir até 16 metros (Fig. 6). Análises de Pb<sub>210</sub> realizada por Loureiro (2006) indicam uma taxa de sedimentação para a lagoa de 0,75 cm.ano<sup>-1</sup>, que deve ser considerada como uma taxa de sedimentação extremamente alta para os últimos 50 anos, quando o impacto por assoreamento é máximo em função da ocupação desordenada do entorno lagunar.

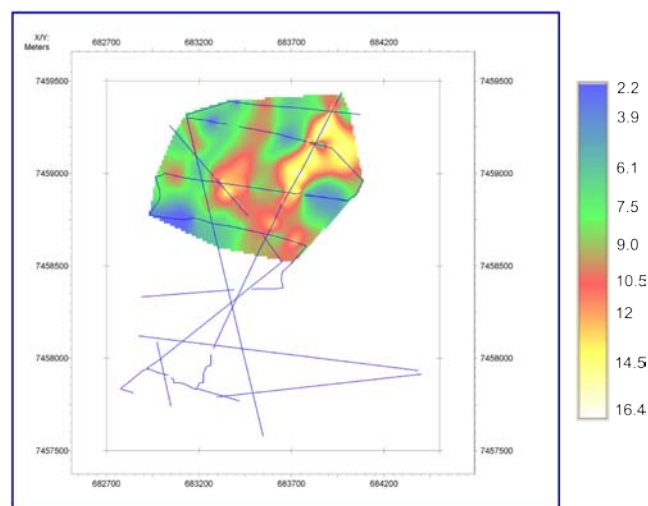


Figura 6 – Mapa da espessura de sedimentos lamosos na lagoa Rodrigo de Freitas.

### Conclusões

A associação entre dados sedimentológicos e registros sísmicos de alta frequência (10 kHz) apresenta-se como uma importante ferramenta para o entendimento das características do fundo e subfundo de ambientes costeiros. Na Lagoa Rodrigo de Freitas foi possível observar diferentes tipos de ecocaráter, onde se observou superfícies de dragagem, presença de gás, áreas de despejo de material dragado e foi possível ainda, definir a espessura dos sedimentos da parte norte da lagoa. Na região norte da Lagoa, onde predomina a sedimentação lamosa, ocorrem espessuras de até 16 metros de sedimentos lamosos.

**Agradecimentos**

Agradecemos o apoio financeiro da FAPERJ e do CNPq a realização dos nossos trabalhos.

Lagoa dos Patos Revelados por Sísmica de Alta Resolução. *Pesquisas em Geociências*, 32 (2): 57 - 67,

**Referências**

- ANDREATA, J.V., MARCA, A.G., SOARES, C.L.; SILVA SANTOS, R., 1997, Distribuição mensal dos peixes mais representativos da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 14, 121-134
- BAPTISTA NETO, J.A., SILVA, M.A.M. & FIGUEIREDO, JR. A.G. (1996). Sísmica de alta frequência e o padrão de distribuição de sedimentos na Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) - RJ/Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 14(1): 51-57.
- CATANZARO, L.F., BAPTISTA NETO, J.A., GUIMARÃES, M.S.D. & SILVA, C.G. 2004. Distinctive sedimentary processes in Guanabara Bay – SE/Brazil, base don the analysis of echocharacter (7.0 kHz). *Rev. Brasileira de Geofísica*, 22(1):69-83.
- COSTA, E.A. & FIGUEIREDO, A.G. (1998). Echo-Character and Sedimentary Processes on the Amazon Continental Shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 70 (2). 187-200 .
- FIGUEIREDO Jr, A.G., NITTEROUER, C.A. & COSTA, E.A. (1993). Gas-charged sediments in the Amazon Submarine Delta. *Geo-Marine Letters*, 16: 31-35.
- FLOOD, R.D. (1980). Deep sea sedimentary morphology: modelling and interpretation of echo-sounding profiles. *Marine Geology*, 38: 77-92.
- FLOODGATE GD & JUDD AG. 1992. The origins of shallow gas. *Continental Shelf Research*. 12(10): 1145–1156.
- GARCIA-GARCIA, A.; VILAS, F. & GARCIA-GIL, S. (1999). A seeping sea-floor in Ria environment: Ria de Vigo (Spain). *Environment Geology*. 38 (4): 296-300.
- GARCIA-GIL, S.; GARCIA-GARCIA, A.; & VILAS, F. (1999). Identificación sísmico-acústica de las diferentes formas de aparición de gas en la Ría de Vigo. *Rev. Soc. Geol. España*. 12 (2): 301-307.
- JUDD, A.G. & HOVLAND, M. (1992). The evidence of shallow gas in marine sediments. *Continental Shelf Research*. 12. (10). 1081-1095.
- LOUREIRO, 2006. Evolução Dos Aportes De Metais Pesados Na Lagoa Rodrigo De Freitas, Rj. Dissertação de Mestrado. Inst. Oceanografia. UERJ.
- OLIVEIRA, L. V. (2000). Assoreamento na Ilha de Paquetá. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia. UFF., Niterói-RJ. 41p.
- QUARESMA, V.S., DIAS, G.T.M. & Baptista Neto, J.A. (2000). Caracterização de padrões de sonar de varredura lateral e 3,5 e 7,0 kHz na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. *Rev. Brasil. Geofísica*. 18 (2): 201-214.
- WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S.; ALIOTTA, S.; PEREIRA, C.M. & VASCONCELLOS, V.E.B. (2006) . Shallow gas accumulation in sediments of the Patos Lagoon, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78(3): 607-614
- WESCHENFELDER, J.; CORRÊA, I.C.S. & ALIOTTA, S. (2005) . Elementos Arquiteturais do Substrato da

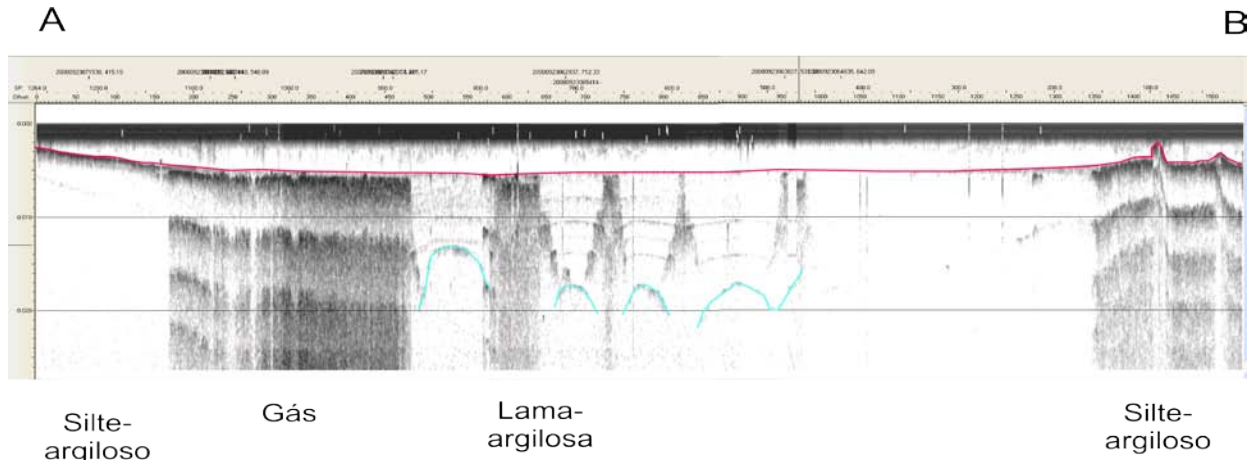


Figura 3 – Perfil sísmico A-B, direção norte-sul, na lagoa Rodrigo de Freitas, onde se observa o paleorelievo (em azul) e um padrão borrado, típico de presença de gás

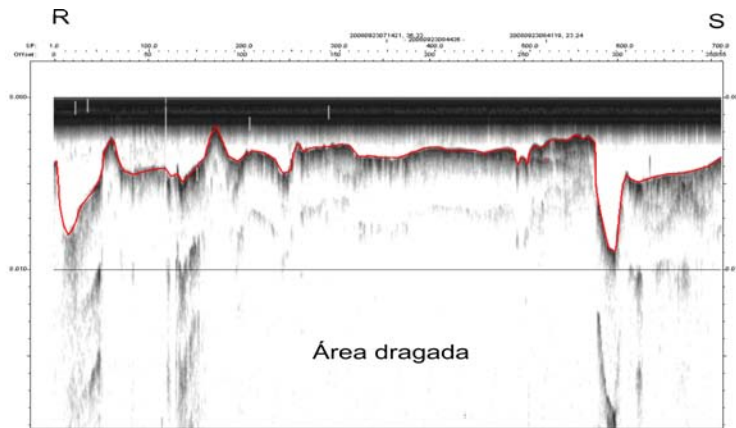


Figura 4 – Perfil sísmico de uma área dragada

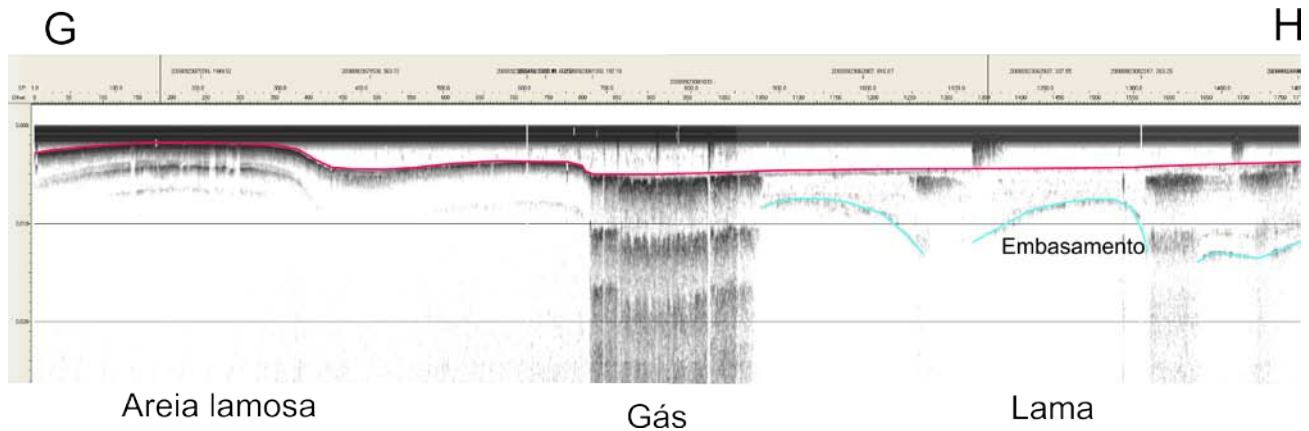


Figura 6 – Perfil sísmico direção norte-sul, onde se observa a passagem de sedimentos arenosos, próximo ao ponto G, para uma sedimentação lamosa, próximo ao ponto H.