

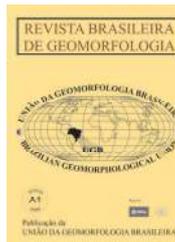


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 2 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i2.1111>



GEOMORFOLOGIA, SEDIMENTAÇÃO E PROCESSOS ATUANTES NA LAGOA DE MARICÁ, RIO DE JANEIRO

GEOMORPHOLOGY, SEDIMENTATION AND PROCESSES IN THE MARICÁ LAGOON, RIO DE JANEIRO

Carolina Pereira Silvestre

*Departamento de Geologia e Geofísica, Universidade Federal Fluminense
Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº, Niterói, Rio de Janeiro. CEP 24210-346. Brasil
Email: cps_silvestre@hotmail.com*

André Luiz Carvalho da Silva

*Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
R. Francisco Portela, 1470, São Gonçalo, Rio de Janeiro. CEP 24435-005. Brasil
Email: andreilcsilvageouerj@gmail.com*

Maria Augusta Martins da Silva

*Departamento de Geologia e Geofísica, Universidade Federal Fluminense
Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº, Niterói, Rio de Janeiro. CEP 24210-346. Brasil
Email: mariaaugustasilva0@gmail.com*

José Antônio Baptista Neto

*Departamento de Geologia e Geofísica, Universidade Federal Fluminense
Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº, Niterói, Rio de Janeiro. CEP 24210-346. Brasil
Email: jabneto@id.uff.br*

Sérgio Cadena de Vasconcelos

*Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
R. Marquês de São Vicente, 225, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. CEP 22451-900. Brasil
Email: sergio.cadena82@gmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
23/05/2016

Aceito (Accepted):
11/02/2017

Palavras-chave:

Ambiente Lagunar; Batimetria;
Maricá/RJ.

Keywords:

Lagoon Environment;
Bathymetry; Maricá/RJ.

Resumo:

A Lagoa de Maricá no município de Maricá, estado do Rio de Janeiro, integra um sistema barreira-laguna formado no Pleistoceno. A geologia desta laguna é pouco conhecida, assim que, este trabalho objetiva a caracterização de sua morfologia e sedimentação, bem como, o entendimento da dinâmica atuante neste ambiente. Para tal, foram adquiridos dados de batimetria e coletadas 72 amostras de sedimentos das margens e fundo lagunar. Diversas análises foram realizadas, tais como: granulometria, morfoscopia (arredondamento e brilho), composição e teor de matéria orgânica dos sedimentos. Os resultados mostram que a Lagoa de Maricá apresenta uma morfologia de fundo predominantemente plano, com profundidade máxima de 2 m na sua porção central. A partir da linha d'água a profundidade aumenta gradualmente, porém de forma diferenciada entre as margens norte e sul: a margem

norte apresenta um perfil suave em direção ao fundo, enquanto que a borda sul é mais íngreme. A profundidade na margem norte atinge 1,5 m (onde ocorre a mudança de sedimentos predominantemente arenosos para areias lamosas) a uma distância que varia de 320 a 720 m a partir da linha d'água, enquanto na margem sul essa mesma profundidade é alcançada entre 160 e 300 m. A sedimentação do fundo lagunar é composta predominantemente por silte arenoso e areia siltosa, introduzidos na Lagoa de Maricá pelos rios. No setor nordeste ocorre o acúmulo de areia siltosa (e argila) depositada na forma de um delta pelo Rio Mumbuca. A margem lagunar norte é formada por areia cascalhosa e cascalho arenoso pobremente selecionado, provenientes da erosão dos afloramentos Pré-Cambrianos e da urbanização no entorno desta laguna. A margem junto a restinga é constituída por areia grossa e média moderadamente bem selecionadas, semelhante à das barreiras. De modo geral, as areias são quartzosas com presença de feldspato, micas, minerais pesados, além de conchas e fragmentos de conchas; há diferenças marcantes no grau de arredondamento entre as areias da margem sul, muito mais arredondadas do que as da margem norte, que são mais angulares. Os ventos de tempestade e o processo de transposição de ondas tem sido ao longo do tempo os responsáveis pelo transporte de areias das barreiras para a laguna; os ventos também geram ondas capazes de retrabalhar os sedimentos das margens e do fundo. A descarga fluvial, os ventos fortes e as ondas são os principais processos responsáveis pela dinâmica sedimentar recente, e ocasionam a distribuição dos vários tipos de sedimentos observados na Lagoa de Maricá.

Abstract:

The Maricá Lagoon in the city of Maricá, Rio de Janeiro State, belongs to a barrier-lagoon system formed in the Pleistocene. The geology of this lagoon is poorly known, so, this paper focus on the characterization of its morphology and sedimentation, as well on the understanding of the lagoon dynamics. For that, bathymetric data and 72 samples from the lagoon margin and bottom were acquired. Several analyses were conducted, such as grain size, particle morphology (roundness and surface textures), composition and organic matter content. The results show that the bottom of the Maricá Lagoon is mainly flat reaching maximum depth of 2 meters at its central portion. From the water line, depth gradually increases differently at the northern and southern margins: the northern margin shows a smooth profile gently inclined towards the bottom as the southern margin is steeper. In the northern margin, the 1,5 meter depth (where sand changes to muddy sands) is reached between the distance of 320 to 720 meters from the water line, as in the southern margin, this same depth is reached at about 160 to 300 meters. The lagoon bottom is composed basically by sandy silt and silty sand, mostly deposited by rivers. At the northeast site, an accumulation of silty sand (plus clay) is forming a delta by the Mumbuca River. The northern lagoon margin is formed by poorly sorted gravelly sand and sandy gravel derived from the erosion of Precambrian outcrops as well as from urbanization. At the sea side, the margin is formed by moderately well sorted coarse to medium sands similar to the barrier's sands. In general, the sands are quartz rich with minor amounts of feldspars, micas, heavy minerals, in addition to shells and shell fragments. There is a striking difference in the roundness between the sands of the northern margin, which are angular, and the well rounded sands of the southern margin. Storm winds and overwash processes have transported sands from the barrier to the lagoon throughout the time. The winds also generate waves capable of reworking lagoon margin and bottom sediments. Fluvial input, strong winds and waves are the main processes responsible for the lagoonal sedimentary dynamics, as well as give rise to the distribution of the various sediments types observed in the Maricá Lagoon.

1. Introdução

Este estudo tem como objetivo caracterizar a morfologia e a sedimentação da Lagoa de Maricá (Maricá, RJ) (Figura 1), assim como, a atuação dos processos costeiros e continentais. A metodologia desta pesquisa se baseou na aquisição de dados batimétricos e coleta de sedimentos da margem e do fundo lagunar para diversas análises. Embora muitos estudos tenham sido realizados nos sistemas lagunares fluminenses, a Lagoa de Maricá,

apesar do seu tamanho e importância geológica, ainda é pouco conhecida. Assim, este trabalho busca melhorar os conhecimentos sobre esse ambiente. Ele pode auxiliar também na adoção de medidas relacionadas ao gerenciamento costeiro, cada vez mais necessário em virtude da tendência de concentração populacional nas margens das lagunas, em especial no litoral de Maricá.

Os sistemas lagunares estão presentes em 13% dos litorais de todo o mundo e são ecossistemas de alta produtividade primária e constantemente ameaçados pelas mais

variadas atividades antrópicas. São corpos d'água rasos, geralmente paralelos à linha de costa e que podem estar conectados ao oceano por um ou mais canais de maré, permanecendo abertos, pelo menos de forma intermitente (KJERFVE, 1994). As dimensões e formas das lagoas estão diretamente relacionadas à morfologia costeira pre-existente, a maneira como as barreiras arenosas se desenvolvem e a atuação dos processos de erosão e deposição, desde o início de sua formação. As variáveis relacionadas aos fatores geológicos, hidrológicos, climáticos e ecológicos são igualmente importantes na formação e evolução deste ambiente (BIRD, 1994). Uma laguna normalmente apresenta baixo influxo de água doce e salinidade elevada devido à predominância da evaporação sobre a precipitação (principal mecanismo de introdução de água doce), ao processo de sobrelavagem (*overwash*) e à entrada de água do mar através do canal de maré. Sua hidrodinâmica é pouco influenciada por correntes e ondas, devido à presença da barreira que minimiza sua interação com o ambiente marinho (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). Em geral, as lagoas costeiras funcionam como armadilhas de sedimentos e

as principais fontes são: (1) plataforma continental interna e face litorânea (*shoreface*), que fornecem areia e cascalho para o sistema lagunar; (2) processos eólicos, principalmente nas áreas de clima mais árido; (3) descarga fluvial, que transporta sedimentos de tamanhos variados (de finos a grossos), depositados de modo geral próximos a borda interna da laguna; (4) processos químicos e biológicos, que ocorrem através da precipitação de sais e crescimento de organismos, respectivamente (DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Sendo assim, as lagoas apresentam um rápido preenchimento sedimentar na escala de tempo geológico. Quando preenchidas, formam extensas áreas colmatadas nas planícies costeiras. Este assoreamento está diretamente relacionado à sua eficiência na retenção de sedimentos; na taxa de variações do nível do mar, em resposta às mudanças climáticas globais e à tectônica local; e ainda são assoreadas pelas atividades antropogênicas (represamento de rios, bombeamento de água, uso e ocupação do solo, etc.) (KJERFVE, 1994; BIRD, 1994). As taxas normais de sedimentação de uma laguna variam entre 30 e 40 cm por século (SHEPARD, 1953).

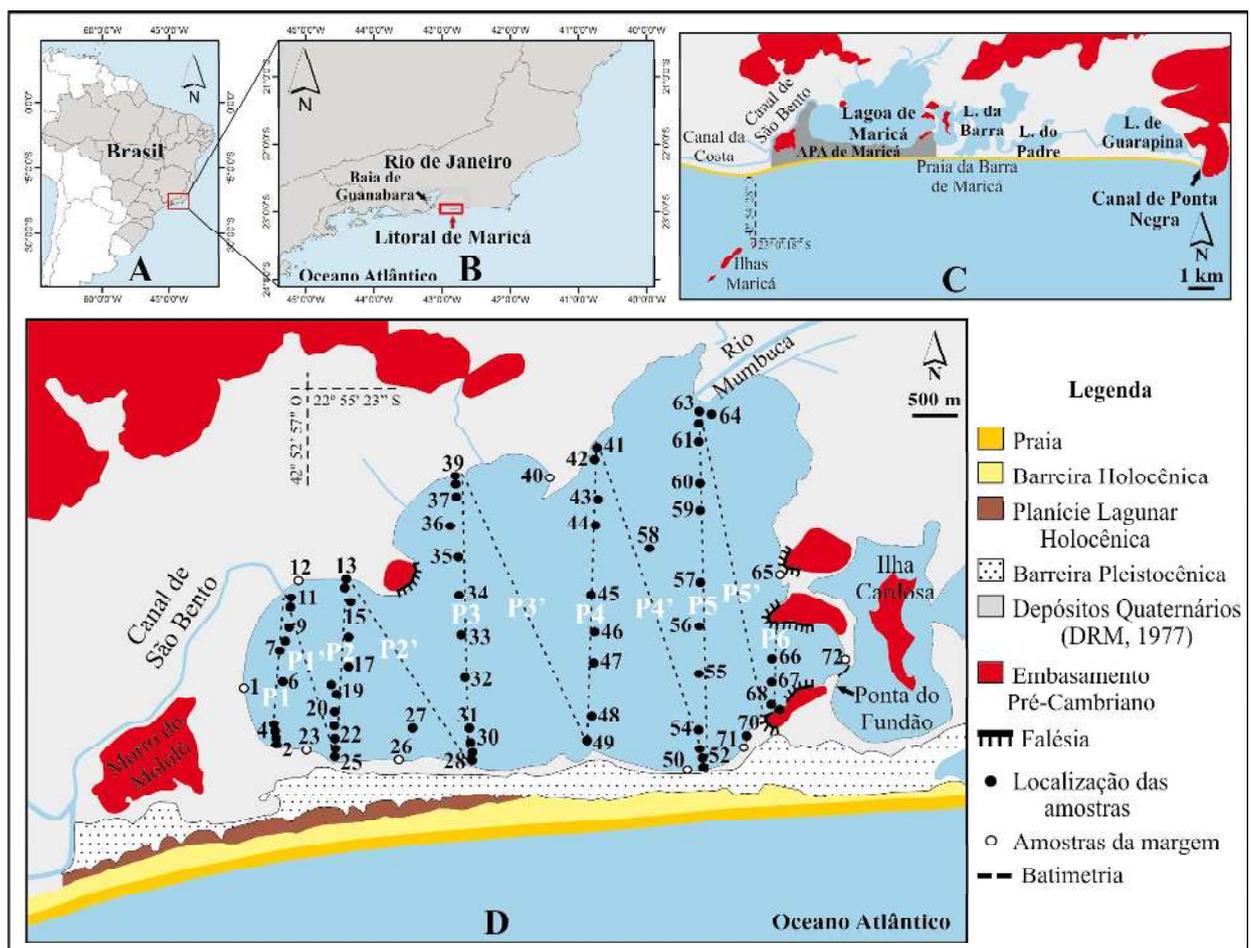


Figura 1 – (A, B e C) Localização da área de estudo, (D) dos pontos de coleta de amostras e dos perfis de levantamento batimétrico da Lagoa de Maricá.

No litoral fluminense existem diversas lagunas que possuem dimensões bastante variadas e ocupam diferentes posições na planície costeira. As lagunas mais internas são maiores e estão localizadas entre os maciços cristalinos e, quase sempre, à retaguarda das barreiras de idade pleistocênica, tais como as lagunas de Jacarepaguá e Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro; Piratininga e Itaipu, em Niterói; Maricá, Guarapina e Jacomé, em Maricá; Saquarema e Araruama (TURCQ *et al.*, 1999). Essas lagunas se formaram pelo fechamento de antigos embaiamentos no Pleistoceno e foram novamente inundadas durante a Transgressão Holocênica (TURCQ *et al.*, 1999). O evento transgressivo ocorrido no Holoceno possibilitou a formação de um novo sistema barreira-laguna, confinando uma série de lagunas de menor porte na depressão entre as barreiras (PERRIN, 1984; IRELAND, 1987; TURCQ *et al.*, 1999; PEREIRA, 2001; SILVA, 2011; SILVA *et al.*, 2014a; SILVA *et al.*, 2014b; SILVA *et al.*, 2014c).

Muitas dessas lagunas estão degradadas e eutrofizadas, como a de Araruama (OLIVEIRA *et al.*, 2011), Rodrigo de Freitas (DOMINGOS *et al.*, 2012) e as do complexo lagunar de Jacarepaguá (SAMPAIO, 2008; GOMES *et al.*, 2009; GOMES, 2011). Algumas tiveram diminuição do espelho d'água devido ao rápido assoreamento e aterros (RESENDE e SILVA, 1995; LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999; BATISTA *et al.*, 2003); descaracterização do seu entorno pela construção de obras de engenharia, principalmente associada a especulação imobiliária e à falta de planejamento urbano.

Área de Estudo

A Lagoa de Maricá (Figuras 1 e 2), também conhecida como Lagoa de São José, está localizada a cerca de 50 km a leste da cidade do Rio de Janeiro e possui aproximadamente 6,3 km de extensão por 4,5 km de largura no trecho mais largo. Apresenta em torno de 19 km² de área, cerca de 2 m de profundidade máxima e um fundo suave em forma de prato (BARBIÉRE, 1985). Trata-se da maior e mais interna entre todas as lagunas que formam o sistema lagunar Maricá-Guarapina. As lagunas deste litoral estão interligadas por canais formando um único sistema lagunar, com cerca de 37 km² de área, conectado ao oceano pelo canal de Ponta Negra que foi construído na Lagoa de Guarapina em 1951 através de um programa governamental de saneamento (OLIVEIRA *et al.*, 1955; SEMADS, 2001). Esse canal

rebaixou o nível de água de todo o sistema lagunar (SEMADS, 2001). Há também o Canal da Costa, que se estende desde a Lagoa de Maricá até a praia de Itaipuaçu (a oeste da área de estudo) e proporciona a drenagem desta planície costeira. Esse complexo lagunar compõe a Área de Proteção Ambiental (APA) das Lagoas, criada pela Lei municipal n° 416, de 04 de setembro de 1984. A Lagoa de Maricá é a que apresenta a menor salinidade, variando entre 0 e 18 ‰, dependendo das condições meteorológicas e do tempo em que o canal de Ponta Negra permanecer aberto, (KJERFVE e KNOPPERS, 1999; LACERDA e GONÇALVES, 2001; GUERRA *et al.*, 2011); e, geralmente, possui balneabilidade imprópria devido à baixa renovação da água (GUERRA *et al.*, 2011; KJERFVE e KNOPPERS, 1999). Essa laguna compõe a Bacia Hidrográfica do Sistema Lagunar de Maricá, que abrange uma área de 330 km², e recebe a descarga fluvial de pequenos córregos (Imbassai, Itapeba, Buriche, Cancio e Cunha), do Canal de São Bento e do Rio Mumbuca (SEMADS, 2001).

A geomorfologia da planície costeira de Maricá é caracterizada pela presença de falésias formadas por embasamento Pré-Cambriano (COE NETO *et al.*, 1986) e por dois sistemas barreira-laguna: um formado no Pleistoceno (TURCQ *et al.*, 1999; SILVA, 2011; SILVA *et al.*, 2014b,c), constituído (de oeste para leste) pelas Lagoas de Maricá, da Barra, do Padre e de Guarapina, distribuídas paralelamente ao litoral e pela barreira atual localizada ao sul dessas lagunas (Figuras 1 e 2); e o outro durante o Holoceno, composto por uma série de pequenas lagunas colmatadas e pela barreira (SILVA *et al.*, 2014a,b,c) (Figuras 1 e 2).

A evolução geológica do sistema barreira-laguna de Maricá foi influenciada principalmente por variações no nível do mar (SILVA *et al.*, 2014b,c). O pacote sedimentar com cerca de 27 m de espessura foi dividido em três sequências deposicionais, cada uma delas composta por uma unidade lamosa e outra arenosa, são elas: Sequência Costeira Pleistocênica I, Sequência Costeira Pleistocênica II (datada entre 48.000 - 45.000 cal anos AP) e Sequência Costeira Holocênica (8.500 cal anos AP) (SILVA *et al.*, 2014b,c). Para Silva *et al.* (2014b,c), a Lagoa de Maricá pode estar associada a extensa unidade lamosa identificada na base da Sequência Costeira Pleistocênica I, e sua formação pode ter tido início a cerca de 120.000 anos AP, corroborando com Turcq *et al.* (1999). Análise de foraminíferos realizada por Bruno (2013) em testemunhos de até 1,78 m de comprimento e próximos

a margem sudeste, apontam para 2 momentos distintos na história holocênica da Lagoa de Maricá: por volta de 2740-2460 cal anos AP, esta laguna possuía conexão com o mar e sua hidrodinâmica variava de média a alta; posteriormente, entre 1040-970 cal anos AP até o atual, vem predominando uma baixa hidrodinâmica e salinidade em resposta ao fechamento do canal.

O litoral de Maricá é dominado por ondas que incidem principalmente do quadrante sudeste associada às condições de tempo bom e, de sul e sudoeste, durante a ocorrência de tempestades causadas pela passagem ocasional de frentes frias, quando podem atingir 3 m de altura na arrebentação (MUEHE 1979; SILVA *et al.*, 2008a; PARDAL, 2009). Essas ondas eventualmente transpõem a barreira durante as tempestades de maior magnitude, depositando água e sedimentos diretamente

nas lagunas (SILVA *et al.*, 2008b), como ocorre na Barra de Maricá (no limite leste da Lagoa de Maricá) por se tratar de um trecho onde a barreira é mais estreita, quando comparada às áreas adjacentes. É nesse trecho também que ocorre historicamente a abertura manual de um canal cortando a barreira, permitindo a conexão da Lagoa da Barra com o mar (OLIVEIRA *et al.* 1955; PINHEIRO, 2015). Neste litoral, a amplitude máxima da maré de sizígia é sempre inferior a 1,5 m (DHN). O regime de ventos é determinado pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, com a ocorrência de ventos predominantes do quadrante leste e nordeste (AMARANTE *et al.*, 2002). Quando esses ventos são substituídos por ventos vindos de sudeste, sul e sudoeste, gerados pelas massas polares provenientes de sul, tornam-se mais intensos (CPTEC, INPE).



Figura 2 – Lagoa de Maricá e os sistemas barreira-laguna formados no Pleistoceno e Holoceno (APA de Maricá) na margem sul. Foto: Roselly Pellegrino, 2009.

Nas margens da Lagoa de Maricá ocorrem diferentes tipos de usos e ocupações. Os trechos mais bem preservados correspondem às margens sul e oeste, pois estão dentro dos limites da APA de Maricá (Figura 2); as margens norte e leste são urbanizadas e possuem tanto casas de alto padrão quanto a tradicional comunidade pesqueira de Zacarias. Desde a década de 1970, esse trecho do litoral fluminense vem sendo preterido para a construção de

empreendimentos imobiliários, que geram conflitos com a Associação de Pescadores de Zacarias (ACCAPLEZ), residentes nessa área a mais de três séculos (PEREIRA e MELLO, 2011). Alguns problemas ambientais são gerados pela ocupação desordenada da margem lagunar, como o lançamento de lixo e esgoto *in natura* diretamente nas águas da laguna, que podem acelerar o processo de eutrofização e provocar a mortandade de peixes.

2. Materiais e Métodos

A morfologia de fundo da Lagoa de Maricá foi caracterizada através da aquisição de dados batimétricos ao longo de 11 perfis (P1, P1', P2, P2', P3, P3', P4, P4', P5, P5', P6) perpendiculares e transversais à linha de costa, em agosto de 2015 um ano marcado pela escassez de chuva. Para a realização do levantamento batimétrico foram utilizados o ecobatímetro modelo SONARMITE v3 da OHMEX *Instrumentation* fixado a lateral de um bote inflável REMAR. O transdutor do equipamento foi posicionado a 0,4 m de profundidade da linha d'água, valor este posteriormente somado as profundidades adquiridas. Os dados foram georreferenciados com o auxílio de um DGPS (*Differential Global Positioning System*) modelo GTR-G2 da TechGeo fixado na mesma haste do transdutor do ecobatímetro. Também foram coletados dados de profundidade manualmente com o auxílio de uma linha de sondagem, nos locais onde não era possível a navegação. Os dados coletados com o DGPS e o ecobatímetro foram associados automaticamente pelo *software* HYPACK 2013, que gera uma planilha (x, y, z), onde foram incluídos os dados manuais. Esses dados foram processados no HYPACK e, posteriormente, utilizou-se o SIG ArcMap 10.3 para a interpolação, geração do modelo digital do terreno (MDT) e *layout* final do mapa batimétrico na escala de 1:15.000.

Os sedimentos lagunares foram analisados a partir de amostras coletadas (Figura 1D) com o amostrador *Van Veen* dentro da Lagoa de Maricá e ao longo das margens usando-se um vasilhame que foi manualmente arrastado para recolher apenas o sedimento superficial. As 72 amostras passaram por análises granulométricas e de teor de matéria orgânica, realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da UFF (Universidade Federal Fluminense). A granulometria foi realizada pelo método de difração de laser (para os sedimentos finos) e pelo método de análise digital de imagens (sedimentos grossos). No laboratório, essas amostras foram inicialmente congeladas, depois secas no liofilizador, pesadas cerca de 50-60 gramas, lavadas na peneira de 0,063 mm para a obtenção do percentual de frações grossas e finas. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas, congeladas e posteriormente secas no liofilizador. Esse procedimento

é necessário, tendo em vista que cada equipamento analisa separadamente os sedimentos finos (argila e silte) e grossos (cascalho e areia). Para a granulometria dos sedimentos finos foi utilizado um equipamento Granulômetro Malvern Mastersizer 2000, de acordo com as seguintes etapas: pesagem de 3 gramas de sedimentos que foram acondicionados em *falcons*, adição da solução defloculante (45,7 gramas de hexametáfosfato de sódio diluído em 1 litro de água destilada), as amostras ficaram por 48 horas no agitador elétrico e, posteriormente, levadas ao granulômetro para a análise. A granulometria dos sedimentos grossos foi feita com base no Sistema de Análise de Forma e Tamanho de Partícula com Processamento de Imagem Digital CAMSIZER, após o quarteamento das amostras até alcançarem o peso aproximado de 25 gramas. Todos os dados foram integrados, processados e classificados utilizando o programa GRADISTAT 2007 (BLOTT e PYE, 2001), que calculou os parâmetros estatísticos baseado em Folk e Ward (1957) e classificação granulométrica modificada Wentworth (1922).

O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado para os sedimentos finos pelo método de perda de peso por ignição (mufla) e para os grossos pela queima por peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Os procedimentos adotados para a quantificação do teor de MO da lama constam de pesagem de aproximadamente 5 gramas de sedimento seco (Peso inicial – PI), que foram colocados em cadinhos e levados a mufla a uma temperatura de 430°C por cerca de 16 horas (SCHUMACHER, 2002). Os sedimentos grossos foram pesados, aproximadamente 25 gramas (PI), e acondicionados em *beckers* de 500 ml. Adicionou-se uma solução contendo 30% de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e 70% de água destilada em quantidade equivalente à da amostra. Posteriormente, as mesmas foram lavadas sucessivas vezes, objetivando a eliminação de resíduos, secos na chapa e na estufa para a pesagem final (PF). A quantificação da matéria orgânica foi determinada pela diferença entre o PI e o PF da amostra ($MO = PI - PF$).

Após essas análises foram selecionadas 26 amostras representativas da margem lagunar, objetivando a análise morfoscópica (arredondamento e brilho) com base na classificação proposta por Folk (1980) e observações relativas a composição dos sedimentos. A morfoscopia foi realizada através da

contagem e caracterização de 100 grãos de quartzo da fração predominante de cada amostra selecionada, utilizando-se uma lupa binocular com iluminação por reflexão. As imagens foram capturadas através do programa *ToupView*. Essa etapa da pesquisa foi realizada no Laboratório de Microscopia Óptica e Morfoscopia (LAMOM) da FFP-UERJ (Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro).

Nos trabalhos de campo foram realizadas medições do nível d'água da laguna a cada 15 minutos, com o objetivo de verificar as oscilações decorrentes da influência da maré na Lagoa de Maricá. Para tal, foi utilizada uma régua de medida vertical localizada cerca de 50 m da margem lagunar, visando minimizar a interferência das ondulações.

3. Resultados e Discussões

3.1. Batimetria e Morfologia da Lagoa de Maricá

Os dados batimétricos foram adquiridos manualmente e com o ecobatímetro em grande parte da Lagoa de Maricá (Figura 1D). No total foram adquiridos cerca de 30 km de dados de batimetria por meio da navegação ao longo desta laguna, com exceção das áreas localizadas no extremo norte-noroeste e leste, devido à presença de afloramentos rochosos e de currais de pesca (emersos e submersos), o que inviabilizou a navegação nesses trechos.

A Lagoa de Maricá é bastante rasa, com cerca de 2 m de profundidade máxima, apresenta fundo predominantemente plano e homogêneo (Figuras 3 e 4). A partir da margem lagunar a profundidade aumenta gradativamente em direção ao fundo atingindo entre 1,5 e 2 m. A mudança de margem para o fundo se dá com a passagem de sedimentos arenosos para arenolamosos. A morfologia da margem submersa apresenta semelhança com a emersa (Figuras 3 e 4). A porção submersa da margem se estende em média até 400 m (norte) e 250 m (sul) a partir da linha d'água. Em seguida, a profundidade aumenta gradualmente em direção ao fundo lagunar (Figuras 3 e 4), que é quase totalmente plano, exceto nas áreas onde existem os afloramentos rochosos.

Os perfis batimétricos (com orientação norte-sul - Figura 1D) apontam para uma morfologia bastante

semelhante entre si, variando apenas a inclinação que é maior na margem próxima da restinga (sul) do que na margem interna (norte). A porção submersa da margem norte é mais suave, onde a profundidade de 0,5 m aparece a uma distância de 60 a 110 m da linha d'água; aumenta para 1 m entre 130 e 250 m e atinge o máximo de 1,5 m de profundidade entre 320 e 720 m da linha d'água, onde ocorre a transição margem-fundo. Já na margem junto à restinga, o aumento da profundidade se dá mais rapidamente. A profundidade de 0,5 m aparece a partir de 30 m da linha d'água, exceto na porção centro-sul onde essa mesma profundidade se prolonga até 160 m, devido a existência de uma protuberância na margem, que sugere a presença de um depósito de leque de arrombamento ou um antigo delta de maré enchente; atinge 1,0 e 1,7 m de lâmina d'água a 160 e 300 m de distância da linha d'água.

A profundidade no entorno da desembocadura do Rio Mumbuca aumenta lentamente até 1,4 km da linha d'água. A coluna d'água possui 0,5 m a cerca de 200 m da foz, atinge 1 m a 540 m e 1,25 m a 1,4 km. Esses valores apontam para o assoreamento dessa área pela formação de um delta lagunar (Figuras 3 e 4), evidenciado pela morfologia e fundo mais raso aumentando a profundidade na medida em que se afasta da foz do rio, diferente das áreas adjacentes. Outros deltas menores aparecem associados aos córregos que desagüam na margem norte e também contribuem para o assoreamento desta área.

A comparação entre as profundidades adquiridas manualmente (Figura 3) e com o ecobatímetro (Figura 4) apresentou pequenas diferenças. Em geral, os resultados obtidos com o ecobatímetro exibem profundidades ligeiramente superiores em relação ao levantamento manual. Essas diferenças de poucos centímetros (entre 0,1 e 0,2 m) podem ter sido geradas pela aquisição de dados em dias diferentes e, conseqüentemente, sujeito a oscilações na lâmina d'água causada por mudanças no regime hidrológico e por ondulações. Especificamente nas áreas próximas as margens norte e leste, o mapa batimétrico não apresentou a distribuição das profundidades na mesma configuração do litoral, diferentemente do setor sul. Isso ocorreu em virtude da ausência de dados para uma interpolação mais representativa das áreas mais rasas, em geral de difícil acesso.

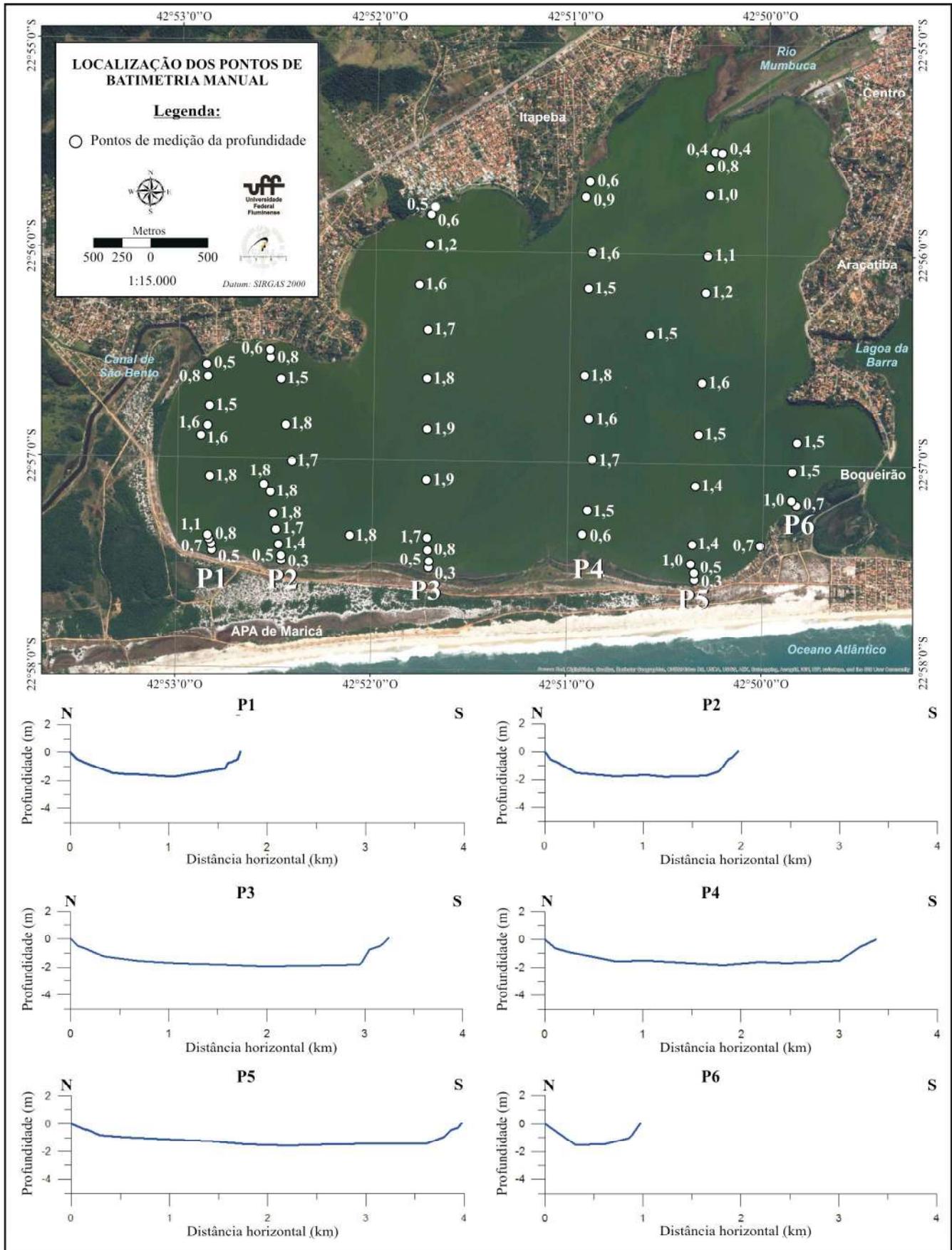


Figura 3 – Profundidades medidas manualmente e perfis batimétricos e morfologia do fundo da Lagoa de Maricá.

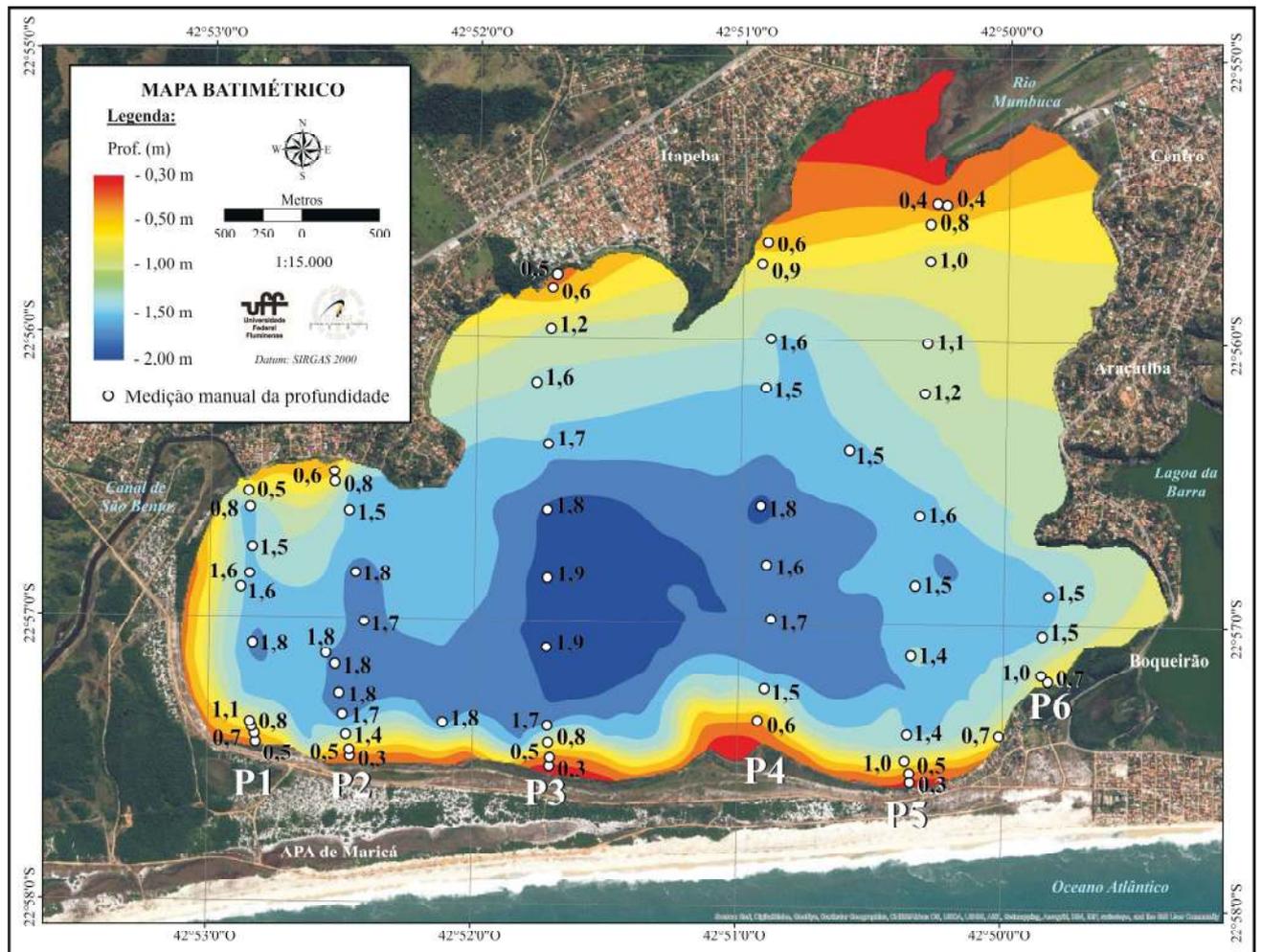


Figura 4 – Mapa batimétrico associando os dados adquiridos manualmente e com o ecobatímetro.

A morfologia de fundo e a batimetria aqui encontradas para a Lagoa de Maricá (Figuras 3 e 4) corrobora com a descrição feita por Barbière (1985), onde esse autor caracteriza o fundo lagunar como suave e em forma de prato, com profundidade máxima em torno de 2 m na área centro-sul. Estudo realizado por Oliveira *et al.* (1955), a partir de dados coletados em fevereiro 1952, aponta para cerca de 2,5 m na parte central da laguna; entre 0,2 e 1,1 m no entorno da desembocadura do Rio Mumbuca (Figura 5); e na área entre a ponta do Boqueirão e a comunidade de pescadores de Zacarias (Figura 5) as profundidades variavam de 1,8 a 3,5 m (Figura 5). As profundidades apresentadas por Oliveira *et al.* (1955) são ligeiramente superiores as identificadas nesse estudo e no de Barbière (1985), o que poderia estar relacionado ao assoreamento desta laguna, principalmente entre a ponta do Boqueirão e a comunidade de pescadores e associado ao delta do Rio Mumbuca.

Entretanto, a ausência de dados batimétricos (no caso de BARBIÈRE, 1985) e das condições meteorológicas em que os mesmos foram adquiridos (nos dois trabalhos citados acima), impossibilita uma comparação mais conclusiva das profundidades registradas em momentos distintos. É importante ressaltar que em períodos com elevada pluviosidade o nível de água da Lagoa de Maricá tende a aumentar, apesar da conexão com as demais por meio de canais. Em levantamento de campo realizado recentemente (janeiro de 2016) durante um período de chuvas intensas (total acumulado de 850 mm no mês), constatou-se uma elevação de 0,5 m no nível desta laguna. Apesar de rasa, com apenas 2 metros de profundidade, a Lagoa de Maricá é mais profunda que as lagoas de Piratininga e Itaipu, que possuem profundidades máxima em torno de 1,3 (RESENDE e SILVA, 1995) e 1 m (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999), respectivamente.

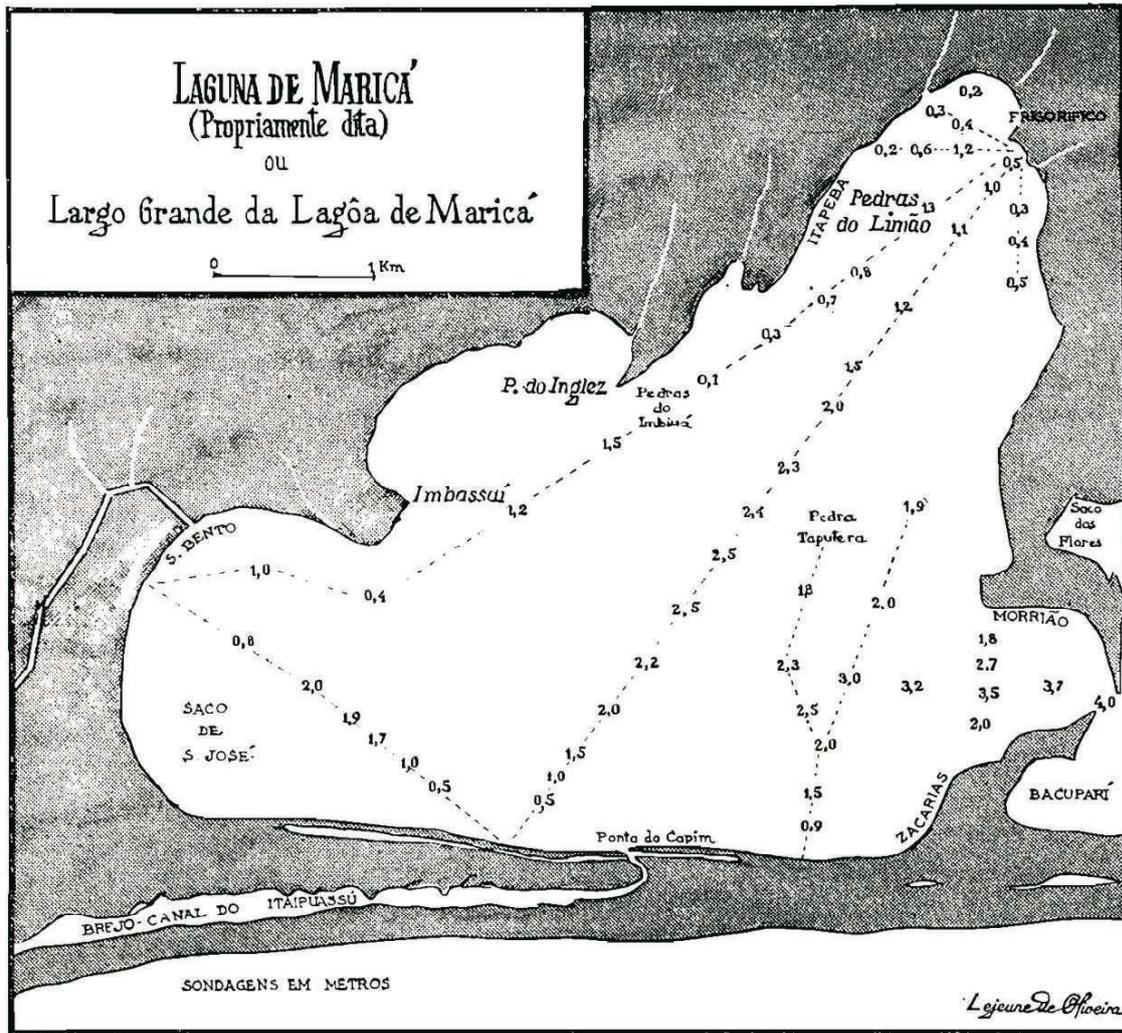


Figura 5 – Dados de profundidade da Lagoa de Maricá obtidos na década de 1950 por Oliveira et al. (1955).

A taxa de sedimentação para a Lagoa de Maricá foi medida através de análises de isótopos de ^{210}Pb , resultando em 0,28 cm/ano próximo ao canal de São Bento, 0,36 cm/ano perto da desembocadura do Rio Mumbuca (FERNEX *et al.*, 1999) e 0,4 cm/ano na área central (MARQUES *et al.*, 1995). Considerando a taxa de sedimentação proposta por Marques *et al.* (1995) e as profundidades encontradas nesse estudo, a porção central desta laguna deverá sofrer um acréscimo de cerca de 40 cm de espessura de sedimentos nos próximos 100 anos, reduzindo a profundidade da mesma para 1 a 1,5 m aproximadamente. As taxas de sedimentação de outras lagoas fluminenses mostram variações significativas, nos seus respectivos subambientes deposicionais, margem e centro (ou fundo). Comumente, os valores são mais altos para as margens e inferiores para a área central mais funda, onde a

deposição se dá por decantação das partículas finas. A Lagoa de Piratininga apresentou, no seu trecho central, taxa de sedimentação de 0,13 cm/ano para o último século (RESENDE e SILVA, 1995), enquanto a Lagoa de Itaipu possui uma taxa de 0,28 cm/ano na margem lagunar (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999). Na Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ) a sedimentação é mais rápida e corresponde a 0,75 cm/ano na área central (LOUREIRO *et al.*, 2012). Shepard (1953), considera que a taxa normal de sedimentação lagunar está entre 30 e 40 cm por século. Neste caso, apenas os valores identificados para as Lagoas de Maricá (margem e centro) e Itaipu (margem) estão dentro das taxas normais de sedimentação lagunar; a Lagoa de Piratininga possui valor bem inferior (na área central) e a Lagoa Rodrigo de Freitas bastante superior em relação ao esperado.

3.2. Sedimentação na Lagoa de Maricá

Os sedimentos da Lagoa de Maricá (Figuras 6 e 7) são compostos principalmente por lama arenosa (28,2%) e areia lamosa (24%), seguida de areia (22,5%). Em menores proporções aparecem (Figuras 6 e 7): areia com presença de cascalhos (15,5%), areia lamosa levemente cascalhosa (8,4%) e cascalho arenoso (1,4%). A fração fina (lama) é constituída principalmente por silte grosso e muito grosso e argila; as areias variam entre muito fina e fina, com presença considerável de conchas e fragmentos de conchas de tamanhos variados.

A fração silte arenoso (Figura 7A e B) está distribuída em quase todo o fundo lagunar de norte a sul das porções centro-oeste e nordeste e sudeste da Lagoa de Maricá (Figura 6). Trata-se de um sedimento cinza escuro (Figura 7A), muito pobremente selecionados e com pequenos dutos indicativos de bioturbação (Figura 7B). Na porção centro-sul e nordeste desta laguna

foram encontradas as maiores concentrações de silte muito grosso (17,5%) e argila (18,3%). Contudo, o silte e a argila estão presentes também em grande parte da área central (com destaque para a porção centro-oeste) e nordeste, com porcentagens que variam entre 6,7 a 21,7%, o que indica que esses são os locais de menor hidrodinâmica lagunar (Figura 6). Esses sedimentos mais finos têm origem na carga de suspensão trazida pelo Rio Mumbuca e outros pequenos córregos que desaguam nesta laguna e se depositam nas áreas de mais baixa hidrodinâmica (Figura 8A e C). O Rio Mumbuca (Figura 8A) tem uma participação importante na sedimentação da porção nordeste da laguna, pois formou um delta lagunar evidenciado pela morfologia da margem lagunar emersa e pelas profundidades mais rasas em uma área mais ampla ao largo da sua desembocadura (Figuras 3, 4 e 5). Este depósito era bem menor na década de 1950 (OLIVEIRA *et al.*, 1955 - Figura 5).

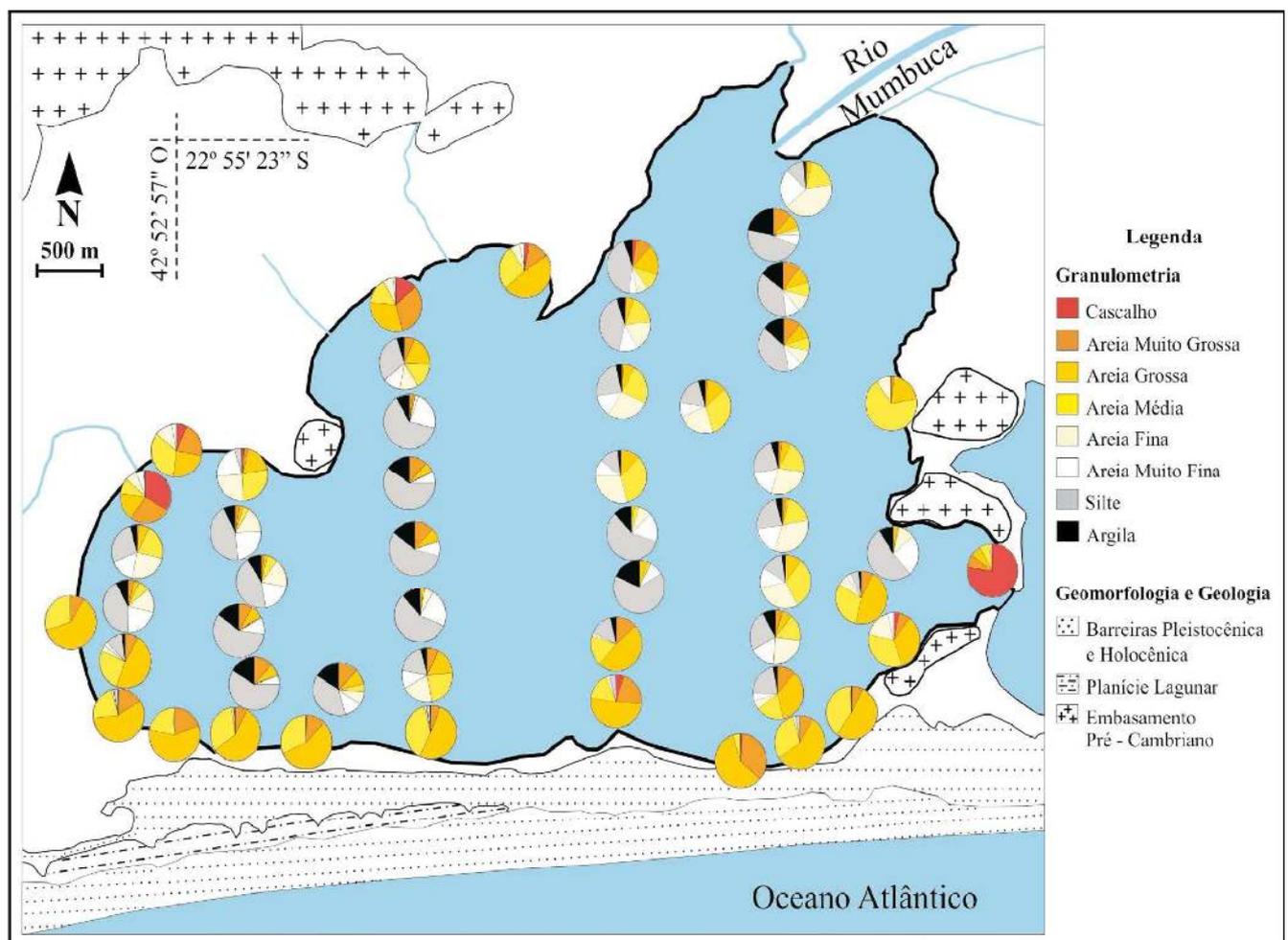


Figura 6 – Granulometria dos sedimentos de fundo e margem da Lagoa de Maricá.

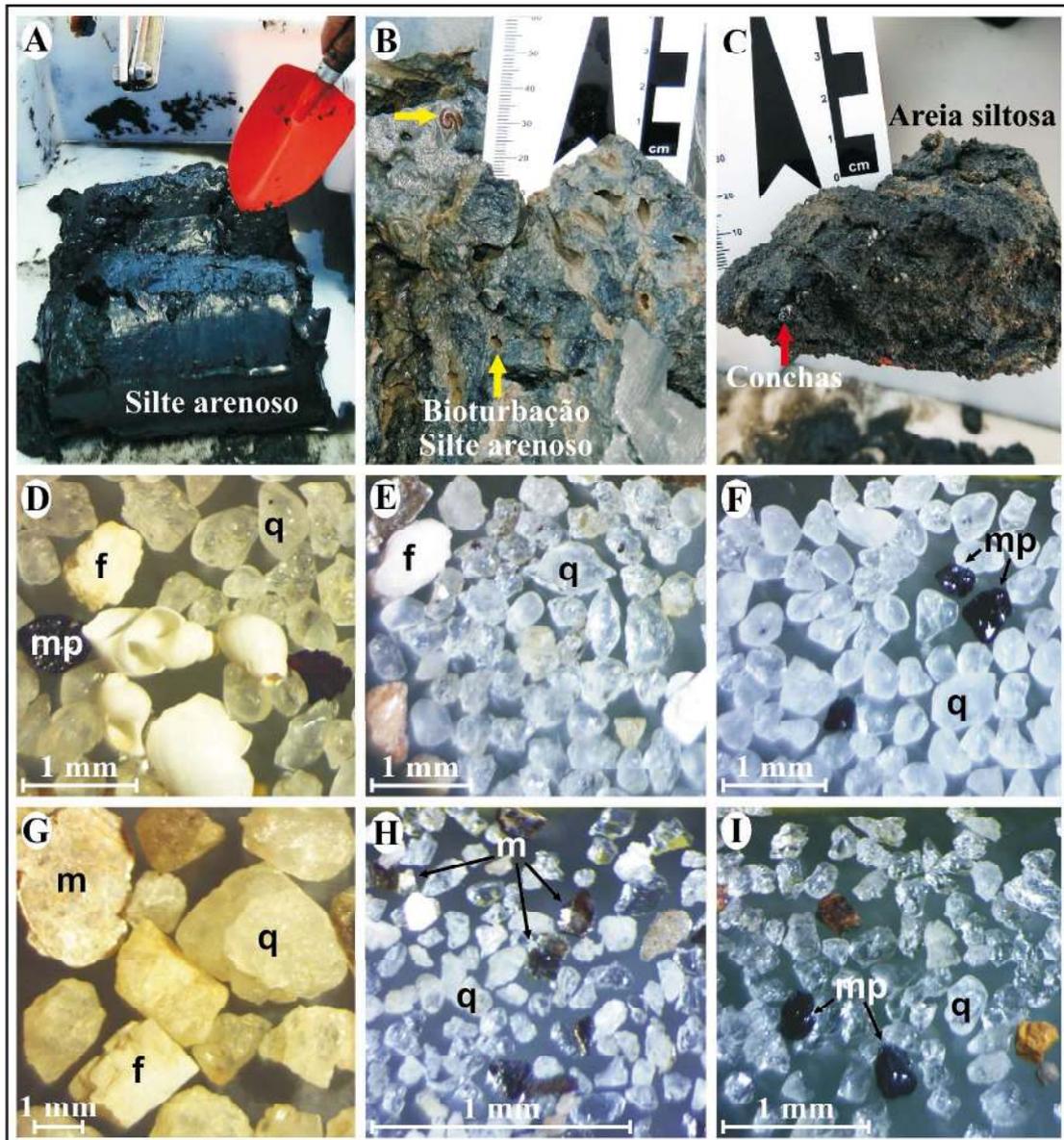


Figura 7 – Sedimentos do fundo da Lagoa de Maricá: (A) silte arenoso com (B) bioturbação (seta), (C) areia siltosa com conchas (seta). Margem lagunar: (D e E) areia quartzosa (q) grossa com conchas e feldspato (f) nas margens sul e (F) oeste, (G) cascalho e (H) areia fina com micas (m) na margem norte, (I) areia média na margem leste, com minerais pesados (mp) (na lupa binocular).

Areia siltosa de cor cinza do fundo da Lagoa de Maricá (Figuras 6 e 7C) está concentrada na porção centro-leste, centro-norte (distribuídos entre os sedimentos lamoarenosos), no extremo oeste e em menor proporção nas áreas de fundo mais próximo das margens, bem como, na desembocadura do Rio Mumbuca. Esses sedimentos são compostos por areia fina (44,5%), muito fina (33,2%) e lama (22,3%) (com predomínio de silte muito grosso) e, em grande parte, muito pobremente selecionados. Esses materiais são provenientes do Rio Mumbuca (Figura 8A) e dos pequenos rios locais. A pre-

sença de areia associada a lama no fundo lagunar pode ser um indicativo de hidrodinâmica relativamente mais expressiva (como observado em trabalho de campo). Sua presença próxima a margem aponta para as áreas de transição entre a lama arenosa do fundo lagunar e a areia grossa das margens (Figuras 6 e 7C).

Os sedimentos que compõem a margem lagunar (tanto emersa quanto submersa) são constituídos basicamente por areias quartzosas, com presença considerável de conchas e fragmentos de conchas carbonáticas (Figuras 7C, D, E e 8B), feldspato (f) (Figuras 7D, E e

F), micas (m) (Figuras 7E, G e H) e minerais pesados (mp) (Figuras 7D, F, H e I). Nas margens sul (Figura 7D e E) e oeste (Figura 7F) predominam areias grossas (89%) seguida de areias médias (11%), até cerca de 250 m da linha d'água. Os sedimentos são moderadamente bem selecionados e os grãos são predominantemente subarredondados (72%), seguido por subangulosos (14%), arredondados (7%) e angulosos (7% - próximo ao embasamento alterado). As partículas de quartzo (q) são majoritariamente foscas apontando para o retrabalhamento pelo vento. A granulometria dessas areias se assemelha às identificadas nas barreiras arenosas por Silva *et al.* (2014b). Essas características apontam as barreiras (Figuras 2 e 6) como fonte de sedimentos retrabalhados pelo vento, pelo processo de sobrelavagem (no Pleistoceno) e pela combinação de ambos. Nas margens norte (Figura 7G e H) e leste (Figura 7I) os sedimentos apresentam tamanhos bastante variados: areias grossas (36%) e finas (29%), seguida de areias médias, cascalhos arenosos (ambos com 14%) e areia muito fina (7%), até aproximadamente 400 m da linha d'água. Esses sedimentos são pobremente selecionados e variam de anguloso (55%) a subanguloso (45%). A areia quartzosa é brilhosa evidenciando o transporte e o retrabalhamento aquoso. As fontes sedimentares para os materiais heterogêneos encontrados nessas margens estão relacionadas ao intemperismo e erosão das falésias (sedimentos mais finos) (Figura 8D) e dos blocos de rocha (sedimentos mais grossos) que existem em diversos locais no entorno da Lagoa de Maricá. Características sedimentares semelhantes as identificadas nas margens sul e norte por Perrin (1984). A presença de sedimentos majoritariamente compostos por cascalho foi identificada próximo ao canal de ligação com a Lagoa da Barra, constituído por conchas e fragmentos de conchas (Figuras 1, 6 e 8B); e num pequeno trecho na proximidade da foz do Canal de São Bento (Figuras 1, 6 e 7G), onde é formado por terrígenos e pode estar relacionado à obra de retificação deste canal na década de 1950 e/ou devido à urbanização dessas áreas, marcada por obras de aterramento (CRUZ *et al.*, 1996).

A distribuição de sedimentos da Lagoa de Maricá é semelhante ao apresentado pelas Lagoas de Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995) e Itaipu (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999), onde predominam sedimentos lamosos, concentrados próximos às áreas fontes e nos

locais de menor hidrodinâmica, como é o caso da desembocadura dos rios e em locais com maior profundidade. Os sedimentos arenosos estão próximos às barreiras e em locais de maior hidrodinâmica (canal de maré da Lagoa de Itaipu). Esse padrão de distribuição de sedimentos é característico desse tipo de ambiente, onde, em condições normais, os sedimentos mais grossos são depositados junto às margens e os mais finos na região central das lagunas e nas áreas de mais baixa dinâmica (READING, 1986).

Grande parte dos sedimentos da Lagoa de Maricá são terrígenos e compostos predominantemente por quartzo, seguido por feldspato, micas e minerais pesados (magnetita, ilmenita, entre outros) (Figura 7D, F, H e I). Esses minerais são disponibilizados para a laguna a partir do intemperismo do embasamento local formado por granitos e gnaisses Pré-Cambrianos (Figura 8D). A Lagoa de Maricá possui também sedimentos carbonáticos, como conchas e fragmentos de conchas de gastrópodes e outros moluscos, e restos esqueléticos de peixes, encontrados em quase todo o fundo lagunar e nas margens próximo à linha d'água (Figuras 7C, D, E e 8B).

Na Lagoa de Maricá, a dinâmica sedimentar sofre influência direta do regime de ventos, como apontado anteriormente por Azevedo (1984). A descarga fluvial e as mudanças meteorológicas de curto prazo promovem variações laterais e verticais da coluna d'água e, frequentemente, a remobilização dos sedimentos de fundo (KNOPPERS e MOREIRA, 1988 e 1990). A ocorrência de ventos fortes vindos de sul, sudoeste e sudeste durante as tempestades pode eventualmente transportar areias das barreiras e depositá-las dentro da laguna. Esses ventos ocorrem com certa frequência no período da tarde (conforme observado também por OLIVEIRA *et al.*, 1955) e, quando mais intensos, podem gerar ondulações superiores a 1 m de altura dentro da Lagoa de Maricá (Figura 9). Essas ondas são suficientemente capazes de remobilizar e retrabalhar os sedimentos das margens (Figura 9) e do fundo lagunar. Esse processo ocorre com mais intensidade na porção leste da laguna na área do canal, devido a inexistência de obstáculos à interação dos ventos com a superfície lagunar, que encontram uma pista de cerca de 4 km no sentido sudeste-noroeste.

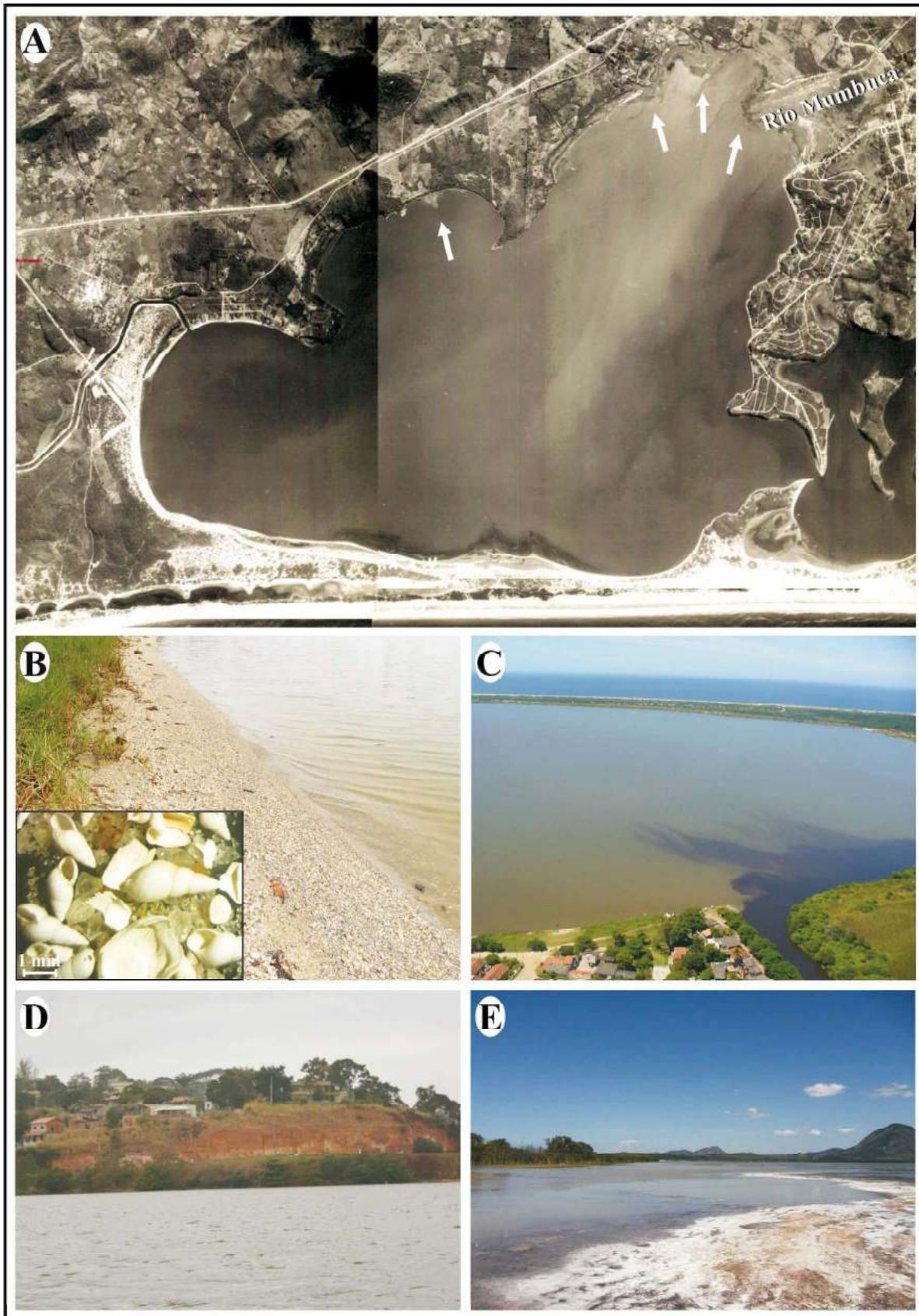


Figura 8 – Fontes de sedimentos e áreas de acumulação: (A) Rio Mumbuca; (B) areia rica em conchas na margem leste; (C) Canal de São Bento e despejo de esgoto na Lagoa de Maricá; (D) falésia na margem norte; (E) acúmulo de matéria orgânica na superfície lagunar. Fotos: (A) DHN, 1954; (C) Desirée Guichard, 2009.



Figura 9 – Ondas formadas pelos ventos fortes na Lagoa de Maricá. Foto: (A) Mila Viegas, 2010.

A variação de maré dentro da Lagoa de Maricá, medida sob condições de maré de quadratura, foi de apenas 0,04 m. No litoral do Rio de Janeiro a amplitude foi de 0,70 m no mesmo período (DHN). Sendo assim, esta laguna apresenta uma baixa resposta as variações diárias da maré, semelhante a outras lagunas fluminenses (0,01 e 0,04 m - KJERFVE *et al.*, 1990). Essa característica se deve ao fato da Lagoa de Maricá ser a mais interna desse sistema lagunar, o que faz com que as variações do nível d'água sejam atenuadas pelos canais de maré (KJERFVE *et al.*, 1990), que se encontram em grande parte assoreados.

Os teores de matéria orgânica (MO) presentes nos sedimentos do fundo da Lagoa de Maricá variam entre 0,26 e 29,58% (valor médio de 11,90%) (Figura 10). A concentração de MO parece aumentar de leste para oeste na margem sul, sendo que os maiores valores foram observados na proximidade da margem sudoeste, junto à restinga, onde são em geral superiores a 20% (Figura 10). O teor de MO varia bastante na porção central (entre 2,2 e 18,3%) e é menor na maioria das áreas marginais (0,26 e 1,6%) da laguna (Figura 10). Possivelmente, essas diferenças resultam da influência da hidrodinâmica, que é menor na porção sudoeste da laguna (Figura 8E), e/ou a maior ou menor proximidade em relação às áreas fontes. A concentração de MO encontrada por Fernex *et al.* (1999) nos sedimentos de fundo desta laguna são superiores a 30%, podendo chegar a 80% próximo aos juncos (margem sul). Estudo realizado por Lacerda e Gonçalves (2001) na Lagoa de Maricá indica que a mesma se encontra em um estado

mesotrófico. No entanto, para Knoppers *et al.* (1991) esta já se apresenta eutrofizada. Em outras lagunas como a de Guarapina (KNOPPERS *et al.*, 1990), Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995) e de Itaipu (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999), os valores de MO variam entre 11,9-22,8%, 0,8-18,8% e 5-17,5%, respectivamente. Portanto, os percentuais de MO observados na Lagoa de Maricá, apesar de inferiores aos identificados por Fernex *et al.* (1999), são mais elevados que aqueles constatados em outras lagunas fluminenses acima mencionadas. Isso pode estar relacionado aos fatores que favorecem o acúmulo de MO nesta laguna, como a descarga fluvial (OLIVEIRA *et al.*, 1955 - Figura 8A e C); o despejo de esgoto sem tratamento (GUERRA *et al.*, 2011 - Figura 8C); a baixa hidrodinâmica; a presença de vegetação nas margens sul, oeste e no fundo lagunar (Figura 8A, C e E); e a proliferação de algas (Figura 8E), que é característica de um ambiente eutrofizado.

4. Considerações Finais

A Lagoa de Maricá tem profundidade máxima de 2 m, sujeita a variações em decorrência de chuvas fortes e prolongadas que podem elevar o nível d'água em aproximadamente 0,5 m; fundo predominantemente plano, com exceção dos locais onde existem os afloramentos rochosos, e em forma de prato, com inclinação ligeiramente maior na face sul em relação à norte. A transição entre a margem e o fundo ocorre a cerca de 1,5 m de profundidade, com a mudança gradual de sedimentos arenosos para arenolamosos.

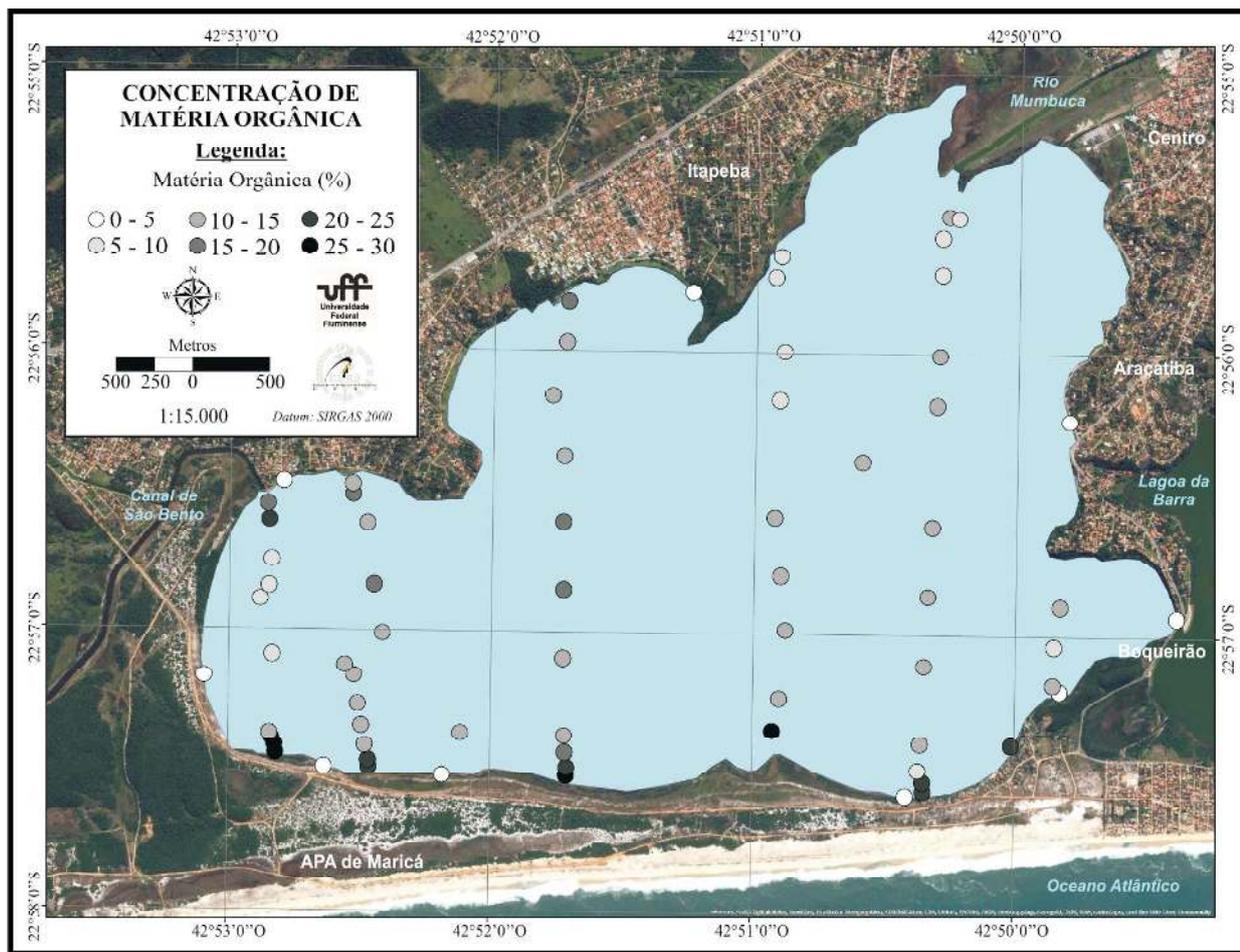


Figura 10 – Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá.

A sedimentação de fundo é constituída basicamente por silte arenoso e areia siltosa, composta por quartzo e em menor proporção por feldspato, micas, minerais pesados, conchas e fragmentos de conchas. Esses sedimentos são em grande parte trazidos pelo Rio Mumbuca e pequenos córregos e se depositam nas áreas com baixa hidrodinâmica. A formação de pequenos deltas mostra o importante papel do aporte fluvial para essa laguna, com destaque para o delta do Rio Mumbuca, evidenciado pela morfologia, assoreamento e aumento gradual da profundidade. Nas margens sul e oeste predominam areias grossas com grãos subarredondados e foscas, o que aponta as barreiras como área fonte e a atuação do vento no retrabalhamento e transporte para a laguna e/ou processos de sobrelavagem e correntes dentro de canais de maré. Nas margens norte e leste a presença de areias grossas e finas, com grau de arredondamento entre anguloso e subanguloso, brilhosas, apontam para o embasamento local como origem desses sedimentos, disponibilizados inicialmente pelo intemperismo

e posteriormente retrabalhados em meio aquoso. Os sedimentos cascalhosos foram encontrados próximo ao canal de ligação com a Lagoa da Barra (conchas e fragmentos de conchas) e a foz do Canal de São Bento (terrígeno), onde pode estar relacionado à obra de retificação deste canal na década de 1950 e à urbanização dessas áreas nas últimas décadas.

A concentração de matéria orgânica variou entre 0,26 e 29,58% nos sedimentos do fundo da Lagoa de Maricá, o que pode estar relacionado às áreas com hidrodinâmica distinta (baixa ou estagnada) e/ou à distância em relação às fontes. As principais fontes, possivelmente, são o lançamento de esgoto, a mortandade de peixes e aporte de vegetação da restinga.

A sedimentação da Lagoa de Maricá sofre influência direta do regime de ventos, que durante as tempestades podem transportar sedimentos das barreiras para a laguna e gerar ondas que podem ultrapassar 1 m de altura, responsáveis por remobilizar os sedimentos das margens e do fundo. A interação entre ventos, ondas, e a

descarga fluvial representa hoje os principais processos atuantes na dinâmica sedimentar deste ambiente.

Estudos dessa natureza são essenciais para complementar o conhecimento sobre os ambientes costeiros, ressaltando a complexidade na dinâmica e evolução destes sistemas. Os dados sobre a sedimentação aqui apresentados podem direcionar, por exemplo, pesquisas sobre poluentes na Lagoa de Maricá, pois os mesmos tendem a se concentrar nos locais de baixa dinâmica onde predominam sedimentos lamosos; do mesmo modo, investigações para determinar as rotas para a navegação (pesca e turismo), que podem se tornar rapidamente inviáveis naquelas áreas com altas taxas de sedimentação (nas desembocaduras e ao largo de rios e córregos); além de apontar problemas que orientem a necessidade de fiscalização quanto ao uso e ocupação das áreas ao redor da laguna e dos rios, pois podem aumentar o fornecimento de sedimentos para este ambiente e acelerar o seu processo natural de colmatção. Espera-se assim, que os resultados desta pesquisa possam efetivamente contribuir para a preservação dos ecossistemas associados à Restinga e à Lagoa de Maricá, de grande importância para a população local e, que, juntas, representam um dos principais atrativos turísticos da região.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao CNPq pelo apoio financeiro referente ao projeto 455946/2014-0, coordenado pelo professor André Luiz C. da Silva. A CAPES pela bolsa de doutorado à estudante Carolina P. Silvestre. A FAPERJ pelo projeto E-26/110.138/2014, coordenado pela professora Kita Macario, que possibilitou a compra do bote inflável. Aos professores Alberto Figueiredo (LAGEMAR) e Guilherme Fernandez (LAGEF) da UFF pelos diversos equipamentos disponibilizados para este estudo. Aos professores Carlos Marclei (IEAR, UFF), Rodrigo Abuchacra (FFP, UERJ) e Paula Abuchacra (UFF) pelo apoio nos trabalhos de campo e análises laboratoriais. Aos estudantes do Departamento de Geografia FFP - UERJ pelo apoio nos trabalhos de campo. Aos colaboradores Jonas (Peixe), Kennedy, Carlos e Sr. Vilson Correa (ACCLAPEZ).

5. Referências Bibliográficas

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; FILHO, L. G. R. **Estado do Rio de Janeiro: Atlas Eólico**. Secretaria de Estado

de Energia, da Indústria Naval e do Petróleo. Camargo Schubert. p. 83, 2002.

AZEVEDO, L. S. P.; BROWN, E. F.; ABRÃO, J. J.; MELLO, W. Z. Estudos geoquímicos preliminares do sistema lagunar, destacando-se a distribuição e mobilidade de alguns elementos nos fenômenos de alteração, poluição e de paleoambientes. Fundação Universidade do Rio Grande. **Atlântica Rio Grande**, v. 5, n. 2, p.10, 1982.

BARBIÈRE, E. B. Estudo preliminar da batimetria do Sistema lagunar Maricá-Guarapina comparativamente à Lagoa de Araruama e suas implicações no teor de salinidade. **Anais do 4º Seminário Interno de Geoquímica**. Dezembro. 1985.

BATISTA, D. S.; VILELA, C. G.; BAPTISTA NETO, J. A. Estudo dos foraminíferos bentônicos na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ: resultados preliminares. **Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários**. Recife: ABEQUA, v. 1. p. 1-4, 2003.

BIRD, E. C. F. Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In: B. Kjerfve, editor. **Coastal lagoon processes**. Elsevier Oceanography Series, n. 60, Amsterdam. p. 9-40, 1994.

BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Technical communication. **Earth Surface Processes and Landforms** n. 26, p. 1237-1248, 2001.

COE NETO, R., FROIDEFOND, J. M., TURCQ, B. Geomorphologie et chronologie relative des depots sedimentaires recents du littoral bresilien a l'est de Rio de Janeiro. **Bull. Inst. Geól. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux**, n. 40, p. 67-83, 1986.

CPTEC-INPE. **Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Site: <http://ondas.cptec.inpe.br> (acessado em 12/10/15).

CRUZ, C. B. M., JÚNIOR, W. C., BARROS, R. S., ARGENTO, M. S. F., MAYR, L. M. Impactos ambientais no Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador. p. 137-141, 1996.

DAVIDSON-ARNOTT, R. An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. **Cambridge University Press**. New York. p. 442, 2010.

DAVIS, Jr. A. R.; FITZGERALD, D. M. Beaches and Coasts. **Blackwell Publishing**. pp. 115-166, 2008.

DHN, 1954. Diretoria de Hidrografia e Navegação – Divisão de Aerofotogrametria. **Fotografias aéreas do trecho entre Búzios e Maricá (RJ)** executada em 07/1954, altura do voo de 4,500 m e escala de 1:30.000.

- DOMINGOS, P.; GÔMARA, G. A.; SAMPAIO, G. F.; SOARES, M. F.; SOARES, F. F. L. Eventos de mortandade de peixes associados a florações fitoplanctônicas na Lagoa Rodrigo de Freitas: Programa de 10 anos de monitoramento. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 3, p. 441-466, 2012.
- FERNEX, F.; MARQUES JR., A. N.; ABRÃO, J. J.; FERRAND, J. L.; PERRIN, P.; BERNAT, M. Uranium decay series in the Maricá Lagoon Watershed (RJ, Brazil). **Anais do 3rd International Symposium: Environmental Geochemistry in Tropical Countries**, Programa de Geoquímica/UFF - Nova Friburgo. Impresso. p. 1-4, 1999.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 27, p. 3-26, 1957.
- FOLK, R. L. **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas, EUA. 1980.
- GOMES, A. M. da A. **Estudo Ecofisiológico de Cianobactérias Formadoras de Florações na Lagoa de Jacarepaguá**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Biofísica) - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho/Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- GOMES, A. M. da A.; SAMPAIO, P. L.; FERRÃO-FILHO, A. da S.; MAGALHÃES, V. de F.; MARINHO, M. M.; OLIVEIRA, A. C. P. de; SANTOS, V. B. dos; DOMINGOS, P.; AZEVEDO, S. M. F. de O. e. Florações de cianobactérias tóxicas em uma lagoa costeira hipereutrófica do Rio de Janeiro/RJ (Brasil) e suas consequências para saúde humana. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 329-345, 2009.
- GUERRA, L. V.; SAVERGNINI, F.; SILVA, F. S.; BERNARDES, M. C.; CRAPEZ, M. A. C. Biochemical and microbiological tools for the evaluation of environmental quality of a coastal lagoon system in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** [online]. v.71, n.2, p. 461-468, 2011.
- IRELAND, S. The Holocene Sedimentary History of the Coastal Lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. In: Sea Level Changes. TOOLEY, M.; SHENNAM, I. (eds.). **Oxford: Brazil Blackwell Ltd**. p. 25-66, 1987.
- KJERFVE, B. Coastal Lagoons. In: _____. (Ed.), **Coastal Lagoon Processes**. Elsevier Oceanography Series no. 60, Amsterdam. p. 1-8, 1994.
- KJERFVE, B.; KNOPPERS, B.; MOREIRA, P.; TURCQ, B. Hydrological regimes in Lagoa de Guarapina, a shallow Brazilian coastal lagoon. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. III, p. 931-949, 1990.
- KJERFVE, B.; KNOPPERS, B. A. Physical characteristics of lagoons of the East Fluminense Coast, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B. A.; BIDONE, E. D.; ABRÃO, J. J. (Ed.). **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems of Rio de Janeiro, Brazil**. Niterói: UFF/FINEP, v.6, p. 57-67. (Série Geoquímica Ambiental), 1999.
- KNOPPERS, B. A.; KJERFVE B; CARMOUZE, J. P. Trophic state and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. **Biogeochemistry**, v. 14, p. 149-166, 1991.
- KNOPPERS, B. A.; LACERDA, L. D.; PATCHINEELAM, S. R. Nutrients, heavy metals and organic micropollutants in an eutrophic brazilian lagoon. **Marine Pollution Bulletin**. v. 2, n. 8, p. 381-384. 1990.
- KNOPPERS, B. A.; MOREIRA, P. Matéria em suspensão e a sucessão de fitoplanctônica na Lagoa de Guarapina-RJ. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. III, p. 291-317, 1990.
- KNOPPERS, B. A.; MOREIRA, P. The short term effect of physical processes upon nutrients, primary production and sedimentation in Guarapina lagoon (RJ), Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. II, p. 405-430, 1988.
- LACERDA, L. D. e GONÇALVES, G. O. Mercury distribution and speciation in waters of the coastal lagoons of Rio de Janeiro, SE Brazil. **Marine Chemistry**, v. 76, p. 47-58, 2001.
- LAVENÈRE-WANDERLEY, A. A. O. **Caracterização ambiental da Lagoa de Itaipu através dos processos sedimentares em associação com a dinâmica atual**. 1999. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- LOUREIRO, D.; FERNANDEZ, M.; HERMS, F.; ARAÚJO, C.; DRUDE, L. Distribuição dos metais pesados em sedimentos da Lagoa Rodrigo de Freitas. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 3, p. 353-364, 2012.
- MARQUES Jr., A. N.; MONNA, F.; FERNEX, F.; PERRIN, P.; SILVA FILHO, E. V. Isótopos de Pb na Lagoa de Maricá, RJ (Brasil): implicações na sua história sedimentar recente. **Anais do V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa**, Niterói (RJ). p. 1-5, 1995.
- MUEHE, D. C. E. H. Sedimentology and Topography of a High Energy Coastal Environment Between Rio de Janeiro and Cabo Frio – Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 51, n. 3, p. 473-481, 1979.
- OLIVEIRA, L.; NASCIMENTO, R. KRAU, L.; MIRANDA,

- A. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a Lagoa de Maricá. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. v. 53. p. 171-227, 1955.
- OLIVEIRA, M. M.; NEVES, M. H. C. B.; ALBANO, R. M.; BASTOS, J. C.; SILVA FILHO, M. V. Presença de microcistina durante eventos de florações de microalgas na Lagoa de Araruama. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes - RJ, v. 5, n. 1, p. 35-45, 2011.
- PARDAL, M. T. da C. **Mudanças morfológicas e suas implicações para a estabilidade da praia na Região do Recanto de Itaipuaçu, Maricá, RJ**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- PEREIRA, A. J. **Investigação da Estratigrafia da Região Costeira de Maricá – Praia de Itaipuaçu (RJ) – Através do Ground Penetration Radar (GPR)**. 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- PEREIRA, M. C. de B.; MELLO, Y. R. Projetos globais e resistências locais: pescadores artesanais e Unidades de Conservação no litoral, Rio de Janeiro – Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 24, p. 137-150, Editora UFPR, 2011.
- PERRIN, P. Evolução da Costa Fluminense entre as Pontas de Itacoatiara e Negra, preenchimentos e restingas. In: LACERDA, L. D., ARAÚJO, D. S. D., CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. **Restingas, origens, processos**. (Eds). CEUFF, Niterói. p. 65-74, 1984.
- PINHEIRO, A. B. **Variações topográficas sazonais e a estabilidade da praia na APA de Maricá (RJ) entre 2008 e 2015**. 2015. 62 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, São Gonçalo, Rio de Janeiro.
- READING, H. G. **Sedimentary environments and facies** (2nd ed.), Blackwell, Oxford, 615p, 1986.
- RESENDE, M. C. C. M.; SILVA, M. A. M. Sedimentologia da Laguna de Piratininga/RJ. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 57, n. 4, 5-16, 1995.
- SAMPAIO, G. F. **Cianobactérias como parâmetro de qualidade ambiental: um estudo do complexo lagunar de Jacarepaguá**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SCHUMACHER B. A. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. **United States Environmental Protection Agency**, NCEA- C-282. p. 1-23, 2002.
- SEMADS. **SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental. Rio de Janeiro. p. 73, 2001.
- SHEPARD, F. P. Sedimentation rates in Texas estuaries and lagoons. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 37, n. 8, p. 1919-1934, 1953.
- SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SOUZA, R. S., PINTO, M. L. V. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene barrier systems in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. In: Green, A.N. and Cooper, J.A.G. (eds.), Proceedings 13th International Coastal Symposium (Durban, South Africa), **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 70, p. 170-175, 2014a.
- SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. Sedimentary architecture and depositional evolution of the Quaternary coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 2, p. 191-206, 2014b.
- SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GRALATO, J. C. A.; SILVESTRE C. P. Caracterização geomorfológica e sedimentar da planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 15, n. 2, p. 231- 249, 2014c.
- SILVA, A. L. C. **Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de maricá (RJ) ao longo do Quaternário**. 2011. 185 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SANTOS, C. L. Comportamento Morfológico e Sedimentar da Praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) nas Últimas Três Décadas. **Revista Brasileira de Geociências. Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 38, n. 1, p. 89-99, 2008a.
- SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SANTOS, C. L. RIBEIRO, G. B., SANTOS, R. A.; VASCONCELOS, S. C. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n. 2, p. 75-82. 2008b.
- TURCQ, B., MARTIN, L., FLEXOR, J. M., SUGUIO, K.,

PIERRE, C.; TASAYACO-ORTEGA, L. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems**. Rio de Janeiro, Brazil – série Geoquímica Ambiental, 6, p. 25-46, 1999.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, n. 30, p. 377-392, 1922.

Site: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/> (acessado em 10/10/2015). DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação.