

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA**  
**TERRA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA**

**CAROLINA PEREIRA SILVESTRE**

**EVOLUÇÃO GEOLÓGICA NO HOLOCENO DA LAGOA DE MARICÁ (RIO DE**  
**JANEIRO)**

**Niterói - RJ**  
**2018**

**CAROLINA PEREIRA SILVESTRE**

**EVOLUÇÃO GEOLÓGICA NO HOLOCENO DA LAGOA DE MARICÁ (RIO DE  
JANEIRO)**

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutora. Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha.

**Orientador: Prof. Dr. José Antonio Baptista Neto**

**Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva**

**Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Augusta Martins da Silva**

**Niterói - RJ  
2018**

**CAROLINA PEREIRA SILVESTRE**

## EVOLUÇÃO GEOLÓGICA NO HOLOCENO DA LAGOA DE MARICÁ (RIO DE JANEIRO)

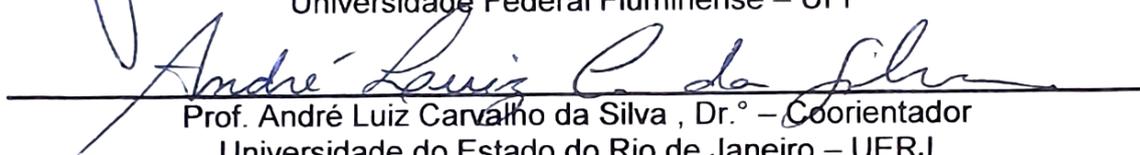
Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutora. Área de Concentração: Geologia e Geofísica Marinha.

### BANCA EXAMINADORA



---

Prof. José Antonio Baptista Neto, Ph. D. – Orientador  
Universidade Federal Fluminense – UFF



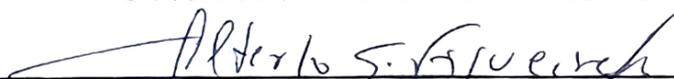
---

Prof. André Luiz Carvalho da Silva, Dr.º – Coorientador  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



---

Prof.ª Maria Augusta Martins da Silva, Ph. D. – Coorientadora  
Universidade Federal Fluminense – UFF



---

Prof. Alberto Garcia de Figueiredo Jr. Ph. D.  
Universidade Federal Fluminense – UFF



---

Prof. Cleverson Guizan Silva, Ph. D.  
Universidade Federal Fluminense – UFF



---

Prof. Humberto Makotta Ribeiro, Dr.  
Universidade Federal Fluminense – UFF



---

Prof. Sérgio Cadena de Vasconcelos, Dr.  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio



---

Prof. Mauro Parolin, Dr.  
Universidade Estadual do Paraná/Campus de Campo Mourão – UNESPAR

Niterói – RJ, 2018.

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S587e Silvestre, Carolina Pereira  
Evolução geológica no Holoceno da Lagoa de Maricá (Rio de Janeiro) / Carolina Pereira Silvestre ; José Antonio Baptista Neto, orientador ; André Luiz Carvalho da Silva, coorientador. Niterói, 2018.  
208 p. : il.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDOT.2018.d.11752039718>

1. Ambiente lagunar. 2. Dinâmica sedimentar. 3. Geomorfologia lagunar. 4. Fácies sedimentares. 5. Produção intelectual. I. Baptista Neto, José Antonio, orientador. II. Silva, André Luiz Carvalho da, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD -

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a vida, saúde, proteção e persistência para conquistar meus objetivos. Pelas pessoas, momentos e oportunidades que me fizeram crescer e ter orgulho de quem sou.

Aos meus pais, pela confiança e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Pelo cuidado, amor, educação e incentivo desde sempre. Pelo esforço incessante em me proporcionar o que há de melhor no mundo.

Aos meus irmãos, companheiros de toda a vida, pelos momentos inesquecíveis da infância espetacular que tive ao lado de vocês. E pelos outros tantos que têm acompanhado o nosso crescimento.

Ao meu sobrinho, que trouxe mais luz para a minha vida e que mesmo tão pequeno me ensina a cada dia.

A todos os membros da minha família que têm torcido pelas minhas conquistas. Especialmente aos meus tios Cláudia Pereira, Lia Regina Silvestre e Renato Pereira, pela disponibilidade e incentivo de sempre e pelos bons exemplos para a minha vida pessoal e profissional.

Aos meus orientadores professores Dr. José Antonio Baptista Neto, Dr. André Luiz Carvalho da Silva e Dr<sup>a</sup>. Maria Augusta Martins da Silva pela orientação presente, ética e enriquecedora deste trabalho, com paciência e dedicação, tornando essa tese possível. Agradeço ainda pelos conselhos e direcionamentos durante essa trajetória, tornando o caminho mais seguro. Em especial, ao professor André, pelo comprometimento, apoio e incentivo desde o início da minha vida acadêmica, além dos recursos doados para a realização das sondagens.

Aos amigos que contribuíram direta ou indiretamente com os meus anos de estudo, torcendo e compartilhando das minhas conquistas. Muitas vezes sendo mensageiros de palavras que me ajudaram a seguir em frente. Em especial, a Andréa Macedo, Cátia dos Santos, Dona Fátima, Filipe Pinheiro, Heloísa Coe, Jaciele Gralato e Ricardo Coe.

Agradecimento especial ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão do apoio financeiro na modalidade Chamada Universal, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Dr. Alberto de Figueiredo Júnior, do Departamento de Geologia e Geofísica da UFF, pelo empréstimo do DGPS, ecobatímetro, entre outros, para a realização do trabalho de campo com o GPR. Especialmente pelas considerações feitas a esse trabalho e pela participação no exame de qualificação e na defesa dessa tese.

Ao professor Dr. Guilherme Borges Fernandez do Departamento de Geografia da UFF, pelo empréstimo do *Ground Penetrating Radar* e do granulômetro de sedimentos grossos *Camsizer*.

Ao professor Dr. Mauro Parolin e suas alunas Anne Karolyna, Giliane Rasbold, Jakslayne dos Santos, Mayara Monteiro e Mayra Stevanato pela ajuda nas diversas etapas de análise de espículas de esponja e por ter sido tão bem acolhida no Laboratório de Estudos Paleoambientais – UNESPAR/Campo Mourão - PR.

À professora Dr.<sup>a</sup> Kita Macário pela atenção e por disponibilizar o Laboratório de Radiocarbono do Instituto de Física da UFF para a preparação das amostras que foram datadas e aos alunos Renata Jou, Iuri Marinho e Dayanne Fernandes pelas análises laboratoriais, processamento dos dados e disponibilidade de sempre.

Ao geofísico Amilsom Rodrigues pela aquisição e processamento dos dados obtidos com o GPR.

Ao Ronaldo e sua equipe, que com muita dedicação realizaram as sondagens, fazendo dessa etapa uma experiência agradável e bem-sucedida.

A professora Dra. Cláudia Vilela do Departamento de Geologia (UFRJ) e aos seus alunos pelos ensinamentos sobre os foraminíferos.

A professora Dra. Rosa Cristina Corrêa Luz de Souza do Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros (UFF) pela identificação das conchas.

Ao professor Dr. Renato Guimarães e aos seus alunos, do Laboratório de Difração de Raio X da UFF, pela disponibilidade em analisar minhas amostras.

Ao professor Dr. Carlos Marclei dos Santos pela participação nos trabalhos de do campo. Ao Jonas Coutrin, vulgo Peixe, pelo auxílio indispensável nos inúmeros trabalhos de campo. Aos motoristas da FFP/UERJ Carlos, Fábio e, especialmente ao Kennedy, pelas participações e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos estudantes de Geografia da Faculdade de Formação de Professores (UERJ) Ana Beatriz Pinheiro, Andrea Macedo, Andressa Batista, Bruno Rodrigues, Emanuelle Madureira, Jaciele Gralato, Jerry Santos, Lucas Corrêa, Raphael Viana,

Thais Santos e Valéria Cristina Pinto pelo apoio e dedicação nos trabalhos de campo para as coletas de dados e nas análises laboratoriais. O comprometimento de vocês foi fundamental na concretização destas etapas de grande importância para a realização deste trabalho. Em especial aos que tornaram essas tarefas mais leves e prazerosas.

Aos professores Drs. Paula Falheiro, Rodrigo Abuchacra e Sérgio Vasconcelos pela disponibilidade e auxílio indispensável durante os trabalhos de campo e nas análises laboratoriais, especialmente quando não pude estar presente.

Aos professores Drs. Arthur Ayres, Marco Cetale e Rodrigo Bagueira pelas sugestões nos seminários de avaliação desta pesquisa.

A professora Dr<sup>a</sup>. Josefa Guerra por integrar a banca do exame de qualificação e por todos os apontamentos.

Aos professores Dr. Cleverson Guizan, Dr. Mauro Parolin, Dr. Sérgio Vasconcelos e Dr. Humberto Marotta por integrarem a banca examinadora e pelas considerações finais feitas a este trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Geologia e Geofísica Marinha/UFF que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

Lista de figuras .....	X
Lista de tabelas .....	XV
RESUMO .....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 – Lagunas fluminense .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 – Lagoa de Maricá.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 – Formação e evolução de lagunas.....</b>	<b>14</b>
1.3.1 – <i>Sistema barreira-laguna.....</i>	14
1.3.2 – <i>Variações do nível do mar.....</i>	20
1.3.3 – <i>Fácies sedimentares.....</i>	25
<b>1.4 – Objetivos .....</b>	<b>27</b>
<b>2 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 – Coleta de sedimentos .....</b>	<b>31</b>
2.1.1 – <i>Van Veen e manual.....</i>	31
2.1.2 – <i>Sondagem .....</i>	31
<b>2.2 – Aquisição dos dados geofísicos .....</b>	<b>33</b>
2.2.1 – <i>Ecobatímetro .....</i>	33
2.2.2 – <i>Georadar .....</i>	35
<b>2.3 – Análises de laboratório .....</b>	<b>37</b>
2.3.1 – <i>Textura.....</i>	37
2.3.2 – <i>Composição.....</i>	44
2.3.3 – <i>Macro e microrganismos.....</i>	46
2.3.4 – <i>Datação por AMS <sup>14</sup>C.....</i>	49
2.3.5 – <i>Processamento dos dados geofísicos .....</i>	49
<b>3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>3.1 – Geomorfologia, sedimentação e processos atuais na Lagoa de Maricá.....</b>	<b>52</b>
3.1.1 – <i>Batimetria e morfologia da Lagoa de Maricá .....</i>	52
3.1.2 – <i>Sedimentação na Lagoa de Maricá .....</i>	57
<b>3.2 – Estratigrafia e sedimentação Holocênica da Lagoa de Maricá .....</b>	<b>65</b>
3.2.1 – <i>Sondagem.....</i>	65

3.2.2 – <i>Datações</i> .....	106
3.2.3 – <i>Fácies sedimentares da Lagoa de Maricá</i> .....	109
3.2.4 – <i>Dados adquiridos com o georadar</i> .....	116
<b>3.3 – Evolução geológica da Lagoa de Maricá</b> .....	120
<b>4 – CONCLUSÕES</b> .....	137
<b>5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	140
<b>6 – APÊNDICES</b>	
<b>6.1 – Planilhas com os resultados das análises laboratoriais</b>	
<b>6.2 – Artigo: Geomorfologia, sedimentação e processos atuantes na lagoa de Maricá, Rio de Janeiro</b>	

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> – (A e B) Localização da área de estudo no contexto nacional e estadual; (C) complexo lagunar do município de Maricá e (D) a lagoa objeto de estudos dessa pesquisa.....	2
<b>Figura 2</b> – Localização de algumas lagunas/lagoas ao longo do litoral fluminense... 4	4
<b>Figura 3</b> – (A) Atividades de lazer na Lagoa de Maricá; (B) lançamento de poluentes nas águas, o que contribui para o aumento da concentração de (C) matéria orgânica e da (D) mortalidade de peixes, ambos associados ao processo de eutrofização.....	7
<b>Figura 4</b> – (A) Planície costeira do município de Maricá. (B) Mapa geológico da área de estudo. (C) Sistema barreira-laguna Pleistocênico e Holocênico (APA de Maricá).....	8
<b>Figura 5</b> – (A) Localização dos perfis de georadar e das sondagens realizados por Silva (2011) e (B) modelo deposicional (SILVA, 2011).....	12
<b>Figura 6</b> – Esquema contendo as diversas etapas que marcam a evolução da planície costeira central de Maricá.....	13
<b>Figura 7</b> – Modelo ilustrando o sistema barreira-laguna e os vários subambientes associados.....	15
<b>Figura 8</b> – Classificação morfológica das lagunas.....	17
<b>Figura 9</b> – (A e B) Formação do sistema barreira-laguna; (C) crescimento da vegetação de junco, (D e E) dos arbustos e (F e G) da floresta com depósitos de turfa.....	20
<b>Figura 10</b> – Curvas de variações do nível do mar durante o Quaternário Tardio para os litorais do Atlântico Norte e Mar do Caribe. As características tectônicas peculiares geraram curvas diferentes, mas por volta de 6.000-7.000 anos AP convergem para a redução na taxa de elevação do nível do mar.....	23
<b>Figura 11</b> – Curvas de variações do nível do mar no Holoceno para o litoral brasileiro, (A) proposta por Martin et al. (1987 apud MARTIN et al., 2003) e (B) por Angulo e Lessa (1997).....	25
<b>Figura 12</b> – Localização dos pontos de coleta de amostras, das sondagens e dos levantamentos realizados com o ecobatímetro e georadar.....	28
<b>Figura 13</b> – Esquema apresentando as etapas adotadas para esta pesquisa.....	30
<b>Figura 14</b> – (A) Trabalho de campo na Lagoa de Maricá, (B e C) coleta de sedimentos de fundo com o amostrador <i>van Veen</i> e (D) da margem lagunar.....	30

<b>Figura 15</b> – (A e B) Montagem e deslocamento da plataforma e dos equipamentos necessários para a sondagem. (C, D, E e F) Locais de perfuração das sondagens (C) com a sonda e (D, E e F) com o trado mecânico utilizados na coleta de sedimentos.....	32
<b>Figura 16</b> – (A) Ecobatímetro e DGPS acoplados ao bote e (B) o acompanhamento da aquisição de dados.....	34
<b>Figura 17</b> – Medição da variação de maré utilizando uma régua de medida vertical e o teodolito.....	34
<b>Figura 18</b> – (A) Trajeto realizado para a aquisição de dados com o georadar, (B) antenas utilizadas no levantamento e (C) visualização dos dados na unidade controladora.....	36
<b>Figura 19</b> – Direções em que as ondas eletromagnéticas podem se propagar, gerando sinal ou ruído.....	37
<b>Figura 20</b> – Principais etapas de análise dos sedimentos predominantemente arenosos. (A) Balança, (B) estufa, (C) quarteador e (D) granulômetro de areia.....	38
<b>Figura 21</b> – Principais etapas de análise dos sedimentos predominantemente lamosos. (A) Balança, (B) liofilizador, (C) mufla, (D) agitador e (E) granulômetro para lama.....	40
<b>Figura 22</b> – (A) Lavagem e (B) decantação das amostras com quantidade considerável de areia e lama. ....	41
<b>Figura 23</b> – Lupa binocular utilizada na análise morfoscópica e de composição dos sedimentos.....	43
<b>Figura 24</b> – Eliminação da matéria orgânica (A) em sedimentos arenosos na placa aquecedora e (B) lamosos na mufla.....	45
<b>Figura 25</b> – Principais etapas de análise dos sedimentos para espículas de esponja: (A) secagem na estufa, (B) maceração, (C) eliminação da MO e (D e E) do ácido nítrico e (F) identificação das espículas de esponja.....	48
<b>Figura 26</b> – Profundidades medidas manualmente com uma linha de sondagem, perfis batimétricos gerados a partir desses dados e morfologia da Lagoa de Maricá.....	53
<b>Figura 27</b> – Mapa batimétrico com os dados adquiridos manualmente e com o ecobatímetro.....	54
<b>Figura 28</b> – Dados de profundidade da Lagoa de Maricá obtidos na década de 1950 por Oliveira et al. (1955).....	56

<b>Figura 29</b> – Granulometria dos sedimentos do fundo e da margem da Lagoa de Maricá.....	59
<b>Figura 30</b> – Sedimentos do fundo e da margem da Lagoa de Maricá: (A e B) areia quartzosa (q) grossa com conchas e feldspato (f) nas margens sul e (C) oeste; (D) areia média na margem leste, com minerais pesados (mp); (E) areia fina com micas (m) na margem norte; (F) areia siltosa com conchas (seta); (G) silte arenoso com (H) bioturbação e (I) cascalho com mica e feldspato.....	60
<b>Figura 31</b> – Fontes de sedimentos e áreas de acumulação: (A) Rio Mumbuca (setas brancas indicam a formação de deltas), Canal de São Bento (seta amarela) e barreiras arenosas (seta vermelha); (B) cascalho arenoso rico em conchas na margem leste; e (C) falésia na margem norte.....	62
<b>Figura 32</b> – Ondas formadas pelos ventos fortes na Lagoa de Maricá. (A) Margem leste (Araçatiba) e (B) área central da laguna.....	63
<b>Figura 33</b> – Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá.....	65
<b>Figura 34</b> – Sedimentos arenosos coletados na S1 até 9 metros de profundidade..	67
<b>Figura 35</b> – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S1.....	68
<b>Figura 36</b> – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos arenosos coletados na S1.....	69
<b>Figura 37</b> – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S1.....	70
<b>Figura 38</b> – Conchas de crustáceo do tipo (A) Cracas e (B, C e D) de gastrópode da espécie <i>Heleobia australis</i> encontradas nos sedimentos da S1.....	73
<b>Figura 39</b> – Sedimentos lamosos coletados na S2 até 12,5 metros de profundidade.....	75
<b>Figura 40</b> – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S2.....	76
<b>Figura 41</b> – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos arenosos coletados na S2.....	77
<b>Figura 42</b> – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S2.....	80
<b>Figura 43</b> – Conchas das espécies (A e B) <i>Heleobia australis</i> , (C e D) <i>Anomalocardia brasiliana</i> , (E e F) <i>Phacoides pectinatus</i> , (G) <i>Tagelus plebeius</i> e (H) <i>Lucina pectinata</i> encontradas nos sedimentos da S2.....	81
<b>Figura 44</b> – Espículas de esponjas identificadas na S2. (A, B e C) Fragmentos de megascleras e (D) fragmento de diaene; (E) diaene inteiro; (F) tilóstilo fragmentado; (G) gemosclera de <i>Radiospongilla inesi</i> ; (H e I) megascleras.....	85

<b>Figura 45</b> – Gráfico com a distribuição dos tipos de espículas de esponjas identificadas na S2.....	86
<b>Figura 46</b> – Sedimentos coletados na S3 até 2 metros de profundidade.....	89
<b>Figura 47</b> – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S3.....	90
<b>Figura 48</b> – Frações arenosas e cascalhosas identificadas na S3.....	91
<b>Figura 49</b> – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos coletados na S3.....	92
<b>Figura 50</b> – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S3.....	95
<b>Figura 51</b> – Embasamento alterado aflorando na rodovia RJ-110 que dá acesso a APA de Maricá.....	51
<b>Figura 52</b> – Sedimentos coletados na S4 até 7 metros de profundidade.....	97
<b>Figura 53</b> – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S4.....	99
<b>Figura 54</b> – Frações arenosas e cascalhosas identificadas na S4.....	100
<b>Figura 55</b> – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos coletados na S4.....	101
<b>Figura 56</b> – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S4.....	102
<b>Figura 57</b> – Conchas das espécies (A e B) <i>Heleobia australis</i> , (C) <i>Anomalocardia brasiliana</i> , e (D) <i>Cerithium atratum</i> encontradas nos sedimentos da S4. ....	103
<b>Figura 58</b> – Espículas de esponjas identificadas na S4. (A) Fragmento de megasclera e (B) megasclera; (C e D) gemoscleras de <i>Anheteromeyenia sp.</i> .....	105
<b>Figura 59</b> – Gráfico com a distribuição dos tipos de espículas de esponjas identificadas na S4.....	106
<b>Figura 60</b> – Distribuição das idades e da taxa de acumulação ao longo das sondagens 2 e 4.....	108
<b>Figura 61</b> – Mapa de distribuição das fácies sedimentares do fundo atual da Lagoa de Maricá.....	111
<b>Figura 62</b> – Praias da margem (A) sul e (B) leste da Lagoa de Maricá. Fonte: (B) Jornal O Maricá, 2018.....	111
<b>Figura 63</b> – Fácies identificadas em subsuperfície na Lagoa de Maricá e na margem oeste.....	112
<b>Figura 64</b> – (A) Localização dos perfis de georadar. (B) Radargrama adquirido com a antena de 200 MHz e (C) interpretação do mesmo.....	117

<b>Figura 65</b> – (A) Localização dos perfis de georadar e do trecho apresentado nessa figura (retângulo amarelo). (B) Radargrama adquirido com a antena de 400 MHz e (C) interpretação do mesmo.....	118
<b>Figura 66</b> – Processos que atuaram na evolução da Lagoa de Maricá.....	121
<b>Figura 67</b> – Esquema que associa os organismos e os ambientes que os mesmos indicam.....	122
<b>Figura 68</b> – Feições que apontam para a existência de leques de arrombamento no litoral de Maricá. Fotos: Guichard, D. (2009).....	124
<b>Figura 69</b> – Estrutura interna da Barreira Holocênica na APA de Maricá mostrando o depósito de leque de arrombamento.....	125
<b>Figura 70</b> – (A) Localização dos perfis de GPR, dos paleocanais holocênicos e feições associadas. (B) Barreira pleistocênica interrompida por um canal preenchido. (B) Depressão topográfica indicativa de um canal de maré (SILVA, 2008; SILVA et al., 2014b).....	127
<b>Figura 71</b> – Paleocanais identificados na estrutura interna da Barreira Holocênica na APA de Maricá, através de imagens de georadar (400 MHz).....	128
<b>Figura 72</b> – Local onde ocorre a abertura de canal na planície costeira de Maricá. (B) Canal da Barra aberto e (C) fechado.....	129
<b>Figura 73</b> – Antigas margens da Lagoa de Maricá em fotografias aéreas, apontando para maiores dimensões da Lagoa de Maricá.....	130
<b>Figura 74</b> – Margem oeste da Lagoa de Maricá formada por cristas e brejos.....	131
<b>Figura 75</b> – Distribuição dos sedimentos no fundo atual da Lagoa de Maricá, de acordo com a concentração de areia, silte e argila.....	134
<b>Figura 76</b> – Descarga de sedimentos finos trazidos pelo Rio Mumbuca lançados na lagoa e carregados em suspensão para as áreas mais calmas.....	135

### Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Classificação das frações granulométricas de acordo com os intervalos proposto por Wentworth (1922). .....	41
<b>Tabela 2</b> – Classificação dos sedimentos proposta por Wentworth (1922).....	42
<b>Tabela 3</b> – Gráficos propostos por Powers (1953) para a comparação do grau de arredondamento das partículas de sedimentos.....	43
<b>Tabela 4</b> – Difratomia de raios-X de sedimentos coletados na S2.....	78
<b>Tabela 5</b> – Difratomia de raios-X de sedimentos coletados na S3.....	93
<b>Tabela 6</b> – Resultados das datações de sedimentos lamosos da S2 pelo método do AMS <sup>14</sup> C.....	107
<b>Tabela 7</b> – Resultados das datações de sedimentos arenosiltosos da S4 pelo método do AMS <sup>14</sup> C.....	107
<b>Tabela 8</b> – Fácies lagunares identificadas nos sedimentos do fundo atual da Lagoa de Maricá e em subsuperfície.....	109

## RESUMO

A Lagoa de Maricá está localizada a retaguarda de uma Barreira Pleistocênica e de um sistema barreira-laguna holocênico, na planície costeira do município de Maricá (Rio de Janeiro). Esta pesquisa objetivou aprofundar os conhecimentos sobre a evolução geológica desta laguna ao longo do Holoceno. Para tal, foram coletadas 72 amostras do fundo lagunar com o amostrador *van Veen* e 103 amostras através de 4 sondagens que atingiram entre 2 e 12,5 metros de profundidade; aquisição de dados geofísicos que contou com 30 km de perfis batimétricos realizados com o ecobatímetro e 10 km de perfis com o georadar. Os sedimentos passaram por análises de granulometria, morfoscopia, cor e teor de matéria orgânica, identificação de conchas de moluscos e espículas de esponjas, argilominerais e datação por  $^{14}\text{C}$ . Os resultados mostram que essa laguna possui uma morfologia de fundo predominantemente plano, com profundidade máxima de 2 m na área central. A partir da linha d'água a profundidade aumenta gradualmente, a margem norte apresenta um perfil suave em direção ao fundo, enquanto que a borda sul é mais íngreme. Os sedimentos mais antigos datados neste trabalho apresentaram a idade de 8111 anos cal AP, tornando possível analisar a evolução da Lagoa de Maricá em quase todo o Holoceno. Cinco fácies lagunares foram identificadas no fundo atual e em subsuperfície: fácies areia subarredondada (com subfácies cascalhosa) compõe as margens mais próximas a restinga; a areia angular foi encontrada nas margens voltadas para o continente; a areia siltosa indicou os locais de transição entre as fácies mais grossas das margens e as mais finas do fundo; o silte arenoso e silte/silte argiloso foram distribuídos pela área central e o fundo e apontaram os locais de menor hidrodinâmica. Os sedimentos lamosos apresentam altas concentrações de matéria orgânica entre 18% e 81%. A taxa de acumulação foi de 0,27 cm ano na margem oeste e na área central foi de 0,15 cm ano até 4277 anos cal AP e, posteriormente, passou para 0,20 cm ano. A dinâmica sedimentar sofre influência da descarga fluvial que possibilitou a formação de um delta e, também, dos ventos que transportam sedimentos das barreiras em direção a laguna, além da formação de ondas que podem remobilizar os sedimentos das margens e do fundo. Os organismos e as fácies sedimentares indicam que a Lagoa de Maricá não passou por grandes mudanças ambientais durante o Holoceno, mas sugerem a existência de um grande corpo d'água com importante influência de água doce a cerca de 8111 anos cal AP. Com o máximo da transgressão holocênica por volta de 5600 – 5000 anos AP esse ambiente possuía maiores dimensões e influência marinha do que o atual, através de processos de sobrelavagem das ondas (a leste) e canais de maré, que permitiram a formação de leques de arrombamento e delta de maré enchente. Após 4645 anos cal AP e até os dias de hoje, mesmo com a regressão marinha, a interação entre essa laguna e o mar permanece a leste desta laguna, através da Lagoa da Barra.

Palavras-chave: Ambiente lagunar, dinâmica sedimentar, geomorfologia lagunar, fácies sedimentares.

## ABSTRACT

The Maricá Lagoon is located at the rear of a Pleistocene Barrier and a Holocene barrier-lagoon system, in the coastal plain of the municipality of Maricá (Rio de Janeiro). The purpose of this research is the improvement of the knowledge about the geological evolution of the Maricá Lagoon (Rio de Janeiro) along the Holocene. For that, 72 samples from the lagoon floor, using the van Veen sampler, and 103 samples from 4 boreholes which reached depths varying from 2 to 12,5 meters were collected, plus 30 kms of bathymetric and 10 kms of ground penetrating radar profiles. Grain size and morphology, colour, clay minerals, organic matter content, mollusks shells and sponge spicules, and  $^{14}\text{C}$  dating were analysed for this purpose. The results show that the lagoon floor is basically flat reaching 2 m maximum depth in the central areas. The northern margins present gentle slopes and depths that gradually increase towards the center, as the southern margin slopes are steeper. The oldest sediment dated in this work is 8111 years old, thus allowing the analysis of the Maricá Lagoon evolution along most of the Holocene. Five sedimentary facies were identified on the lagoon floor and in subsurface: subrounded sand facies (with a gravel subfacies) that form the lagoon margins near the coastal barriers; angular sand facies found along the landfacing margins; silty sand facies present along the transition between the coarser facies and the finer facies typical of the lagoon center; sandy silt facies and silt/clayey silt facies which cover most of the central lagoon floor pointing out the low dynamic areas. Muddy sediments presented high organic matter concentrations varying from 18% to 81%. The western margin shows accumulation rates of 0,27 cm year, as the lagoon center indicate changes from 0,15 cm year to 0,20 cm year around 4277 years ago. Sediment dynamics result from the interaction between fluvial input (including the formation of a delta) and the wind which can transport sand from the coastal barriers to the lagoon, in addition to generate waves capable of mobilizing the lagoon's marginal and shallow bottom sediments. The organisms and the sedimentary facies indicated that the Maricá Lagoon has not undergone significant environmental changes during the Holocene. The results suggest, through, the existence of a large body of water with high fluvial input around 8111 years BP. During the Holocene maximum sea transgression around 5600 – 5000 years BP the environment enlarged and a connection to the sea, in the form of inlets as well as overwashing processes occurring towards the east allowed the formation of flood tidal delta and washover fan deposits. From 4645 years BP to the present, even during a sea regression interval, the connection between the lagoon and the sea, although less important, still remained through the Barra Lagoon in the eastern side of this great lagoonal system.

Key words: Lagoon environment, sedimentary dynamics, lagoon geomorphology, sedimentary facies.

## 1 – INTRODUÇÃO

A Lagoa de Maricá (Figura 1), escolhida para a realização desta pesquisa, faz parte de um sistema formado por uma série de lagunas (Figura 2A e E) localizadas ao longo da planície costeira do município de Maricá, no estado do Rio de Janeiro. Esta pesquisa tem como objetivo compreender a evolução geológica da Lagoa de Maricá ao longo do Holoceno. Para tal, desenvolveu-se um estudo a partir da amostragem de sedimentos do fundo atual e de subsuperfície, análises sedimentológicas e datações de  $^{14}\text{C}$ , integrados a dados geofísicos adquiridos com o georadar ou GPR (*Ground Penetrating Radar*), ecobatímetro e DGPS (*Differential Global Positioning System*).

Estudos sobre a evolução de ambientes costeiros possibilitam melhorar o conhecimento sobre as diversas variáveis relacionadas à dinâmica pretérita, às flutuações do nível do mar, ao aporte sedimentar, às alterações climáticas, entre outras, que caracterizam a geologia e a sedimentação do litoral. As informações paleoambientais permitem estabelecer, com maior segurança, as previsões sobre as mudanças ambientais que podem ocorrer a médio e longo prazo. No caso do litoral, também servem como embasamento para subsidiar a 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 ambientes litorâneos são influenciados por diversos processos e mecanismos e estão em constante evolução, buscando alcançar uma situação de equilíbrio dinâmico através do ajustamento entre as diversas forças que exercem influência sobre esses ambientes. A zona costeira mundial se estende por cerca de 440.000 km e abriga quase metade da população do planeta, que vive atualmente a menos de 100 km do litoral (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). No Brasil, dos 26 estados que compõem a Federação, 17 estão localizados no litoral. De acordo com o censo de 2010, 26,6% da população do país se concentra na faixa litorânea, representando cerca de 50,7 milhões de um total de 190 milhões de habitantes (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Diversas alterações antropogênicas se somam as naturais nos litorais densamente habitados, resultando em uma série de intervenções inadequadas e que, muitas vezes, comprometem a preservação dos recursos naturais e o equilíbrio dos ambientes costeiros. As lagunas, que existem em muitos desses litorais, são sensíveis as mudanças

causadas pela ocupação desordenada das margens, poluição, desmatamento, entre outros.

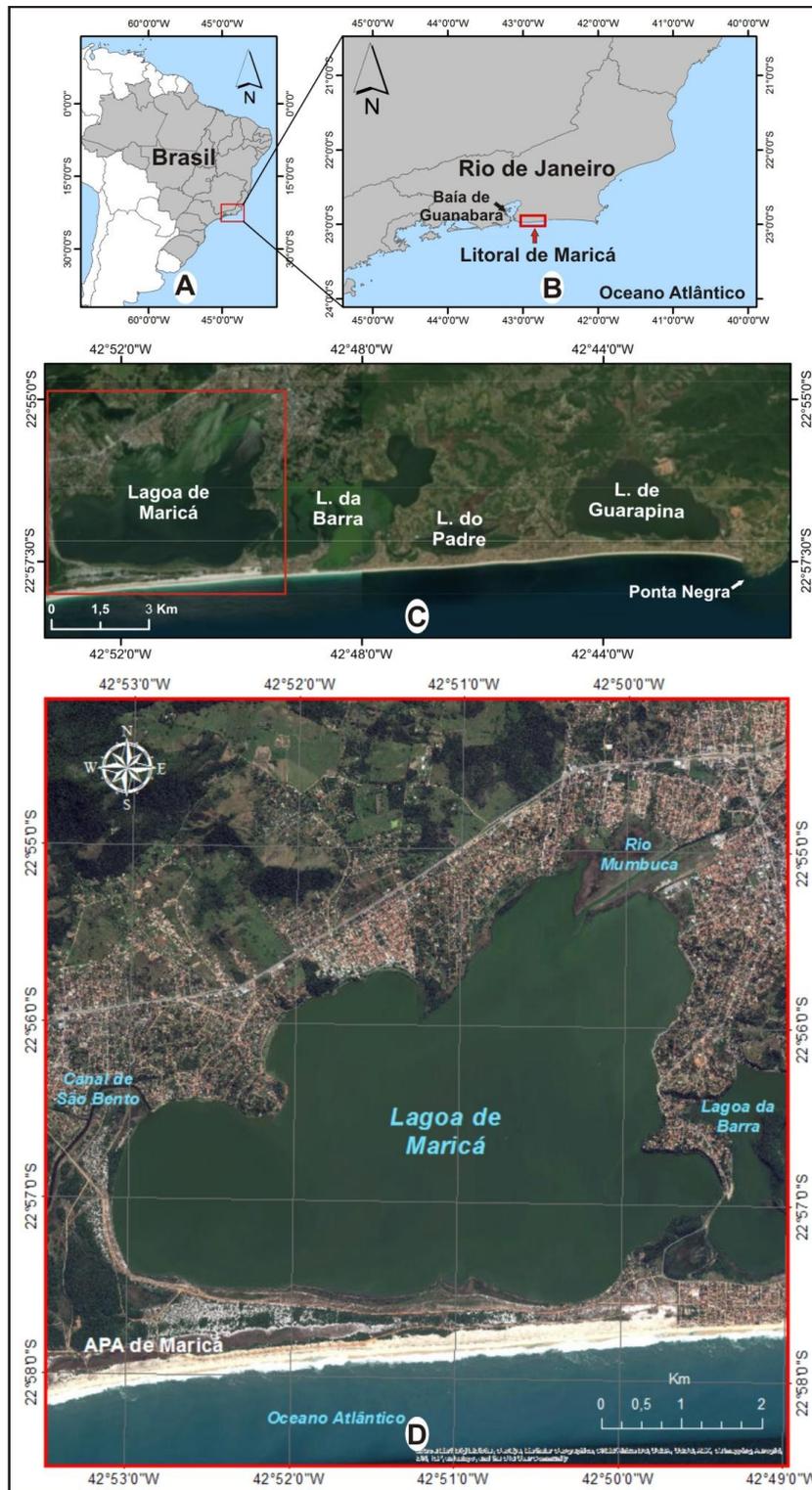


Figura 1 – (A e B) Localização da área de estudo no contexto nacional e estadual; (C) complexo lagunar do município de Maricá e (D) a lagoa objeto de estudos dessa pesquisa. Fonte: Banco de dados do ArcGIS.

## 1.1 – Lagunas fluminense

O litoral fluminense, mais especificamente nas áreas adjacentes a área de estudo, é composto por diversas lagunas que possuem dimensões bastante variadas e ocupam diferentes posições na planície costeira (Figura 2A). Os sistemas lagunares internos são mais desenvolvidos e estão localizados entre os maciços cristalinos e, quase sempre, à retaguarda das barreiras de idade pleistocênica, tais como as Lagoas de Jacarepaguá (Figura 2B), Rodrigo de Freitas (Figura 2C), Piratininga, Itaipu (Figura 2D), Maricá, Guarapina (Figura 2E), Jaconé, Saquarema (Figura 2F) e Araruama (Figura 2G) (TURCQ et al., 1999). Essas lagunas se formaram pelo fechamento de embaiamentos no Pleistoceno e foram novamente inundadas durante a transgressão Holocênica (TURCQ et al., 1999). Esse 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., 2014b,c).

Inúmeros estudos, com diversos objetivos e utilizando diferentes métodos, deram contribuições importantes para um melhor entendimento sobre os ambientes lagunares do estado do Rio de Janeiro (TURCQ et al., 1999; LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999; ANJOS et al., 2003; SAMPAIO, 2008; GOMES et al., 2009; BAPTISTA NETO et al., 2011; GOMES, 2011; OLIVEIRA et al., 2011; DOMINGOS et al., 2012; entre outros). O crescimento demográfico do litoral fluminense no final do século XX, associado à falta de planejamento urbano, por exemplo, foi o principal responsável pela degradação e consequente eutrofização das lagunas de Araruama (OLIVEIRA et al., 2011) (Figura 2G), Rodrigo de Freitas (DOMINGOS et al., 2012) (Figura 2C) e as do complexo lagunar de Jacarepaguá (SAMPALIO, 2008; GOMES et al., 2009; GOMES, 2011) (Figura 2B).

A eutrofização de ambientes lagunares ocorre com frequência e podem gerar florações fitoplanctônicas produtoras de toxinas, que causam a contaminação e morte de toneladas de peixes devido ao baixo teor de oxigênio dissolvido na água (GOMES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011). Outras formas de intervenções antrópicas foram observadas em diversas lagunas, tais como: introdução de elementos químicos (metais pesados (zinco, cobre, cromo, alumínio, ferro etc), nitrogênio e fósforo) nas Lagoas de Itaipu (LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999) (Figura 2D), Saquarema (AZEVEDO, 2005) (Figura 2F) e Rodrigo de Freitas (LOUREIRO et

al., 2012) (Figura 2C); diminuição do espelho d'água (RESENDE e SILVA, 1995; LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999; BATISTA et al., 2003); descaracterização do entorno das lagoas, principalmente associada a especulação imobiliária (RESENDE e SILVA, 1995; MEDEIROS e ASSUMPÇÃO, 2003; BARTHOLOMEU et al., 2008).

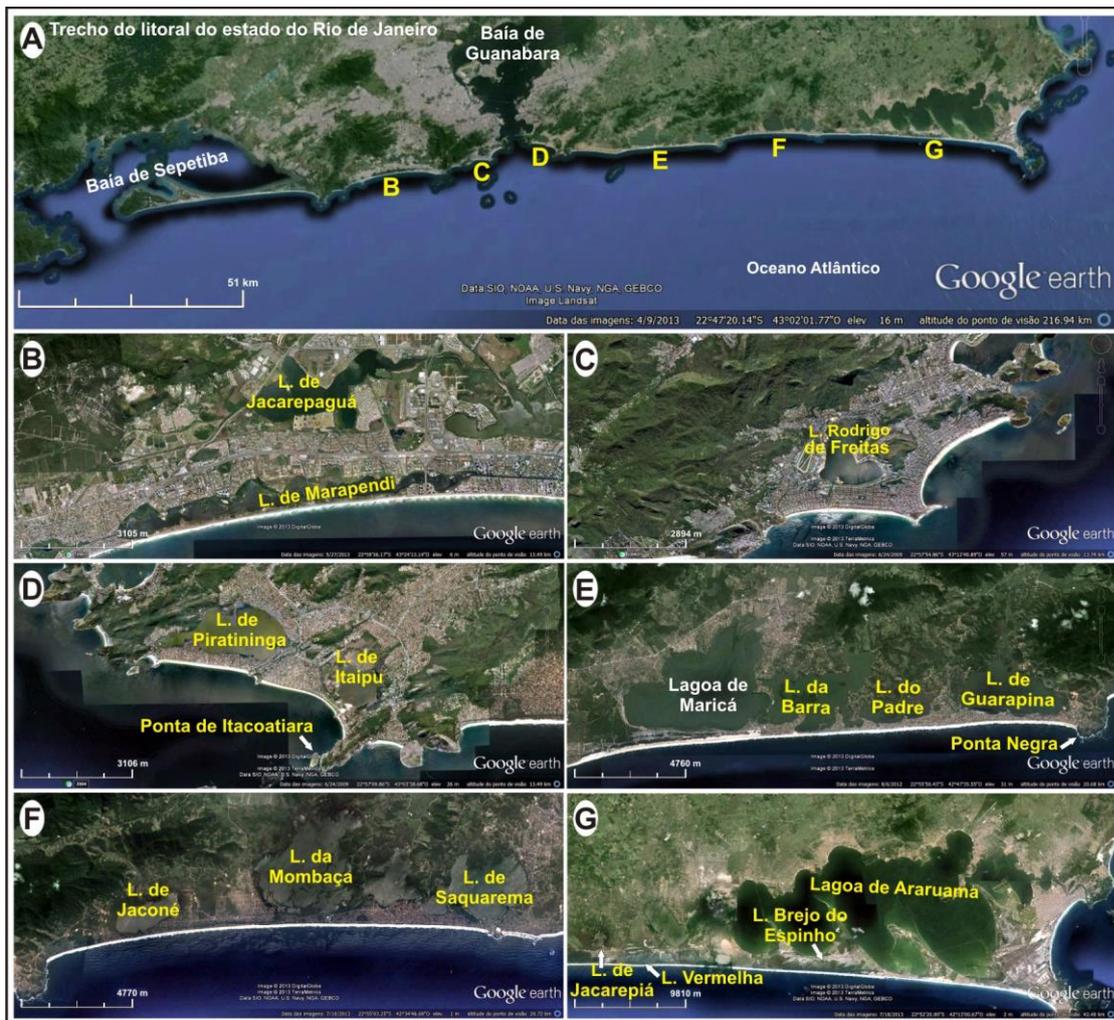


Figura 2 – Localização de algumas lagoas/lagoas no litoral adjacente a área de estudo. Fonte das imagens: Google Earth, 2016.

A salinidade das lagoas varia, principalmente, devido à proximidade com o mar e as estações do ano. As Lagoas de Jacarepaguá (GOMES et al., 2009) (Figura 2B), Rodrigo de Freitas (SOARES et al., 2012) (Figura 2C), Piratininga (GONÇALVES, 1999 apud PLASTINA, 2009) (Figura 2D), entre outras, apresentam salinidade variando entre baixa e média. Por outro lado, a Lagoa de Araruama (Figura 2G) é considerada hipersalina, devido ao gradiente climático da região que

varia de semiárido na porção leste (Cabo Frio) a tropical em direção a oeste deste litoral; o aumento gradativo da pluviosidade média ocorre na mesma direção (KNOPPERS et al., 1991). Além da salinidade desta laguna, outras características como o relevo plano desse trecho do litoral, a grande incidência de luz solar e a baixa pluviosidade tornam essa área uma das mais adequadas no país para a extração de sal, sendo o maior produtor nacional até o século XIX (PRIMO e BIZERRIL, 2002).

Estudos realizados nos sedimentos de fundo das Lagoas de Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995), Itaipu (LAVENÉRE-WANDERLEY, 1999) (Figura 2D), Saquarema (DIAS et al., 2017) (Figura 2F) e Rodrigo de Freitas (BAPTISTA NETO et al., 2011) (Figura 2C) mostram que nesses ambientes predominam lama. Sedimentos arenosos se concentram predominantemente na margem das lagoas voltada para o oceano e próximo aos canais de maré.

## **1.2 – Lagoa de Maricá**

A Lagoa de Maricá, também conhecida como Lagoa de São José, está localizada a cerca de 50 km a leste da cidade do Rio de Janeiro, na Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Esta laguna é a maior e mais interna do sistema lagunar Maricá-Guarapina, possui aproximadamente 6,3 km de extensão (sentido leste-oeste) por 4,5 km de largura (norte-sul) no trecho mais largo. Apresenta uma área em torno de 19 km<sup>2</sup>, com fundo suave em forma de prato e profundidade máxima em torno de 2 metros (BARBIÉRE, 1985). Compõe a Sub-bacia Laguna de Maricá que é a maior do município (219 km<sup>2</sup>), predominantemente, formada por cursos d'água com grandes desníveis entre as nascentes e os níveis de base, por áreas de pastagem, extração de areia, grandes condomínios e zonas industriais (PLANO DE MANEJO INTEGRADO DAS ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS DE MARICÁ, 2013). A Lagoa de Maricá recebe a descarga fluvial de pequenos córregos (Imbassaí, Itapeba, Buriche e Cunha), do Canal de São Bento e do Rio Mumbuca (SEMADS, 2001).

As Lagoas de Maricá, da Barra (também conhecida como Guaratiba), do Padre e de Guarapina constituem a Área de Proteção Ambiental (APA) das Lagoas do município de Maricá, instituída pela lei municipal nº 416 de setembro de 1984 (Decreto de Lei nº 416/84). As barreiras, localizada na parte frontal da Lagoa de Maricá, fazem parte da APA de Maricá, criada pelo decreto Estadual nº 7230, de 23

de janeiro de 1984 (FARIA e BOHRER, 2005). A lei federal 9985 sancionada em julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelece que uma Área de Proteção Ambiental possa ser criada em terras públicas ou privadas; admita certo grau de ocupação humana e tenha como objetivos proteger a diversidade biológica, disciplinar a ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (SNUC-MMA, 2006). Além disso, as lagoas existentes entre os municípios de Maricá e São Francisco do Itabapoana foram indicadas em 2010 para fazer parte do geoparque Costões e Lagoas do Estado do Rio de Janeiro (MANSUR et al., 2012).

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 há mais de três séculos (PEREIRA e MELLO, 2011). Em meados dos anos 2000, a APA de Maricá foi comprada por um grupo luso-espanhol para a construção de um *resort*. Tal iniciativa gerou embates jurídicos entre a ACCAPLEZ, que tem o apoio da comunidade científica; e os empreendedores, apoiados pelo governo local. Desses embates surgiu a necessidade de uma reformulação do projeto inicial, retardando sua implantação até o presente momento.

Trata-se de uma área bem preservada e que apesar da importância para as atividades de lazer e de turismo (Figura 3A), não há controle e fiscalização eficientes. A falta de um planejamento urbano vinculado a preservação ambiental permite o lançamento de lixo e esgoto (doméstico e industrial) *in natura* diretamente nas águas da laguna (Figura 3B), que podem acelerar o processo de eutrofização (Figura 3C) e provocar a mortandade de peixes (Figura 3D); a retinização de canais fluviais, a extração de areia das dunas, a prática de *off Road* e as queimadas que destroem a vegetação de restinga e de Mata Atlântica. Alguns desses problemas já eram apontados por Oliveira et al. (1955) há mais de 50 anos e podem interferir diretamente na taxa de acumulação da Lagoa de Maricá, que foi estimada em 0,4 cm ano através de análises de isótopos de  $^{210}\text{Pb}$  em um testemunho coletado na área central desta laguna (MARQUES Jr. et al., 1995).



Figura 3 – (A) Atividades de lazer na Lagoa de Maricá; (B) lançamento de poluentes nas águas, o que contribui para o aumento da concentração de (C) matéria orgânica e da (D) mortandade de peixes, ambos associados ao processo de eutrofização.

Fotos: (B) Desirée Guichard, 2009 e (D) Mariana Ferreira, 2015.

A geomorfologia da planície costeira de Maricá (Figuras 1 e 4) é caracterizada por afloramentos do embasamento Pré-Cambriano (Figura 4B) (COE NETO et al., 1986; MANSUR et al., 2012) e por dois sistemas barreira-laguna: (1) 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 mais interna localizada ao sul dessas lagoas (Figura 4A e B); e (2) o outro formado durante o Holoceno, composto por uma série de pequenas lagoas colmatadas e pela barreira mais externa, onde se localiza a praia atual (SILVA et al., 2014a,b,c - Figura 4A e B). Essas lagoas (Figura 4A) estão interligadas por canais formando um único sistema lagunar, com cerca de 37 km<sup>2</sup> de área, conectado ao oceano pelos Canais da Costa (extremo oeste) e de Ponta Negra (extremo leste) (Figura 4A). Esses canais são obras de engenharia construídas através de um programa governamental de

saneamento da Baixada Fluminense da década de 1950, que rebaixou o nível d'água de todo esse sistema lagunar (OLIVEIRA et al., 1955; SEMADS, 2001).



Figura 4 – (A) Planície costeira do município de Maricá. (B) Mapa geológico da área de estudo, com base em DRM (1977) e Silva (2011). (C) Sistema barreira-laguna Pleistocênico e Holocênico (APA de Maricá). Fonte: (A) Google *Earth*, 2016; (C) Roselly Pellegrino, 2009.

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 (mais comuns no inverno), quando podem chegar a 3 m de altura na arrebenção (MUEHE, 1979; SILVA et al., 2008a; PARDAL, 2009). Estudo realizado por Pinto (2018) no litoral de Jaconé (a leste da Lagoa de Maricá) mostrou que a hidrodinâmica costeira pode ser marcada por períodos mais calmos, como por exemplo, entre os anos de 2012 e 2015, seguidos por períodos com maior incidência de ressacas, como entre os anos de 2016 e 2018, quando as ondas oceânicas atingiram 5 metros de altura. Essas ondas eventualmente transpõem a Barreira Holocênica durante as tempestades de maior magnitude, depositando água e sedimentos diretamente nas lagoas (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 e topograficamente mais baixa, quando comparada às áreas adjacentes. É nesse trecho também que historicamente ocorre à abertura manual de um canal, 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 - Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2015), classificando esta costa como influenciada por micro-maré. 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). Os ventos se tornam mais intensos quando vindos de sudeste, sul e sudoeste, gerados pelas massas polares provenientes do sul (CPTEC - INPE, 2015).

A análise dos foraminíferos nos sedimentos lamosos do fundo da Lagoa de Maricá encontrou as espécies *Miliammina fusca* e *Miliammina* spp., *Haplophragmoides* spp., *Trochammina inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites dilatatus* e *Arenoparrella mexicana*. Essas espécies indicam um ambiente confinado de baixa energia e salinidade (BOMFIM et al., 2010). Espécies indicadoras de poluição orgânica e metais pesados não foram encontradas, mostrando que, para esses organismos, a poluição ainda não atingiu níveis críticos (BOMFIM et al., 2010). Os foraminíferos *Ammonia parkinsoniana*, *A. tépida*, *Ammotium cassis*, *A. salsum*, *Trochammina inflata*, *Miliammina fusca*, *Ammobaculites* spp., *Elphidium excavatum*, entre outros, foram encontrados por Bruno (2013) em testemunhos de

até 1,78 m de comprimento, localizados próximo a margem sudeste. Essas espécies apontam para dois momentos distintos na história holocênica da Lagoa de Maricá: por volta de 2740-2460 cal anos AP, essa 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 (BRUNO, 2013). Atualmente, a salinidade da Lagoa de Maricá varia entre 12‰ e 17‰ (BATISTA, 2018), sendo classificada como uma laguna de água salobra por possuir salinidade superior 0,5‰ e inferior a 30‰ (Resolução CONAMA 357, 2005).

Diversos estudos voltados para o entendimento da formação e evolução dos sistemas barreira-laguna vêm sendo desenvolvidos no litoral fluminense. O precursor desses estudos foi Lamego (1940; 1945), que propôs a formação das lagoas costeiras a partir do fechamento de antigas enseadas por barreiras arenosas. Segundo esse autor, as barreiras se formaram a partir da deposição de sedimentos fluviais (pequenos rios) transportados pelas correntes costeiras de oeste para leste, dando origem ao trecho do litoral que liga a Pedra do Elefante em Itaipuaçu (extremo oeste) ao costão de Ponta Negra (extremo leste). Posteriormente, a influência das variações do nível do mar passou a ser considerada por diversos autores (PERRIN, 1984; IRELAND, 1987; 1988; TURCQ et al., 1999; SILVA, 2011). Perrin (1984) num estudo sobre a evolução da costa fluminense entre a Ponta de Itacoatiara (Niterói) (Figura 2D) e Ponta Negra (Maricá) (Figuras 2E e 3A), estabeleceu que os sistemas barreira-laguna neste trecho do litoral teriam sido formados no Holoceno a partir das variações do nível do mar.

Em seguida, Ireland (1987 e 1988) desenvolveu um estudo sobre as variações do nível do mar e a formação do sistema barreira-laguna holocênico no litoral fluminense, através de dados coletados nas Lagoas de Itaipu (Figura 2D), Itaipuaçu (Figura 4A), do Padre (Figura 2E) e de Guaratiba (Figura 4A). O método adotado constou de sondagens, análises paleontológicas (pólen e diatomáceas) e datações pelo método  $^{14}\text{C}$ . Os resultados mostraram que o sistema barreira-laguna interno se formou durante o Pleistoceno e o externo no Holoceno, por volta de 7.200 anos AP. As análises de diatomáceas evidenciaram processos distintos para a formação dessas lagoas: a Lagoa de Itaipu permaneceu aberta até relativamente pouco tempo, contudo, o fechamento gradual do canal de maré minimizou a influência marinha neste ambiente. Em Itaipuaçu, a salinidade da água da laguna

passou de doce para oligohalina (baixa salinidade), provavelmente em torno de 7.200 anos AP, mas foi colmatada depois de 2.460 anos AP em resposta à retrogradação da barreira. Há cerca de 7.200 anos AP a Lagoa do Padre tornou um corpo d'água oligohalino, protegido do oceano por uma barreira. Posteriormente, transformou-se numa baía devido à maior influência marinha e permaneceu assim por milhares de anos, retornando, em seguida, a condição oligohalina.

Turcq et al. (1999), baseando-se em datações pelo método lo/U de recifes de corais (sul da Bahia) realizadas por Martin et al. (1982), afirma que as lagunas localizadas entre a barreira interna e o continente se desenvolveram por volta de  $123.000 \pm 5.700$  anos AP (Pleistoceno); sendo novamente submersas durante a Transgressão Holocênica, que por sua vez deu origem ao sistema barreira-laguna mais recente (entre 7.000 e 5.000 anos AP).

Silva (2011) e Silva et al. (2014b,c) apresentaram a arquitetura sedimentar e a evolução geológica dos sistemas barreira-laguna localizados dentro dos limites da APA de Maricá (Figuras 5 e 6), utilizando-se de levantamento topográfico, aquisição de perfis de georadar, sondagem geológica e datações pelo método AMS  $^{14}\text{C}$ . Os resultados mostram um pacote sedimentar com espessura superior a 25 metros relacionado aos sistemas barreira-laguna, dividido em três sequências deposicionais, cada uma composta por uma unidade lamosa (ambiente lagunar) e outra arenosa (barreira), são elas: Sequência Costeira Pleistocênica I, Sequência Costeira Pleistocênica II (datada entre 48.000 e 45.000 cal anos AP) e Sequência Costeira Holocênica (8.500 cal anos AP) (Figura 5). Através da identificação das principais unidades litológicas e das sequências deposicionais, os referidos autores propuseram um modelo contendo as diversas etapas relacionadas à evolução geológica deste litoral, influenciadas principalmente por variações no nível do mar (Figura 6). Para Silva et al. (2014b,c), a Lagoa de Maricá está associada a uma extensa unidade lamosa identificada na base da Sequência Costeira Pleistocênica I, e sua formação inicial pode ter ocorrido a cerca de 120.000 anos AP, conforme proposto por Turcq et al. (1999).

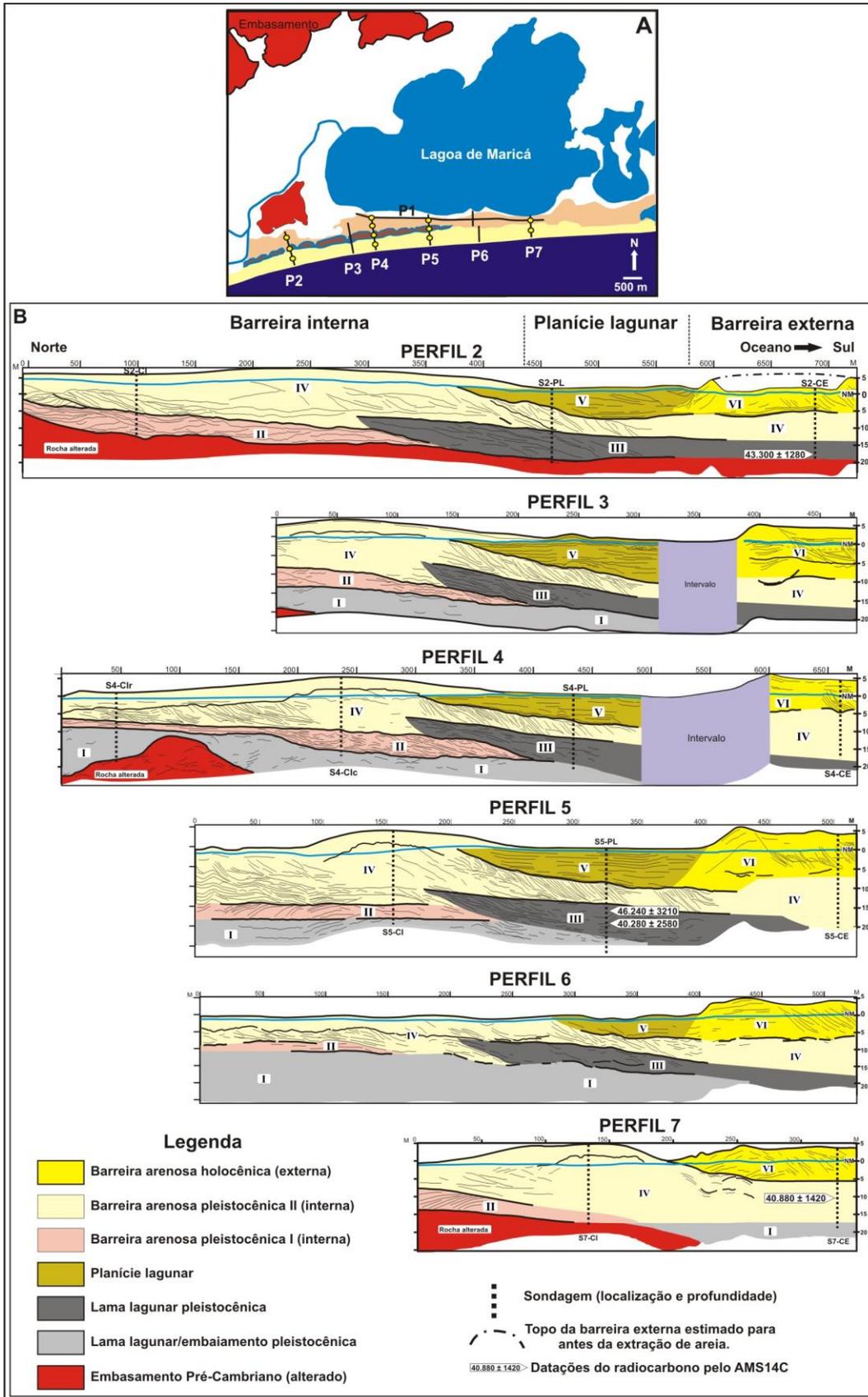


Figura 5 – (A) Localização dos perfis de georadar e das sondagens (círculos de cor amarela) realizados por Silva (2011) e (B) modelo deposicional (SILVA, 2011).

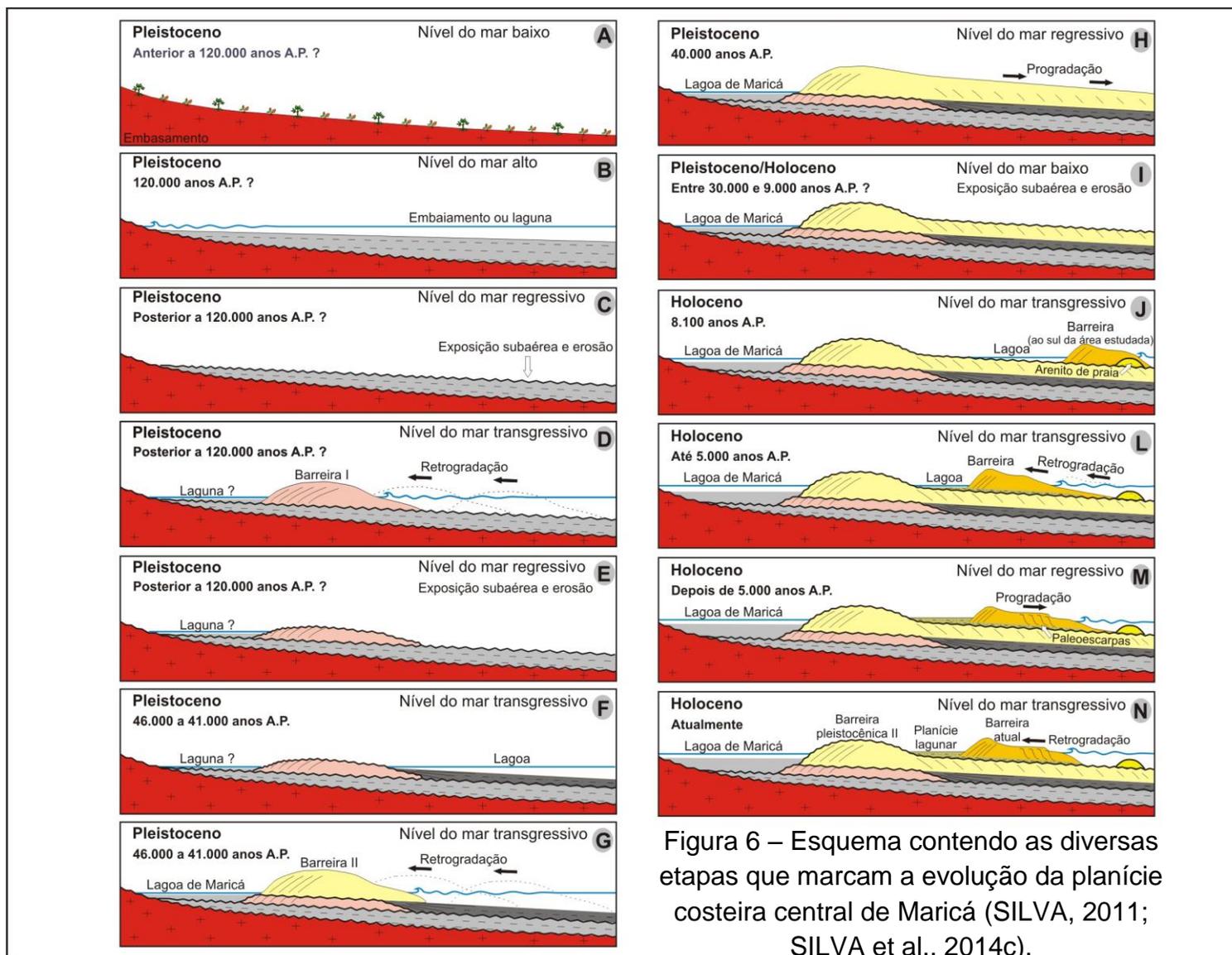


Figura 6 – Esquema contendo as diversas etapas que marcam a evolução da planície costeira central de Maricá (SILVA, 2011; SILVA et al., 2014c).

### **1.3 – Formação e evolução de lagunas**

#### **1.3.1 – Sistema barreira-laguna**

A formação de um sistema barreira-laguna ocorre preferencialmente em litorais de margens continentais passivas, devido ao baixo gradiente destas; sob regime de micromaré (0 a 2 m de amplitude) e mesomaré (2 a 4 m de amplitude); são também condicionadas pelo clima, que controla a ocorrência de eventos meteorológicos de alta energia (MCCUBBIN, 1982; DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008; BIRD, 2008). Estão presentes em 13% dos litorais de todo o mundo e são ecossistemas de alta produtividade primária, constantemente, ameaçados pelas mais variadas atividades antrópicas que se desenvolvem no seu entorno (KJERFVE, 1994).

O sistema barreira-laguna pode ser composto por diversos subambientes: praias, dunas, canais de maré, deltas de maré, lagunas, mangues, leques de arrombamento, etc (Figura 7) (MCCUBBIN, 1982; DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). As barreiras, também conhecidas como cordões litorâneos e restingas, são acumulações de sedimentos moldadas principalmente pela ação das ondas, das correntes e do vento e separadas do continente por uma planície de maré, laguna e/ou pântano (GLAESER, 1978 apud CLIFTON, 2006).

O modo como uma barreira se desenvolve possibilita o fechamento de antigas enseadas permitindo a formação de uma laguna à retaguarda (BIRD, 2008). As dimensões e formas das lagunas estão diretamente relacionadas à morfologia costeira preexistente, a maneira como as barreiras 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. As lagunas pleistocênicas, por exemplo, drenaram e secaram durante a última regressão marinha, deixando as bacias sedimentares expostas aos processos erosivos e, num momento posterior, durante a última transgressão marinha, foram novamente inundadas (BIRD, 1994).

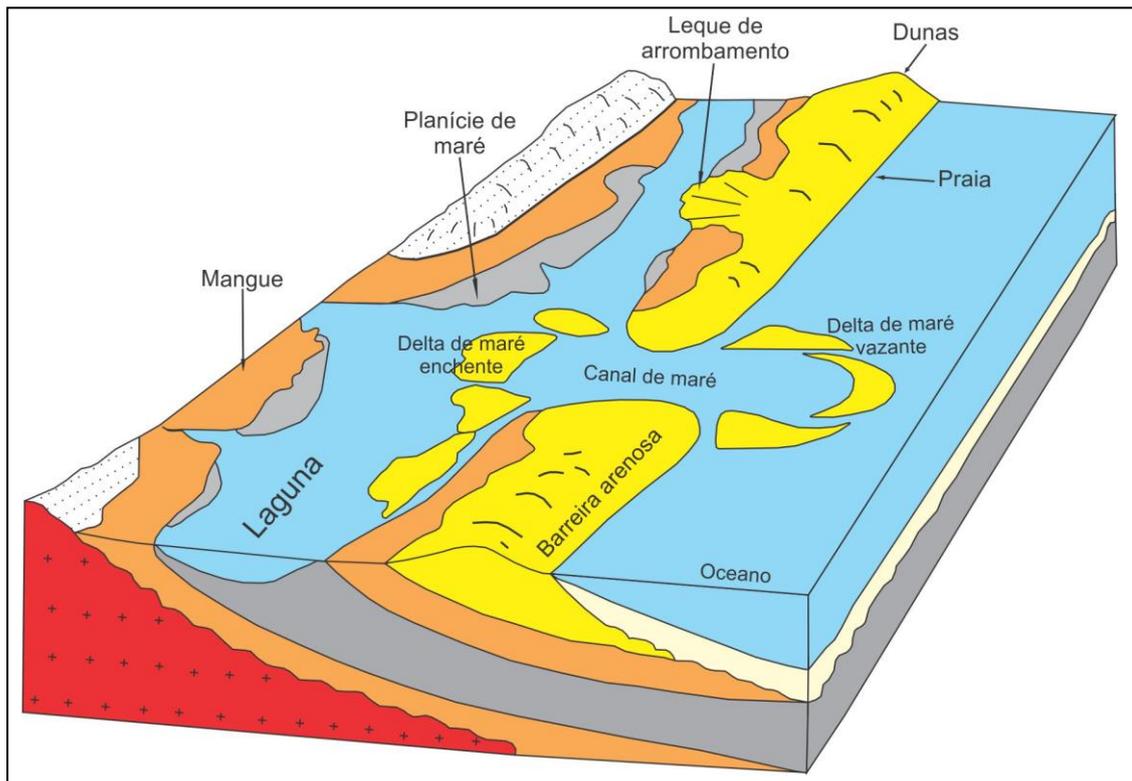


Figura 7 – Modelo ilustrando o sistema barreira-laguna transgressivo e os vários subambientes associados (modificada de REINSON, 1992 apud BOGGS Jr., 2006).

Geralmente as definições para o termo laguna consideram qualquer corpo aquoso que tenha se formado a retaguarda de uma barreira. Mas essas definições podem ser aplicadas de maneira equivocada, pois não há restrições quanto suas características particulares (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). Entretanto, os sistemas lagunares são corpos d'água rasos, geralmente paralelos à linha de costa e podem estar conectados ao oceano por um ou mais canais de maré, permanecendo abertos, pelo menos de forma intermitente (KJERFVE, 1994). Um canal é formado pela remoção de sedimentos da barreira pela ação das ondas de tempestades ou pelo transbordamento da laguna em momentos de alta pluviosidade, mas geralmente é reconstruída logo após o fim desses eventos. Esses canais devem ser estreitos, em geral, sua largura na maré alta deve ser inferior a um quinto (20%) do comprimento total da barreira envolvente (BIRD, 2008).

Uma vez formadas, as lagunas evoluem de acordo com a erosão, deposição e acumulação de sedimentos (BIRD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010). As principais fontes e vias de entrada de sedimentos para esses ambientes são: (1) plataforma continental interna e face litorânea, que podem fornecer areia e cascalho

diretamente para o sistema lagunar, transportados por correntes de maré (podendo formar deltas de maré enchente). Os sedimentos litorâneos também podem entrar na laguna por transposição de ondas e/ou através de processos eólicos, principalmente nas áreas de clima mais árido. (2) Descarga fluvial, que transporta sedimentos de tamanhos variados (de finos a grossos). (3) Processos químicos e biológicos, que ocorrem através da precipitação de sais e crescimento de organismos, respectivamente. A precipitação química e orgânica de carbonatos ocorre, principalmente, através do crescimento de crustáceos próximo a margem lagunar; e o acúmulo de matéria orgânica é mais significativo em pântanos e bancos de algas (DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Estudos desenvolvidos na zona costeira dos Estados Unidos sugerem que as taxas de preenchimento mantêm uma relação de equilíbrio com o aumento do nível do mar (NICHOLS, 1989; MORTON et al., 2000 apud DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

A morfologia das lagunas, considerando a magnitude da troca de água entre esses ambientes e o oceano, pode ser classificada em: (1) Sufocadas (*choked*) (Figura 8A) - consistem numa série de células elípticas conectadas com o oceano por um único canal longo e estreito; ocorrem geralmente em litorais com ondas de alta energia e corrente de deriva litorânea, como por exemplo, a Lagoa dos Patos (RS). (2) Restritas (*restricted*) (Figura 8B) - são corpos d'água grandes e largos e que apresentam dois ou mais canais de maré, possuem uma circulação de corrente bem definida, influenciadas por ventos locais, como a Laguna de Terminos (México). (3) Vazadas (*leaky*) (Figura 8C) - essas lagunas apresentam corpos d'água alongados com muitos canais de maré e correntes de maré suficientemente fortes para impedir o fechamento desses canais pela ação das ondas e da corrente de deriva litorânea, como ocorre na *Mississippi Sound*, nos Estados Unidos (KJERFVE, 1986 apud KJERFVE, 1994). A margem lagunar voltada para o oceano pode apresentar uma geomorfologia linear (reta); ou com protuberâncias formadas por cúspides, por avanço de areia das dunas ou pelo processo de sobrelavagem das ondas de ressacas que podem formar leques de arrombamento. Esses leques podem ser remobilizados pelas ondas e correntes atuantes na laguna e darem origem a cúspides ou protuberâncias (BIRD, 2008), principalmente em litorais onde as dunas possuem vários metros de altura (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). A morfologia da Lagoa de Maricá, considerando sua hidrodinâmica e a dinâmica

costeira deste litoral, pode ser classificada como sufocada, com presença de cúspides na margem sul.

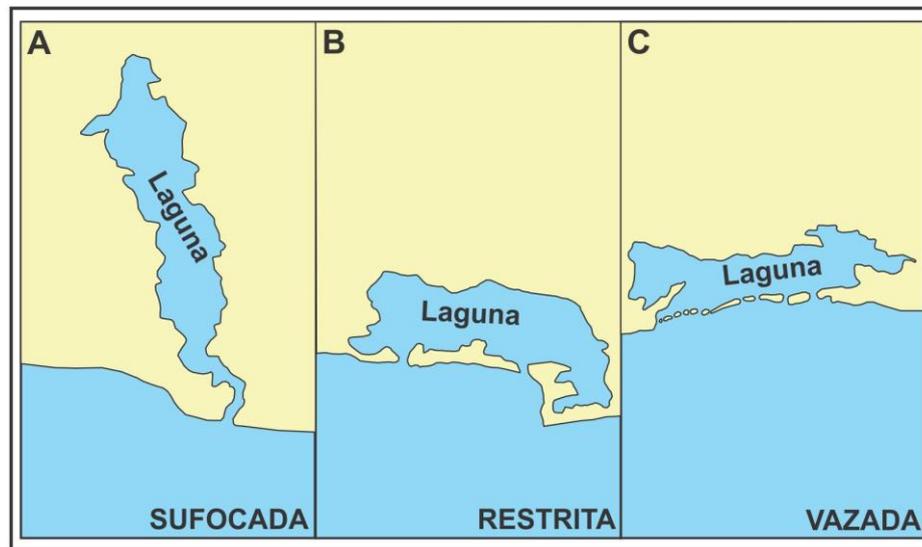


Figura 8 – Classificação morfológica das lagunas (modificado de KJERFVE, 1994).

As lagunas normalmente apresentam baixo influxo de água doce; salinidade elevada, devido ao predomínio da evaporação sobre a precipitação (principal mecanismo de introdução de água doce), às condições climáticas locais, a dinâmica estabelecida com o ambiente marinho (KJERFVE, 1994) através da entrada de água salgada pelo processo de sobrelavagem (*overwash*) e canal de maré; e uma hidrodinâmica 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 lagunas costeiras funcionam como armadilhas de sedimentos, tanto orgânicos quanto inorgânicos, provenientes de diversas fontes. Por conta dessa característica, as lagunas são ambientes de rápido preenchimento sedimentar, numa 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 acumulação de uma laguna variam entre 30 e 40 cm por século (SHEPARD, 1953). A taxa de acumulação em

lagunas do estado do Rio de Janeiro, com base em análises do teor de  $Pb^{210}$  presentes nos sedimentos, mostrou que a Lagoa de Piratininga possui taxa de acumulação de 0,13 cm ano no centro da laguna, durante o último século (RESENDE e SILVA, 1995); a Lagoa de Itaipu apresentou taxa de 0,28 cm ano na margem lagunar (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999); e na Lagoa Rodrigo de Freitas (RJ) a acumulação foi mais rápida, com uma taxa de 0,75 cm ano na área central (LOUREIRO, 2006). Conforme mencionado anteriormente, a Lagoa de Maricá apresentou taxa de acumulação de 0,4 cm ano para a área central (MARQUES Jr. et al., 1995).

Os sistemas deposicionais possuem características diferentes de acordo com o tipo de sedimento disponível e padrões de sedimentação, que refletem o tipo de agente transportador atuante no local. No caso dos ambientes aquáticos essas características apontam, principalmente, para a hidrodinâmica dessas bacias (MCLANE, 1995). A hidrodinâmica lagunar é predominantemente influenciada pelas correntes geradas pelos ventos e pelo aporte fluvial. As correntes que tem origem na ação dos ventos são produzidas pelo contato deste com a água superficial formando ondas, que geralmente são curtas e íngremes devido à pequena dimensão da maioria das lagunas; à medida que essas se propagam, promovem o aumento do nível de água a sotavento e diminuição a barlavento, podendo gerar inundação nas margens lagunares que, normalmente, possuem um gradiente suave (BIRD, 2008; DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). O transporte preferencial de sedimentos no mesmo sentido favorece o desenvolvimento de praias estreitas e pequenas cristas de praia ao longo das margens ou a erosão; também pode homogeneizar qualquer estratificação de salinidade (densidade) que possa se desenvolver em condições de baixa energia (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). As correntes mais fortes são produzidas quando os ventos convergem a água da superfície para locais mais estreitos, como canais. Já as correntes produzidas pela descarga fluvial dependem da quantidade e da velocidade com que a água e os sedimentos chegam a foz. Em estuários e lagunas a descarga fluvial pode aumentar as correntes de refluxo das marés e diminuir as de influxo. Os sedimentos fluviais podem ser transportados para o mar e promover a refração de ondas ou a interrupção de correntes; ou ser depositado próximo a foz, mantendo ou ampliando as saídas dos rios (delta) (BIRD, 2008). A influência da maré é ausente ou limitada aos locais próximos do canal de

conexão com o mar, sendo assim o transporte de sedimentos não é expressivo (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008).

A distribuição sedimentar característica de um ambiente lagunar, dos sedimentos mais antigos para os mais recentes, constitui-se em: material clástico detrítico, principalmente areia e lama, trazido pelas drenagens, que na maioria das vezes não se mistura com o sedimento produzido dentro da laguna, ou um solo residual formado antes da laguna; em seguida, depositam-se sedimentos finos, especialmente, a argila (McLANE, 1995). De modo geral, as areias e cascalhos podem ser depositados em forma de delta, praias lagunares e espalhados ao redor das margens pela ação das ondas (BIRD, 2008), que podem formar marcas de ondas (*ripple marks*) (BRIDGE e DEMICCO, 2008). Enquanto o sedimento lamoso é depositado em áreas mais calmas e profundas (centrais) (BIRD, 2008), gera depósitos laminados e com bioturbação (BRIDGE e DEMICCO, 2008), reduzindo progressivamente a profundidade.

A presença de vegetação (junco e taboa – Figura 9C) nas margens da laguna favorece o acúmulo de sedimentos em suspensão, a estabilidade das mesmas, a diminuição do espelho d'água (Figura 9D) e a concentração de matéria orgânica. Em condições ecológicas favoráveis, a vegetação de brejo vai sendo substituída por arbustos (Figura 9E) e, em seguida, por floresta (Figura 9F e G). Na ausência de vegetação a sedimentação predominante ocorre no fundo, promovendo a diminuição da profundidade e não a diminuição do tamanho da laguna (BIRD, 2008).

A acumulação de sedimentos pode alterar gradativamente as características das bacias deposicionais e influenciar o próprio ambiente. Isso pode ocorrer através de mudanças no tamanho, forma e relevo de uma bacia, alterando também a localização do depocentro e os padrões de circulação de correntes e de dispersão de sedimentos, entre outros. Essas mudanças podem ser registradas, por exemplo, na variação vertical da textura e na estrutura interna dos depósitos lagunares (MCLANE, 1995).

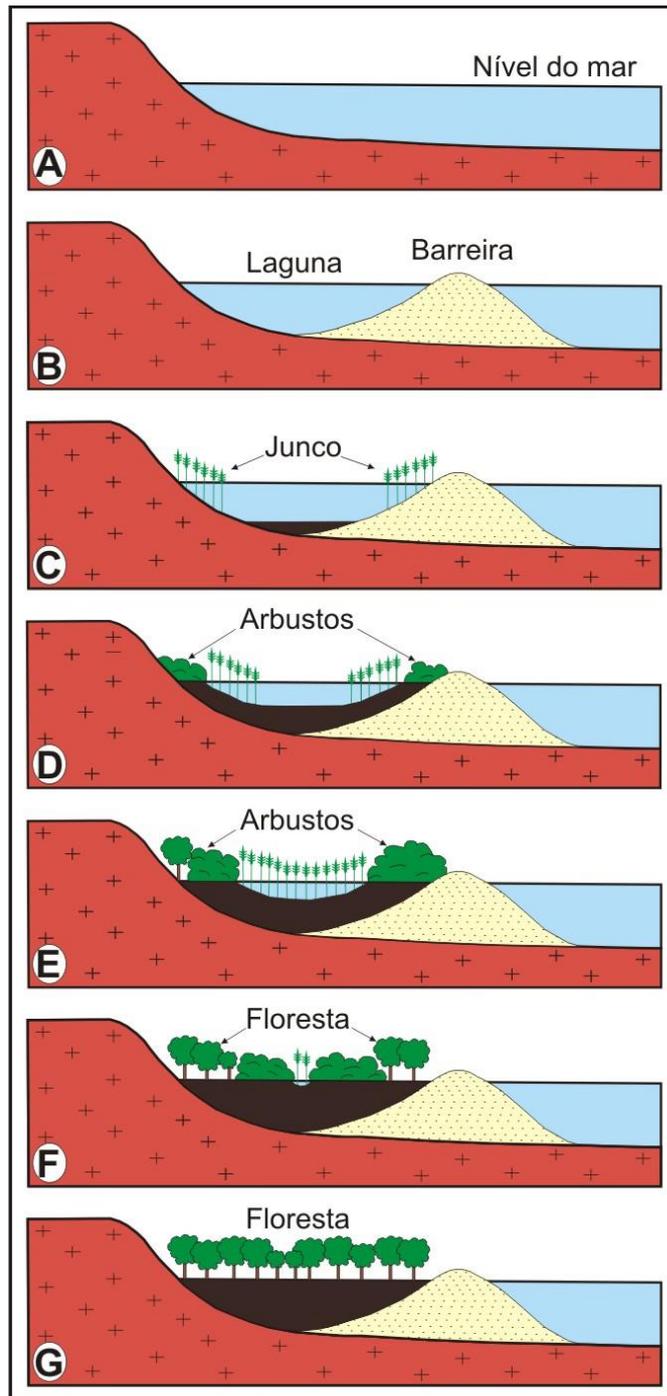


Figura 9 – (A e B) Formação do sistema barreira-laguna; (C) crescimento da vegetação de junco, (D e E) dos arbustos e (F e G) da floresta com depósitos de turfa (em marrom) (modificado de BIRD, 2008).

### 1.3.2 – Variações do nível do mar

As variações do nível do mar podem ser analisadas em três escalas de tempo: (1) mudanças em longo prazo, caracterizadas por ciclos eustáticos de alguns milhões de anos e pelas grandes alterações nas placas tectônicas; (2) a médio

prazo, entre  $10^3$  e  $10^6$  anos, com ênfase nos efeitos da glaciação do Quaternário, provocando ajustes isostáticos e variações eustáticas associadas às trocas de água entre os oceanos e geleiras; e (3) a curto prazo, no ordem de  $10^3$  anos, causada por marés astronômicas, efeitos residuais da glaciação Wisconsin e mudanças associadas à fatores meteorológicos, oceanográficos e climáticos (FAIRBRIDGE, 1983 apud DAVIDSON-ARNOTT, 2010). As variações de curto e médio prazo, especialmente as que ocorreram nos últimos 25 mil anos desde o último máximo glacial (glacial Wisconsin) até a transgressão Holocênica (deglaciação de Wisconsin), são as que mais afetam os recursos e processos costeiros relacionados aos ambientes modernos (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Numa escala espacial, as flutuações do nível do mar podem ser global, regional ou local. Quando ocorrem em escala global são chamadas de variações eustáticas e são causadas por processos que afetam todos os oceanos (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008), sendo os principais a alteração nas dimensões e/ou na forma das bacias oceânicas e no volume do oceano mundial (PIRAZZOLI, 1991). As mudanças em escala regional ou local são conhecidas como variações relativas e influenciadas por processos que atuam nessas escalas, que podem maximizar ou minimizar os impactos das variações eustáticas. Como por exemplo, o soerguimento ou rebaixamento crustal, mudanças climáticas e oceanográficas, etc. (PIRAZZOLI, 1991; DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008).

As condições paleoclimáticas das águas oceânicas superficiais foram mais bem compreendidas a partir da análise da composição isotópica de oxigênio de conchas marinhas de foraminíferos planctônicos, que estão diretamente relacionadas à composição isotópica do oxigênio da água do mar, a temperatura de formação das conchas e seguem rigorosamente o fracionamento inorgânico. A reconstrução dos volumes globais de gelo a partir dessa técnica aponta para a diminuição do volume do gelo a cada 100 mil anos, seguido de resfriamento gradual e acúmulo de um volume máximo de gelo e por uma fase de aquecimento abrupto. Estas variações no volume de gelo estão quase, mas não completamente, em sintonia com as variações orbitais de Milankovitch. Essas variações consideram que os efeitos cumulativos dos movimentos de excentricidade, obliquidade e precessão sobre a quantidade de insolação que atingem as altas latitudes do norte, foram responsáveis pelo degelo em grandes áreas do Hemisfério Norte durante o Pleistoceno (BRIDGE e DEMICCO, 2008).

A transição do Holoceno para o Pleistoceno é caracterizada pelo grande e rápido aumento do nível global dos oceanos em resposta a uma intensa fase de degelo. Existem inúmeras divergências sobre este assunto, mas há um consenso de que em torno de 18000 anos AP o nível do mar estava entre 100 e 130 metros abaixo do atual (Figura 10), quando a geleira de Wisconsin atingiu o máximo da glaciação. Em seguida, o derretimento desta geleira provocou um grande e rápido aumento do nível eustático do mar, cerca de 1m/100 anos (PETHICK, 1984) até aproximadamente 6000-7000 anos AP. Desde então, com a diminuição da deglaciação a subida global do nível dos oceanos passou a ser menor e mais lenta, entre 2 e 3 cm a cada 100 anos e persiste até hoje (PETHICK, 1984) (Figura 10). De acordo com o quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), a temperatura da Terra poderá aumentar até 4,8°C neste século, podendo resultar em uma elevação de até 82 centímetros no nível do mar, caso as emissões de gases do efeito estufa mantiverem as taxas atuais ao longo dos próximos anos (SUMÁRIO PARA OS TOMADORES DE DECISÃO DO QUINTO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO, 2015). Um aquecimento superior a esse poderia causar a deglaciação da Groenlândia ao longo de um milênio ou mais, contribuindo para o aumento global do nível do mar em até 7 metros.

As variações eustáticas do nível do mar interferem no tipo e na magnitude dos processos que condicionam a evolução costeira, tais como: a amplitude de maré, a velocidade das correntes costeiras, a taxa de acumulação, etc. (PETHICK, 1984; DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Com isso, a linha de costa pode variar bastante numa escala de tempo geológico. A maior parte da morfologia costeira mundial é muito recente, formou-se a menos de 6500-7000 anos AP, durante a transgressão holocênica. As barreiras, por exemplo, desenvolvem-se preferencialmente em momentos de nível do mar em queda ou em lenta ascensão. Nessas condições as ondas e correntes têm tempo suficiente para depositar sedimentos, formando as barreiras (PETHICK, 1984; DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

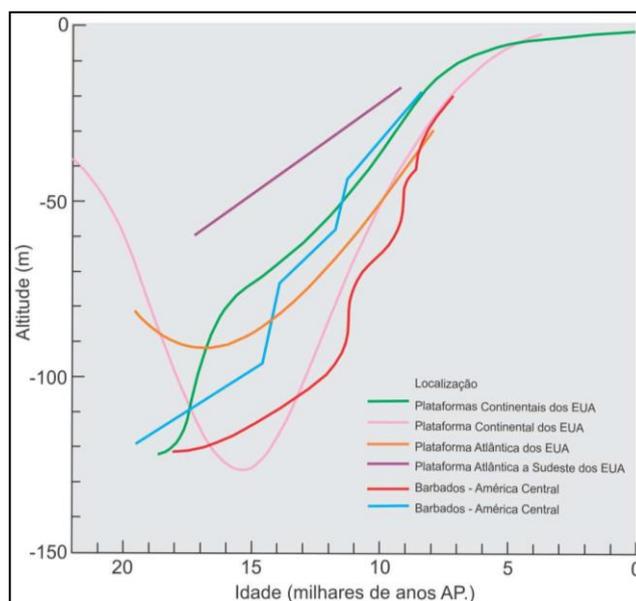


Figura 10 – Curvas de variações do nível do mar durante o Quaternário Tardio para os litorais do Atlântico Norte e Mar do Caribe. As características tectônicas peculiares geraram curvas diferentes, mas por volta de 6.000-7.000 anos AP convergem para a redução na taxa de elevação do nível do mar (modificado de FAIRBANKS, 1987 apud DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008).

As variações relativas do nível do mar ocorridas no Quaternário vêm sendo estudadas no Brasil objetivando compreender a sua influência na evolução costeira. Diversos trechos do litoral brasileiro têm sido contemplados em diferentes estudos utilizando métodos variados (ANGULO e LESSA, 1997; ANGULO et al., 1999; ANGULO et al., 2002; BEZERRA et al., 2003; MARTIN et al. 2003; SUGUIO et al., 2005; TOMAZELLI e VILLWOCK, 1996; WESCHENFELDER, 2005; TOMAZELLI e DILLENBURG, 2007; entre outros). Estes estudos, com base principalmente em datações de radiocarbono, foram muito importantes para a criação de curvas parciais ou completas de variações relativas do nível do mar para trechos do litoral brasileiro nos últimos 7000 anos AP e são constantemente revistas e debatidas (LESSA e ANGULO, 1998; MARTIN et al., 1998; MARTIN et al., 2003; ANGULO et al., 2016; entre outros).

As curvas de variações relativas do nível do mar sugeridas por MARTIN et al., 1987 (apud MARTIN et al., 2003) (Figura 11A) e ANGULO e LESSA, 1997 (Figura 11B) para trechos do litoral brasileiro, representam uma importante contribuição no entendimento a cerca do assunto. Dentre as curvas propostas por Martin et al. (1987 apud MARTIN et al., 2003), a de Salvador é a mais completa e pode ser usada como

referência para a porção central da costa brasileira. Para esses autores, o rebaixamento do nível do mar nos últimos 7000 anos AP foi interrompido por oscilações de alta frequência, com amplitudes que variam de 2 a 3 metros e duração de 400 a 500 anos. Com base nas datações calibradas para essa curva, o nível do mar ultrapassou o atual por volta de 7800 anos cal AP, atingindo o máximo de  $4,7\pm 0,5$  m em 5600 anos cal AP. Em torno de 5300 anos cal AP ocorreu uma regressão marinha que atingiu seu valor mínimo, provavelmente abaixo do nível atual, em torno de 4.200 anos cal AP. Posteriormente, houve uma nova transgressão marinha de  $3,5\pm 0,5$  m há 3500 anos cal AP, seguida por uma regressão marinha até 2600 anos cal AP. A última transgressão marinha ocorreu há 2300 anos cal AP e chegou a  $2,5\pm 0,5$  m acima do nível do mar atual e desde 2100 anos cal AP vem declinando até hoje (MARTIN et al., 1987 apud MARTIN et al., 2003).

A curva proposta por Angulo e Lessa (1997) para os estados do Paraná e de São Paulo, considera que o nível do mar ultrapassou o atual em torno de 7000 anos  $^{14}\text{C}$  cal AP; e alcançou o nível máximo em torno de 3 m acima do atual por volta de 5000 anos  $^{14}\text{C}$  AP. Desde então, aponta para uma regressão marinha constante até o presente momento.

Estudos realizados no litoral de Maricá apontam para um comportamento retrogradante desta linha de costa nas últimas décadas. A comparação entre fotografias aéreas e mapeamento costeiro com DGPS e perfis topográficos realizados neste litoral indicam um recuo entre 13 e 15 metros nos últimos 30 anos (LINS-DE-BARROS, 2005; SILVA, 2006; SILVA et al., 2008b). A retrogradação é uma resposta da barreira holocênica as ondas de tempestades intensas atuantes nesse litoral, que através do processo de sobrelavagem, formaram depósitos de leques de arrombamento (SILVA, 2006). É importante lembrar que esses estudos consideraram uma escala temporal muito pequena em relação ao tempo geológico considerado nas curvas de variação do nível do mar.

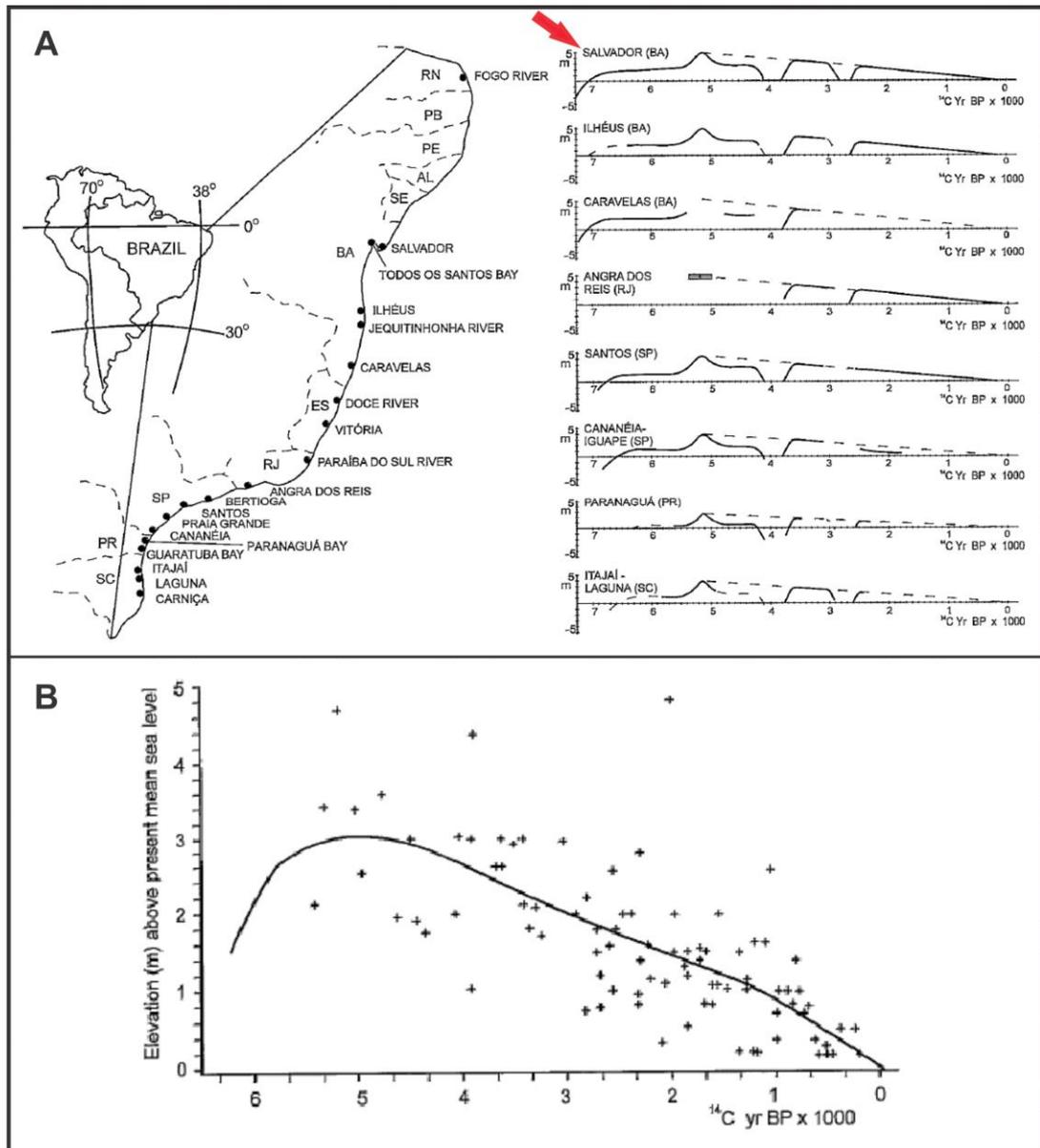


Figura 11 – Curvas de variações do nível do mar no Holoceno para o litoral brasileiro, (A) proposta por Martin et al. (1987 apud MARTIN et al., 2003) e (B) por Angulo e Lessa (1997). A seta vermelha aponta a curva de Salvador.

### 1.3.3 – Fácies sedimentares

Uma fácies sedimentar é um corpo ou pacote sedimentar com um conjunto de características específicas que o distinguem de outras fácies sedimentares. Esse conceito é aplicado após a descrição, identificação e elucidação das relações estratigráficas existentes em um determinado depósito. Para que isso seja possível devem ser analisadas as seguintes características: composição dos sedimentos (litologia), textura, estruturas sedimentares, conteúdo fóssil e cor (TUCKER, 1981). A

textura e as estruturas dos sedimentos e das rochas sedimentares, por exemplo, refletem o tipo de agente transportador e os processos deposicionais atuante no ambiente em questão. Os fósseis podem auxiliar na definição da profundidade da lâmina d'água, hidrodinâmica, temperatura, salinidade e outras propriedades físicas e químicas do ambiente deposicional (McLANE, 1995). Ao final de um estudo faciológico espera-se que essas informações permitam uma interpretação ambiental (MIDDLETON, 1978 apud WALKER, 1986).

Os ambientes sedimentares variam daqueles onde a erosão e o transporte domina para aqueles onde a deposição prevalece. Nas áreas continentais a geologia local e a topografia controlam o tipo (sedimentos e íons em solução) e a quantidade de material liberado pela ação das intempéries e da erosão. Os principais ambientes deposicionais continentais são os sistemas fluviais, glaciais, lacustres e os campos de areias eólicas em desertos. Já os ambientes costeiros e marinhos, em geral, são áreas de deposição com uma grande diversidade, como por exemplo: deltas, lagoas, planícies de maré, barreiras, ambiente marinho aberto e abissal. Muitos dos sedimentos depositados nesses ambientes preservam características distintas que podem ser usadas para reconhecer seus equivalentes no registro geológico (TUCKER, 1981).

A escala da subdivisão das fácies sedimentares depende do objetivo da pesquisa, se ele é mais amplo ou detalhado, do tempo disponível e da abundância de estruturas físicas e biológicas nos materiais (WALKER, 1986). As fácies sedimentares podem receber denominações informais, como por exemplo, "Fácies A", ou descritivas, mas devem ser objetivas (WALKER, 1986). A denominação descritiva das fácies pode ocorrer de acordo com as seguintes características: (1) o próprio sedimento, como exemplo, fácies de arenito com estratos cruzados; (2) o processo deposicional, por exemplo, fácies de inundação (rios); e (3) o ambiente deposicional, como exemplo, fácies de planície de maré. Dentre os 3 elementos, apenas o item 1 é objetivo e, esperançosamente, inequívoco; enquanto que os itens 2 e 3 dependem da interpretação do pesquisador (TUCKER, 1981).

O estudo de fácies sedimentares se dá a partir de amostragens pontuais, sejam elas de afloramentos ou de subsuperfície. A correlação entre as fácies observadas em cada ponto é ajudada pela Lei de Walther (CATUNEANU, 2008) ou Lei da Correlação de Fácies (TUCKER, 1981), segundo a qual as diferentes fácies em uma sequência vertical refletem ambientes que eram originalmente adjacentes

entre si, desde que não existam grandes discontinuidades na sedimentação (TUCKER, 1981). Ou seja, a existência de discordância reflete potencialmente grandes mudanças ambientais entre sucessões e não atende a essa regra (CATUNEANU, 2008). Este é um princípio fundamental da estratigrafia, pois permite a extrapolação horizontal de mudanças de fácies com base nos perfis verticais e é utilizada na reconstituição paleoambiental de uma fatia de tempo particular no registro estratigráfico de ambientes deposicionais (CATUNEANU, 2008). Para uma interpretação ambiental segura é importante correlacionar as observações feitas sobre as relações espaciais e as características de intervalo (litologia e estrutura sedimentar) entre as fácies com informações comparativas de outros elementos estratigráficos bem estudados, e particularmente a partir de estudos de ambientes sedimentares modernos (MIDDLETON, 1978 apud WALKER, 1986). Alguns processos deposicionais são típicos de um ambiente particular, enquanto que outros operam em vários ou em quaisquer ambientes (TUCKER, 1981). Por exemplo, arenitos com estratificação cruzada podem ocorrer em ambientes fluviais, de maré ou praias, devido à passagem de correntes sobre um fundo arenoso (WALKER, 1986).

A partir do conhecimento sobre um depósito sedimentar espera-se compreender tanto a natureza do sistema deposicional, como também as condições externas que o criaram ou o influenciaram. A magnitude, amplitude e frequência das propriedades físicas, químicas e biológicas dos ambientes modernos servem como base para estimá-las também em ambientes antigos (McLANE, 1995).

#### **1.4 – Objetivos**

Esta pesquisa objetiva aprofundar os conhecimentos sobre a evolução geológica da Lagoa de Maricá ao longo do Holoceno. Para atender a esse objetivo foram adotados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a geomorfologia e a sedimentação da Lagoa de Maricá, assim como, os fatores geológicos (variações do nível do mar, dinâmica costeira, aporte sedimentar, entre outros) que controlaram sua evolução.
- Descrever a estratigrafia lagunar a partir de dados obtidos com o georadar e sondagem geológica.
- Identificar a cronologia dos fenômenos geológicos através de datação por AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*) Carbono 14.

A síntese dos dados obtidos será apresentada em esquemas que contemplem os possíveis processos ocorridos na Lagoa de Maricá e sua correlação com as barreiras desse litoral.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram realizados 4 trabalhos de campo na Lagoa de Maricá, totalizando 11 dias de levantamentos: o primeiro em novembro de 2014, com duração de 3 dias, para o reconhecimento da área de estudo, coleta de sedimentos de fundo e margens lagunar, medições de profundidade e ajustes na estrutura para os próximos trabalhos de campo (Figura 12); o segundo ocorreu em agosto de 2015, também ao longo de 3 dias, para concluir a amostragem de sedimentos de fundo e aquisição dos dados com o ecobatímetro, DGPS (*Differential Global Positioning System*) e georadar (Figura 12); o terceiro, em janeiro de 2016 e com duração de 4 dias, objetivou a perfuração de 3 sondagens geológicas para a coleta de sedimentos de subsuperfície (Figura 12); e o quarto, em junho de 2017, com duração de 1 dia, para a perfuração da sondagem 4 na margem oeste da Lagoa de Maricá (Figura 12).

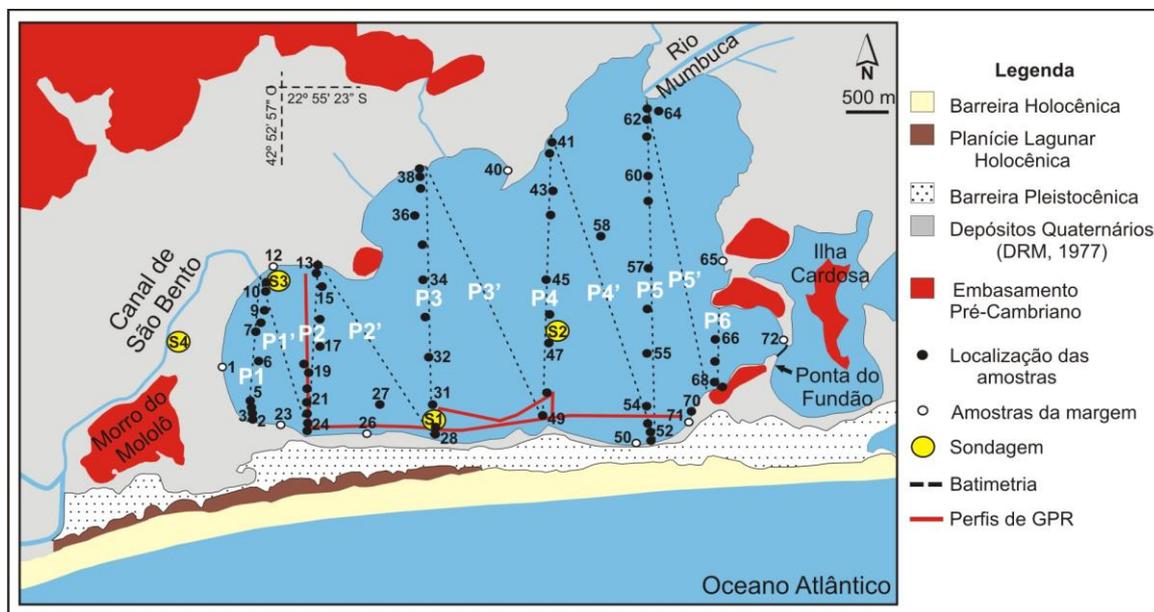


Figura 12 – Localização dos pontos de coleta de amostras, das sondagens e dos levantamentos realizados com o ecobatímetro e georadar.

Os locais escolhidos para a aquisição de dados geofísicos e coleta de amostras (fundo atual e sondagens), levaram em consideração os seguintes critérios: baixa salinidade da lagoa, característica fundamental para o bom funcionamento do georadar; profundidade; e acessibilidade (Figura 12).

Os materiais e métodos adotados neste estudo foram organizados nas seguintes etapas (Figura 13):

- (1) levantamento bibliográfico sobre o tema, sobre trabalhos realizados no litoral em questão e os que utilizaram ferramentas semelhantes às deste estudo;
- (2) trabalhos de campo para o reconhecimento da área de estudo, coleta de sedimentos do fundo e margens lagunar e levantamento manual de dados batimétricos;
- (3) trabalhos de campo para a aquisição de dados geofísicos;
- (4) processamento e interpretação dos dados geofísicos;
- (5) trabalhos de campo para a coleta de amostras de subsuperfície por meio de sondagem geológica;
- (6) análises sedimentológicas: textura, morfoscopia, teor de matéria orgânica, identificação paleontológica (micro e macro-organismos), composição e outras necessárias para a caracterização das fácies sedimentares lagunares;
- (7) datação pelo método do AMS  $^{14}\text{C}$ ;
- (8) integração e interpretação dos dados e preparação da tese.

Para os trabalhos de campo na laguna foi utilizado um bote inflável REMAR, equipado com motor de popa de 25 HP (Figura 14A) e nível topográfico convencional, de propriedade do LABDIN (Laboratório de Dinâmicas da Natureza) do Departamento de Geografia da FFP-UERJ (Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro), coordenado pelo professor Dr. André Luiz Carvalho da Silva; um ecobatímetro, DGPS (Figura 14A) e amostrador *van Veen* (Figura 14B) de responsabilidade do professor Dr. Alberto Figueiredo do Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da UFF (Universidade Federal Fluminense) e um georadar que pertence ao LAGEF (Laboratório de Geografia Física) do Departamento de Geografia da UFF, sob a coordenação do professor Dr. Guilherme Fernandez.

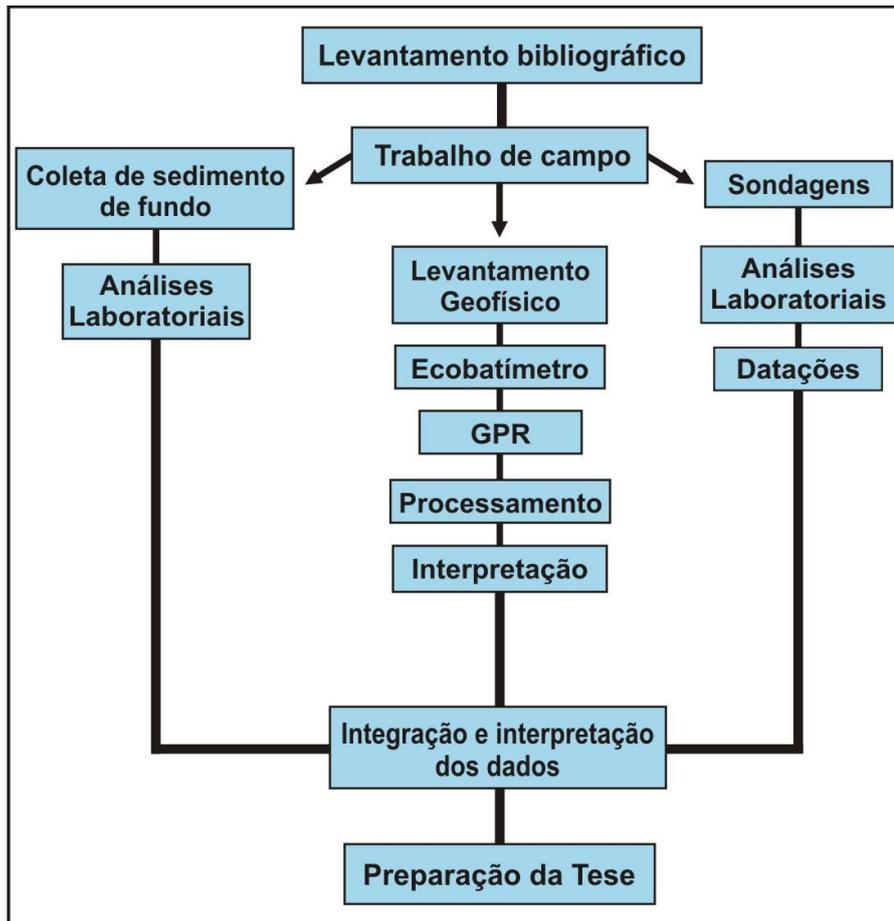


Figura 13 – Esquema apresentando as etapas adotadas para esta pesquisa.



Figura 14 – (A) Trabalho de campo na Lagoa de Maricá, (B e C) coleta de sedimentos de fundo com o amostrador *van Veen* e (D) da margem lagunar.

## 2.1 – Coleta de sedimentos

### 2.1.1 – *Van Veen e manual*

A amostragem de sedimentos do fundo (Figura 14B e C) e da margem lagunar (Figura 14D) foi realizada, com base em um roteiro de navegação previamente definido com 60 pontos de coordenadas marcados ao longo dos 6 perfis (Figura 12) no *Google Earth* e carregados no GPS Garmin 12 XL. Foram coletadas 63 amostras dentro da Lagoa de Maricá com o amostrador *van Veen* (Figuras 14B e C) e 9 amostras ao longo das margens utilizando-se um vasilhame que foi manualmente arrastado para recolher apenas o sedimento superficial (Figuras 14D), totalizando 72 pontos de coleta (Figuras 12 e 14). Essas amostras passaram por análises granulométricas, de teor de matéria orgânica e algumas por morfoscopia. As coordenadas desses pontos foram marcadas com o GPS.

### 2.1.2 – *Sondagem*

Foram realizadas 3 sondagens dentro da Lagoa de Maricá (S1, S2 e S3) e 1 na planície costeira a oeste (S4), distribuídas por diferentes áreas (Figuras 12 e 15), visando a melhor representação da estratigrafia deste ambiente. A proposta inicial do trabalho visava à perfuração de cerca de 10 poços, que seriam custeados através de recurso financeiro concedido pelo CNPq. Entretanto, a verba não foi disponibilizada a tempo de custear essa etapa, causando a redução do número de poços.

As sondagens foram realizadas sobre uma plataforma de até 3 metros de altura construída com andaime (Figura 15 A e B). Essa estrutura foi montada na margem e, posteriormente, apoiada em um colchão inflável para a mesma flutuasse e pudesse ser rebocada pelo bote inflável até o local exato da perfuração (Figura 15B). Onde foi adequadamente apoiada sobre tábuas com o objetivo de evitar que a mesma afundasse na lama.

Essa etapa da pesquisa foi realizada por uma equipe de sondadores do município de Maricá, utilizando-se o trado manual (Figura 15D, E e F), com o auxílio de uma sonda (Figura 15C) para a coleta de material, quando esse não podia ser trazido à superfície pelo trado. Tubos de PVC de diversos diâmetros (Figura 15C, D e E) foram usados durante a perfuração para evitar o fechamento do poço e, principalmente, para garantir que os sedimentos coletados correspondessem às

profundidades previamente selecionadas, sem que materiais de níveis superiores se misturassem com o subsequente.



Figura 15 – (A e B) Montagem e deslocamento da plataforma e dos equipamentos necessários para a sondagem. (C, D, E e F) Locais de perfuração das sondagens (C) com a sonda e (D, E e F) com o trado mecânico utilizados na coleta de sedimentos.

A amostragem de sedimentos foi realizada de acordo com os seguintes critérios: (1) pequeno intervalo do espaçamento (poucos centímetros) entre a amostragem devido à necessidade de identificação do conteúdo fóssilífero; (2) a

capacidade mínima de coleta de material com o método empregado, cerca de 20 cm; e (3) mudanças nas características dos sedimentos (cor, textura, presença de matéria orgânica, conchas e fragmentos de conchas, etc.). Sendo assim, o intervalo de amostragem na S1 e S3 foi de 20 cm, na S2 de 30 cm e na S4 de 50 cm. Foram coletadas no total 103 amostras de sedimentos, sendo 36 amostras na S1, 43 amostras na S2, 10 amostras na S3 e 14 amostras na S4. As mesmas foram devidamente descritas, fotografadas, embaladas e identificadas ainda no campo, e em seguida, armazenadas de acordo com as especificações de cada tipo de análise. A descrição visual no campo permitiu observar as principais características do material amostrado, como por exemplo, a cor, a litologia, a presença de fragmentos de conchas e/ou matéria orgânica, entre outros.

Ventos fortes e as ondulações, frequentes na parte da tarde, dificultaram o deslocamento e, quase sempre, limitaram o tempo de permanência dentro da Lagoa de Maricá. Apesar das inúmeras dificuldades, essa etapa foi realizada com êxito e o trado mecânico mostrou-se um método bastante eficiente, rápido e permitiu o acesso aos locais selecionados.

## **2.2 – Aquisição dos dados geofísicos**

### **2.2.1 – Ecobatímetro**

No total foram adquiridos cerca de 30 km de dados de batimetria da laguna, com o ecobatímetro e manualmente (Figura 16) em quase toda a extensão da Lagoa de Maricá (Figura 12), com exceção das áreas onde a navegação não foi possível devido à presença de rochas submersas, currais de pesca e galhos. A aquisição desses dados ocorreu ao longo de 11 perfis (P1, P1', P2, P2', P3, P3', P4, P4', P5, P5', P6 – Figura 12) perpendiculares e transversais à linha de costa. Para a realização do levantamento batimétrico foram utilizados o ecobatímetro modelo SONARMITE v3 da OHMEX *Instrumentation* fixado a lateral de um bote inflável REMAR (Figura 16A). 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 (Figura 16A). Também foram coletados dados de profundidade manualmente com o auxílio de uma linha de sondagem, nos locais onde não era possível a navegação. Essa etapa da pesquisa ocorreu num ano

(2015) marcado pela escassez de chuva e, conseqüentemente, redução no nível d'água na lagoa que dificultou o acesso a determinados trechos.

Foram obtidas medições da variação de maré a cada 15 minutos nos levantamentos de campo entre os anos de 2014 e 2016, com o objetivo de verificar a influência desta variação sobre as profundidades medidas na Lagoa de Maricá e a necessidade de correção da profundidade dos dados geofísicos. Para tal, foi utilizada uma régua de medida vertical localizada a 50 metros da margem lagunar (Figura 17), visando minimizar a interferência das ondulações, e um teodolito (nível ótico) acoplado a um tripé para facilitar a medição à distância.



Figura 16 – (A) Ecobatímetro (setas branca) e DGPS (seta preta) acoplados ao bote e (B) o acompanhamento da aquisição de dados.



Figura 17 – Medição da variação de maré utilizando uma régua de medida vertical (seta amarela) e o teodolito.

### **2.2.2 – Georadar**

Foram realizados 8 perfis de georadar na Lagoa de Maricá (Figuras 18A) com antenas blindadas de 200 MHz (Figura 18A e B – linha branca) e 400 MHz (Figura 18A e B – linha vermelha), totalizando cerca de 10 quilômetros de extensão. Esses perfis foram nomeados de acordo com sua orientação (paralela, perpendicular ou transversal) em relação ao litoral, objetivando facilitar a interpretação das estruturas internas. Nesse caso, assim como no levantamento batimétrico, os dados foram adquiridos num ano (2015) com baixa pluviosidade e aumento da salinidade, o que pode ter diminuído a qualidade dos radargramas. Alguns perfis foram fragmentados sempre que a dinâmica percorrida no levantamento pudesse prejudicar a qualidade dos dados.

As antenas do georadar foram posicionadas sobre espumas de poliuretano para preencher o espaço entre elas e o fundo ripado de madeira do bote inflável, visando o melhor funcionamento do equipamento.

O georadar tem sido utilizado em diversos estudos voltados para a visualização dos estratos sedimentares em corpos d'água com baixa salinidade ou de ambientes saturados (MELLETT, 1995; HAENI et al., 2000; AQUINO e LOPEZ, 2000; MOUTINHO et al., 2005; LOWRY et al., 2009; PARIZZI et al., 2011, entre outros). Esse método geofísico de alta resolução gera imagens detalhadas e contínuas das estruturas em subsuperfície através da propagação e reflexão de ondas eletromagnéticas de alta frequência (1 a 1000 MHz). O georadar é composto por duas antenas (Figura 19), uma transmissora que emite um pulso eletromagnético e outra receptora que capta os sinais refletidos. Na medida em que se propaga, o sinal é parcialmente refletido e transmitido sempre que houver uma descontinuidade eletromagnética (Figura 19). A profundidade e a resolução dos radargramas dependem das características sedimentares, da escolha da frequência (velocidade de penetração da onda eletromagnética) das antenas e de um bom processamento dos dados. A escolha das antenas depende basicamente dos objetivos almejados, sendo que, quanto maior a frequência da antena, maior será a resolução do imageamento e menor a penetração do pulso (NEAL, 2004; PEREIRA, 2001; SILVA et al., 2009; TANAKA et al., 2009).

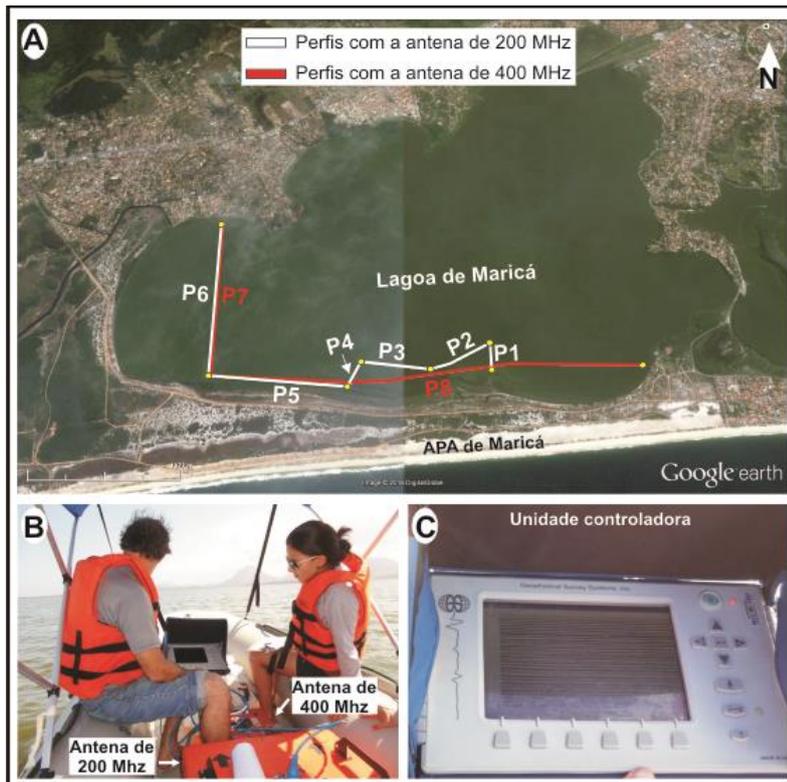


Figura 18 – (A) Trajeto realizado para a aquisição de dados com o georadar, (B) antenas utilizadas no levantamento e (C) visualização dos dados na unidade controladora.

Este método possui algumas limitações, tais como: a presença de água salgada que altera as propriedades elétricas do subsolo; seu sistema receptor sofre interferência de diversas fontes artificiais, como postes, casas, pontes, antenas, etc; parte da energia eletromagnética emitida pelo georadar pode se perder ou retornar como ruídos, podendo gerar reflexões múltiplas, sem importância geológica (CONYERS E GOODMAN, 1997 apud NEAL, 2004; OLHOEFT, 1999, 2000 apud NEAL, 2004; FISHER et al., 1996 apud NEAL, 2004). A grande quantidade de argilominerais e a alta condutividade, em superfície e subsuperfície, faz com que a perda de sinal seja maior em sedimentos lamosos (MELLETT, 1995). No entanto, essa ferramenta oferece inúmeras vantagens em se tratando de estudos voltados para o imageamento de sequências deposicionais rasas, tais como: auxilia nas escolhas dos locais para a coleta de amostras de sedimentos, gera perfis contínuos e de alta resolução, baixo custo operacional e facilidade de manejo no campo.

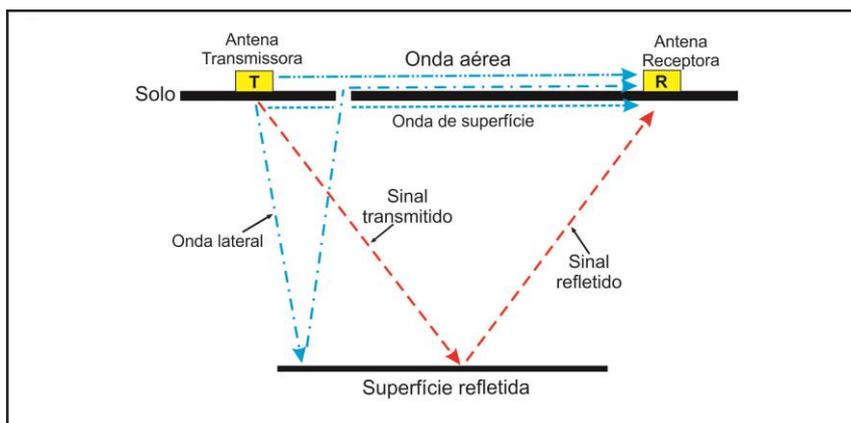


Figura 19 – Direções em que as ondas eletromagnéticas podem se propagar, gerando sinal ou ruído (modificado de FISHER et al., 1996 apud NEAL, 2004).

### 2.3 – Análises de laboratório

As 175 amostras coletadas foram divididas entre análises de textura, composição, macro e microrganismos e datações por  $^{14}\text{C}$  em laboratórios da UFF e em parceria com laboratórios de outras universidades públicas.

#### 2.3.1 – Textura

##### Granulometria

Foram coletadas um total de 175 amostras, dessas 150 passaram por análises granulométricas realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da UFF.

Essas amostras de sedimentos coletadas no fundo, na margem e em subsuperfície da Lagoa de Maricá passaram por uma seleção visual para identificar as que são constituídas, majoritariamente, por areia ou lama, pois a análise granulométrica destas frações utiliza equipamentos diferentes. Foram selecionadas 32 amostras com maior concentração de areia, 49 amostras compostas predominantemente por lama e outras 69 que possuem uma mistura relativamente homogênea das duas frações.

Para a análise das amostras com maior concentração de areia foram utilizadas as seguintes etapas:

- (1) Pesagem (Figura 20A) de cerca de 100 gramas da amostra.
- (2) Secagem na estufa (Figura 20B) com temperatura média de  $50^{\circ}\text{C}$ .
- (3) Pesagem da amostra seca.

(4) Quarteamento das amostras (Figura 20C), através do qual as mesmas são fracionadas aleatoriamente pelo quarteador em duas partes iguais. O procedimento foi repetido até alcançar o peso aproximado de 25 gramas (peso inicial - PI).

(5) Secagem na estufa com temperatura média de 50° C, até atingir peso constante.

(6) Eliminação da matéria orgânica (MO) através da adição de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (ver no subitem 2.3.2).

(7) A análise granulométrica foi realizada no Sistema de Análise de Forma e Tamanho de Partícula com Processamento de Imagem Digital CAMSIZER (Figura 20D). A amostra foi colocada na plataforma vibratória que dispersa os grãos e esses caem entre um feixe de luz plano e duas câmeras. A partir disso, a sombra das mesmas é gravada e analisada em uma média de 60 imagens por segundo. As partículas do fluxo de sedimento são avaliadas e registradas, sendo possível medir uma grande quantidade de material de modo rápido e preciso. A câmera com zoom oferece uma resolução máxima para a granulometria mais fina e a câmera básica registra as partículas maiores gerando uma estatística exata nos resultados.

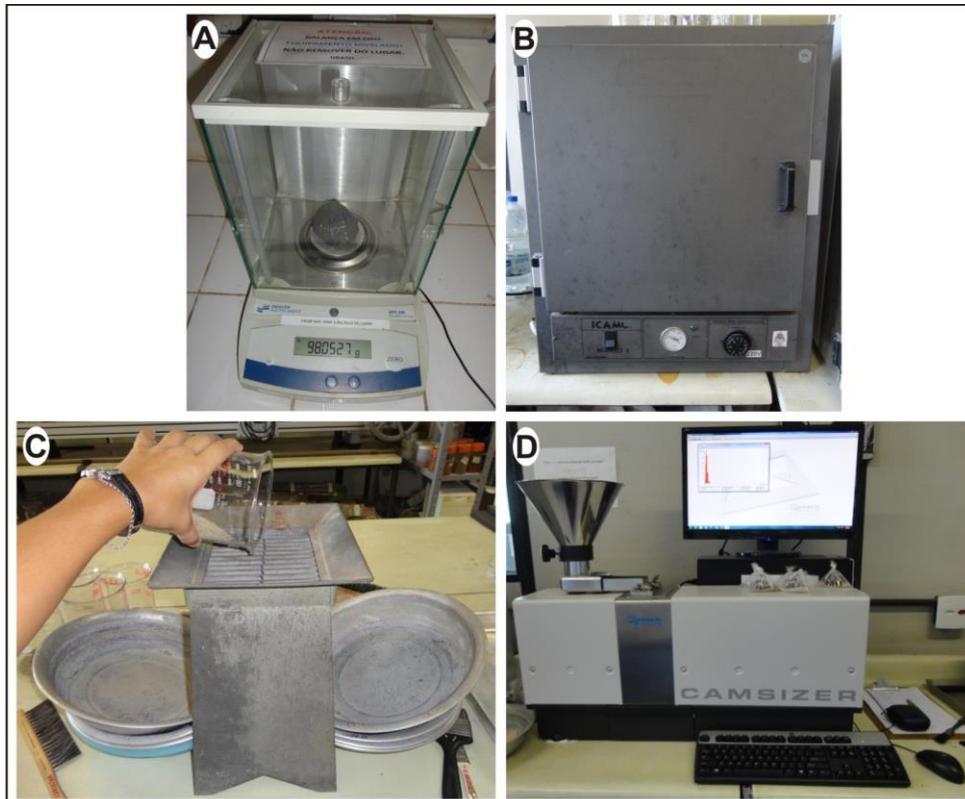


Figura 20 – Principais etapas de análise dos sedimentos predominantemente arenosos. (A) Balança, (B) estufa, (C) quarteador e (D) granulômetro de areia.

Para a análise granulométrica das amostras compostas predominantemente por lama foram utilizadas as seguintes etapas:

(1) Separação de cerca de 20 gramas (Figura 21A) das amostras para serem congeladas.

(2) Após o congelamento as amostras foram secas no liofilizador (Figura 21B), equipamento que promove a desidratação do material por sublimação a vácuo, induzido pela baixa temperatura (PRAÇA et al., 2008). Nesse tipo de secagem, geralmente, os sedimentos não ficam compactados, o que dispensa a etapa de destorroamento da amostra e a fragmentação dos grãos.

(3) Secagem na estufa com temperatura média de 50°C, para ter certeza que as amostras atingiram o peso constante.

(4) Queima da matéria orgânica pelo método de perda de peso por ignição (mufla - Figura 21C) (ver no subitem 2.3.2). Essa etapa foi importante para diminuir a possibilidade de ter sedimentos aglomerados pela matéria orgânica.

(5) Pesagem de cerca de 3 gramas de sedimento.

(6) Adição de uma solução defloculante contendo 45,7 gramas de hexametáfosfato de sódio diluído em 1 litro de água destilada. Para esta etapa da análise a amostra foi colocada em um recipiente falcon, juntamente com 15 – 20 ml dessa solução.

(7) As amostras ficaram no agitador elétrico (Figura 21D) com intensidade moderada por um período entre 24 e 48 horas.

(8) Em seguida a granulometria dos sedimentos lamosos foi realizada no Granulômetro Malvern Mastersizer 2000 (Figura 21E) pelo método de difração de laser. Este método mede as distribuições de tamanho das partículas por medição da variação angular na intensidade da luz difundida à medida que um feixe de laser interage com as partículas dispersas da amostra. A utilização do referido método para sedimentos lamosos se mostrou bastante rápido e eficiente. A presença de sedimentos na fração areia grossa junto à lama pode dificultar a análise por este método e causar entupimento na unidade de dispersão do equipamento.



Figura 21 – Principais etapas de análise dos sedimentos predominantemente lamosos. (A) Balança, (B) liofilizador, (C) mufla, (D) agitador e (E) granulômetro para lama.

Para as amostras com quantidade considerável de areia e lama foram utilizadas as seguintes etapas:

- (1) Pesagem de cerca de 100 gramas de sedimento.
- (2) Secagem na estufa com temperatura média de 50°C.
- (3) Separação das frações de areia e lama através da lavagem dos sedimentos na peneira de 0,063 mm (Figura 22A).

(4) A areia retida na peneira foi seca (chapa aquecedora e estufa) e novamente pesada (PF), para determinar a porcentagem de lama presente nesse sedimento (Quantidade de lama = PI – PF da areia). As etapas seguintes são as mesmas descritas anteriormente para os sedimentos arenosos, começando pela etapa de número 5.

(5) A lama (Figura 22B) ficou decantando até que a água estivesse transparente, em seguida o excesso de água foi retirado com uma seringa e as amostras foram congeladas. A partir desse ponto essas amostras foram analisadas

de acordo com as etapas referentes aos sedimentos lamosos, começando pela etapa de número 2.

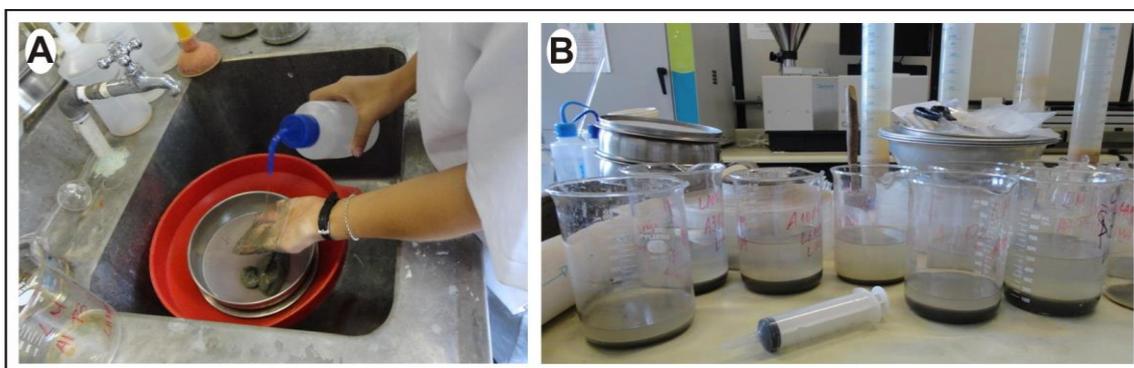


Figura 22 – (A) Lavagem e (B) decantação das amostras com quantidade considerável de areia e lama.

Após as análises granulométricas, a definição do tamanho das frações foi feita com base na classificação proposta por Wentworth (1922 apud PETTIJOHN, 1975), com os intervalos em milímetros (Tabela 1). A identificação das diferentes concentrações das frações de cascalho, areias, siltes e argila permitiram a classificação das amostras de sedimentos de acordo com esse mesmo autor (Tabela 2).

Tabela 1 – Classificação das frações granulométricas de acordo com os intervalos proposto por Wentworth (1922) (modificada de WENTWORTH, 1922 apud PETTIJOHN, 1975).

Classificação		Tamanho em milímetros (mm)
Cascalho	----	64 a 2
Areia	Muito grossa	2 a 1
	Grossa	1 a 0,50
	Média	0,50 a 0,25
	Fina	0,25 a 0,125
	Muito fina	0,125 a 0,062
Silte	Grosso	0,062 a 0,031
	Médio	0,031 a 0,0156
	Fino	0,0156 a 0,0078
	Muito fino	0,0078 a 0,0039
Argila	----	< 0,0039

Tabela 2 – Classificação dos sedimentos proposta por Wentworth (1922) (modificada de WENTWORTH, 1922 apud PETTIJOHN, 1975).

Porcentagem das frações	Classificação
Cascalho > 80	Cascalho
Cascalho > areia > 10 outras < 10	Cascalho arenoso
Areia > cascalho > 10 outras < 10	Areia cascalhosa
Areia > 80	Areia
Areia > silte > 10 outras < 10	Areia siltosa
Silte > areia > 10 outras < 10	Silte arenoso
Silte > 80	Silte
Silte > argila > 10 outras < 10	Silte argiloso
Argila > silte > 10 outras < 10	Argila siltosa
Argila > 80	Argila

### Morfoscopia

Após a granulometria foram selecionadas 77 amostras representativas da margem lagunar e de subsuperfície, objetivando a análise morfoscópica. Para isso foi utilizada uma lupa binocular (Figura 23) com iluminação por reflexão e as imagens foram capturadas através do programa *ToupView*. Essa etapa da pesquisa foi realizada no LABDIN da FFP-UERJ.

O tipo de equipamento utilizado permite a observação das características mais brutas da superfície dos grãos, como o arredondamento e o brilho da superfície (BOGGS Jr., 2006). O grau de arredondamento das partículas refere-se à nitidez dos cantos dos grãos, ou seja, os grãos bem arredondados possuem cantos e arestas lisos/suaves; os grãos mal arredondados apresentam cantos ou bordas enrugadas/angulares. A classificação foi feita com base em Powers (1953) apud Boggs Jr. (2006) (Tabela 3). Em relação ao brilho, os grãos podem ser foscos, principalmente, quando associado à abrasão eólica (devido às pequenas marcas causadas pelo impacto entre os grãos no ar) e a corrosão química; ou vítreos, que é causada pelo alisamento das pequenas irregularidades, geralmente, atribuído ao contato entre os grãos em meio aquoso (FOLK, 1980).

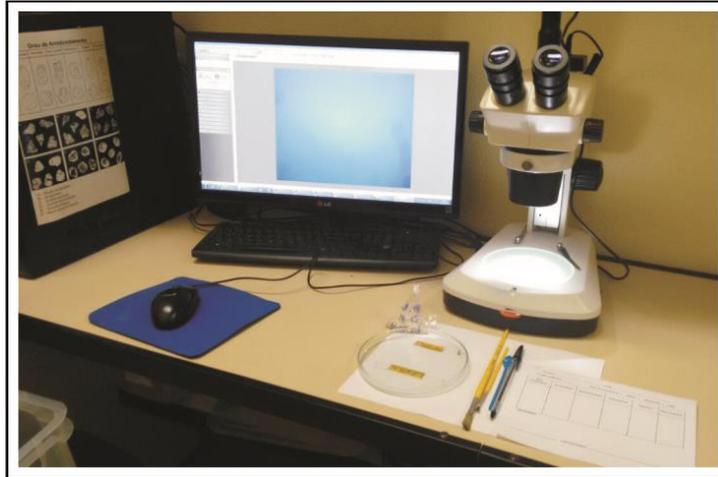


Figura 23 – Lupa binocular utilizada na análise morfoscópica e de composição dos sedimentos.

Tabela 3 – Gráficos propostos por Powers (1953) para a comparação do grau de arredondamento das partículas de sedimentos (modificada de POWERS, 1953 apud BOGGS Jr., 2006).

Alta esfericidade						
Baixa esfericidade						
	Muito angular	Angular	Subangular	Sub-arredondado	Arredondado	Bem arredondado

Segundo Folk (1980), numa comparação entre um conjunto de amostras o ideal é escolher o mesmo intervalo de tamanho dos grãos, pois os grãos mais grossos são geralmente mais arredondados e apresentam textura superficial diferente. Entretanto, em algumas amostras não foi encontrada quantidade significativa das frações arenosas mais finas. Sendo assim, a morfoscopia foi realizada através da contagem e caracterização de 100 grãos das frações de 0,500 mm, 0,250 mm ou 0,125 mm, dependendo da fração mais representativa no total de amostras coletadas em cada local. Nesse tipo de análise o mineral mais utilizado é o quartzo (padrão universal) devido a sua abundância, resistência física e a

estabilidade química, características que permitem sua permanência em ambientes deposicionais por longos períodos geológicos (BOGGS Jr., 2006).

### **2.3.2 – Composição**

A identificação dos principais minerais constituintes dos sedimentos foi realizada nas mesmas frações das 77 amostras que passaram pela análise morfooscópica, teor de matéria orgânica e argilominerais, que influenciam diretamente na cor. A composição dos sedimentos ajuda a entender sua origem. Os minerais mais grossos (cascalho e areia) foram observados a olho nu e através da lupa binocular e foram classificados de acordo com as características apresentadas por Klein e Dutrow (2012). O quartzo foi identificado pelo brilho vítreo; com cor, geralmente, incolor ou branco, mas pode conter impurezas e ter coloração diversa; de acordo com quantidade de luz que passa por ele, pode variar de transparente a translúcido (KLEIN e DUTROW, 2012). Assim como o quartzo, o feldspato também possui brilho vítreo e capacidade de transmitir a luz entre transparente a translúcido, mas com cor branca a amarelo-claro e, raramente, com variações entre vermelho e verde (KLEIN e DUTROW, 2012).

#### Teor de matéria orgânica

A eliminação da matéria orgânica (MO) foi realizada em amostras brutas. Nos sedimentos arenosos foi feita a partir da pesagem inicial (PI) de cerca de 25 gramas de sedimento e adição de uma solução contendo 30% de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e 70% de água destilada, em quantidade equivalente a da amostra. Essa etapa foi realizada em beakers/erlenmeyers de vidro colocados sobre a placa aquecedora (Figura 24A) para facilitar a queima da matéria orgânica. A temperatura da chapa não deve ultrapassar os 100°C para evitar que o material transborde durante a fervura. Esse procedimento foi realizado sucessivas vezes até a completa oxidação da matéria orgânica, que no caso de sedimentos arenosos pode ser observada através do clareamento da sua cor. Em seguida, as amostras são lavadas para a eliminação dos resíduos, secas na chapa e na estufa; e finalmente pesadas (Peso Final – PF), para a quantificação da matéria orgânica, que foi determinada pela diferença entre o PI e o PF da amostra ( $MO = PI - PF$ ).

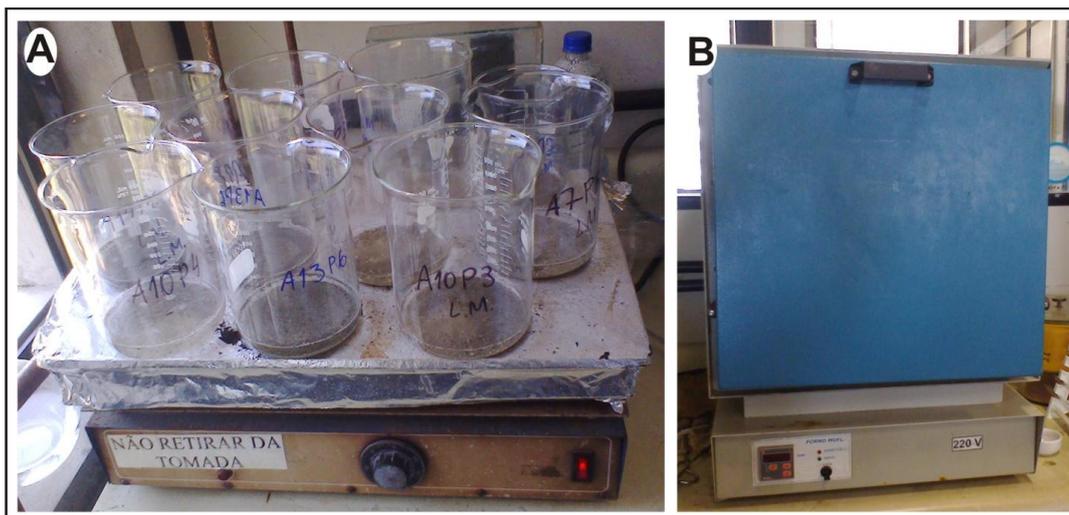


Figura 24 – Eliminação da matéria orgânica (A) em sedimentos arenosos na placa aquecedora e (B) lamosos na mufla.

Nos sedimentos lamosos a quantificação da MO foi realizada pelo método de perda de peso por ignição (mufla) (Figura 24B). Foram pesados, aproximadamente, 5 gramas de sedimentos (PI), colocados em cadinhos e levados a mufla por cerca de 16 horas a uma temperatura de 380°C (SCHUMACHER, 2002). Posteriormente, as amostras foram pesadas (PF) para a quantificação da matéria orgânica pela diferença entre o PI e o PF. Cabe ressaltar que nas amostras que passaram pela separação das frações de areia e lama o teor de MO foi medido nas duas frações e o valor total foi calculado por regra de 3.

### Cor

As cores das amostras, ainda úmidas, foram definidas no laboratório a partir da Carta de *Munsell* na seguinte ordem: número da folha, seguido do número da linha e da coluna. Como por exemplo, 2.5YR5/4 que corresponde a cor *reddish brown*. O nome das cores em inglês foram traduzidos para o português com base em Santos et al. (2005).

### Argilominerais

A análise dos argilominerais foi realizada através da difratometria de raios X (DRX) de pó. Dentre os vários métodos de identificação dos minerais, esse é o que fornece informações mais conclusivas, de forma rápida e com baixo custo. Os

minerais identificados pela DRX estão numa granulometria muito fina (<0,063 mm) para serem observados por microscopia óptica (KLEIN e DUTROW, 2012).

Foram selecionadas 4 amostras da S2 (área central) e 3 amostras da S3 (margem nordeste), objetivando a comparação entre os minerais que compõem as diferentes áreas e a sua proximidade com o embasamento. Essas amostras foram preparadas a partir das seguintes etapas:

- (1) Secagem na estufa com temperatura média de 50°C.
- (2) Maceração dos sedimentos para obter um pó bem fino.
- (3) Separação à seco das frações lamosas através da peneira de 0,063 mm.
- (4) Eliminação da MO com a adição de uma solução contendo 25% de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e 75% de água destilada, em quantidade equivalente a da amostra.
- (5) Retirada dos resíduos através da centrifugação das amostras com água destilada com 5 repetições em 1000 rotações por 5 minutos.
- (6) Secagem na estufa com temperatura média de 50°C e armazenamento em recipientes eppendorf.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Difração de Raios X do Instituto de Física da UFF (LDRXuff®), sob responsabilidade do professor Dr. Renato Guimarães, onde passaram por análise policristalina, utilizando equipamento *Bruker D8 Advanced*. A quantificação das fases cristalinas foi feita a partir do Método de Rietveld e do software GSASII e sua identificação se deu através do software Diffrac EVA 9.0, com o banco de dados PDF2-2003.

### **2.3.3 – Macro e microrganismos**

#### Conchas

Foram coletadas 54 amostras de conchas de gastrópodes e bivalves, sendo 9 exemplares da S1, 36 da S2 e 9 da S4. Essas conchas foram catalogadas, cuidadosamente lavadas, secas em temperatura ambiente e identificadas pela professora Dra. Rosa Souza do Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros - UFF.

#### Espículas de esponjas

A extração das espículas de esponja foi realizada em 26 amostras da S2 e em 12 amostras da S4, compostas por sedimentos predominantemente lamosos,

onde geralmente se acumulam as espículas. O método adotado foi descrito por Volkmer-Ribeiro e Turcq (1996), que consiste em:

(1) Secagem de cerca de 15 gramas de sedimento bruto na estufa com temperatura média de 50°C (Figura 25A).

(2) Desagregação dos sedimentos através da maceração (Figura 25B), feita com cuidado visando à máxima preservação das espículas de esponjas.

(2) Pesagem de 3 gramas de sedimentos que foram colocados em tubos de ensaio com o dobro de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) diluído a 65%, para queimar a matéria orgânica.

(3) Aquecimento do tubo de ensaio (Figura 25C) com o uso de uma lamparina até o ponto de ebulição dessa solução.

(4) Adição de algumas gotas de peróxido de Hidrogênio a 30% após o resfriamento da solução.

(5) Em seguida, para eliminar o ácido da amostra, o sedimento foi colocado num falcon com água destilada (Figura 25D) e centrifugado (Figura 25E) 5 vezes em 1000 rotações por 4 minutos até atingir o pH básico. A centrifugação final foi feita com álcool 70.

(7) Foram coletados 50 microlitros do material resultante, colocados sobre a lâmina, que foi posteriormente seca na chapa aquecedora e coberta com Entellan e lamínula.

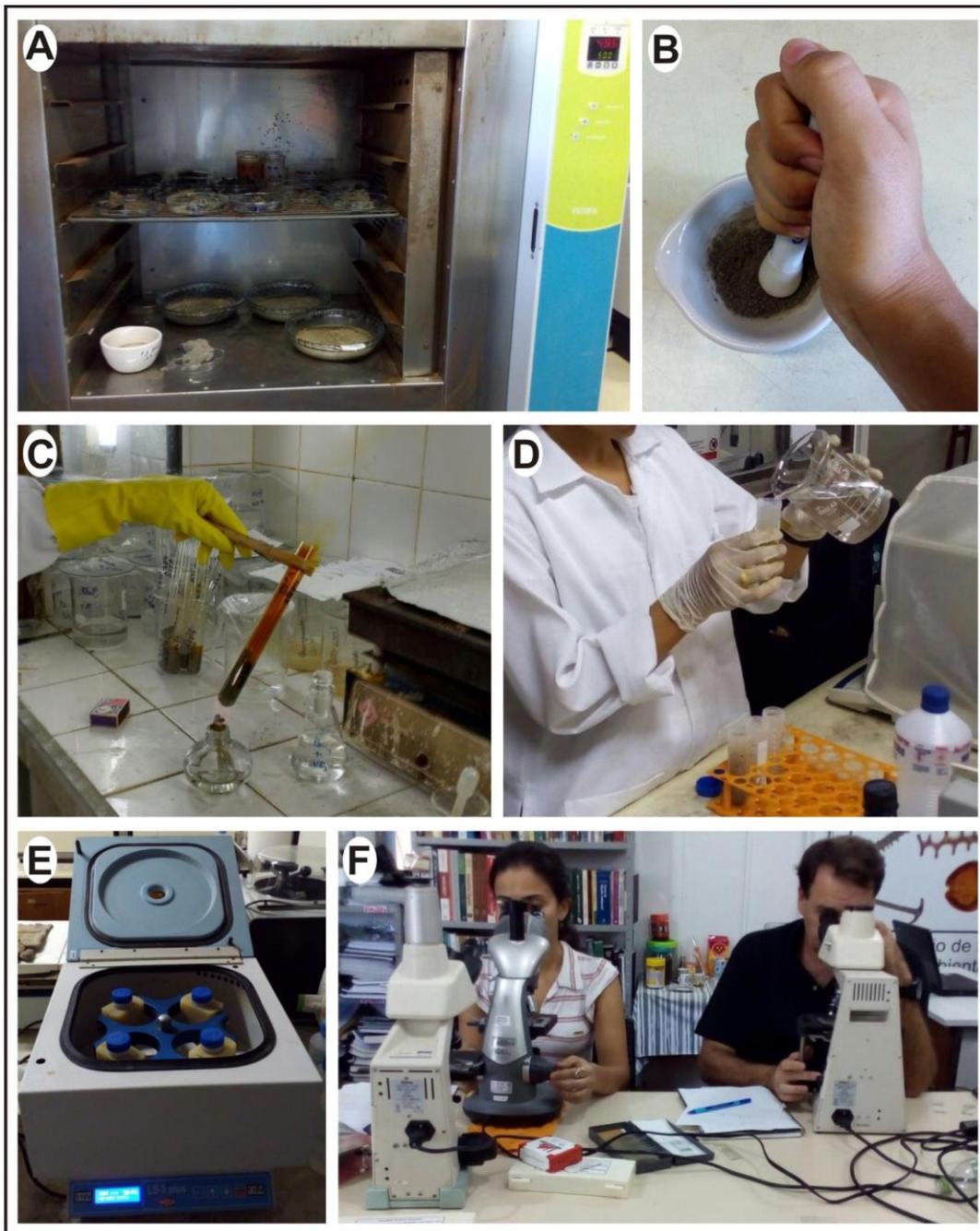


Figura 25 – Principais etapas de análise dos sedimentos para espículas de esponja: (A) secagem na estufa, (B) maceração, (C) eliminação da MO e (D e E) do ácido nítrico e (F) identificação das espículas de esponja.

As lâminas foram analisadas no microscópio óptico (Figura 25F) para a identificação e classificação das espículas de esponja. A contagem foi feita em 3 linhas de 3 lâminas de cada amostra. Essa etapa foi realizada no Laboratório de Dinâmicas da Natureza (LABDIN) da UERJ-FFP e no Laboratório de Estudos

Paleoambientais da UNESPAR (Campo Mourão, Paraná) sob a orientação do Prof. Dr. Mauro Parolin.

#### **2.3.4 – Datação por AMS $^{14}\text{C}$**

A presença de matéria orgânica e conchas nos sedimentos permitiram a realização de datações pela técnica de AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). O uso do radiocarbono como marcador em seres vivos é de grande importância, já que todo tecido orgânico é composto de carbono. Além da quantidade necessária para as análises ser reduzida, a característica mais importante do método AMS é, sem dúvida, a não associação do tempo de medida com a meia-vida do elemento (GOMES et al., 2004). Este método consiste no emprego do isótopo radioativo natural do  $^{14}\text{C}$ , que é instável, para determinar a idade da matéria orgânica contida nos sedimentos. Trata-se de um procedimento laboratorial por meio do qual se mede a desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$ . A desintegração radioativa do  $^{14}\text{C}$  ocorre espontaneamente a partir da morte do ser vivo. O conhecimento desse decaimento radioativo, o qual o  $^{14}\text{C}$  se transforma em um átomo de Nitrogênio-14, é que fornece a idade da matéria orgânica contida no sedimento. Essa técnica permite a constatação de idades até cerca de 60.000 anos AP (PESSENDA et al., 2005).

Foram selecionadas 8 amostras de sedimentos contendo conchas e matéria orgânica, sendo 6 da S2 e 2 da S4, e encaminhadas ao Laboratório de Radiocarbono do Instituto de Física da UFF, sob responsabilidade da professora Dra. Kita Macário. Neste laboratório as amostras passaram por diversas etapas de preparação até a grafitização do material. Em seguida, as mesmas foram enviadas para a datação de  $^{14}\text{C}$  laboratório de datações do CAIS (*Center for Applied Isotope Studies* – Centro de Estudos Isotópicos Aplicados) da Universidade da Geórgia (Estados Unidos). As idades obtidas foram utilizadas para o cálculo da taxa de acumulação na área central e na margem oeste da Lagoa de Maricá.

#### **2.3.5 – Processamento dos dados geofísicos**

##### Ecobatímetro

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 obtidos de forma manual (fio de prumo). 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. Essa etapa foi realizada pelo professor Dr. Sérgio Vasconcelos (Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC – Rio).

### Georadar

Os dados adquiridos com o georadar na Lagoa de Maricá foram processados no software RADAN (*Radar Data Analysis*) da GSSI (*Geophysical Survey Systems Incorporated*) pelo geofísico Amilsom Rodrigues, posteriormente, carregados e interpretados no software Corel DRAW X6.

O pré-processamento, primeira etapa de tratamento dos dados, ocorreu no momento da aquisição dos perfis através da aplicação do filtro FIR *Filter* (passa-banda) para eliminação dos ruídos e do ajuste de ganhos (ganho automático), que possibilitam o ganho de amplitude durante o levantamento. O processamento propriamente dito constituiu nas seguintes etapas: equalização dos dados; aplicação de filtros espaciais; empilhamento de traços 2 a 2; deconvolução *spike* e preditiva; filtragem passa-banda; migração *Kirchhoff*; filtragem passa-banda (pela segunda vez); migração pós-empilhamento; reamostragem vertical de 1024 para 2048 amostras por traço; ganho AGC (*Automatic Gain Control*); correção da topografia; concluindo com a estática residual.

Não foi necessária a realização de testes para a escolha das antenas de georadar e da velocidade adequada à área de estudo. Esses parâmetros foram estabelecidos anteriormente por Pereira (2001) e Pereira et al. (2003) no litoral de Itaipuaçu (a oeste da área de estudo). Foi adotada a mesma frequência das antenas utilizadas por estes autores, assim como, a velocidade de 0,10 mns<sup>-1</sup> determinada a partir de uma linha de georadar do tipo CMP (*Common Mid-Point*).

Após o processamento os dados foram carregados e posteriormente interpretados no Corel DRAW X6. A interpretação dos radargramas foi realizada com base no conhecimento prévio sobre a geologia local, por meio do qual, foram identificados os refletores mais proeminentes e os padrões de reflexão. Foram observados nos perfis do georadar o mergulho (inclinação), a forma, a continuidade e a relação entre as reflexões, atributos definidos por Neal (2004). Empregaram-se terminologias adequadas para descrever e atribuir significado as superfícies de radar, a geometria dos pacotes e as fácies de radar (MITCHUM et al., 1977 apud

NEAL, 2004; CAMPBELL, 1967 apud NEAL, 2004; ALLEN, 1982 apud NEAL, 2004), que constituem um perfil de reflexão do georadar.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 – Geomorfologia, sedimentação e processos atuais na Lagoa de Maricá

##### 3.1.1 – *Batimetria e morfologia da Lagoa de Maricá*

A Lagoa de Maricá é bastante rasa, com cerca de 2 metros (m) nas áreas de maior profundidade, apresenta fundo predominantemente plano e homogêneo (Figuras 26 e 27 - ver apêndice I). A partir da margem lagunar a profundidade aumenta gradativamente em direção ao fundo atingindo entre 1,5 m e 2 m. A mudança da margem para o fundo se dá com a passagem de sedimentos arenosos para arenosiltosos. A morfologia da margem submersa apresenta semelhança com a emersa (Figuras 26 e 27). A porção submersa da margem se estende em média até 400 m (margem norte) e 250 m (margem sul) a partir da linha d'água. Em seguida, a profundidade aumenta gradualmente em direção ao fundo lagunar (Figuras 26 e 27) que é quase totalmente plano, exceto nas áreas onde existem os afloramentos rochosos.

Os perfis batimétricos (com orientação norte-sul - Figura 12) 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 (sul), 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 à existência de uma protuberância na margem (próxima ao P4 - Figura 27), 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 profundidade a 160 e 300 m de distância da linha d'água. O gradiente mais suave na margem norte, provavelmente, teve origem na deposição dos sedimentos trazidos pela descarga fluvial. Por outro lado, a margem sul corresponde ao reverso da Barreira Pleistocênica e sua maior inclinação deve estar relacionada à retrogradação da mesma durante a transgressão marinha.

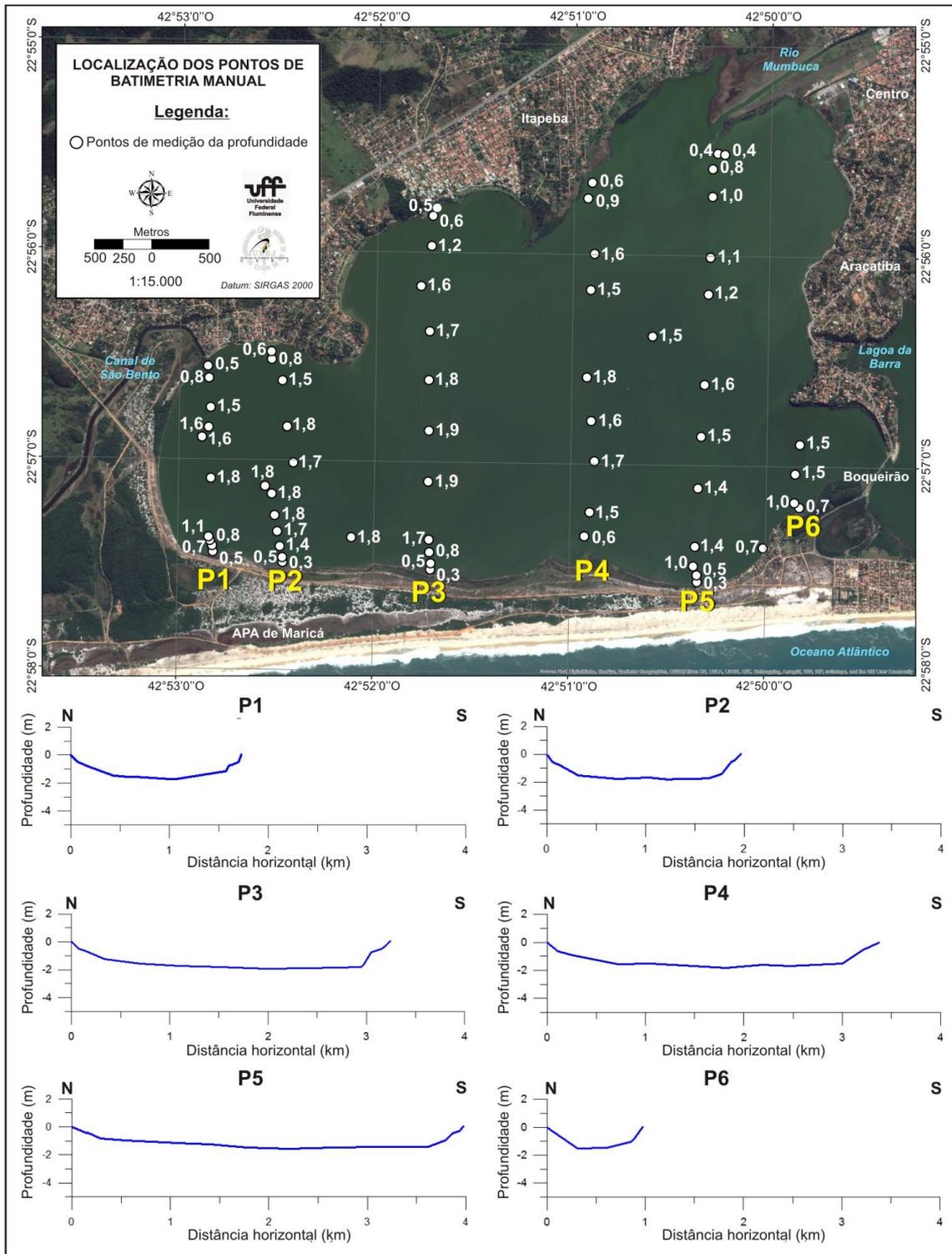


Figura 26 – Profundidades medidas manualmente com uma linha de sondagem, perfis batimétricos gerados a partir desses dados e morfologia da Lagoa de Maricá.

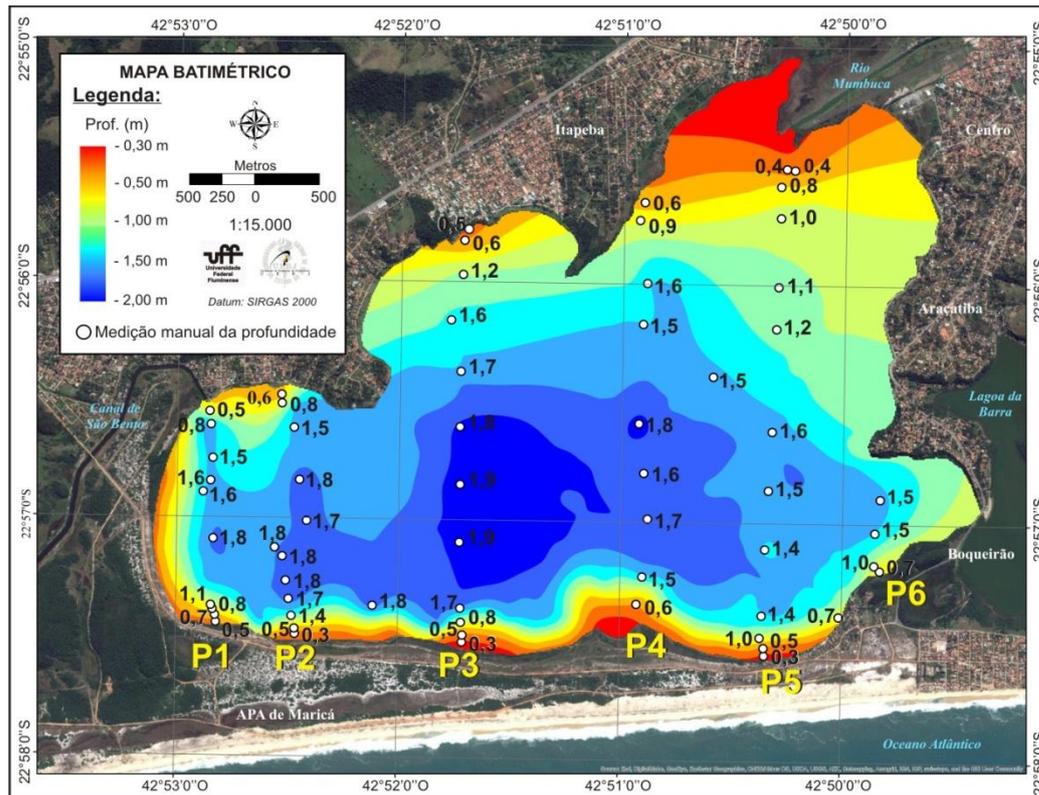


Figura 27 – Mapa batimétrico com os dados adquiridos manualmente e com o ecobatímetro.

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 26 e 27), 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 deságuam na margem norte e também contribuem para o assoreamento e para o gradiente mais suave desta área.

A comparação entre as profundidades adquiridas manualmente (Figura 26) e com o ecobatímetro (Figura 27) 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 seguindo a mesma configuração do litoral, conforme o setor sul. Isso ocorreu em virtude da ausência de dados para uma interpolação mais representativa das áreas mais rasas, em geral de difícil acesso.

A morfologia de fundo e a batimetria encontradas para a Lagoa de Maricá (Figuras 26 e 27) 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 28); e na área entre a ponta do Boqueirão e a comunidade de pescadores de Zacarias (Figura 28) as profundidades variavam de 1,8 a 3,5 m (Figura 28). 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 a falta de informações sobre as condições meteorológicas em que os dados foram adquiridos (nos dois trabalhos citados acima), impossibilita uma comparação mais conclusiva das profundidades e a análise de possíveis incongruências entre os trabalhos.

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, segundo CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), 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 máximas em torno de 1,3 m (RESENDE e SILVA, 1995) e 1 m (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999), respectivamente.

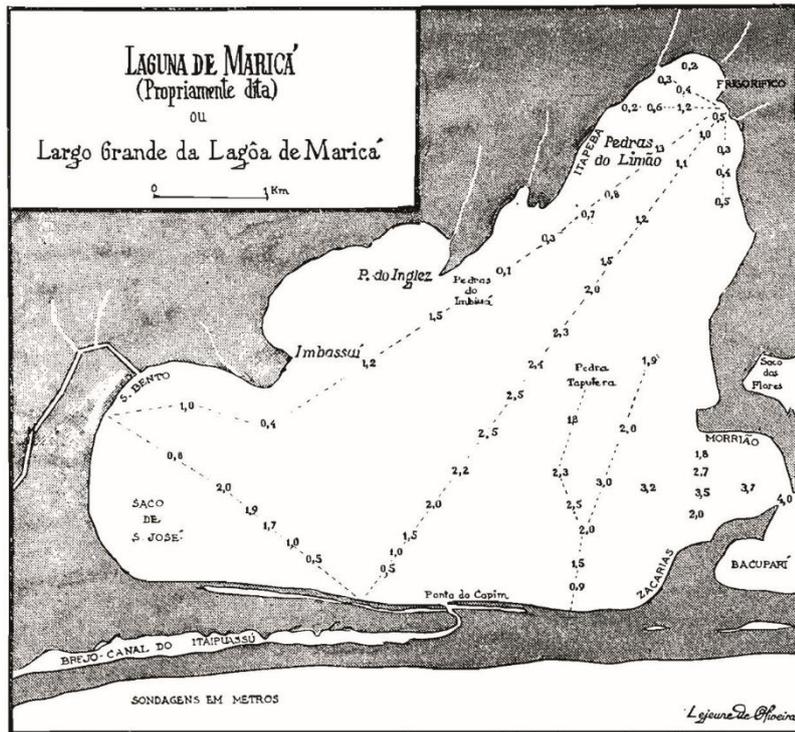


Figura 28 – Dados de profundidade da Lagoa de Maricá obtidos na década de 1950 por Oliveira et al. (1955).

A taxa de acumulação para a Lagoa de Maricá foi medida através de análises de isótopos de  $^{210}\text{Pb}$ , resultando em 0,28 cm ano próximo ao canal de São Bento, 0,35 cm ano perto da desembocadura do Rio Mumbuca (FERNEX et al., 1992) e 0,4 cm ano na área central (MARQUES Jr. et al., 1995). Considerando a taxa de acumulação proposta por Marques Jr. 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 m a 1,5 m aproximadamente. As taxas de acumulação de outras lagunas 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 profunda, onde a deposição das partículas finas se dá por decantação. Assim como ocorreu na Lagoa de Piratininga, que apresentou uma taxa de acumulação de 0,13 cm ano (último século) no seu trecho central (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 acumulação é mais rápida e corresponde a 0,75 cm ano na área central (LOUREIRO, 2006).

### **3.1.2 – Sedimentação na Lagoa de Maricá**

Os sedimentos do fundo atual da Lagoa de Maricá (Figuras 29 e 30- ver apêndice I) são compostos principalmente por areia siltosa (37,5%) e areia (37,5%), seguida de silte arenoso (21%). Em menores proporções aparecem: areia cascalhosa (3%) e cascalho arenoso (1%) (Figuras 29 e 30).

A areia siltosa (Figuras 29 e 30F) está distribuída em quase todo o fundo lagunar de norte a sul da porção centro-leste, no extremo oeste e em menor proporção nas áreas do fundo mais próximo das margens norte e sul. Na área mais ao norte da porção centro-leste da Lagoa de Maricá a areia siltosa é composta por areia quartzosa fina (entre 7% e 33%), média (entre 4% e 34%) e muito fina (entre 4% e 24%), assim como os sedimentos identificados no extremo oeste, próximo a margem norte e na desembocadura do Rio Mumbuca (ver apêndice I). Os grãos de quartzo são subangulares (50%) e angulares (50%) com brilho vítreo (entre 78% e 100%). Já em direção ao sul da porção centro-leste, a areia siltosa é composta por areia quartzosa grossa (entre 9% e 48%) à média (entre 5% e 31%), com conchas e fragmentos de conchas, e areia fina (entre 8% e 29%), com grãos subarredondados (43%) e foscos (60%) semelhante à areia siltosa identificada próxima a margem sul. Esses materiais possuem cores que variam entre cinzento escuro (10YR 4/1) e cinzento claro (2.5Y 7/1).

Os sedimentos arenosos predominam na margem lagunar (tanto emersa quanto submersa) e são constituídos basicamente por areias quartzosas (entre 78% e 99%). Nas margens sul (Figuras 29 e 30A e B) e oeste (Figuras 29 e 30C - ver apêndice I) os sedimentos são compostos por areia grossa (entre 35% e 64%), seguida de areia média (entre 5% e 40%) e muito grossa (entre 6% e 35%), até cerca de 250 m da linha d'água; os grãos são predominantemente subarredondados (62%), além de subangulares (19%), arredondados (13%) e angulares (6% - próximo ao embasamento alterado), com brilho fosco (entre 13% e 79%); e possuem cores que variam entre cinzento-claro (2.5Y 7/1), cinzento-escuro (10YR 4/1) e amarelo-oliváceo (2.5Y 6/6). A granulometria dessas areias se assemelha às identificadas nas barreiras arenosas por Silva et al. (2014b). Essas características apontam as barreiras (Figuras 2, 29 e 31A) como fonte de sedimentos retrabalhados pelo vento,

pelo processo de sobrelavagem (no Pleistoceno) e pela combinação de ambos. Nas margens leste (Figuras 29 e 30D) e norte (Figuras 29 e 30E - ver apêndice I) os sedimentos apresentaram tamanhos variados, com areias grossa (entre 2% e 64%) e média (entre 11% e 68%), seguidas de areias muito grossa (entre 0,5% e 29%), fina (entre 0,6% e 25%) e muito fina (entre 0,2% e 33%), até aproximadamente 400 m da linha d'água; o grau de arredondamento varia de angulares (57%) a subangulares (43%), com brilho vítreo (entre 85% e 100%); e com coloração entre cinzento-escuro (2.5Y 4/1) e bruno-claro-acinzentado (2.5Y 7/3). As fontes sedimentares para os materiais heterogêneos encontrados nessas margens estão relacionadas ao intemperismo e erosão das falésias (sedimentos mais finos) (Figuras 4B e 31C) e dos blocos de rocha (sedimentos mais grossos) que existem em diversos locais no entorno da Lagoa de Maricá.

O silte arenoso (Figuras 29 e 30G e H) está concentrado na porção central da Lagoa de Maricá em direção a oeste, norte e nordeste (próximo à desembocadura do Rio Mumbuca) (Figura 29). Nesses sedimentos predominam silte muito grosso (entre 11% e 28%), areia muito fina (entre 5% e 27%) e argila (entre 7% e 22%) (Figura 29). Trata-se de um sedimento cinzento escuro (10YR 4/1) (Figura 30G) e com pequenos dutos indicativos de bioturbação (Figura 30H). Esses sedimentos mais finos têm origem na carga de suspensão trazida pelo Rio Mumbuca e por outros pequenos córregos que deságuam nesta laguna (Figuras 3B e 31A) e se depositam nas áreas de menor hidrodinâmica lagunar atualmente (Figura 29), como ressaltou Bird (2008). O Rio Mumbuca (Figura 31A) tem uma participação importante no acúmulo de sedimentos na porção nordeste, formando um delta evidenciado pela morfologia da margem lagunar emersa e pelas profundidades mais rasas em uma área mais ampla ao largo da sua desembocadura (Figuras 26, 27 e 28). Este delta era bem menor na década de 1950, conforme apontado por Oliveira et al. (1955) (Figura 28).

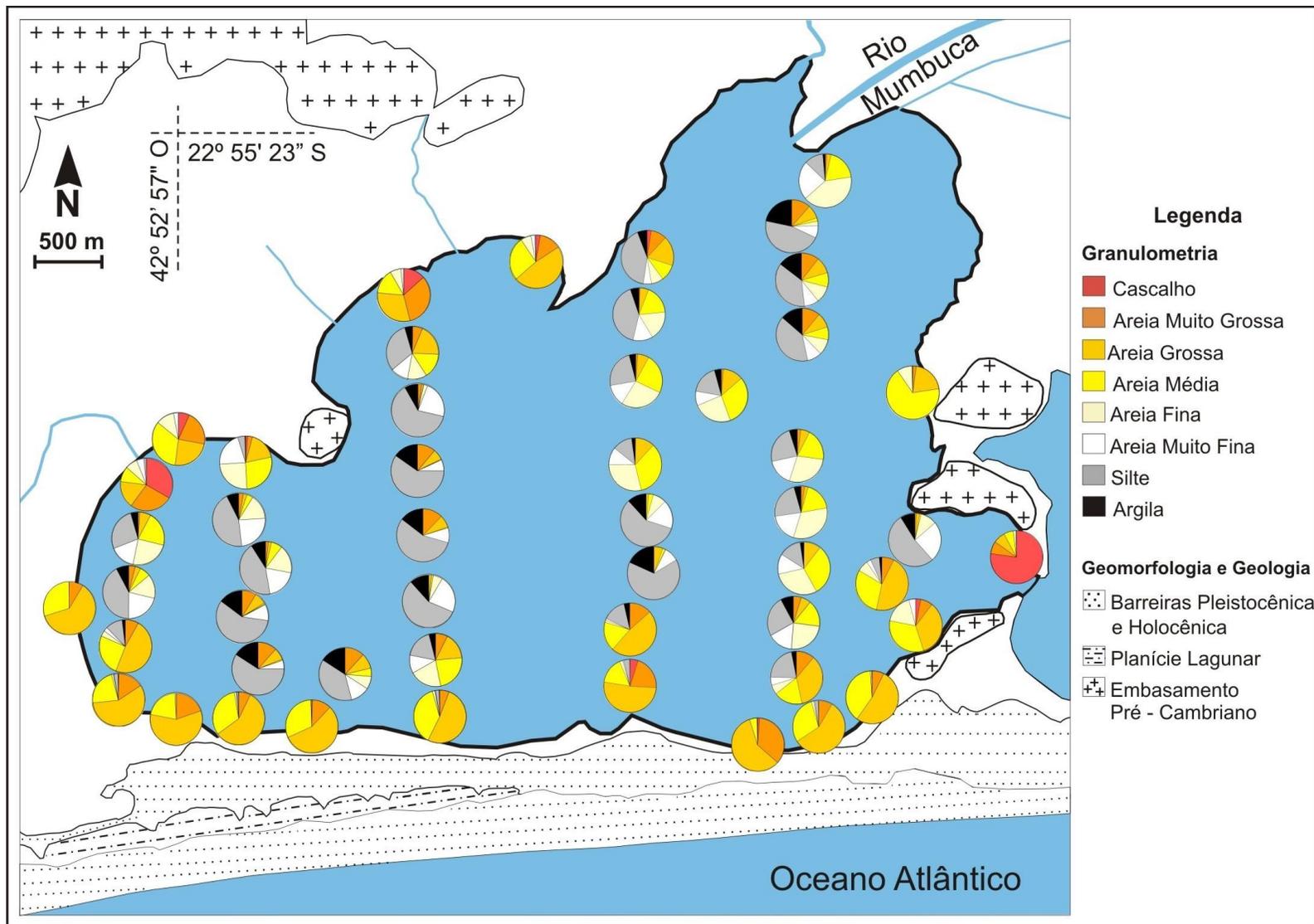


Figura 29 – Granulometria dos sedimentos do fundo e da margem da Lagoa de Maricá.

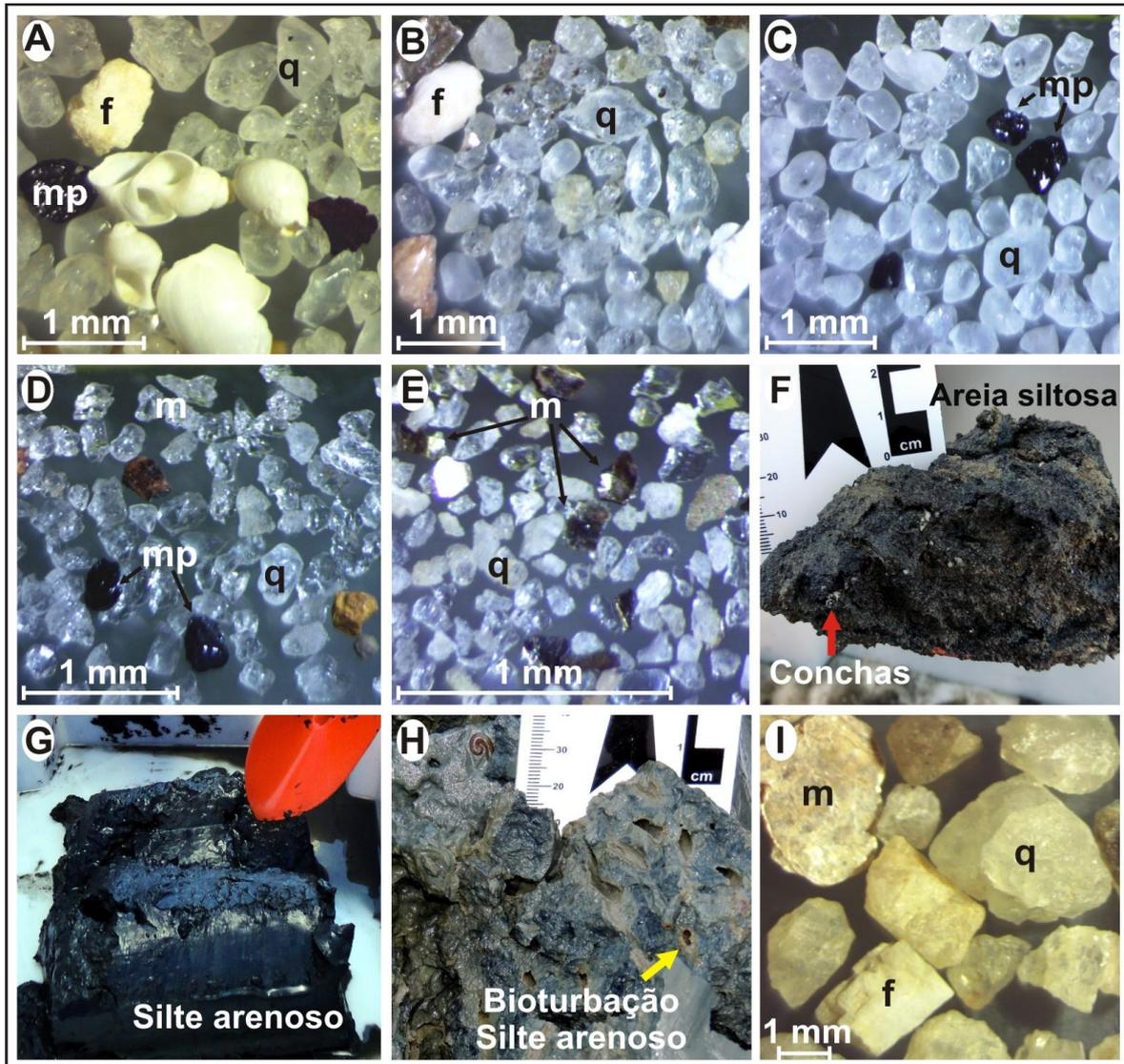


Figura 30 – Sedimentos do fundo e da margem da Lagoa de Maricá: (A e B) areia quartzosa (q) grossa com conchas e feldspato (f) nas margens sul e (C) oeste; (D) areia média na margem leste, com minerais pesados (mp); (E) areia fina com micas (m) na margem norte; (F) areia siltosa com conchas (seta); (G) silte arenoso com (H) bioturbação e (I) cascalho com mica e feldspato (na lupa binocular).

A areia cascalhosa (Figuras 12, 29 e 30I – ver apêndice I) é, majoritariamente, composta por quartzo com grãos subangulares nas frações cascalho (entre 13% e 33%) e areia muito grossa (entre 26,8% e 33%); foi identificada num pequeno trecho na margem norte e noroeste (próximo à foz do Canal de São Bento) e pode estar relacionada à obra de retificação desse canal na década de 1950 e/ou devido à urbanização dessas áreas, marcada por obras de aterramento (CRUZ et al., 1996). O cascalho arenoso (Figuras 12 e 29 – ver apêndice I) possui maior concentração

de cascalho (77%) composto principalmente por material biogênico (conchas e fragmentos de conchas – 70%) e quartzo angular (Figuras 12, 29 e 31B – ver apêndice I), identificado próximo ao canal de ligação com a Lagoa da Barra, as areias apareceram com porcentagem inferior a 8%.

A distribuição dos sedimentos no fundo atual da Lagoa de Maricá é semelhante ao apresentado para as Lagoas de Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995), Itaipu (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999) e Rodrigo de Freitas (BAPTISTA NETO et al., 2011), onde os sedimentos arenosos estão próximos às barreiras e em locais de maior hidrodinâmica (por exemplo, os canais de maré das Lagoas de Itaipu e Rodrigo de Freitas). Os sedimentos lamosos se concentram próximos às áreas fontes e nos locais de menor hidrodinâmica, como é o caso dos locais ao largo da desembocadura dos rios e em locais com maior profundidade. 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 lagoas e nas áreas de baixa dinâmica (READING, 1986).

Grande parte dos sedimentos da Lagoa de Maricá, principalmente os arenosos, são terrígenos e compostos predominantemente por quartzo (q - Figura 30A, B, C, D, E e I), seguido por feldspato (f - Figura 30A, B e I), mica (m - Figura 30B, E e I) e minerais pesados (magnetita e ilmenita) (mp - Figura 30A, C e D) observados através da morfoscopia. Esses minerais são disponibilizados para a descarga fluvial/laguna (Figura 31A) a partir do intemperismo do embasamento local formado por granitos e gnaisses Pré-Cambrianos (Figura 31C). A Lagoa de Maricá possui também sedimentos carbonáticos, como conchas e fragmentos de conchas de moluscos encontrados em quase todo o fundo lagunar (Figura 30A e F) e nas margens próximo à linha d'água (Figura 31B).

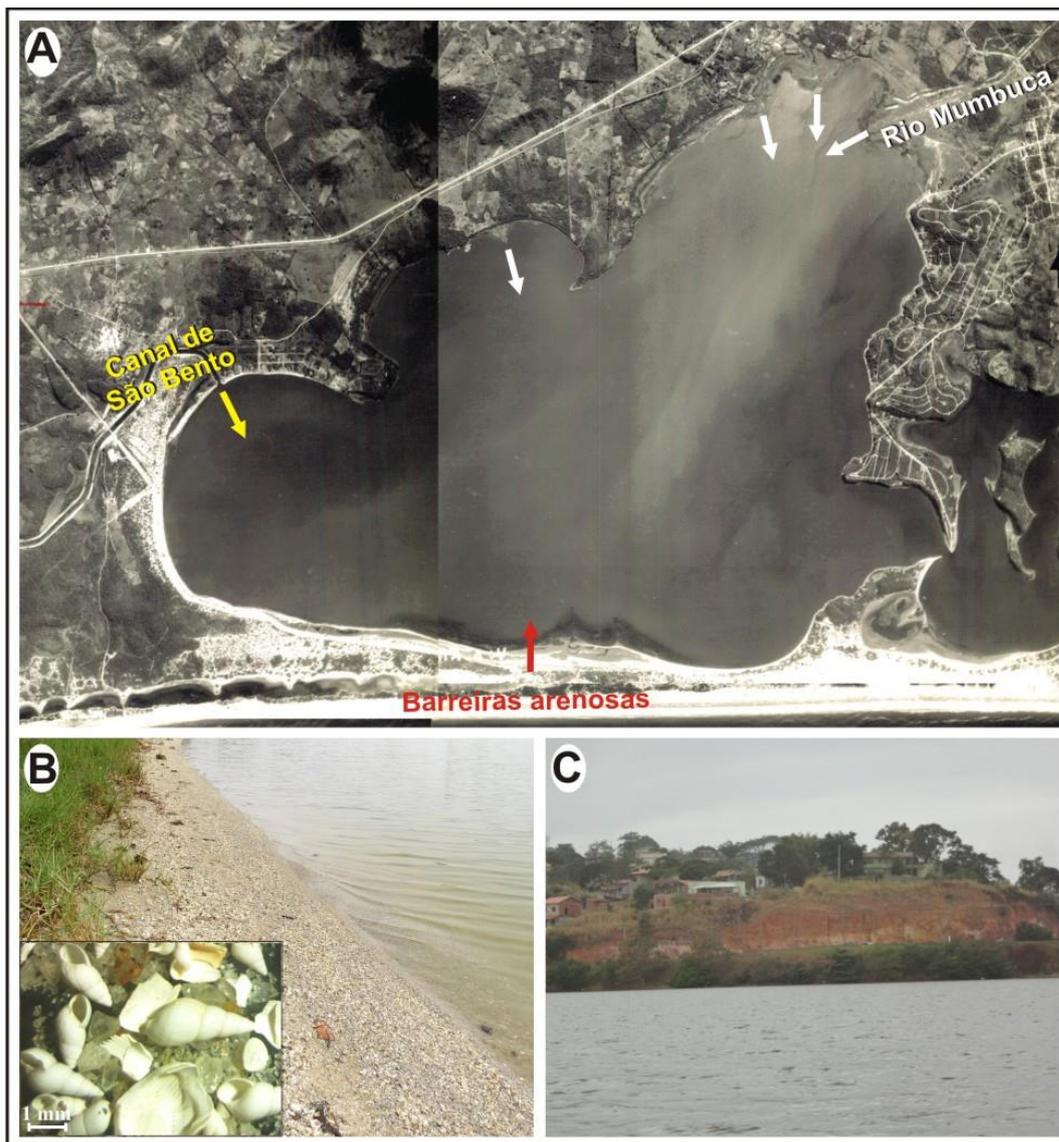


Figura 31 – Fontes de sedimentos e áreas de acumulação: (A) Rio Mumbuca (setas brancas indicam a formação de deltas), Canal de São Bento (seta amarela) e barreiras arenosas (seta vermelha); (B) cascalho arenoso rico em conchas na margem leste; e (C) falésia na margem norte. Imagem: (A) DHN, 1954.

A dinâmica sedimentar atual da Lagoa de Maricá 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 sedimentos das barreiras (Figuras 3 e 29) retrabalhados pelo vento, pelo processo de sobrelavagem (Pleistoceno) e pela combinação de ambos e depositá-los 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 32). Essas ondas são suficientemente capazes de remobilizar e retrabalhar constantemente os sedimentos das margens (Figura 32) e do fundo lagunar. Esse processo ocorre com mais intensidade na porção leste da laguna na área do canal, devido à 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 32 – Ondas formadas pelos ventos fortes na Lagoa de Maricá. (A) Margem leste (Araçatiba) e (B) área central da laguna. 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, 2015). Sendo assim, esta laguna apresenta uma baixa resposta as variações diárias da maré, semelhante às Lagoas de Araruama, Urussanga, Guarapina, Jacomé e Piratininga (0,01 e 0,04 m - KJERFVE e KNOPPERS, 1999). 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; KJERFVE e KNOPPERS, 1999), que se encontram em grande parte assoreados. Portanto, as ondas geradas por ventos predominam no transporte de sedimento do fundo lagunar.

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 33 -

ver apêndice I). 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 33). A quantidade 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 33). Possivelmente, essas diferenças resultam da influência da hidrodinâmica, que é menor na porção sudoeste da Lagoa de Maricá (Figura 3C), e/ou a maior ou menor proximidade em relação às áreas fontes (descarga fluvial e restinga). A concentração de MO encontrada por Fernex et al. (1992) 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 apresentava 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. (1992), são mais elevados que àqueles constatados em outras lagunas fluminenses mencionadas acima. Isso pode estar relacionado aos fatores que favorecem o acúmulo de MO nesta laguna, como a descarga fluvial (OLIVEIRA et al., 1955 – Figuras 3B e 31A); o despejo de esgoto sem tratamento (GUERRA et al., 2011 – Figura 3B); a baixa hidrodinâmica; a presença de vegetação nas margens sul, oeste e no fundo lagunar (Figuras 3B, 3C e 31A); e a proliferação de algas (Figura 3C), que é característica de um ambiente eutrofizado (BRANCO, 1978 apud ROCHA e BRANCO, 1986).

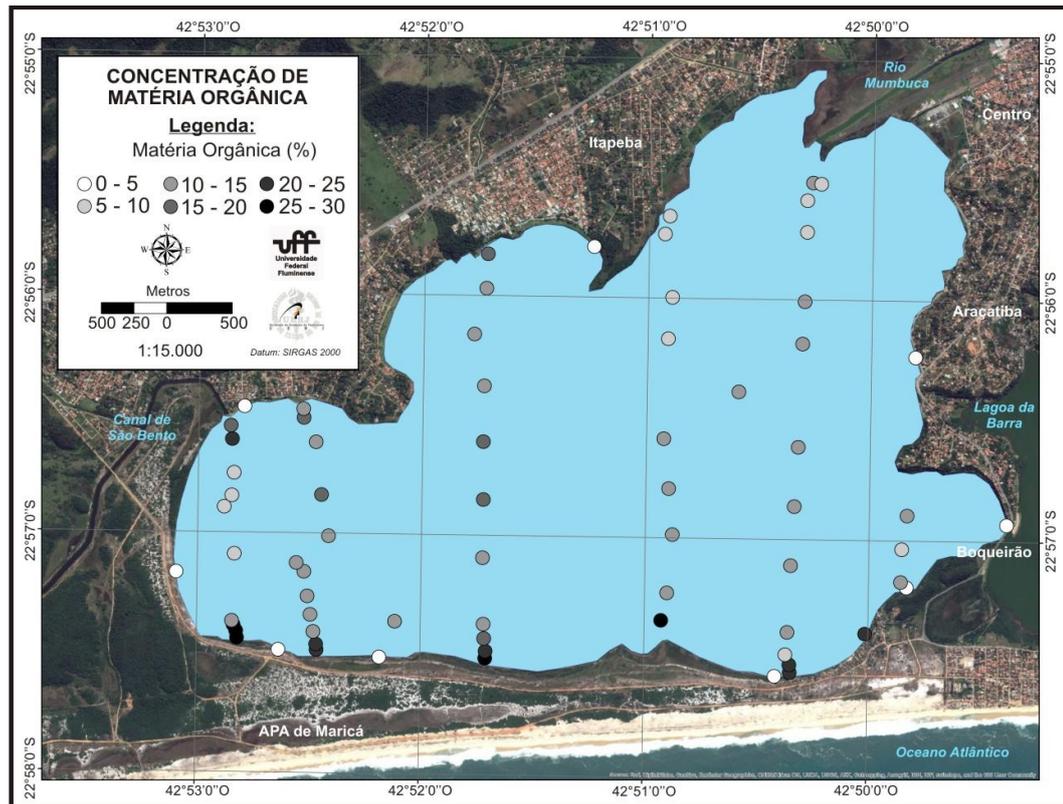


Figura 33 – Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá.

### 3.2 – Estratigrafia e sedimentação Holocênica da Lagoa de Maricá

#### 3.2.1 – Sondagem

As 4 sondagens (Figuras 12, 34, 39, 46 e 51) foram distribuídas por diferentes áreas da Lagoa de Maricá, visando representar da melhor maneira possível o modelo de sedimentação para este ambiente. A técnica de sondagem empregada (trado manual) possibilitou a coleta de amostras até a profundidade máxima de 15 metros. Os critérios adotados para selecionar as amostras analisadas foram: (1) a representatividade em relação às características geológicas observadas visualmente e (2) intervalos pequenos visando à melhor observação dos fósseis. Os materiais amostrados em cada poço perfurado são apresentados a seguir e os resultados das análises laboratoriais estão nos apêndices de I a X.

#### Sondagem 1

A sondagem 1 (S1) (Figuras 12 e 34) foi realizada na porção sul da Lagoa de Maricá, a cerca de 150 metros da margem junto a Barreira Pleistocênica. Alcançou à

profundidade máxima de 9 metros a partir do fundo lagunar, com lâmina d'água de 1,2 m, e foram analisadas 21 amostras de um total de 36 amostras coletadas.

A realização dessa sondagem permitiu identificar um pacote arenoso de 9 metros constituído predominantemente por areia (76%), seguido de areia cascalhosa (19%) e cascalho arenoso (5%). Os sedimentos classificados como areia são, em grande parte, constituídos por areia grossa (entre 33% e 57%), muito grossa (entre 13% e 50%) e média (entre 7% e 31%) (Figuras 34 e 35 - ver apêndice II), desde cerca de 8 metros de profundidade até a superfície. A areia cascalhosa interrompeu a distribuição dos sedimentos arenosos a cerca de 8,5 metros, 3 metros e entre 1 e 0,5 metro; com maior concentração de areia grossa (entre 44% e 32%), muito grossa (entre 44% e 32%) e cascalho (entre 11% e 32%) (Figura 35 - ver apêndice II). Já o cascalho arenoso foi identificado somente a cerca de 9 metros de profundidade, com cascalho (55%), areias muito grossa (29%) e grossa (13%) (Figura 35 - ver apêndice II). A fração lamosa foi insignificante nessa sondagem, com porcentagens inferiores a 0,3% de silte muito grosso (Figura 35 - ver apêndice II).

Esses sedimentos são predominantemente compostos por cascalhos e areias quartzosos (entre 85% e 100%), alguns minerais traços (minerais pesados e feldspato) e fragmentos de conchas. As areias possuem grãos subarredondados (95,2%) e arredondados (4,8%) (Figura 36 - ver apêndice II), com o brilho vítreo (entre 43% e 76%), que prevaleceu nesta sondagem com exceção da amostra coletada a cerca de 3,5 metros de profundidade, onde o brilho fosco (entre 55% e 57%) teve maior destaque.

A presença de matéria orgânica é discreta ao longo da S1 (Figura 37 - ver apêndice II), geralmente entre 0,4% e 2%, com o máximo de 3,2% em torno de 3 metros de profundidade. A baixa concentração de matéria orgânica influenciou na cor desses sedimentos. A maior parte da areia tem coloração que variou entre tons brunados (bruno-amarelado-claro [2.5Y 6/4], bruno-claro-acinzentado [2.5Y 7/3], bruno-oliváceo-claro [2.5Y 5/3], bruno-acinzentado [2.5Y 5/2] e bruno [10YR 4/3]), com exceção da base da S1 que possui cor amarelo-oliváceo (2.5Y 6/6); passando para tons de cinza (cinzento [2.5Y 6/1], cinzento-brunado-claro [2.5Y 6/2] e cinzento-claro [2.5Y 7/1]) entre 5,4 e 3,4 metros e cinzento escuro (10YR 4/1) próximo ao fundo lagunar (Figura 34 - ver apêndice II).

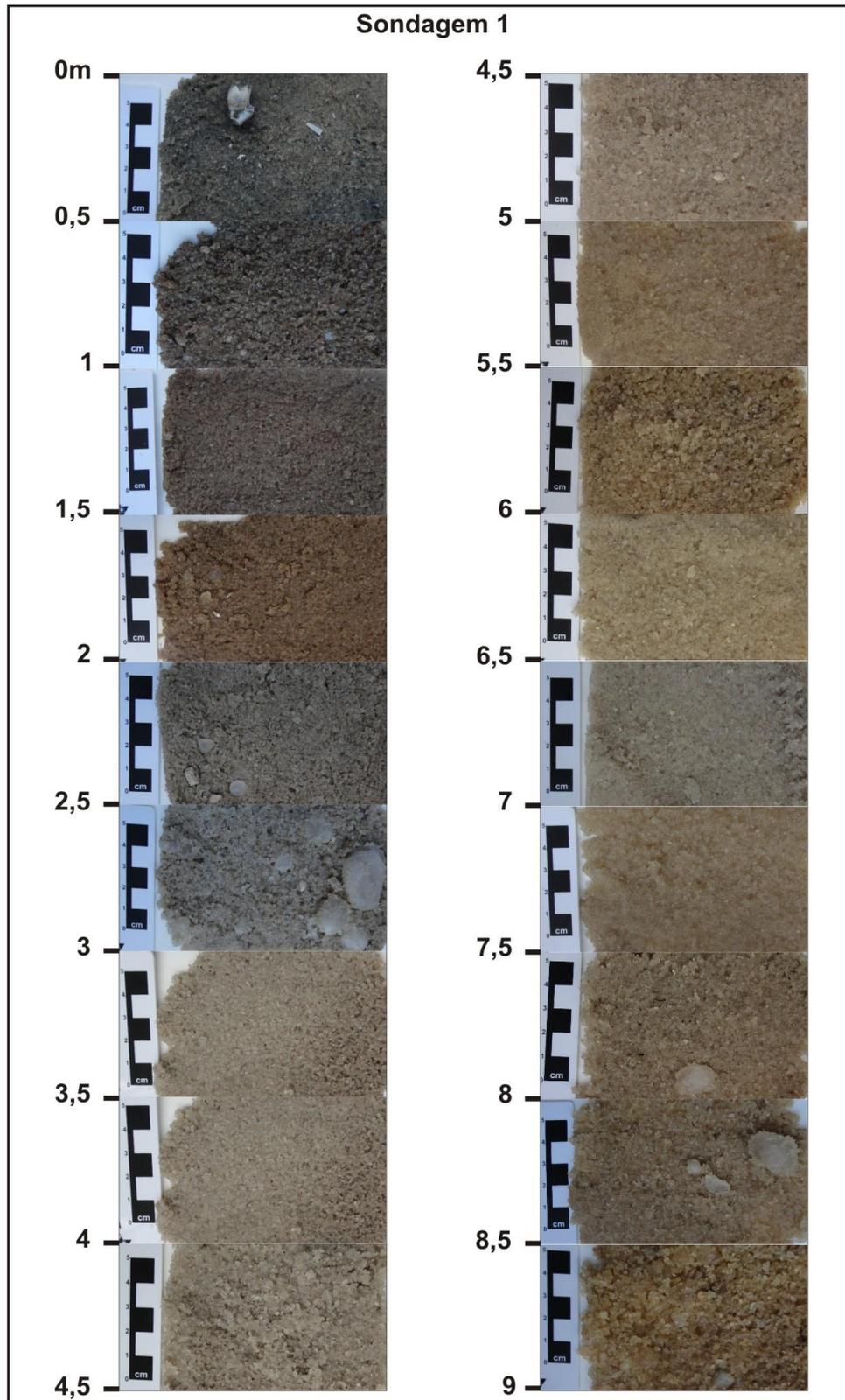


Figura 34 – Sedimentos arenosos coletados na S1 até 9 metros de profundidade.

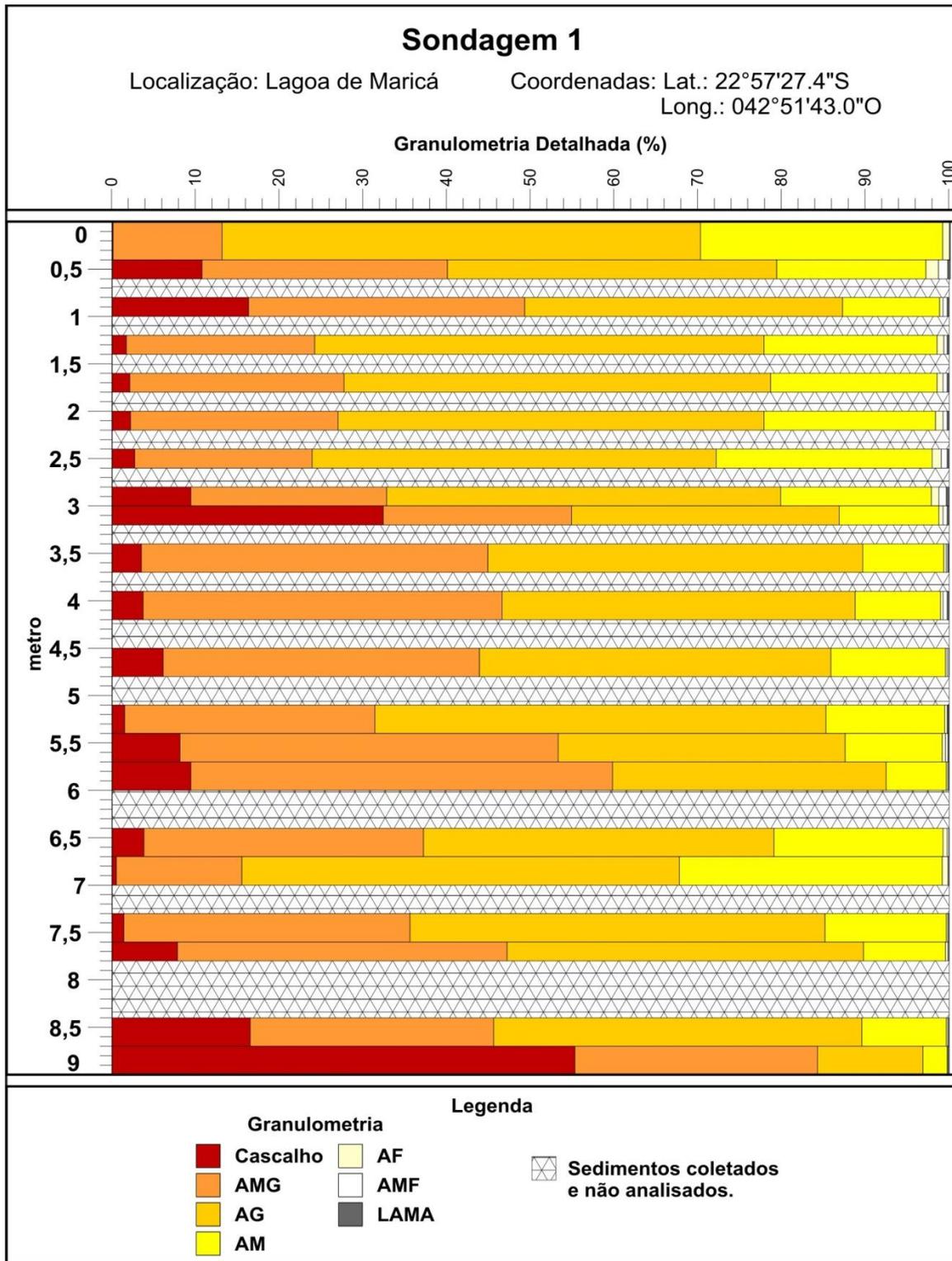


Figura 35 – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S1.

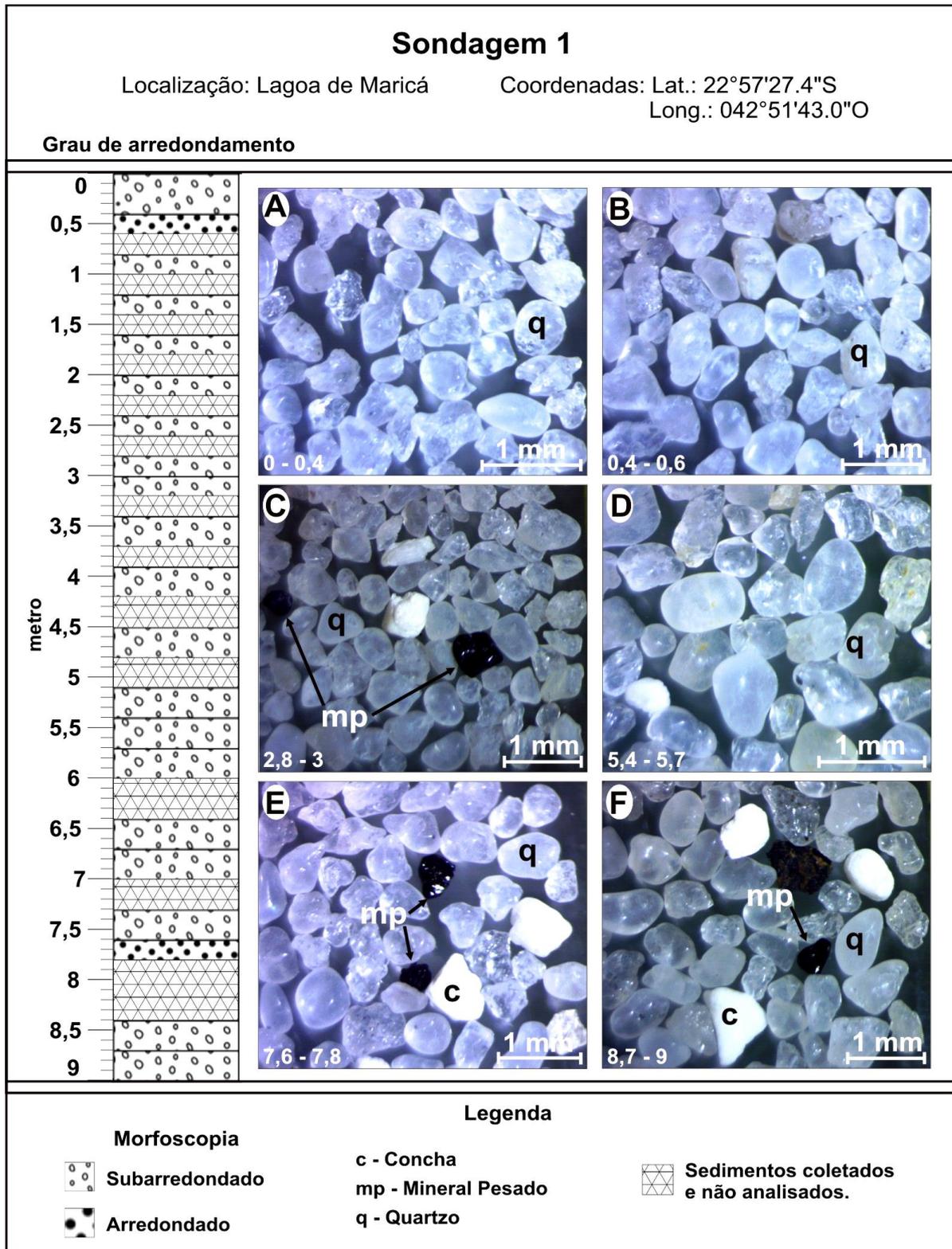


Figura 36 – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos arenosos coletados na S1.

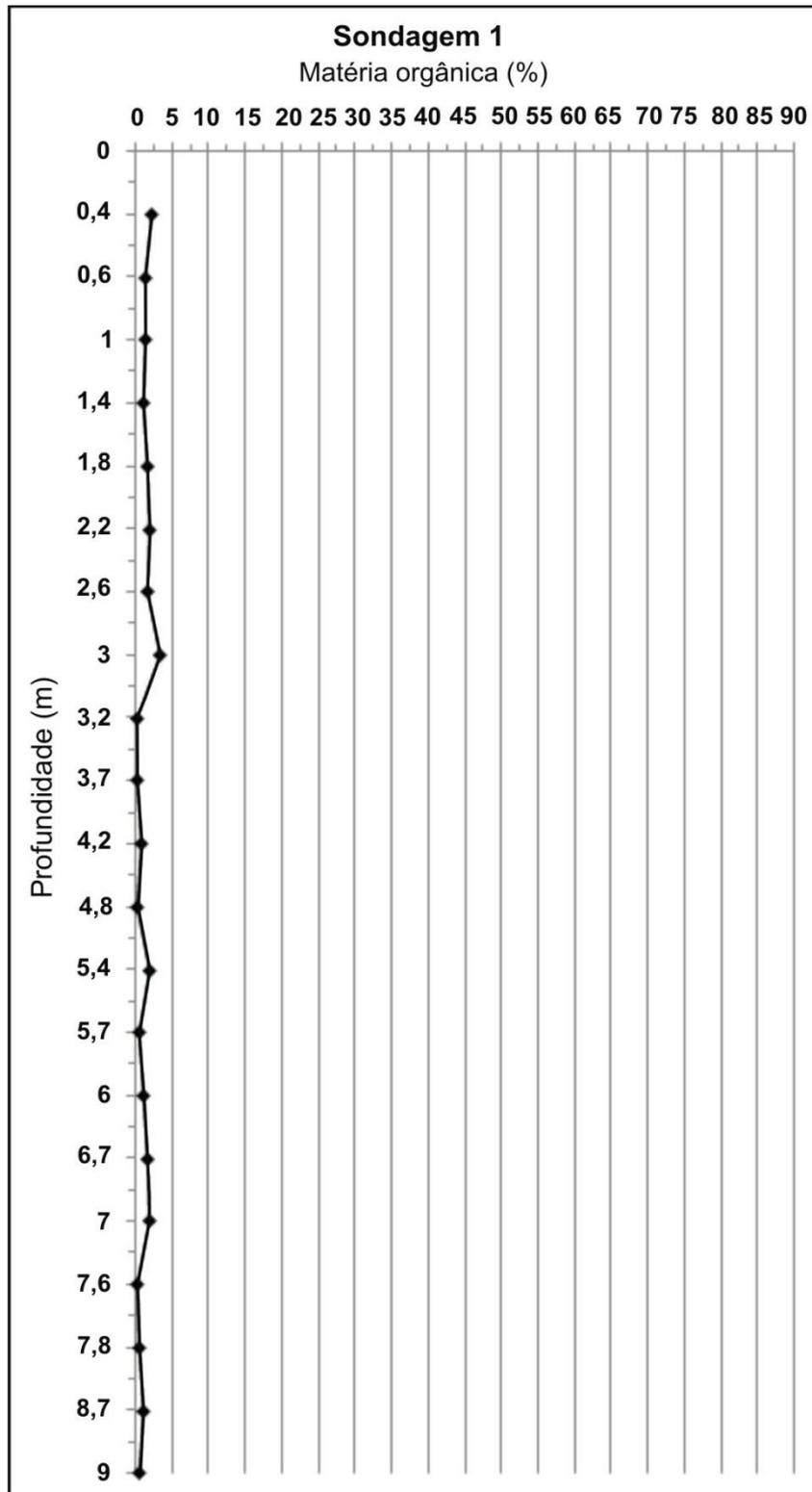


Figura 37 – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S1.

### *Conchas*

Os fósseis podem auxiliar na definição da profundidade, hidrodinâmica, temperatura, salinidade e outras características do ambiente deposicional. Os

estudos sobre os organismos ou seus fósseis, em um ambiente lagunar, podem indicar: (1) se a água é salina, salobra ou doce; (2) se há associação entre organismos marinhos e não-marinhos; (3) se há baixa diversidade biótica ou fauna com tamanho pequeno, que reflete um ambiente estressante ou instável; e, ocasionalmente, (4) fornecem evidências de resedimentação pela presença de sedimentos com fauna de águas rasas em ambiente de águas profundas (McLANE, 1995).

Embora a variedade de moluscos, ostrácodes, espículas de esponja e outros organismos portadores de esqueleto não seja grande, cada espécie presente é geralmente muito abundante, produzindo assim uma quantidade significativa de partículas com tamanhos desde cascalho a areia na laguna. As condições hipersalinas causam sérios problemas aos organismos. A situação usual para tais ambientes extremos é ter poucas espécies devido às adaptações especiais que são requeridas para condições severas de salinidade. Geralmente, no entanto, o número de indivíduos dentro destas espécies especialmente adaptadas é muito elevado (DAVIS Jr. e FITZGERALD, 2008). Estudo realizado na Baía de Todos os Santos (BA) sugeriu que os moluscos são um dos grupos que mais produzem sedimentos nesse ambiente (POGGIO et al., 2013).

Diversos estudos têm utilizado macro e microrganismos (espículas de esponjas, foraminíferos, diatomáceas, entre outros) para melhor compreender a evolução de ambientes costeiros (MEYER et al., 2005; VOLKMER-RIBEIRO e MACHADO, 2007; BOMFIM et al., 2010; SANTOS et al., 2011; SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2013; entre outros).

Os depósitos lagunares em climas úmidos costumam receber dos rios grande quantidade de material vegetal, favorecendo a formação de pântanos ou manguezais na zona de intermaré e a presença de moluscos, especialmente bivalves e gastrópodes; oposto do que costuma ocorrer em climas áridos (BRIDGE e DEMICCO, 2008). Os bivalves e gastrópodes são moluscos aquáticos, que se desenvolvem em ambientes de salinidade variada, principalmente marinhos, e podem ser encontrados desde a zona de entremarés até grandes profundidades. Os bivalves são constituídos por concha calcária composta por duas valvas articuladas e os gastrópodes possuem uma concha enrolada em espiral em torno de um eixo central, mas com grande variedade de tamanhos e formas (SOUZA et al., 2011).

Na S1 foram identificadas conchas (Figura 38 - ver apêndice III) carbonáticas do gastrópode da espécie *Heleobia australis* (entre 1 e 5 unidades) (Figura 38B, C e D) entre 3 metros de profundidade e o fundo lagunar atual. A *Heleobia australis* é comum em ambientes estuarinos com substrato arenolamoso e se estende desde o sudeste do Brasil até o nordeste da Patagônia (SOUZA et al., 2011). Estudo realizado no estuário da Baía Blanca (Argentina) mostra que essa espécie se desenvolve em locais protegidos da ação direta das ondas, como em pântanos e planícies de maré, e em ecossistemas altamente poluídos pelas atividades humanas, apesar de terem seu desenvolvimento e abundância comprometidos (CARCEDO e FIORI, 2012).

No fundo lagunar atual a *Heleobia australis* apareceu associada à cracas (2 exemplares), que é um tipo de crustáceo de áreas costeiras, que se fixam em costões expostos à energia das ondas e a variação de maré (MORENO e ROCHA, 2012) (Figura 38 A - ver apêndice III). Alguns fragmentos que aparentemente são de bivalves (Figura 38B) não puderam ser devidamente identificados. Tanto em subsuperfície quanto na margem lagunar atual os sedimentos são arenosos, ou seja, mais grossos do que o substrato em que a *H. australis* costuma viver e sem a estrutura sólida necessária para a fixação das cracas. Por se tratar de um ambiente protegido da ação das ondas e das marés, a *H. australis* deve ter se desenvolvido na área de transição entre a margem e o fundo lagunar atual, que possui sedimento arenolamoso; as cracas devem ter crescido nos blocos rochosos e nos currais de pesca que existem na Lagoa de Maricá, assim como apontou Oliveira et al. (1955). Esses organismos, provavelmente, foram transportados dos seus locais de origem pela hidrodinâmica lagunar e a tolerância da *H. australis* à poluição possibilitou uma ampla distribuição no fundo atual da Lagoa de Maricá.

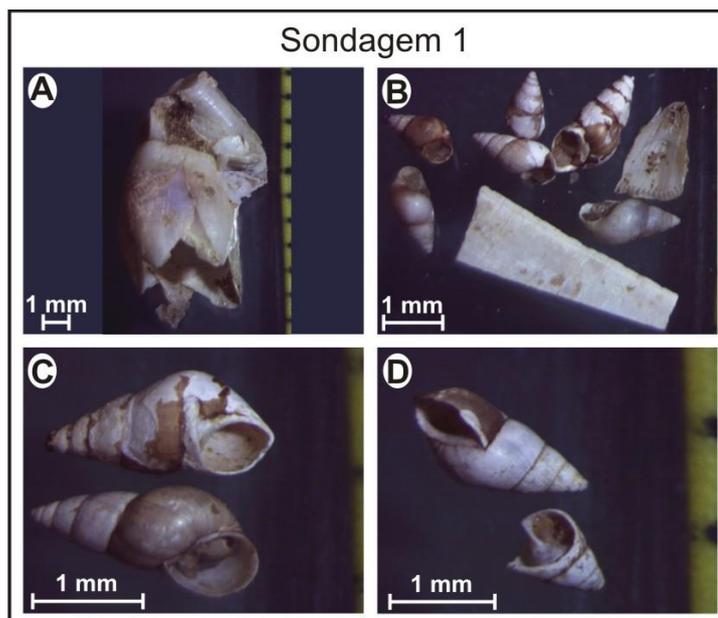


Figura 38 – Conchas de crustáceo do tipo (A) Cracas e (B, C e D) de gastrópode da espécie *Heleobia australis* encontradas nos sedimentos da S1.

### Sondagem 2

A sondagem 2 (S2) (Figuras 12 e 39) ocorreu próximo à área central da laguna, a cerca de 1,2 km da margem sul, atingiu 12,5 metros de profundidade a partir do fundo lagunar, com lâmina d'água de 2,5 m e foram analisadas 35 amostras de um total de 43 amostras coletadas. Essas amostras possuem grande potencial para as análises envolvendo a presença de micro e macro-organismos e datações por AMS  $^{14}\text{C}$  devido a predominância de sedimentos finos.

Os sedimentos coletados nessa sondagem são lamosos constituídos por silte arenoso (68,6%), silte (17,1%) e silte argiloso (14,3%) (Figura 40 - ver apêndice IV). O silte arenoso é constituído predominantemente por silte muito grosso (entre 8% e 30%), areia muito fina (entre 2% e 26%) e silte grosso (entre 8% e 25%) ao longo de todo o poço. A parte arenosa apareceu, principalmente, como areia muito fina (entre 0,6% e 26%) na profundidade em torno de 11 metros e entre 7 e 4 metros; e média (entre 0% e 15%), a cerca de 9 metros e entre 2 e 1 metro de profundidade (Figura 40 - ver apêndice IV). O silte possui uma maior concentração das frações de silte grosso (entre 18% e 26%), muito grosso (entre 19% e 26%) e médio (entre 14% e 18%) (Figura 40 - ver apêndice IV); foi observado entre 12,5 e 6 metros de profundidade intercalando sedimentos silte arenosos. O silte argiloso apresentou maior concentração de silte muito grosso (entre 6% e 21%), silte grosso (entre 10%

e 19%) e fino (entre 15% e 18%), foi identificado nas profundidades em torno de 10 metros, entre 8 e 7 metros, em 3,5 metros e no fundo lagunar atual. Sendo que a argila (entre 10% e 25%) teve destaque a cerca de 10 metros de profundidade e no fundo lagunar atual (Figura 40 - ver apêndice IV). O cascalho (entre 0,1% e 8,8%) e a areia muito grossa (entre 0,1% e 4%) apresentaram baixa concentração, mas apareceram em várias profundidades ao longo da S2, principalmente, em torno de 9 metros, 5 metros, 3 metros e 1 metro (Figuras 39 e 40 - ver apêndice IV).

Os sedimentos arenosos são compostos por grãos de quartzo (entre 74% e 97%) e minerais traços (minerais pesados e feldspato) na fração areia fina (Figura 41). A areia quartzosa é predominantemente subangular (92%) ao longo de todo o poço e subarredondada (8%) a 12,5 metros de profundidade, com brilho vítreo (entre 98% e 100%) (Figura 41 - ver apêndice IV). O cascalho geralmente é composto por conchas e fragmentos de conchas (Figura 39) e pode não estar diretamente relacionado com a hidrodinâmica lagunar. Nesse local não foram obtidos dados de morfoscopia para os sedimentos coletados no fundo lagunar.

A composição dos sedimentos lamosos foi identificada a partir de análise de DRX. O termo argilomineral é utilizado para nomear um pequeno grupo de minerais que ocorrem com um tamanho de grão menor que 2  $\mu\text{m}$  na sua maior dimensão (MOORE e REYNOLDS, 1997 apud KLEIN e DUTROW, 2012). A maioria destes silicatos hidratados de alumínio tem estruturas acamadadas, cada argilomineral possui diferentes politipos e, em alguns casos, diversos argilominerais podem estar intercrescidos formando argilominerais de camadas mistas. Geralmente, os argilominerais possuem propriedades únicas, em parte devido ao seu tamanho e a relação entre área superficial e volume, são elas: comportamento plástico quando molhados e rígido quando secos; superfícies altamente reativas, alta capacidade de troca de cátions e atividade catalítica; alguns argilominerais aumentam seu volume em até 50% devido à facilidade em absorverem água (KLEIN e DUTROW, 2012).

Os argilominerais não devem ser confundidos com o termo argila. A argila se refere à fração granulométrica menor que 2  $\mu\text{m}$  de diferentes tipos de minerais, ou seja, não tem relação com a composição dos mesmos. Por outro lado, a definição de argilominerais respeita tanto essa granulometria quanto uma composição mineralógica mais restrita (KLEIN e DUTROW, 2012).

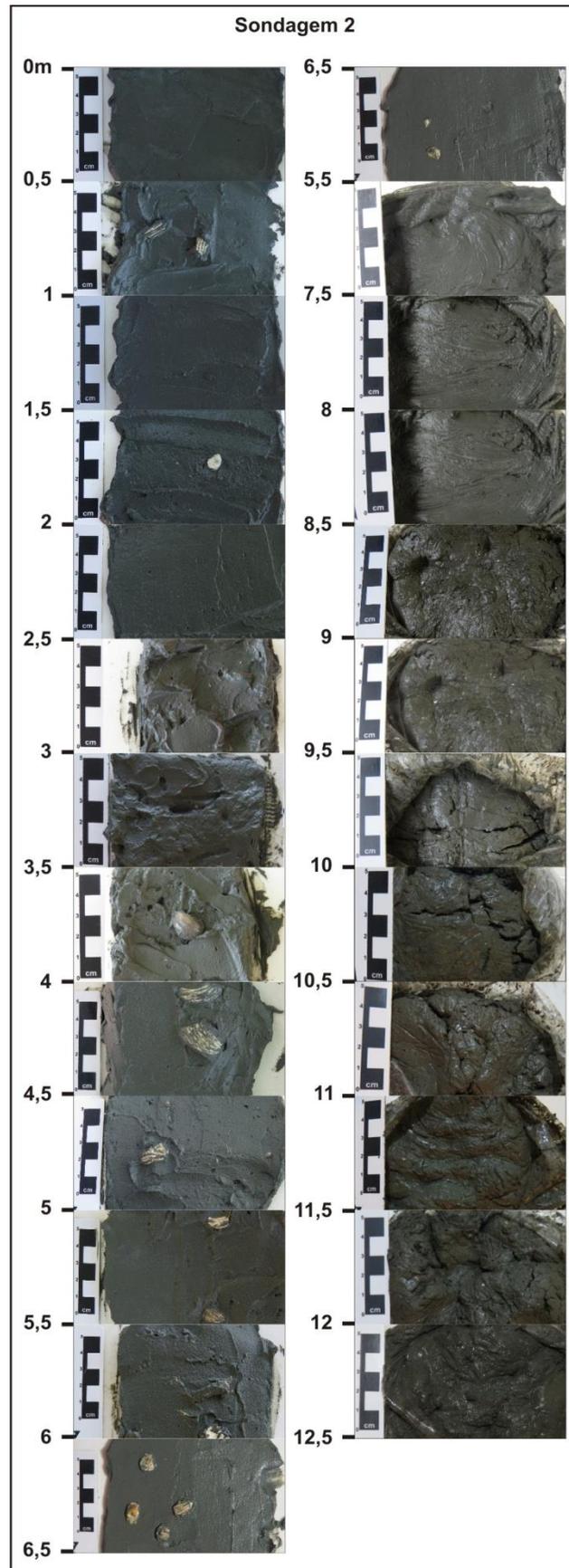


Figura 39 – Sedimentos lamosos coletados na S2 até 12,5 metros de profundidade.

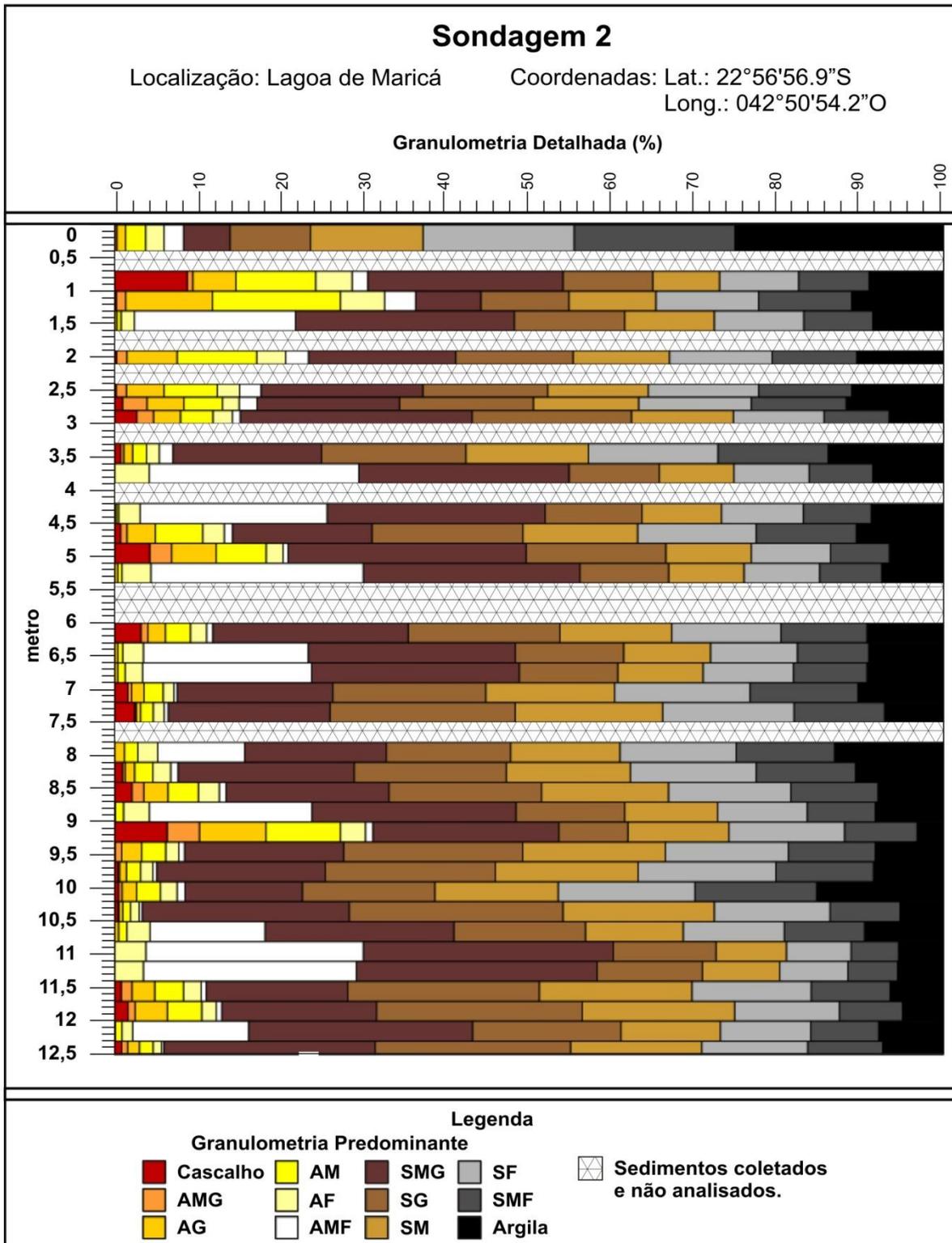


Figura 40 – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S2.

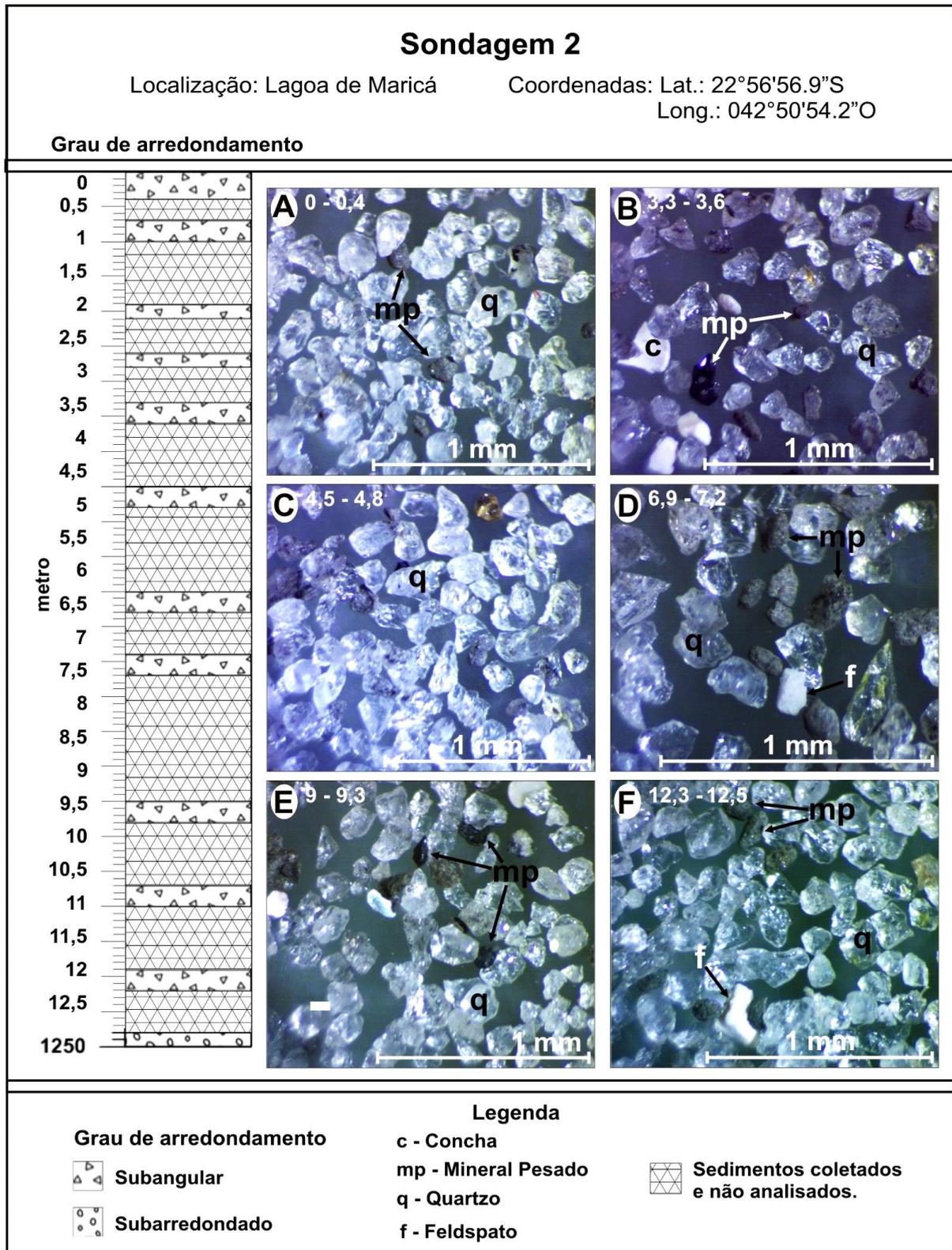


Figura 41 – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos arenosos coletados na S2.

Foram encontrados diversos minerais na fração argila (Tabela 4) como o quartzo, o feldspato (microclina, oligoclásio, albita e bytownita) e a mica (muscovita,

biotita e flogopita). Entretanto, apenas os argilominerais (em destaque na Tabela 4) serão tratados nesse item, são eles: a caulinita, diquita, nacrita, pirofilita e illita. A caulinita, a diquita e a nacrita são minerais do grupo do caulim e possuem a mesma composição ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), porém estruturas diferentes (polimorfismo), e cor branca; podem se formar como um mineral autigênico de baixas temperaturas e pressões em rochas sedimentares ou como um mineral secundário a partir do intemperismo ou alteração hidrotermal de silicatos aluminosos, particularmente o feldspato. Sendo que a caulinita é comum na decomposição das rochas, já a diquita e a nacrita são constituintes menos importantes de depósitos de argilas. A pirofilita ( $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) é um mineral com clivagem perfeita em uma direção (micáceo) com coloração que varia entre cinza, verde e branca, comparativamente raro e encontrada em rochas metamórficas. A illita é conhecida como uma mica deficiente em álcalis e com composição semelhante a da muscovita (KLEIN e DUTROW, 2012).

Tabela 4 – Difratomia de raios-X de sedimentos coletados na S2 (em destaque os argilominerais).

<b>Fase Cristalina (%)</b>	<b>S2 1-1,3</b>	<b>S2 4,5-4,8</b>	<b>S2 9-9,3</b>	<b>S2 12,3-12,5</b>
Quartzo	11,4	8,1	2,2	1,1
Caulinita 1A	13,5	17,4	20,4	12,4
Diquita 2M1	10,6	11,6	13,2	11,2
Naujakasita	9,3	8,0	6,6	9,4
Nacrita 2M2	4,9	6,5	7,8	5,6
Pirofilita 2M	9,8	6,6	7,2	7,4
Muscovita 2M1	6,1	10,4	18,9	22,1
Microclina	7,5	6,2	6,0	10,3
Flogopita 1M	5,0	3,1	3,1	0,3
Biotita 1M	0,3	0,3	-	4,2
Gismondina	4,4	4,2	4,2	3,8
Illita	11,8	8,6	6,2	4,6
Oligoclásio - Albita	2,9	3,2	2,4	2,6
Bytownita	2,6	4,7	1,80	4,9

O argilomineral mais encontrado na área central (S2) da Lagoa de Maricá foi a caulinita (entre 12,4% e 20,4% - Tabela 4), sendo que a menor concentração foi identificada a cerca de 12 metros de profundidade e a maior em torno de 9 metros. Em segundo lugar apareceu a diquita (entre 10,6% e 13,2% - Tabela 4) com menor quantidade há, aproximadamente, 1 metro de profundidade e maior quantidade a

cerca de 9 metros. Em seguida, foram encontrados a ilita (entre 4,6% e 11,8% - Tabela 4) com menor concentração em torno de 12,5 metros e maior ocorrência a cerca de 1 metro de profundidade; a pirofilita ( $\text{Al}_2\text{Si}_4(\text{OH})_2$ ) (entre 6,6% e 9,8% - Tabela 4) com menor concentração há, aproximadamente, 4,5 metros e maior concentração em torno de 1 metro de profundidade; e a nacrita (entre 7,8% e 4,9% - Tabela 4) com maior ocorrência a cerca de 9 metros de profundidade e menor concentração em torno de 1 metro. Sendo assim, as maiores concentrações de caulinita, diquita e nacrita estão em torno dos 9 metros de profundidade, já a pirofilita e a ilita possuem maior quantidade na profundidade de 1 metro. Os minerais identificados estão de acordo com a composição do embasamento local (granito-gnaiss).

O teor de matéria orgânica encontrada na S2 variou entre 7% e 24% (Figura 42 - ver apêndice IV), com valor médio em torno de 12%. A maior concentração de MO foi identificada a cerca de 12 metros (24%) e de 9,5 metros (18%) de profundidade, com diminuição em direção ao fundo lagunar atual (9%) (Figura 42 - ver apêndice I). A quantidade média de matéria orgânica (12% - ver apêndice IV) existente em subsuperfície (Figura 42) está próximo do que foi identificado no fundo lagunar atual (11% - ver apêndice I), mas superior ao identificado na S1 (0,4% e 3,2%) (Figura 37 - ver apêndice II). Estudo realizado no Sistema Lagunar de Saquarema mostra que o acúmulo de matéria orgânica depende das condições hidrodinâmicas (preferencialmente calma), da taxa de renovação da água, da contribuição dos rios e manguezais, da produtividade biológica do próprio ambiente e das atividades antrópicas (DIAS et al., 2017).

A cor dos sedimentos da S2 é predominantemente cinzenta muito escuro (2.5Y 3/1) (Figura 39), com um tom de marrom entre 12,3 e 12 metros e um toque aveludado nessa mesma profundidade e entre 12 e 11,7 metros; e variou para cinzento escuro (2.5Y 4/1) entre 2,6 e 2,4 metros de profundidade e no fundo atual da Lagoa de Maricá. A cor desses sedimentos é o reflexo do teor de matéria orgânica (Figuras 39 e 42 - ver apêndice IV) e da baixa concentração e distribuição homogênea dos argilominerais (Tabela 4).

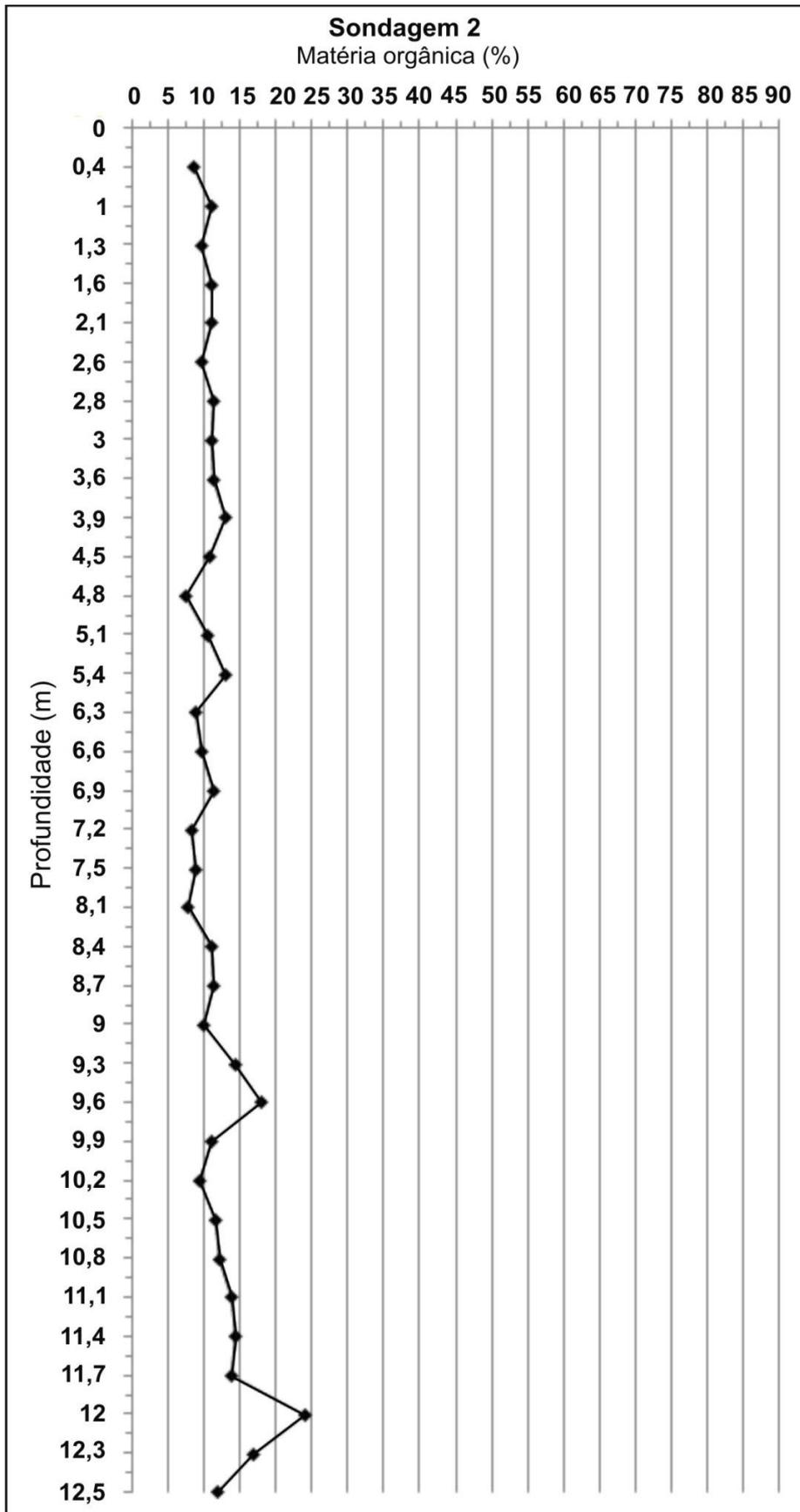


Figura 42 – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S2.

### Conchas

Na S2 as conchas e fragmentos de conchas (Figura 43 - ver apêndice V) encontradas ao longo de todo o poço pertencem ao Filo *Mollusca* (Figura 43A e B). Entre as espécies identificadas a *Heleobia australis* (Figura 43A e B) foi à única representativa dos gastrópodes, comum em substrato arenolamoso de ambientes protegidos da ação direta das ondas (estuários e lagunas) (SOUZA et al., 2011). Essa espécie, geralmente habita as zonas de intermaré com salinidade que varia entre hipersalina e mesoalina e consegue se desenvolver em ecossistemas degradados (GAILLARD e CASTELLANOS, 1976; AGUIRRE e FARINATI, 2000 apud CARCEDO e FIORI, 2012). Provavelmente, a maior tolerância a variações ambientais permitiu o maior desenvolvimento da *H. australis* na Lagoa de Maricá, com 217 unidades de carapaças inteiras, sendo que a maior concentração ocorreu entre: 9 e 9,3 metros (87 unidades); 8,7 e 9 metros (37 unidades); 4,8 e 5,1 metros (42 unidades) e 2,6 e 2,8 metros (10 unidades) metros de profundidade (Figura 43A e B- ver apêndice V).

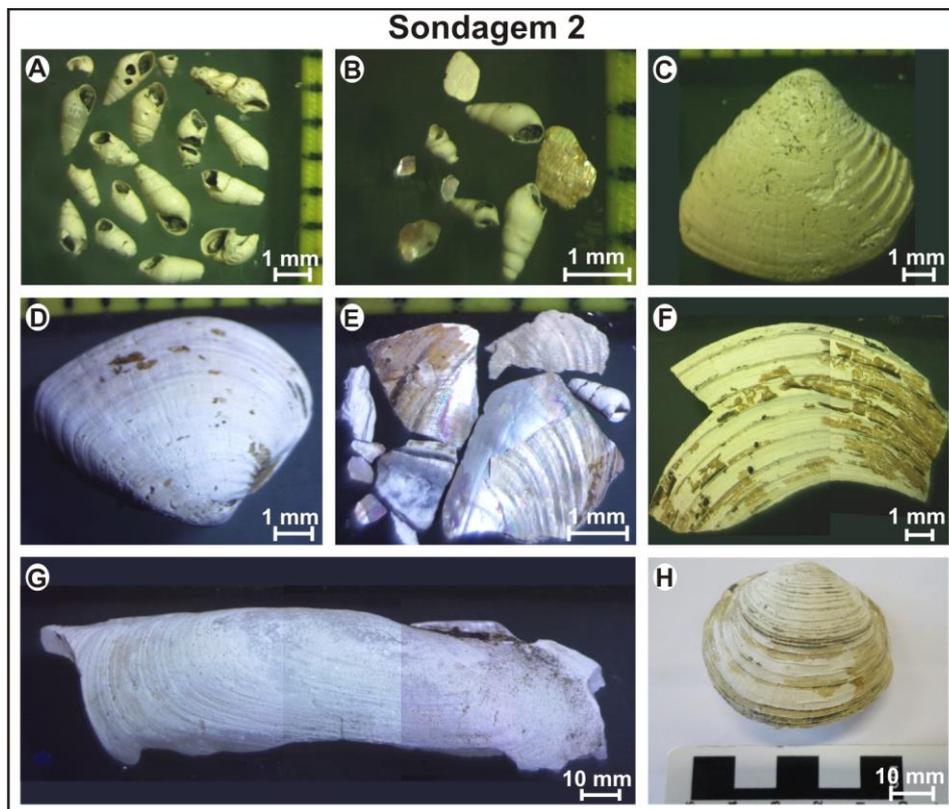


Figura 43 – Conchas das espécies (A e B) *Heleobia australis*, (C e D) *Anomalocardia brasiliana*, (E e F) *Phacoides pectinatus*, (G) *Tagelus plebeius* e (H) *Lucina pectinata* encontradas nos sedimentos da S2.

Os outros moluscos encontrados pertencem à classe dos bivalves, são eles: *Anomalocardia brasiliana* (Figura 43C e D), *Phacoides pectinatus* (Figura 43E e F), *Tagelus plebeius* (Figura 43G) e *Lucina pectinata* (Figura 43H), ordenadas de acordo com a representatividade de cada espécie. A *Anomalocardia brasiliana* (Figura 43C e D) é característica de praias lamosas localizadas dentro de baías ou estuários, em zonas de intermaré até 5 metros de profundidade e está presente em toda a costa brasileira, estendendo-se até o Uruguai e a Argentina (SOUZA et al., 2011). Essa espécie foi identificada entre 10 metros e 6 metros de profundidade, sendo que o maior número de exemplares inteiros (4 unidades) estava entre 7,8 e 8,1 metros de profundidade (Figura 43C e D - ver apêndice V). Ireland (1987) encontrou conchas e fragmentos de conchas da *A. brasiliana* tanto em sedimentos lamosos quanto arenosos coletados em diferentes profundidades da Lagoa do Padre (a leste da Lagoa de Maricá). Pereira (2009) observou os moluscos das espécies *A. brasiliana* e *H. australis* na planície costeira de Itaipuaçu (oeste da Lagoa de Maricá) entre 30 metros e 27 metros de profundidade e entre 11 metros e 8 metros. Essas espécies permitiram caracterizar o ambiente como abrigado (baías, lagunas e estuários) (PEREIRA, 2009). Estudos realizados em áreas costeiras mostram que a *A. brasiliana* parece estar bem adaptada a condições ambientais estressantes para a maioria dos organismos (variação da temperatura e redução da umidade dos sedimentos); pode ser encontrada desde a foz de rios até estuários (BOEHS, 2000 apud PINTO, 2012) em sedimentos lamoarenosos; e suporta variação de salinidade entre 10 e 49‰, mas sua densidade diminui com valores inferiores 15‰ (RIOS, 1994 apud RODRIGUES et al., 2010). Segundo Oliveira e Leonardos (1943, apud BRITO e CARVALHO, 1978), a maior parte do fundo da Lagoa de Araruama é coberto por uma espessa camada (entre 0,5 e 2 metros) de conchas da *A. brasiliana*, mostrando que essa espécie se prolifera nas águas salgadas e agitadas dessa lagoa.

A espécie *Phacoides pectinatus* (Figura 43E e F) vive em substratos arenosos e arenolamosos e está presente desde o estado do Amapá até Santa Catarina (SOUZA et al., 2011). Nesta sondagem foi observada em 6 amostras localizadas entre 12 metros e 1,3 metro, com predomínio de conchas fragmentadas (6 unidades), e apenas 1 concha inteira entre 6,9 e 7,2 metros de profundidade (Figura 43E e F - ver apêndice V). Estudo realizado na planície costeira do Rio São João

(Casimiro de Abreu, RJ) indica que essa espécie ocorre em ambiente raso, com alta salinidade e rico em algas (BRITO e CARVALHO, 1978).

O *Tagelus plebeius* (Figura 43G) é uma espécie comum em fundos arenosos e arenolamosos; vive geralmente próximo à desembocadura de rios com até 10 metros de profundidade. Pode ser encontrado ao longo de toda a costa brasileira, estendendo-se até o Uruguai e a Argentina (SOUZA et al., 2011). Habita ambientes estuarinos, onde predomina água salobra; e tolera variação de temperatura e salinidade (RIOS, 2009; CLEDÓN et al., 2004 apud PINTO, 2012). Foi identificado apenas em 3 amostras coletadas entre 7 metros e 1 metro de profundidade (entre 1 e 2 unidades) (Figura 43G - ver apêndice V). A presença dessa espécie na área central da Lagoa de Maricá sugere que a mesma foi transportada da desembocadura dos rios, pela descarga fluvial e/ou pela hidrodinâmica lagunar.

A espécie *Lucina pectinata* (Figura 43H) se desenvolve em substratos arenosos e arenolamosos, desde o estado do Amapá até Santa Catarina (SOUZA et al., 2011). Essa espécie possui uma ocorrência limitada na Lagoa de Maricá, pois foi encontrada somente entre 4,2 e 4,5 metros de profundidade (2 fragmentos) (Figura 43H - ver apêndice V). Estudo realizado na Lagoa Mundaú (Maceió, Alagoas) mostra que *L. pectinata* ocorreu em locais de águas calmas, com sedimentos predominantemente arenosos e com variação da salinidade entre 6‰ e 30‰ (NOGUEIRA e FREITAS, 2002). O baixo número de indivíduos dessa espécie e de *T. plebeius* sugere que as mesmas não se desenvolveram nesse local, mas foram transportadas de outras áreas.

Em quase todas as amostras foram encontrados fragmentos de vários tamanhos, inclusive com brilho furta-cor, que servem de revestimento para conchas de algumas espécies de bivalves como a *Anomalocardia brasiliiana* (Figura 43D), *Phacoides pectinatus* (Figura 43E e F) e *Lucina pectinata* (Figura 43H). A fragmentação das conchas indica momentos com maior hidrodinâmica lagunar, que pode estar associada tanto aos processos costeiros quanto fluviais.

A maior diversidade e concentração de moluscos neste local estão relacionadas ao predomínio de águas calmas, sedimentos lamosos e alto teor de matéria orgânica, condições opostas à área da S1. As espécies de moluscos encontradas na área central da Lagoa de Maricá são comuns em ambientes abrigados e com mistura de água doce e salgada, ou seja, admitem certa variação nas condições ambientais, principalmente de substrato e salinidade. Esses

organismos indicam que esse ambiente não passou por grandes mudanças ambientais, durante o período de tempo estudado, apenas por momentos de maior ou menor interação com os processos marinhos (sobrelavagem, canais de maré) e fluviais (cheia e seca). Sendo que, a espécie *Phacoides pectinatus* é um indicador para momentos de maior salinidade.

### *Espículas de esponjas*

As esponjas são organismos aquáticos do filo Porífera, ocorrem tanto nos oceanos quanto em corpos d'água continentais; necessitam de substratos duros para se fixarem e são filtradoras, por isso servem como indicadoras das condições de oxigenação das águas, ao mesmo tempo em que contribuem para purificação das mesmas (SIMPSON, 1984).

As espículas de esponja são elementos endoesqueléticos constituídas por carbonato de cálcio (espécies marinhas) ou sílica hidratada (espécies marinhas e continentais). Os estudos sobre a taxonomia de esponjas consideram principalmente a morfologia das suas espículas, que podem ser classificadas em: (1) megascleras ou macroscleras, que são responsáveis pela estruturação do esqueleto das esponjas, geralmente são as maiores e as mais abundantes espículas encontradas nas amostras, mas não permitem a identificação específica, e em alguns casos podem diferenciar gêneros; (2) microscleras, que são menores, normalmente com a superfície recoberta por espinhos e possuem valor taxonômico relativo na caracterização de gêneros e espécies; e (3) gemoscleras, que são espículas singulares de revestimento das gêmulas (estrutura rígida de reprodução assexuada das esponjas continentais em períodos críticos) e permite a melhor identificação de família, gênero e espécie (VOLKMER-RIBEIRO e PAULS, 2000).

A espícula de esponja mais frequente nas 26 amostras analisadas da S2 foi do tipo megasclera, no entanto fragmentada, entre 9 e 4 metros de profundidade (Figuras 44A, B, C e 45 - ver apêndice VI), com raras ocorrências de megascleras inteiras (Figura 45 - ver apêndice VI). Geralmente aparecem associadas a outros tipos de espículas, com exceção dos sedimentos coletados entre 12,5 e 10,5 metros, 10 e 9 metros, 8 e 7,5 metros, 6,5 e 6 metros, 4,5 e 3 metros, a cerca de 1 metro e no fundo lagunar. A megasclera indica a existência de esponja ao longo de toda a S2 e a grande quantidade encontrada entre 9 e 4 metros aponta para a ocorrência de um número maior de indivíduos. No entanto, não permitiram inferir as condições

ambientais predominantes na Lagoa de Maricá, exceto quando estiveram associadas às gemoscleras ou apareceram com formas específicas (diaenes e tilóstilos). A má preservação desse material indica o retrabalhamento do mesmo até a área central. A menor quantidade de megascleras entre 12,5 e 10,5 metros pode ser um indicativo para o aumento da salinidade, capaz de inviabilizar a reprodução das esponjas de água doce, e da hidrodinâmica mais acentuada que pode ter fragmentado as espículas de esponjas e dificultado sua deposição (Figura 45).

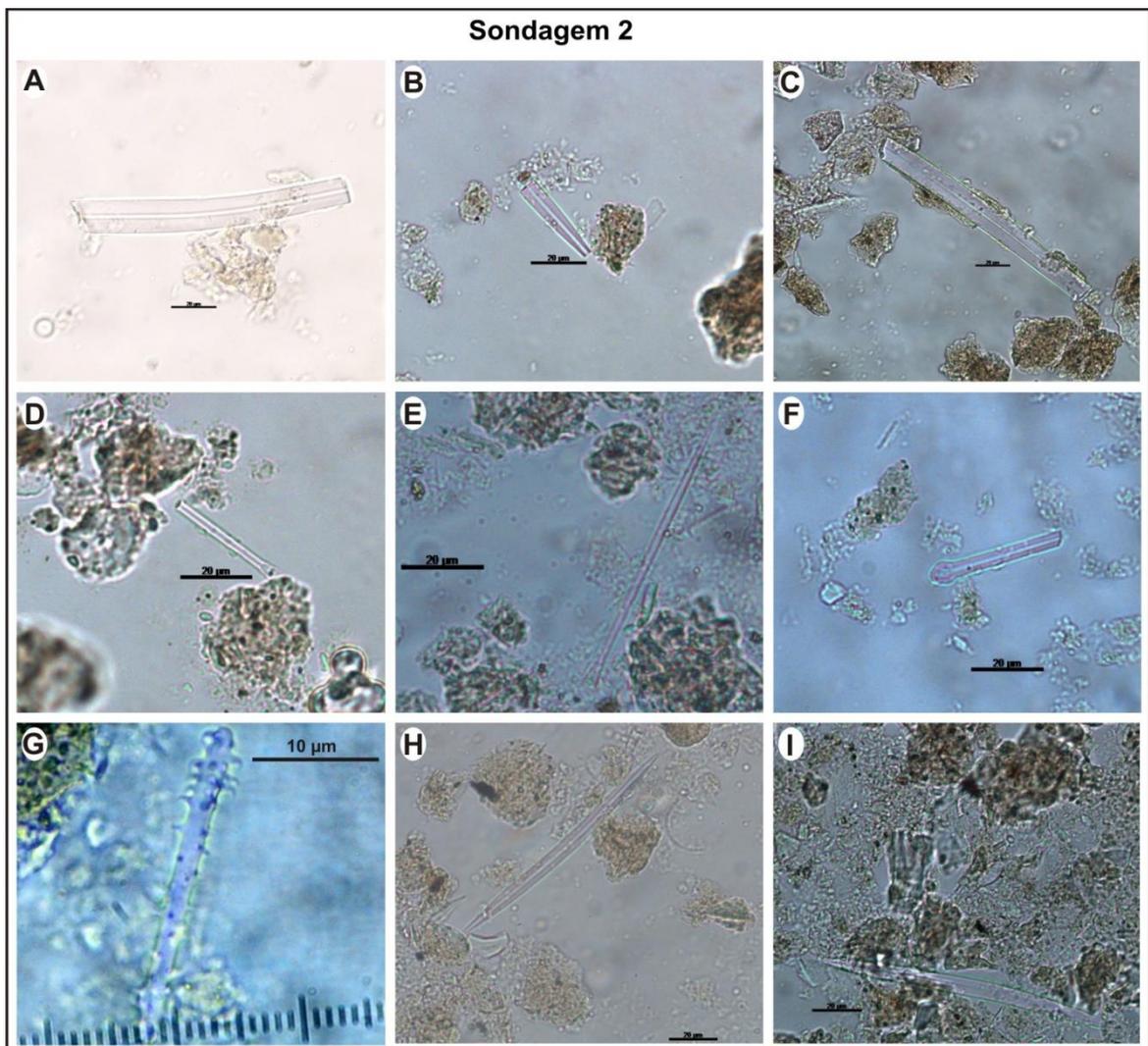


Figura 44 – Espículas de esponjas identificadas na S2. (A, B e C) Fragmentos de megascleras e (D) fragmento de diaene; (E) diaene; (F) tilóstilo fragmentado; (G) gemosclera de *Radiospongilla inesi*; (H e I) megascleras.

Foram identificadas espículas de esponja continental (megascleras inteiras e gemoscleras) a cerca de 10 metros de profundidade (Figura 45 - ver apêndice VI).

Com base nas gemoscleras identificadas (não fotografadas) foi possível determinar a espécie *Ephydatia sp.* (ver apêndice VI), que se desenvolve em áreas marginais de lagunas, barra de rios e pântanos costeiros, com fundo lodoso e rico em matéria orgânica (VOLKMER-RIBEIRO e MACHADO, 2007).

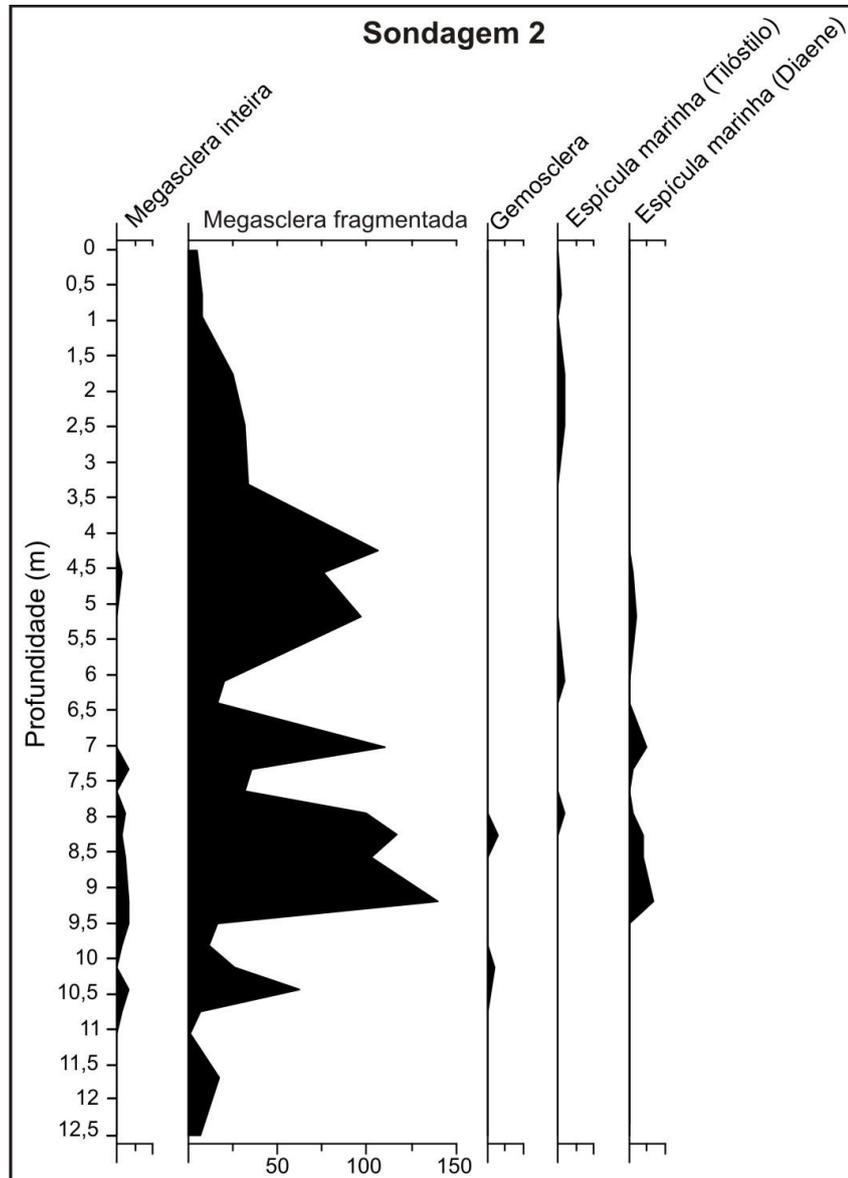


Figura 45 – Gráfico com a distribuição dos tipos de espículas de esponjas identificadas na S2.

As megascleras do tipo diaene (Figuras 44D, E e 45) e tilóstilo de cabeça redonda (Figuras 44F e 45) são espículas específicas da formação do esqueleto de diferentes espécies de esponjas marinhas (ver apêndice VI) (SILVA et al, 2012). Essas espículas apontam para a maior influência de água do mar entre 9 metros e 1

metro de profundidade, mas sem determinação de espécie específica. Com exceção, do sedimento coletado a cerca de 8,5 metros de profundidade, onde foram encontradas diaenes (Figuras 44D, E e 45) associadas à gemoscleras (Figuras 44G e 45) e megasclera beta (Figuras 44H, I e 45 - ver apêndice VI), que permitiram determinar a presença de uma esponja continental da espécie *Radiospongilla inesi*. Essa espécie foi identificada em córregos e lagos de Recife (PE), atualmente afastados do litoral, em substrato duro de ambientes perenes de águas rasas, com profundidade entre 0,5 e 2 metros (NICACIO et al., 2011).

Algumas amostras da S2 foram parcialmente triadas pela equipe da professora Cláudia Vilela (UFRJ) visando encontrar espécies de foraminíferos. Entretanto, a maior parte das amostras (1-1,3; 7,8-8,1; 11,4-11,7; e 12,3-12,5 metros de profundidade) se mostraram muito pobres quanto à presença desse organismo. Somente em torno de 9-9,3 metros de profundidade foi encontrado 1 foraminífero calcário do gênero *Ammonia*. A *Ammonia parkinsoniana* e *A. tépida*, associadas a fragmentos de conchas; também foram identificadas em sedimentos lamosos (entre 1,8 e 0,9 metros de profundidade) da margem sudeste da Lagoa de Maricá e apontaram para um ambiente restrito com influência de águas marinhas (estuário e/ou baía) entre 2740-2460 cal anos AP. (BRUNO, 2013), corroborando com os dados de espículas encontrados nesse trabalho.

Esses dados mostram que: (1) a Lagoa de Maricá sofreu tanto influência continental através da descarga fluvial que trouxe espículas de esponjas dulcícolas e grande quantidade de lama, quanto marinha devido à presença de espículas de esponjas de água salgada, provavelmente, a partir da ocorrência de leques de arrombamento e canais de maré (Lagoa da Barra); (2) a pequena quantidade de espículas de esponjas inteiras (Figura 45 - ver apêndice VI) e com valor taxonômico pode estar relacionada com a fragilidade dessas estruturas às alterações físicas (efeito abrasivo, fragmentação) geradas pela compactação que aumenta com a profundidade e ao longo do tempo de deposição (SANTOS, 2018), com o aumento da salinidade e/ou da hidrodinâmica lagunar; (3) o fato anterior também indica que não havia substrato para a fixação das esponjas nesse local; (4) a maior ocorrência de espículas de esponjas marinhas (tilóstilos e diaenes) mostram que as mesmas podem ter sido trazidas dos costões rochosos (Ilhas Maricás e costões localizados ao longo da linha de costa) e introduzidas nesta laguna em momentos de ressacas, através de canais de maré e/ou processo de sobrelavagem; (5) as espécies

provenientes de ambientes com baixa salinidade (*Ephydatia sp.* e *Radiospongilla inesi*) devem ter origem em canais fluviais que deságuam na Lagoa de Maricá ou nos brejos desta planície costeira.

De acordo com Oliveira et al. (1955) o aumento da salinidade desta laguna e a entrada de espécies marinhas, entre elas peixes, camarões, cracas e diatomáceas ocorria a partir da abertura eventual do Canal da Barra (Lagoa da Barra – Figura 4A). Assim como, o alagamento das margens, a formação de brejos e a fauna e flora características de ambiente dulcícola predominavam nas margens lagunares antes das obras de saneamento deste litoral (década de 1950) (OLIVEIRA et al., 1955). Atualmente, as margens se encontram quase que totalmente secas. Na década de 1950, a atual planície lagunar holocênica estava ocupada pelo Brejo-canal de Itaipuaçu (Figura 28), que drenava para a área central da Lagoa de Maricá (OLIVEIRA et al., 1955). Provavelmente, esse canal facilitava a entrada de organismos marinhos e/ou dulcícolas na laguna e deve ser o mesmo apontado por Silva (2011) na superfície da Barreira Pleistocênica atual. Marques Jr et al. (1995) também apontou para o Canal da Barra como sendo o local por onde a dinâmica costeira influenciava na composição do sedimento lagunar, pois devido ao fechamento do mesmo houve a diminuição do Ca (cálcio) e do Si (silício).

### Sondagem 3

A sondagem 3 (S3) (Figura 46), foi perfurada a cerca de 170 metros da margem noroeste submersa da Lagoa de Maricá, próxima a desembocadura do Canal de São Bento. Alcançou 2 metros de profundidade a partir do fundo lagunar, em um local com 1,4 m de lâmina d'água. Foram analisadas 8 amostras de sedimentos de um total de 10 amostras coletadas.

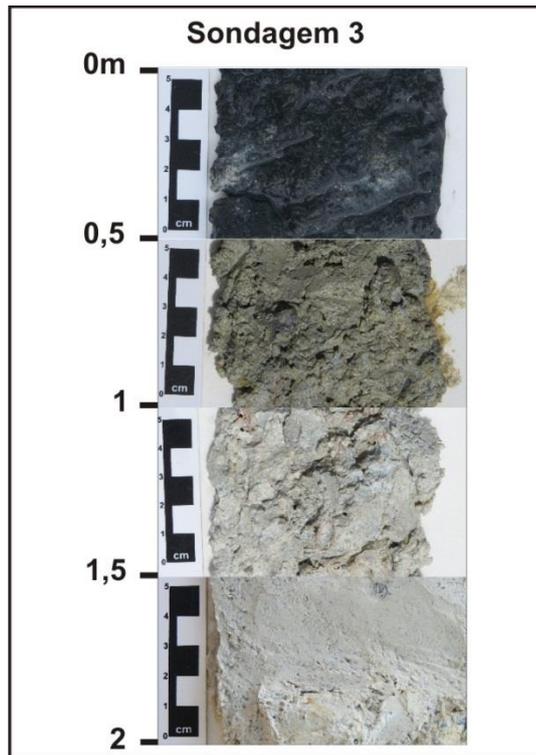


Figura 46 – Sedimentos coletados na S3 até 2 metros de profundidade.

Essa sondagem permitiu identificar um pacote sedimentar composto por areia siltosa (75%) entre 2 e 0,5 metros e areia cascalhosa (25%) de 0,5 até o fundo lagunar atual. A areia siltosa é, majoritariamente, constituída por areia muito grossa (entre 18% e 25%), grossa (entre 9% e 19%) e cascalho (entre 9% e 16%) (Figuras 46, 47 e 48 - ver apêndice VII). Na areia cascalhosa predominam areia muito grossa (entre 28% e 36%), cascalho (22%) e areia grossa (entre 20% e 22%) (Figuras 46, 47 e 48 - ver apêndice VII). Entretanto, todas as demais frações granulométricas foram encontradas, com destaque para o silte muito grosso (entre 9% e 12%) desde a base até 0,5 metro de profundidade, evidenciando o baixo grau de selecionamento.

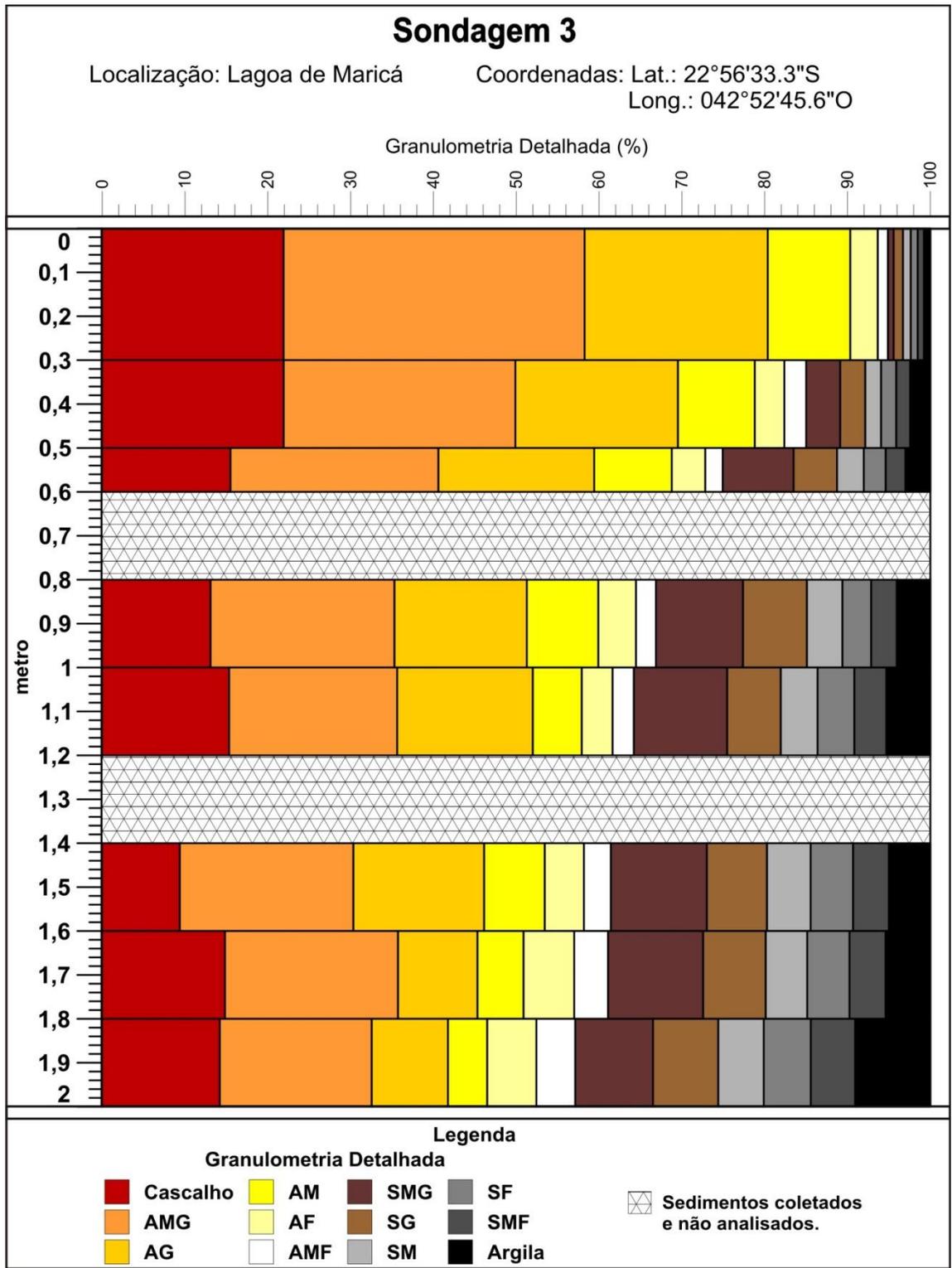


Figura 47 – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S3.

As frações arenosas desses sedimentos, com destaque para a areia média, são compostas por quartzo (entre 93% e 100%) (Figura 49), assim como o cascalho (Figura 48); a mica pode ser notada pela grande quantidade de minúsculos fragmentos brilhosos, principalmente entre 2 metros e 1 metro de profundidade; possuem também minerais traços (minerais pesados e feldspato) (Figura 49E). A areia quartzosa média possui grãos subangulares (62,5%), seguido de angulares (37,5%) e com brilho vítreo (entre 93 e 100%) (Figura 49 - ver apêndice VII).

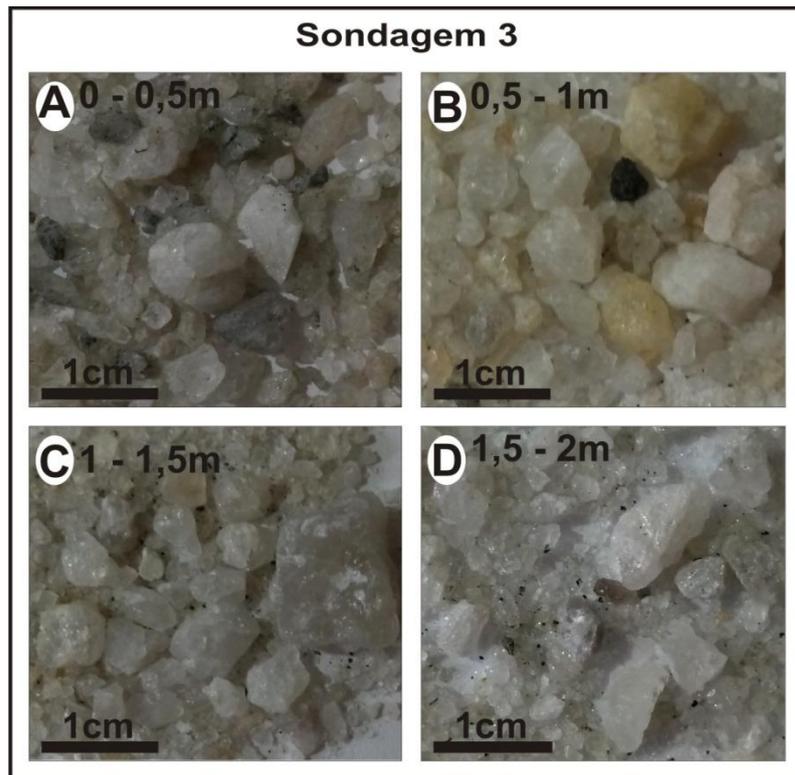


Figura 48 – Frações arenosas e cascalhosas identificadas na S3.

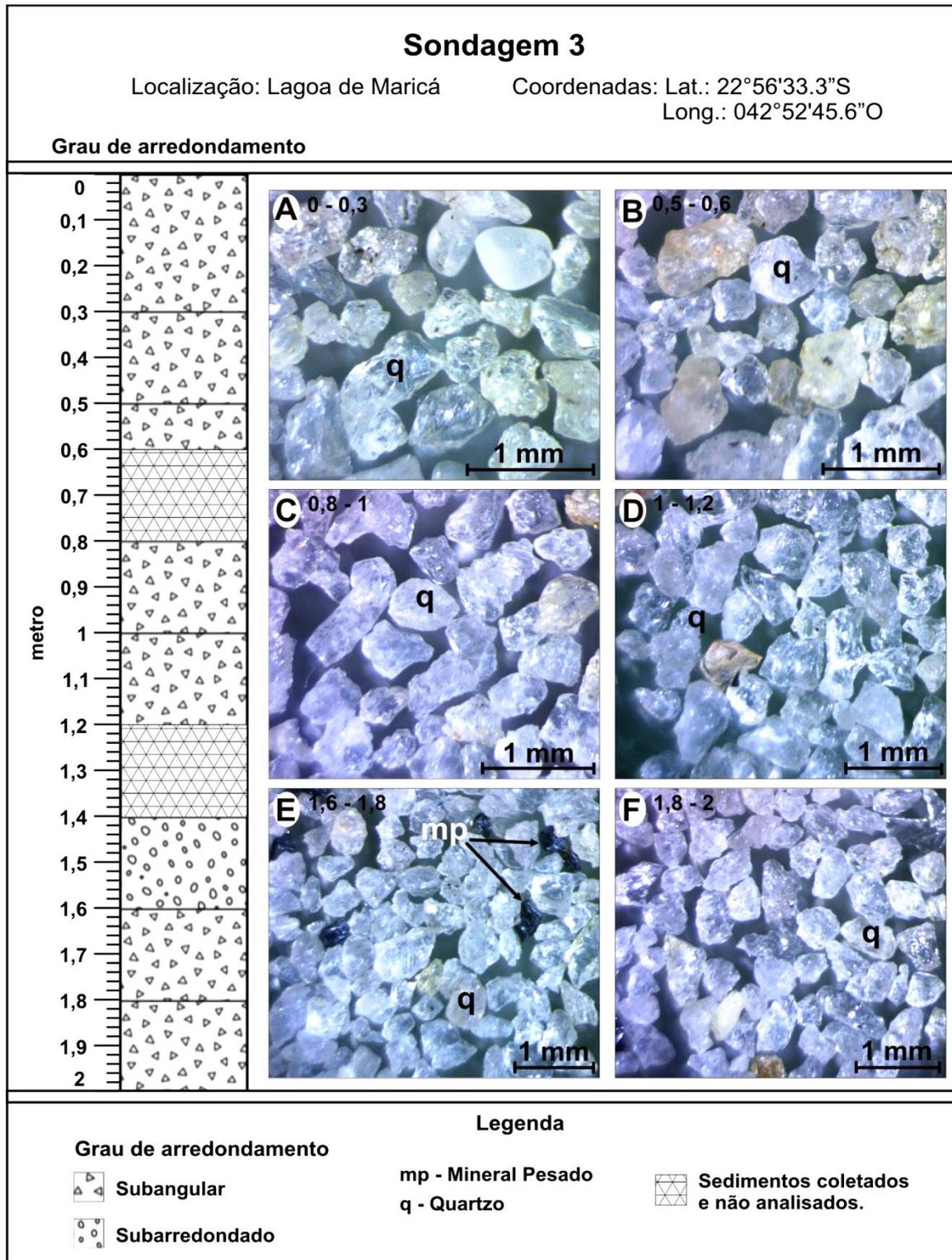


Figura 49 – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos coletados na S3.

As frações lamosas (Figura 47), com base na DRX, possuem maior concentração de quartzo e de argilominerais compostos por aluminossilicatos. O argilomineral encontrado em maior quantidade foi a diquita (mineral do grupo do

caulim) (Tabela 5), sendo que sua maior concentração foi de 36,8% em torno de 1 metro de profundidade e a menor de 3,6% na amostra mais superficial (0-0,3 m). Em seguida aparece a caulinita (Tabela 5) com 34,2% a cerca de 1,5 metro de profundidade e 6% no sedimento mais superficial. A nacrita (Tabela 5) possui uma concentração de 17% em torno de 1,5 metro de profundidade e de 3,3% na amostra mais superficial. A ilita e a pirofilita (Tabela 5) apresentaram valores mais baixos e mantiveram a tendência de menor concentração (2% e 0,9%, respectivamente) no sedimento mais superficial; a maior ocorrência (6,7% e 4,6%, respectivamente) se deu em torno de 1 metro e não foram identificadas nos sedimentos coletados a cerca de 1,5 metro. Os argilominerais diquita, ilita e pirofilita apresentaram maior concentração há, aproximadamente, 1 metro de profundidade. Já a caulinita e a nacrita foram encontradas em maior quantidade em torno de 1,5 metros de profundidade. A grande quantidade de argilominerais do grupo do caulim em torno de 1,5 metros de profundidade sugere maior proximidade com o embasamento.

Tabela 5 – Difractometria de raios-X de sedimentos coletados na S3 (em destaque os argilominerais).

<b>Fase Cristalina (%)</b>	<b>S3 0-0,3</b>	<b>S3 0,8-1</b>	<b>S3 1,6-1,8</b>
Quartzo	69,2	11,9	2,8
Caulinita 1A	6,0	19,9	34,2
Diquita 2M1	3,6	36,8	24,2
Naujakasita	2,4	3,31	3,0
Nacrita 2M2	3,3	9,4	16,9
Pirofilita 2M	0,9	4,6	-
Muscovita 2M1	3,1	3,9	8,6
Microclina	1,4	2,6	7,1
Flogopita 1M	0,8	-	-
Biotita 1M	0,6	1,3	-
Gismondina	1,2	2,3	3,9
Ilita	3,0	3,7	-
Oligoclásio - Albita	2,3	-	-
Bytownita	1,6	-	-

O predomínio de argilomineral do grupo do caulim, no caso a caulinita, também foi o observado nos sedimentos superficiais das Lagoas de Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995) e de Itaipu (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999), especialmente nas áreas onde existem desembocaduras de rios. Entre os demais minerais identificados neste estudo, apenas a ilita foi observada nas Lagoas de Piratininga (RESENDE e SILVA, 1995) e de Itaipu (LAVENÈRE-WANDERLEY,

1999) e está relacionada com a grande quantidade de mica devido à proximidade com a área fonte.

A quantidade de matéria orgânica variou entre 4% e 8% (Figura 50 - ver apêndice VII), sendo a menor concentração a 2 metros e a maior em torno de 0,5 metro de profundidade. O teor de MO dos sedimentos da S3 é muito menor do que no fundo lagunar (entre 18% e 21%) (Figura 33 - ver apêndice I) na mesma área. A cor dos sedimentos é predominantemente cinzento claro (2.5Y 7/1) com variação para bruno-claro-acinzentado (2.5Y 8/2) entre 1,8 metros e o fundo atual, apenas a base do poço apresentou a cor branca (2.5Y 8/1) (Figura 46). A variação na cor se deve a maior concentração dos argilominerais caulinita, diquita e nacrita (Tabela 5 e Figura 44) até 0,5 metro de profundidade e ao aumento da concentração de matéria orgânica dessa profundidade até o fundo lagunar.

A variação de cores observada nos sedimentos entre 2 metros de profundidade (branca) e a superfície (entre 0,5 metro e o fundo - cinzento claro) (Figura 46) reflete a diferença na concentração de argilominerais e sugere sua formação *in situ* pela decomposição de blocos do embasamento, onde a cor branca dos argilominerais do grupo da caulinita aponta para a decomposição do feldspato (Figura 51). A cor dos sedimentos acima de 0,5 metro (Figura 46) indica a maior influência da matéria orgânica lagunar (como observado nos sedimentos lamosos identificados na S2 - Figura 39). Outras evidências que apontam para a origem *in situ* desse material são: o baixo grau de arredondamento (mais angular), o predomínio de quartzo vítreo (100%) e a grande variação granulométrica em que todas as frações estão presentes. O material mais superficial possui características similares aos encontrados no fundo lagunar atual (entre as amostras 10 e 11 - ver apêndice I) nessa mesma área e podem ter sido alterados pela urbanização.

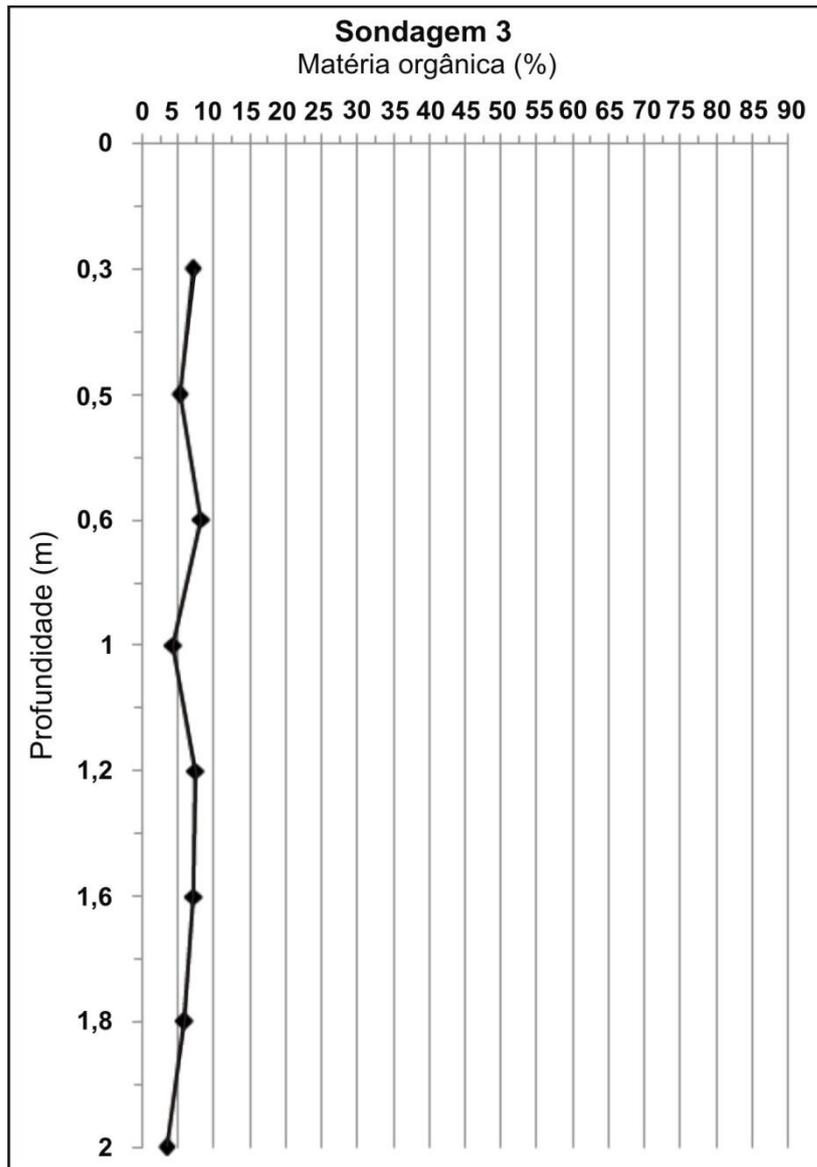


Figura 50 – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S3.



Figura 51 – Embasamento alterado aflorando na rodovia RJ-110 que dá acesso a APA de Maricá. Foto: Maria Augusta M. da Silva (2008).

#### Sondagem 4

A sondagem 4 (S4) (Figura 52) foi realizada na margem emersa a oeste da Lagoa de Maricá, a cerca de 25 metros da margem do Canal de São Bento, numa área de brejo. Alcançou 7 metros de profundidade com a coleta de 14 amostras, que foram analisadas. Cabe ressaltar que esse canal foi modificado pelo Serviço de Saneamento da Baixada Fluminense na década de 1950 (OLIVEIRA et al., 1955).

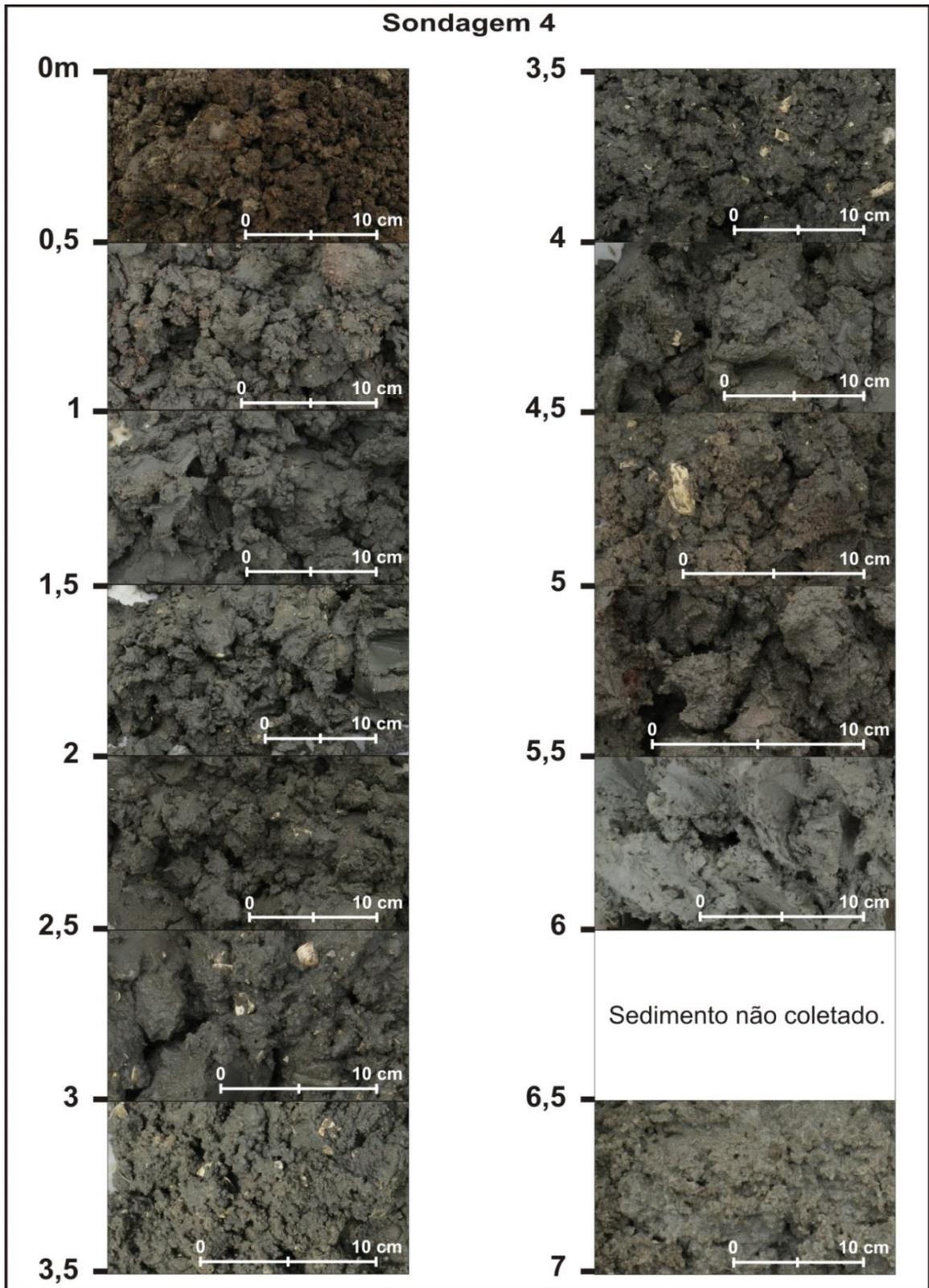


Figura 52 – Sedimentos coletados na S4 até 7 metros de profundidade.

Os sedimentos coletados nessa sondagem são constituídos por areia siltosa (71,4%), silte arenoso (14,3%) e areia cascalhosa (14,3%) (Figuras 52 e 53 - ver apêndice VIII). A areia siltosa é predominantemente composta por areia média (entre 6% e 20%), grossa (entre 11% e 25%) e muito grossa (entre 2% e 22%), com concentração significativa das frações de silte (com porcentagem total entre 18% e 42%), entre 6 metros e 0,5 metro de profundidade (Figuras 52 e 53). O aumento do cascalho na areia siltosa (entre 9% e 19%) foi observado entre 6 e 3 metros de profundidade (Figuras 52 e 53 - ver apêndice VIII). O silte arenoso é formado por silte grosso (entre 12% e 14%), médio (entre 11% e 14%) e fino (entre 9% e 14%) (Figuras 52 e 53 - ver apêndice VIII), com quantidade significativa das frações de areia (entre 3% e 12%) e foi encontrado apenas em torno de 1,5 metros e no fundo lagunar atual. A areia cascalhosa possui uma maior concentração de areia grossa (23 e 26%), muito grossa (22 e 26%) e cascalho (26%); apareceu entre 7 metros e 5 metros de profundidade (Figuras 53 e 54 - ver apêndice VIII). De modo geral, o cascalho diminui em direção a superfície, com exceção do material encontrado entre 4 metros e 3 metros de profundidade (Figuras 53 e 54 - ver apêndice VIII), onde as amostras classificadas como areia siltosa (Tabela 2) possuem em média 16% de cascalho. O depósito sedimentar granodecrescente pode está relacionado ao preenchimento de canal (BOGGS JR., 2006) formado pela drenagem fluvial.

Os sedimentos cascalhosos identificados entre 7 metros e 5,5 metros de profundidade são compostos por quartzo e feldspato, não foram identificadas conchas (Figura 54); em torno de 7 metros o sedimento parece menos retrabalhado (baixo grau de arredondamento) (Figuras 52, 53 e 54). Já entre 5 metros e 2,5 metros de profundidade o cascalho é constituído por quartzo, fragmento de conchas e conchas inteiras (Figura 54). Nas areias foram identificados grãos de quartzo (entre 95% e 100%) subangulares (100%) e com brilho vítreo (Figura 55 - ver apêndice VIII) ao longo de toda a sondagem, além de minerais traços (feldspato e minerais pesados), fragmentos de conchas e restos vegetais.

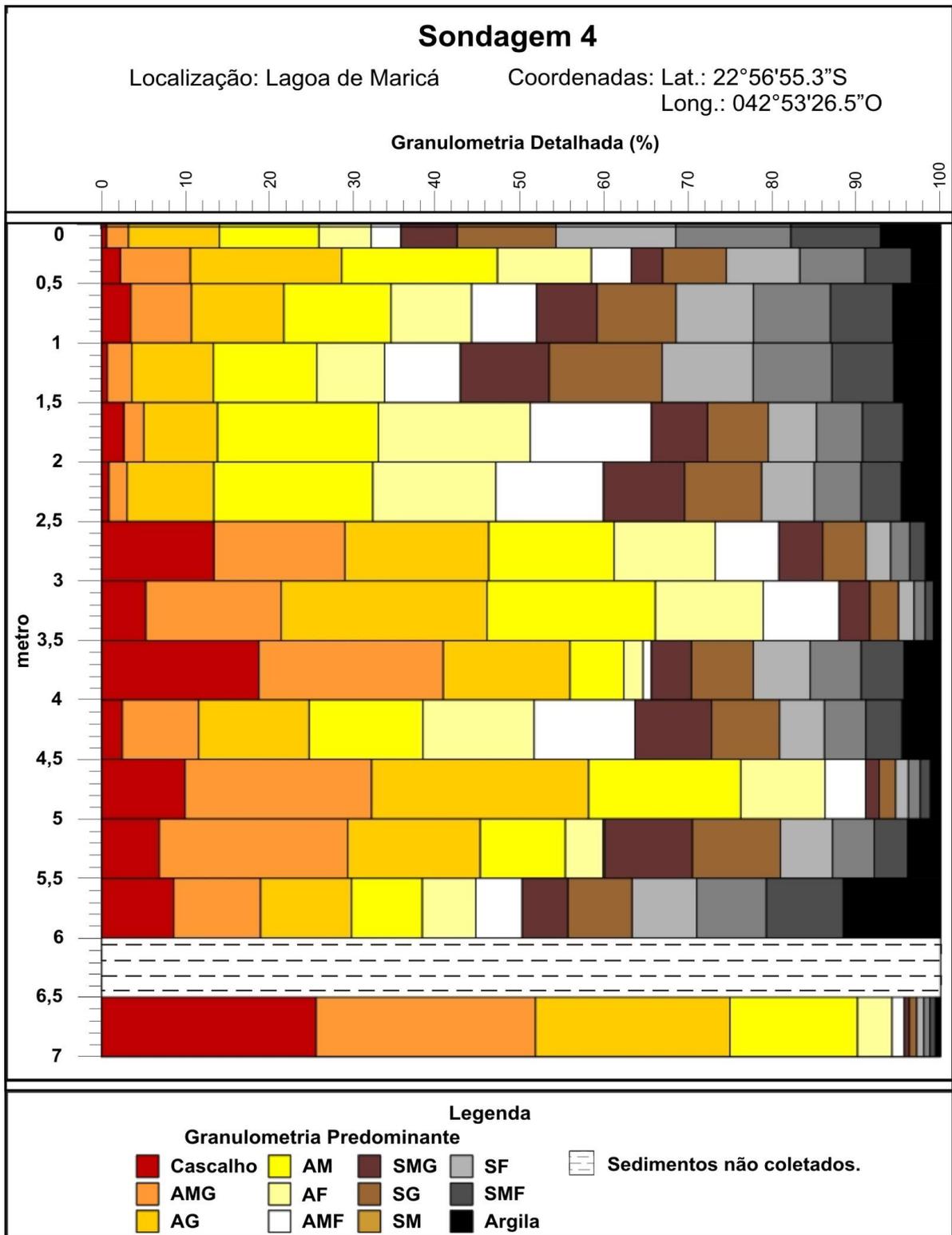


Figura 53 – Granulometria detalhada dos sedimentos analisados na S4.

O teor de matéria orgânica em subsuperfície variou entre 2,6% em torno de 6 metros de profundidade e 81% na margem lagunar atual (Figura 56 - ver apêndice VIII). Esse aumento na quantidade de matéria orgânica na superfície se deve a presença da cobertura vegetal (Figura 15F), que também contribuiu com fragmentos vegetais encontrados em grande parte da S4. Os sedimentos possuem cor, predominantemente, cinzento muito escuro (2.5Y 3/1), com cinzento (5Y 6/1) abaixo de 6 metros e preto (2.5Y 2.5/1) acima de 0,5 metro de profundidade (Figuras 52 e 56 - ver apêndice VIII).

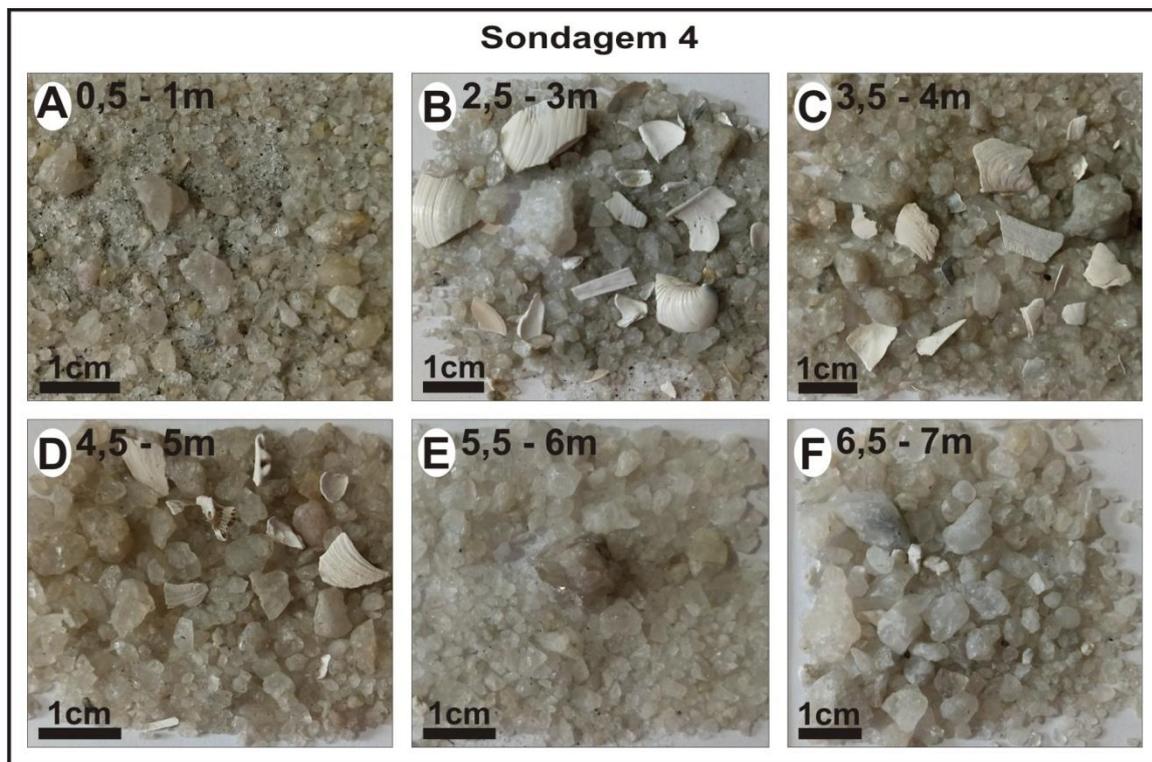


Figura 54 – Frações arenosas e cascalhosas identificadas na S4.

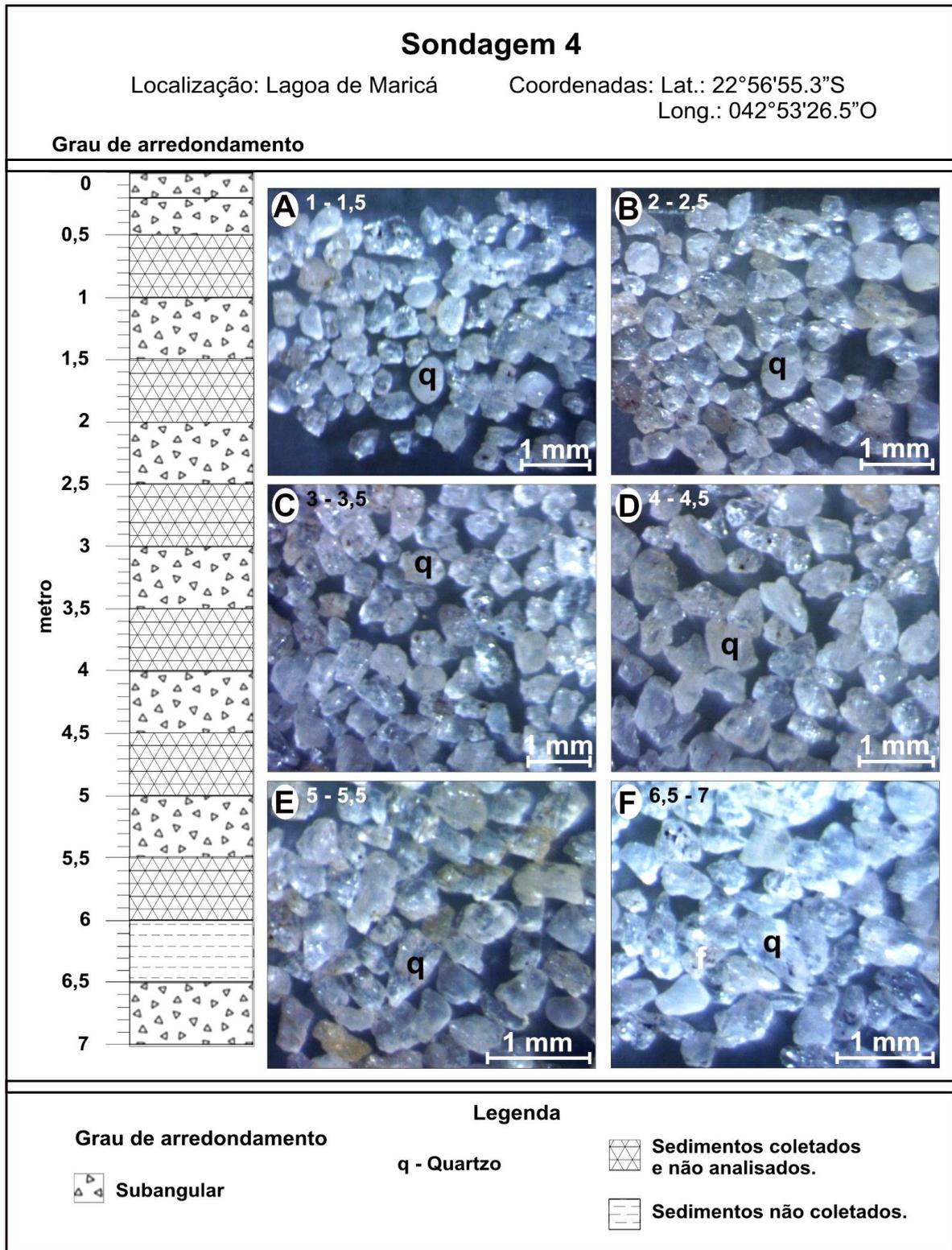


Figura 55 – Grau de arredondamento e composição dos sedimentos coletados na S4.

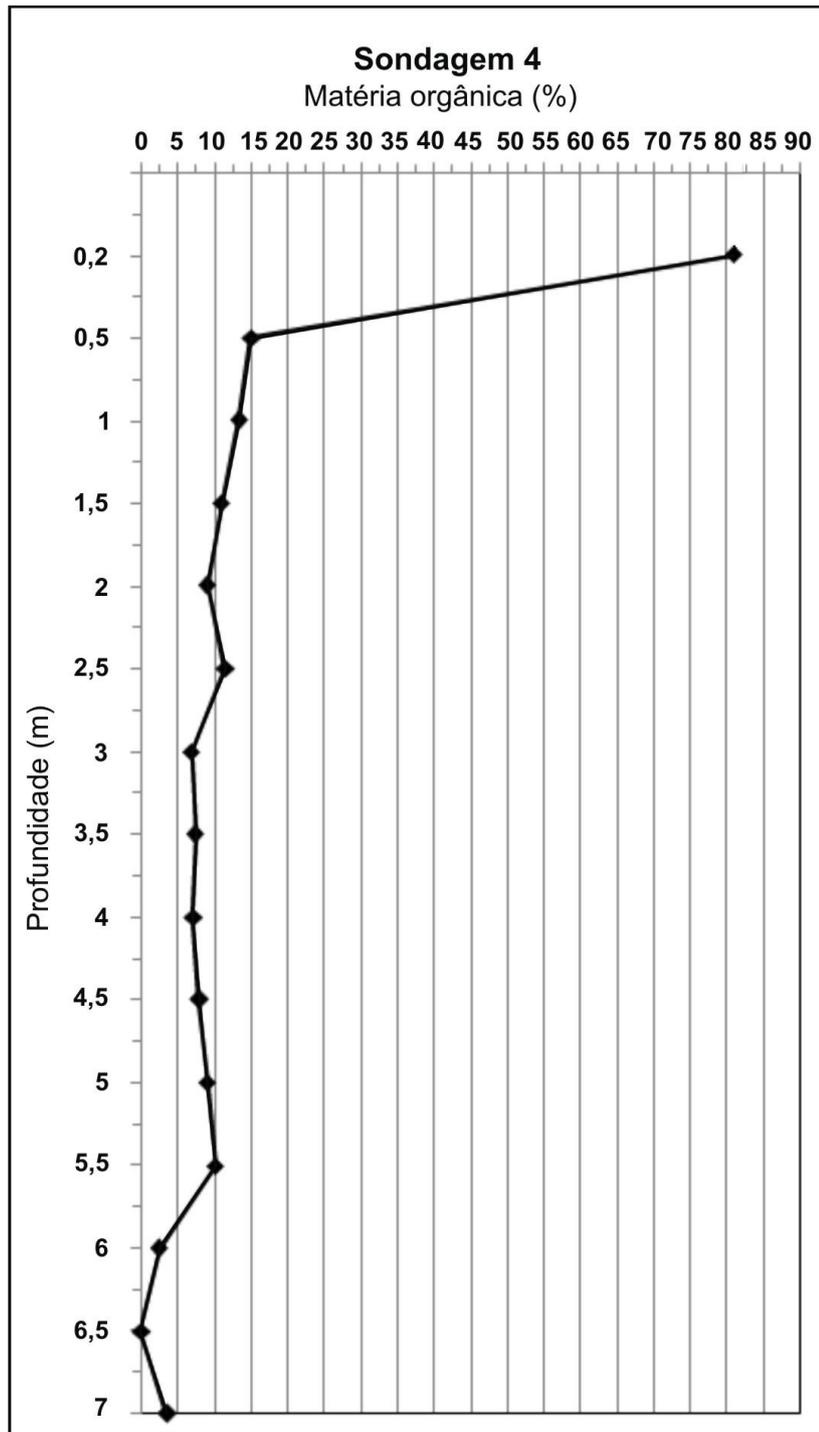


Figura 56 – Teor de matéria orgânica dos sedimentos da S4.

### Conchas

As carapaças carbonáticas identificadas na S4 são das espécies *Heleobia australis* (gastrópode), *Anomalocardia brasiliiana* (bivalve) e *Cerithium atratum* (gastrópode) (Figura 57 - ver apêndice IX) e ocorreram entre 5,5 e 1,5 metros de profundidade, sendo que a maior diversidade está entre 2,5 e 4,5 metros onde não

foram identificadas espículas de esponjas. A *H. australis* (Figura 57A e B) é frequente em sedimentos arenolamosos de ambientes estuarinos; ocorre em litorais do sudeste brasileiro até o nordeste da Patagônia (SOUZA et al., 2011) e se desenvolvem em ecossistemas altamente poluídos pelas atividades antrópicas (CARCEDO e FIORI, 2012). Essa espécie foi encontrada, principalmente, em torno de 4 metros (12 unidade) e 1,5 metros (28 unidades) de profundidade.

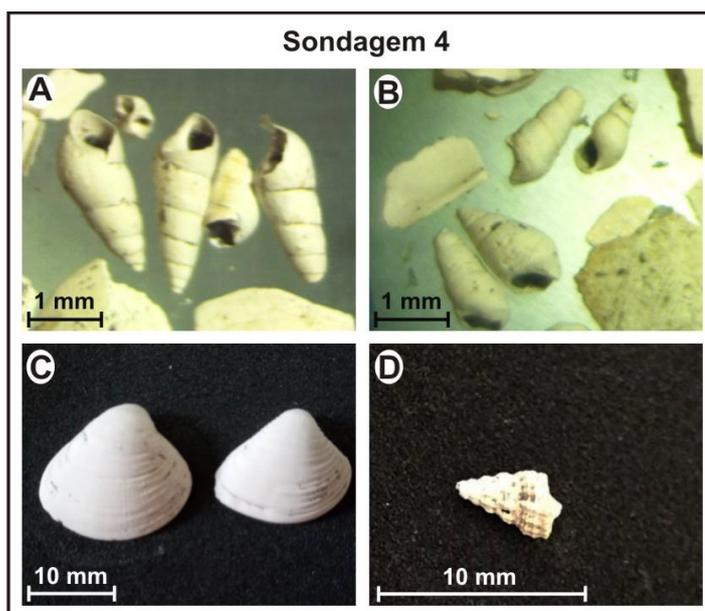


Figura 57 – Conchas das espécies (A e B) *Heleobia australis*, (C) *Anomalocardia brasiliana*, e (D) *Cerithium atratum* encontradas nos sedimentos da S4.

A *Anomalocardia brasiliana* (bivalve) (Figura 57C) é comum na zona de intermaré de praias lamosas de baías ou estuários; está presente em toda a costa brasileira, estendendo-se até o Uruguai e a Argentina (SOUZA et al., 2011); e parece estar bem adaptada às variações nas condições ambientais (temperatura e umidade) (BOEHS, 2000 apud PINTO, 2012). Essa espécie foi identificada na S4 entre 5 metros e 3 metros de profundidade, sendo que o maior número de exemplares inteiros (4 unidades) estava a cerca de 3 metros (Figura 57C - ver apêndice V).

A *Cerithium atratum* (Figura 57D) vive em zona de intermaré com até 80 metros de profundidade, se desenvolve em diferentes tipos de substratos (arenosos, lamosos e rochosos) e pode ser encontrada ao longo de toda a costa atlântica das Américas; no litoral brasileiro está presente desde o estado do Ceará a Santa

Catarina (SOUZA et al., 2011). Essa espécie (1 unidade) foi encontrada apenas a cerca de 3 metros de profundidade. É um molusco comum na desembocadura do Rio Paraíba (Paraíba), numa área abrigada da ação das ondas, com fundo lamoso e aporte fluvial rico em poluentes (LIMA et al., 2017). Também foi observada no Parracho de Maracajaú, uma Área de Proteção Ambiental de Recifes de Corais localizada na plataforma rasa do estado do Rio Grande do Norte (MARTINEZ, 2008).

Associados a essas conchas também foram encontrados muitos fragmentos de conchas, especialmente de gastrópodes, que não puderam ser identificadas, mas que indicam transporte e retrabalhamento das mesmas em momentos de hidrodinâmica lagunar e/ou fluvial acentuada. Com exceção da espécie *Cerithium atratum*, as demais espécies foram encontradas também nos sedimentos das sondagens 1 e 2, ou seja, possuem boa distribuição por estarem adaptadas às condições ambientais da Lagoa de Maricá como um todo. Os moluscos identificados na S4 são comuns em ambientes estuarinos e, em geral, suportam certa variação nas condições ambientais (substrato, salinidade, temperatura e hidrodinâmica).

#### *Espículas de esponjas*

O tipo de espícula de esponja mais encontrado nos sedimentos da margem lagunar (S4) foi à megasclera, mas fragmentada, com maior concentração entre 7 e 5,5 metros (18 unidades) de profundidade e entre 2,5 metros e a superfície (90 unidades) (Figura 58A e 59), com apenas 3 megascleras inteiras acima de 2 metros (Figura 58B e 59 - ver apêndice X). A maior ocorrência de megasclera fragmentada na superfície aponta para um ambiente mais propício ao desenvolvimento das esponjas e a maior exposição à atuação dos ventos. Nessa sondagem apenas a espícula do gênero *Anheteromeyenia* sp., característica de água doce de rios e córregos (MURICY et al., 2011) ou de ambientes com baixa salinidade (SANTOS et al., 2011), foi identificada através de gemoscleras inteiras (Figura 58C e 59) e fragmentadas entre 7 e 4,5 metros de profundidade e entre 2,5 metros e a superfície (ver apêndice X). Em alguns casos, também foi possível reconhecê-las pelas megascleras inteiras e fragmentadas (Figura 58A, B e 59). Entre as profundidades de 4,5 e 2,5 metros, as megascleras fragmentas (4 unidades) não permitiram a identificação de nenhuma esponja, mas indicam a existência delas nessa área. Ao mesmo tempo em que as espículas de esponjas quase desapareceram observou-se o aumento do número de moluscos.

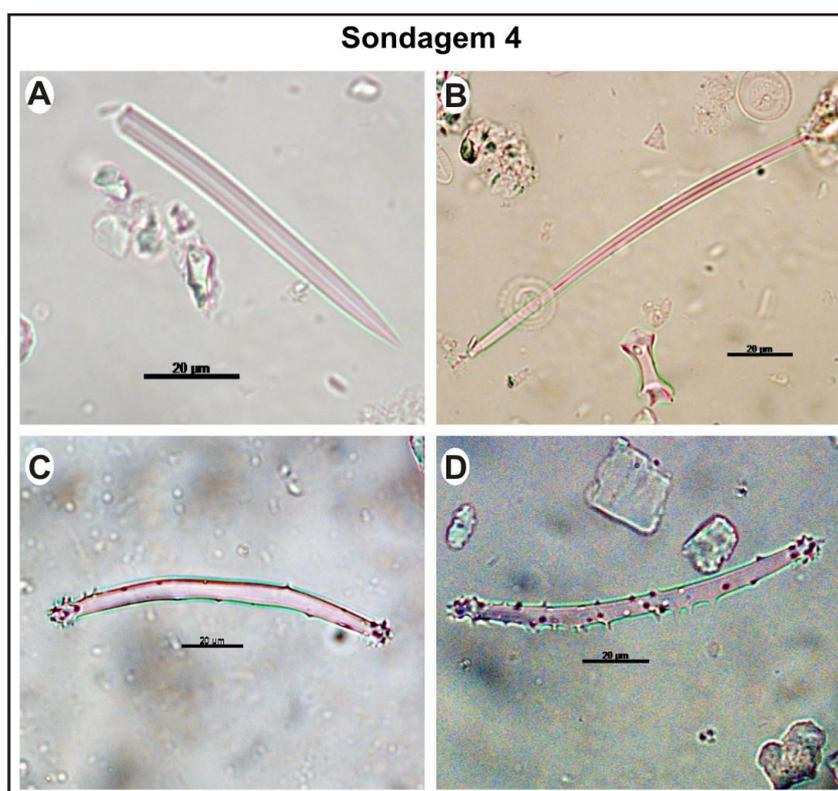


Figura 58 – Espículas de esponjas identificadas na S4. (A) Fragmento de megasclera e (B) megasclera; (C e D) gemoscleras de *Anheteromeyenia* sp..

As espículas de esponjas observadas nesta sondagem permitiram identificar a atuação da dinâmica fluvial na sedimentação da Lagoa de Maricá. De acordo com as informações obtidas é possível sugerir que: (1) durante o intervalo de tempo estudado, a atuação dos processos fluviais, lagunares e/ou eólicos foram mais importantes para essa área, que deve ter permanecido mais afastada da influência dos processos costeiros, pois não foram encontradas espécies marinhas; (2) a identificação de espículas de apenas uma espécie de esponja (*Anheteromeyenia* sp.) e a pequena quantidade de espículas inteiras indicam que a mesma deve ter se desenvolvido nos brejos marginais da Lagoa de Maricá e/ou nos canais fluviais que nela deságuam; (3) a ausência de informações sobre as espículas de esponja entre 4,5 e 2,5 metros (ver item 3.2.3 - Figura 59) e o aumento dos moluscos estuarinos nesse intervalo podem indicar o aumento da descarga fluvial que dificultou a deposição das espículas, mas permitiu o transporte e deposição de sedimentos arenosiltosos; ou a subida do nível do mar que pode ter aumentado a salinidade da laguna dificultando o desenvolvimento das esponjas de água doce.

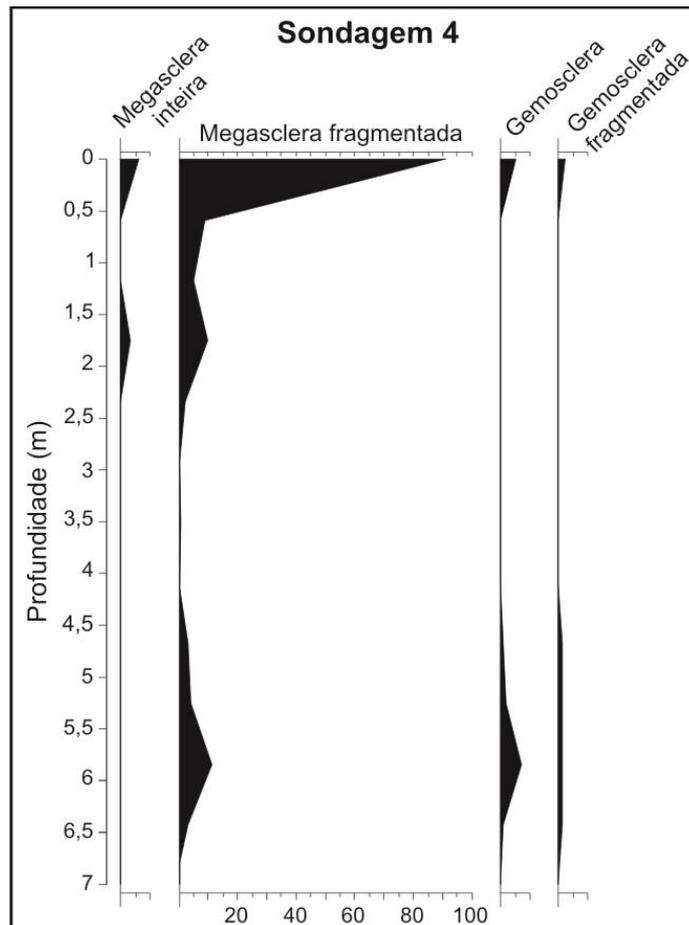


Figura 59 – Gráfico com a distribuição dos tipos de espículas de esponjas identificadas na S4.

### 3.2.2 – Datações

Foram enviadas 8 amostras grafitizadas para datação pelo método do  $^{14}\text{C}$  no laboratório de datações do CAIS da Universidade da Geórgia (Estados Unidos).

Entre as amostras enviadas, 6 foram preparadas a partir da matéria orgânica de sedimentos lamosos coletados na S2 (área central - Figura 39) entre as seguintes profundidades: 12,5-12,3 metros, 10,5-10,2 metros, 9,3-9 metros, 7,2-6,9 metros, 4,8-4,5 metros e 1,3-1 metro. As outras 2 amostras foram preparadas a partir de concha e madeira extraídas de sedimento composto por areia siltosa coletada na S4 (margem oeste - Figura 50) entre as profundidades de 1,5-2 metros e 5,5-5 metros, respectivamente.

Os resultados apresentados para as datações correspondem aos valores obtidos através da mediana das idades calibradas (Tabelas 6 e 7). A unidade lamosa identificada na área central (S2) da Lagoa de Maricá possui as seguintes

idades (Tabela 6 e Figura 60): 6242 anos cal AP para os sedimentos coletados entre 12,5 e 12,3 m de profundidade; 5178 anos cal AP entre 10,5 e 10,2 m; 4645 anos cal AP entre 9,3 e 9 m; 4277 anos cal AP entre 7,2 e 6,9 m; 3527 anos cal AP entre 4,8 e 4,5 m e 551 anos cal AP para o material coletado entre 1,3 e 1 m. Já os sedimentos arenosiltosos coletados na margem oeste (S4) dessa laguna apontam para idades (Tabela 7 e Figura 60) de 8111 anos cal AP para os sedimentos coletados entre as profundidades de 5,5 e 5 m e de 6830 anos cal AP entre 2 e 1,5 m. Sendo assim, o depósito sedimentar estudado, até a profundidade de 12,5 metros, se refere ao Holoceno da Lagoa de Maricá.

Entre 8111 anos cal AP e o atual esse litoral passou por um período marcado por maior umidade, entre 8500 e 6500 anos cal AP, com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea; seguido por um período de menor umidade entre 6500 e 3000 anos cal AP, identificado pela ocorrência de uma vegetação herbácea e de grande quantidade de gemosclera de *Anheteromeyenia sp.*; e após 3000 anos cal AP houve o retorno de um ambiente mais úmido marcado pela presença da vegetação arbustiva/arbórea (SANTOS, 2018).

Tabela 6 – Resultados das datações de sedimentos lamosos da S2 pelo método do AMS <sup>14</sup>C.

LACUFF	Amostras	Prof. (metro)	Idade Calibrada (anos cal AP)	Mediana (anos cal AP)	Taxa de sedimentação (cm ano)
170265	16P29A16	1,3 – 1	823 – 338	551	0,20
170267	16P29A12-X	4,8 – 4,5	3926 – 3249	3527	
170266	16P29A10-X	7,2 – 6,9	4712 – 3931	4277	
170269	16P29A07-X	9,3 – 9	5031 – 4331	4645	0,15
170268	16P29A04-X	10,5 – 10,2	5563 – 4837	5178	
170264	16P29A01-X	12,5 – 12,3	6582 – 5967	6242	

Tabela 7 – Resultados das datações de sedimentos arenosiltosos da S4 pelo método do AMS <sup>14</sup>C.

LACUFF	Amostras	Prof. (metro)	Idade Calibrada (anos cal AP)	Mediana (anos cal AP)	Taxa de sedimentação (cm ano)
180025	18P10A01-2	2 – 1,5	7138 – 6500	6830	0,27
180026	18P10A02-1	5,5 – 5	8358 - 7838	8111	

Com base nessas idades foram calculadas as taxas de acumulação para a área central e marginal da Lagoa de Maricá (Tabelas 6 e 7 e Figura 60). A taxa de

acumulação na área central foi de 0,15 cm ano entre 6242 anos cal AP e 4645 anos cal AP (entre 12,5 e 9 metros) e aumentou ligeiramente para 0,20 cm ano entre 4277 anos cal AP e 551 anos cal AP (entre 7,2 e 1 metro) (Tabela 6 e Figura 60), o que coincide com a fase de rebaixamento do nível do mar. Esses valores são mais baixos do que a taxa de 0,4 cm ano encontrada por Marques Jr. et al. (1995) a partir do ano de 1938 (20 cm de profundidade) nessa mesma área e através de análises de isótopos de  $^{210}\text{Pb}$ . Isso ocorre porque a datação pelo método do  $^{14}\text{C}$  é utilizada para calcular as taxas de acumulação que abrangem todo o Holoceno e o  $^{210}\text{Pb}$  para sedimentos mais recentes (até cerca de 150 anos), que registram as consequências da ocupação antrópica, como por exemplo o desmatamento (TOLDO Jr. et al 2006; GOYA, 2011).

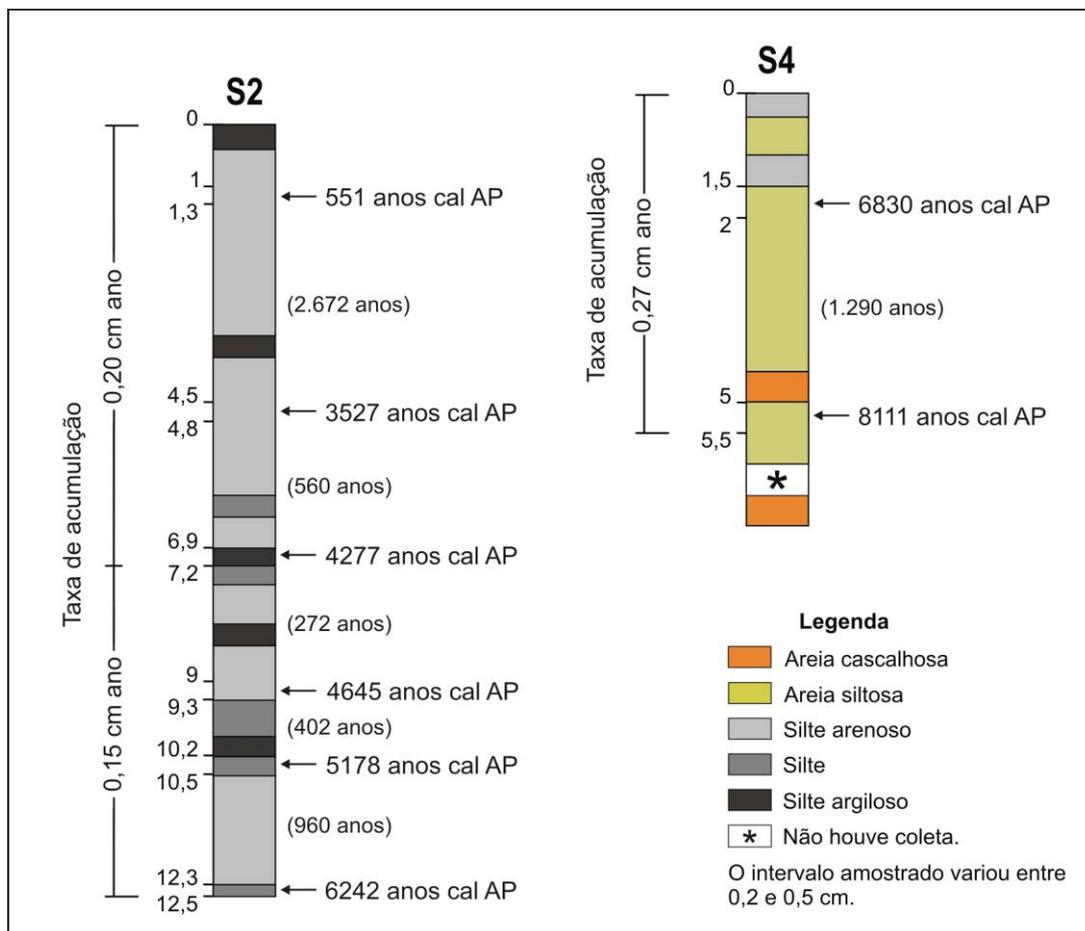


Figura 60 – Distribuição das idades e da taxa de acumulação ao longo das sondagens 2 e 4.

Na planície marginal (oeste) a taxa de acumulação foi de 0,27 cm ano entre 8111 anos cal AP e 6830 anos cal AP (Tabela 7 e Figura 60). Valores semelhantes a esse também foram identificados por Fernex et al., (1992) próximo ao canal de São Bento (0,28 cm ano) e a desembocadura do Rio Mumbuca (0,35 cm ano) utilizando dados de isótopos de  $^{210}\text{Pb}$ . A taxa de acumulação das margens é ligeiramente superior a que foi observada na área central. Essa diferença ocorre porque os sedimentos da porção central são lamosos e demoram mais para serem depositados do que os sedimentos, predominantemente, arenosos das margens.

### 3.2.3 – Fácies sedimentares da Lagoa de Maricá

Foram identificadas 5 fácies lagunares com base nas amostras do fundo atual da laguna e das sondagens (1, 2 e 4; a sondagem 3 não foi considerada por apresentar, predominantemente, características do embasamento intemperizado). As fácies são (Tabela 8): areia subarredondada (subfácies cascalhosa), areia angular, areia siltosa, silte arenoso e silte/silte argiloso.

Tabela 8 – Fácies lagunares identificadas nos sedimentos do fundo atual da Lagoa de Maricá e em subsuperfície.

Fácies		Descrição		
<b>Areia subarredondada</b>	<b>Subfácies cascalhosa</b>	Areia grossa e cascalho	Subarredondada/ Subangular	Fosco/ Vítreo
<b>Areia angular</b>		Areia grossa e média	Angular	Vítreo
<b>Areia siltosa</b>		Areia fina e grossa	Subangular/ Subarredondada	Vítreo/ Fosco
<b>Silte arenoso</b>		Silte muito grosso e areia muito fina	Cores que variam entre cinzento escuro e cinzento muito escuro	
<b>Silte/Silte argiloso</b>		Silte grosso e argila	Cinzento muito escuro	

A fácies areia subarredondada (Tabela 8) ocorre na margem emersa e submersa da lagoa (margens sul e oeste) (Figuras 61 e 62A) e em subsuperfície (margem sul) (Figura 63). Essa fácies é caracterizada, basicamente, pela granulometria grossa, bom arredondamento e aspecto fosco das areias (em

subsuperfície também ocorre areias com brilho vítreo). Conchas do gastrópode *H. australis* (Figura 36B, C e D - ver apêndice III) foram encontradas nos 3 metros superiores da seção sedimentar estudada, indicando assim, condições semelhantes às atuais para esse intervalo. A fácies areia subarredondada apresenta uma variação faciológica, aqui denominada subfácies cascalhosa (Tabela 8 e Figuras 36 e 63). Ela ocorre em subsuperfície nas margens sul (nas profundidades de 9, 3 e 1 metros) e oeste (em 7 e 5 metros) (Figura 63). Essa subfácies areia cascalhosa é composta por areia grossa e muito grossa e cascalho; as partículas de areia são formadas por quartzo subarredondados (na margem oeste também ocorre grãos subangulares) e brilho que varia entre vítreo e fosco (ver apêndice VIII). Essa subfácies cascalhosa não ocorre de forma representativa na sedimentação atual. A fácies areia subarredondada apresenta características granulométricas semelhantes às aquelas identificadas na praia da APA de Maricá, onde predominam areias grossas e médias (GRALATO, 2013). Sedimentos das Barreiras Pleistocênicas e Holocênica também apresentam características granulométricas semelhantes (SILVA et al., 2014b); assim como as dunas sobre a Barreira Holocênica (SILVA et al., 2012), que são também fontes dos grãos com aspecto fosco, característico do retrabalhamento eólico; e os depósitos de leque de arrombamento, localizados neste mesmo litoral (SILVA et al., 2008b; SILVA, 2015); o mesmo ocorre com o grau de arredondamento das areias dessa faciologia lagunar e as areias da planície costeira (BATISTA, 2015). Assim, se deduz que as barreiras têm sido, ao longo do tempo, as principais fontes de sedimentos para essas fácies lagunares.

Os processos responsáveis pelo transporte e deposição dessas fácies na laguna são aqueles comumente observados no ambiente costeiro de hoje, em momentos de alta energia, tais como: ventos fortes, que levam as areias dos diversos ambientes da barreira e os depositam no ambiente lagunar; processos relativos às fortes ressacas, quando ondas removem areias e cascalho da barreira carregando os mesmos até a região marginal lagunar; transporte através de canais de maré. Os processos relativos às ressacas e aos canais de maré acontecem hoje na parte leste (Lagoa da Barra – Figura 4) da área estudada onde a barreira é mais estreita, mas podem ter ocorrido ao longo do litoral de Maricá durante a fase ativa das barreiras, assunto que será discutido no capítulo sobre a evolução da área.

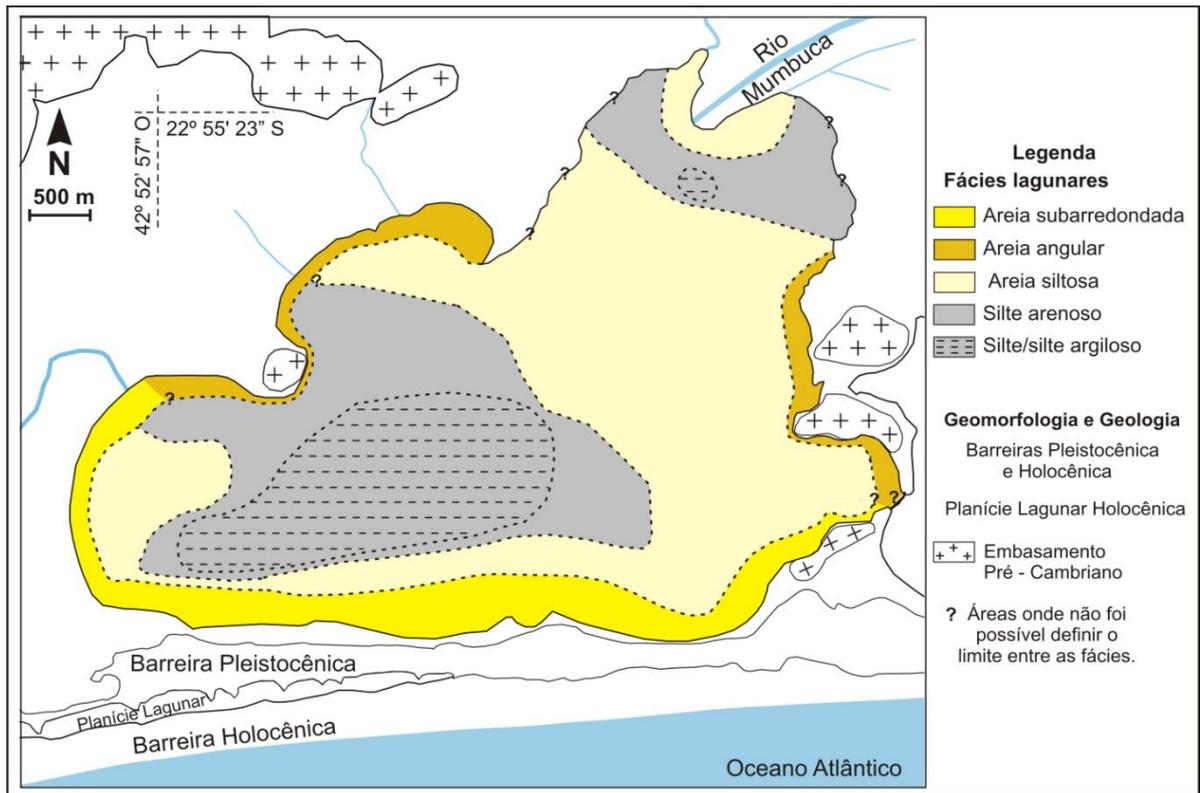


Figura 61 – Mapa de distribuição das fácies sedimentares do fundo atual da Lagoa de Maricá.

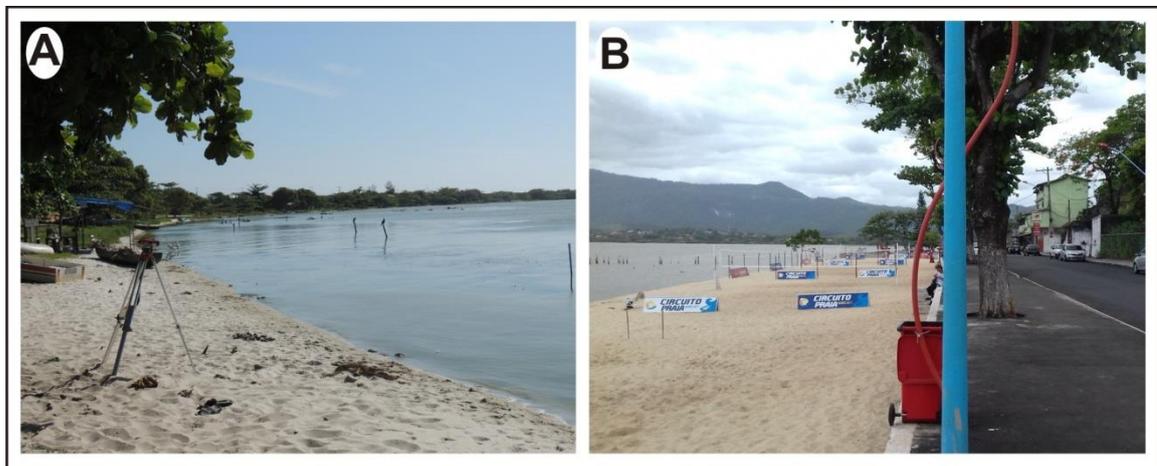


Figura 62 – Praias da margem (A) sul e (B) leste da Lagoa de Maricá. Fonte: (B) Jornal O Maricá, 2018.

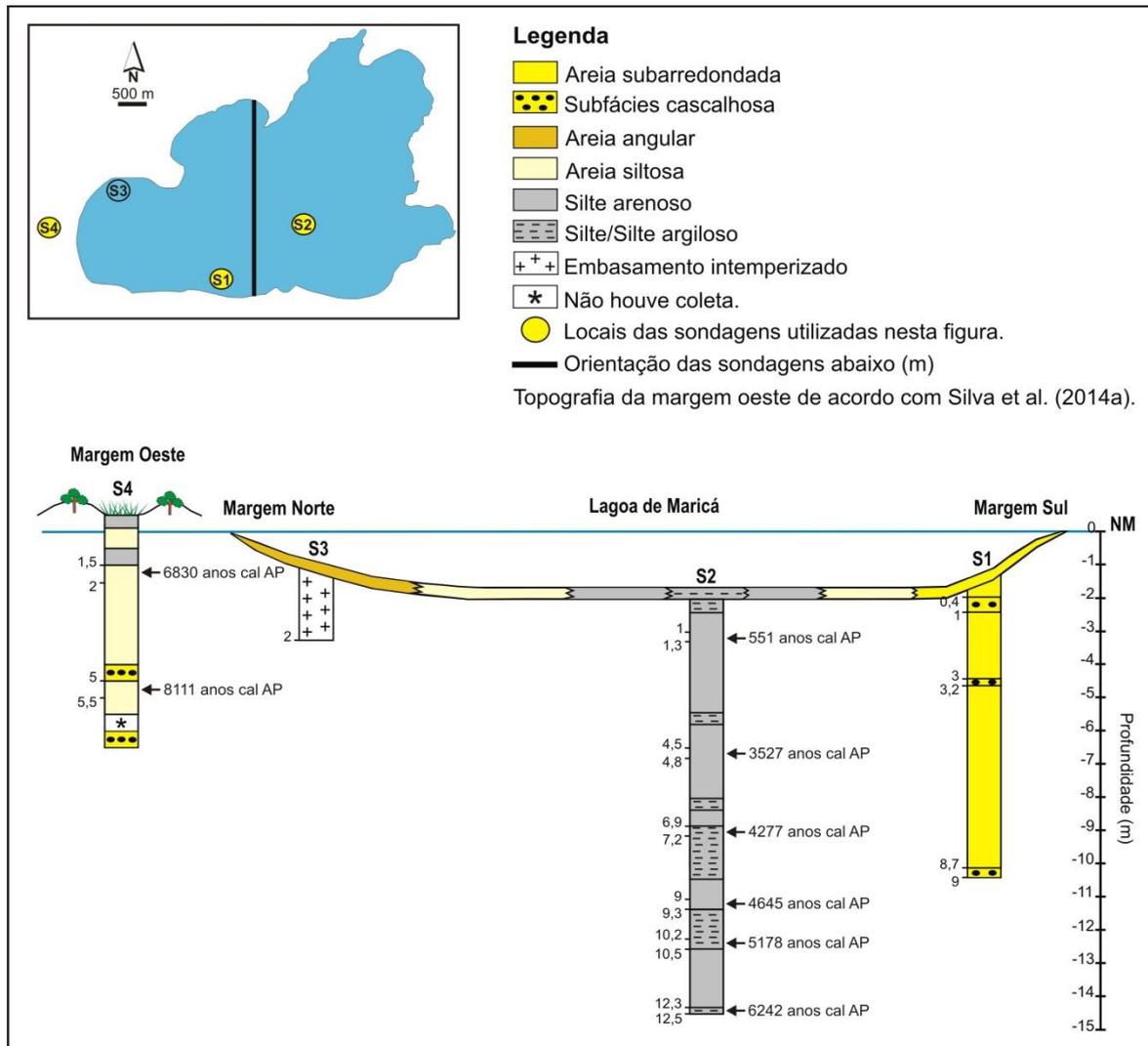


Figura 63 – Fácies identificadas em subsuperfície na Lagoa de Maricá e na margem oeste.

A fácies areia angular (Tabela 8 e Figura 61) é encontrada nas margens leste (Figuras 30D e 62B) e norte (Figura 30E) formando praias lagunares internas (Figura 62 B). Ela se caracteriza por uma granulometria heterogênea, mas com maior concentração de areia quartzosa grossa e média, com grãos predominantemente angulares e de brilho vítreo (ver apêndice I). Esse material se apresenta com menor retrabalhamento dos seus grãos e foi provavelmente transportado e retrabalhado em meio aquoso e depositados na Lagoa de Maricá pela descarga fluvial. Esses sedimentos que vem do continente estão diretamente relacionados ao intemperismo e erosão das falésias (Figura 32C), dos afloramentos de rocha que existem no entorno da Lagoa de Maricá e da geologia regional. Características sedimentares

semelhantes às encontradas nesse estudo para as margens sul e norte também foram identificadas por Perrin (1984).

A fácies areia siltosa recobre grande parte do fundo lagunar atual (Tabela 8, Figuras 30F e 61) (porção centro-leste, desembocadura do Rio Mumbuca e próxima às margens sul e oeste) e também predominou em subsuperfície (margem oeste entre 6 metros e 0,5 metro de profundidade – Figura 63). Sendo que, o material encontrado ao norte da porção centro-leste, no extremo oeste e próximo ao Rio Mumbuca possui sedimentos heterogêneos, com o predomínio de areia quartzosa fina e muito fina, com grãos subangulares e de brilho vítreo. A fácies areia siltosa apresentou características um pouco diferentes em direção ao sul da porção centro-leste e próxima a margem sul (Tabela 8 e Figura 61); a areia quartzosa variou entre grossa e média, com conchas e fragmentos de conchas e grãos subarredondados e foscos. Essas características apontam para um sedimento mais maturo do que a identificada próxima às margens norte e oeste. A presença dessa fácies próxima às margens da Lagoa de Maricá mostra que os sedimentos arenosos da margem submersa vão sendo gradativamente misturados com o silte trazido pela carga de suspensão dos rios e que se deposita em momentos mais calmos (Figura 61). As ondas observadas em trabalho de campo na Lagoa de Maricá são suficientemente capazes de remobilizar e retrabalhar os sedimentos arenosos das margens (Figura 32) e os lamosos do fundo lagunar, promovendo a mistura dos mesmos nessas áreas. Em subsuperfície a fácies areia siltosa (Tabela 8 e Figura 63) deve ter se formado do mesmo modo.

As conchas de moluscos (*H. australis*, *A. brasiliiana* e *C. atratum* - Figura 57 - ver apêndice IX) indicaram um ambiente estuarino (entre 5,5 e 1,5 metros de profundidade) entre 8111 anos cal AP e 6830 anos cal AP (Tabela 7). As espículas de esponja dulcícola (*Anheteromeyenia* sp. – Figuras 58 e 59 - ver apêndice X) apareceram nesse intervalo de tempo (entre 7 e 4,5 metros e entre 2,5 metros e a superfície) e apontam para a influência da água doce. A existência de moluscos estuarinos (Figura 57 - ver apêndice IX) e a ausência de espículas (entre 4,5 e 2,5 metros) apontam para a continuidade do ambiente lagunar, provavelmente mais salino. Sendo assim, a fácies areia siltosa predominante em subsuperfície na margem oeste da Lagoa de Maricá parece ter sido formada pela associação de processos fluviais e lagunares.

A fácies silte arenoso (Tabela 8 e Figuras 30G) se encontra na porção central da lagoa, estendendo-se para noroeste e sudeste e também na parte submersa do delta do Rio Mumbuca (Figura 61). Essa fácies também teve muita representatividade até cerca de 12 metros abaixo da área central (Figura 63 - S2) desta laguna e apareceu discretamente acima de 1,5 metros na margem oeste (S4). O material que compõe a sedimentação atual é composto, principalmente, por silte muito grosso, areia muito fina e argila (Figura 29), com cor cinzenta escura e em média 13% de matéria orgânica (Figura 33 – ver apêndice I). Em subsuperfície essa fácies é constituída predominantemente por silte muito grosso e grosso (Figura 40), com a cor cinzenta muito escura; possui areia muito fina, com grãos subangulares e vítreos e a mesma concentração de matéria orgânica identificada em superfície (Figura 42 – ver apêndice IV). Os locais onde predominam a fácies silte arenoso podem representar o limite da atuação das ondas e correntes no transporte e retrabalhamento de sedimentos arenosos vindo dos rios (especialmente do Rio Mumbuca) em fase de inundação, ou seja, momentos de maior energia; seguido de momentos de calmaria que permitiram a deposição de sedimentos lamosos provenientes da descarga fluvial. Na dinâmica atual da Lagoa de Maricá os ventos geram ondas (Figura 32) capazes de remobilizar sedimentos arenosos para áreas onde geralmente se depositam lama, assim como deve ter acontecido ao longo do Holoceno.

Entre à fácies silte arenoso foi identificada a fácies silte/silte argiloso (Figura 61), que foi a faciologia mais fina identificada na Lagoa de Maricá, tanto na área centro-oeste do fundo lagunar atual, quanto na sedimentação pretérita (Figura 63 - S2). Na sedimentação atual essa fácies é representada basicamente por silte muito grosso e argila (Figura 29 – ver apêndice I), com cor cinzenta muito escura e, em média, 12% de matéria orgânica. Em subsuperfície, essa fácies está localizada entre a fácies silte arenoso ao longo de 12 metros de profundidade, com destaque para as profundidades entre cerca de 10 metros e 6 metros (Figura 40 - ver apêndice IV), sendo composta basicamente por silte grosso, muito grosso e argila, com cerca de 13% de matéria orgânica. Assim como a fácies silte arenoso, essa também tem seus sedimentos finos oriundos da descarga fluvial, que se depositaram por decantação nas áreas e/ou em momentos de menor hidrodinâmica (Figuras 3B e C, 31A e 63). A areia muito fina em subsuperfície possui grãos subangulares e vítreos, que também apontam para a origem continental desses sedimentos. A principal fonte fluvial para

essa laguna é o Rio Mumbuca (Figura 32A), tanto para a sedimentação atual quanto para a holocênica. Os sedimentos trazidos por esse rio foram responsáveis pela construção de um delta (Figuras 26, 27 e 28) que se estende desde a sua foz até a área central desta laguna e aumentou significativamente desde a década de 1950 (OLIVEIRA et al., 1955 - Figura 28).

As fácies silte arenoso e silte/silte argiloso foram encontradas na sedimentação recente (Figuras 29 e 61) e pretérita (Figura 63), o que indica que as condições de baixa hidrodinâmica (ambiente mais restrito) e maior profundidade atual dessa área, também predominaram no ambiente sedimentar pretérito. Durante os últimos 6242 anos cal AP a descarga fluvial forneceu uma grande quantidade de sedimentos que permitiu a acumulação de cerca de 12 metros de lama na área central (Figura 63) e a cobertura de uma porção significativa do fundo lagunar atual (Figura 61). A areia subangular vítrea que compõe o material coletado em subsuperfície também aponta para a origem continental desses sedimentos. Nas profundidades onde a fácies silte arenoso possui altos valores do total de areia (entre 22% e 36% - ver apêndice IV) podem apontar momentos de maior energia (cheias/inundações), intercalados por momentos de calma evidenciados pelas fácies silte/silte argiloso (Figura 63). A baixa hidrodinâmica local também deve ter favorecido a concentração da matéria orgânica nessa área, semelhante ao que ocorre na Lagoa Rodrigo de Freitas (BAPTISTA NETO et al., 2011).

Nessas fácies, predominantemente lamosas, foram identificadas conchas de moluscos (*H. australis* e *P. pectinatus*) (Figura 43 - ver apêndice V), que indicam a presença de um ambiente estuarino entre 6242 anos cal AP e 5178 anos cal AP. A influência marinha deve ter ocorrido através de canais de maré e processo de sobrelavagem (SILVESTRE et al., 2015), num momento em que o nível do mar estava alto (MARTIN et al., 1987 apud MARTIN et al., 2003; ANGULO e LESSA, 1997) (Figura 11). A área a leste da APA de Maricá, atualmente conhecida como Lagoa da Barra, nessa fase de nível do mar alto, devia ser um amplo canal que permitia a livre entrada de água do mar no corpo lagunar. As espécies de moluscos (*H. australis*, *A. brasiliensis*, *P. pectinatus* e *T. plebeius*) (Figura 43) e as espículas de esponjas dulcícolas (*Ephydatia* sp. e *Radiospongilla inesi*) (Figura 44) e marinhas (diaenes e tilóstilos) (Figura 44 - ver apêndice VI), encontradas a cerca de 5178 anos cal AP e 4277 anos cal AP, indicam um ambiente estuarino com momentos de maior descarga fluvial, provavelmente devido ao aumento da pluviosidade. As

conchas de moluscos (*H. australis*, *A. brasiliana*, *P. pectinatus*, *T. plebeius* e *L. pectinata* - Figura 43) e as espículas marinhas (diaenes e tilóstilos - Figura 44) indicam um ambiente estuarino com maior interação com a dinâmica costeira após 4277 anos cal AP até o atual. As espécies de foraminíferos identificados por Bruno (2013) também apontam para um ambiente restrito com influência de águas marinhas entre 2740-2460 cal anos AP.

De modo geral, as fácies sedimentares identificadas em superfície também foram encontradas em subsuperfície, mostrando que não ocorreram mudanças ambientais significativas ao longo do intervalo de tempo estudado.

### **3.2.4 – Dados adquiridos com o georadar**

Foram realizados 8 perfis com o georadar dentro da Lagoa de Maricá (Figuras 64 e 65), com orientação perpendicular, paralela e transversal à margem sul da laguna. Destes perfis, 6 foram adquiridos com uma antena blindada de 200 MHz (Figuras 18B e 64) e outros 2 com uma antena blindada de 400 MHz (Figuras 18B e 64), objetivando o mapeamento da estratigrafia lagunar. A antena de 400 MHz obteve radargramas com maior qualidade, permitindo visualizar os estratos de maneira mais contínua.

O perfil 1 (Figura 64) e um trecho do perfil 8 (Figura 65 – destacado em amarelo) foram escolhidos para caracterizar os dados de georadar e a disposição dos estratos em subsuperfície. Os dados mostram que nos perfis realizados com a antena de 200 MHz (Figura 64), entre cerca de 5 e 3 metros de profundidade, há uma ausência total de refletores (*reflection free*); já nos perfis obtidos com a antena de 400 MHz (Figura 65) a ausência de refletores ocorreu em torno de 5 e 3,5 metros de profundidade. Neste caso, a perda de sinal pode ter sido causada pela presença de gases no preenchimento sedimentar desta bacia, pela interferência da salinidade (apesar de baixa), pela predominância de sedimentos lamosos e elevadas concentrações de matéria orgânica.

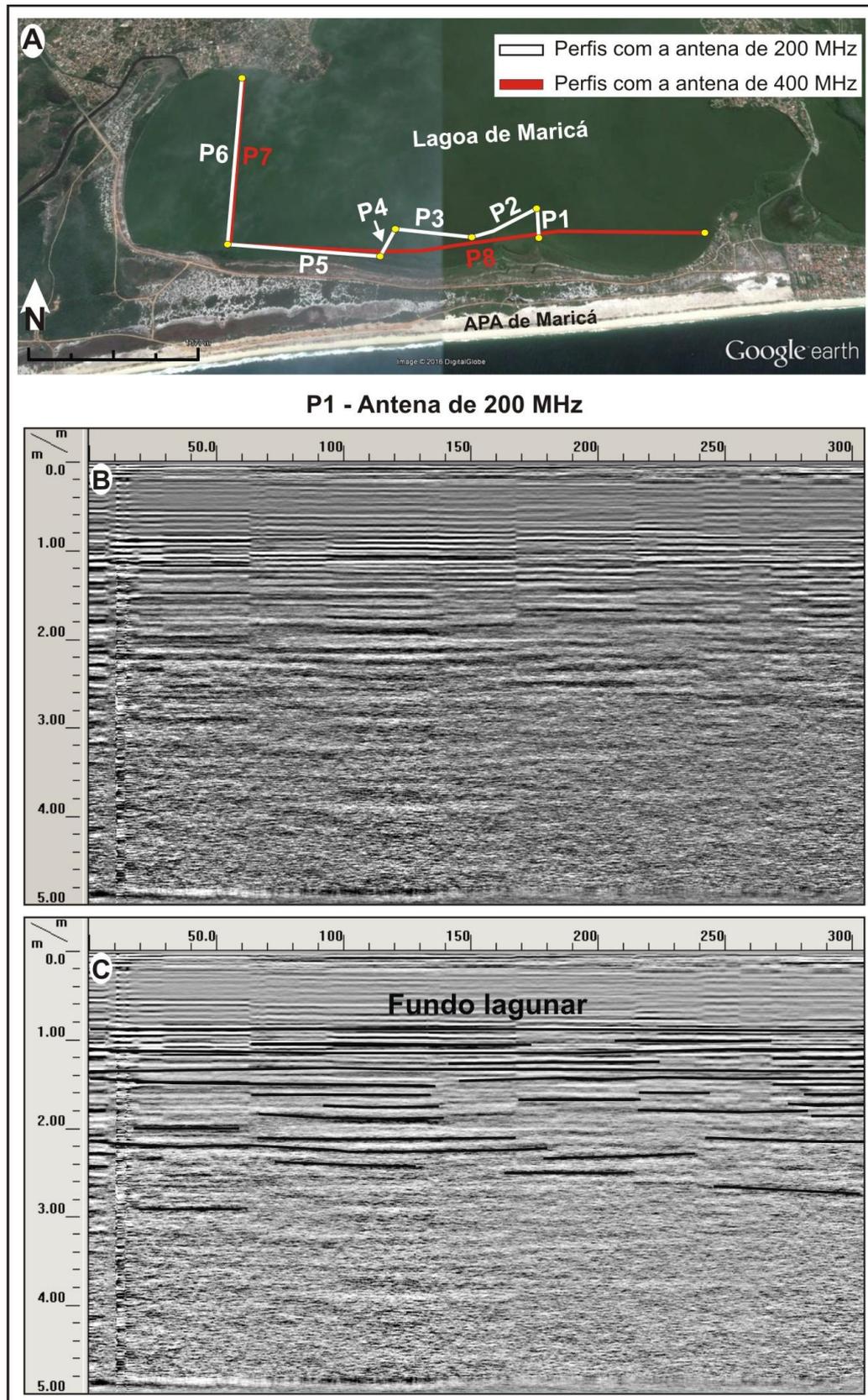


Figura 64 – (A) Localização dos perfis de georadar. (B) Radargrama adquirido com a antena de 200 MHz e (C) interpretação do mesmo.

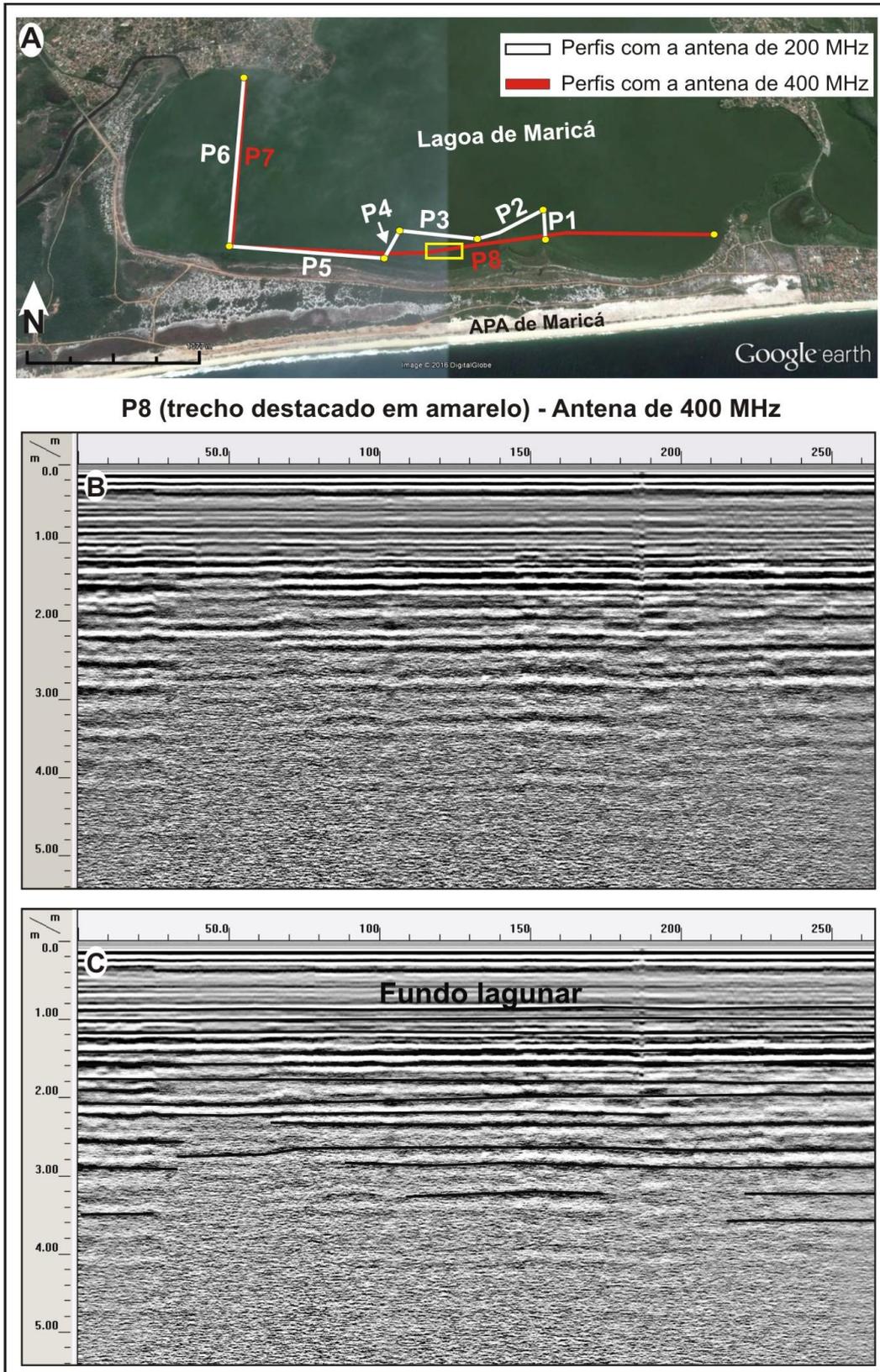


Figura 65 – (A) Localização dos perfis de georadar e do trecho apresentado nessa figura (retângulo amarelo). (B) Radargrama adquirido com a antena de 400 MHz e (C) interpretação do mesmo.

Todos os radargramas permitiram observar o predomínio de refletores plano-paralelos horizontais (Figuras 64C e 65C), característicos da estratigrafia tipicamente lagunar devido o predomínio de condições de baixa hidrodinâmica. Estratos plano-paralelos também foram identificados na planície costeira de Maricá, abaixo da planície lagunar holocênica (Unidade V), e foram associados a lagunas pretéritas (SILVA, 2011; SILVA et al., 2014c; SILVESTRE, 2013; SILVESTRE et al., 2015). A estratigrafia das barreiras nesse mesmo litoral é complexa, marcada por refletores inclinados para o continente (retrogradação), para o oceano (progradação) e em direção a leste e oeste (migração lateral) (SILVA, 2011; SILVA et al., 2014c; SILVESTRE, 2013; SILVESTRE et al., 2015).

Os radargramas, em geral, alcançaram cerca de 5 metros de profundidade e têm baixa resolução (Figuras 64 e 65), devido à presença de lama com teores elevados de matéria orgânica, que pode favorecer a produção de gases, ambos os materiais contribuem para a atenuação do sinal. Na Lagoa Rodrigo de Freitas foi identificado uma área de intensa turbidez acústica gerada pela produção de gás através da matéria orgânica dos sedimentos (BAPTISTA NETO et al., 2011). Além disso, a presença significativa dos argilominerais (Tabelas 4 e 5) e a alta condutividade faz com que a perda de sinal seja maior em sedimentos lamosos (MELLETT, 1995). Os sedimentos lamosos identificados nos radargramas abaixo da Barreira Pleistocênica (SILVA, 2011; SILVA et al., 2014c) e Holocênica (SILVESTRE, 2013; SILVESTRE et al., 2015) na planície costeira de Maricá também apresentaram características semelhantes. Outro fator é a baixa pluviosidade ocorrida no ano de 2015 que, provavelmente, gerou o aumento da salinidade da Lagoa de Maricá, o que também contribui para a atenuação do sinal eletromagnético (NEAL, 2004).

### 3.3 – Evolução geológica da Lagoa de Maricá

Em torno de  $8110 \pm 30$  anos AP, com o nível do mar abaixo do atual, porém transgressivo, existia uma terceira barreira mais ao sul desse litoral que proporcionou a formação do arenito de praia de Itaipuaçu (Figura 6J) (SILVA et al., 2014c), que está localizado a cerca de 100 metros da linha de costa atual e entre 5 e 7 metros de profundidade (MUEHE, 1984 apud SILVA et al., 2014c). Na retaguarda dessa barreira, em função da subida do nível do mar, se formou uma pequena laguna alongada e aprisionada entre as Barreiras Pleistocênica e Holocênica (Figuras 1D e 4C). Sedimentos lamosos dessa laguna em Itaipuaçu foram datados em 6040-5900 anos AP (PEREIRA et al., 2003). Na planície costeira de Jacarepaguá também foram datados sedimentos lagunares com idades semelhantes a essas, entre  $5740 \pm 150$  anos AP e  $5200 \pm 150$  anos AP (MAIA et al., 1984). No litoral de Jaconé (a leste do Sistema lagunar de Maricá), arenitos de praia também apontam para o início da transgressão holocênica entre 8198 e 7827 anos cal AP (MANSUR et al., 2011). Essas idades são compatíveis com os primeiros registros da transgressão holocênica na planície nordeste da Baía de Guanabara, onde o contato entre sedimentos arenosos e lamosos foi datado em torno de 8149 anos AP (ABUCHACRA, 2015). Enquanto o arenito de praia se formava no litoral de Maricá a fácies areia siltosa na região marginal oeste (S4) da lagoa se depositava, por volta de 8111 anos cal AP.

A Lagoa de Maricá possivelmente era uma laguna ou um embaiamento entre 8111 e 4645 anos cal AP (Figura 66A) de acordo com a associação entre conchas de moluscos (*Heleobia australis*, *Anomalocardia brasiliana*, *Phacoides pectinatus* e *Cerithium atratum* – Figuras 41, 57 e 67) que vivem em ambientes rasos e que, de modo geral, suportam variação na salinidade; e espículas de esponjas dulcícolas (*Ephydatia sp.*, *Radiospongilla inesi* e *Anheteromeyenia sp.* – Figuras 44, 58 e 67) e marinhas (diaenes e tilóstilos – Figuras 44 e 67) (área da S2) (Figura 66B), mesmo que de forma discreta. As espículas da esponja *Anheteromeyenia sp.* apontam para um ambiente lagunar com predomínio de água doce até cerca de 8111 anos cal AP, em uma fase em que o nível do mar transgressivo estava abaixo do atual (Figuras 66A e 67). As esponjas de água doce podem ter se desenvolvido em rios e córregos, mas também nas margens da laguna que eram periodicamente alagadas e com muitos brejos, onde se desenvolviam a fauna e a flora de ambiente dulcícola (OLIVEIRA et al., 1955). Em seguida, a ausência de espículas indicadoras de

ambiente (gemosclera) e a existência de poucas megascleras (entre 4,5 e 2,5 metros) sugerem um momento de maior descarga fluvial (Figura 66C) que pode ter causado a deterioração das espículas de esponjas e impedido sua deposição devido à turbulência (área da S4 – Figura 66A). Essa evidência aponta para um clima mais úmido para esse intervalo, assim como identificado por Santos (2018) entre 8500 e 6500 anos cal AP no litoral de Itaipuaçu. Como resultado de uma provável diminuição da descarga fluvial, as espículas de esponja dulcícola voltaram a ser encontradas (área da S4) (Figura 67). O predomínio das fácies silte arenoso e silte/silte argiloso (área da S2 – Figura 66C) reforça a importância dos rios na sedimentação lagunar e indica que na área central predominou condições de baixa hidrodinâmica.

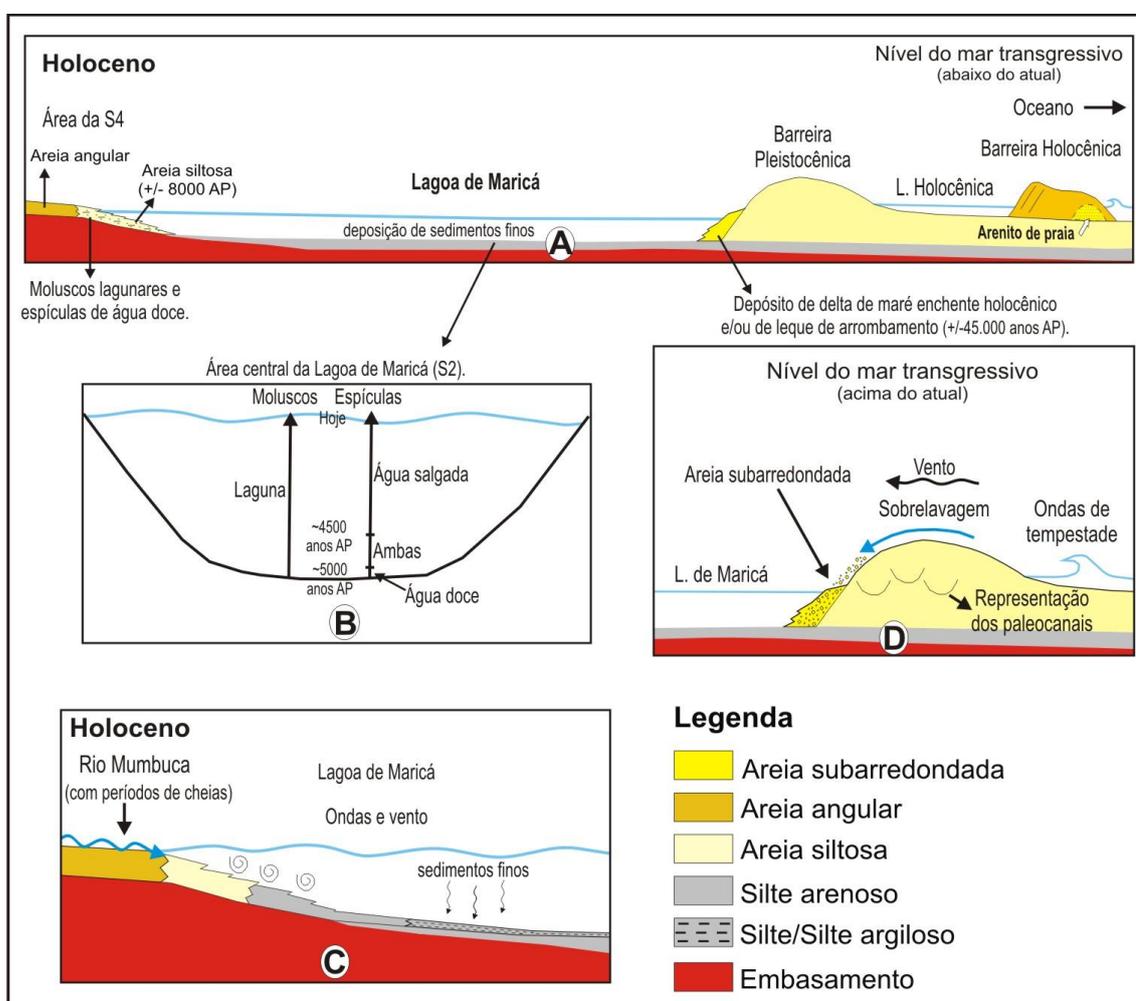


Figura 66 – Processos que atuaram na evolução da Lagoa de Maricá.

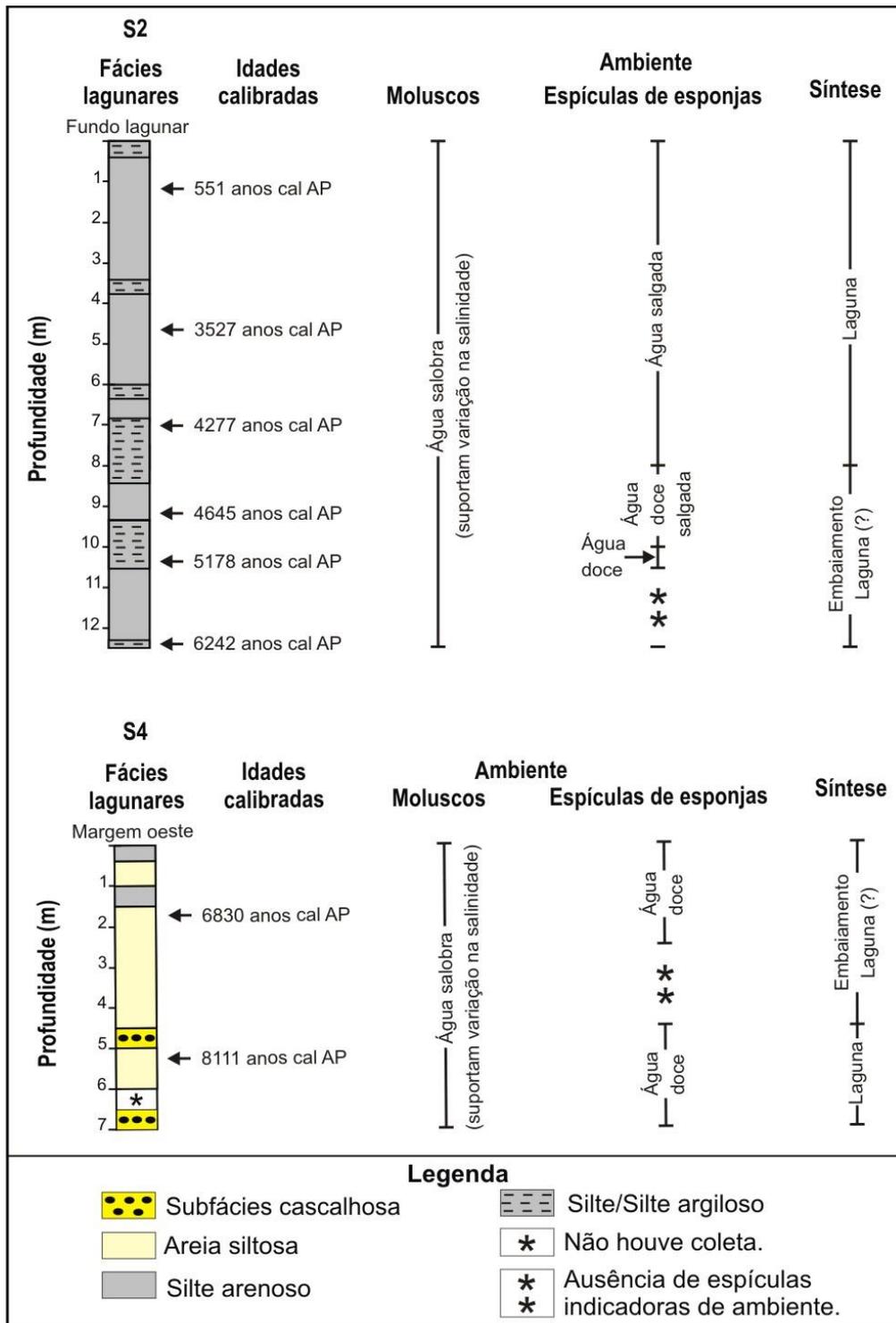


Figura 67 – Esquema que associa os organismos e os ambientes que os mesmos indicam.

Outra possibilidade para o desaparecimento das espécies de esponjas dulcícolas é o aumento da salinidade e talvez da hidrodinâmica, em uma fase em

que o nível do mar estava subindo ou acima do atual. Esses fatores podem ter influenciado no desenvolvimento, fragmentação e deposição dessas espículas na margem mais interna da laguna (área da S4); enquanto que as espécies de conchas mais resistentes às variações ambientais registraram um aumento. Um ambiente mais salino e talvez com maior hidrodinâmica também pode ser responsável pela ausência de espículas de esponjas de água doce e pela deterioração das espículas de esponjas marinhas (entre 12,5 e 10,5 metros - encontradas apenas megascleras fragmentadas) na área central (Figuras 66B e 67). O molusco *Phacoides pectinatus*, identificado nessa mesma área, também apontou para um ambiente raso e com alta salinidade; acima de 10 metros foi encontrado apenas em profundidades onde às espículas indicaram ambiente com água salgada. Estudos realizados por Ireland (1987 e 1988) apontam para o aumento da influência marinha no Sistema Lagunar de Maricá, possivelmente, a cerca de 7.200 anos AP. Nesse momento a Lagoa do Padre, que compõe o atual Sistema Lagunar de Maricá, tornou-se um corpo d'água oligohalino (salobra) devido à transgressão holocênica; porém, a existência de uma barreira limitava a atuação dos processos costeiros (IRELAND, 1987 e 1988). Posteriormente, a Lagoa do Padre teria se transformado numa baía e permaneceu assim por milhares de anos (IRELAND, 1987 e 1988), provavelmente, até em torno de 5600 anos cal AP (MARTIN et al., 1987 apud MARTIN et al., 2003) ou 5000 anos  $^{14}\text{C}$  AP (ANGULO e LESSA, 1997). Nessa fase, o nível do mar no litoral brasileiro pode ter chegado a  $4,7\pm 0,5$  metros (MARTIN et al., 1987 apud MARTIN et al., 2003) ou 3 metros (ANGULO e LESSA, 1997) acima do atual (Figura 11), com o máximo da transgressão holocênica. Conseqüentemente, o Sistema Lagunar de Maricá deve ter atingido o máximo de sua expansão, sendo mais aberto principalmente a leste da Lagoa de Maricá (atual Lagoa da Barra) e com maior interação com o ambiente marinho (Figura 66D). Em seguida, a condição oligohalina voltou a predominar na Lagoa do Padre (IRELAND, 1987 e 1988) e indica o retorno de um ambiente mais abrigado.

A interação com o ambiente marinho durante a evolução da Lagoa de Maricá se deu, provavelmente, através da transposição de ondas formando leques de arrombamento e pela abertura esporádica de canais de maré. Os depósitos de leques de arrombamento podem ter formado algumas das protuberâncias existentes na margem sul desta laguna (Figura 68A e C) durante a fase de retrogradação da Barreira Pleistocênica (SILVA et al., 2014c) (Figura 66D). Essas feições também

foram identificadas ao longo do Holoceno (Figura 69) (SILVESTRE, 2013; SILVESTRE et al., 2015) e são observadas atualmente no litoral de Maricá (Figura 68B) (SILVA et al., 2008b), mas estão sobre a Barreira Holocênica e não atingem a Lagoa de Maricá, exceto quando ocorrem na área da Lagoa da Barra onde a barreira é muito estreita.



Figura 68 – Feições que apontam para a existência de leques de arrombamento no litoral de Maricá. Fotos: Guichard, D. (2009).

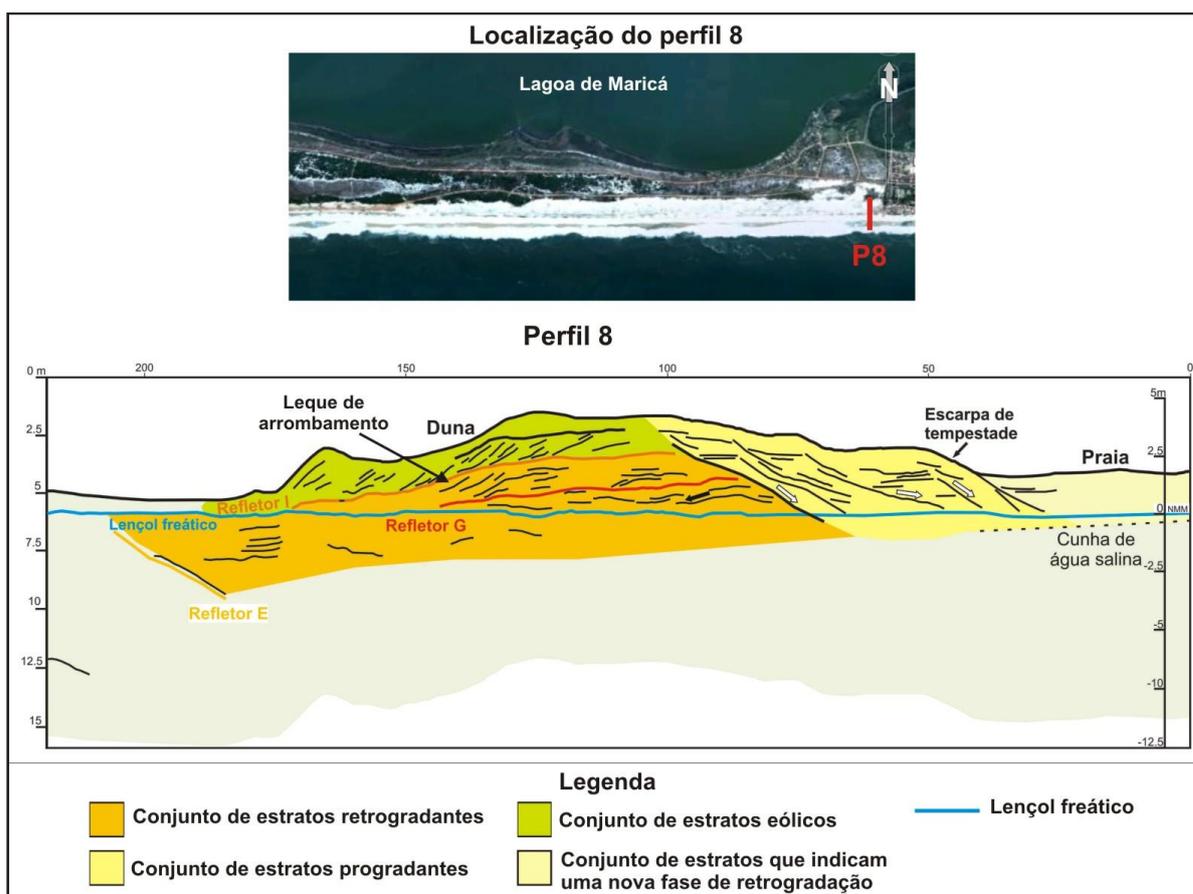


Figura 69 – Estrutura interna da Barreira Holocênica na APA de Maricá mostrando o depósito de leque de arrombamento. Georadar do Perfil 8 modificado de SILVESTRE, 2013.

As protuberâncias existentes na margem sul (Figura 70A e B) da Lagoa de Maricá também podem ser feições de deltas de maré enchente, formadas através de canais de maré holocênicos (Figura 66D). Alguns paleocanais de maré foram identificados no interior da Barreira Holocênica (Figura 71) através de imagens de georadar. Os mesmos se formaram durante a fase de nível do mar acima do atual e permitiram a conexão da Lagoa Holocênica com o oceano (Figura 66D) (PEREIRA, 2009; SILVESTRE, 2013; SILVESTRE et al., 2015). Alguns desses paleocanais parecem que chegaram apenas até a Lagoa Holocênica. Entretanto, o alinhamento entre os paleocanais A e B (Figuras 70A e 71) e as protuberâncias citadas anteriormente (Figura 70A e B) mostram que essas feições podem ser deltas de maré enchente formados no Holoceno (Figura 66D). Outra evidência que aponta para essa possibilidade é a geomorfologia atual da Barreira Pleistocênica, que aparece seccionada por uma depressão topográfica longa e estreita (Figura 71A e

B), preenchida por sedimentos, que desaparecem em direção a Barreira Holocênica (SILVA et al., 2014b); além dos meandros que são observados na borda da lagoa (Figura 70A e B). Essas feições sugerem a existência de um canal entre o oceano e a Lagoa de Maricá (Figura 70). Sendo que, o canal identificado por Silva et al. (2014b) e os meandros na margem da lagoa (Figura 70) também podem ter se formado através de um extravasamento da antiga Lagoa Holocênica em direção a Lagoa de Maricá. Atualmente não há conexão direta entre a Lagoa de Maricá e o oceano; porém, a influência marinha pode ocorrer através do canal que é constantemente aberto (geralmente de forma artificial) na Lagoa da Barra (Figura 72).



Figura 70 – (A) Localização dos perfis de GPR, dos paleocanais holocênicos e feições associadas. (B) Barreira pleistocênica interrompida por um canal preenchido. (B) Depressão topográfica indicativa de um canal de maré (SILVA, 2008; SILVA et al., 2014b). Fotos: (A) Google Earth, 2018; (B) Guichard, D. (2009); (C) Silva, A. (2008). Modificada de Silva et al., (2014b).

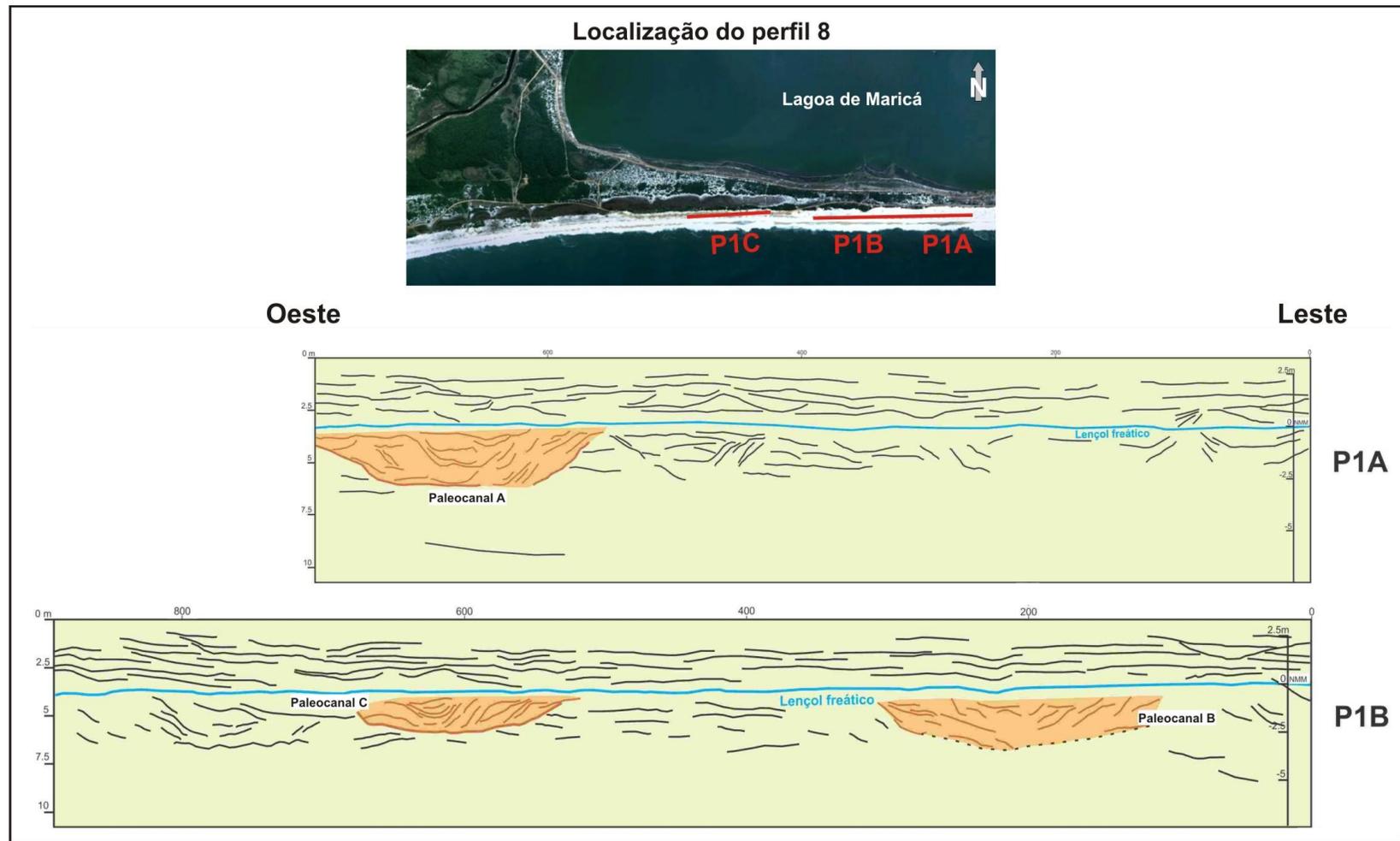


Figura 71 – Paleocanais identificados na estrutura interna da Barreira Holocênica na APA de Maricá, através de imagens de georadar (400 MHz). Modificada de Silvestre (2013).



Figura 72 – (A) Local onde ocorre a abertura de canal na planície costeira de Maricá. (B) Canal da Barra aberto e (C) fechado. Fotos: (A) Guichard, D. (2009); (B) <http://maricainfo.com> (2010); (C) Clarildo Menezes (2013).

Com base em mapeamento de fotografias aéreas de antigas margens lagunares, hoje afastadas do espelho d'água, Coe Neto et al. (1986) identificou uma fase de maiores dimensões para a Lagoa de Maricá. Em algumas áreas, em especial no lado oeste e na margem sul, a superfície apresenta depósitos de areias na forma de cordões (Figura 73). Esses cordões lagunares foram descritos por esses autores como pequenas elevações de apenas 0,5 metros de altura, constituídos por areias médias bem selecionadas e formados pela ação do vento de leste, que é frequente na região. As observações de campo realizadas para este trabalho corroboram a existência dessas cristas de areias que são separadas entre si por áreas baixas e alagadiças (Figura 74). Davis e Fitzgerald (2004) denominaram tais feições de cristas de praia. A fácies areia siltosa, identificada aqui nesse trabalho, indica deposição subaquosa para os sedimentos observados na área onde foi realizada a S4 (lado oeste). Atualmente esse local se encontra afastado do corpo

d'água lagunar, em área emersa assoreada e coberta por vegetação (Figura 15F e 74); constituindo-se em mais uma evidência que aponta para uma fase lagunar de maiores dimensões, corroborando a proposta de Coe Neto et al. (1986). As idades desses cordões não são conhecidas, porém com base no que é amplamente conhecido a respeito das variações do nível do mar e com as datações realizadas nos sedimentos da S4, sugere-se que alguns desses cordões são holocênicos e foram formados provavelmente durante a fase de inundação máxima da laguna (nível do mar alto).

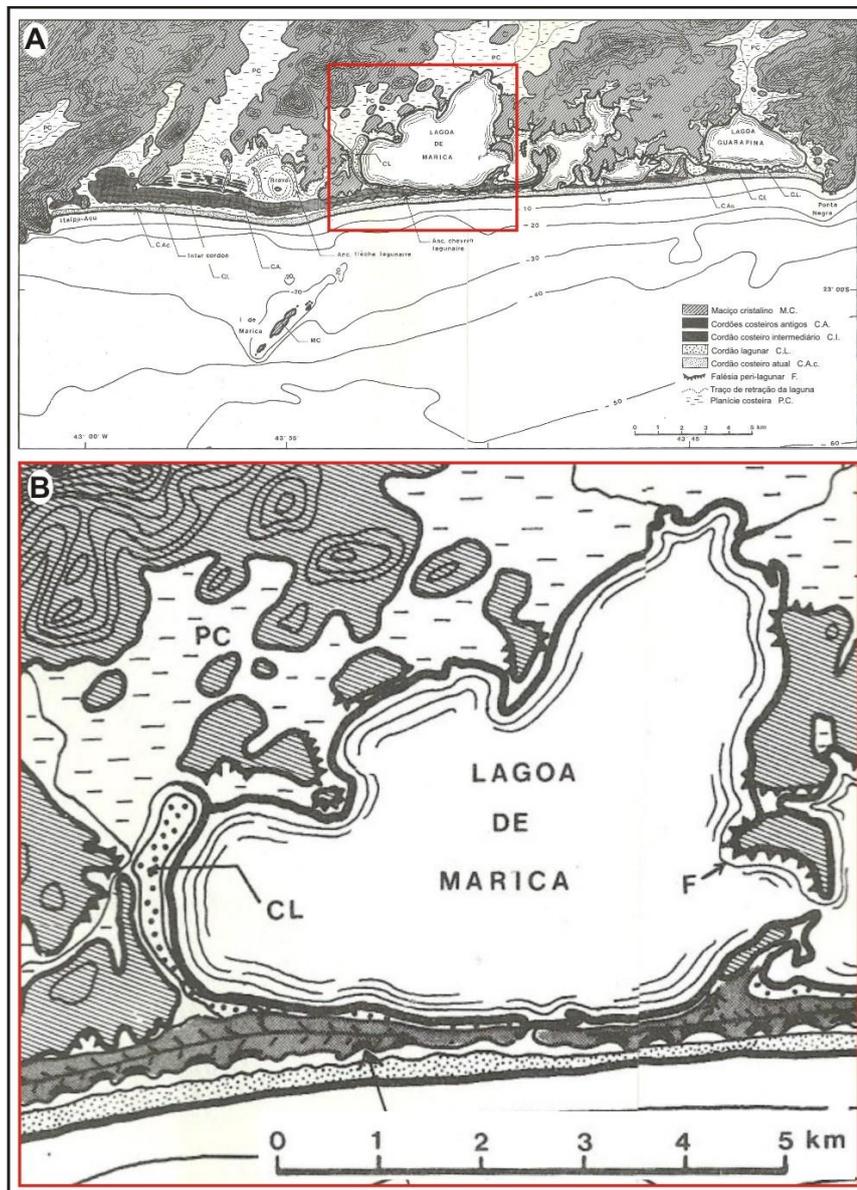


Figura 73 – Antigas margens da Lagoa de Maricá em fotografias aéreas, apontando para maiores dimensões da Lagoa de Maricá. Modificada de Coe Neto et al. (1986).

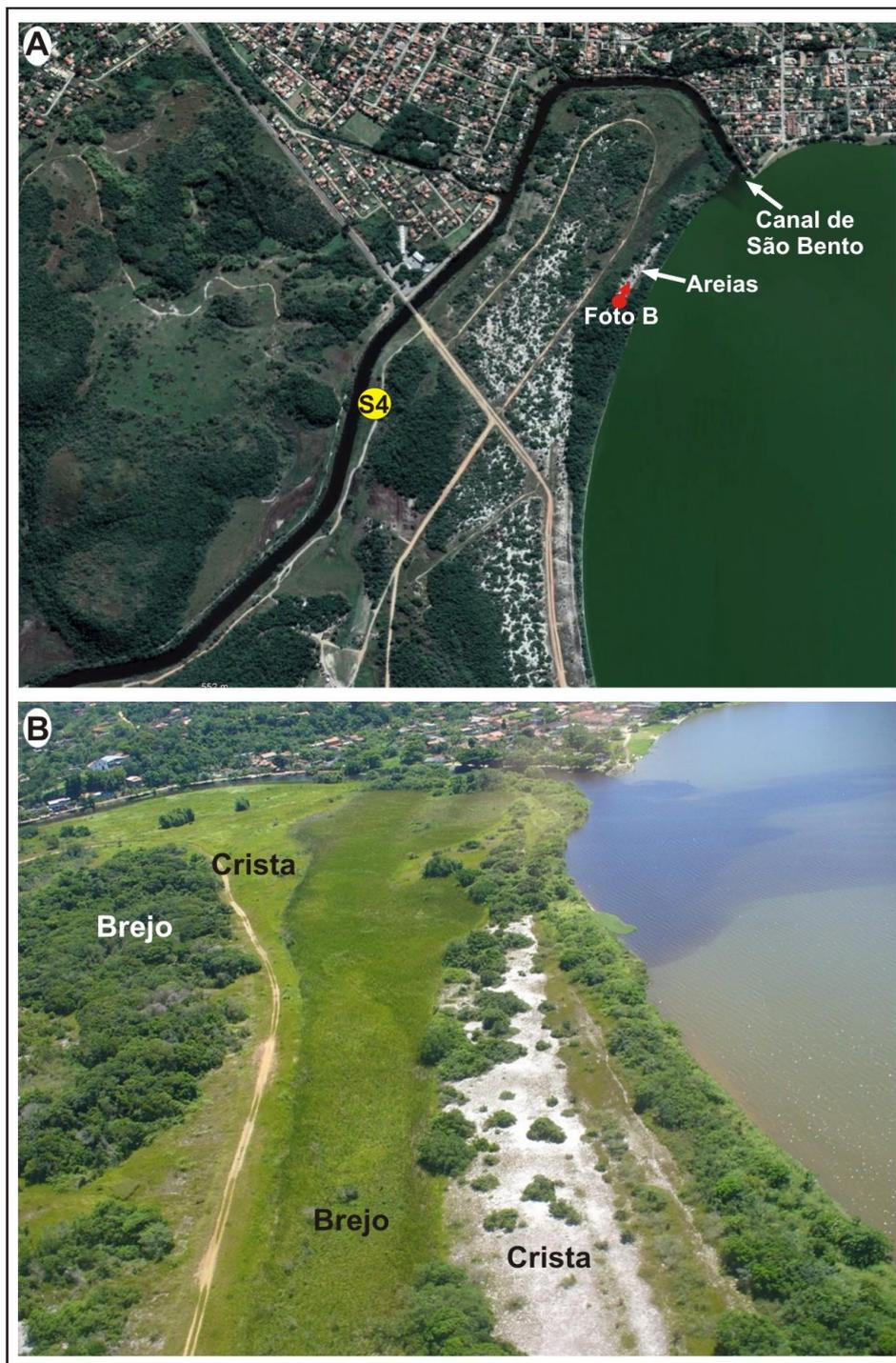


Figura 74 – Margem oeste da Lagoa de Maricá formada por cristas e brejos. Fotos (A) Google Earth, 2018; (B) Guichard, D. (2009).

Entre 5178 anos cal AP e pouco depois de 4645 anos cal AP (Figura 67) foram novamente encontradas espículas de esponja de água doce, com concomitante presença de espículas de esponjas de água salgada (área da S2), evidenciando a interação entre a descarga fluvial e o nível do mar acima do atual,

mas tendendo a regressão. Provavelmente, esse sistema lagunar estava se tornando mais abrigado. Nesse período também foi encontrado 1 foraminífero calcário do gênero *Ammonia*. Esse mesmo gênero de foraminífero foi identificado através das espécies *Ammonia parkinsoniana* e *A. tépida* em sedimentos lamosos da margem sudeste da Lagoa de Maricá e são característicos de uma circulação mais restrita do tipo estuário e/ou baía (BRUNO, 2013), corroborando com os dados de espículas de esponja descritos anteriormente.

Após 4645 anos cal AP até o presente, as conchas de moluscos (*Heleobia australis*, *Anomalocardia brasiliana*, *Phacoides pectinatus*, *Tagelus plebeius* e *Lucina pectinata* – Figuras 43, 66B e 67) e as espículas de esponjas marinhas (diaenes e tilóstilos – Figuras 44, 66B e 67) (área da S2) continuaram aparecendo na Lagoa de Maricá. Nesse período de tempo os modelos propostos para a variação do nível do mar no litoral brasileiro (MARTIN et al., 1987 apud MARTIN et al., 2003; ANGULO e LESSA, 1997) apontam para uma fase de regressão marinha.

Mesmo com um cenário de rebaixamento do nível do mar, diminuição do espelho d'água lagunar, progradação da Barreira Holocênica (SILVESTRE et al., 2015 – Figura 70) e um ambiente mais confinado, os organismos indicam a permanência da interação entre essa laguna e o mar. As diferentes espécies de foraminíferos encontradas em testemunhos próximo a margem sudeste da Lagoa de Maricá, apontaram para a conexão com o oceano entre 2740 e 2460 cal anos AP, devido o predomínio de um ambiente com maior hidrodinâmica e salinidade; seguido de um momento de baixa hidrodinâmica entre 1040-970 cal anos AP e o atual (BRUNO, 2013). Nessa fase, a influência marinha deve ter ocorrido de maneira mais pontual, principalmente através do Canal da Barra (Figura 74), aberto pelo menos de forma intermitente; de leques de arrombamento na mesma região (Figura 71); e/ou através do canal apontado por Oliveira et al. (1955), que em momentos de cheia poderia conectar a planície lagunar holocênica, ocupada pelo Brejo-canal de Itaipuaçu (Figura 28), a área central da Lagoa de Maricá. Esses processos permitiram a entrada de água salgada, sedimentos e espécies marinhas no Sistema Lagunar de Maricá ao longo do Holoceno.

A taxa de acumulação da Lagoa de Maricá variou muito pouco no período de tempo estudado. Na margem oeste a taxa de acumulação foi de 0,27 cm ano (Tabela 7 e Figura 60), enquanto que na área central foi mais baixa, entre 0,15 cm ano e 0,20 cm ano (Tabela 6 e Figura 60). Essa diferença é comum entre as

margens e o centro de lagos/lagoas/lagunas e está relacionada com o predomínio de sedimentos mais grossos nas fácies marginais e sedimentos mais finos nas fácies da área central. O valor da taxa de acumulação da margem oeste está próximo do que foi identificado por Fernex et al., (1992) próximo ao canal de São Bento (0,28 cm ano) e a desembocadura do Rio Mumbuca (0,35 cm ano). Já os valores encontrados na área central são mais baixos do que foi identificado por Marques Jr. et al. (1995) (0,4 cm ano) nessa mesma área, isso pode ter sido causado pelo tipo de método utilizado em cada caso, como explicado anteriormente. Outras lagunas do estado do Rio de Janeiro apresentaram valores semelhantes aos desse estudo, considerando as respectivas áreas, como: a Lagoa de Piratininga com uma taxa de acumulação de 0,13 cm ano na porção central (RESENDE e SILVA, 1995) e a Lagoa de Itaipu com 0,28 cm ano na margem lagunar (LAVENÈRE-WANDERLEY, 1999). Diferentemente do que foi observado na Lagoa Rodrigo de Freitas onde a acumulação de sedimentos foi de 0,75 cm ano na área central (LOUREIRO, 2006).

Os resultados obtidos com a caracterização sedimentar da Lagoa de Maricá (Figuras 61 e 75) refletem a hidrodinâmica predominante nessa laguna. A fácies de areia subarredondada e areia subangular (Figuras 61 e 75A) ocorrem nas margens emersas e nas áreas submersas próximas às margens, locais onde as ondas formadas pelo vento no interior da lagoa atuam com mais frequência e energia; a fácies areia siltosa (Figura 61) recobre grande parte do fundo lagunar, aponta para a área de transição entre a margem e o fundo lagunar propriamente dito e representa os locais e/ou momentos com hidrodinâmica ainda relativamente mais importante, seguidos por momentos de calmaria; as fácies silte arenoso e silte/silte argiloso (Figuras 61) na porção centro oeste apontam para o local de menor hidrodinâmica que permitiu a deposição de sedimentos mais finos (Figura 75B e C). A hidrodinâmica atual da Lagoa de Maricá é diretamente influenciada pelas ondas geradas pelos ventos (Figura 32), como apontado por Oliveira et al. (1955) e Azevedo (1984). Quando vindos do quadrante leste e nordeste são ventos menos intensos (AMARANTE et al., 2002) e formam pequenas ondulações; quando os ventos são provenientes de sudeste, sul e sudoeste, gerados pelas massas polares, tornam-se mais intensos (CPTEC – INPE, 2015) e geram ondas de até 1 m de altura dentro da Lagoa de Maricá (Figura 32). Esses ventos transportam sedimentos arenosos das barreiras em direção à laguna e, através das ondas e correntes,

remobilizam os sedimentos do fundo lagunar atual, mas não afetam diretamente o setor centro oeste da Lagoa de Maricá. A hidrodinâmica costeira pode atuar apenas indiretamente na sua sedimentação atual, através de leques de arrombamento e canal de maré que ocorrem na Lagoa da Barra.

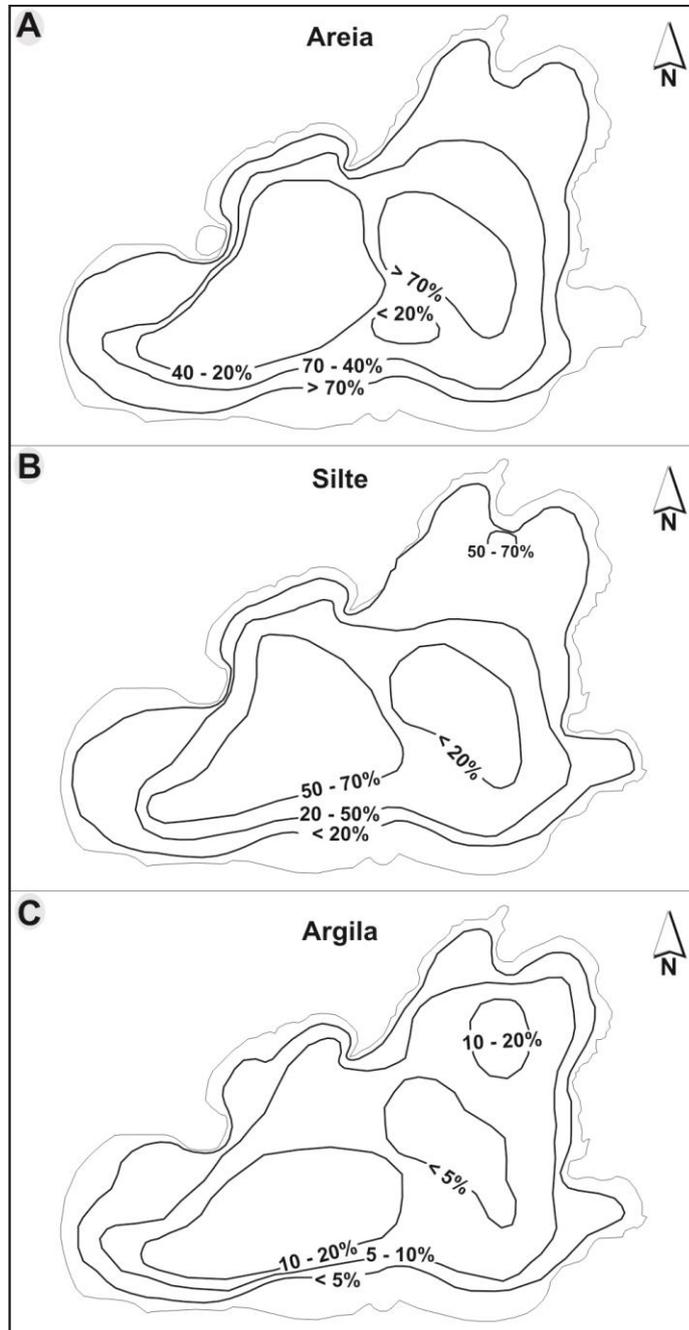


Figura 75 – Distribuição dos sedimentos no fundo atual da Lagoa de Maricá, de acordo com a concentração de areia, silte e argila.

Por outro lado, a descarga fluvial fornece grande quantidade de sedimentos mais finos para a Lagoa de Maricá. Esses sedimentos permanecem em suspensão até chegarem próximo à porção centro oeste (Figura 75 B, C, 66C e 76) desta laguna, onde predominam as condições de mais baixa hidrodinâmica e permite a deposição dos mesmos por decantação. Em épocas de cheias mais intensas do Rio Mumbuca as areias podem ser depositadas desde a desembocadura até as proximidades do setor centro oeste da Lagoa de Maricá (Figuras 61, 66C e 75).



Figura 76 – Descarga de sedimentos finos trazidos pelo Rio Mumbuca lançados na lagoa e carreados em suspensão para as áreas mais calmas. Foto: APALMA.

A descarga fluvial também trás lixo e esgoto *in natura* (Figura 3B) diretamente para a Lagoa de Maricá e acelera o processo de eutrofização (Figura 3C), além de provocar a mortandade de peixes (Figura 3D). Os valores mais altos de matéria orgânica encontrados nesse estudo estão relacionados às margens sudoeste (superiores a 20% - Figura 33) e oeste (81% - Figura 56) e a área central da Lagoa de Maricá, tanto no fundo lagunar atual (máximo de 18% - Figura 33) quanto em

subsuperfície (entre 7% e 24% - Figura 42). Os fatores que mais favorecem o acúmulo de MO nesta laguna, são: a descarga fluvial (OLIVEIRA et al., 1955 – Figuras 3B e 31A), o despejo de esgoto sem tratamento (GUERRA et al., 2011 – Figura 3B), a baixa hidrodinâmica, a presença de vegetação nas margens sul, oeste e no fundo lagunar (Figuras 3B, 3C e 31A) e a proliferação de algas (Figura 3C).

Análises químicas (fósforo e nitrogênio) e visuais da qualidade da água dos Rios Silvado-Ubatiba-Mumbuca indicam um aumento da poluição quando os mesmos cortam áreas mais urbanizadas (FERREIRA, 2017). Estudo ambiental realizado por Batista (2018) na Lagoa de Maricá encontrou as maiores concentrações de nutrientes (fosfato, nitrato, nitrito e amônia) no setor oeste e norte, junto à desembocadura do Canal de São Bento e do Rio Mumbuca, e as menores concentrações próximas à margem sul da laguna, mais afastadas dos rios e da urbanização. As altas concentrações de clorofila *a*, possivelmente, apontam para a baixa renovação da água que contribui para a maior retenção de matéria orgânica e inorgânica (BATISTA, 2018). Entretanto, estudo realizado por Bomfim et al. (2010) mostrou que para os foraminíferos a poluição (orgânica e por metais pesados) na Lagoa de Maricá ainda não atingiu níveis críticos.

De modo geral, as lagunas retêm naturalmente os sedimentos orgânicos e inorgânicos, provenientes de diversas fontes. Por isso, são ambientes de rápido preenchimento sedimentar, numa escala de tempo geológico (KJERFVE, 1994; BIRD, 1994). No caso da Lagoa de Maricá a degradação e o assoreamento podem estar sendo acelerados pelas atividades antrópicas que se desenvolvem ao seu redor, como por exemplo, a ocupação desordenada, as atividades industriais e turísticas no município (CRUZ et al., 1996; SILVA e SEABRA, 2011), associadas a falta de saneamento básico.

#### 4 – CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos neste estudo foi possível apontar para as mudanças ocorridas durante o Holoceno na Lagoa de Maricá e áreas vizinhas associadas à planície costeira de Maricá. O objetivo inicialmente almejado foi alcançado por meio da caracterização geomorfológica, sedimentar e faciológica, integrando dados geofísicos, de sondagem e datações.

A atual 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; o fundo é 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 a 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 que predominam nas margens para os lamosos que cobrem o fundo lagunar.

A 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. A acumulação de sedimento holocênico na bacia lagunar, até 5 metros de profundidade, é formada por estratos plano-paralelos horizontais regularmente distribuídos, como foram observados em imagens de georadar. Em geral, os radargramas apresentaram baixa resolução, provavelmente, devido à atenuação do sinal eletromagnético causado pela alta condutividade dos sedimentos lamosos ricos em matéria orgânica e argilominerais, além do aumento da salinidade associado à baixa pluviosidade do ano de 2015.

As características dos sedimentos (cor, granulometria, morfologia, composição e organismos) coletados no fundo lagunar atual e em subsuperfície, através de sondagem, permitiram a definição das seguintes fácies lagunares: areia subarredondada (com uma subfácies cascalhosa), areia angular, areia siltosa, silte arenoso e silte/silte argiloso. A fácies de areia subarredondada e sua subfácies cascalhosa caracterizaram áreas lagunares marginais mais próximas do mar, que receberam sedimentos mais maduros vindos das barreiras. A fácies de areia angular ocorre nas áreas lagunares marginais mais próximas ao continente, pois os

sedimentos mais imaturos são, principalmente, trazidos pela descarga fluvial que chegam à lagoa. A fácies areia siltosa apresentou características um pouco diferentes entre os trechos da Lagoa de Maricá mais próximos do continente ou da restinga, mas de modo geral, a associação entre areia e silte indicou as áreas de transição entre as fácies arenosas das margens e as de silte arenoso do fundo lagunar e sugerem uma hidrodinâmica mais baixa do que a da margem, mas ainda expressiva. As fácies silte arenoso e silte/silte argiloso que recobrem a área central e o fundo da lagoa e representam os locais de menor hidrodinâmica. Os sedimentos lamosos também apresentam a maior concentração de matéria orgânica (entre 18% e 81%), tanto nos sedimentos do fundo lagunar atual quanto nos subsuperficiais. Os fatores que favoreceram o acúmulo de MO nessa laguna foram à descarga fluvial, o despejo de esgoto sem tratamento, a baixa hidrodinâmica, a presença de vegetação nas margens sul, oeste e no fundo lagunar e a proliferação de algas.

Os sedimentos mais antigos coletados neste trabalho apresentaram a idade de 8111 anos cal AP e, portanto, permitem contar a evolução da Lagoa de Maricá em praticamente todo o Holoceno. As fácies lagunares definidas em superfície e em subsuperfície indicam os principais processos operantes nesta laguna durante sua evolução. A margem lagunar sul e oeste possuem fácies (areia arredondada e subfácies cascalhosa) que indicam em diferentes momentos o transporte de sedimentos das barreiras pelo processo de sobrelavagem, canais de maré e ventos. Já as margens lagunares ao norte e a leste apresentam uma distribuição de fácies (areia angular) indicadora da influência dos rios. O Rio Mumbuca, em especial, vem construindo um delta a partir da deposição gradual de sedimentos finos desde a desembocadura (areia siltosa) até a área centro sul/oeste (silte arenoso e silte/silte argiloso) desta laguna; em momentos de cheia pode ocorrer a deposição de areias subangulares em parte desta mesma área. O embasamento Pré-Cambriano foi observado em afloramentos subaquosos intemperizados, que resultou numa grande quantidade de minerais do grupo do caulim. Durante o Holoceno a taxa de acumulação foi de 0,27 cm ano na margem oeste e na área central da Lagoa de Maricá após 4277 anos cal AP passou de 0,15 cm ano para 0,20 cm ano.

Os organismos (conchas de moluscos e espículas de esponjas) foram observados nas diferentes fácies lagunares, mas predominaram nas fácies com granulometria mais finas e com maior teor de matéria orgânica. Os dados sugerem a existência de um ambiente mais extenso (uma laguna ou um embaiamento), com

momentos em que predominavam a água doce (principalmente no lado oeste) ou a água salgada (área central), até por volta de 5000 anos AP. Em torno de 4600 anos AP os organismos apontam para a mistura de água doce e salgada e desde então a água salobra passou a predominar. Esses organismos indicam que a Lagoa de Maricá não passou por grandes mudanças ambientais e que o ambiente lagunar predominou ao longo dos últimos 8000 anos AP, aproximadamente, com momentos de maior ou menor interação com os processos marinhos (variação do nível do mar, sobrelavagem das ondas e canais de maré) e fluviais (cheia e seca).

Há cerca de 120.000 anos AP, durante a Penúltima Transgressão Marinha, acredita-se que a bacia onde hoje se encontra a Lagoa de Maricá já existia, porém na forma de um grande embaiamento (PERRIN, 1984; TURCQ et al., 1999). Sabe-se também que em torno de 40.000 e 50.000 anos AP havia um sistema barreira-laguna nessa área, que provocou o fechamento, pelo menos parcial, do embaiamento e formou um ambiente de circulação mais restrita. Portanto, nessa fase esse local já era ocupado pela Lagoa de Maricá (SILVA, 2011; SILVA et al., 2014c). Com a transgressão do início do Holoceno uma barreira se formou, primeiramente, mais ao sul da barreira atual. Por volta de 8111 anos cal AP, sedimentos e organismos indicam a existência de um grande corpo d'água, porém com influência de água doce. Com o nível do mar atingindo sua máxima elevação por volta de 5600 – 5000 anos AP, as evidências obtidas através dos sedimentos, organismos e feições geomorfológicas apontam para uma laguna de maiores dimensões do que a atual. Essa conclusão corrobora estudos anteriores realizados nessa área (COE NETO et al., 1986), bem como em lagoas vizinhas (IRELAND, 1987 e 1988). Os canais de maré e os processos de sobrelavagem das ondas (a leste da Lagoa de Maricá) permitiram a entrada de água salgada, sedimentos arenosos e organismos marinhos e a formação de leques de arrombamento e de delta de maré enchente nesse sistema lagunar. A descarga fluvial se destacou durante todo o Holoceno contribuindo com a entrada de água doce, organismos dulcícolas e a formação de um delta. Após 4645 anos cal AP e até os dias de hoje, mesmo com a regressão marinha a interação entre essa laguna e o mar permanece, principalmente através da Lagoa da Barra.

## 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUCHACRA, R. C. **Evolução Sedimentar Holocênica da Planície Costeira do NE da Baía de Guanabara (RJ)**. 2015. 160f. Tese (Doutorado em Dinâmica dos Oceanos e da Terra) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- 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. 83p., 2002.
- ANGULO, R. J.; GIANNINI, P. C. F.; SOUZA, M. C. de; LESSA, G. C. Holocene paleo-sea level changes along the coast of Rio de Janeiro, southern Brazil: Comment on Castro et al. (2014). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 88(4): 2105-2111, 2016.
- ANGULO, R. J.; PESSENDA, L. C. R.; SOUZA, M. C. de. O significado das datações ao <sup>14</sup>C na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras quaternárias do litoral paranaense. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 32 (1): 95 - 106, 2002.
- ANGULO, R. J. PAULO C.F. GIANNINI, P. C. F., SUGUIO, K.; PESSENDA, L. C. R. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna–Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. **Marine Geology**, 159, p. 323 – 339, 1999.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, 140, 141-166, 1997.
- ANJOS, A. P. A. dos; SIFEDDINE, A.; PATCHINEELAM, S. R.; TURCQ, B. Dolomita em lagoa hipersalina holocênica no Norte Fluminense do Rio de Janeiro. **Anais do II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa; IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário; II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas**. Recife, 2003.
- AQUINO, W. F.; LOPEZ, A. G.; Estudo do assoreamento de corpos d'água pelo método geofísico de georadar. **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1 – 6, 2000.

- 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, 1984.
- AZEVEDO, F. B. B. **Modelagem da capacidade de suporte da laguna de Saquarema – RJ após a abertura de uma conexão permanente com o mar.** 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Departamento de Análise Geoambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- BARBIÉRE, 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, p. 4, 1985.
- BARTHOLOMEU, R. L.; BARROS, M. A. de; BARTH, O. M.; VILELA, C. G.; SILVA, C. G. Análise palinológica dos sedimentos da superfície da lagoa de Itaipu, Niterói, Rio De Janeiro, Brasil. **Anais** do XII Simpósio de Paleobotânicos e Palinólogos. Florianópolis, SC, Brasil. Novembro, 2008.
- BATISTA, A. S. **Diagnóstico geoambiental da Lagoa de Maricá (RJ) como subsídio as formas de uso e ocupação do litoral.** 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, Rio de Janeiro.
- BATISTA, A. S. **Morfoscopia sedimentar dos ambientes deposicionais no litoral de Maricá, Estado do Rio de Janeiro.** 2015. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores – UERJ, São Gonçalo, RJ.
- BATISTA, D. S.; VILELA, C. G.; BAPTISTA NETO, J. A. Estudo dos foraminíferos bentônicos na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ: resultados preliminares. **Anais** do II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas, 2003.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, C. G.; DIAS, G. T. de M.; FONSECA, E. M. da. Distribuição sedimentar da Lagoa Rodrigo de Freitas através de sísmica de alta resolução. **Revista Brasileira de Geofísica** 29 (1): 187 – 195, 2011.

- BEZERRA, F. H. R., BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. **Marine Geology**, 196, p. 73 – 89, 2003.
- BIRD, E. C. F. Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Editor). **Coastal lagoon processes**. Elsevier Oceanography Series no. 60, Amsterdam. p. 9 – 40, 1994.
- BIRD, E. C. F. Coastal Geomorphology: An Introduction. 2 ed. John Wiley & Sons Ltd. England, p. 411, 2008.
- BOGGS JUNIOR, S. A. M. Principles of sedimentology and stratigraphy. 4th ed. – **Pearson Prentice Hall**. p. 655, 2006.
- BOMFIM, C. da S.; VILELA, C. G.; GUEDES, D. C. Foraminíferos Bentônicos em Sedimentos de Fundo da Lagoa de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. V. 33 – 1. p. 9 – 19, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459)>. Acesso em: Dezembro de 2016.
- BRIDGE, J.; DEMICCO, R. Overview of the Earth In: \_\_\_\_\_ Earth surface processes, landforms and sediments deposits. **Cambridge University Press**, New York. p. 9 – 42, 2008.
- BRITO, I. A. M; CARVALHO, M. da G. P. de. Distribuição de invertebrados marinhos na planície costeira do Rio São João, estado do Rio de Janeiro. Trabalho de apoio ao Projeto de Pesquisa de Pós-Graduação. IG – UFRJ/FINEP. Convênio 488/CT . Sub-projeto I Delta do Paraíba. p. 56 – 70, 1978.
- BRUNO, R. L. M. Reconstrução paleoambiental da Laguna de Maricá, RJ, com base em foraminíferos bentônicos. **Pesquisas em Geociências**, 40 (3): 259 – 273, set./dez. 2013.
- CARCEDO, M. C.; FIORI, S. M. Long-term study of the life cycle and growth of *Heleobia australis* (Caenogastropoda, Cochliopidae) in the Bahía Blanca estuary, Argentina. **Ciencias Marinas**, 38(4): 589 – 597, 2012.
- CATUNEANU, O. Principles of Sequence Stratigraphy. **Elsevier**, London, pp. 375, 2008.

- CLIFTON, H. E. A Reexamination of Facies Models for Clastic Shorelines. In: POSAMENTIER, H. W.; WALKER, R. G. Facies Models Revisited. **SEPM (Society for Sedimentary Geology)**, Special Publication nº 84, Oklahoma, USA. p. 293 – 337, 2006.
- 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, Bourdeaux, 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 JUNIOR, A. R.; FITZGERALD, D. M. Beaches and Coasts. **Blackwell Publishing**. p. 419, 2008.
- DECRETO de Lei nº 416 de setembro de 1984. Institui a Área de Proteção Ambiental das Lagoas, no Município de Maricá, suas margens e áreas adjacentes. Prefeitura Municipal de Maricá.
- 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 vôo de 4,500m e escala de 1:30.000.
- DIAS, P. P. B. B.; MARTINS, M. V. A.; CLEMENTE, I. M. M. M.; CARELLI, T. G.; SILVA, F. S.; FONTANA, L. F.; LORINI, M. L.; PANIGAI, G.; PINHEIRO, R. H.; MENDONÇA-FILHO, J. G.; LAUT, L. L. M. Assessment of the Trophic State of Saquarema Lagoonal System, Rio de Janeiro (Brasil). **Journal of Sedimentary Environments**, 2 (1): 49 - 64, 2017.
- 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**, 16(3): 441 – 466, 2012.

- FARIA, C. P.; BOHRER, C. B. A. As Unidades de Paisagem da APA Estadual de Maricá/RJ. **Anais** do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP, p. 2.947 - 2.953, 2005.
- FERREIRA, V. L. D. A influência antrópica na qualidade das águas do rio Ubatiba, Maricá – RJ. 2017. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
- FERNEX, F.; BERNAT, M.; BALLESTRA, S.; MARQUES JUNIOR, A. N. Ammonification rates and  $^{210}\text{Pb}$  in sediments from a lagoon under a wet tropical climate: Maricá, Rio de Janeiro state, Brazil. **Hydrobiologia** 242: p. 69 – 76, 1992.
- FOLK, R. L. **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas, EUA. 1980.
- GOMES, P. R. S.; SANTOS, G. M.; FERRAZ, K. C.; MARQUES, A. N.; CORDEIRO, R. C.; SILVA FILHO, E. V. Applications of  $^{14}\text{C}$ -AMS to environmental and economical problems. **Nuclear Physics A.**, 734: E116, 2004.
- 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. **Oecol. Bras.**, 13(2): 329 – 345, 2009.
- GOMES, A. M. da A. **Estudo Ecofisiológico de Cianobactérias Formadoras de Florações na Lagoa de Jacarepaguá**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Biofísica) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- GOYA, S. C. Taxa de sedimentação atual na plataforma continental centro – norte do Embaiamento de São Paulo. 2011. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- GRALATO, J. da C. A. **Variabilidade sazonal da praia na APA de Maricá-RJ**. 2013. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores – UERJ, São Gonçalo, RJ.
- 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.
- HAENI, F. P.; BUURSINK, M. L.; COSTA, J. E.; MELCHER, N. B.; CHENG, R. T.; PLANT, W. J. Ground-penetrating radar methods used in surface-water discharge measurements. **Proceedings of SPIE**, V. 4084 (1) SPIE. Apr 27, 2000.
- 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.
- IRELAND, S. Holocene coastal changes in Rio de Janeiro state, Brazil, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online, 1988.
- KJERFVE, B.; KNOPPERS B. A. Physical Characteristics of Lagoons of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Série Geoquímica Ambiental*, 6 : 57-67. 1999.
- KJERFVE, B. Coastal Lagoons. In:\_\_\_\_\_. 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.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. *Manual de Ciência dos Minerais*, 23<sup>a</sup> ed. **Bookman**, 2012.
- KNOPPERS, B. A.; KJERFVE B; CARMOUZE, J. P. Trophic state and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. **Biogeochemistry** 14:149 – 166, 1991.
- 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.; 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.
- LAMEGO, A. R. 1945. Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses. Divisão de Geologia e Mineralogia. **Boletim nº 118**, DNPM, p. 47.

- LAMEGO, A. R. 1940. Restingas na Costa do Brasil. Divisão de Geologia e Mineralogia. **Boletim nº 96**, DNPM, p. 63.
- 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.
- LESSA, G. C.; ANGULO, R. J. Oscillations or not oscillations, that is the question - Reply. **Marine Geology**, 150, p. 189 – 196, 1998.
- LIMA, S. F. B.; LUCENA, R. A.; SANTOS, G. M.; SOUZA, J. W.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; GUIMARÃES, C. R.; OLIVEIRA, G. S. Inventory of mollusks from the estuary of the Paraíba River in northeastern Brazil. **Biota Neotropica** 17(1): p. 1 – 12, 2017.
- LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Sócio-econômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 6, nº 2, pp. 83-90, 2005.
- 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.
- LOUREIRO, D. D. **Evolução dos aportes de metais pesados na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ**. 2006. 120f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- LOWRY, C. S.; FRATTA, D.; ANDERSON, M. P. Ground penetrating radar and spring formation in a groundwater dominated peat wetland. **Journal of Hydrology** 373. p. 68 – 79, 2009.
- MAIA, M. do C. de A. C.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). **Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia**, Rio de Janeiro (RJ). p. 105-108, 1984.
- MANSUR, K. L.; GUEDES, E.; ALVES, M. G.; NASCIMENTO, V.; PRESSI, L. F.; COSTA JUNIOR, N.; PESSANHA, A.; NASCIMENTO, L. H.; VASCONCELOS, G.F. Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ). *In*: Carlos Schobbenhaus; Cassio Roberto da Silva. (Org.). Geoparques do Brasil:

- Propostas. 1ed. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, V. I, p. 687-745, 2012.
- MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C.; GODOY, J. M. de O.; NASCIMENTO, V. M. R. Beachrock de Jaconé, Maricá e Saquarema - RJ: importância para a história da ciência e para o conhecimento geológico. **Revista Brasileira de Geociências**. 41(2): 290-303, 2011.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Fluctuating Holocene Sea Levels in Eastern and Southeastern Brazil: Evidence from Multiple Fossil and Geometric Indicators. **Journal of Coastal Research**. West Palm Beach, Florida. 19, 1, p. 101 – 124, 2003.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K. 1998. Oscillations or not oscillations, that is the question: Comment on Angulo, R.J. and Lessa, G.C. “The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananéia regions” [Mar. Geol. 140, 141–166]. **Marine Geology**, 150, p.179 – 187, 1998.
- MARTINEZ, A. S. **Distribuição e abundância da malacofauna epibentônica no Parracho de Maracajaú, RN, Brasil**. 2008. 43f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte.
- MARQUES JUNIOR, 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.
- MCCUBBIN, D. G. Barrier-Island and Strand Plain Facies. In: SCHOLLE, P. A. & SPEARING, D. Sandstone Depositional Environments. Published by **The American Association of Petroleum Geologists**, Tulsa, Oklahoma, 74101, U.S.A. p. 247 – 279, 1982.
- McLANE, M. Textures of sedimentary rocks. In:\_\_\_\_\_. Sedimentology. Oxford, **Oxford University Press**. p. 12 - 46, 1995.
- MEDEIROS, M. A. M.; ASSUMPCÃO, T. G. de. Evolução geológica e ambiental da lagoa de Marapendi/RJ. **Anais do VIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE**. Sociedade Brasileira de Geologia - São Pedro, SP. p. 217, 2003.

- MELLETT, J. S. Profiling of ponds and bogs using ground-penetrating radar. **Journal of Paleolimnology** vol. 14, p. 233 – 240, 1995.
- MORENO, T. R., ROCHA, R. M. Ecologia de costões rochosos. **Estudos de Biologia, Ambiente e Diversidade**. vol. 34(83), p. 191 – 201, 2012.
- MOUTINHO, L.; PORSANI, J. L.; PORSANI, M. J. Deconvolução preditiva de dados GPR adquiridos sobre lâmina d'água: exemplo do rio Taquari, Pantanal Matogrossense. **Revista Brasileira de Geofísica**. vol. 23 (1) p. 61 – 74, 2005.
- MEYER, K. E. B.; MENDONÇA FILHO, J. G.; ASHRAF, A. R.; SOUZA, P. A. de; REICHHART, K. Análise de palinofácies em sedimentos holocênicos da Lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia** vol. 8 (1) p. 57 – 72, 2005.
- 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**. Vol. 51 (3), pp. 473-481, 1979.
- MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, Munsell soil color charts, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revisado em 1975.
- MURICY G.; DANIELA A. LOPES; EDUARDO HAJDU; MARIANA DE S. CARVALHO; FERNANDO C. MORAES; MICHELLE KLAUTAU; CARLA MENEGOLA; ULISSES PINHEIRO. Catalogue of Brazilian Porifera. Rio de Janeiro: **Museu Nacional**, 300 p., 2011.
- NEAL, A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. **Earth-Science Reviews** nº66, p. 261 – 330, 2004.
- NOGUEIRA, E. M. de S.; FREITAS, L. M. Distribuição e aspectos biológicos de *Lucina pectinata* (GMELIN, 1791) (BIVALVIA-LUCINIDAE) na Lagoa Mundaú-Alagoas-Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife: v. 30, n. 1, p. 7 - 14, 2002.
- NICACIO, G. G.; SEVERI, W.; PINHEIRO U. New species of *Radiospongilla* (Porifera: Spongillidae) from Brazilian inland waters. **Zootaxa** 3132: 56 – 63, 2011.
- OLIVEIRA, L.; NASCIMENTO, R. KRAU, L.; MIRANDA, A. Observações biogeográficas e hidrobiológicas sobre a lagoa de Maricá. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 53. p. 171 – 227, 1955.
- OLIVEIRA, M. M. de; NEVES, M. H. C. B.; ALBANO, R. M.; BASTOS, J. da C.; SILVA FILHO, M. V. Presença de microcistina durante eventos de florações de

- microalgas na Lagoa de Araruama. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 5 n. 1, p. 35 – 45, jan./jun, 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.
- PARIZZI, M. G.; ARANHA, P. R. A.; COSTA, R. D. da; SILVA FILHO, J. A. da; TUPINAMBÁS, M. M.; CAJAZEIRO, J. M. D. Geofísica e sedimentologia aplicadas à avaliação do grau de assoreamento de trecho do Rio das Velhas em Rio Acima, Minas Gerais. **Geonomos**, 19 (2), p. 152 – 162, 2011.
- PEREIRA, A. J. Caracterização estratigráfica da planície costeira de Itaipuaçu (Maricá) – Rio de Janeiro, durante o Quaternário. 2009. 388 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- PEREIRA, A. J.; GAMBOA, L. A. P.; SILVA, M. A. M.; RODRIGUES, A. R.; COSTA, A. A Utilização do Ground Penetrating Radar (GPR) em Estudos de Estratigrafia na Praia de Itaipuaçu – Maricá (RJ). **Revista Brasileira de Geofísica**. EDUFF, Niterói, Vol. 21 (2), p. 163 – 171, 2003.
- 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, pp. 137-150, Editora UFPR, 2011.
- PERRIN, P. Evolução da Costa Fluminense entre as Pontas de Itacoatiara e Negra, preenchimentos e restingas. In: **Restingas, origens, processos**. Lacerda, L. D., Araújo, D. S. D., Cerqueira, R.; Turcq, B. (Eds). CEUFF, Niterói. p. 65 - 74, 1984.

- PESSENDA, L. C. R., GOUVEIA, S. E. M., FREITAS, H. A., RIBEIRO, A. S., ARAVENA, R., BENDASSOLLI, J. A., LEDRU, M. P., SIEFEDDINE, A. F., YBERT, R. S. Isótopos do Carbono e suas Aplicações em Estudos Paleoambientais. In: SOUZA, C. R. G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. Quaternário do Brasil. **Ed. Holos**, Brasil, p. 75 – 93, 2005.
- PETHICK, J. Introduction to Coastal Geomorphology. **Ed. Edward Arnold**, London. 257p, 1984.
- PETTIJOHN, F. J. Sedimentary Rocks. 3<sup>o</sup> Edition. **Harper and Row Publishers**. pp. 68-81, 1975.
- 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.
- PINTO, V. C. S. **Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jacaré-Squarema (RJ) às ondas de tempestade**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, Rio de Janeiro.
- PINTO, S. de L. Os moluscos *Anomalocardia brasiliana* (GMELIN, 1791) e *Tagelus plebeius* (LIGHTFOOT, 1786) como bioindicadores de poluição orgânica no Estuário da Bacia do Pina, Recife – PE, Brasil. 2012. 111 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco.
- PIRAZZOLI, P. A. World Atlas of Holocene Sea-Level Changes. Elsevier Oceanography Series; 58. **ELSEVIER**. 291p., 1991.
- PLASTINA, B. R. **Distribuição espacial de mercúrio nos sedimentos superficiais da Lagoa de Piratininga**. 2009. 34 f. Monografia (Especialização em Biologia Marinha e Oceanografia) - Faculdades Integradas Maria Thereza, Niterói, Rio de Janeiro.
- POGGIO, C. de A.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MAFALDA JUNIOR, P. de O.; ALVES, O. F. de S.; SOUZA, F. B. C. Sedimentação atual da Baía de Todos os Santos com ênfase nos componentes biogênicos. **Cadernos de Geociências**, v. 10, n. 2, p. 108-115, 2013.

- PRAÇA, L. B.; MELATTI, V. M.; PONTES, R. G. M. S. Procedimento de operação, manutenção e verificação do liofilizador LABCONCO 20 PORT MANIFOLD 75223. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, DF. p. 1-8, 2008.
- Plano de Manejo Integrado das Áreas Naturais Protegidas de Maricá - Unidades de Conservação Municipais (2014-2023). Maricá, Prefeitura de Maricá, Secretaria Municipal do Ambiente, 2013. 2 vols.
- PRIMO, P. B. da S.; BIZERRIL, C. R. S. F. Lagoa de Araruama – Perfil Ambiental do Maior Ecossistema Lagunar Hipersalino do Mundo. Cooperação Técnica Brasil - Alemanha, Projeto Planágua / GTZ. Rio de Janeiro: **Semads**, 2002.
- READING, H. G. Sedimentary environments and facies (2<sup>nd</sup> 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.
- ROCHA, A. A.; BRANCO, S. M. A eutrofização e suas implicações na ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. I, p. 201-242, 1986.
- RODRIGUES, A. M. L.; BORGES-AZEVEDO, C. M.; HENRY-SILVA, G. G. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae). **Revista Brasileira de Biociências**. v. 8, n. 4, p. 377 – 383, 2010.
- 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.
- SANTOS, C. P. dos. **Reconstituição paleoambiental da planície costeira de Maricá, RJ, com base em biomineralizações de sílica**. 2018. 241 f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa. **SBCS/EMBRAPA/CNPS**, 2005.
- SANTOS, C. da S.; SUGUIO, K.; MORAES, F. C. de; SALLUN, A. E. M.; GARCIA, M. J.; OLIVEIRA, P. E. de; MEDEIROS, V. B. de; SALLUN FILHO, W. Caracterização dos tipos de espículas de esponjas silicosas encontradas em

sedimentos paleolacustres coletados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo. **Revista UnG - Geociências**, V.10, N.1, p. 64 – 73, 2011.

SCHUMACHER B. A. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. **United States Environmental Protection Agency**, NCEA-C-1282. 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. **Am. Assoc. Petroleum Bull.**, 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.; PAROLIN, M.; COE, H. H. G.; SILVESTRE, C. P.; SANTOS, C. P. dos. Biomineralizações de sílica (espículas de esponjas) na interpretação paleoambiental de uma paleolaguna na planície costeira de Maricá (RJ). **Anais XIV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. Natal-RN. Agosto, 2013.

SILVA A. L. C.; ABREU, M. L. L. de; SILVESTRE C. P. Dunas costeiras na barreira arenosa holocênica da APA de Maricá no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.367 – 376, 2012.

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.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. PEREIRA, A. J.; GAMBOA, L. A. P. Depositional sequences in the central coast of Maricá (RJ) identified through ground penetrating radar (GPR) investigation. **Anais Eleventh International Congress of the Brazilian Geophysical Society**. Salvador, Brazil. p. 1 – 5, 2009.
- 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.
- SILVA, A. L. C. **Comportamento Morfológico e Sedimentológico do Litoral de Itaipuaçu (Marica) e Piratininga (Niterói), RJ, nas últimas três décadas**. 2006. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- SILVA, F. P. SEABRA, V.S. O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975, 1990 e 2008. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE. Curitiba, PR, Brasil, maio de 2011, p. 6426.
- SILVA, K. C.; PAROLIN, M.; BISSA, W. M. Espículas de esponjas Vs. variações do nível relativo do mar na região de Iguape, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia** 15 (3): 319 – 326. Setembro/Dezembro, 2012.
- SILVA, L. N. M. da. **Ocorrência e distribuição dos depósitos de leques de arrombamento no litoral de Maricá - RJ**. 2015. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores – UERJ, São Gonçalo, RJ.
- SILVESTRE, C. P. **Estrutura interna da barreira holocênica e seus condicionantes geológicos (Maricá – RJ)**. 2013. 128 f. Dissertação

(Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.

SILVESTRE, C. P.; SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; RODRIGUES, A. R. Investigation of the internal structure and evolution of the Holocene barrier of Maricá (Rio de Janeiro, Brazil). **Revista Brasileira de Geofísica** 33(3): 461-475. 2015.

SIMPSON T. L., Functional Morphology and Morphological Variation. In: The Cell Biology of Sponges. **Springer**, New York, NY. p. 1 – 41, 1984.

Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Lei 9.985 de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. 6ªed. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 56p. 2006.

SOARES, M. F.; DOMINGOS, P.; SOARES, F. F. L.; TELLES, L. F. R. 10 anos de monitoramento da qualidade ambiental das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas. **Oecologia Australis**, 16 (3):581 – 614, 2012.

SOUZA, R. C. C. L. de; LIMA, T. A. ; SILVA, E. P. da. Conchas Marinhas de Sambaquis do Brasil. 1ª ed. **Technical Books Editora**, Rio de Janeiro (RJ), 245p. 2011.

SUGUIO, K.; SALLUN, A. E. M.; SOARES, E. A. A. Período Quaternário: “QUO VADIS”?. **Revista Brasileira de Geociências**, Vol. 35(3): 427 - 432, setembro de 2005.

SUMÁRIO PARA OS TOMADORES DE DECISÃO DO QUINTO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO (2014). **Grupo de Trabalho II do IPCC Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. WGII AR 5 Versão em português. Iniciativa Verde, São Paulo, 2015.

TANAKA, A. P. B.; GIANNINI, P. C. F.; FORNARI, M.; NASCIMENTO JUNIOR M., D. R. DO, SAWAKUCHI, A. O.; RODRIGUES, S. I.; MENEZES, P. M. L.; DEBLASIS, P.; PORSANI, J. L. A planície costeira holocênica de Campos Verdes (Laguna, SC): evolução sedimentar inferida a partir de georradar (GPR), granulometria e minerais pesados. **Revista Brasileira de Geociências**. Sociedade Brasileira de Geologia Vol. 39(4), p. 751 – 767, 2009.

TOLDO Jr, E. E.; DILLENBURG, S. R.; CORRÊA, I. C. S.; ALMEIDA, L. E. S. B.; WESCHENFELDER, J.; GRUBER, N. L. S. **Pesquisas em Geociências**, 33 (2): 79 - 86, 2006.

- TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. **Marine Geology** 244. p. 33 – 45, 2007.
- TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. 1996. Quaternary Geological Evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 68, p. 373 – 382.
- 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. Série **Geoquímica Ambiental**, V. 6, p. 25 – 46, Rio de Janeiro, Brazil. 1999.
- TUCKER, M. E. **Sedimentary Petrology An Introduction**. Terceiro volume. Halsted Press Book. 1981.
- VOLKMER-RIBEIRO C.; MACHADO, V. de S. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) indicators of some coastal habitats in South America: redescrptions and key to identification. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, 97 (2): 157 - 167, junho, 2007.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. As esponjas. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; LEANDRINI, J. A. **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão, PR. Editora da Fecilcam, 2010.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAULS, S. M. Esponjas de Agua Dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. **Acta Biologica Venezuelica**, Caracas, v. 20, n. 1, p. 1-28, 2000.
- VOLKMER-RIBEIRO, C.; TURCQ, B. SEM analysis of siliceous spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes. **Acta Microscopica**, 5(B): 186-187, 1996.
- WALKER, R. G. General Introduction: Facies, Facies Sequences and Facies Models. In:\_\_\_\_\_. (ed.) **Facies Models**. Segunda edição, Toronto, Geological Association of Canada, p. 1 - 7, 1986.
- WESCHENFELDER, J. **Processos sedimentares e variações do nível do mar na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2005. 141f. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Site: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) (acessado em 05/03/12).

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

Site: <https://www.marica.rj.gov.br/tag/cemaden/> (acessado em 02/03/2016).

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.

## **6 – APÊNDICES**

### **6.1 – Planilhas com os resultados das análises laboratoriais**

**APÊNDICE I – Resultados das análises de sedimentos coletado no FUNDO ATUAL e na MARGEM da Lagoa de Maricá.**

ID.	Batimetria (m)	Cor (Carta de Munsell)*	Granulometria														Class. Wentworth (1922)* <sub>1</sub>	MO (%) <sub>2</sub>	Morfoscopia (0,500mm/0,250mm/0,125mm)		
			Cas. (%)	Areia (%)					Total	Lama (%)						Total			Brilho	Arredondamento	
				AMG	AG	AM	AF	AMF		SMG	SG	SM	SF	SMF	Total						Arg.
1	0	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	8,7	61,5	29,7	0,1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	0,3	Fosco	Arred./Subarr.
2	0,5	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	15,1	55	24,7	2,2	0,4	97,4	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	2,3	0,2	2,5	Areia	29,5	Fosco	Subarredondado
3	0,7	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0,2	15,5	57,6	22,5	1,2	0,2	97	0,7	0,8	0,5	0,4	0,2	2,6	0,2	2,8	Areia	25,2	Fosco	Subarredondado
4	0,75	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	4,8	52	39,9	2,2	0,3	99,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	0,9	Areia	29,1	Fosco	Subangular
5	1,13	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	8,1	47,2	25,3	3,5	2,5	86,6	3,9	2	1,4	1,6	1,5	10,4	1,9	12,3	Areia siltosa	13,9	Fosco	Subangular
6	1,75	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	4	3,4	6,6	14,8	21,4	50,2	16,4	8,1	5,8	6,1	5,7	42,1	7,8	49,9	Areia siltosa	9,3	----	----
7	1,59	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	1	6,8	21	24,3	15,9	69	9,5	5,4	3,9	4	3,6	26,4	4,5	30,9	Areia siltosa	7	----	----
8	1,58	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	2,4	3,6	15	27,5	19,5	68	10	5,6	3,9	3,9	3,6	27	4,9	31,9	Areia siltosa	9,3	----	----
9	1,47	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	1,7	8,0	25,7	31,2	15,8	82,4	6,7	3,6	2,2	1,9	1,5	15,9	1,8	17,7	Areia siltosa	8,4	----	----
10	0,79	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	10,7	45,2	29,7	8	2,8	96,4	0,8	0,5	0,4	0,6	0,6	2,9	0,8	3,7	Areia	21,3	Vitreo	Subangular
11	0,49	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	33,2	26,8	16,9	9,4	7,4	4,5	65	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	1,5	0,1	1,6	Areia cascalhosa	17,9	Vitreo	Subangular
12	0	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	6,9	21,6	24,5	34,6	11,4	3	95,1	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	0,8	----	----
13	0,57	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	1,3	3,0	17,4	27,5	24,8	21,2	93,9	1,3	1,2	0,8	0,7	0,5	4,5	0,4	4,9	Areia	13,5	----	Subangular
14	0,80	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0,2	5,3	27,6	26,3	13	17,5	89,7	3,4	1,9	1,2	1,2	1,1	8,8	1,3	10,1	Areia	19,3	----	Subangular
15	1,52	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	1,7	1,5	1,5	11,9	27	43,6	21,7	9,4	6,8	6,4	5,5	49,8	6,7	56,5	Silte arenoso	13,5	----	----
16	1,76	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	2,9	2,2	3,8	15,2	24	48,1	17,7	8,2	6,2	6,5	5,9	44,5	7,4	51,9	Areia siltosa	15,6	----	----
17	1,67	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	1,8	1,9	6,9	17,3	19,4	47,3	14,6	8,3	6,6	7,2	6,9	43,6	9,2	52,8	Areia siltosa	14,6	----	----
18	1,80	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	6,3	2,5	0,1	6,2	21,6	36,7	20,5	9,2	7,4	8,2	7,7	53	10,3	63,3	Silte arenoso	14,1	----	----
19	1,75	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	8,8	7,3	0,8	0,4	9,9	27,2	17,8	10,2	8,5	10,8	10,5	57,8	14,8	72,6	Silte arenoso	11,6	----	----
20	1,76	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	10,2	6,7	0,6	0,4	9	26,9	17,1	10,2	8,9	11,4	11	58,6	14,7	73,3	Silte arenoso	11,8	----	----
21	1,73	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	11,8	7,3	0,7	0	5,1	24,9	15,6	11,2	8,8	11,6	11,7	58,9	16	74,9	Silte arenoso	12,5	----	----
22	1,44	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	9,2	52,3	27,4	2,8	2,1	93,8	1,6	1,1	0,8	0,9	0,9	5,3	1,1	6,4	Areia	14,9	----	Subarredondado
23	0	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	19,7	58,3	21,2	0,7	0,1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	0,2	----	----
24	0,54	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	7,4	57,8	32,1	1,3	0,2	98,8	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	1,1	0,2	1,3	Areia	21,2	----	Arredondado

25	0,38	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	10,4	59,8	26,5	1,5	0,2	98,4	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	1,5	0,1	1,6	Areia	21,9	----	Subarredondado
26	0	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0,4	11,8	56,2	31,1	0,4	0,1	99,6	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	0,5	----	----
27	1,82	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	11,9	9,3	5,1	7,8	11,8	45,9	10,5	5,3	5,6	8	8,9	38,3	15,9	54,2	Areia siltosa	14,5	----	----
28	0,29	2.5Y 6/6 Amarelo-oliváceo	0	5,8	51,5	38,2	1,6	0,3	97,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	2,3	0,3	2,6	Areia	26,5	Fosco	Subarredondado
29	0,51	2.5Y 6/6 Amarelo-oliváceo	0	5,3	54,5	37,1	1,5	0,3	98,7	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	1,2	0,2	1,4	Areia	23,7	----	Subarredondado
30	0,77	2.5Y 6/6 Amarelo-oliváceo	0	9,2	56,9	27,9	1,6	0,7	96,3	1,2	0,6	0,4	0,5	0,4	3,1	0,5	3,6	Areia	18,9	----	Subangular
31	1,70	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	7,4	16,1	23,3	20	11,3	78,1	6	2,8	2,5	3,3	3,3	17,9	4	21,9	Areia siltosa	12,4	----	----
32	1,91	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	0	1,6	1,1	5,8	22,9	31,4	21,2	9	8	9,4	9,4	57	11,7	68,7	Silte arenoso	14,5	----	----
33	1,92	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	12,2	7,5	0,5	0,1	9,1	29,4	17,7	9,3	8,3	10,6	10,1	56	14,6	70,6	Silte arenoso	16,4	----	----
34	1,83	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	11,2	6,5	0,5	0	6,8	25	16,1	11,4	10	11,4	10,7	59,6	15,3	74,9	Silte arenoso	15,8	----	----
35	1,74	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	2,2	1,2	0,1	2,4	22,7	28,6	27,8	12,5	8,5	7,8	6,6	63,2	8,2	71,4	Silte arenoso	13,6	----	----
36	1,59	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	2,1	1,2	0,1	7,8	27,3	38,5	22,7	10,2	8,1	7,4	6,2	54,6	6,9	61,5	Silte arenoso	13	----	----
37	1,23	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0,4	6	19,3	15,1	12,1	11,2	63,7	9,5	7,5	5,3	4,9	4,1	31,3	4,6	35,9	Areia siltosa	13,5	Vítreo	Angular
38	0,66	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	13,4	32,6	30,4	15,2	6,6	1,8	86,6	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia cascalhosa	----	Vítreo	Angular
39	0,54	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	2,6	28,9	29,9	16,3	13,1	6,3	94,5	0,7	0,8	0,5	0,4	0,2	2,6	0,2	2,8	Areia	17,5	Vítreo	Angular
40	0	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	2,7	13,1	47,8	27	6,4	2,4	96,7	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0,6	Areia	1,6	Vítreo	Angular
41	0,63	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0,1	7,1	26,7	15,5	7,7	4,4	61,4	12,3	8,9	5,6	4,6	3,4	34,8	3,5	38,3	Areia siltosa	7,5	----	----
42	0,91	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	2,5	9,5	17,8	10	7,4	5,1	49,8	10,2	11,2	8	6,9	5,3	41,6	5,9	47,5	Areia siltosa	6,3	Vítreo	Subangular
43	1,58	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	0,6	5,4	17,5	17,8	12,4	53,7	11,7	9,2	7,6	6,9	5,6	41	5,3	46,3	Areia siltosa	6,7	----	----
44	1,52	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	1,2	6,9	23,9	27,1	13,4	72,5	7,5	5,1	4	3,8	3,2	23,6	4,1	27,7	Areia siltosa	9,4	----	----
45	1,84	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	0,3	11,7	34,1	29	10,5	85,6	4,1	2,3	1,9	2	1,8	12,1	2,2	14,3	Areia siltosa	10,2	----	----
46	1,62	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	0	1,6	2,8	8,2	17,3	29,9	17,5	10,3	9,6	10,9	9,9	58,2	11,9	70,1	Silte arenoso	11,1	----	----
47	1,70	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	0	5,5	1,7	0,2	9	16,4	15,4	10,6	11,4	14,1	13,6	65,1	18,3	83,4	Silte arenoso	11,1	----	----
48	1,50	10YR 4/1 Cinzeno-escuro	0	13,5	48,1	18,1	1,4	1	82,1	3,4	2,7	2,4	3	2,9	14,4	3,6	18	Areia siltosa	12	Fosco	Subarredondado
49	0,55	2.5Y 6/6 Amarelo-oliváceo	5	20,9	51,5	16,1	1,9	0,6	91	1,4	1,1	0,5	0,4	0,3	3,7	0,2	3,9	Areia	25	Fosco	Subarredondado
50	0	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	1,1	35,3	58,7	4,6	0,2	0,1	98,9	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	0,5	----	----
51	0,28	2.5Y 7/1 Cinzeno-claro	0	8,4	57,3	29,8	1,5	0,5	97,5	0,6	0,7	0,4	0,4	0,2	2,3	0,2	2,5	Areia	20,8	----	Subarredondado

52	0,45	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	0,1	16,1	64,1	17,8	0,5	0,2	98,7	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	1,1	0,2	1,3	Areia	20,5	----	Subarredondado
53	0,98	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	0	11,2	35,3	17,8	5,9	5,1	75,3	7,1	4,8	2,9	3,6	3,1	21,5	3,1	24,6	Areia siltosa	6	----	----
54	1,44	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	4,9	6	16,2	24,1	15,7	66,9	8	4	3,8	4,7	4,7	25,2	7,9	33,1	Areia siltosa	13,6	Fosco	Subarredondado
55	1,41	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	0,1	10,4	31,4	29,5	12,5	83,9	5,2	2,6	2	2,1	1,8	13,7	2,3	16	Areia siltosa	14	----	----
56	1,50	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	2,1	2,2	17,9	32,6	17,9	72,7	7	4,4	3,8	4,1	3,7	23	4,4	27,4	Areia siltosa	12,7	----	----
57	1,56	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	2,2	5,5	19,4	27,9	16,6	71,6	6,9	3,9	4	4,5	4,1	23,4	5	28,4	Areia siltosa	13,3	----	----
58	1,50	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	1,2	12,5	30,7	24,2	9	77,6	4,5	3,3	3,3	3,6	3,3	18	4,3	22,3	Areia siltosa	13,4	----	----
59	1,25	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	11,1	9,1	7,8	9,6	9,1	46,7	9,1	7,3	7,6	8,1	7,6	39,7	13,7	53,4	Areia siltosa	11,3	----	----
60	1,16	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	10,6	9,9	8,5	10,1	9,1	48,2	8,3	6,9	7,2	7,5	7,3	37,2	14,7	51,9	Areia siltosa	10,8	----	----
61	0,97	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	11,6	8,2	2	2,7	7,4	31,9	10,8	9	8,6	8,9	9	46,3	21,7	68	Silte arenoso	8,7	----	----
62	0,81	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	2,7	1,2	0,5	3,1	15,5	23	23,1	15,9	12	10,1	7,6	68,7	8,2	76,9	Silte arenoso	9,5	----	----
63	0,43	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0,3	0,7	2,6	19	41	23,7	87	3,7	2,9	1,9	1,7	1,3	11,5	1,4	12,9	Areia siltosa	12,2	----	----
64	0,45	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0,1	0,5	2,3	10,9	39,6	33,2	86,5	3,5	2,8	2,1	1,9	1,5	11,8	1,6	13,4	Areia siltosa	6	Vitreo	Angular
65	0	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	0,1	2,1	20,4	67,7	9,3	0,3	99,8	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,1	Areia	0,9	Vitreo	Angular
66	1,50	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	0,9	2	0,9	9,9	24,7	38,4	20,4	9,3	7,8	8,1	7,1	52,7	8,9	61,6	Silte arenoso	14	----	----
67	1,47	10YR 4/1 Cinzento-escuro	0	1,8	12,6	30	24,7	10,3	79,4	5	2,7	2,5	3,1	3	16,3	4,3	20,6	Areia siltosa	9,7	----	----
68	1,02	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	0,1	7,3	45,9	30,2	6,9	2,7	93	1,2	1	0,9	1,2	1,1	5,4	1,5	6,9	Areia	12,1	----	----
69	0,71	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	3,1	7,3	34,6	33,1	17,8	4,1	96,9	0	0	0	0	0	0	0	0	Areia	2,2	Vitreo	Angular
70	0,66	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	0,1	17	64,2	16,9	0,6	0,2	98,9	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,9	0,1	1	Areia	20,1	----	----
71	0	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	0,1	7,2	52,5	39,2	0,8	0,1	99,8	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,1	Areia	----	Fosco	Subarredondado
72	0	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	77,1	7,7	7,3	5,9	1,7	0,3	22,9	0	0	0	0	0	0	0	0	Cascalho arenoso	0,84	Vitreo	Angular

\* A cor das amostras foi observada quando as mesmas foram coletadas, ainda úmidas.

\*<sub>1</sub> Classificação com base em Wentworth (1922) apud Pettijohn (1975).

\*<sub>2</sub> Teor de matéria orgânica foi quantificado com peróxido de hidrogênio nos sedimentos arenosos e por calcinação nos sedimentos lamosos (mufla).

## APÊNDICE II – Resultados das análises de sedimentos coletados na SONDAGEM 1 na Lagoa de Maricá.

Nº.	ID. (m)	Cor (Carta de Munsell)*	Granulometria														Class. Wentworth (1922)* <sub>1</sub>	MO (%) <sup>2</sup>	Morfoscopia (0,500mm)		
			Cas. (%)	Areia (%)					Total	Lama (%)					Total	Brilho			Arredondamento		
				AMG	AG	AM	AF	AMF		SMG	SG	SM	SF	SMF							
1	0 - 0,4	2.5Y 5/3 Bruno-oliváceo-claro	0,1	13	57,1	28,9	0,8	0,1	99,9	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	2	Vítreo	Subarredondado
2	0,4 - 0,6	10YR 4/1 Cinzento-escuro	10,7	29,3	39,3	17,8	1,5	1,1	89	0,3	--	--	--	--	0,3	--	0,3	Areia cascalhosa	1,2	Vítreo	Subar./Arredond.
3	0,8 - 1	10YR/4/2 Bruno-acinzentado-escuro	16,3	33	38	11,6	0,4	0,5	83,5	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia cascalhosa	1,3	Vítreo	Subarredondado
4	1,2 - 1,4	10YR 4/3 Bruno	1,7	22,5	53,7	20,7	0,8	0,4	98,1	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia	1	Vítreo	Subarredondado
5	1,6 - 1,8	10YR 4/3 Bruno	2,1	25,6	51	19,9	0,7	0,5	97,7	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia	1,5	Vítreo	Subarredondado
6	2 - 2,2	10YR 4/3 Bruno	2,2	24,8	50,9	20,5	0,9	0,5	97,6	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia	1,9	Vítreo/ Fosco	Subarredondado
7	2,4 - 2,6	10YR 5/4 Bruno-amarelado	2,7	21,2	48,3	25,8	1,1	0,7	97,1	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia	1,5	Vítreo	Subarredondado
8	2,8 - 3	10YR 5/2 Bruno-acinzentado	9,4	23,4	47,1	18	0,9	0,9	90,3	0,3	--	--	--	--	0,3	--	0,3	Areia	3,2	Vítreo	Subarredondado
9	3,0 - 3,2	2.5Y 5/2 Bruno-acinzentado	32,4	22,5	32	11,9	0,5	0,5	67,4	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia cascalhosa	0,2	Fosco	Subarredondado
10	3,4 - 3,7	2.5Y 7/1 Cinzento-claro	3,5	41,4	44,8	9,7	0,3	0,2	96,4	0,1	--	--	--	--	0,1	--	0,1	Areia	0,2	Fosco	Subarredondado
11	3,9 - 4,2	2.5Y 6/2 Cinzento-brunado-claro	3,7	42,9	42,2	10,2	0,3	0,5	96,1	0,2	--	--	--	--	0,2	--	0,2	Areia	0,7	Vítreo	Subarredondado
12	4,5 - 4,8	7.5Y 6/1 Cinzento	6,1	37,8	42	13,7	0,2	0,2	93,9	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	0,3	Vítreo	Subarredondado
13	5,1 - 5,4	2.5Y 6/1 Cinzento	1,5	29,9	53,9	14,2	0,3	0,1	98,4	0,1	--	--	--	--	0,1	--	0,1	Areia	1,9	Vítreo	Subar./Subangul.
14	5,4 - 5,7	2.5Y 5/3 Bruno-oliváceo-claro	8,1	45,2	34,3	11,6	0,4	0,3	91,8	0,1	--	--	--	--	0,1	--	0,1	Areia	0,4	Vítreo	Subarredondado
15	5,7 - 6	2.5Y 5/3 Bruno-oliváceo-claro	9,4	50,4	32,7	7,2	0,2	0,1	90,6	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	1	Vítreo	Subarredondado
16	6,4 - 6,7	2.5Y 6/3 Bruno-amarelado-claro	3,8	33,4	41,9	20,2	0,5	0,2	96,2	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	1,5	Vítreo	Subarredondado
17	6,7 - 7	2.5Y 6/2 Cinzento-brunado-claro	0,5	15	52,3	31,4	0,7	0,1	99,5	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	1,9	Vítreo	Subarredondado
18	7,3 - 7,6	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	1,4	34,2	49,6	14,5	0,2	0,1	98,6	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	0,07	Vítreo	Subarredondado
19	7,6 - 7,8	2.5Y 6/4 Bruno-amarelado-claro	7,8	39,4	42,6	9,8	0,3	0,1	92,2	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia	0,4	Vítreo/Fosco	Arredondado
20	8,4 - 8,7	2.5Y 6/4 Bruno-amarelado-claro	16,5	29,1	44	10,1	0,2	0,1	83,5	0	--	--	--	--	0	--	0	Areia cascalhosa	0,9	Vítreo	Subarredondado
21	8,7 - 9	2.5Y 6/6 Amarelo-oliváceo	55,3	29	12,6	2,9	0,1	0,1	44,7	0	--	--	--	--	0	--	0	Cascalho arenoso	0,4	Vítreo	Subar./Arredond.

\* A cor das amostras foi observada quando as mesmas foram coletadas, ainda úmidas.

\*<sub>1</sub> Classificação com base em Wentworth (1922) apud Pettijohn (1975).

\*<sub>2</sub> Teor de matéria orgânica foi quantificado com peróxido de hidrogênio nos sedimentos arenosos e por calcinação nos sedimentos lamosos (mufla).

**APÊNDICE III – Resultados da Identificação das conchas da SONDAGEM 1.**

N.º	Amostras (m)	Exemplares	Identificação		Tipo de ambiente
1	0 – 0,4	2	Cracas	Crustáceo	Costões rochosos de áreas costeiras, expostos à energia das ondas e a variação de maré.
		5	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	Ambientes estuarinos, em substrato arenolamoso e sobre a alga verde <i>Enteromorpha</i> . * <sub>2</sub>
2	1,6 – 1,8	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
3	1,8 – 2	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
4	2 – 2,2	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
5	2,2 – 2,4	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
6	2,4 – 2,6	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
7	2,8 - 3	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>

## APÊNDICE IV – Resultados das análises de sedimentos coletados na SONDAGEM 2 na Lagoa de Maricá.

N.º	ID. (m)	Cor (Carta de Munsell)*	Granulometria														Class. Wentworth (1922)* <sub>1</sub>	MO (%) <sub>2</sub>	Morfoscopia (0,125mm)		
			Cas. (%)	Areia (%)					Total	Lama (%)						Total			Brilho	Arredondamento	
				AMG	AG	AM	AF	AMF		SMG	SG	SM	SF	SMF	Total						Arg.
1	0 - 0,4	2.5Y 4/1 Cinzeno escuro	0	0,3	1	2,4	2,2	2,4	8,3	5,6	9,7	13,6	18,3	19,4	66,6	25,1	91,7	Silte argiloso	8,6	Vítreo	Subar./Subangul.
2	0,7 - 1	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	8,8	0,7	5,2	9,6	4,4	1,9	21,8	23,5	10,8	8,2	9,5	8,5	60,5	8,9	69,4	Silte arenoso	11	Vítreo	Subangular
3	1 - 1,3	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0,2	1,1	10,5	15,4	5,3	3,7	36	7,9	10,6	10,5	12,4	11,2	52,6	11,2	63,8	Silte arenoso	9,5	----	----
4	1,3 - 1,6	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,3	0,5	1,6	19,4	21,8	26,4	13,3	10,8	10,8	8,4	69,7	8,5	78,2	Silte arenoso	10,9	----	----
5	1,9 - 2,1	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0,3	1,2	6,1	9,6	3,5	2,8	23,2	17,8	14,2	11,6	12,4	10,1	66,1	10,4	76,5	Silte arenoso	11,1	Vítreo	Subangular
6	2,4 - 2,6	2.5Y 4/1 Cinzeno escuro	0,2	1,2	4,5	6,4	2,7	2,6	17,4	19,5	15,2	12,1	13,3	11,3	71,4	11	82,4	Silte arenoso	9,6	----	----
7	2,6 - 2,8	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	1,0	3	4,4	4,7	2	2,1	16,2	17,2	16,1	12,7	13,6	11,5	71,1	11,7	82,8	Silte arenoso	11,4	Vítreo	Subar./Subangul.
8	2,8 - 3	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	2,7	2	3,2	3,9	2,3	1	12,4	28	19,3	12,3	10,9	7,9	78,4	6,5	84,9	Silte arenoso	10,9	----	----
9	3,3 - 3,6	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0,8	0,4	1,1	1,7	1,5	1,7	6,4	17,9	17,4	14,7	15,7	13,3	79	13,8	92,8	Silte argiloso	11,2	Vítreo	Subangular
10	3,6 - 3,9	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0	0	4,2	25,3	29,5	25,4	10,9	9	9	7,7	62	8,5	70,5	Silte arenoso	12,8	----	----
11	4,2 - 4,5	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,2	0,3	2,6	22,6	25,7	26,3	11,7	9,6	9,8	8,2	65,6	8,7	74,3	Silte arenoso	10,7	----	----
12	4,5 - 4,8	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0,8	0,8	3,4	5,7	2,6	1	13,5	16,8	18,2	13,8	14,3	12,1	75,2	10,5	85,7	Silte arenoso	7,4	Vítreo	Subangular
13	4,8 - 5,1	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	4,3	2,6	5,4	6	2	0,6	16,6	28,7	16,9	10,3	9,5	7,2	72,6	6,5	79,1	Silte arenoso	10,5	----	----
14	5,1 - 5,4	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,4	0,5	3,5	25,6	30	26,1	10,7	9,1	9,2	7,5	62,6	7,4	70	Silte arenoso	12,8	----	----
15	6 - 6,3	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	3,2	0,8	2,1	3,0	1,9	0,8	8,6	23,6	18,3	13,5	13,2	10,4	79	9,2	88,2	Silte	8,8	Vítreo	Subar./Subangul.
16	6,3 - 6,6	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,4	0,6	2,5	19,9	23,4	25,0	13,0	10,5	10,5	8,6	67,6	9	76,6	Silte arenoso	9,7	----	----
17	6,6 - 6,9	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,4	0,9	2,1	20,4	23,8	25,0	11,9	10,3	10,9	8,9	67	9,2	76,2	Silte arenoso	11,3	----	----
18	6,9 - 7,2	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	1,6	0,4	1,5	2,3	1,3	0,4	5,9	18,8	18,5	15,5	16,4	13	82,2	10,3	92,5	Silte argiloso	8,3	Vítreo	Subangular
19	7,2 - 7,5	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	2,5	0,2	0,5	1,5	1,3	0,5	4	19,5	22,3	17,8	15,9	10,9	86,4	7,1	93,5	Silte	8,7	----	----
20	7,8 - 8,1	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	1,2	1,6	2,4	10,5	15,7	17,1	15	13,2	14	11,9	71,2	13,1	84,3	Silte arenoso	7,7	----	----
21	8,1 - 8,4	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	1,0	0,3	1,1	2,2	2,2	0,9	6,7	21,2	18,4	15	15,1	12	81,7	10,6	92,3	Silte argiloso	10,8	----	----
22	8,4 - 8,7	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	2,1	1,4	2,9	3,7	2,5	0,8	11,3	19,6	18,4	15,4	14,8	10,5	78,7	7,9	86,6	Silte arenoso	11,1	Vítreo	Subangular
23	8,7 - 9	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	0	0	0,1	1	3,1	19,6	23,8	24,6	13,1	11,2	10,8	8,2	67,9	8,3	76,2	Silte arenoso	10	----	----
24	9 - 9,3	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro* <sub>2</sub>	6,4	3,9	8	9	3	0,9	24,8	22,4	8,3	12,2	14	8,7	65,6	3,2	68,8	Silte arenoso	14,2	Vítreo	Subangular

25	9,3 – 9,6	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,1</b>	0,8	2,4	2,9	1,6	0,7	<b>8,4</b>	19,2	21,6	17,2	14,8	10,5	<b>83,3</b>	8,2	<b>91,5</b>	Silte	18	----	----
26	9,6 – 9,9	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,4</b>	0,2	0,8	1,7	1,5	0,5	<b>4,7</b>	20,3	20,5	17,3	16,6	11,8	<b>86,5</b>	8,4	<b>94,9</b>	Silte	10,9	----	----
27	9,9 – 10,2	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,5</b>	0,4	1,8	2,9	2	0,9	<b>8</b>	14,2	16	14,8	16,5	14,7	<b>76,2</b>	15,3	<b>91,5</b>	Silte argiloso	9,4	----	----
28	10,2 – 10,5	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,4</b>	0,1	0,5	0,9	1	0,4	<b>2,9</b>	25	25,8	18,2	14	8,4	<b>91,4</b>	5,3	<b>96,7</b>	Silte	11,6	Vítreo	Subangular
29	10,5 – 10,8	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0</b>	0	0,5	1	2,8	13,9	<b>18,2</b>	22,8	15,9	11,8	12,1	9,7	<b>72,3</b>	9,5	<b>81,8</b>	Silte arenoso	12,2	----	----
30	10,8 – 11,1	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0</b>	0	0	0	3,8	26,2	<b>30</b>	30,2	12,4	8,5	7,8	5,7	<b>64,6</b>	5,4	<b>70</b>	Silte arenoso	13,8	----	----
31	11,1 – 11,4	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0</b>	0	0	0	3,5	25,6	<b>29,1</b>	29	12,7	9,4	8,3	6	<b>65,4</b>	5,5	<b>70,9</b>	Silte arenoso	14,4	----	----
32	11,4 – 11,7	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,8</b>	1,3	2,7	3,5	2,1	0,6	<b>10,2</b>	17,1	23,2	18,4	14,4	9,5	<b>82,6</b>	6,4	<b>89</b>	Silte arenoso	13,6	Vítreo	Subangular
33	11,7 – 12	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>1,6</b>	0,9	3,9	4,2	1,7	0,7	<b>11,4</b>	18,7	24,8	18,4	12,6	7,6	<b>82,1</b>	4,9	<b>87</b>	Silte arenoso	23,9	----	----
34	12 – 12,3	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0</b>	0	0,1	0,8	1,3	14	<b>16,2</b>	27	17,9	12	10,9	8,2	<b>76</b>	7,8	<b>83,8</b>	Silte arenoso	16,8	----	----
35	12,3 – 12,5	2.5Y 3/1 Cinzeno muito escuro	<b>0,9</b>	0,7	1,4	1,6	1	0,3	<b>5</b>	25,5	23,6	15,8	12,8	9	<b>86,7</b>	7,4	<b>94,1</b>	Silte	11,8	Vítreo	Subarredondado

\* A cor das amostras foi observada quando as mesmas foram coletadas, ainda úmidas.

\*<sub>1</sub> Classificação com base em Wentworth (1922) apud Pettijohn (1975).

\*<sub>2</sub> Teor de matéria orgânica foi quantificado apenas na lama, por calcinação (mufla).

## APÊNDICE V – Resultados da Identificação das conchas da SONDAGEM 2.

N.º	Amostras (m)	Exemplares	Identificação		Tipo de ambiente
1	0,7 - 1	2	<i>Tagelus plebeius</i>	Molusco (bivalve)	Regiões estuarinas, próximo a desembocadura de rios até 10 metros de profundidade, em substrato arenoso e arenolamoso.* <sub>1</sub>
2	1,0 -1,3	5	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	Regiões estuarinas, em substrato arenolamoso e sobre a alga verde <i>Enteromorpha</i> .* <sub>2</sub>
3	1,3 - 1,6	1 frag.	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	Locais com substrato arenoso e arenolamoso.* <sub>3</sub>
4	1,9 - 2,1	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
5	2,6 - 2,8	10	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
6	2,8 - 3,0	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
7	3,3 - 3,6	4	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
8	4,2 - 4,5	2 frags.	<i>Lucina pectinata</i>	Molusco (bivalve)	Locais com substrato arenoso e arenolamoso.
9	4,5 - 4,8	2	<i>Tagelus plebeius</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>1</sub>
10	4,8 - 5,1	42	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
11	6,0 - 6,3	1 frag.	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	Característica de praias lamosas dentro de baías ou estuários e em regiões de entremarés até 5 metros de profundidade.* <sub>4</sub>
12	6,6 - 6,9	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
13	6,9 - 7,2	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
		1	<i>Tagelus plebeius</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>1</sub>
		1	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>3</sub>
14	7,2 - 7,5	1 frag.	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>3</sub>
15	7,8 - 8,1	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
		4	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
16	8,1 - 8,4	6	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
17	8,4 - 8,7	1 frag.	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>3</sub>
		1	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
18	8,7 - 9,0	37	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
		1 frag.	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
19	9,0 - 9,3	87	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
		1	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
20	9,6 - 9,9	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
		1	<i>Anomalocardia brasiliana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
21	10,5 - 10,8	1 frag.	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
22	10,8 - 11,1	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
23	11,1 - 11,4	2 frags.	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>3</sub>
24	11,4 - 11,7	frag.	<i>Phacoides pectinatus</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>3</sub>
		9	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>
25	11,7 - 12	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastropode)	* <sub>2</sub>

**APÊNDICE VI – Resultados da análise de espículas de esponjas da SONDAGEM 2.**

N.º	Amostras (m)	Megascclera					Gemosclera Intacta	Identificação	Tipo de ambiente
		Beta	Intacta	Fragmentada	Diaene	Tilóstilo			
1	0 – 0,4	0	0	5	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
2	0,7 – 1	0	0	8	0	1	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
3	1 – 1,3	0	0	8	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
4	1,9 – 2,1	0	0	25	0	2	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
5	2,6 – 2,8	0	0	32	0	2	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
6	3,3 – 3,6	0	0	34	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
7	4,2 – 4,5	0	0	106	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
8	4,5 – 4,8	0	1	76	1	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
9	5,1 – 5,4	0	0	97	2	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
10	6 – 6,3	0	0	20	0	2	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
11	6,3 – 6,6	0	0	16	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
12	6,9 – 7,2	0	0	110	5	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
13	7,2 – 7,5	0	3	35	1	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
14	7,5 – 7,8	0	0	32	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
15	7,8 – 8,1	0	2	100	1	2	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
16	8,1 – 8,4	1	1	113	4	0	2	Radiospongilla inesi	Característica de córregos e lagos.
17	8,4 – 8,7	0	2	102	4	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
18	9 – 9,3	0	3	140	7	0	0	* <sub>1</sub>	Água salgada
19	9,3 – 9,6	0	3	16	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
20	9,6 – 9,9	0	1	12	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
21	9,9 – 10,2	0	0	26	0	0	2	* <sub>1</sub>	Água doce
22	10,2 – 10,5	0	3	62	0	0	1	Ephydatia sp.	Característica de rios e ambientes costeiros.
23	10,5 – 10,8	0	1	7	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
24	10,8 – 11,1	0	0	1	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
25	11,4 – 11,7	0	0	17	0	0	0	* <sub>2</sub>	----
26	12,3 – 12,5	0	0	7	0	0	0	* <sub>2</sub>	----

\*<sub>1</sub> Os tipos de espículas de esponjas identificadas nessas amostras não permitiu a identificação de espécies, apenas indicar o tipo de ambiente.

\*<sub>2</sub> Os tipos de espículas de esponjas identificadas nessas amostras não permitiu a identificação de espécies e nem de tipo de ambiente.

## APÊNDICE VII – Resultados das análises de sedimentos coletados na SONDAGEM 3 na Lagoa de Maricá.

N°.	ID. (m)	Cor (Carta de Munsell)*	Granulometria														Class. Wentworth (1922)* <sub>1</sub>	MO (%) <sup>*<sub>2</sub></sup>	Morfoscopia (0,500mm)		
			Cas. (%)	Areia (%)					Total	Lama (%)						Total			Brilho	Arredondamento	
				AMG	AG	AM	AF	AMF		SMG	SG	SM	SF	SMF	Total						Arg.
1	0 – 0,3	2.5Y 7/1 Cinzeno claro	21,9	36,4	22,1	9,9	3,3	1,2	72,9	0,6	1,1	0,9	0,8	0,7	4,1	0,7	4,8	Areia cascalhosa	7,2	Vitreo	Subangular
2	0,3 – 0,5	2.5Y 7/1 Cinzeno claro	21,9	27,9	19,6	9,3	3,6	2,6	63	4,1	3	1,9	1,8	1,6	12,4	2,4	14,8	Areia cascalhosa	5,3	Vitreo	Subangular
3	0,5 – 0,6	2.5Y 7/3 Bruno-claro-acinzentado	15,5	25,1	18,8	9,4	4	2,1	59,4	8,5	5,2	3,2	2,6	2,3	21,8	2,9	24,7	Areia siltosa	8	Vitreo	Subangular
4	0,8 – 1	2.5Y 7/4 Bruno-claro-acinzentado	13,1	22,2	15,9	8,6	4,5	2,4	53,6	10,5	7,7	4,3	3,4	3,1	29	4	33	Areia siltosa	4,2	Vitreo	Angular
5	1 – 1,2	2.5Y 7/2 Cinzeno claro	15,3	20,3	16,4	5,9	3,7	2,6	48,9	11,2	6,5	4,4	4,4	3,8	30,3	5,3	35,6	Areia siltosa	7,3	Vitreo	Angular
6	1,4 – 1,6	2.5Y 8/2 Bruno-claro-acinzentado	9,4	20,9	15,7	7,3	4,7	3,2	51,8	11,6	7,2	5,2	5,1	4,3	33,4	4,9	38,3	Areia siltosa	7	Vitreo	Subangular
7	1,6 – 1,8	2.5Y 7/1 Cinzeno claro	14,8	20,9	9,5	5,5	6,1	4,1	46,1	11,4	7,5	5	5,1	4,3	33,3	5,4	38,7	Areia siltosa	5,7	Vitreo	Subangular
8	1,8 – 2	2.5Y 8/1 Branco	14,2	18,3	9,2	4,7	5,9	4,6	42,7	9,3	7,9	5,4	5,6	5,3	33,5	9,1	42,6	Areia siltosa	3,5	Vitreo	Angular

\* A cor das amostras foi observada quando as mesmas foram coletadas, ainda úmidas.

\*<sub>1</sub> Classificação com base em Wentworth (1922) apud Pettijohn (1975).

\*<sub>2</sub> Teor de matéria orgânica foi quantificado com peróxido de hidrogênio nos sedimentos arenosos e por calcinação nos sedimentos lamosos (mufla).

### APÊNDICE VIII – Resultados das análises de sedimentos coletados na SONDAGEM 4 na Lagoa de Maricá.

N°.	ID. (m)	Cor (Carta de Munsell)*	Granulometria														Class. Wentworth (1922)* <sub>1</sub>	MO (%) <sup>*<sub>2</sub></sup>	Morfoscopia (0,500mm)			
			Cas. (%)	Areia (%)					Total	Lama (%)						Total			Arg.	Total	Brilho	Arredondamento
				AMG	AG	AM	AF	AMF		SMG	SG	SM	SF	SMF	Total							
1	0 – 0,2	2.5Y 2.5/1 Preto	0,7	2,6	10,8	11,9	6,2	3,5	35	6,7	11,8	14,3	13,7	10,6	57,1	7,2	64,3	Silte arenoso	81	Vítreo	Subangular	
2	0,2 – 0,5	2.5Y 2.5/1 Preto	2,4	8,3	18	18,6	11,2	4,7	60,8	3,7	7,6	8,8	7,8	5,5	33,4	3,4	36,8	Areia siltosa	15,1	Vítreo	Subangular	
3	0,5 – 1	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	3,6	7,2	11	12,8	9,6	7,7	48,3	7,2	9,4	9,2	9,2	7,4	42,4	5,7	48,1	Areia siltosa	13,5	----	----	
4	1 – 1,5	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	0,8	2,9	9,7	12,3	8	9	41,9	10,6	13,5	10,8	9,4	7,4	51,7	5,6	57,3	Silte arenoso	11,1	Vítreo	Subangular	
5	1,5 – 2	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	2,8	2,4	8,8	19,1	18,1	14,4	62,8	6,7	7,2	5,7	5,5	4,9	30	4,4	34,4	Areia siltosa	9,2	----	----	
6	2 – 2,5	2.5Y 3/2 Bruno-acinzentado muito escuro	1	2,2	10,4	18,9	14,7	12,8	59	9,7	9,2	6,3	5,5	4,7	35,4	4,6	40	Areia siltosa	11,5	Vítreo	Subangular	
7	2,5 – 3	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	13,5	15,6	17,1	14,9	12	7,6	67,2	5,2	5,2	2,9	2,3	1,9	17,5	1,8	19,3	Areia siltosa	7,1	----	----	
8	3 – 3,5	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	5,4	16,1	24,5	20,1	12,8	9,1	82,6	3,6	3,4	1,9	1,3	1	11,2	0,8	12	Areia siltosa	7,6	Vítreo	Subangular	
9	3,5 – 4	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	18,8	22	15,1	6,4	2,3	1	46,8	4,8	7,4	6,7	6,1	5,1	30,1	4,3	34,4	Areia siltosa	7,2	----	----	
10	4 – 4,5	2.5Y 2.5/1 Preto	2,6	9,1	13,2	13,5	13,2	12	61	9,1	8,1	5,4	4,9	4,3	31,8	4,6	36,4	Areia siltosa	7,9	Vítreo	Subangular	
11	4,5 – 5	2.5Y 3/1 Cinzento muito escuro	10,1	22,2	25,9	18,1	10	4,8	81	1,6	2	1,5	1,4	1,2	7,7	1,2	8,9	Areia cascalhosa	9,2	----	----	
12	5 – 5,5	2.5Y 2.5/1 Preto	7,1	22,4	15,8	10,1	4,5	0,2	53	10,4	10,5	6,2	4,9	4	36	3,9	39,9	Areia siltosa	10,3	Vítreo	Subangular	
13	5,5 – 6	5Y 5/1 Cinzento	8,7	10,3	10,8	8,4	6,4	5,5	41,4	5,5	7,6	7,7	8,3	9,1	38,2	11,6	49,8	Areia siltosa	2,6	----	----	
14	6,5 – 7	5Y 6/1 Cinzento	25,7	26,1	23,2	15,2	4,1	1,4	70	0,6	0,9	0,8	0,7	0,7	3,7	0,6	4,3	Areia cascalhosa	3,5	Vítreo	Subangular	

\* A cor das amostras foi observada quando as mesmas foram coletadas, ainda úmidas.

\*<sub>1</sub> Classificação com base em Wentworth (1922) apud Pettijohn (1975).

\*<sub>2</sub> Teor de matéria orgânica foi quantificado com peróxido de hidrogênio nos sedimentos arenosos e por calcinação nos sedimentos lamosos (mufla).

**APÊNDICE IX – Resultados da Identificação das conchas da SONDAGEM 4.**

N.º	Amostras (m)	Exemplares	Identificação		Tipo de ambiente
1	1,5 - 2	28	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	Regiões estuarinas, em substrato arenolamoso e sobre a alga verde <i>Enteromorpha</i> . * <sub>2</sub>
2	2 - 2,5	3	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
3	2,5 - 3	2	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
		4	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	Molusco (bivalve)	Característica de praias lamosas dentro de baías ou estuários e em regiões de entremarés até 5 metros de profundidade.* <sub>4</sub>
		1	<i>Cerithium atratum</i>	Molusco (gastrópode)	Locais com substrato arenoso, lamoso e rochoso, em regiões de entremarés, até 80 m de profundidade.
4	3 – 3,5	3 frags.	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
5	3,5 - 4	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
6	4 – 4,5	12	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
7	4,5 – 5	1	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	Molusco (bivalve)	* <sub>4</sub>
		1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>
8	5 – 5,5	1	<i>Heleobia australis</i>	Molusco (gastrópode)	* <sub>2</sub>

**APÊNDICE X – Resultados da análise de espículas de esponjas da SONDAGEM 4.**

N.º	Amostras (m)	Megasclera					Gemosclera		Identificação	Tipo de ambiente
		Beta	Intacta	Fragmentada	Diaene	Tilóstilo	Intacta	Fragmentada		
1	0,2 – 0,5	0	2	81	0	0	2	2	Anheteromeyenia sp.	Característica de água doce de rios e córregos. <sup>**1</sup>
2	0,5 – 1	0	0	3	0	0	0	0	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
3	1 – 1,5	0	0	2	0	0	0	0	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
4	2 – 2,5	0	1	4	0	0	0	0	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
5	2,5 – 3	0	0	1	0	0	0	0	----	----
6	3 – 3,5	0	0	1	0	0	0	0	----	----
7	3,5 – 4	0	0	1	0	0	0	0	----	----
8	4 – 4,5	0	0	1	0	0	0	0	----	----
9	4,5 – 5	0	0	0	0	0	1	1	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
10	5 – 5,5	0	0	4	0	0	2	1	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
11	5,5 – 6	0	0	11	0	0	7	1	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>
12	6,5 – 7	0	0	3	0	0	1	1	Anheteromeyenia sp.	<sup>**1</sup>

**6.2 – Artigo: Geomorfologia, sedimentação e processos atuantes na lagoa de Maricá, Rio de Janeiro**

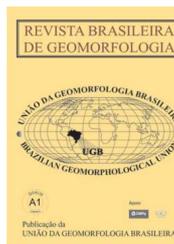


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## 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 as the understanding of the lagoon dynamics. For that, bathymetric data and 72 samples from the lagoon margin and bottom were acquired. Several analysis 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).

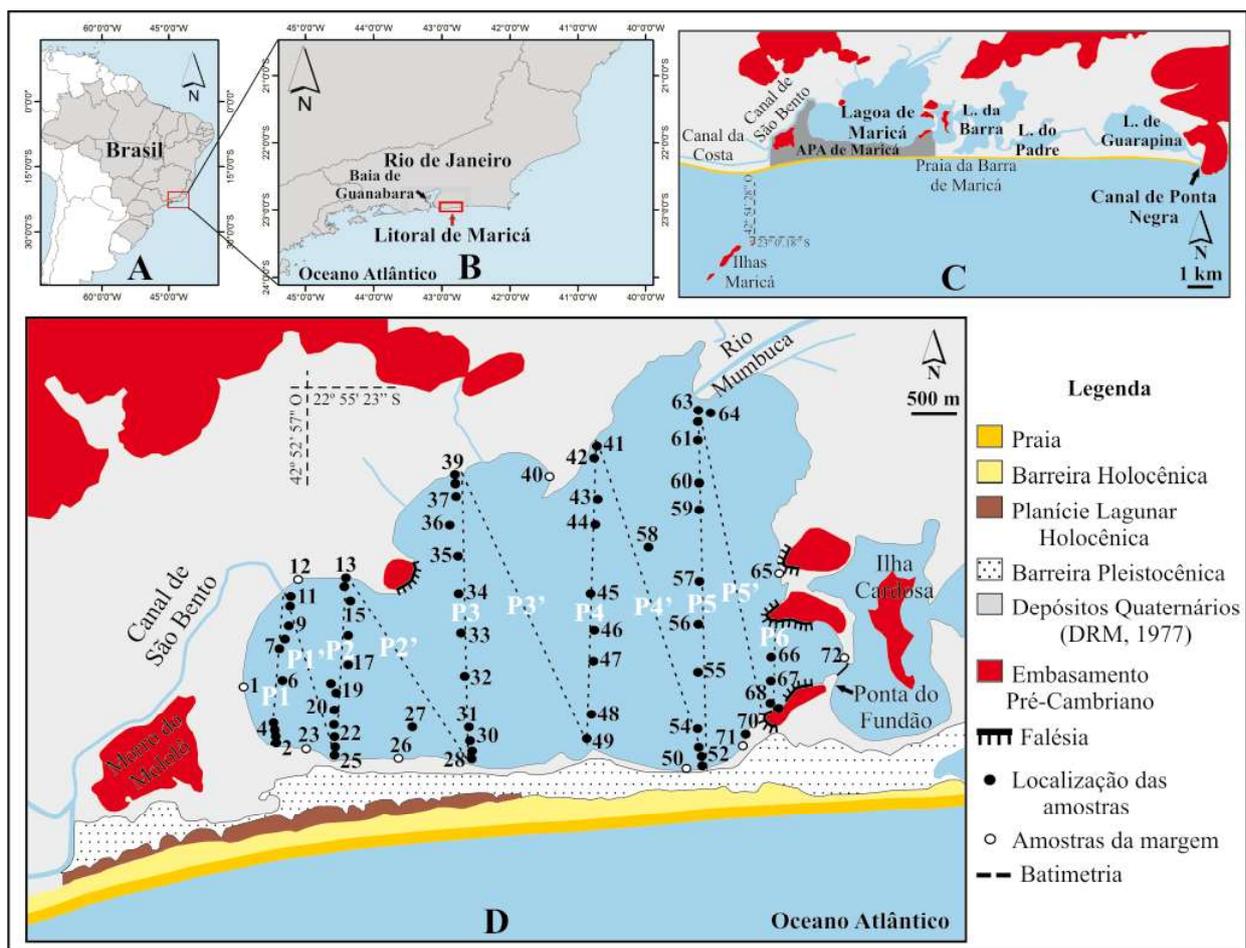


Figura 1 – (A, B e C) Localização da área de estudo, (D) dos pontos de coleta de amostras e dos perfis de levantamento batimétrico da Lagoa de Maricá.

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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>, 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 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: (A) 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.

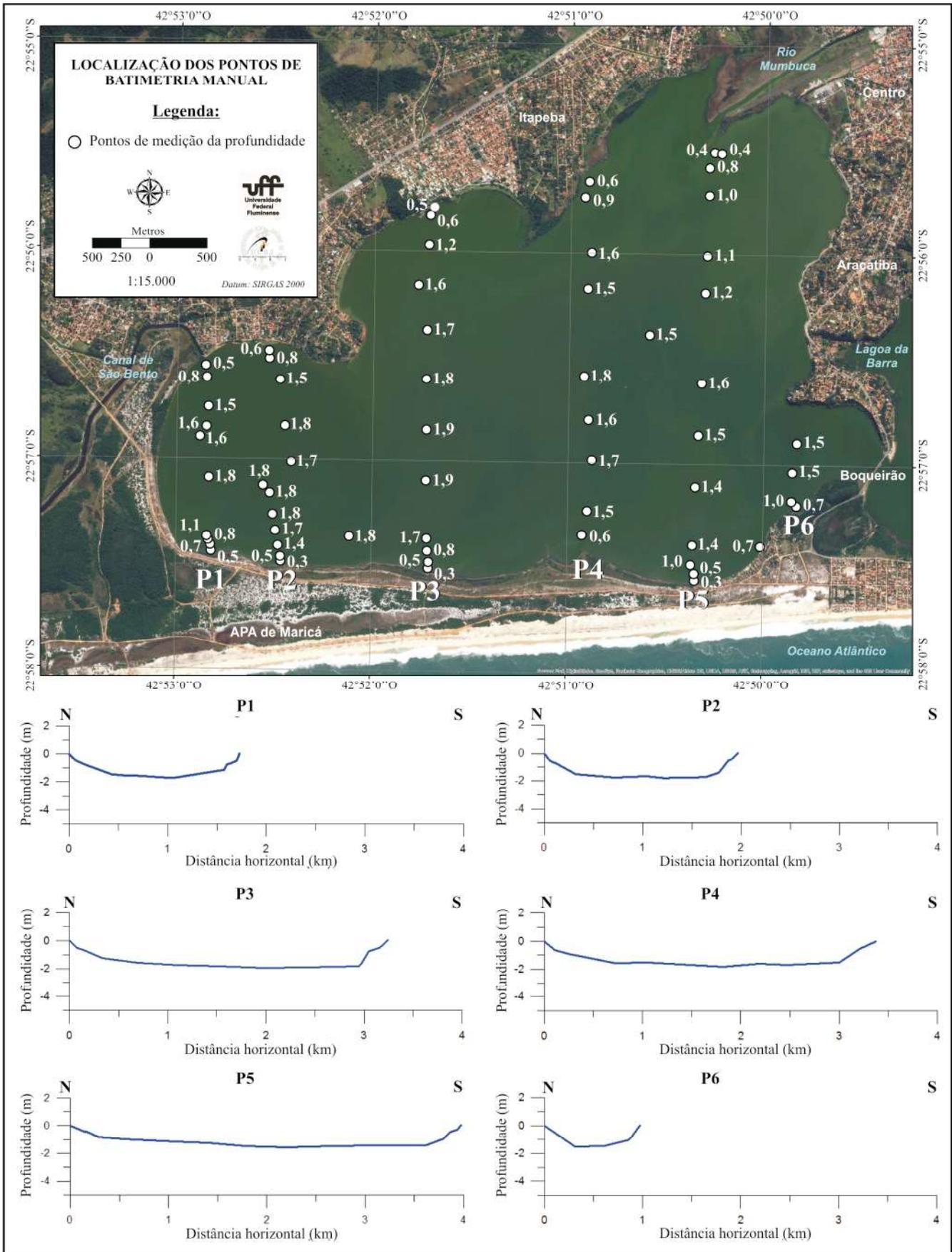


Figura 3 – Profundidades medidas manualmente e perfis batimétricos e morfologia do fundo da Lagoa de Maricá.

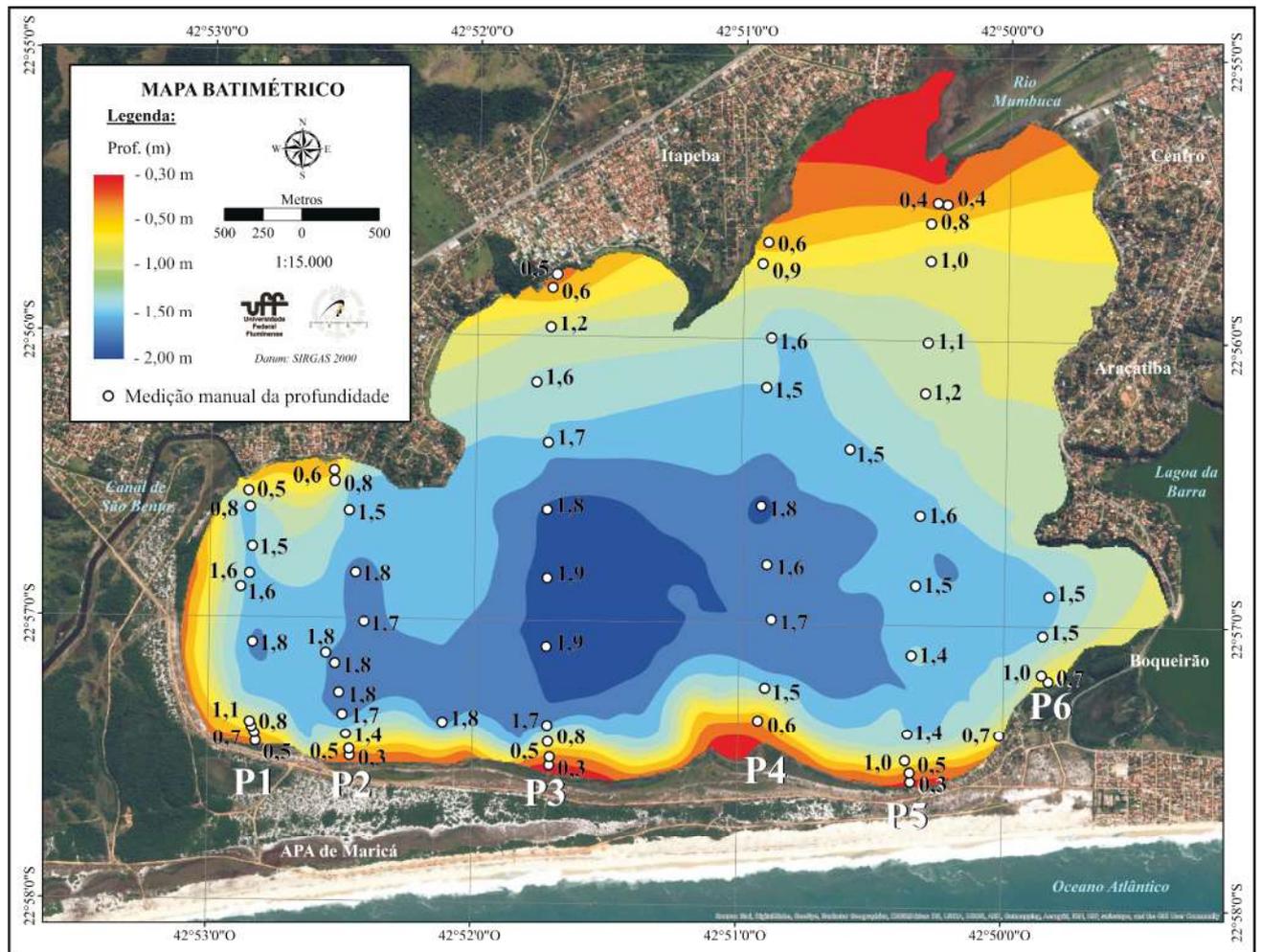


Figura 4 – Mapa batimétrico associando os dados adquiridos manualmente e com o ecobatímetro.

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.

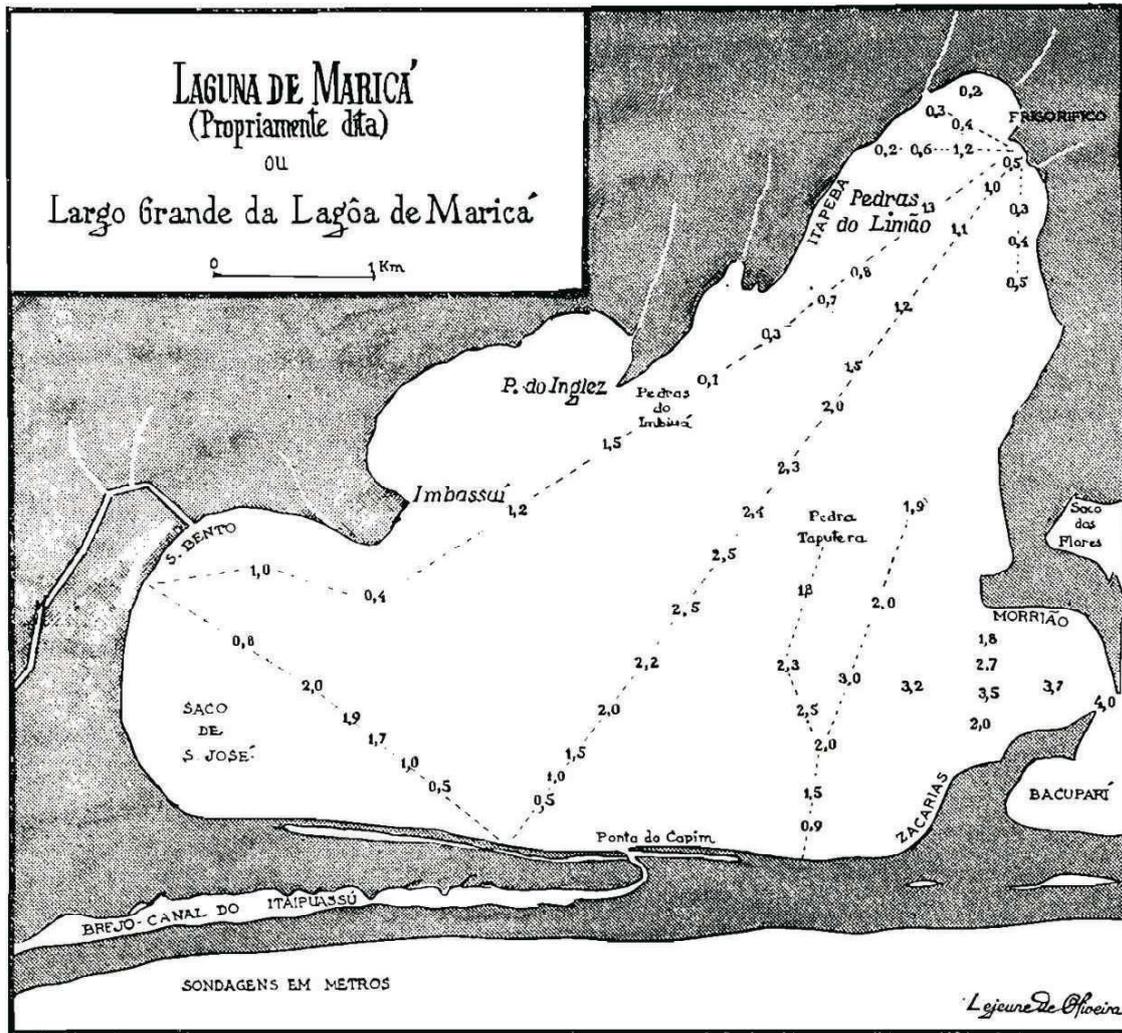


Figura 5 – Dados de profundidade da Lagoa de Maricá obtidos na década de 1950 por Oliveira et al. (1955).

A taxa de sedimentação para a Lagoa de Maricá foi medida através de análises de isótopos de  $^{210}\text{Pb}$ , 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 lagunas 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).

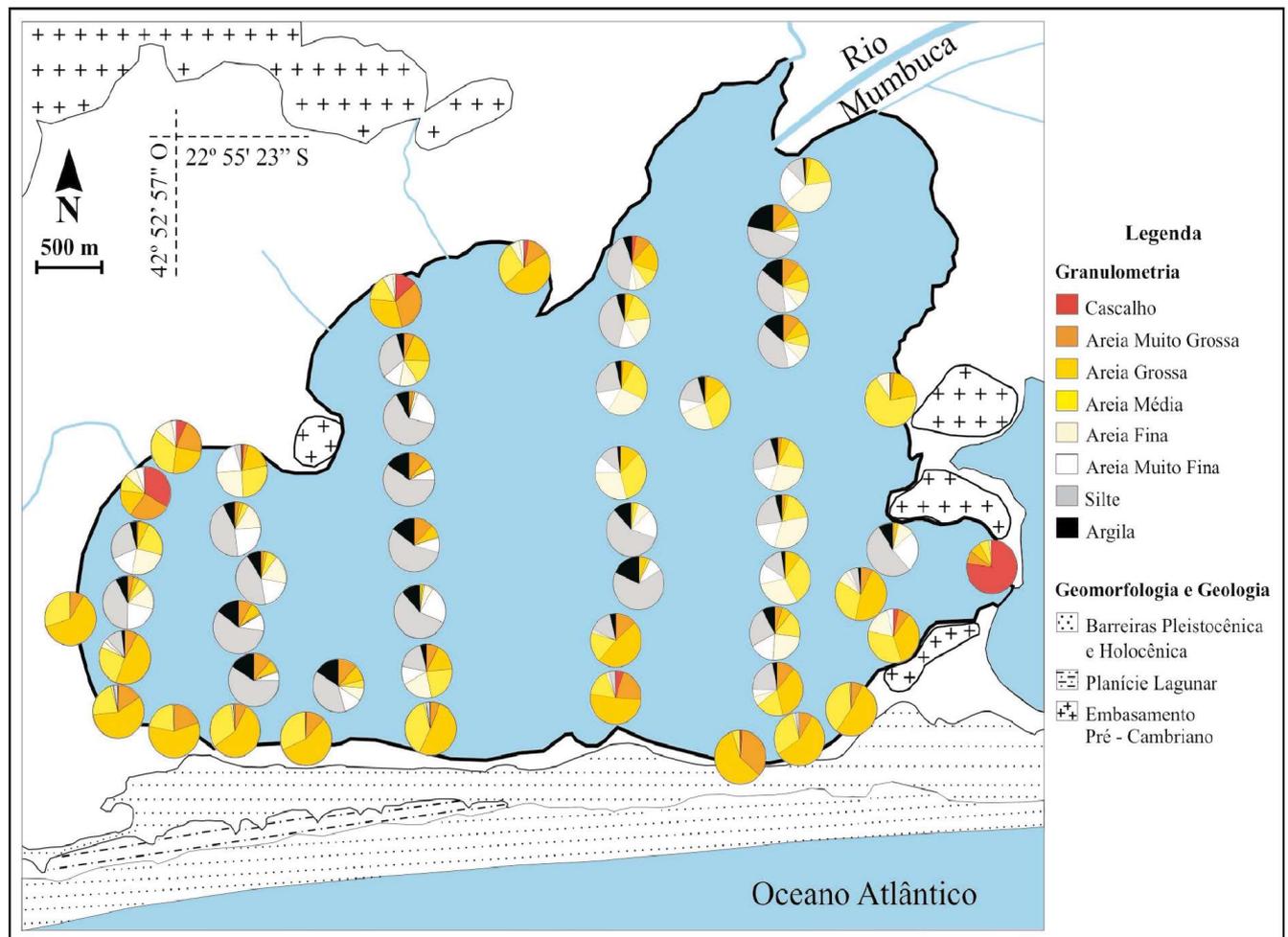


Figura 6 – Granulometria dos sedimentos de fundo e margem da Lagoa de Maricá.

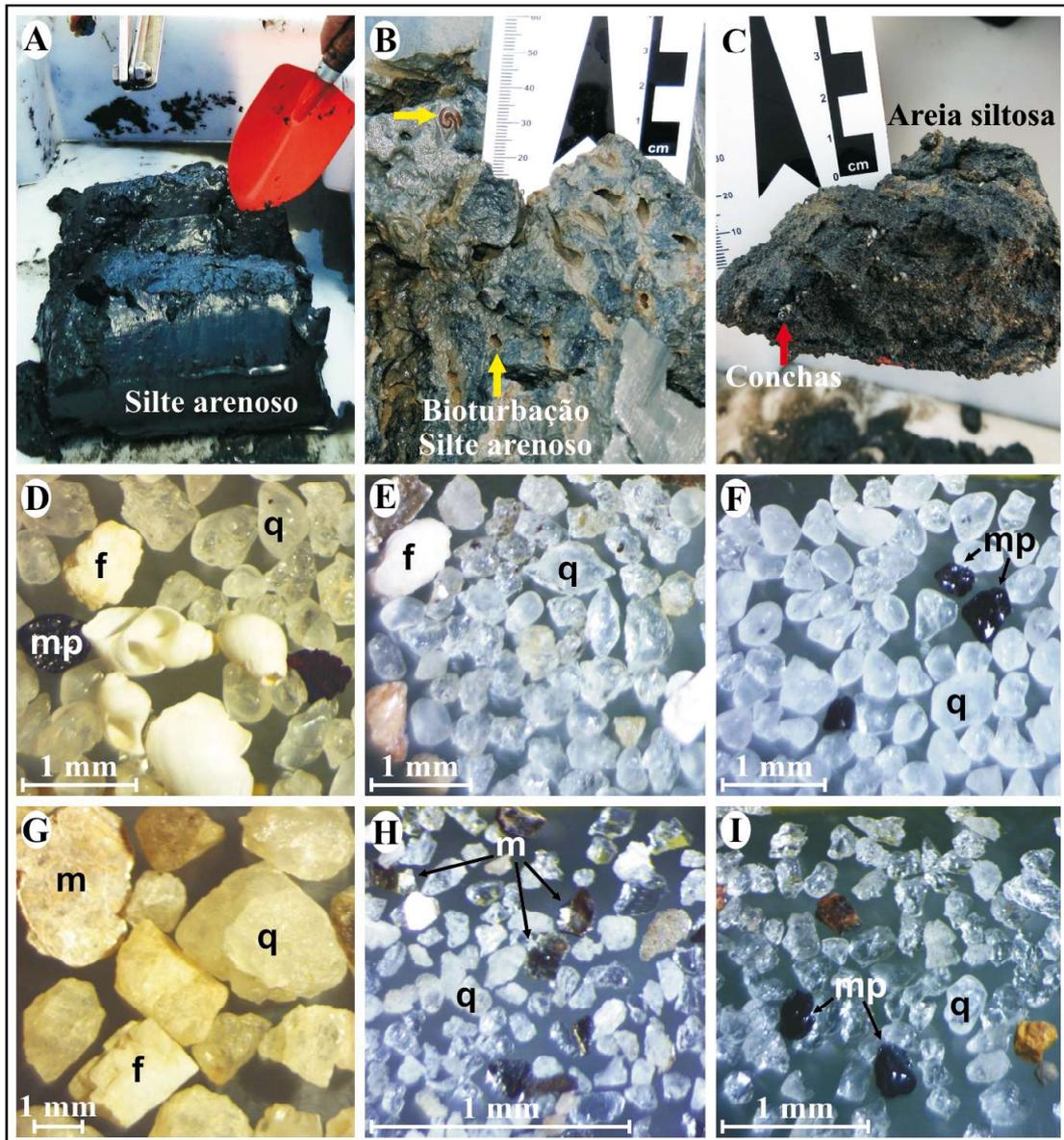


Figura 7 – Sedimentos do fundo da Lagoa de Maricá: (A) silte arenoso com (B) bioturbação (seta), (C) areia siltosa com conchas (seta). Margem lagunar: (D e E) areia quartzosa (q) grossa com conchas e feldspato (f) nas margens sul e (F) oeste, (G) cascalho e (H) areia fina com micas (m) na margem norte,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

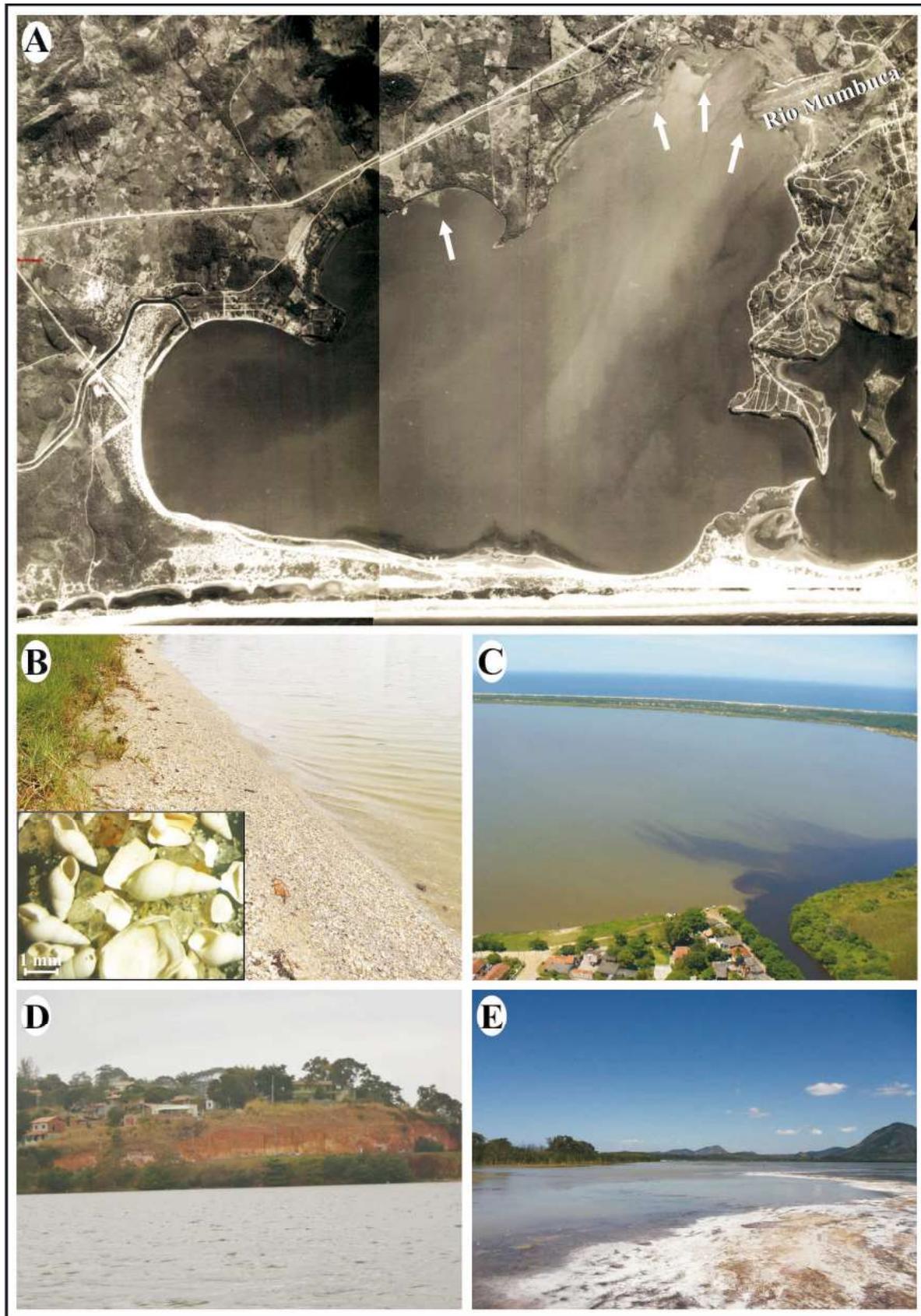


Figura 8 – Fontes de sedimentos e áreas de acumulação: (A) Rio Mumbuca; (B) areia rica em conchas na margem leste; (C) Canal de São Bento e despejo de esgoto na Lagoa de Maricá; (D) falésia na margem norte; (E) acúmulo de matéria orgânica na superfície lagunar. Fotos: (A) DHN, 1954; (C) Desirée Guichard,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



Figura 9 – Ondas formadas pelos ventos fortes na Lagoa de Maricá.

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.

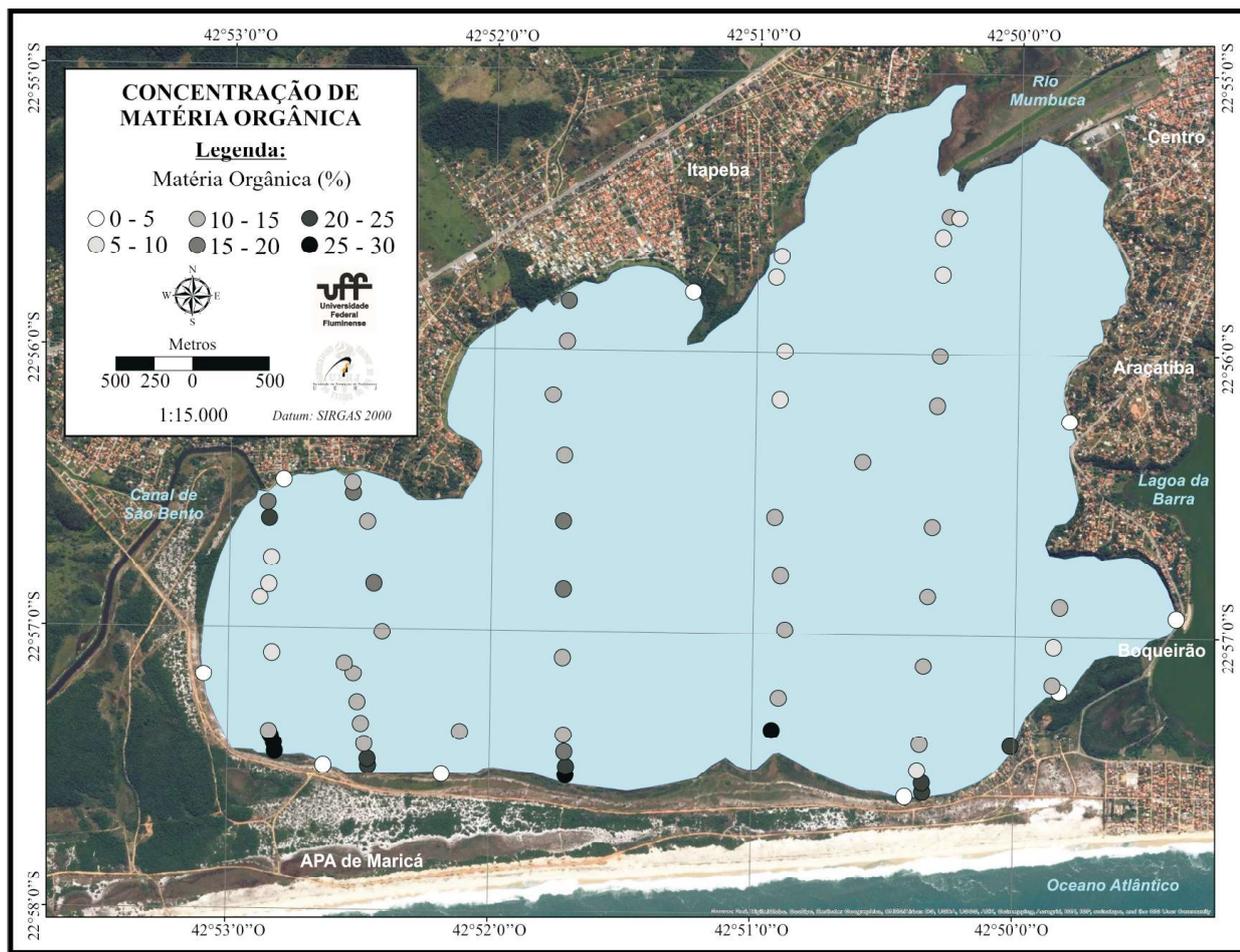


Figura 10 – Mapa indicando a concentração de matéria orgânica na Lagoa de Maricá.

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: **Restingas, origens, processos**. Lacerda, L. D., Araújo, D. S. D., Cerqueira, R.; Turcq, B. (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.