



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista



CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS ESTUÁRIOS DOS
RIOS ITAGUARÉ E GUARATUBA (BERTIOGA, SP) COM BASE
NOS PARÂMETROS GEO-FÍSICO-QUÍMICOS, BATIMETRIA E
IMAGEAMENTO DO FUNDO

KLEBER BARRIONUEVO BARALDO

SÃO VICENTE -SP
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS ESTUÁRIOS DOS
RIOS ITAGUARÉ E GUARATUBA (BERTIOGA, SP) COM BASE
NOS PARÂMETROS GEO-FÍSICO-QUÍMICOS, BATIMETRIA E
IMAGEAMENTO DO FUNDO

Aluno: Kleber Barrionuevo Baraldo

Orientador: Dr. Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, UNESP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Aquática

SÃO VICENTE - SP
2018

551.4 Baraldo, Kleber Barrionuevo
B231 Caracterização e comparação dos estuários dos rios Itaguapé e
Guaratuba (Bertioga, SP) com base nos parâmetros geo-físico-
químicos, batimetria e imageamento do fundo / Kleber
Barrionuevo Baraldo. - São Vicente, 2018.

99 p.: il, figs., gráfs.,

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Campus do Litoral Paulista - Instituto de Biociências.

Orientador: Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann

1. Estuários. 2. Geomorfologia. 3. Morfodinâmica. 4.
Itaguapé, Rio. 5. Guaratuba, Rio. 6. Bertioga (SP). I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP
Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:

AUTOR: KLEBER BARRIONUEVO BARALDO

ORIENTADOR: FRANCISCO SEKIGUCHI DE CARVALHO E BUCHMANN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em BIODIVERSIDADE AQUÁTICA, área: BIODIVERSIDADE pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. FRANCISCO SEKIGUCHI DE CARVALHO E BUCHMANN
Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista / UNESP

Prof. Dr. JOSEPH HARARI
Instituto Oceanográfico / USP



Prof. Dr. ROBERTO FIORAVANTI CARELLI FONTES
Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista / UNESP



São Vicente, 21 de junho de 2018.

*"Dedico este trabalho à minha querida Chess, que desde 2010 consegue fazer os meus dias melhores e mais felizes. Pelo carinho, atenção, paciência, sinceridade, e pelo fator multiplicador que você trouxe às coisas boas da minha vida. Com você, vou até o infinito, e além!
Te amo!" =o)*

AGRADECIMENTOS

Primeiro, e mais importante, à Chess (Jésica Fey), por todo o apoio desde o começo do mestrado. Pela ajuda em praticamente todas as etapas do trabalho. Pelas horas e horas de análise dos dados, escrita do texto, correrias, e por ter alguém tão especial para poder dividir os momentos bons (principalmente aqueles que sentimos quando percebemos que os dados do trabalho fazem sentido!).

Ao grande amigo e orientador prof. Dr. Francisco Buchmann (Chico Buchmann) que literalmente embarcou nessa aventura. Pelo apoio, conversas, apoio logístico, e principalmente pela parceria de mais de dez anos.

Aos Dr. Roberto Fontes (Bob) e Dra. Milene Fornari pela ajuda durante o desenvolvimento da pesquisa, pelas correções e dicas de grande valia no exame de qualificação.

Aos Dr. Joseph Harari e Dr. Roberto Fontes, por aceitarem compor a banca examinadora da dissertação, e pelas excelentes considerações elencadas, que melhoraram consideravelmente a qualidade técnica deste trabalho.

À Dra. Ana Júlia Fernandes, coordenadora da do programa de pós-graduação, pelo apoio, boa vontade e disposição para encontrar soluções em tempos em que conciliar o mestrado e o trabalho foi mais difícil.

À CODESP, por autorizar minha dispensa do trabalho nos dias de coleta e durante as disciplinas do mestrado.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Mauricio Gaspar e Luis Antonio Nogueira Jr., por aguentarem o “tranco” do maior porto do Hemisfério Sul durante a minha ausência no trabalho.

Aos funcionários da Secretaria Técnica Acadêmica da UNESP, e aos técnicos de laboratório, pela paciência, boa vontade e agilidade na assistência aos alunos, em especial a Aline, por toda a ajuda com as amostras de sedimentos.

Ao grande amigo Tan Tjui Yeuw pelo companheirismo de sempre, e pelas considerações e ajuda com o final do manuscrito.

À Roberta Merguizo, por todo o apoio e dicas valiosas, e principalmente pelos modelos de relatórios e formulários (já com a formatação certa!), e pela disposição para responder a qualquer pergunta a qualquer hora.

À Catota (Camila) e à família Nakaharada, pela hospedagem e apoio logístico (“Base Científica - UNESP Guaratuba”), além dos papos cabeça, sempre tão necessários para a nossa boa sanidade mental.

À Satu (Luísa Tavares) e ao Cala (Luís Felipe), por nos receberem sobretudo aos finais de semana de coleta, ou arranjar um teto pra gente (obrigado Aline e Raphael!).

A todos os que colaboraram durante as coletas: Caio Miyai (Shibinha) Henrique Chaves, Erick Antal Cruz, Lucas Morais (Geleia), Catota, e obviamente à Chess, que não perdeu nenhuma coleta!

À equipe do Parque Estadual Restinga de Bertiooga (PERB), pelo apoio ao trabalho e hospedagem na sede do parque.

À Aracy, responsável pelo local de embarque e desembarque (Porto Guaratuba), pelo apoio e por facilitar a logística de campo.

Ao Anderson, caiçara residente do Itaguaré, responsável pelo ponto de embarque e desembarque, e criador do Projeto Garra Ecológica, que mantém o local sempre bem preservado e muito limpo. Pela paixão pela natureza e compreensão da importância da ciência para a conservação do ambiente e da biodiversidade. E acima de tudo pela boa vontade de sempre, inclusive deixando sua própria embarcação à disposição dos pesquisadores.

À família que sempre me apoiou, respeitou e incentivou os caminhos que eu escolhi trilhar.

Às minhas famílias argentinas, alemãs e norte-americanas.

A Charles Darwin, como de costume.

À Deus e ao pessoal responsável pela limpeza da Plaza General Artigas, no Chuí (Uruguai).

"O professor se liga à eternidade. Ele nunca sabe quando cessa a sua influência".
(Henry Adams)

RESUMO

Estuários são ambientes heterogêneos, altamente complexos, e condicionados por diversos fatores ambientais. Nenhum estuário é igual a outro, e é esta diversidade que os torna tão importantes do ponto de vista da conservação. A grande quantidade de recursos naturais disponíveis nesses ambientes favorece o desenvolvimento de assentamentos urbanos nas suas margens, podendo comprometer o equilíbrio natural. A partir do conhecimento detalhado dos sistemas estuarinos é possível traçar metas assertivas para a conservação e gestão destes ambientes tão singulares. O presente estudo visa a caracterização e comparação dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga, SP) quanto aos seus parâmetros geo-físico-químicos. A área de estudo está localizada na planície costeira da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista e inserida no Parque Estadual Restinga de Bertioga. Foram realizados levantamentos semestrais de batimetria e imageamento com sonar de varredura lateral, com o intuito de conhecer as profundidades e feições de fundo dos estuários, avaliando a dinâmica de processos erosivos e deposicionais. Medições mensais de salinidade, temperatura e turbidez foram realizadas ao longo de um ano, visando avaliar o comportamento sazonal da intrusão salina e da zona de máxima turbidez. Para verificar variações na granulometria, foram coletadas amostras de sedimentos nos mesmos pontos de medição das variáveis físico-químicas da água. Os resultados foram avaliados de forma integrada, utilizando técnicas de geoprocessamento e análise espacial, em conjunto com dados secundários de maregrafia e precipitação, analisando-se a influência de fatores meteoceanográficos na coluna d'água e na configuração do fundo ao longo desses ambientes. A comparação das batimetrias demonstrou que as regiões mais próximas da cabeceira de ambos estuários são influenciadas pela dinâmica fluvial, havendo erosão do fundo durante o inverno. Próximo à foz, o Itaguapé apresenta uma elevada dinâmica nos bancos de areia associada à ressacas. As feições de fundo apresentaram relação com a granulometria, e foi possível determinar regiões com sedimentos arenosos e areno-lamosos ao longo de ambos os estuários. A análise conjunta de dados de turbidez, granulometria e imageamento de fundo permitiram identificar a zona de máxima turbidez a cerca de 3,5 km da foz em ambos estuários. O estuário do rio Itaguapé é mais influenciado por eventos de ressaca, e o estuário do rio Guaratuba pela variação sazonal de precipitação na sub-bacia. O estuário do rio Itaguapé foi classificado como parcialmente misturado, ou de cunha salina (dependendo das condições), enquanto que o estuário do rio Guaratuba variou entre parcialmente misturado e bem misturado segundo a classificação de Pritchard (1955). Os dados de geomorfologia, batimetria e zonação dos estuários poderão subsidiar o gerenciamento e o uso sustentável destes locais, assim como avaliar o impacto de modificações nos parâmetros geo-físico-químicos ocasionadas por ações antrópicas em ambientes estuarinos.

Palavras chave: estuários, salinidade, estratificação, zona de máxima turbidez, batimetria, imageamento com sonar de varredura lateral, geoprocessamento.

ABSTRACT

Estuaries are highly complex heterogeneous environments, conditioned by different environmental factors. Every estuary has particular characteristics, and this diversity makes them so important for conservation. The great amount of available natural resources in these environments contributes to urban settlement developments on their surroundings, which may compromise their natural balance. Detailed knowledge of estuarine systems helps establish assertive goals for the conservation and management of these unique environments. This study aims to characterize and compare Itaguapé and Guaratuba estuaries (Bertioga, SP) regarding their geophysical-chemical characteristics. The study area is located on the Baixada Santista Basin's coastal plain, and inserted in the Restinga of Bertioga State Park. Biannual bathymetry and side scan sonar surveys were carried in order to evaluate erosive and depositional processes affecting depths and bottom features of the estuaries. Salinity, temperature and turbidity measurements were carried out monthly over a period of one year to evaluate seasonal behavior of saline intrusion and the estuarine turbidity maximum. Sediment samples were collected in order to verify granulometry variations. Results were evaluated in an integrated manner, using geoprocessing and spatial analysis techniques, coupled with secondary data of mareography and precipitation, analyzing the influence of meteoceanographic factors in the water column and the background configuration along these environments. Bathymetry analysis showed that regions close to estuaries heads (in both cases) are influenced by river dynamics, demonstrating bed erosion during winter. Near the mouth, the Itaguapé presents high dynamics of sand banks associated with storm surges caused by the strong oceanic winds. Bottom features were associated to granulometry, and it was possible to determine regions with sand and mud-sand sediments along both estuaries. The combined analysis of turbidity, granulometry and side scan imagery showed the estuarine turbidity maximum at about 3.5 km from the mouth of both estuaries. The Itaguapé River estuary is mainly influenced by storm surge events than the Guaratuba River estuary, which is more influenced by seasonal variation of precipitation in the watershed. Itaguapé estuary was classified as partially mixed, or salt wedge estuary (depending on the conditions), while Guaratuba ranged between partially mixed and well mixed estuary, according to Pritchard (1955) classification. The knowledge about geomorphological, bathymetric and estuarine zonation characteristics, contributes to sustainable management and use of these environments, and will help to estimate the impact of anthropogenic changes in geophysical-chemical parameters in estuaries.

Key-words: estuaries, salinity, stratification, estuarine turbidity maximum, bathymetry, side scan sonar imagery, geoprocessing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AGEM** - Agência Metropolitana da Baixada Santista
- CLP** - Campus do Litoral Paulista (UNESP)
- NPH-UNISANTA** - Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas (UNISANTA)
- CEMADEN** - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- CHM** - Centro de Hidrografia da Marinha
- CODESP** - Companhia Docas do Estado de São Paulo
- COTEC** - Comissão Técnico-Científica do Instituto Florestal
- CPTEC** - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
- EEAB** - Elevatória de Água Bruta (SABESP)
- EPSPG** - European Petroleum Survey Group (Grupo de Pesquisa Petrolífera Européia)
- GPS** - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
- GUA** - Guaratuba
- IB-UNESP** - Instituto de Biociências (UNESP)
- ITA** - Itaguapé
- LEP** - Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia (UNESP)
- M.D.** – Margem direita
- M.E.** – Margem esquerda
- NTU** - Unidade Nefelométrica de Turbidez
- PERB** - Parque Estadual Restinga de Bertiooga
- PESM** - Parque Estadual da Serra do Mar
- SABESP** - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SIRGAS** - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- SONAR** - Sound Navigation and Ranging (Navegação e Determinação da Distância pelo Som)
- SP** - São Paulo (Estado)
- SPAT** - Sistema Produtor do Alto Tietê
- SVL** - Sonar de varredura lateral
- TIN** - Triangular Irregular Network (Interpolação triangular)
- UC** - Unidade de Conservação
- UNESP** - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
- UNISANTA** - Universidade Santa Cecília (Santos, SP)
- UGRHI** - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- UQ** - Unidades Geológico-Geomorfológicas Quaternárias (Souza, 2007)

UTC - Universal Time Coordinated - Tempo Universal Coordenado)

UTM - universal Transverso de Mercator

ZMT - Zona de Máxima Turbidez (ou ZTM - Zona de Turbidez Máxima)

ZC - Zona costeira

ZM - Zona de mistura

ZR - Zona de maré do rio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	19
3. ÁREA DE ESTUDO	20
Características gerais da área.....	20
Rio Itaguaré.....	22
Rio Guaratuba	26
4. MÉTODOS.....	29
4.1 Reconhecimento inicial da área de estudo.....	29
4.2. Estabelecimento dos pontos de coleta	29
4.3 Periodicidade das coletas.....	32
4.4 Maregrafia e precipitação	33
4.5 Batimetria e imageamento.....	35
Aquisição de dados.....	35
Interpretação das imagens de sonar de varredura lateral.....	38
Processamento dos dados de profundidade	39
Determinação do talvegue	40
4.6 Variáveis físico-químicas da água.....	41
4.7 Granulometria.....	44
4.8 Integração dos resultados	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 Maregrafia	47
5.2 Precipitação.....	53
5.3 Batimetria	56
Delimitação do talvegue	64
5.4 Imageamento com sonar de varredura lateral.....	67

5.5 Variáveis físico-químicas da água.....	69
Salinidade	69
Temperatura.....	77
Turbidez	80
5.6 Granulometria.....	85
5.7. Integração dos resultados	94
6. CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	100
APÊNDICE.....	107
Apêndice 1	107
Apêndice 2	108
Apêndice 3 - Plantas batimétricas em formato A3	109
Apêndice 4	114
ANEXOS.....	119
Anexo 1	119
Anexo 2.....	120
Anexo 3.....	121

1. INTRODUÇÃO

Estuários são ecossistemas de transição entre o continente e o oceano, e apresentam uma grande heterogeneidade ambiental. Devido às suas características hidrodinâmicas, estes sistemas complexos são ambientes altamente produtivos, porém especialmente vulneráveis a ações antrópicas. Segundo Miranda *et al.* (2002), aproximadamente 60% das grandes cidades se desenvolvem ao redor de estuários, e como consequência, modificações nos processos de sedimentação e erosão, bem como na geomorfologia, descarga de água doce, correntes de maré e qualidade da água, afetam estes ambientes.

Nenhum estuário é igual a outro, e cada um possui características geológicas, físicas, químicas, e biológicas próprias. O conhecimento detalhado destas características e dos processos atuantes em cada estuário serve como base para a implementação de políticas de manejo e conservação destes ambientes. O cenário atual mostra que boa parte das planícies litorâneas da Baixada Santista já se apresenta alterada de alguma maneira (SOUZA, 1997), chamando atenção para a necessidade da implementação de políticas públicas que direcionem o uso sustentável dessas áreas. Uma das maneiras de assegurar a manutenção dos processos ecológicos e da biodiversidade para as futuras gerações consiste na criação de áreas protegidas, como as Unidades de Conservação (UCs) (Lei 9.985, BRASIL, 2000). Para uma correta elaboração dos seus planos de manejo, o conhecimento detalhado dos diferentes ambientes que as compõem faz-se necessário.

Do ponto de vista físico, estuários foram definidos por Pritchard (1967) como *“ecossistemas de transição entre o continente e o oceano, onde rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada”*, caracterizando-se por ser ambientes com alto dinamismo, mudando constantemente em resposta a diversas forçantes naturais. Uma adaptação desta definição foi proposta por Dyer (1997):

“Estuário é um corpo de água costeiro semifechado com ligação livre ao oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Estes ambientes apresentam uma grande heterogeneidade, tanto entre eles, como ao longo deles mesmos, sendo a distribuição da salinidade característica para

cada estuário. Assim, com base na definição de Dionne (1963), Kjerfve (1987) propõe uma definição que leva em conta fatores climáticos, hidrodinâmicos e de sedimentação que contribuem para a formação dos estuários e são responsáveis pelas características geomorfológicas e fisiográficas destes sistemas:

“Estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente. Esse ambiente pode ser subdividido em três zonas distintas: **zona de maré do rio (ZR)**: parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mas ainda sujeita à influência da maré; **zona de mistura (ZM)**: região onde ocorre a mistura de água doce da drenagem continental com a água do mar; **zona costeira (ZC)**: região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira”.

O limite superior da ZR, chamada também de estuário superior ou fluvial, encontra-se onde cessa a influência da maré (HARLEMAN, 1971) e é chamado de cabeceira. Na ZM ou estuário médio, onde a variação longitudinal e vertical de salinidade é acentuada pela diluição de massas de água fluvial e marinha, a configuração das isohalinas apresenta forma de cunha (cunha salina). Na ZC (estuário inferior ou marinho) está localizada a boca ou foz do estuário e é possível observar a formação de frentes, delimitadas pela presença de uma massa de água de origem oceânica na superfície. Os limites entre as zonas não são estáticos: sua posição varia ao longo do estuário como resposta às diversas forçantes do sistema (descarga fluvial, altura da maré, vento, etc), respondendo a diferentes escalas temporais, como ciclos da maré (enchente, vazante, sizígia, quadratura), variações sazonais (verão, outono, inverno, primavera), anuais (épocas de chuva e estiagem) e de longo período (por exemplo, fenômeno do *El Niño*).

Os estuários podem ser classificados pelas suas características geomorfológicas (PRITCHARD, 1952) ou de acordo com a estratificação vertical de salinidade na ZM (PRITCHARD, 1955). Segundo essa classificação, os estuários se dividem em três tipos:

Cunha salina (tipo A): típicos de regiões de micromaré e de lugares em que predominam condições de grande descarga fluvial, sendo dominados por esta e pelo processo de entranhamento, resultando no aumento de salinidade da camada superficial e sendo a mistura por difusão turbulenta desprezível. A cunha salina não se mantém estacionária, uma vez que busca o equilíbrio em resposta às variações da descarga fluvial e da maré (STOMMEL, 1953; GEYER, 1986). O movimento da

camada superficial estuário abaixo é contínuo, e a salinidade desta camada aumenta em direção à foz. Nestes estuários a circulação é dominada pela descarga fluvial.

Moderadamente ou parcialmente misturado (tipo B): apresentam gradientes verticais moderados de salinidade por meio da mistura, com energia de maré suficientemente elevada para produzir turbulência interna. Gera-se uma troca eficiente entre as águas do rio e a do mar e o movimento em camadas, superficiais e profundas, em sentidos opostos, transporta água do mar estuário acima nas camadas mais profundas. A variação quinzenal da maré entre as fases de quadratura e sizígia provoca, respectivamente, a intensificação e relaxamento da estratificação vertical de salinidade.

Verticalmente bem misturado (tipos C e D): São estuários cujas águas são bem misturadas, geralmente apresentam canais rasos e estreitos são forçados por descarga fluvial pequena, apresentando pequena estratificação vertical de salinidade, com fluxo vertical de salinidade desprezível e os processos de mistura ocorrem principalmente na direção longitudinal (DYER, 1973). A salinidade aumenta gradativamente estuário abaixo, e o transporte de sal estuário acima ocorre por difusão turbulenta, associada a irregularidades batimétricas e o atrito com o fundo. Desta maneira, a água do mar pode ficar aprisionada em reentrâncias durante os períodos de enchente, retornando ao canal principal durante a maré vazante.

Como exposto acima, a estratificação vertical da salinidade em um estuário pode apresentar grande variabilidade espaço-temporal, sendo que, para realizar a classificação devem ser utilizados dados estacionários. As correntes de maré de quadratura e sizígia podem variar significativamente, alterando a estratificação vertical e mudando o enquadramento do estuário segundo o critério de salinidade. As variações sazonais da descarga fluvial também alteram a estratificação vertical e a classificação do estuário (MIRANDA *et al.*, 2002).

Na maioria dos estuários é possível observar regiões onde a concentração de sedimentos na coluna d'água é máxima. Isso ocorre geralmente na transição entre a ZR e a ZM, onde a velocidade resultante dos movimentos convergentes da água doce e salgada é praticamente nula, aprisionando os sedimentos transportados. Essa região de transição é denominada *zona de máxima turbidez (ZMT)*, a concentração dos sedimentos em suspensão pode ser maior, em várias ordens de magnitude, quando comparada à água doce ou salgada adjacente. A sua posição no sistema

estuarino pode variar de acordo com a descarga fluvial e a altura e intensidade da maré (MIRANDA *et al.*, 2002), porém sua posição é menos variável que a posição da intrusão salina (POSTMA, 1980). Quando a vazão do rio é intensa, a ZMT é empurrada para a foz do estuário e diluída, uma vez que o sedimento é diretamente transportado para o mar. Quando a vazão do rio é baixa ou durante períodos de estiagem, o sedimento do fundo ressuspensionado pelas correntes de maré penetra mais a montante no estuário, e o máximo de turbidez se intensifica (WRIGHT *et al.*, 1999). Alguns estuários podem apresentar mais de uma ZMT, dado que, pela morfologia do fundo, água com altas concentrações de sedimentos pode ficar aprisionada nas depressões batimétricas (JAY *et al.*, 2015).

Dalrymple *et al.* (1992), propõem outra definição de estuário com base na geologia:

"Um estuário é um ambiente costeiro transgressivo na boca de um rio, que recebe sedimentos de fontes fluviais e marinhas, e que contém fácies influenciadas pela maré, ondas e processos fluviais. O estuário é considerado, em extensão, desde os limites das fácies de maré, estuário acima, na cabeceira, até os limites das fácies costeiras, estuário abaixo, na boca."

A ZMT atua como um filtro de sedimentos finos e material particulado de origem fluvial (SCHUBEL & CARTER, 1984) e tem alta relevância ecológica pois aprisiona nutrientes fundamentais para as teias alimentares estuarinas: evidencia altas taxas de produção primária e de interações entre os organismos que habitam nesse ambiente, funcionando como abrigo e berçário para diversas espécies animais (LINDÉN & JERNELOV, 1980, ODUM, 1959). São também locais de importantes transformações geoquímicas (NORTH & HOUDE, 2001; SIMENSTAD *et al.*, 1995), e podem se tornar reservatórios de contaminantes adsorvidos ao material particulado (SCHOELLHAMER *et al.*, 2007).

A posição da ZMT tem relação direta com a composição dos sedimentos nas diferentes porções do estuário. Nichols & Biggs (1985) propuseram um esquema de sequência de sedimentos ao longo de um estuário transgressivo. Segundo os autores, na ZR são encontrados sedimentos de maior tamanho, como grânulos e seixos, intercalados com matéria orgânica, areias mal selecionadas e lamas. Na ZM observam-se camadas de siltes e argilas intercalados com areias lamosas, e finalmente, na ZC encontram-se majoritariamente areias médias e finas bem selecionadas com padrões deposicionais em camadas pela ação das marés e ondas.

Em um estudo realizado em 2014, La Croix & Dashtgard constataram que os maiores volumes e espessuras das camadas de lama nos estuários se encontram na zona de máxima turbidez, decrescendo em ambas direções (sentido foz e cabeceira) (VENDITTI *et al.*, 2010).

Neste sentido, a investigação dos parâmetros geo-físico-químicos e granulométricos de um estuário permite avaliar o comportamento sazonal e a influência da intrusão salina nestes corpos d'água, e em conjunto com o levantamento de dados geofísicos utilizando métodos acústicos, serve como base para a caracterização destes ambientes e compreensão dos diversos processos atuantes no sistema (SOUZA, 2006).

Os resultados obtidos por meio estudos detalhados nos estuários são subsídios para a elaboração de Planos de Manejo de Unidades de Conservação, e consequentemente fornecem um melhor embasamento ao gerenciamento costeiro da região.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é a caracterização e a comparação dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba, localizados no Parque Estadual Restinga de Bertioxa (PERB), com base nas características geo-físico-químicas, batimetria e imageamento do fundo, ao longo de um ano de monitoramento.

São objetivos específicos:

- Acompanhamento da variação da altura da maré e da precipitação durante o período do monitoramento, a partir de dados secundários;
- Determinação da penetração da cunha salina durante as marés de sizígia, a partir de medições mensais *in situ* das variáveis físico-químicas da água (salinidade, temperatura, turbidez);
- Classificação dos estuários segundo Pritchard (1967);
- Análise da variação sazonal (verão-inverno) na profundidade dos estuários por meio da realização de levantamentos batimétricos semestrais;
- Análise das feições de fundo por meio do imageamento com sonar de varredura lateral;
- Determinação da distribuição dos sedimentos de superfície do fundo mediante a caracterização granulométrica das frações de areia e grânulos dos estuários;
- Determinação da zona de mistura e zona de máxima turbidez (ZMT) a partir da integração dos dados de turbidez, granulometria e de imageamento de fundo.

3. ÁREA DE ESTUDO

Características gerais da área

O presente estudo foi realizado nos trechos navegáveis dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba, localizados no município de Bertioga (Estado de São Paulo). Estes estuários encontram-se integralmente protegidos pelo Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB) e deságuam diretamente no Oceano Atlântico (Figura 3-1).

O PERB representa uma área de cerca de 93km², e engloba diversos corpos d'água, que nascem na Serra do Mar e desembocam diretamente no Oceano Atlântico (Decreto 56.500. SÃO PAULO, 2010), determinando a proteção da última área de vegetação de restinga bem preservada (GIRARDI *et al.*, 2005). A criação desta UC é tida como estratégica para a conservação da biodiversidade em termos de fluxo gênico, permitindo a preservação do corredor ecológico da região (SOUZA, 2009) a ligar os manguezais de Bertioga a porções de mata atlântica protegidas pelo Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) (BANZATO *et al.*, 2012).

Segundo a classificação de Köppen & Geiger (1928), o clima na região é Tropical-úmido sem estação seca definida (Af) e a pluviosidade é de 2.000 a 3.000mm no ano (SANT'ANNA NETO, 1995). Existe sazonalidade no regime de chuvas, sendo mais intensas no verão e menos frequentes nos meses de inverno, porém há pluviosidade significativa ao longo do ano.

Os estuários supracitados estão localizados na planície costeira do litoral paulista, constituída por depósitos sedimentares originados durante o Quaternário e formados por eventos transgressivos e regressivos do nível do mar. Segundo Souza, C. (2007), que mapeou os ambientes sedimentares do município de Bertioga dividindo-os em Unidades Geológico-Geomorfológicas Quaternárias (UQs), estes estuários estão localizados na UQ denominada "Depósitos de Planície de Maré Atuais".

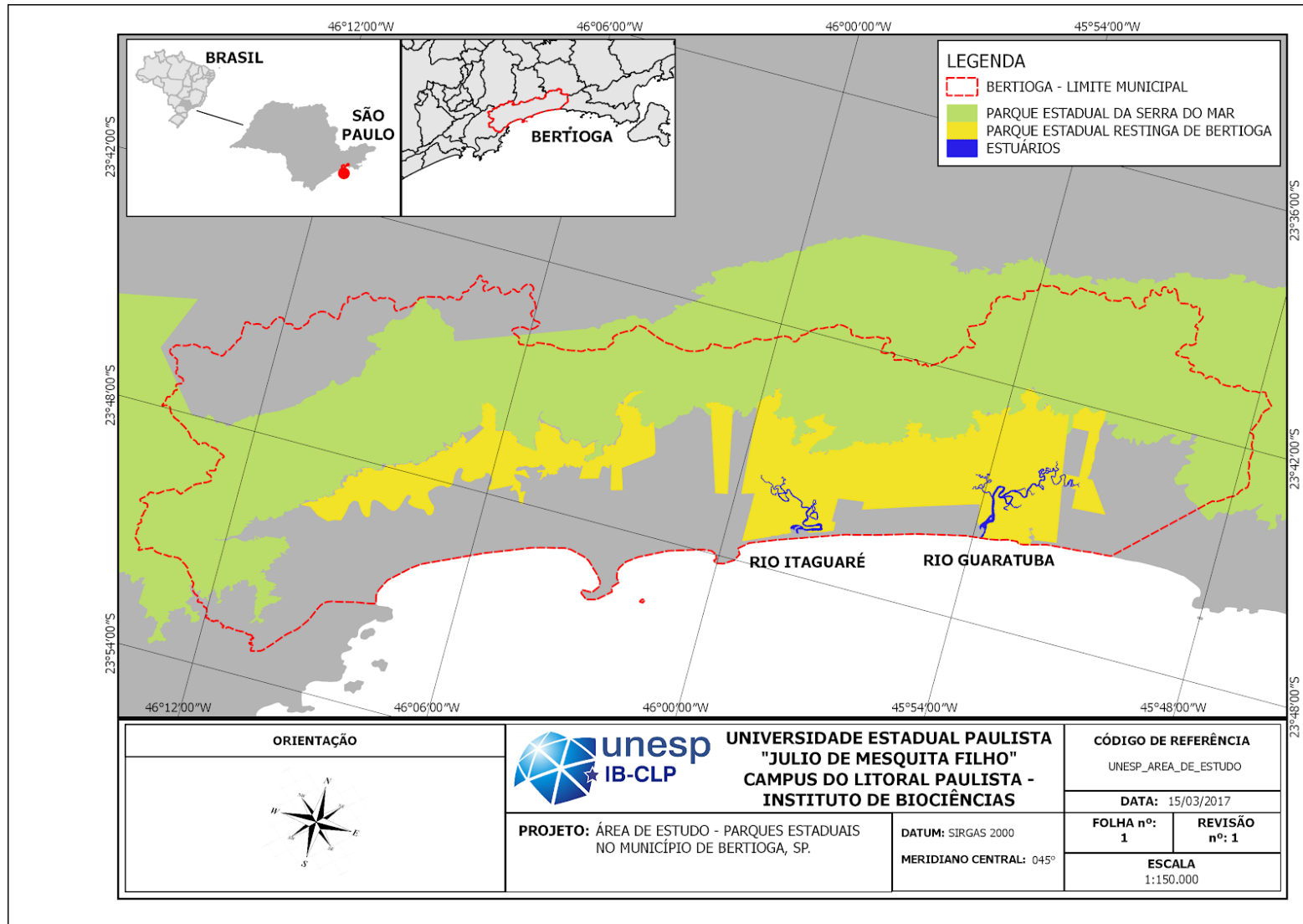


Figura 3-1 - Localização dos estuários na área de estudo, com destaque para as unidades de conservação e limites municipais (modificado de VM Engenharia, 2016).

Por se tratar de estuários de planície costeira segundo classificação de Pritchard (1952), estes corpos d'água estão sujeitos aos efeitos das marés oceânicas, que na região, são do tipo mistas, com predominância semidiurna (MIRANDA *et al.*, 2002). Dada a variação da altura da maré (inferior a 2m entre a preamar e a baixamar), a mesma é classificada como micromaré (DAVIES, 1964, *apud* MIRANDA *et al.*, 2002).

Localizadas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos N°07 (UGRHI-07), Baixada Santista, as sub-bacias hidrográficas (áreas de drenagem) que dão origem aos rios que formam os estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba são adjacentes, e a distância entre as bocas dos estuários é de aproximadamente de 7km (Figura 3-2).

Rio Itaguapé

O rio Itaguapé é o principal corpo d'água da Sub-bacia 19 (Figura 3-3), e é formado pela confluência de diversos riachos de 1ª e 2ª ordem que nascem na Serra do Mar. Sua área de drenagem é de 95,09 km² (VM ENGENHARIA, 2016), sendo que aproximadamente metade da área desta sub-bacia encontra-se em trechos inclinados de serra. O canal principal do trecho de planície do rio estende-se por aproximadamente 7,5km, desde o ponto formado pelas coordenadas -23,763130° e -45,991210° (limite da área navegável) até sua desembocadura no mar.

No trecho de planície, o rio Itaguapé apresenta características de corpos d'água de baixa energia. Existem dois meandros semiabandonados, o primeiro localizado na margem direita do rio, a cerca de 5km da desembocadura, e o segundo, localizado na margem esquerda, a 2,8km da desembocadura. A principal confluência do sistema é marcada pelo encontro dos rios Itaguapé e Perequê-Mirim, que concentram, respectivamente, a drenagem das porções centro-oeste e leste da bacia.

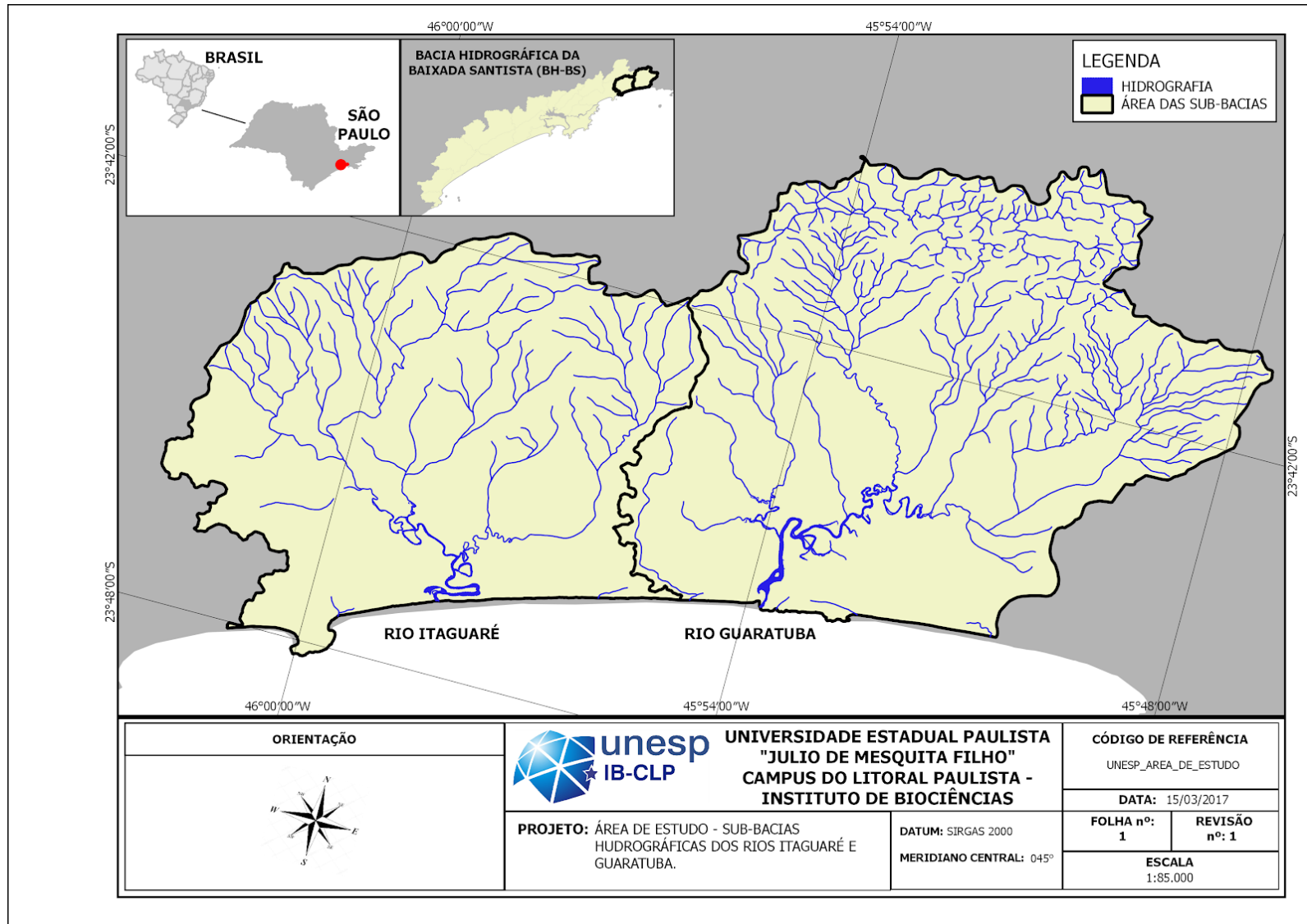


Figura 3-2 - Sub-bacias hidrográficas dos rios Itaguapé e Guaratuba (modificado de VM Engenharia, 2016).

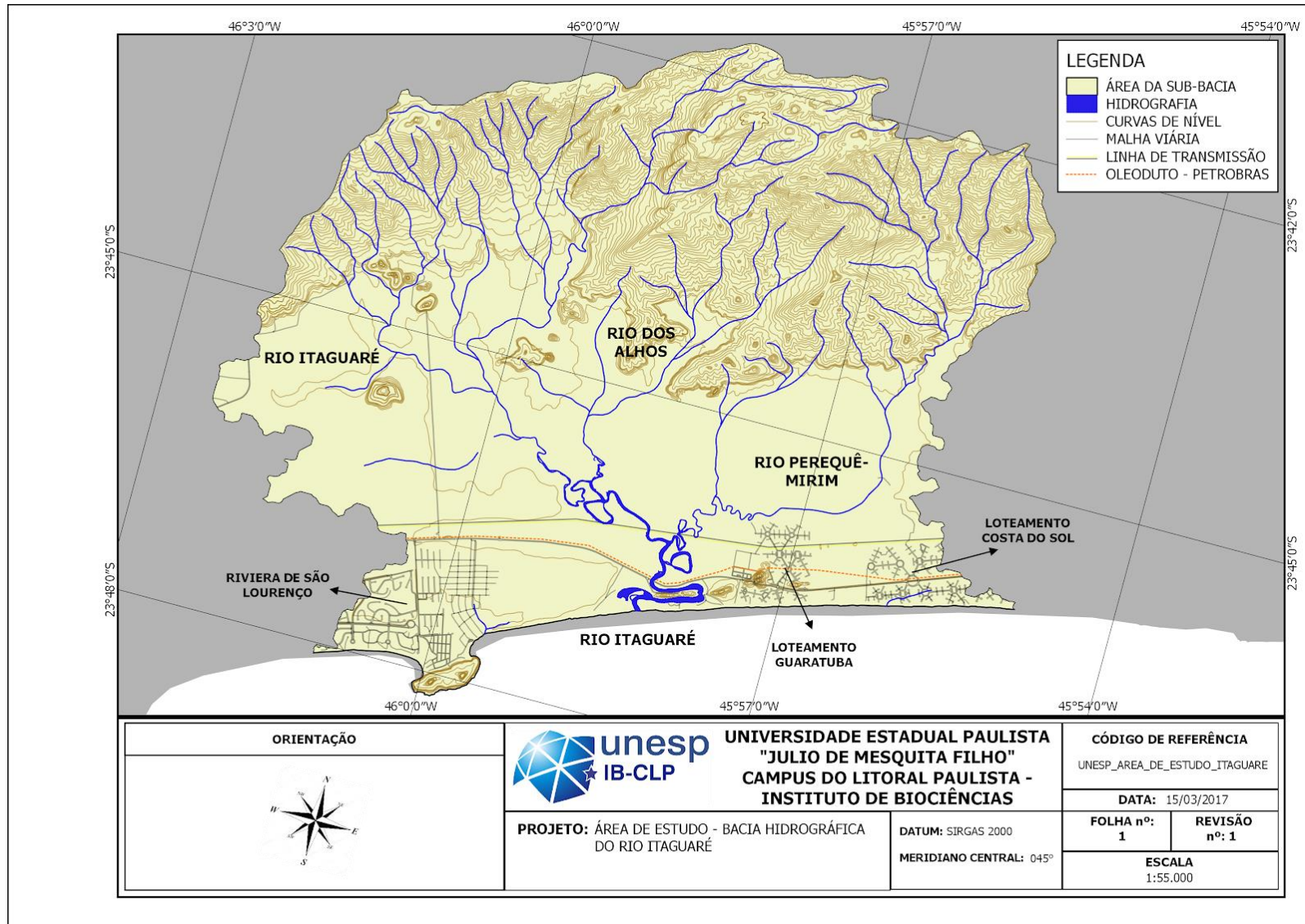


Figura 3-3 - Detalhamento da sub-bacia hidrográfica do rio Itaguapé (modificado de VM Engenharia, 2016).

A desembocadura do estuário é interrompida por uma formação rochosa que faz com que o rio forme uma alça no sentido nordeste depois da ponte da rodovia SP055, e após cruzar os remanescentes rochosos expostos do maciço (na parte mais fechada da curva), retorne para o sentido sudoeste. Ao final da curva do maciço, existe um leque de sobrelavagem (Figura 3-4) na praia que liga o estuário ao mar em situações de alta energia quando é erodido pela ação das ondas, aportando grandes quantidades de sedimento arenoso para o estuário e influenciando a morfodinâmica da foz (SUGUIUTI, 2017). Capel (2009) e Abib (2011) descreveram a morfodinâmica da desembocadura do rio Itaguapé no mar, enquadrando o estuário na categoria “Construído por Barra” segundo a classificação Pritchard (1952).



Figura 3-4 - Leque de sobrelavagem localizado na barra do rio Itaguapé (Foto: Caio Miyai).

São exemplos de interferências antrópicas que alteram a geomorfologia do rio Itaguapé a ponte da rodovia SP055, as estruturas remanescentes de uma antiga ponte que cruzava o rio a jusante da ponte atual, o oleoduto subterrâneo da Petrobras (que corre paralelo à rodovia), a linha de transmissão de energia, que cruza o rio em três pontos, e as estruturas remanescentes de uma pequena ponte localizada entre o primeiro meandro semiabandonado e a confluência com o rio Perequê-Mirim.

O rio Itaguapé não apresenta assentamentos urbanos ao longo de suas margens. Excepcionalmente, na faixa da rodovia (próximo da ponte) existem

restaurantes, e ao final da estrada de acesso à praia do Itaguaré (na região do maciço) existem algumas habitações ocupadas por pescadores tradicionais.

Rio Guaratuba

A Sub-bacia 21 (Figura 3-5), com área de 126,89km² (VM ENGENHARIA, 2016) drena suas águas pelo estuário do rio Guaratuba. Diferentemente da sub-bacia 19, é formada por duas drenagens principais que convergem no estuário do rio Guaratuba: a drenagem do rio homônimo e a drenagem do rio Vermelho. A bacia do rio Guaratuba compreende uma área localizada na porção de planalto da Serra-do-Mar, desce a serra e alcança a planície na região central da bacia. Este rio é formado pela confluência de diversos riachos de 1^a e 2^a ordens. Já os riachos que compõem a bacia do rio Vermelho têm as suas nascentes na porção inclinada da serra. Este rio reúne a drenagem da porção leste da bacia e atravessa o Condomínio Morada da Praia. Assim, aproximadamente metade da área de drenagem total desta sub-bacia encontra-se no trecho de planície, cerca de 30% compreende porções inclinadas de serra, e o restante corresponde à área elevada no planalto.

Na região de planície, mas ainda próximos à Serra do Mar, os rios Guaratuba e Vermelho se encontram. 450m à jusante desta confluência, na margem direita, há um meandro em processo de estrangulamento. O estuário meandrante apresenta curvas acentuadas ao longo das quais se evidenciam margens erosivas e margens deposicionais, estas últimas contendo diversos bancos de areia. A 4,2km da sua desembocadura, o estuário do rio Guaratuba recebe o aporte de um pequeno tributário (visivelmente raso), em sua margem direita. Na sequência observa-se outro meandro semiabandonado em sua margem esquerda (também visivelmente raso), e após percorrer um longo trecho em forma de “S”, recebe o aporte de um último tributário (rio Perequê-Mirim), a 2km da foz, que reúne a drenagem de planície da porção oeste da bacia. O eixo principal do trecho de planície estende-se por aproximadamente 11km, desde a ponte do Condomínio Morada da Praia, no rio Vermelho (fim do trecho navegável) até a sua desembocadura no mar.

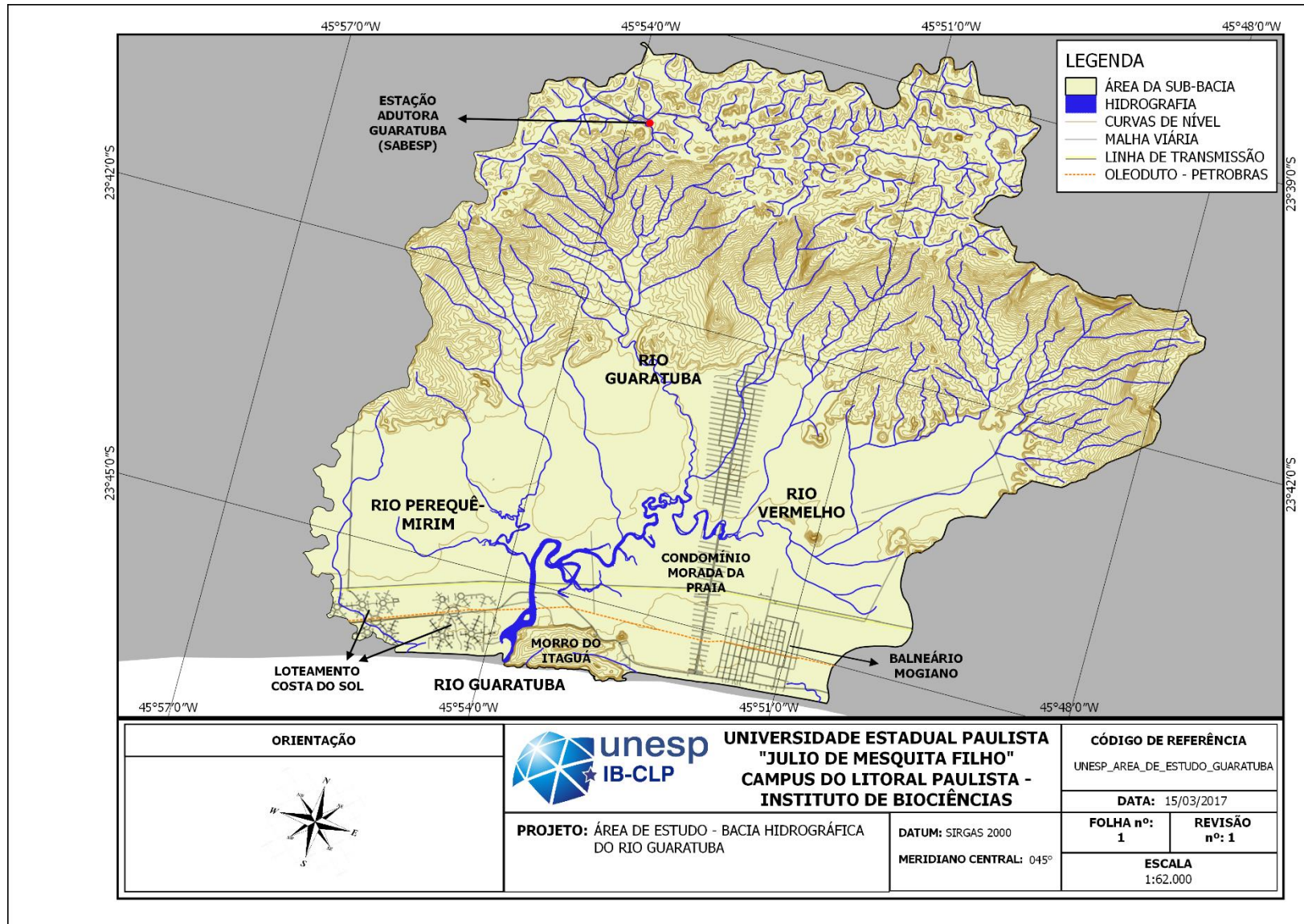


Figura 3-5- Detalhamento da sub-bacia hidrográfica do rio Guaratuba (modificado de VM Engenharia, 2016).

A boca do estuário está localizada entre o Morro do Itaguá e o loteamento Costa do Sol. Assim, diferentemente da desembocadura do rio Itaguapé, a foz do rio Guaratuba apresenta uma morfologia mais retilínea na sua saída para o mar, e a barra arenosa localizada na região praial apresenta menores dimensões e maior estabilidade.

Como exemplos de interferências antrópicas que alteram a geomorfologia deste estuário, podem-se citar a ponte da rodovia SP055, as estruturas de uma antiga ponte que cruzava o rio a jusante da ponte atual, o oleoduto da Petrobras (que cruza o rio à montante do Morro do Itaguá) e a linha de transmissão de energia, localizada à montante da ponte da rodovia.

Existem dois importantes assentamentos urbanos nas margens do estuário. O principal, Condomínio Morada da Praia, se encontra nas margens do rio Vermelho. Na região de várzea do rio foram realizadas obras, tais como construção de casas e abertura de uma área para construção de rampa para embarcações, que modificaram e condicionam a dinâmica do rio. Para garantir o acesso fluvial seguro ao condomínio, a vegetação caída ao longo das margens erosivas do estuário é frequentemente removida, acelerando assim os processos erosivos. Ainda, efluentes pluviais do condomínio são diretamente drenados para o estuário. O segundo assentamento, loteamento Costa do Sol, encontra-se na margem direita da foz do estuário.

O estuário do rio Guaratuba sofre ainda pressões antrópicas indiretas, uma vez que existe uma estação adutora da SABESP, localizada no planalto, com capacidade de desviar água para o Sistema Produtor do Alto Tietê (SPAT). O volume de $0,5\text{m}^3/\text{s}$ do rio Guaratuba já é desviado desde 1955 por meio da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) do rio Guaratuba, sendo que uma obra realizada em caráter emergencial em 2015 dobrou a capacidade de transferência, que atualmente é de $1\text{m}^3/\text{s}$ (SABESP, 2015).

4. MÉTODOS

4.1 Reconhecimento inicial da área de estudo

Para o início das atividades, foi solicitada autorização junto ao Instituto Florestal para realização das pesquisas na área, sendo expedida em 27 de junho de 2016 a Carta COTEC nº 363/2016 D54/2016 KM (Anexo 1).

Foi realizada uma campanha preliminar de reconhecimento, que consistiu na navegação pelos estuários para estabelecimento dos limites navegáveis e estimativas do tempo necessário para o desenvolvimento das atividades previstas.

Dada a carência de dados batimétricos prévios do estuário do rio Guaratuba, durante esta campanha foram realizadas medições de profundidade utilizando uma ecossonda (marca *Humminbird*, modelo *1197c SI*, frequência de 200kHz), para auxiliar na escolha dos pontos de coleta. Para o rio Itaguapé contava-se com dados de batimetria levantados por Baraldo (2010).

4.2. Estabelecimento dos pontos de coleta

A partir das informações obtidas na campanha de reconhecimento e dos dados bibliográficos consultados, foram definidos 15 pontos ao longo dos eixos principais de cada rio, e 2 pontos em tributários (Figuras 4.2-1 e 4.2-2). A numeração dos pontos foi realizada no sentido foz-cabeceira de cada estuário, utilizando-se o prefixo ITA para os pontos do rio Itaguapé e GUA para os pontos do rio Guaratuba. As coordenadas geográficas (SIRGAS 2000 - EPSG: 4674) dos pontos de coleta encontram-se no Apêndice 1.

Para a definição da malha amostral, foram levados em consideração:

- 1) a profundidade local, dando preferência a regiões que apresentavam maior profundidade na batimetria;
- 2) o comprimento do eixo principal dos estuários, distribuindo os pontos de maneira relativamente equidistante, evitando deixar grandes áreas sem dados;
- 3) o aporte de tributários e meandros semiabandonados aos sistemas, definindo-se pontos de coleta próximos aos meandros e nos principais tributários de cada rio.

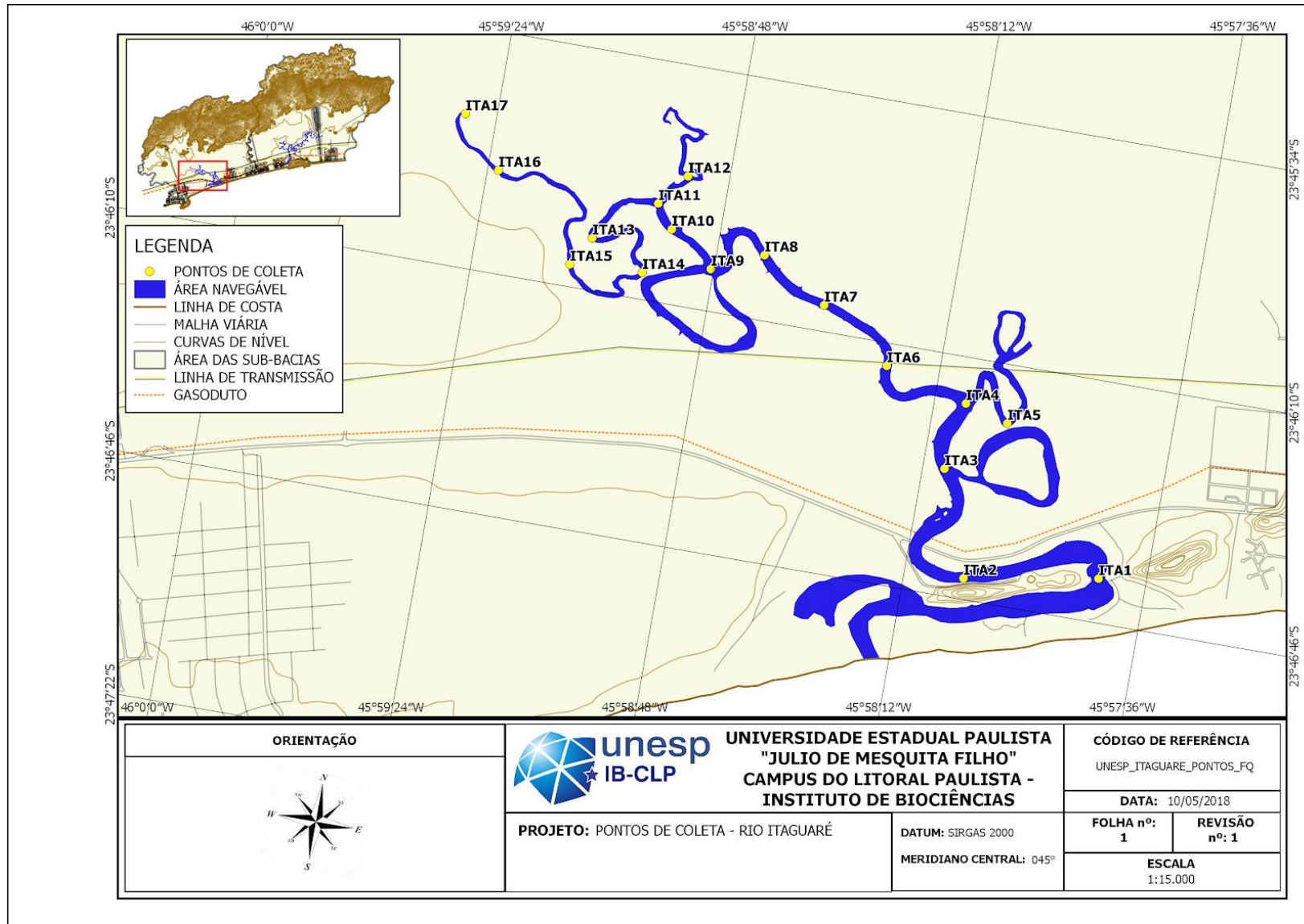


Figura 4.2-1 - Pontos de coleta do estuário do rio Itaguapé.

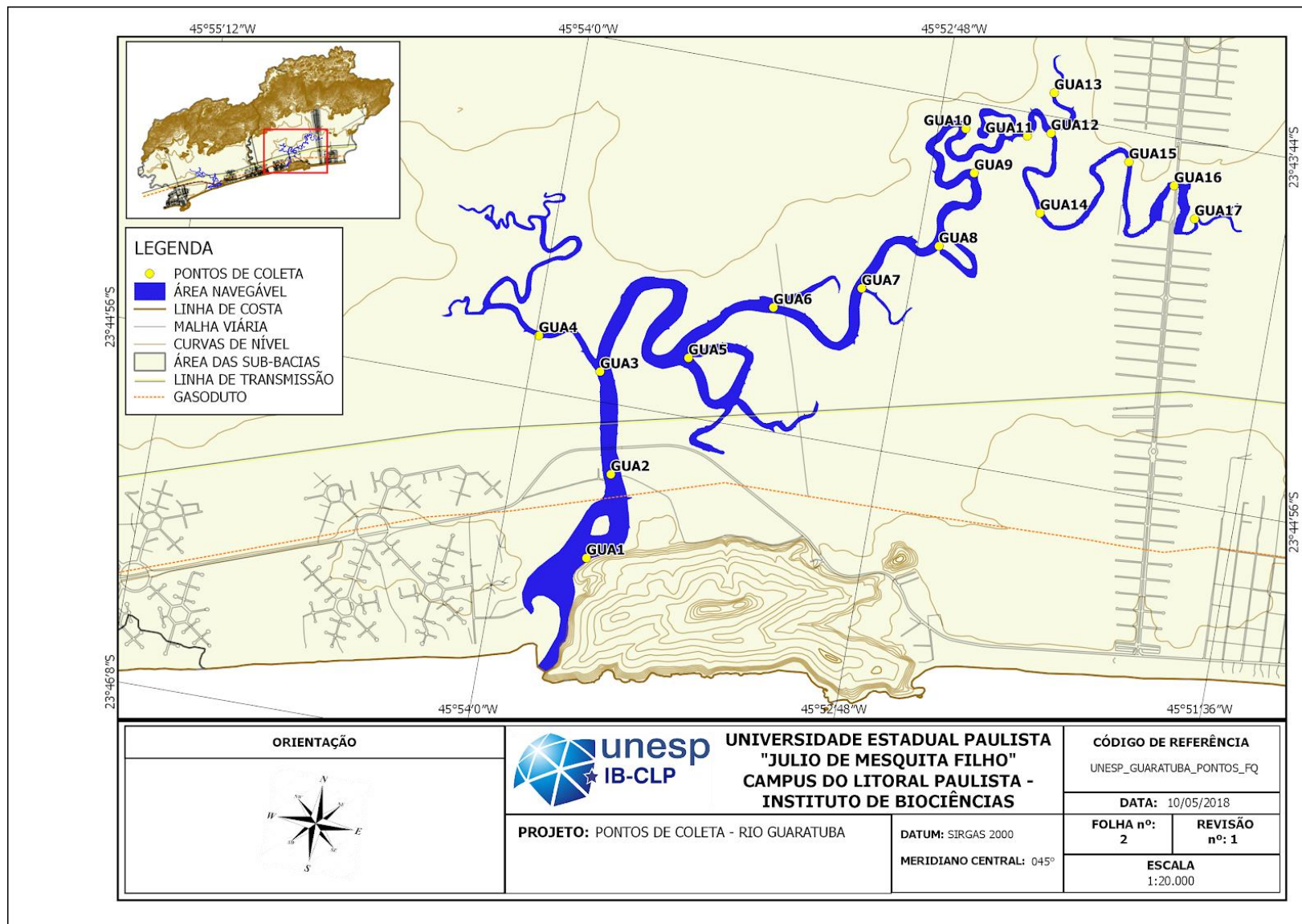


Figura 4.2-2- Pontos de coleta do estuário do rio Guaratuba.

Os pontos ITA16 e ITA17 foram adicionados no rio Itaguapé após a análise dos dados da primeira campanha de medição das variáveis físico-químicas da água, que demonstraram salinidade ($S > 0,50$) em ITA15. A partir da segunda campanha, os pontos ITA16 e ITA17 foram medidos nas ocasiões em que foi registrada salinidade no ponto ITA15.

No estuário do rio Guaratuba, o ponto GUA17 foi retirado da malha amostral devido às dificuldades de manobra à montante da ponte do condomínio Morada da Praia (GUA16), e tendo em vista que a intrusão salina não foi registrada nos pontos à montante de GUA14.

4.3 Periodicidade das coletas

Para cada um dos estuários foi previsto um ano de monitoramento, sendo a periodicidade das campanhas definida da seguinte forma:

1. **Semestral** para a realização de levantamentos de batimetria e imageamento do fundo, sendo uma campanha realizada após o verão (época de maior vazão dos rios) e outra após o inverno (época de ressacas e frentes frias), com o intuito de observar se existem variações na geomorfologia do fundo. As coletas foram realizadas exclusivamente durante períodos de quadratura (lua minguante ou lua crescente), visando minimizar o efeito da variação da altura da maré nos registros de profundidade, e de modo a facilitar a navegação devido à menor velocidade das correntes.

2. **Mensal** para medições das variáveis físico-químicas da água, totalizando 12 campanhas em cada estuário, de modo de abranger a variação anual dos parâmetros medidos. As coletas foram realizadas exclusivamente durante períodos de sizígia (lua nova ou lua cheia, ou em dias próximos a estas), entre a enchente e o estófo da maré cheia com a finalidade de identificar o alcance da intrusão salina nestas condições de maré. Ainda, durante a sizígia, a intensificação dos processos de ressuspensão de material fino de fundo pelas correntes de maré facilita a identificação do máximo de turbidez (WRIGHT *et al.*, 1999);

3. **Anual** para a coleta de sedimentos e análise granulométrica das frações de areia presentes nas amostras, de modo de inferir a posição da ZMT no estuário.

4.4 Maregrafia e precipitação

Durante todo o período compreendido entre agosto de 2016 e julho de 2017 foi realizado o acompanhamento da variação da maré, da pluviosidade e da previsão do tempo.

Para o planejamento das campanhas de medição das variáveis físico-químicas, foram analisados os dados de previsão da altura da maré por meio de consulta à Tábua das Marés, disponibilizada pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), da Marinha do Brasil¹. Utilizaram-se como base as previsões para a estação maregráfica da Torre Grande, no Porto de Santos, SP (Estação 50225 - Anexo 2), instalada no ponto de coordenadas -23.951667° e -46.305000°, estipulando-se o horário de início das coletas como:

$$HB + (HA-HB)/2 + 30'$$

Sendo *HB* o horário da maré baixa e *HA* o horário da maré alta. Trinta minutos foram acrescentados pela defasagem observada entre os estofos das marés nos locais de coleta e os dados da tábua de marés para a estação de Torre Grande.

Concomitantemente, foram consultados os dados meteorológicos na página do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC²) na internet. Estipulou-se que as campanhas de medição seriam realizadas independentemente da situação meteorológica, adiando a coleta apenas no caso de tempestades, por questões de segurança.

Para a comparação da altura da maré durante as campanhas de medição dos parâmetros físico-químicos da água, foram utilizados dados de maré medida (maré real), aferidos na estação maregráfica da Praticagem de Santos (Estação 50227 - Anexo 3), instalada no ponto de coordenadas: -23.991667° e -46.301667°. Existe no local um marógrafo que coleta dados de altura da maré em tempo real para a Praticagem de Santos. Estes dados, assim como previsões de hora

¹ <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-publicacoes/tabuas-das-mares>

² <https://www.cptec.inpe.br/>

em hora para a referida estação, são disponibilizados para a Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), que cedeu os dados para realização deste trabalho.

Dados pluviométricos referentes ao período do monitoramento foram obtidos junto à página do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN³). Foi analisada a precipitação diária acumulada de cada mês, medida pelo pluviômetro instalado entre os estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba (Estação Praia de Guaratuba, nº 350635901A), no ponto de coordenadas: -23.772856°, -45.954011°. Dados de pluviosidade dos dias de coleta, bem como os dados dos dias anteriores foram levados em consideração para comparação com os resultados das variáveis físico-químicas da água.

Comparando os dados maregráficos (maré medida e maré prevista) e os dados de pluviosidade, foi possível avaliar a influência de eventos meteorológicos na altura da maré nos dias de coleta. A comparação foi realizada no programa *MS Excel*, a partir de gráficos da altura da maré prevista e da maré medida para a Estação Maregráfica da Praticagem.

O monitoramento da altura da maré durante as campanhas de batimetria foi realizado *in situ*. Para tanto, foram instalados marcos de referência (parafusos de aço inoxidável) nas estruturas de concreto das antigas pontes da rodovia, próximas à desembocadura de ambos os estuários, nas coordenadas -23.778334° e -45.965948° no rio Itaguapé, e -23.753128° e -45.894728° no rio Guaratuba (Figura 4.4-1).

³ <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>



Figura 4.4-1 - Localização dos marcos instalados nos rios Itaguapé (esq) e Guaratuba (dir). Fotografias: Caio Miyai.

4.5 Batimetria e imageamento

Aquisição de dados

Para aquisição dos dados de batimetria e imageamento do fundo, foi utilizada uma ecosonda integrada a um sonar de varredura lateral (SVL, ou *side scan sonar*) e receptor GPS de navegação de 50 canais (GR50), marca *Humminbird*, modelo 1197c SI, que registram os seguintes dados (Tabela 4.5-1):

Tabela 4.5-1 - Dados registrados pelo Humminbird 1197c SI.

<i>Equipamento</i>	<i>Dados registrados</i>	<i>Frequências utilizadas</i>	<i>Precisão/resolução</i>
<i>Eco-sonda</i>	<i>Profundidade (m)</i>	<i>200 kHz</i>	<i>0,1 m</i>
<i>Sonar de varredura lateral</i>	<i>Feições do fundo</i>	<i>455 kHz</i>	<i>Variável</i>
<i>GPS de navegação</i>	<i>Coordenadas geográficas, data e hora (UTC), rumo e velocidade</i>	<i>-</i>	<i>Variável</i>

Equipamentos deste tipo, classificados como recreacionais, ou de baixo custo, vem sendo amplamente utilizados no mapeamento de águas rasas para estudos ambientais (KAESER & LITTS, 2008, 2010; BUSCOMBE, 2017). Os procedimentos descritos neste item foram embasados na metodologia proposta por Kaeser & Litts (2011, 2013) e Fish & Carr (1990, 2001).

O transdutor foi posicionado na lateral da embarcação a 0,3m abaixo da linha d'água (*offset* vertical), por meio de uma haste lateral fixada pelo bordo de boreste, de modo a evitar interferências causadas por cavitação (Figura 4.5-1). Tal configuração permite o imageamento com a máxima faixa de cobertura do fundo (*swath*), tendo em vista que os canais de boreste e de bombordo do SVL permanecem abaixo do nível da quilha (HUMMINBIRD, 2009).

A antena do GPS foi instalada no topo da haste, 2m acima do transdutor, dispensando a necessidade de correções de *offsets* horizontais.



Figura 4.5-1 - Configuração do transdutor e antena do receptor GPS.

A navegação preestabelecida obedeceu a um plano de linhas transversais ao eixo principal de cada rio, espaçadas entre si a cada 30m (Figura 4.5-2). Nos trechos mais a montante dos estuários, onde a distância média entre as margens é menor, a navegação foi realizada em ziguezague dadas as dificuldades de manobra.

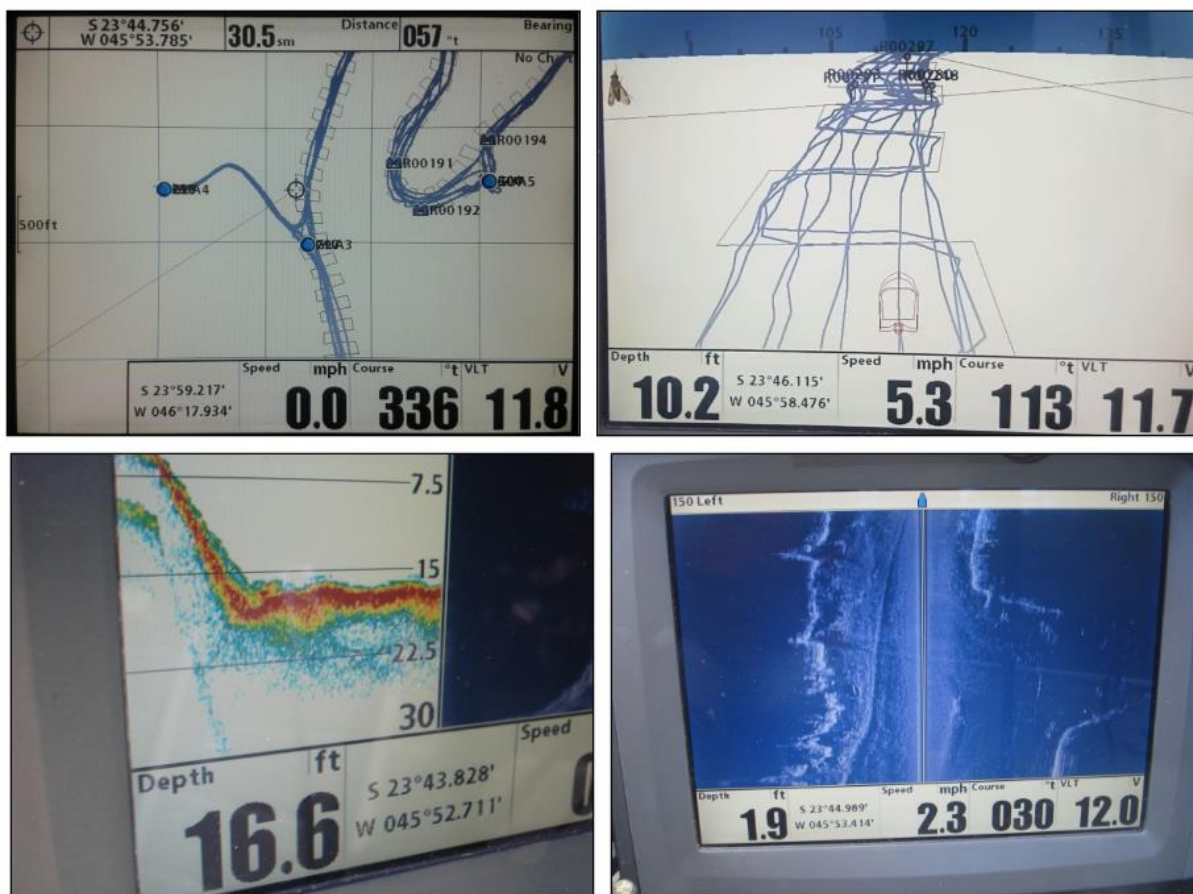


Figura 4.5-2 - Fotografias da tela do sonar obtidas durante os levantamentos de batimetria e imageamento.

De forma complementar, foi feita a navegação ao longo de um plano de linhas paralelas ao eixo longitudinal dos rios, totalizando 5 linhas, sendo a linha central coincidente com o eixo principal, duas o mais próximo possível das margens e as restantes definidas entre o eixo e as margens.

Durante os levantamentos, a aquisição dos dados foi realizada de forma faseada, interrompendo-se as gravações, em média, a cada 20 minutos. Tal prática facilita o pós-processamento, na medida em que permite a análise individual de pacotes de dados, reduzindo o risco de corrompimento de arquivos devido a desligamentos súbitos do equipamento, e facilita a compensação dos dados de maré, uma vez que esta é realizada de forma escalonada.

Concomitantemente aos levantamentos, foram feitas leituras de maré em intervalos de 10min a partir dos marcos implantados e descritos no item 4.4, para a posterior correção da variação vertical do nível da água. Conforme descrito no item 4.3, optou-se por realizar os levantamentos durante marés de quadratura, uma

vez que a variação da altura da maré é mínima. Assim, efeitos da propagação da onda da maré no estuário influenciados pelas características morfológicas do canal e o atrito com o fundo (DYER, 1997) são minimizados. Após a etapa de aquisição dos dados, os arquivos brutos armazenados em um cartão digital (nos formatos *.dat e *.son) foram transferidos para o computador.

Interpretação das imagens de sonar de varredura lateral

Para a interpretação dos registros de SVL, foram utilizados os programas *SView* (NORWOOD, 2010) e *HumViewer* (JOHANSEN, 2010) que permitem reproduzir a gravação bruta (*waterfall display*) e realizar medições pontuais de feições do fundo. Na sequência, utilizou-se o programa *Drdepth* (PELIN, 2012) para georreferenciar e montar os mosaicos de sonogramas, que foram utilizados para visualização das feições de fundo, e também para a delimitação manual das margens de cada estuário.

Foram analisadas as feições de fundo comumente encontradas em ambientes estuarinos, tais como: afloramentos rochosos de textura irregular e alta intensidade de retorno, ondulações de fundo representadas por retornos intercalados de alta e baixa intensidade, e fundos lisos, de textura homogênea e com baixa intensidade de retorno. Ao longo dos sonogramas analisados, foram avaliadas a textura e a intensidade de retorno do sinal acústico, classificando os trechos de cada estuário de acordo com as categorias supracitadas.

O procedimento de delimitação das margens foi realizado em todos os sonogramas onde nitidamente foi identificável a interface água-terra (registros distantes das margens e a realização de curvas fechadas durante a navegação induzem erros de interpretação por deformação dos sonogramas). Foi desenhada uma linha média única, considerando o posicionamento das linhas delimitadas na etapa anterior (Figura 4.5-3). As linhas médias geradas para cada estuário foram configuradas como “margens” (opção “*shoreline*”), atribuindo a todos os pontos que compõem estas linhas a cota zero de profundidade. O arquivo resultante foi convertido para o formato *.drd.

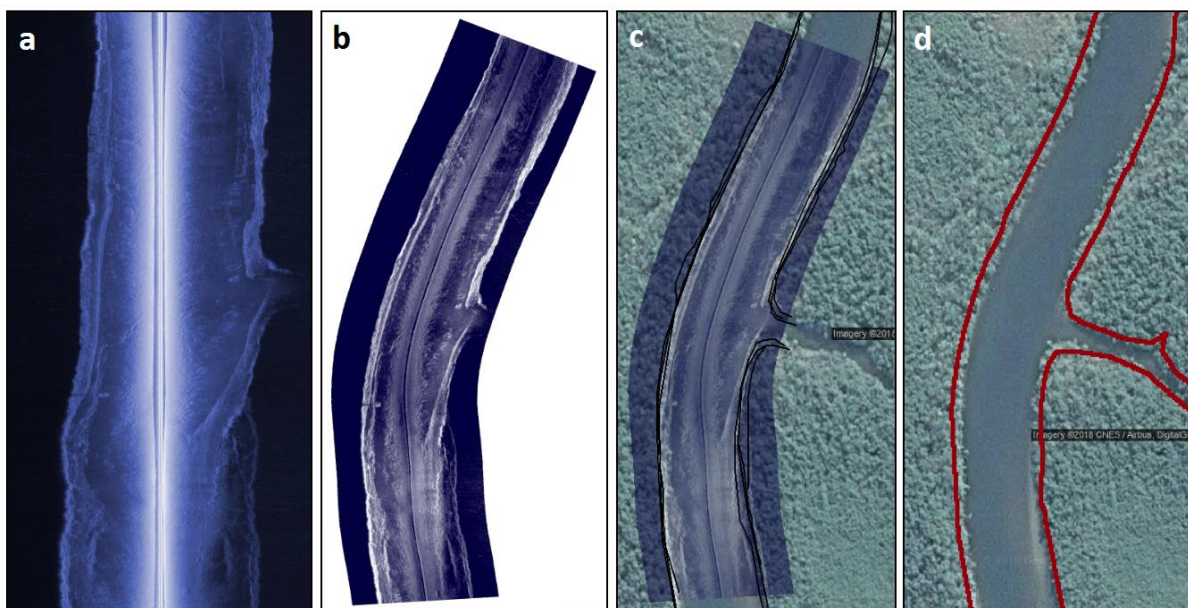


Figura 4.5-3 - Delimitação das margens a partir do georreferenciamento dos registros de SVL. a) Registro bruto do sonar (*waterfall display*); b) imagem georreferenciada; c) delimitação das margens de múltiplos sonogramas; d) linha média final, utilizada como profundidade zero.

Processamento dos dados de profundidade

Os arquivos brutos da ecossonda contendo os valores de profundidade (armazenados em formato *.dat) foram importados para o programa *Drdepth*, onde foram corrigidos o valor vertical correspondentes ao offset existente entre a linha da água e o transdutor do sonar, e à variação vertical da maré (WILHELM & REAMS, 2012). Na sequência, os arquivos foram abertos individualmente para a correção manual dos falsos fundos (picos, ou *spikes*). Foi utilizado o recurso *SonarLab* do *Drdepth*, que permite visualizar e corrigir cada ecograma separadamente (Figura 4.5-4).

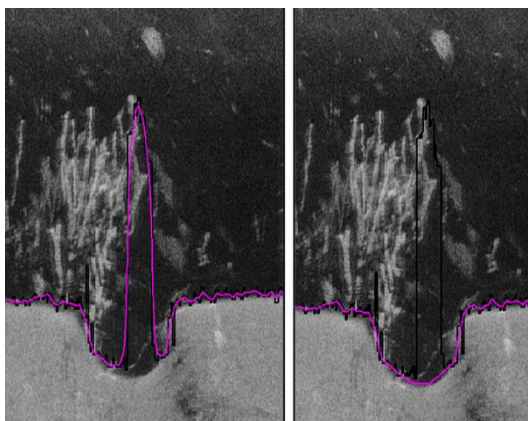


Figura 4.5-4 - Exemplo de falso fundo registrado por conta de troncos submersos (detritos vegetais). A linha preta representa o registro bruto (ou *log* do sonar), e a linha magenta representa a profundidade estimada, antes (esq.) e após a correção (dir).

Os arquivos de profundidade processados e os arquivos das margens foram representados em um mesmo projeto no *Drdepth*, onde foi executada uma interpolação triangular (TIN) dos valores, gerando uma matriz batimétrica para cada estuário. Adotou-se o limite de 50m para interpolação e de 5m para extrapolação de valores. Os resultados foram exportados como arquivos matriciais (*raster*, em formato ASCII) e salvos no formato *.grd utilizando o recurso “*Export grid data*”.

No programa *QGIS*, os arquivos *.grd foram importados como uma camada raster e renderizados em uma banda simples falsa-cor, utilizando uma paleta de cores padronizada para facilitar a visualização das profundidades (*QGIS*, 2013).

Para remover extrapolações realizadas fora do perímetro definido pelas margens, foi feito um recorte do arquivo raster utilizando o arquivo vetorial das margens como camada máscara. Na sequência, foi feita a extração das isóbatas (complemento “*Extração de contornos*”, no *QGIS*) em intervalos de um metro.

O resultado de cada campanha de batimetria foi representado no Compositor de Impressão do *QGIS*, configurado para gerar as plantas batimétricas. Além dos dados de batimetria, foram representadas feições de referência consideradas relevantes para o trabalho, a saber: 1) Curvas de nível/altimetria (Fonte: Agência Metropolitana da Baixada Santista - AGEM); 2) Malha Viária Municipal (Fonte: AGEM); 3) Rodovia Rio-Santos (SP-055, ou BR-101); 4) Linha de transmissão de energia; 5) Oleoduto da Petrobrás; e 6) Linha de costa, representando o limite da desembocadura dos estuários estudados.

Além das plantas batimétricas, foram geradas figuras contendo a representação bidimensional de seções transversais ao longo dos estuários, utilizando o complemento “*Qprof*” do *QGIS* (ALBERTI *et al.*, 2016). Em cada figura realizou-se uma sobreposição das profundidades das batimetrias de verão e inverno, destacando os locais onde foram observados processos de erosão e deposição.

Determinação do talvegue

A partir dos resultados das batimetrias correspondentes à campanha de verão, foi realizada a delimitação do talvegue (linha de profundidade máxima ao longo do eixo longitudinal) de cada estuário. Para tanto, foram extraídas novas isóbatas a cada 0,1m, sobre as quais foi desenhada uma linha única, ligando os pontos mais

profundos ao longo de cada estuário. Os arquivos resultantes foram salvos como arquivos vetoriais de linhas na projeção SIRGAS 2000, Zona UTM 23 S (EPSG: 31983).

Utilizando o complemento “*Qprof*”, foi feita a representação bidimensional dos talwegues dos estuários com coordenadas *y* e *z*.

Para posicionar os pontos de coleta (definidos no item 4.2) ao longo da seção gerada, utilizou-se o comando ‘*\$length*’ da calculadora de campo do *QGIS* para determinar as distâncias lineares entre cada ponto de coleta ao longo do talwegue, as quais, somadas, permitiram calcular a distância linear total da seção longitudinal de cada estuário. Estes valores foram utilizados para definir a escala de representação do eixo horizontal (eixo *y*) nas figuras que apresentam os resultados das variáveis físico-químicas, utilizando-se um exagero vertical de 10 vezes para a representação das profundidades (eixo *z*).

4.6 Variáveis físico-químicas da água

Para medição das variáveis físico-químicas da água dos estuários, foi utilizada uma sonda multiparâmetros (marca *Horiba*, modelo *U-50 Series*) (Figura 4.6-1). A calibração do equipamento foi realizada no laboratório didático do Instituto de Biociências da UNESP (IB-UNESP-CLP) por técnicos especializados, utilizando os padrões do fabricante, antes da realização de cada coleta.



Figura 4.6-1 - Sonda Horiba em operação.

As variáveis medidas e utilizadas neste estudo foram: salinidade, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (NTU) e profundidade (m) (HORIBA, 2009). Apesar de não terem sido considerados no presente trabalho, foram medidos conjuntamente valores de pH, condutividade (mS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial de oxirredução (mV), total de sólidos dissolvidos (g/L) e gravidade específica (Sigma t).

Para evitar a deriva causada pelas correntes ao lançar a sonda na água, foi amarrado um peso de 0,5kg, 0,1m abaixo da tampa de proteção do conjunto de sensores. Desta forma, além de estabilizar a descida do equipamento, evitou-se que os sensores entrassem em contato direto com o material de fundo ou ressuspendido, reduzindo a possibilidade de medições errôneas de turbidez. Assim, em cada ponto, a sonda foi lançada até 0,1m do fundo do estuário, e por meio de marcações no cabo, foram realizadas leituras a cada 1m, desde o fundo até a superfície (Figura 4.6-2). Conforme descrito no item 4.3, as medições foram realizadas entre o máximo da enchente da maré e o estofo de cheia.

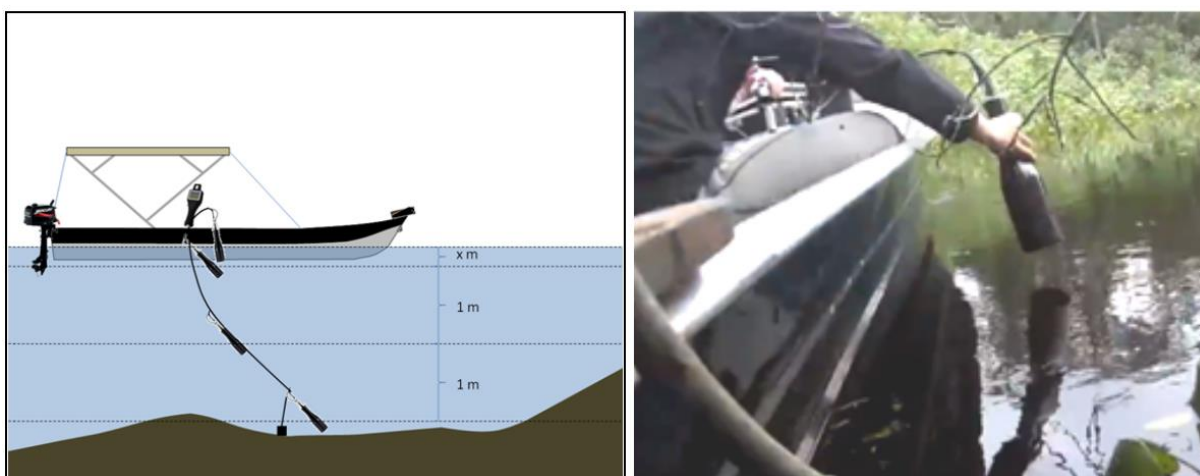


Figura 4.6-2 - Diagrama esquemático das medições realizadas em profundidade com a sonda multiparâmetros.

Os pontos exatos de coleta em cada campanha, assim como o trajeto percorrido pela embarcação foram registrados em um receptor GPS *Garmin* modelo *eTrex 20* (Figura 4.6-3).



Figura 4.6-3 - GPS Garmin etrex 20, registro dos trajetos e pontos de coleta

Os dados obtidos foram baixados utilizando o programa *U-50 Data Collection Software*, salvos como arquivo *.csv (arquivo separado por vírgulas) e exportados para o *MS Excel*. Após a organização dos dados, eliminação de colunas em branco e associação com dados geoespaciais do GPS, as tabelas resultantes foram importadas para o *QGIS* como um arquivo de texto delimitado.

No *QGIS*, foram montados projetos específicos para cada estuário, criando-se subpastas para cada campanha realizada.

Com o intuito de representar a variação vertical ao longo do estuário para cada variável medida, foi criado um novo sistema de referência de coordenadas arbitrário, considerando os valores dos eixos z (profundidade) e y (distância da foz) no lugar da longitude e latitude, respectivamente. Na sequência foram realizadas operações de interpolação triangular (TIN) para cada variável medida. Considerando que os valores de turbidez podem variar em ordens de magnitude de um estuário a outro, e até mesmo entre campanhas realizadas em um mesmo estuário, foi aplicada uma transformação logarítmica (\log_{10}) aos valores medidos em campo para correção da escala.

As interpolações geraram arquivos matriciais (camadas *raster*), que foram renderizados em uma banda simples falsa-cor. Utilizou-se uma paleta de cores padronizada para facilitar a visualização da variação espacial de cada parâmetro. Foram utilizados 9 níveis diferentes de cor, representados por cores quentes (valores altos) e cores frias (valores baixos), ajustando-os segundo a escala de cada variável analisada. Assim, os arquivos matriciais resultantes foram organizados em

compositores de impressão no *QGIS* e representados sobre a seção longitudinal (talvegue) de cada estuário (conforme descrito no item 4.5).

4.7 Granulometria

A campanha de coleta de sedimentos para análise granulométrica foi realizada no mês de março de 2017, nos mesmos dias da 8ª campanha de medições de parâmetros físico-químicos, sendo que o material foi coletado nos mesmo pontos definidos no item 3.2 (Figuras 6 e 7).

Em cada ponto, foram coletados entre 0,5 - 1kg de sedimento com um amostrador de fundo do tipo *Van Veen*. O sedimento foi acondicionado em sacos plásticos e levado ao Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia (LEP) do IB-UNESP-CLP para análise granulométrica.



Figura 4.7-1 - Coleta de sedimentos. a) Amostrador/draga Van Veen; b) Sedimento coletado com grande quantidade de lama.

No laboratório, os sedimentos foram lavados em peneira de malha 0,063mm para remoção de sais, siltes e argilas, e secados em estufa (marca *Odontobrás*, modelo 1.3) a 60°C. O material foi peneirado em um peneirador mecânico com um arranjo de peneiras de tamanho de malha decrescente (malhas de separação de 2,63mm; 2,00mm; 1,18mm; 1,00mm; 0,710mm, 0,500mm, 0,355mm, 0,250mm; 0,180mm; 0,125mm; 0,090mm; 0,063mm). Posteriormente, cada uma das frações foi pesada em balança analítica de precisão (Marca *BEL*, modelo 0210, precisão de 0,001g) e guardada separadamente. A fração < 0,063mm (siltes e argilas remanescentes) foi utilizada para calcular o fator de correção da amostra total. Amostras que, após a pesagem apresentaram peso total inferior a 20g não foram peneiradas, sendo consideradas nas análises como amostras de lama, compostas

majoritariamente por siltes e argilas. As frações resultantes (areia e grânulos) foram agrupadas nas categorias descritas na tabela 4.7-1, segundo escala de Wentworth (1922).

Tabela 4.7-1: Classificação das frações granulométricas utilizadas.

<i>Tamanho dos grãos</i>	<i>Classificação</i>
<i>>2,0</i>	<i>Grânulo</i>
<i>2,0-1,0</i>	<i>Areia muito grossa</i>
<i>1,0-0,50</i>	<i>Areia grossa</i>
<i>0,50-0,250</i>	<i>Areia média</i>
<i>0,250-0,125</i>	<i>Areia fina</i>
<i>0,125-0,062</i>	<i>Areia muito fina</i>

Para cada uma das frações, foi calculada a representatividade percentual na amostra como:

$$\text{Peso fração} * 100 / (\text{peso da amostra seca peneirada} - \text{peso fração} < 0,063\text{mm})$$

Os resultados tabelados foram georreferenciados de acordo com as coordenadas dos pontos de coleta, e importados para o *QGIS* como um arquivo de texto delimitado, onde foram criados mapas temáticos com gráficos de setor representando as frações granulométricas de cada ponto. Também foram elaborados gráficos de frequência relativa utilizando o *MS Excel*.

Em laboratório, as amostras foram transferidas para placas de Petri e fotografadas no programa *Axio Vision LE64* utilizando uma lupa *Zeiss* modelo *Discovery.V8* com câmera acoplada (Figura 4.7-2). Desta maneira foi possível avaliar a variação do tamanho do grão, o grau de seleção e retrabalhamento dos sedimentos.



Figura 4.7-2 - Equipamento utilizado para fotografar as amostras de sedimentos

4.8 Integração dos resultados

Para determinação da ZMT foram comparados os resultados das medições de turbidez, imageamento de fundo e granulometria. Tais resultados foram representados simultaneamente sobre as figuras correspondentes às seções longitudinais dos talwegues dos estuários. Considerou-se a ZMT nos locais onde:

- Os valores de turbidez foram máximos;
- O fundo, com base no imageamento, foi classificado como homogêneo e de baixo retorno;
- Houve predominância da fração de areia muito fina na granulometria.

Nesta mesma representação foram delimitadas as ZR e ZM dos estuários com base no alcance máximo da cunha salina registrado em campo, quando possível.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas foram realizadas entre os meses de agosto de 2016 e setembro de 2017, conforme periodicidade preestabelecida, com exceção da campanha 4 para coleta de dados físico-químicos no rio Itaguapé, que não pôde ser realizada por motivos de força maior. As datas e informações referentes a cada campanha encontram-se detalhadas no Apêndice 2.

5.1 Maregrafia

A Figura 5.1-1 representa as variações de altura do nível do mar e da previsão da maré entre os meses de agosto de 2016 e julho de 2017, indicando-se com setas as datas de realização das campanhas de coletas de dados físico-químicos.

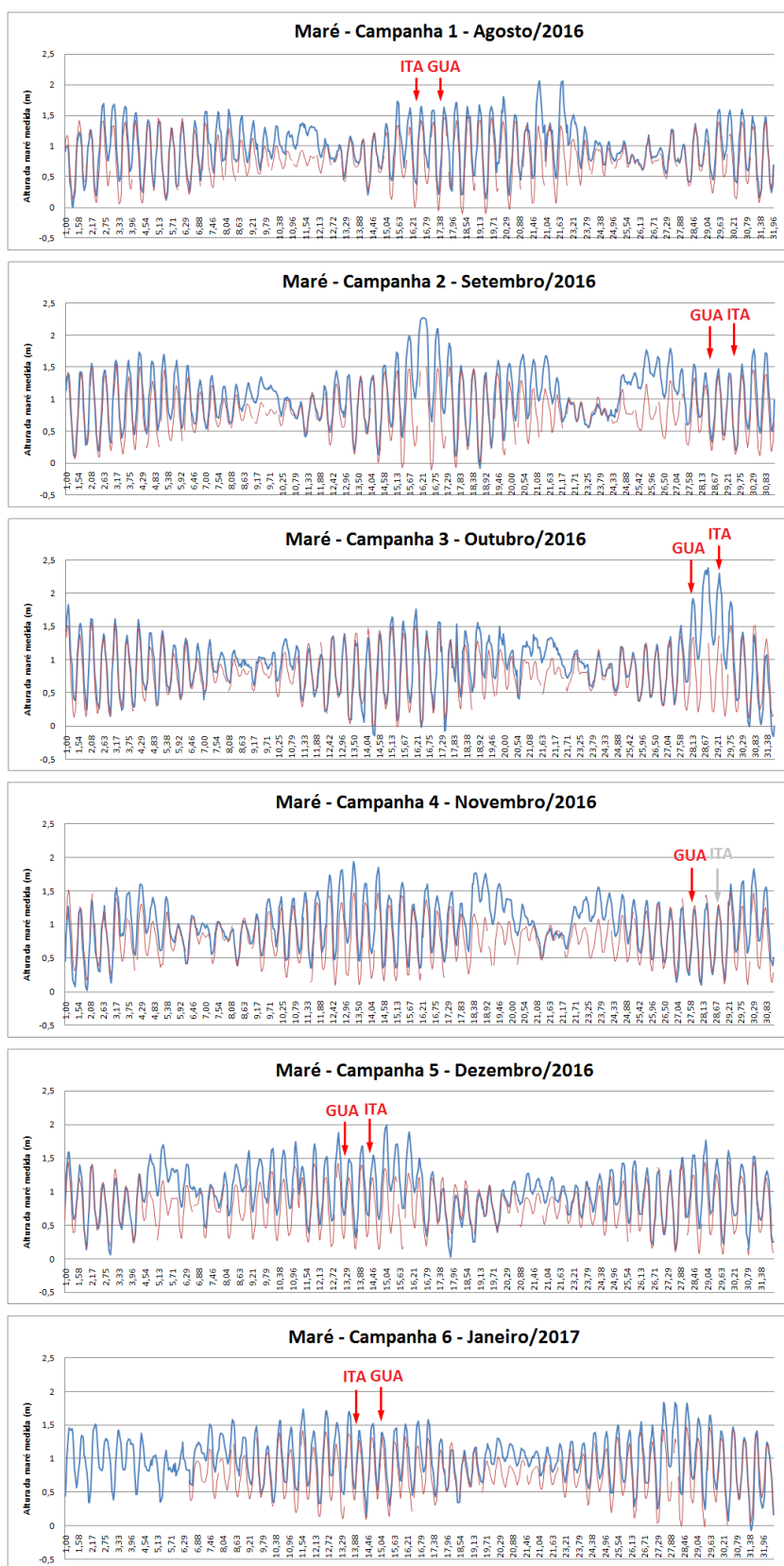


Figura 5.1-1 - Variação do nível do mar entre agosto de 2016 e julho de 2017. A curva vermelha representa a maré prevista, enquanto que a curva azul representa os valores medidos para a estação da Praticagem de Santos. As setas representam a datas das campanhas de coleta de dados das variáveis físico-químicas realizadas em cada estuário (Fonte: Praticagem de Santos).

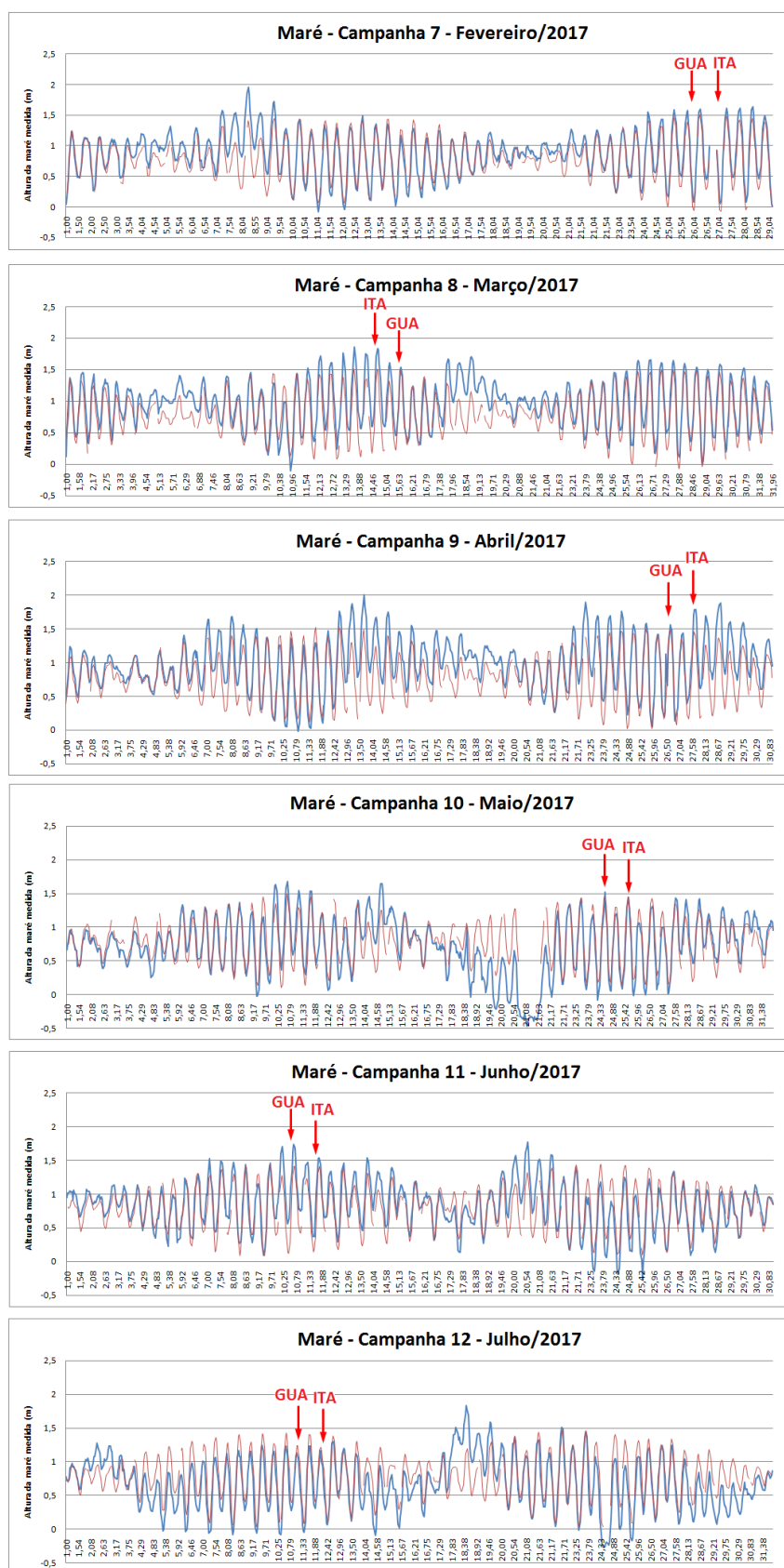


Figura 5.1-1 (continuação) - Variação do nível do mar entre agosto de 2016 e julho de 2017. A curva vermelha representa a maré prevista, enquanto que a curva azul representa os valores medidos para a estação da Praticagem de Santos. As setas representam a datas das campanhas de coleta de dados das variáveis físico-químicas realizadas em cada estuário (Fonte: Praticagem de Santos).

Como se observa na figura acima, nem sempre a variação do nível do mar coincide com a previsão da maré. Isso se deve a fatores meteoceanográficos que influenciam a região, tais como chuvas intensas, ressacas, formação de centros de alta pressão no mar, entre outros.

Desta forma, uma parte das campanhas foi realizada em períodos em que altura máxima medida coincidiu com a previsão, como foi o caso das campanhas realizadas em setembro (C2) e novembro (C4) de 2016, janeiro (C6, apenas rio Guaratuba), março (C8, apenas rio Guaratuba) abril (C9, apenas rio Guaratuba) e maio (C10) de 2017 (Figura 5.1-2). Considerou-se a altura medida igual à altura da maré prevista quando a diferença entre ambas foi menor do que 0,1m.

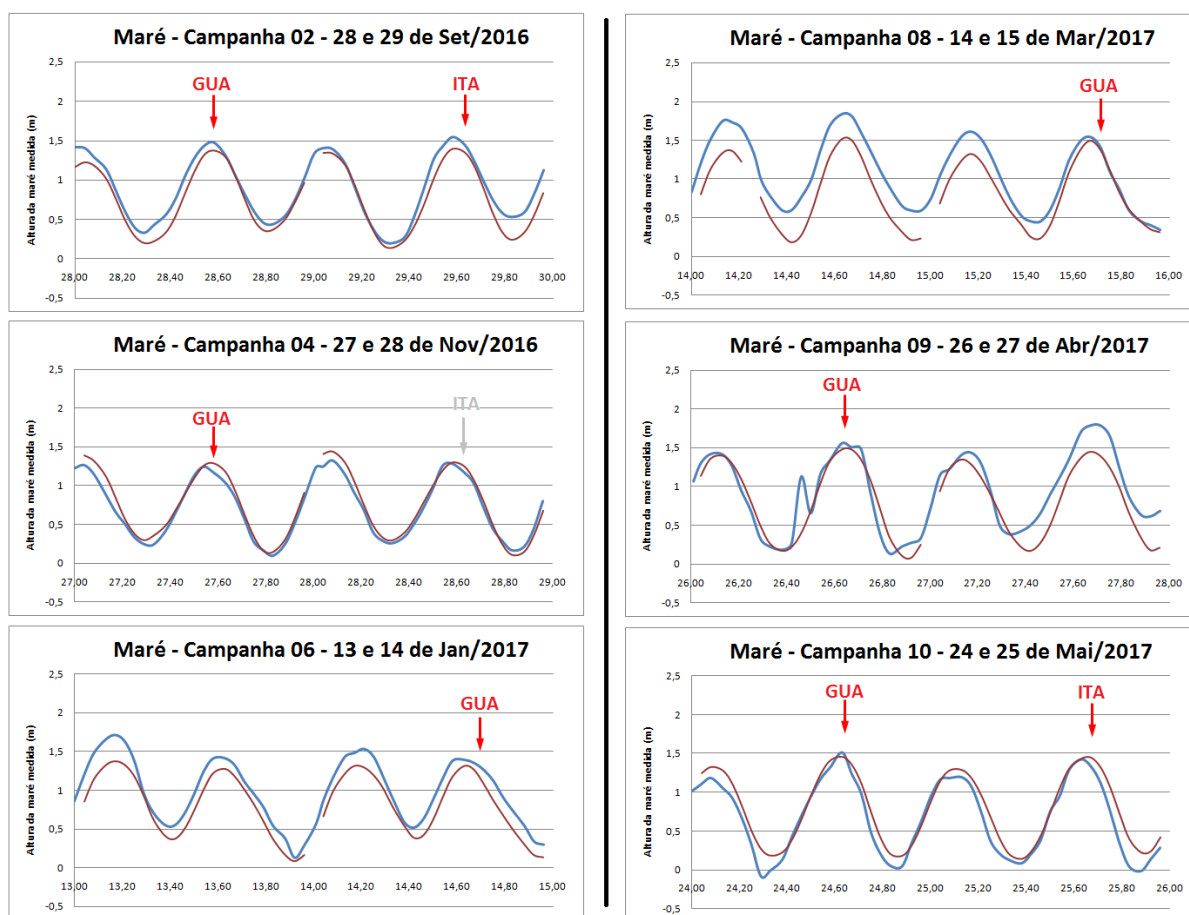


Figura 5.1-2 - Variação do nível do mar nos dias de coleta para as campanhas onde não foi considerada diferença entre a altura máxima medida e a altura máxima da previsão da maré. A curva vermelha representa a maré prevista, enquanto que a curva azul representa a maré medida na Praticagem de Santos. As setas representam a datas das coletas realizadas em cada estuário (Fonte: Praticagem de Santos).

A maior parte das coletas foi realizada em períodos onde a altura máxima do nível do mar medido foi considerada maior do que a maré máxima prevista, no caso: campanhas de agosto (C1), outubro (C3) e dezembro de 2016 (C5), e janeiro (apenas rio Itaguaré) (C6), fevereiro (C7), março (apenas rio Itaguaré) (C8), abril (apenas rio Itaguaré) (C9) e junho de 2017 (C11) (Figura 5.1-3).

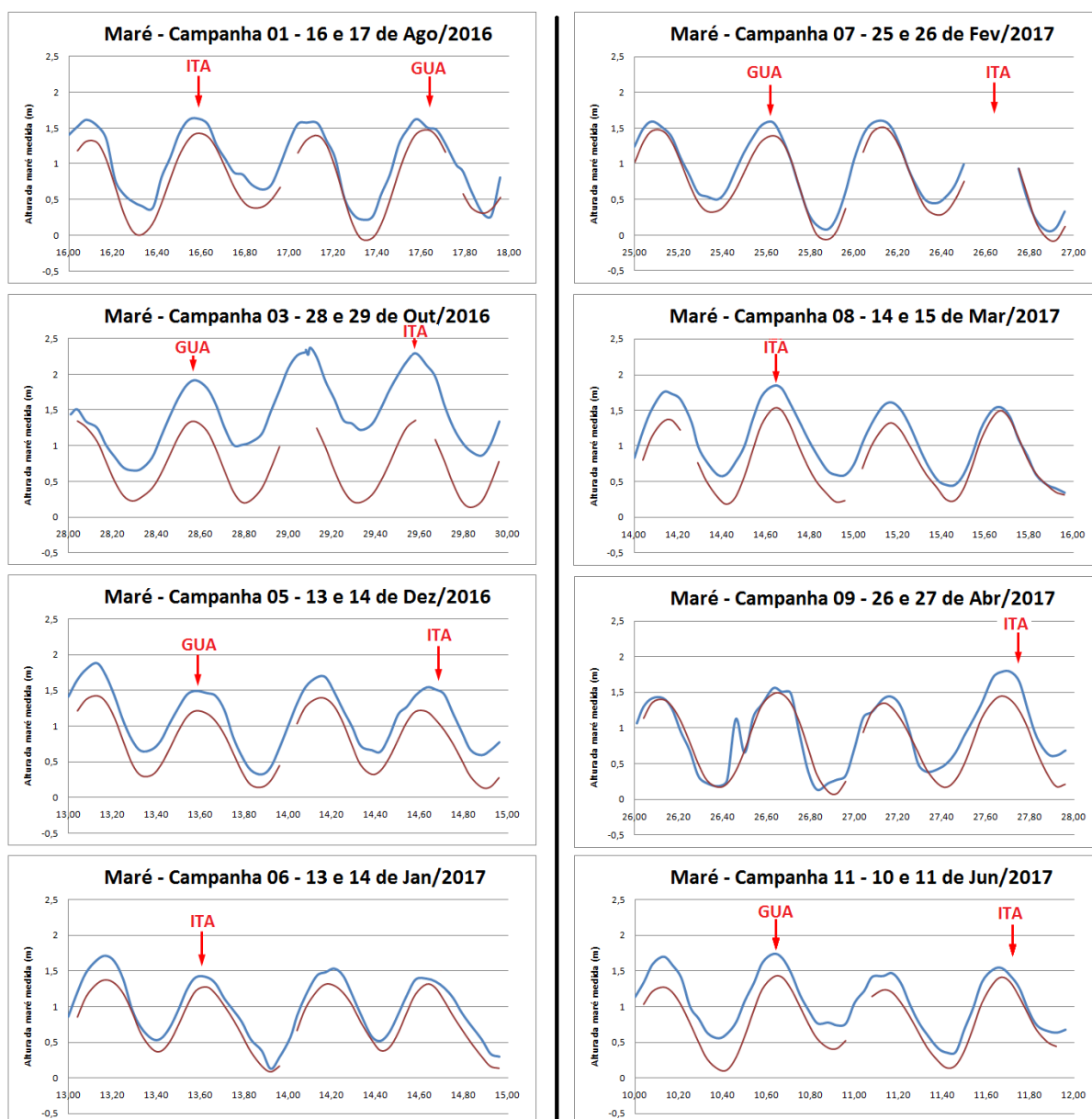


Figura 5.1-3 - Variação do nível do mar nos dias de coleta para as campanhas onde a altura máxima medida foi maior do que a altura máxima da previsão da maré. A curva vermelha representa a maré prevista, enquanto que a curva azul representa os valores medidos na Praticagem de Santos. As setas representam a datas das coletas realizadas em cada estuário (Fonte: Praticagem de Santos)

Em outubro de 2016 uma forte ressaca atingiu a região sudeste do Brasil. A altura máxima medida do nível do mar na madrugada do dia 29 alcançou 2,58m, sendo

este o maior valor já registrado desde o início das medições feitas pela Praticagem de Santos (NPH-UNISANTA, 2016). A coleta do rio Guaratuba ocorreu na tarde do dia 28 (durante a preamar anterior), momento em que o nível o mar atingiu 1,92m (0,58m acima da previsão), enquanto que a coleta do rio Itaguapé ocorreu na tarde do dia 29, (na preamar seguinte), atingindo 2,3m (0,94m acima da previsão).

No dia 26 de fevereiro, durante a realização da campanha 7 no rio Itaguapé, o marégrafo da Praticagem de Santos não registrou a altura do nível do mar. Levando em conta a situação meteorológica, bem como observações de campo, foi considerada para esta campanha a diferença de altura entre a altura do nível do mar e a maré prevista no dia anterior, quando foi realizada a coleta no rio Guaratuba.

Por último, e diferentemente das demais campanhas, as medições do nível do mar realizadas em julho de 2017 (C12) estiveram abaixo da previsão (Figura 5.1-4).

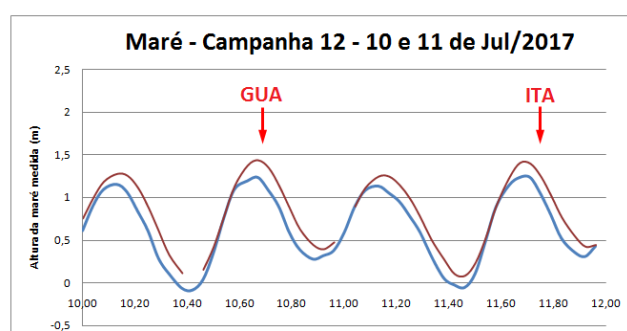


Figura 5.1-4 - Variação do nível do mar nos dias de coleta para a campanha onde a altura máxima medida foi menor do que a altura máxima da previsão da maré. A curva vermelha representa a maré prevista, enquanto que a curva azul representa os valores medidos para a estação da Praticagem de Santos. As setas representam a datas de coleta realizadas em cada estuário (Fonte: Praticagem de Santos).

As Tabelas 5.1-1 e 5.1-2 resumem as diferenças entre as medições do nível do mar e a maré máxima prevista nos dias de coleta. Valores positivos indicam marés mais altas do que a previsão, e valores negativos indicam marés mais baixas.

Tabela 5.1-1 - Diferenças entre os valores máximos de altura do nível do mar e da maré prevista nas campanhas realizadas no rio Itaguapé

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Mês/Ano	Ago/16	Set/16	Out/16	Nov/16	Dez/16	Jan/17	Fev/17	Mar/17	Abr/17	Mai/17	Jun/17	Jul/17
Maré medida (m)	1,64	1,54	2,30	-	1,54	1,41	-	1,84	1,79	1,43	1,54	1,23
Maré prevista (m)	1,42	1,39	1,36	-	1,21	1,28	1,48	1,51	1,45	1,44	1,41	1,4
Diferença (m)	0,22	0,15	0,94	-	0,33	0,13	-	0,33	0,34	-0,01	0,13	-0,17

Tabela 5.1-2 - Diferenças entre os valores máximos de altura do nível do mar e da maré prevista nas campanhas realizadas no rio Guaratuba

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
<i>Mês/Ano</i>	<i>Ago/16</i>	<i>Set/16</i>	<i>Out/16</i>	<i>Nov/16</i>	<i>Dez/16</i>	<i>Jan/17</i>	<i>Fev/17</i>	<i>Mar/17</i>	<i>Abr/17</i>	<i>Mai/17</i>	<i>Jun/17</i>	<i>Jul/17</i>
<i>Maré medida (m)</i>	1,63	1,47	1,92	1,24	1,49	1,39	1,58	1,54	1,56	1,52	1,74	1,23
<i>Maré prevista (m)</i>	1,42	1,37	1,34	1,26	1,22	1,32	1,39	1,49	1,48	1,46	1,41	1,43
<i>Diferença (m)</i>	0,21	0,10	0,58	-0,02	0,27	0,07	0,19	0,05	0,08	0,06	0,33	-0,20

5.2 Precipitação

Os dados de precipitação mensal acumulada, obtidos junto ao CEMADEN, encontram-se representados na Figura 5.2-1.

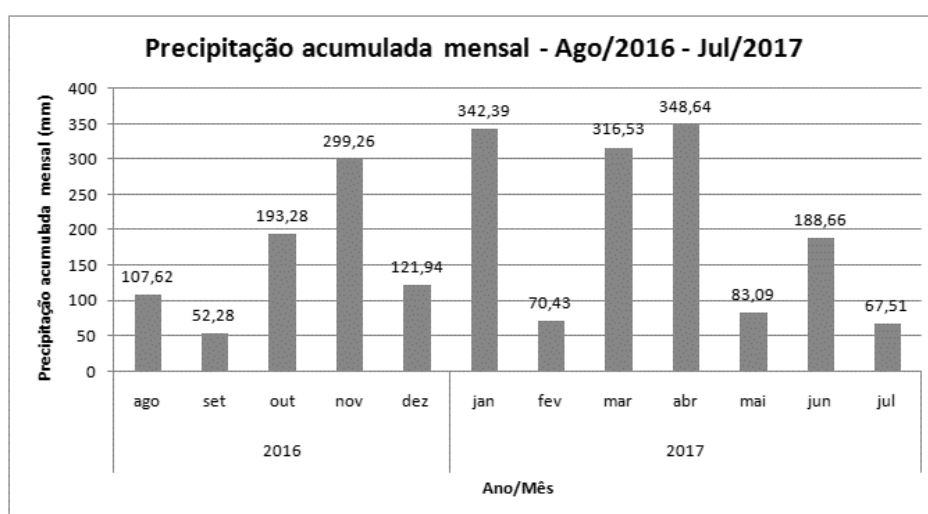


Figura 5.2-1 - Precipitação mensal registrada pelo pluviômetro instalado entre os estuários dos rios Itagaré e Guaratuba entre agosto de 2016 e julho de 2017 (Fonte: CEMADEN).

Como se observa na figura acima, a pluviosidade média aumenta nos meses mais quentes, e diminui nos meses de inverno, sendo significativa ao longo do ano todo. As precipitações registradas durante o período do estudo totalizaram 2.191mm, valor que se encontra dentro do esperado para a região. Os meses de dezembro de 2016 e fevereiro de 2017 apresentaram valores mais baixos do que o normal para o período chuvoso.

Os dados de precipitação diária acumulada, sobrepostos às datas de coleta encontram-se representados na Figura 5.2-2.

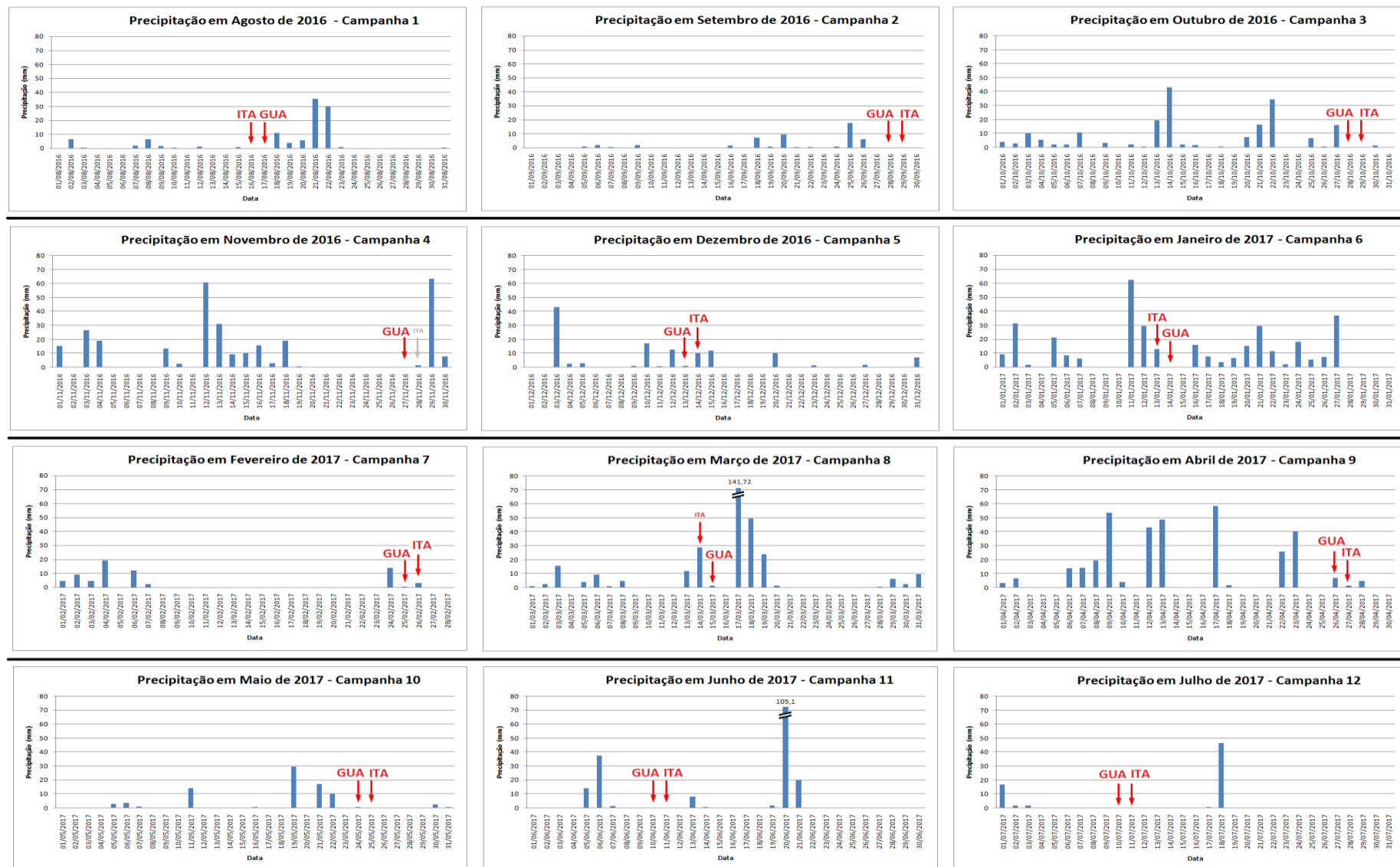


Figura 5.2-2 - Precipitação diária acumulada entre agosto de 2016 e julho de 2017. Setas vermelhas indicam os dias das coletas (Fonte: CEMADEN).

Observa-se que a maior parte das campanhas foi realizada em dias nos quais não houve registros de precipitação.

Especificamente para a campanha de janeiro de 2017, houve registros de precipitação nos dias anteriores às coletas. No caso do rio Itaguapé, a coleta ocorreu no dia 13, que registrou 13mm, sendo que nos dias 11 e 12, foram registrados 62mm e 29mm, respectivamente. Não foi observada precipitação no dia 14, data da coleta no rio Guaratuba, entretanto, considerando-se os três dias anteriores de precipitação, entende-se que a dinâmica hidrológica do estuário tenha sido influenciada por este aporte de água.

Com relação à precipitação observada em campo, apenas para coleta de dezembro de 2016 no rio Itaguapé houve intervalos curtos de precipitação leve. Neste caso, os dados do CEMADEN mostram registros isolados de precipitação das 13:50h às 17:20h.

As tabelas 5.2-1 e 5.2-2 comparam a altura da maré medida e indicam se houve ou não registro de precipitação no dia da coleta e no dia anterior.

Tabela 5.2-1 - Comparação da precipitação antes e durante as coletas no rio Itaguapé (S=sim, houve precipitações, N=não), em conjunto com a situação da maré medida (>, < ou = à prevista).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Mês/Ano	Ago/16	Set/16	Out/16	Nov/16	Dez/16	Jan/17	Fev/17	Mar/17	Abr/17	Mai/17	Jun/17	Jul/17
Maré	>	=	>	=	>	>	>	>	>	=	>	<
PPT coleta	N	N	N		S	S	S	S	N	N	N	N
PPT antes	N	N	N		N	S	N	S	S	N	N	N

Tabela 5.2-2 - Comparação da precipitação antes e durante as coletas no rio Guaratuba (S=sim, houve precipitações, N=não), em conjunto com a situação da maré medida (>, < ou = à prevista).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Mês/Ano	Ago/16	Set/16	Out/16	Nov/16	Dez/16	Jan/17	Fev/17	Mar/17	Abr/17	Mai/17	Jun/17	Jul/17
Maré	>	=	>	=	>	=	>	=	=	=	>	<
PPT coleta	N	N	N	N	S	N	N	N	S	N	N	N
PPT antes	N	N	S	N	S	S	S	S	N	N	N	N

Como se observa nas tabelas, não houve precipitações nos dias de coleta ou anteriores a estes nos meses de outono/inverno (agosto e setembro de 2016, e maio a julho de 2017). Desta forma, durante esses meses a altura da maré não se relaciona com as precipitações. Já nos meses mais quentes (outubro a março), observa-se que há aumento da altura da maré nas coletas onde houve precipitação, porém não é possível atribuir o aumento da altura da maré a este único fator.

5.3 Batimetria

As campanhas de batimetria e imageamento do fundo foram realizadas nos meses de fevereiro (verão) e setembro (inverno) de 2017, conforme o cronograma previsto. As Figuras 5.3-1 e 5.3-2 representam as duas plantas batimétricas produzidas para o rio Itaguapé. A Figura 5.3-3 traz a comparação de seções transversais ao longo do estuário, demonstrando os locais onde houve erosão e assoreamento no período entre a batimetria de verão e a batimetria de inverno. Plantas batimétricas com melhor resolução (formato A3) encontram-se no Apêndice 3.

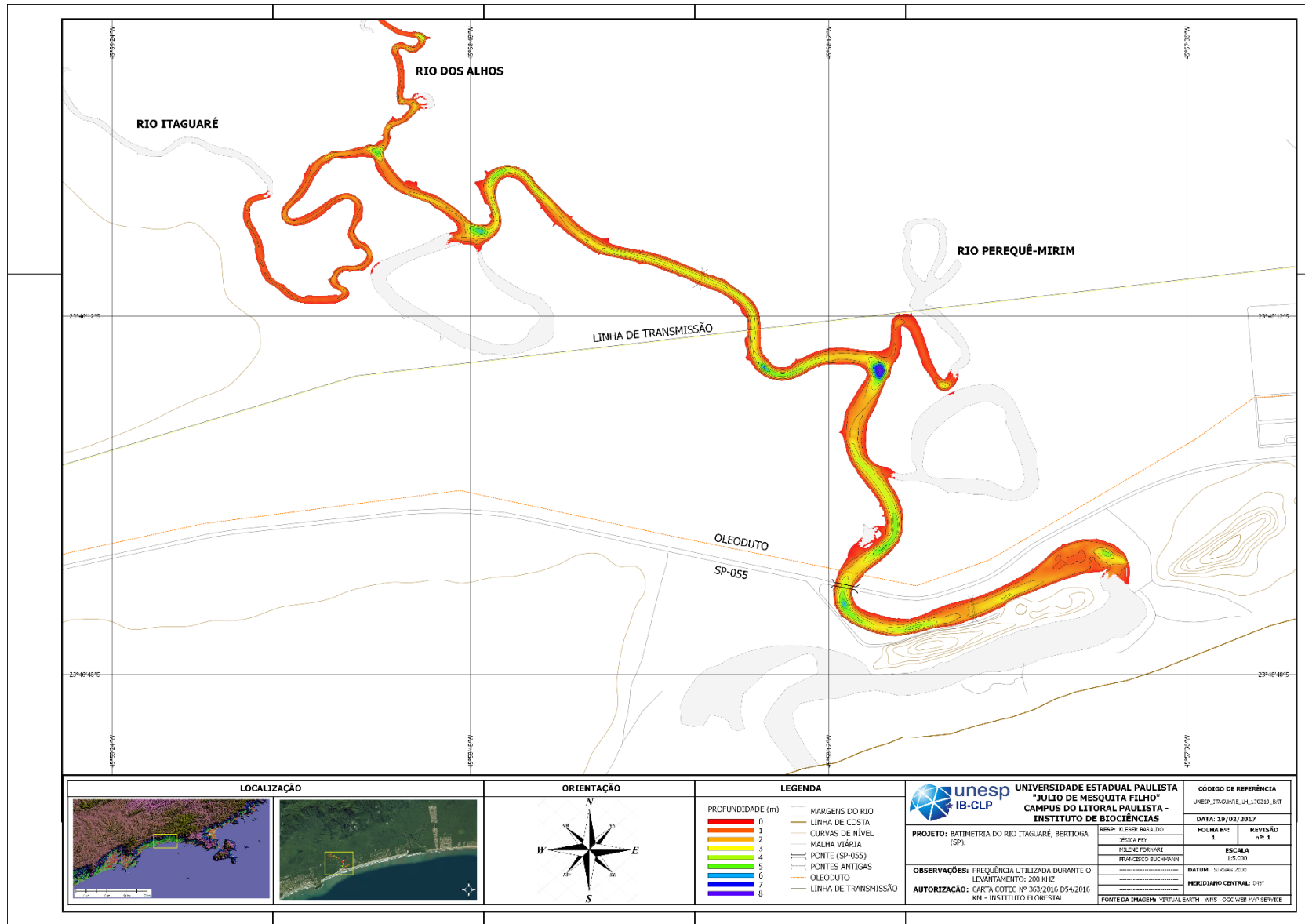


Figura 5.3-1 - Batimetria do estuário do Rio Itaguapé. Campanha de inverno realizada em setembro de 2017.

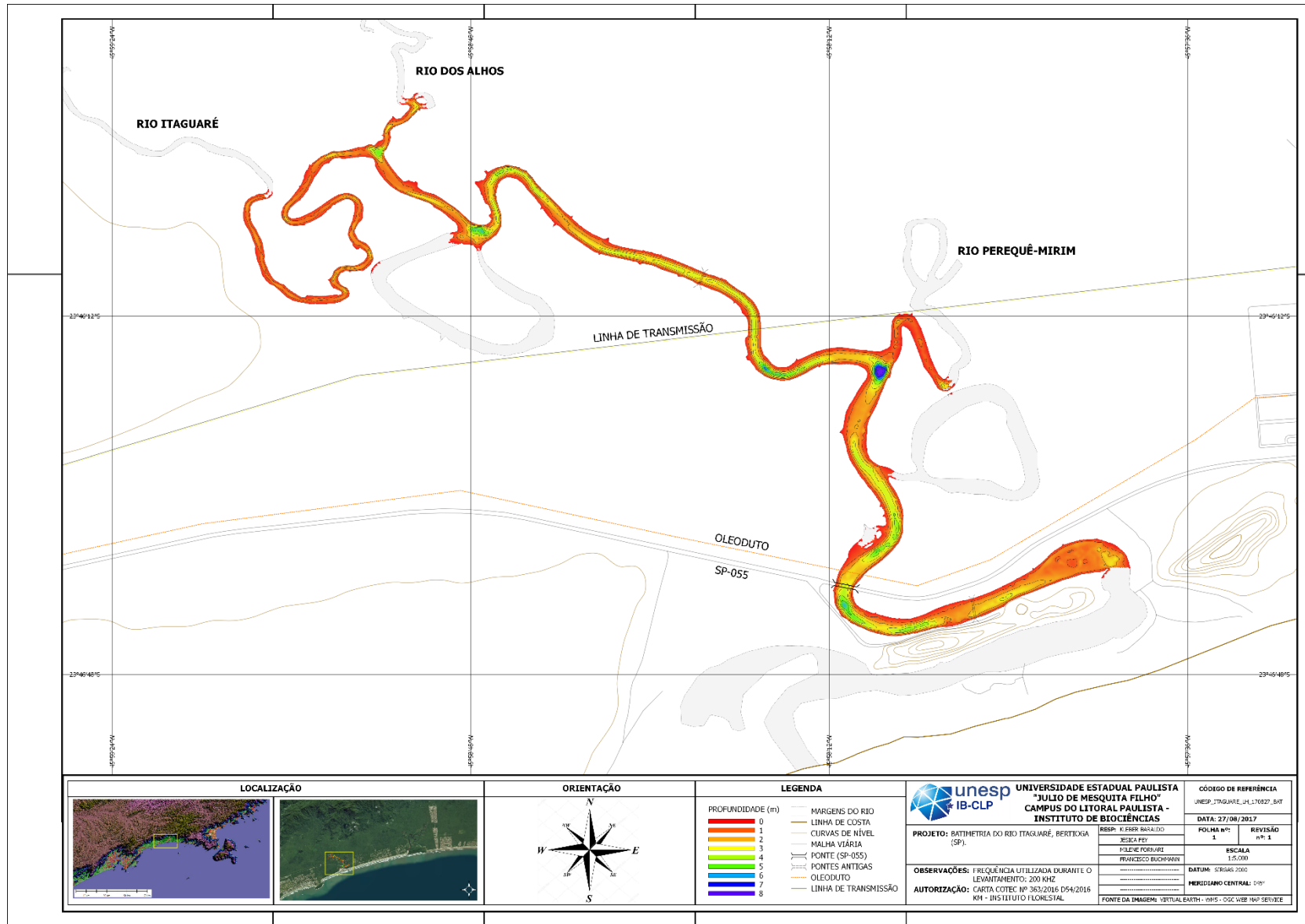


Figura 5.3-2 - Batimetria do estuário do Rio Itaguapé. Campanha de verão realizada em fevereiro de 2017

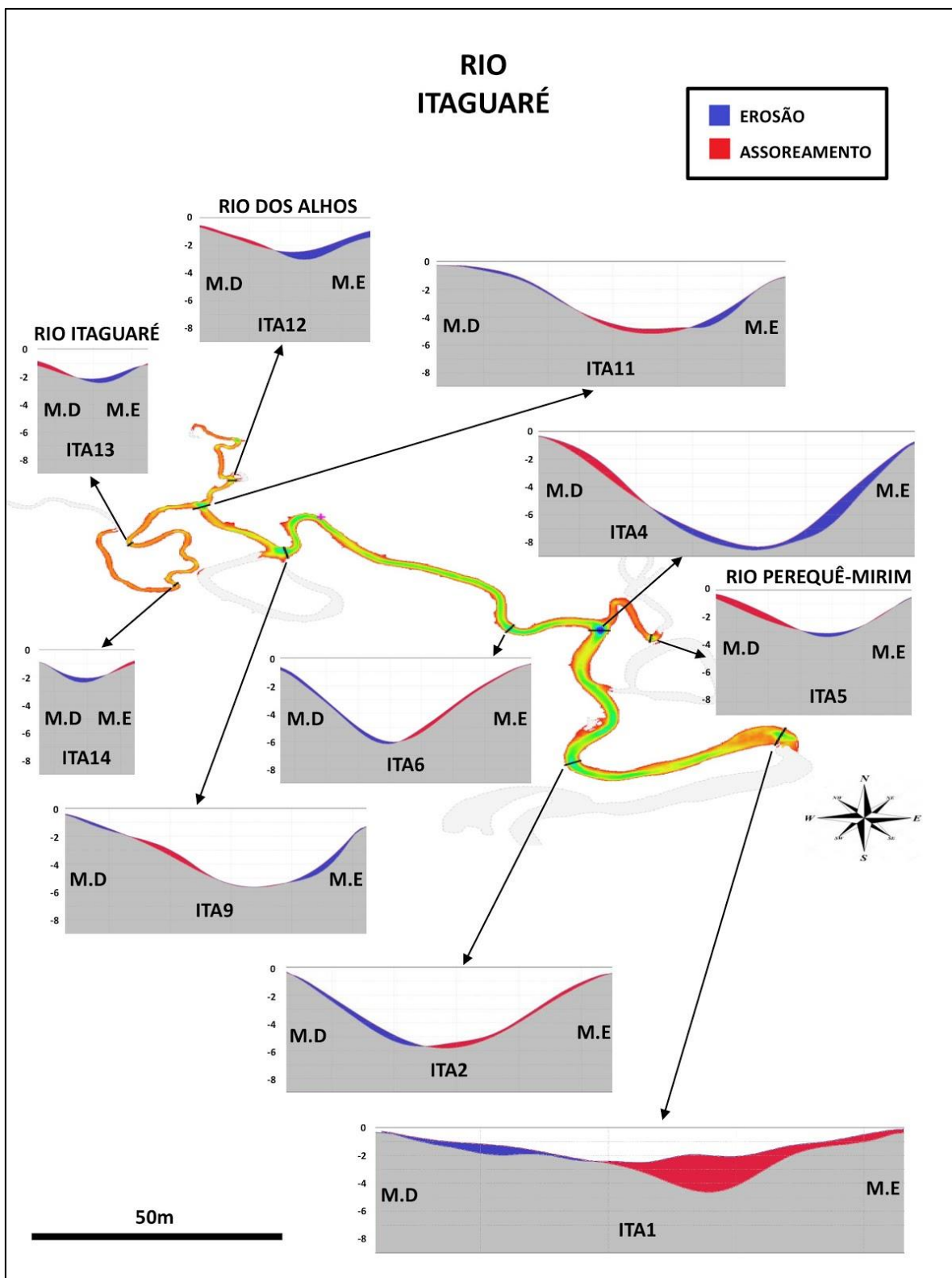


Figura 5.3-3 - Comparação de seções transversais ao longo do estuário do rio Itaguapé, demonstrando locais de erosão (azul) e deposição (vermelho) com base na batimetria de verão. O eixo vertical representa as profundidades, em metros.

O ponto mais profundo registrado em ambas as campanhas no rio Itaguapé encontra-se na confluência com o rio Perequê-Mirim (ITA4), com profundidade máxima de 8,6m. Na curva à jusante da linha de transmissão (próximo de ITA6) existe outra depressão batimétrica que atinge 6,1m. O ponto de encontro com o primeiro meandro semiabandonado apresentou profundidade de 5,6m, e a confluência com o Rio dos Alhos (ITA11) apresentou em média 5m. Desta forma, observa-se que os pontos que apresentam maior profundidade no estuário correspondem às confluências com tributários e às curvas mais acentuadas.

Próximo ao oleoduto da Petrobras e no local da antiga ponte (localizada entre ITA6 e ITA7) as profundidades são menores do que no entorno.

Comparando as batimetrias é possível observar que as alterações mais expressivas ocorreram na região próxima à foz do estuário (ITA1). No verão havia uma depressão de 4,6m, que praticamente desapareceu, apresentando profundidade de 2m na batimetria de inverno. Na curva a jusante da ponte da rodovia SP055 a profundidade foi de 5,8m no verão e 5,7m no inverno. Em contraposição, em todos os tributários que deságuam no estuário, registrou-se aumento da profundidade na batimetria de inverno.

Na maior parte das seções transversais foram observados processos de erosão nas margens externas e de sedimentação nas margens internas das curvas, demonstrando o deslocamento do talvegue na direção das margens erosivas.

O padrão deposicional observado entre verão e inverno parece indicar uma perda de material na porção superior do estuário (ZR) e um acúmulo de material na região próxima à foz.

As Figuras 5.3-4 e 5.3-5 representam as plantas batimétricas geradas para o estuário do rio Guaratuba, e a Figura 5.3-6 traz a comparação de seções transversais demonstrando os locais onde houve erosão e assoreamento no período entre a batimetria de verão e a batimetria de inverno.

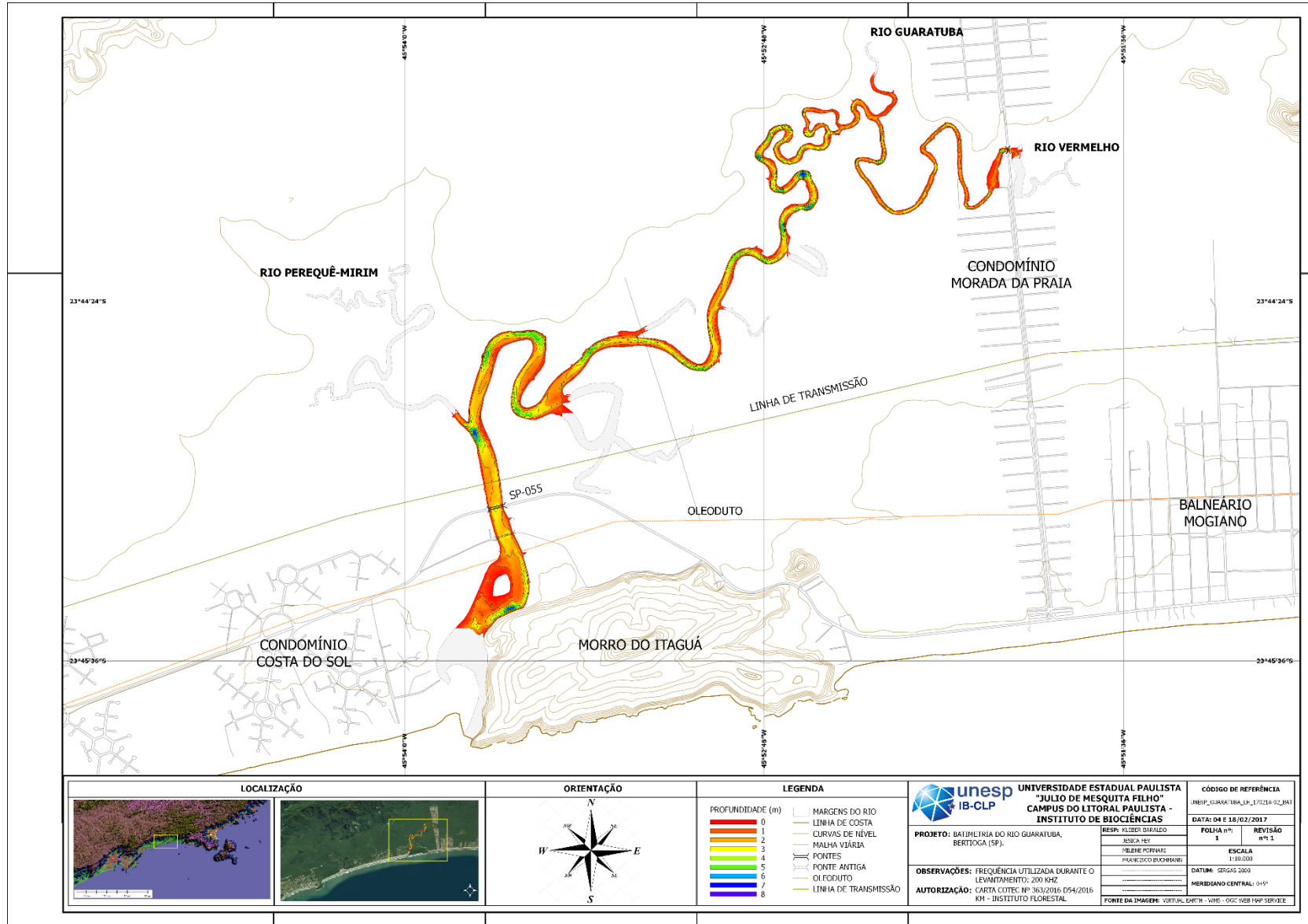


Figura 5.3-4 - Batimetria do estuário do Rio Guaratuba. Campanha de verão realizada em fevereiro de 2017.

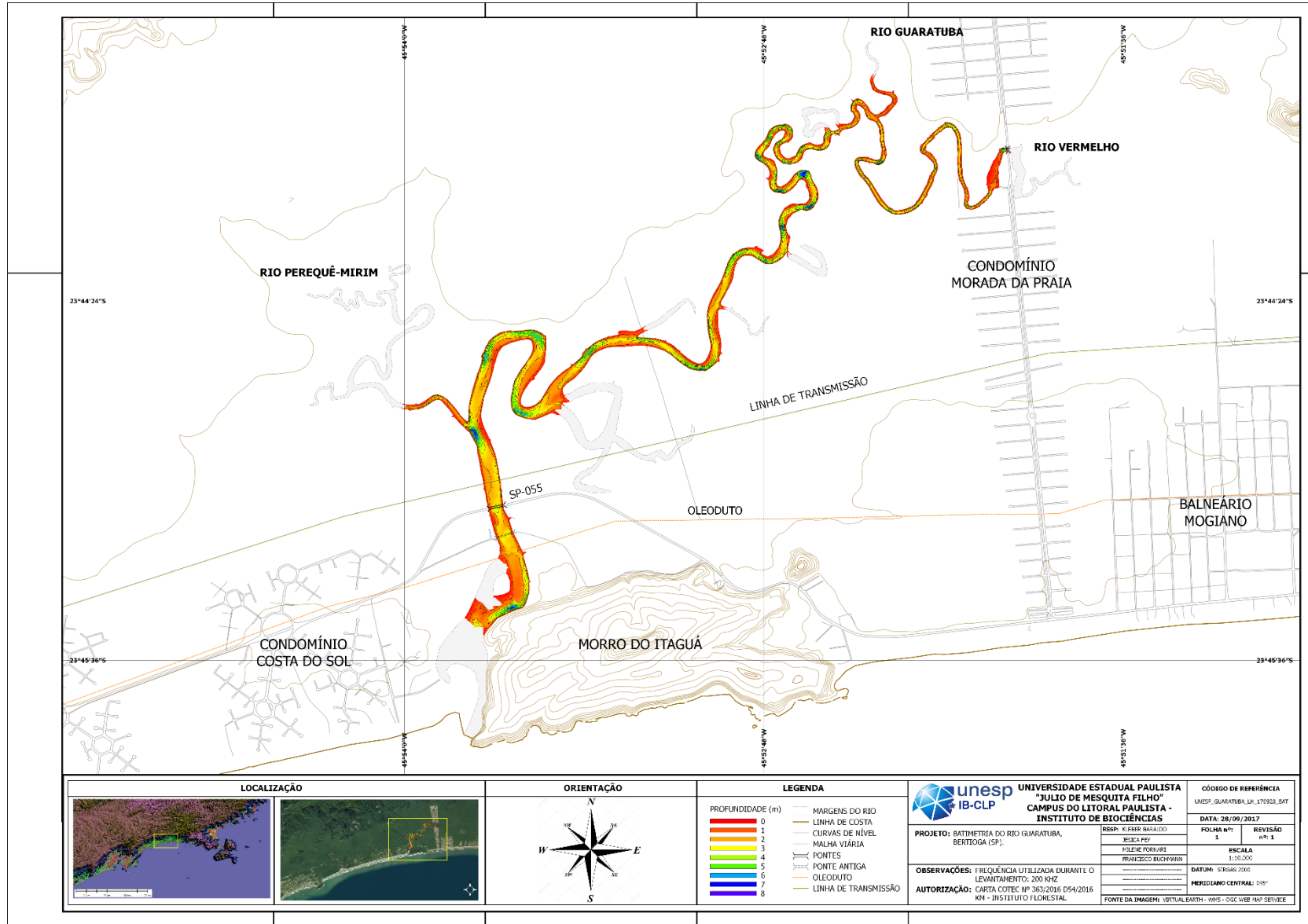


Figura 5.3-5 - Batimetria do estuário do Rio Guaratuba. Campanha de inverno realizada em setembro de 2017.

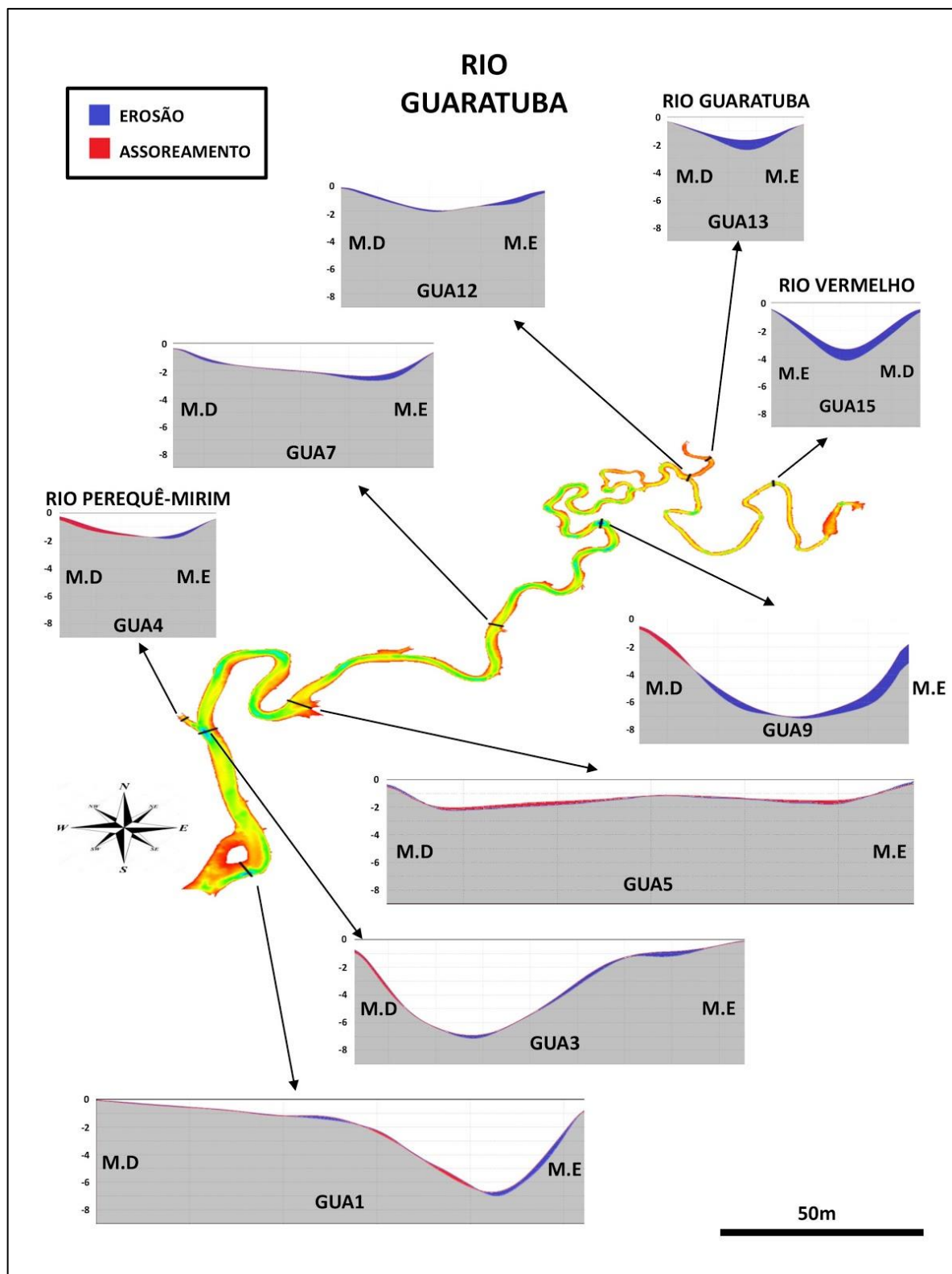


Figura 5.3-6 - Comparação de seções transversais ao longo do estuário do rio Guaratuba, demonstrando processos de erosão (azul) e deposição (vermelho) considerando como base a batimetria de verão. O eixo vertical representa as profundidades (m) do estuário.

Os pontos mais profundos do rio Guaratuba foram registrados na curva do ponto GUA9 (profundidade máxima de 7,2m), na confluência com o rio Perequê-Mirim (GUA3, com 7,1m), e na base do Morro do Itaguá (GUA1, com 7m).

Destaca-se neste rio uma área consideravelmente rasa ao longo de toda a seção transversal em GUA5 (próximo ao segundo meandro semiabandonado). Próximo ao oleoduto da Petrobras, e no local da antiga ponte (GUA2), as profundidades são menores do que no entorno.

Comparando as batimetrias é possível observar que as alterações mais expressivas ocorreram na região próxima à ZR, com destaque para os trechos à montante de GUA9 onde houve aumento da profundidade. Nas seções próximas aos pontos GUA4 e GUA5 observou-se acúmulo de material durante o inverno.

A jusante da ponte do Condomínio Morada da Praia (GUA16) existe uma área ampla (geralmente colonizada por macrófitas) consideravelmente mais rasa e larga que o entorno (a distância entre as margens alcança 70m). Esta área foi aberta para o acesso de embarcações à rampa do condomínio. Com base em observações de campo, a velocidade das correntes nesse trecho é menor, favorecendo processos de sedimentação e consequente assoreamento do local.

Delimitação do talvegue

O resultado da delimitação dos talvegues dos estuários encontra-se representado na Figura 5.3-7.

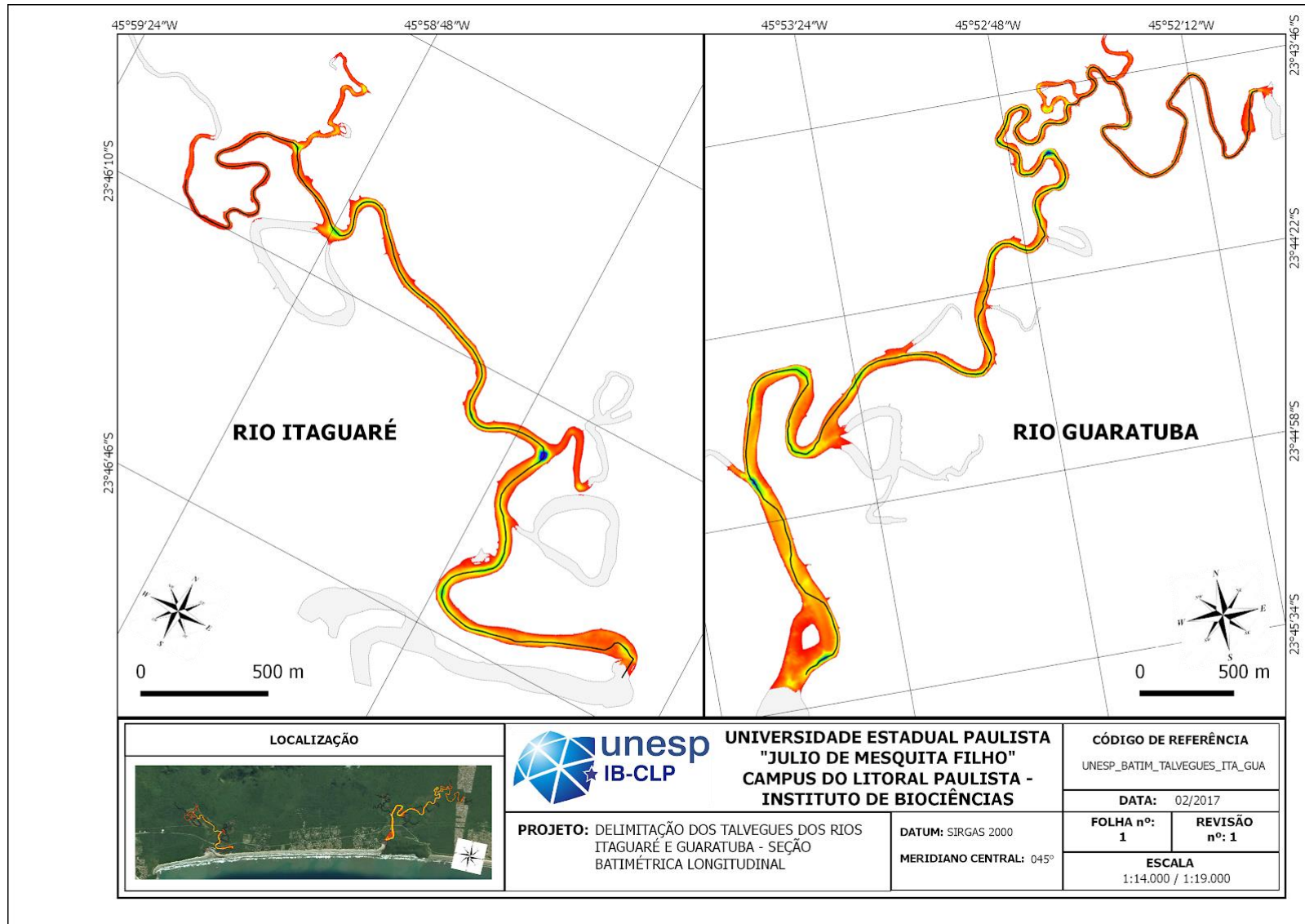


Figura 5.3-7 - Delimitação dos talvegues dos rios Itaguapé e Guaratuba (linha preta) sobreposta à batimetria dos estuários.

As áreas mais profundas ao longo do estuário do rio Itaguaí concentram-se ao longo de seu eixo central, o que representa uma posição mais centralizada do talvegue.

O estuário do rio Guaratuba, mais meandrante, tem a maior parte de suas áreas profundas deslocadas em direção da margem erosiva das curvas, mostrando uma posição descentralizada do talvegue. No rio Vermelho, que apresenta largura aproximada de 30m, as áreas mais profundas coincidem com o eixo central.

O resultado das seções longitudinais correspondentes aos talvegues dos estuários encontra-se representado, em escala, nas Figuras 5.3-8 e 5.3-9. As mesmas seções foram utilizadas como base para a representação das variáveis físico-químicas medidas ao longo dos estuários.

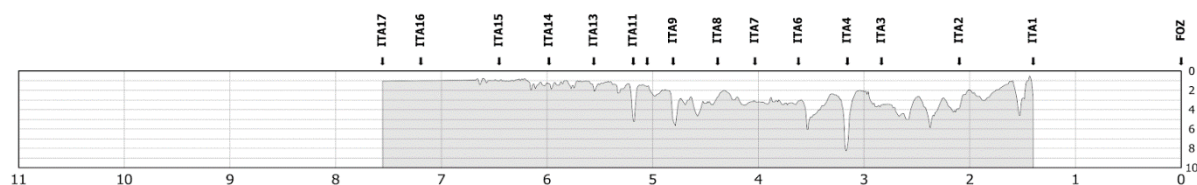


Figura 5.3-8: Seção batimétrica ao longo do talvegue do estuário do rio Itaguaí. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

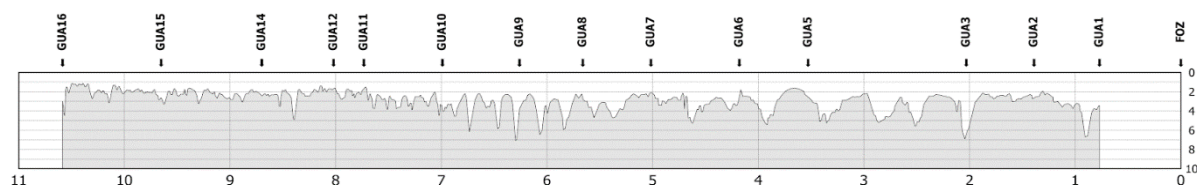


Figura 5.3-9: Seção batimétrica ao longo do talvegue do estuário do rio Guaratuba. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Observa-se que o primeiro ponto de coleta do estuário do rio Guaratuba se encontra mais próximo à foz do que o primeiro ponto do estuário do rio Itaguaí, e o estuário do rio Guaratuba apresenta uma porção navegável maior.

5.4 Imageamento com sonar de varredura lateral

O imageamento com SVL das seções longitudinais dos estuários totalizou 46km lineares no rio Itaguapé e 88km no rio Guaratuba, contabilizando trechos dos tributários. Cabe ressaltar que após uma análise primária das imagens, não se observaram diferenças expressivas entre os sonogramas das campanhas de verão e inverno no que diz respeito à distribuição das feições de fundo. Sendo assim, os registros de ambas as campanhas foram analisados conjuntamente, para fins de zoneamento do leito dos estuários.

Com base na interpretação dos sonogramas, foi possível identificar os mesmos padrões de fundo nos dois estuários estudados. A Figura 5.4-1 resume os principais padrões observados, de acordo com a distância da foz.

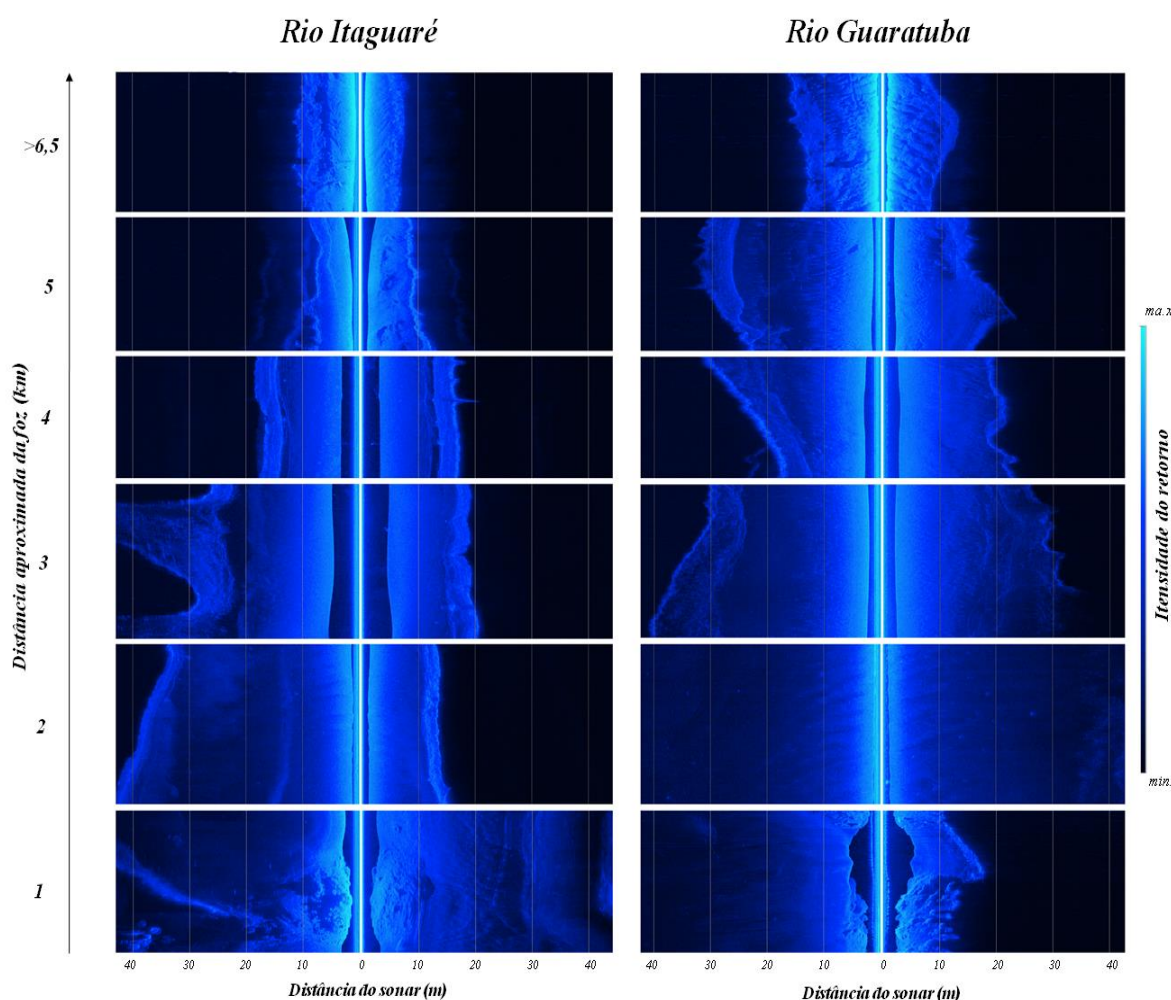


Figura 5.4-1: Principais feições de fundo encontradas ao longo dos estuários dos rios Itaguapé (esq) e Guaratuba (dir), de acordo com a distância aproximada da foz: 1km: afloramentos rochosos; 2km: ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*); 3 e 4km) fundo liso e homogêneo; 5km) fundo liso com irregularidades; e 6km: ondulações (*sand ripples*) na ZR.

Como se observa na figura acima, nos pontos próximos à foz foram registradas feições de textura irregular e alto retorno, que correspondem aos afloramentos rochosos localizados no entorno do maciço do Itaguapé e na base do Morro do Itaguapé (ITA1 e GUA1, respectivamente). Na mesma região, são observadas ondulações de fundo (dunas subaquosas ou *sand ripples*), associadas a fundos com sedimentos arenosos. A distância entre as cristas dessas ondulações varia entre 8 e 12m, sendo que estas feições são percebidas até aproximadamente 2km da foz em ambos os estuários.

A montante dessa faixa, o fundo passa a apresentar aspecto liso e textura mais homogênea, com menor intensidade de retorno, característico de regiões que concentram sedimentos areno-lamosos. Esse padrão é observado no rio Itaguapé entre ITA3 a ITA9, e no rio Guaratuba entre GUA5 a GUA7, ou seja, na faixa compreendida entre 3 e 5km em ambos os estuários.

Finalmente, na ZR dos estuários, observa-se novamente heterogeneidade na textura do fundo a partir de ITA11 e GUA7. Estes pontos encontram-se a uma distância aproximada de 5km das desembocaduras em ambos os estuários. O leito volta a apresentar pequenas ondulações de fundo (*sand ripples*) bem evidentes (com distância entre cristas de 2 a 5m) a partir de aproximadamente 6,5km da foz, nos pontos ITA15 e GUA9. Finalmente, no trecho de cabeceira do rio Guaratuba (GUA13), ondulações de fundo bem definidas ocorreram ao longo de toda a extensão imageada.

O rio dos Alhos (ITA12) e o rio Vermelho apresentaram padrão similar de fundo, com textura heterogênea e poucas ondulações.

Com base nestes resultados, observa-se que em ambos os estuários ocorre uma setorização semelhante das feições do fundo, que parece ocupar extensões lineares equivalentes até aproximadamente 6,5km, desde a foz. Imagens adicionais dos registros de SVL encontram-se no Apêndice 4.

Padrões semelhantes de superfície de fundo foram previamente observados nas regiões estuarinas de Cananéia-Iguape (TESSLER & SOUZA, 1998; PAOLO & MAHIQUES, 2008) e baía de Vitória (Espírito Santo) (VERONEZ-JUNIOR *et al.*, 2009) a partir da análise de imagens de SVL.

5.5 Variáveis físico-químicas da água

As figuras deste item representam a distribuição espacial (horizontal e vertical) das variáveis físico-químicas medidas em cada um dos estuários, ao longo da região equivalente à seção longitudinal referenciada ao talvegue. Para cada variável, foi organizada uma prancha contendo as interpolações das 12 campanhas mensais realizadas, dispostas em ordem cronológica. As figuras foram orientadas no sentido do fluxo dos rios, sendo o lado esquerdo correspondente à região próxima da cabeceira do estuário, e o lado direito à desembocadura.

O eixo vertical de cada figura representa a profundidade da coluna d'água, em metros, e o eixo horizontal representa a distância linear, em quilômetros, medida a partir da foz dos estuários.

Salinidade

Os valores de salinidade no estuário do rio Itaguapé variaram entre 0 e 33,8. A Figura 5.5-1 representa a distribuição espacial da salinidade ao longo do eixo do rio entre agosto de 2016 e julho de 2017.

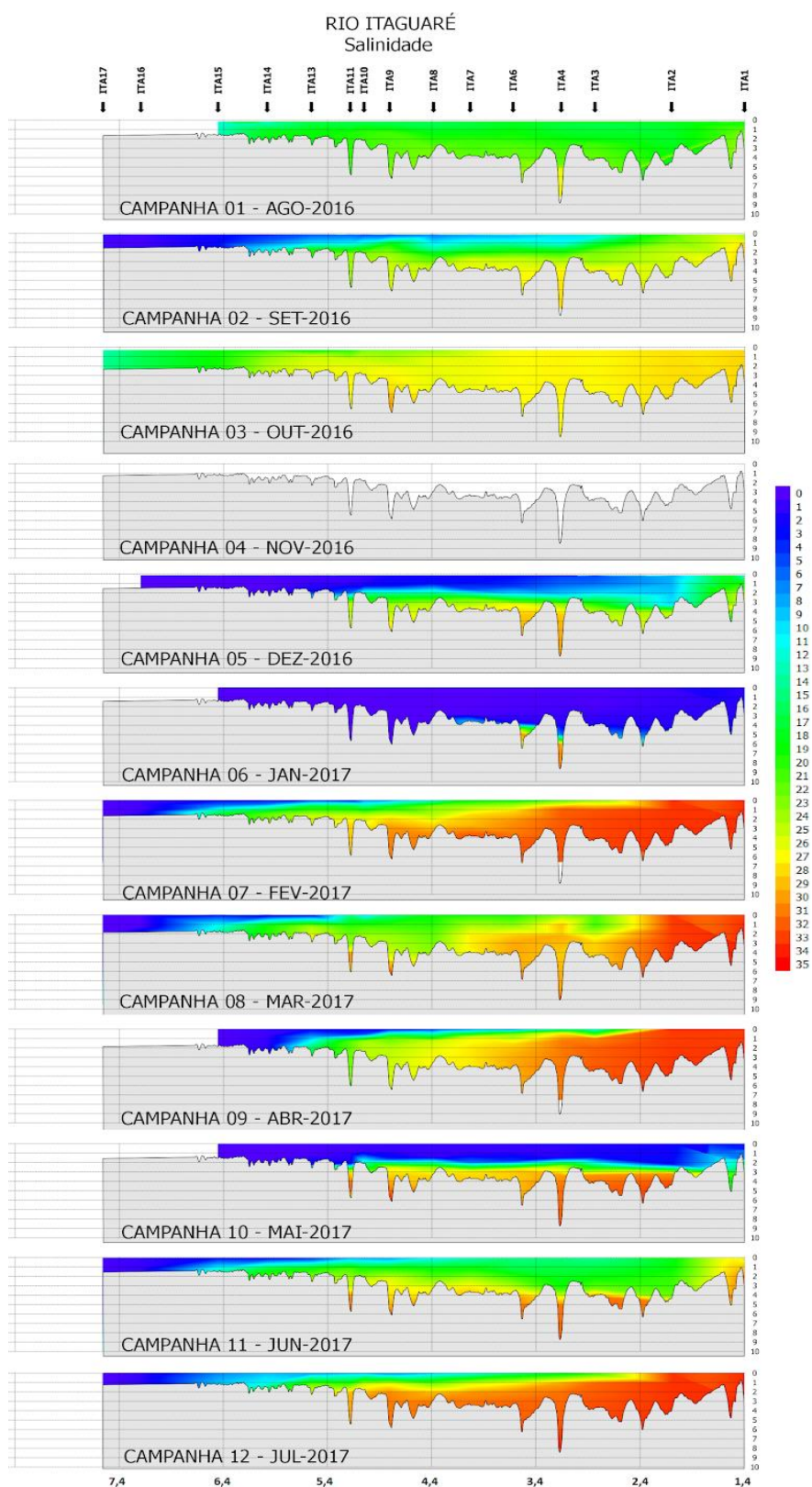


Figura 5.5-1: Distribuição espacial da salinidade ao longo do estuário do rio Itaguare entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Em linhas gerais, o estuário do rio Itaguaré apresenta um certo grau de estratificação vertical, podendo ser classificado como estuário de tipo B (parcialmente misturado) segundo a classificação de Pritchard (1955), e conforme descrito por Rosário (2010). Porém, mesmo realizando as medições durante marés enchentes de sizígia, as condições meteoceanográficas afetaram a distribuição de salinidade ao longo do estuário. Sob diversas condições de precipitação e marés meteorológicas, o estuário apresentou características de estuários do tipo A (cunha salina) e em agosto de 2016 do tipo C (bem misturado). Em todas as situações foi possível observar estratificação ou diluição de água salgada.

Durante a campanha 1, o estuário apresentou os valores mais homogêneos de salinidade ($S \cong 20$), ao longo de toda a extensão, com mínimo de 11,9 em ITA15, e máximo de 26,8, exclusivamente na região mais profunda do ponto ITA4, sendo esta a situação em que se observou o maior grau de mistura durante todo o período do monitoramento. Particularmente no momento da realização desta campanha, a região se encontrava sob influência de ressaca associada à passagem de uma frente fria, sendo que a precipitação nos dias anteriores a esta campanha foi escassa (menos de 30% da precipitação total do mês).

Na campanha 2 foi observada estratificação vertical ao longo de todo o estuário. Não houve diferença entre a altura da maré prevista e da maré medida, e tampouco registro de precipitação nos dias de coleta. Nos 5 dias anteriores à coleta foram registrados cerca de 25mm de precipitação, correspondendo a 50% das chuvas do mês. Os valores de salinidade variaram de 0,5 (ITA15) a 27 (ITA1), sendo que valores levemente superiores foram registrados novamente na região mais profunda de ITA4.

A campanha 3 foi realizada durante a maior ressaca registrada para todo o período do monitoramento, ocasião em que a diferença entre a maré prevista e a maré medida foi máxima. O estuário apresentou estratificação horizontal com valores de salinidade variando entre 19 e 28. Apesar de se observar um gradiente de salinidade, esta foi a campanha que registrou o maior alcance de uma massa de água salobra nos pontos mais à montante, atingindo o limite navegável do estuário. Dois dias antes da coleta foram registrados 15mm de precipitação.

Durante a campanha 5, bem como nos 5 dias anteriores, foi registrada precipitação de 44mm, sendo que a altura da maré medida coincidiu com a previsão. O estuário apresentou estratificação vertical, com valores de salinidade variando entre 0 e 17, sendo que nas regiões mais profundas de ITA4 e ITA6, foi observada estratificação com gradientes de salinidade até 30.

No dia da coleta da campanha 6 e nos dois dias anteriores, foi registrada precipitação intensa (aprox. 110mm acumulados, correspondendo a 30% da precipitação total do mês), que ficou evidenciada na salinidade homogênea e nula ao longo de todo o estuário por conta da intensa vazão do rio. Vale ressaltar que no início desta coleta observou-se que, apesar da situação de maré enchente, o escoamento de água superficial ocorria em direção à desembocadura, e a água apresentava coloração avermelhada, diferente do observado nas demais campanhas, onde a coloração da água apresentou tons esverdeados. Unicamente, foram registrados valores com maiores salinidades nos pontos mais profundos de ITA4 e ITA 6, provavelmente devido ao aprisionamento de água salgada nestas depressões batimétricas.

Entre os meses de fevereiro e abril de 2017 (campanhas 7 a 9) a diferença de salinidade (valores de 0 a 33) ao longo do estuário intensificou a estratificação vertical e a entrada da cunha salina. Nessas campanhas, a maré medida esteve acima da prevista, e houve chuvas intensas no período, com exceção da campanha 7, onde a precipitação mensal foi de aproximadamente 70mm, porém 25% ocorreu nos dois dias anteriores à coleta. Contudo, no mês de fevereiro, observou-se a maior penetração e quantidade de água salgada ($S > 30$) no estuário.

Durante a campanha 10 a estratificação vertical foi intensa, observando-se uma camada superficial de água doce de aproximadamente 2m ao longo de todos os pontos de coleta. Durante essa campanha não houve diferença entre as marés medida e prevista, e houve concentração das precipitações do mês na semana prévia à coleta. Abaixo dos 3m, a massa de água salgada observada entre os pontos ITA2 e ITA4 diluiu-se nos pontos mais à montante, sendo que nas áreas mais profundas dos pontos ITA9 e ITA11 os valores de salinidade foram maiores, sugerindo um aprisionamento de água salgada nesses locais.

A campanha 11 apresenta um padrão similar à campanha 2, com valores de salinidade variando entre 0,5 a 28, com valores de salinidade maiores nas depressões

batimétricas. Uma grande porção do estuário apresentou valores homogêneos de salinidade ($S \approx 18$).

A campanha 12 apresentou um padrão similar ao observado nas campanhas de verão: variação da salinidade entre 0 e 34, forte estratificação vertical, e intensa penetração de água com $S > 30$, ao longo de cerca de 5km do estuário. Cabe ressaltar que, exclusivamente nesta campanha, os valores de maré medida foram inferiores aos da maré prevista (fenômeno observado para a maior parte do mês de julho de 2017), e as coletas foram realizadas após o maior período sem precipitações registradas (em comparação às outras coletas), o que sugere que menores vazões do rio e marés mais baixas do que as esperadas contribuem para manter a estratificação vertical, não observada durante as outras campanhas realizadas durante o inverno.

Os valores de salinidade no estuário do rio Guaratuba variaram entre 0 e 34,7. A Figura 5.5-2 representa a distribuição espacial da salinidade ao longo do rio no período do monitoramento.

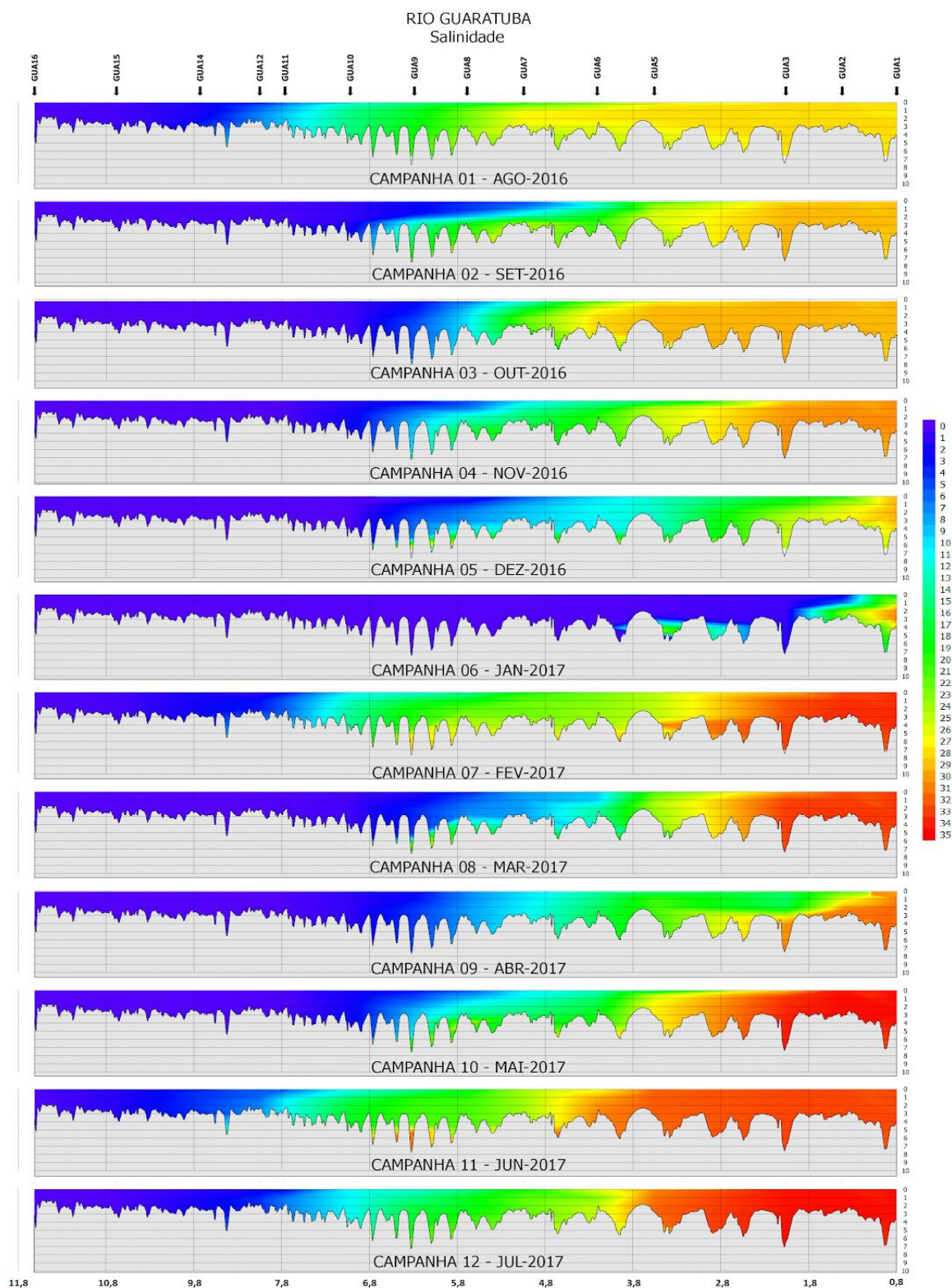


Figura 5.5-2: Distribuição espacial da salinidade ao longo do estuário do rio Guaratuba entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Neste estuário observa-se estratificação horizontal, podendo o mesmo ser classificado como Tipo B (parcialmente misturado) ou Tipo C (verticalmente bem misturado) (PRITCHARD 1955) de acordo com a campanha analisada.

Os maiores valores de salinidade em cada campanha foram registrados, sem exceção, no ponto GUA1. Dada a maior extensão navegável deste estuário, foi registrada salinidade ($S \approx 4$) apenas até o ponto GUA14 (unicamente na campanha 11).

Ao observar a variação sazonal de penetração da cunha salina, parece haver uma correspondência com a sazonalidade e intensidade das precipitações. Quanto menores as precipitações registradas, maior a penetração da cunha pela ação da maré.

Na campanha 1 não houve precipitações nos 3 dias anteriores à coleta, e as precipitações totais do mês foram menores que a média, ocorrendo em sua maioria após a realização da coleta.

Para a campanha 2 houve precipitações nos dias anteriores à coleta, provocando um certo grau de estratificação vertical e deslocando a cunha na direção da foz.

Na campanha 3 aumentou a precipitação mensal acumulada e houve chuvas nos dias anteriores a campanha.

Na campanha 4, em novembro, a precipitação total foi alta, porém não houve chuvas antes da coleta.

Na campanha 5 (dezembro) a precipitação foi abaixo da média mensal, porém concentrou 30% nos dias anteriores à coleta, empurrando a cunha para a foz do estuário.

Na campanha 6, em janeiro, assim como observado para o estuário do rio Itaguapé, uma grande quantidade de água de chuva deslocou a cunha salina concentrando-a na foz do estuário.

Na campanha 7, em fevereiro, um mês excepcionalmente seco para a época, teve o efeito contrário no estuário: a cunha salina penetrou além do esperado para um mês do período chuvoso.

Na campanha 8 houve chuvas não muito intensas nos dias anteriores à coleta, idem para a campanha 9.

A campanha 10, apesar de ter sido realizada em um mês com menos precipitações do esperado, estas ocorreram uns dias antes da coleta.

Nos dias prévios à campanha 11 não foi registrada precipitação, e a maré medida foi mais alta que a prevista, fazendo com que a cunha salina se deslocasse mais do que nas outras campanhas no sentido da cabeceira.

Na campanha 12, não houve precipitações nos dias anteriores à coleta e a maré foi mais baixa que a prevista. Foi possível observar uma intensa estratificação horizontal com um forte gradiente de salinidade ao longo do eixo longitudinal do estuário.

A variação sazonal de salinidade na foz dos estuários evidenciou águas mais salinas durante o verão, e menos salinas no inverno (com exceção da campanha de julho de 2017), seguindo o padrão descrito por Castro *et al.* (2006), que sugerem que as águas da Plataforma Continental Interna apresentam maiores salinidades no verão e menores no inverno.

Com base nas medições realizadas, sugere-se que a distribuição de salinidade do rio Itaguapé seja mais influenciada pelos processos oceânicos como as ressacas (como no caso das campanhas 1 e 3, onde houve deslocamento da intrusão salina além do limite navegável do estuário), enquanto o rio Guaratuba é mais afetado pelo regime de precipitações e aporte de água continental (campanhas 6 e 7, com chuvas forte e escassas, respectivamente). Entretanto, no mês de janeiro, a maior parte dos pontos de ambos os estuários apresentaram os valores de salinidade mais baixos, o que sugere que, apesar das situações de maré enchente de sizígia, elevados volumes de precipitação na bacia podem alterar drasticamente a posição da cunha salina também no rio Itaguapé, diminuindo os valores de salinidade na foz.

O fenômeno de diminuição da salinidade das águas costeiras e rasas devido ao aumento da descarga fluvial em épocas chuvosas, assim como o aumento da salinidade durante períodos de estiagem nos estuários de Itaguapé e Guaratuba segue as tendências observadas por Castro *et al.* (1987), ao longo do Litoral Sudeste.

Outro fator que poderia contribuir com as diferenças de estratificação nos estuários poderia estar relacionado às suas morfologias e batimetrias: no rio Itaguapé, a região mais rasa encontra-se próxima ao ponto ITA1. Após a mistura turbulenta nesse ponto, a água penetra no estuário com um fluxo mais laminar, possibilitando a

estratificação vertical. No rio Guaratuba, a região mais rasa do estuário está localizada próxima ao ponto GUA5, provocando a mistura turbulenta das massas de água superficial (doce) e de fundo (salgada) a 3,5km da foz (região média do estuário), e contribuindo com a estratificação horizontal.

Temperatura

A temperatura no estuário do rio Itaguapé variou de 18,55°C (água doce na campanha de junho de 2017) a 28,94°C (água salobra, em janeiro). A variação sazonal de temperatura ao longo do estuário encontra-se representada na Figura 5.5-3.

No estuário do rio Guaratuba, a temperatura variou de 18,94°C (água doce na campanha de julho de 2017) a 31,12°C (água salgada, em janeiro). A Figura 5.5-4 representa a variação sazonal de temperatura ao longo deste estuário.

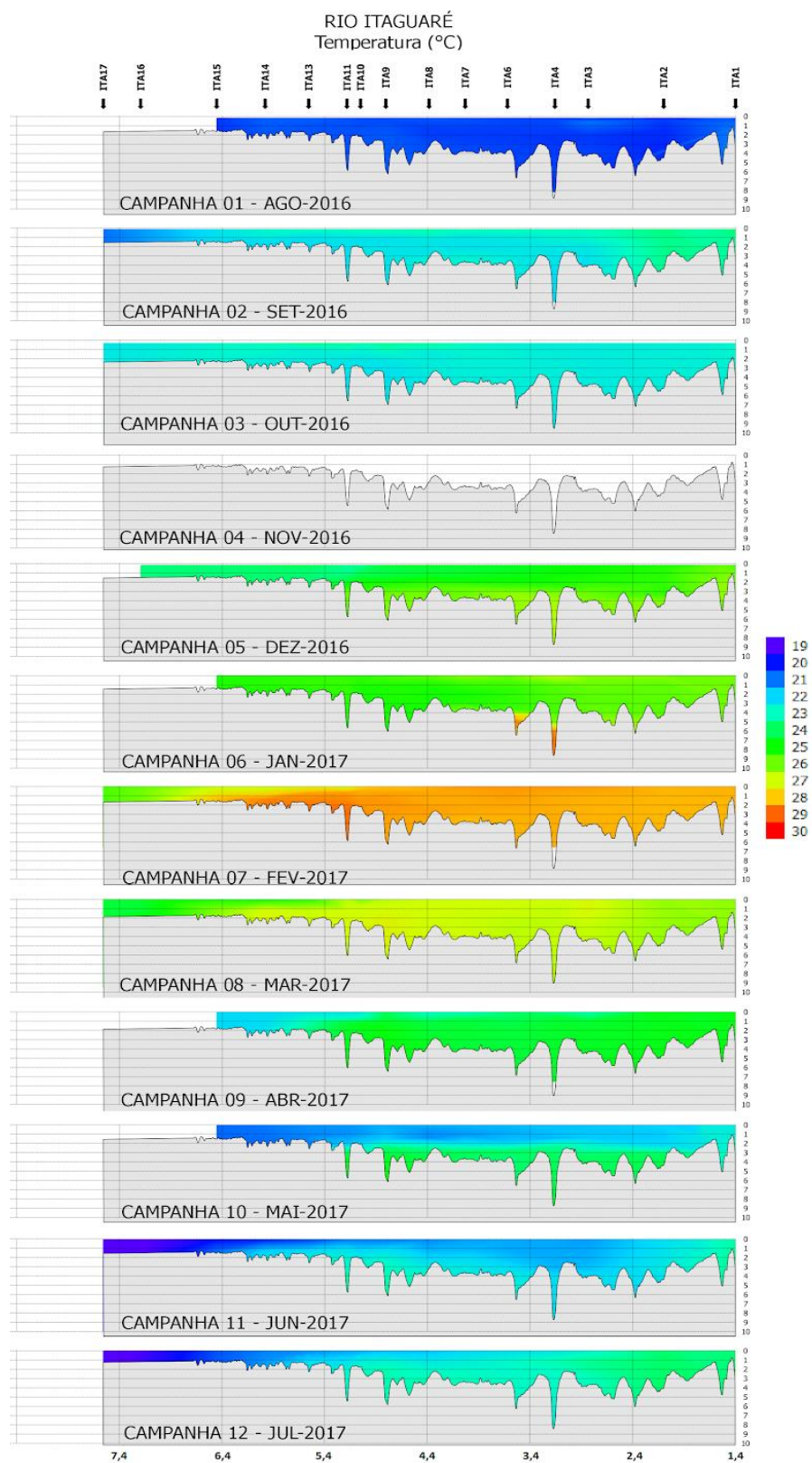


Figura 5.5-3: Distribuição da temperatura ao longo do estuário do rio Itaguare entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

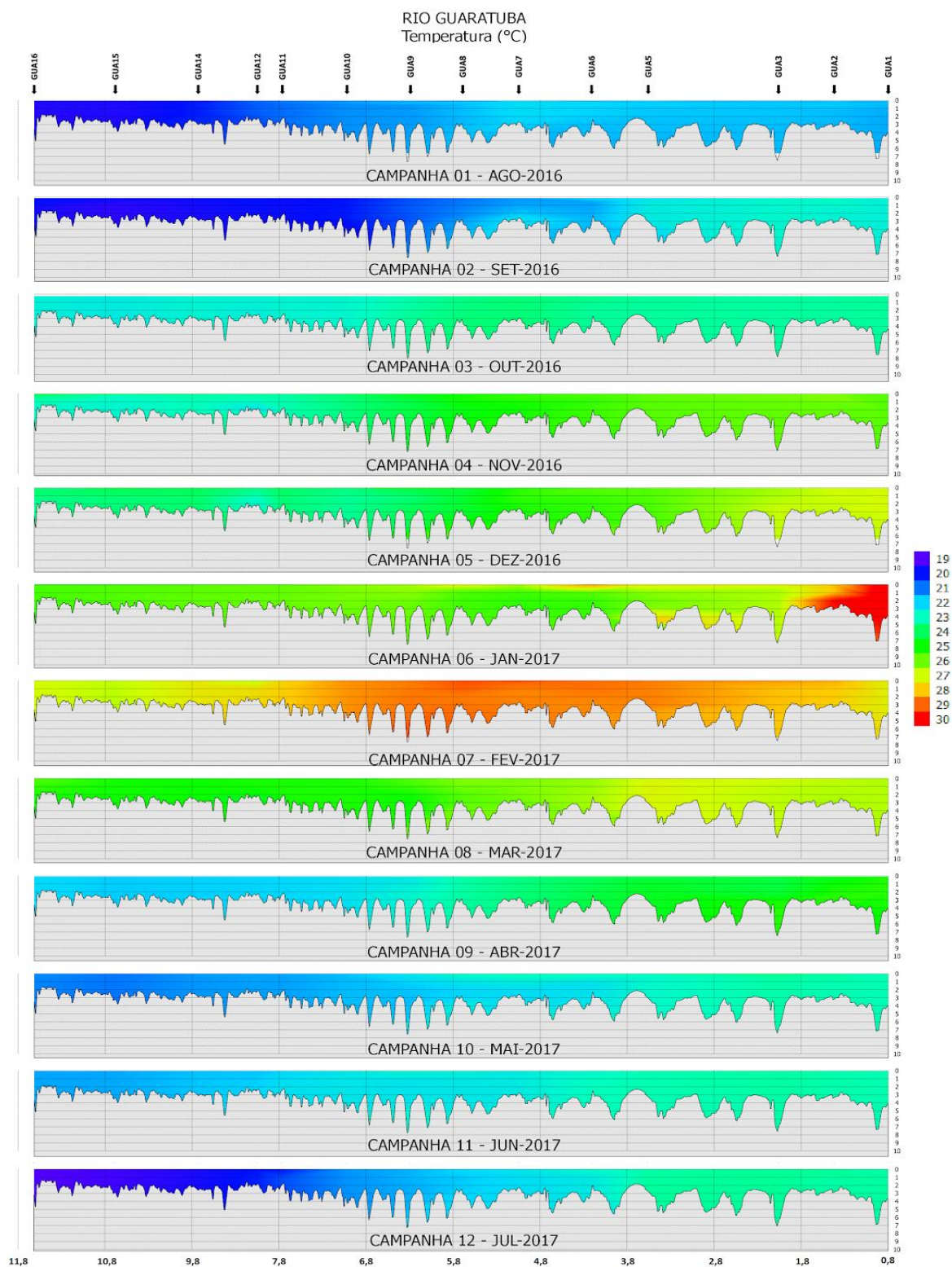


Figura 5.5-4: Distribuição espacial da temperatura ao longo do estuário do rio Guaratuba entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Conforme o esperado observa-se uma variação sazonal da temperatura da água dos estuários, com aumento nas campanhas de verão, e diminuição nas campanhas de inverno. As massas de água salgada e salobra apresentaram as maiores temperaturas ao longo do ano comparadas às massas de água doce. Devido à maior concentração de sais, estas massas de água permanecem nas camadas mais profundas (e menos misturadas), sendo que a estratificação da temperatura tende a acompanhar a estratificação pela salinidade (vertical no rio Itaguapé, horizontal no rio Guaratuba), ainda que de forma menos expressiva, por conta dos fatores climáticos que afetam a temperatura.

Nos meses de verão, particularmente no mês de janeiro no estuário do rio Guaratuba, é possível observar uma fina camada de água quente na superfície, associada à forte insolação e ausência de ventos⁴, que contribuíram para a estratificação de temperatura, independente da salinidade.

Diferente aos valores de salinidade, nem sempre os valores máximos de temperatura medidos nas diferentes campanhas foram registrados no ponto de coleta mais próximo da foz. Pela dinâmica das marés dentro e a vazão do estuário, as águas podem permanecer no interior do estuário durante algum tempo, e a insolação e a menor profundidade podem contribuir com o aumento de temperatura nas águas na região média ou próxima a ZR.

Turbidez

Os valores de turbidez no estuário do rio Itaguapé variaram entre 0 e 890NTU e a variação deste parâmetro ao longo do estuário encontra-se representada na Figura 5.5-5. A Figura 5.5-6 representa a média dos valores de turbidez de todas as campanhas, em cada ponto de coleta.

⁴ Observações realizadas em campo.

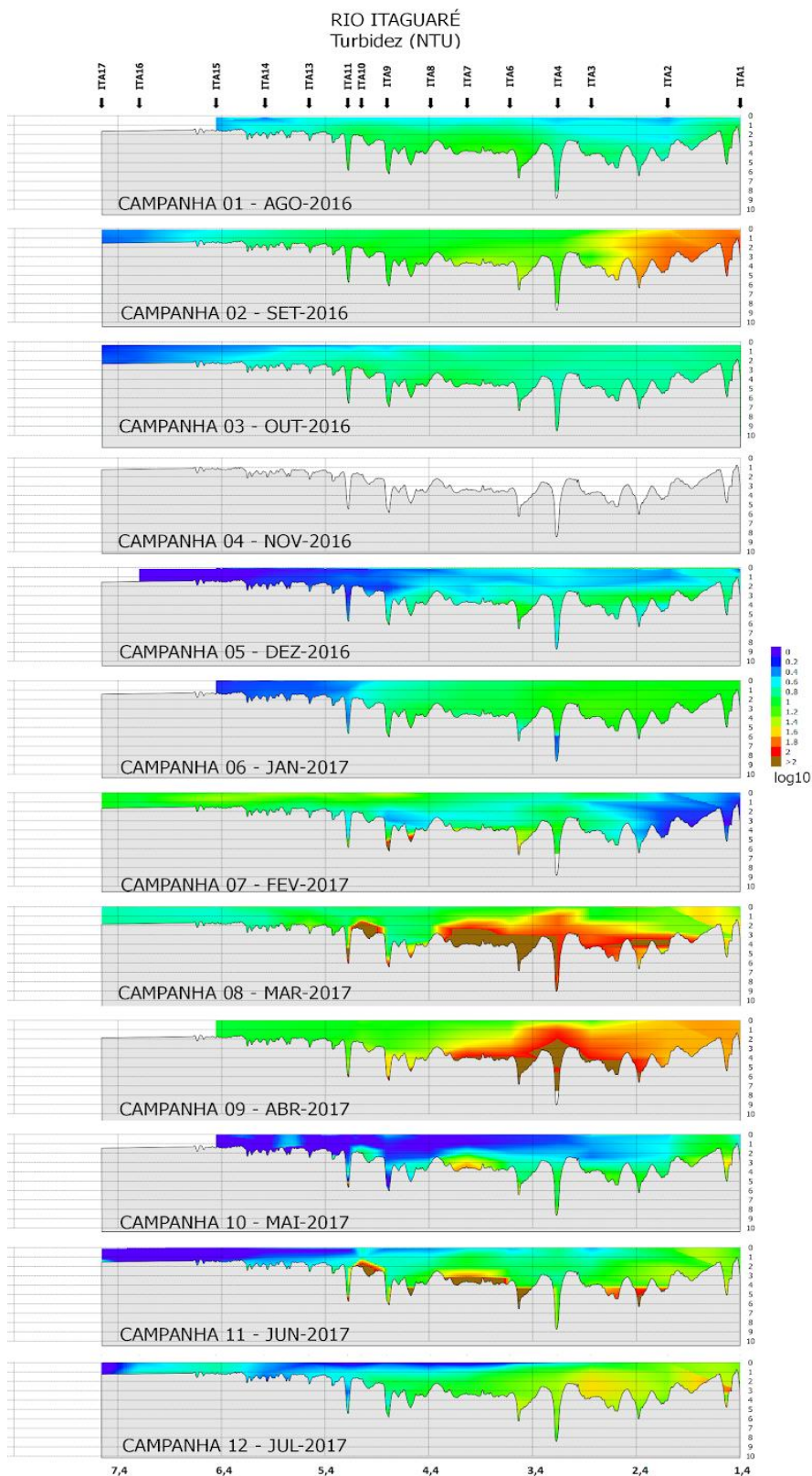


Figura 5.5-5: Distribuição espacial da turbidez ao longo do estuário do rio Itaguareé entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Os maiores valores de turbidez foram registrados nas campanhas realizadas em março, abril e junho de 2017 ($\log_{10} > 1,8$). Os valores mais baixos ao longo do estuário foram registrados nos meses de agosto, outubro e dezembro de 2016 e janeiro de 2017. Mesmo assim não foi possível determinar uma variação sazonal da posição da ZMT, uma vez que esta apresenta maior estabilidade na sua posição que a cunha salina (POSTMA, 1980).

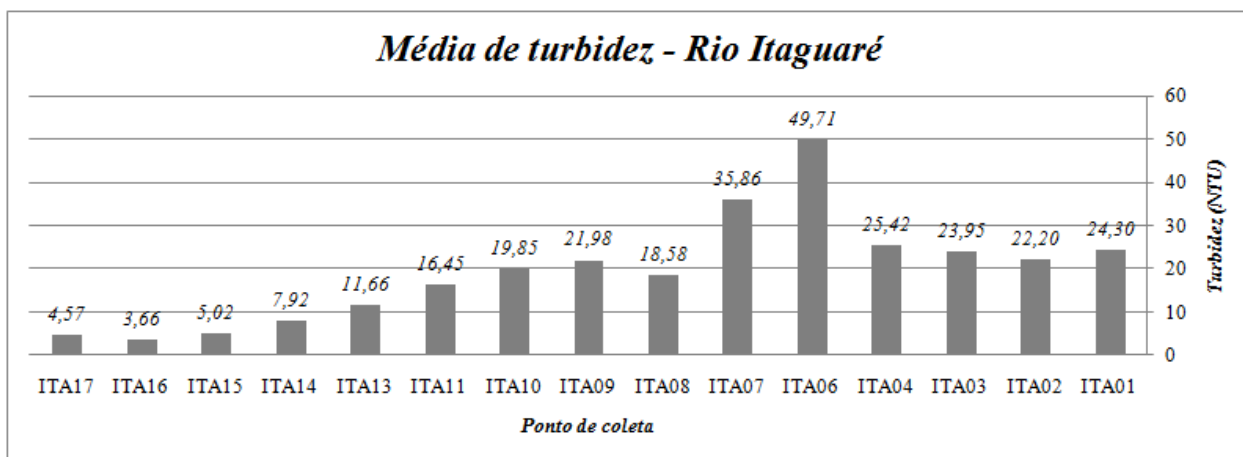


Figura 5.5-6: Média dos valores de turbidez nos pontos de coleta do rio Itaguaré.

Ao comparar os valores médios de turbidez das campanhas para cada ponto, observa-se que os maiores valores foram registrados em ITA6 e ITA7, decrescendo em ambos os sentidos. Contrastando os valores médios com as interpolações da Figura 5.5-5, observa-se que os pontos ITA1 e ITA2 apresentam valores de turbidez máximos para o estuário em diversas campanhas, mesmo não atingindo valores tão altos quanto ITA6 e ITA7, o que sugere duas regiões com turbidez relativamente mais alta neste estuário. Esta região de turbidez próxima à foz poderia estar associada à batimetria rasa e aos afloramentos rochosos, que, conforme mencionado na seção anterior, contribuem com a mistura turbulenta das águas, podendo ressuspender material e conseqüentemente aumentar a turbidez nestes pontos.

Para o rio Guaratuba, os valores de turbidez variaram de 0 a 242 NTU. A variação da turbidez medida ao longo do estuário encontra-se representada na Figura 5.5-7, e os valores médios de turbidez para cada ponto encontram-se na Figura 5.5-8.

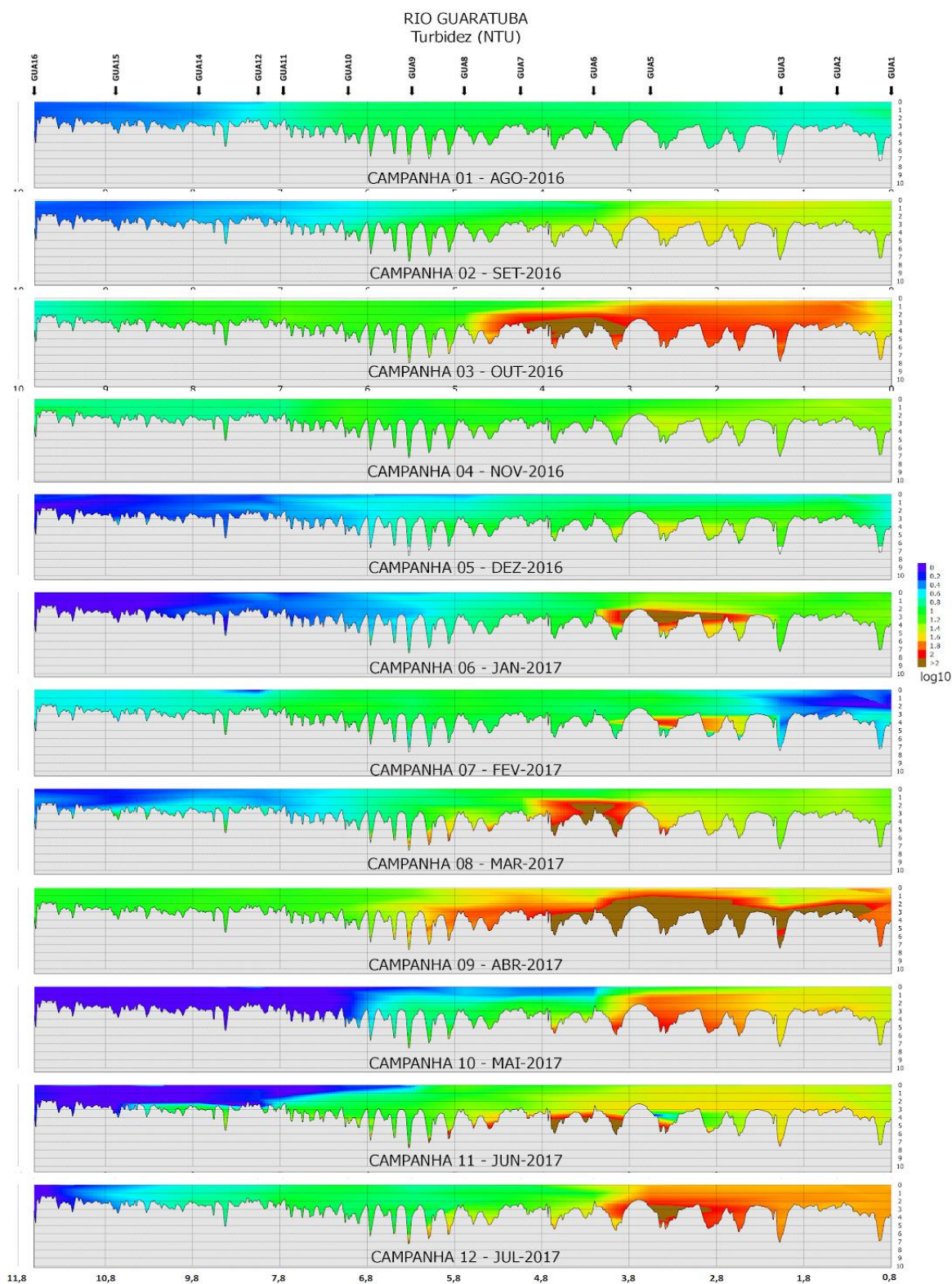


Figura 5.5-7: Distribuição espacial da turbidez ao longo do estuário do rio Guaratuba entre agosto de 2016 e julho de 2017. O eixo vertical representa a profundidade (m), e o eixo horizontal a distância da foz (km).

Altos valores de turbidez ($\log_{10} > 1,8$) foram encontrados na campanha de outubro de 2016 e nas campanhas de 2017. A partir dos gráficos não é possível estabelecer uma variação sazonal na posição da ZMT.

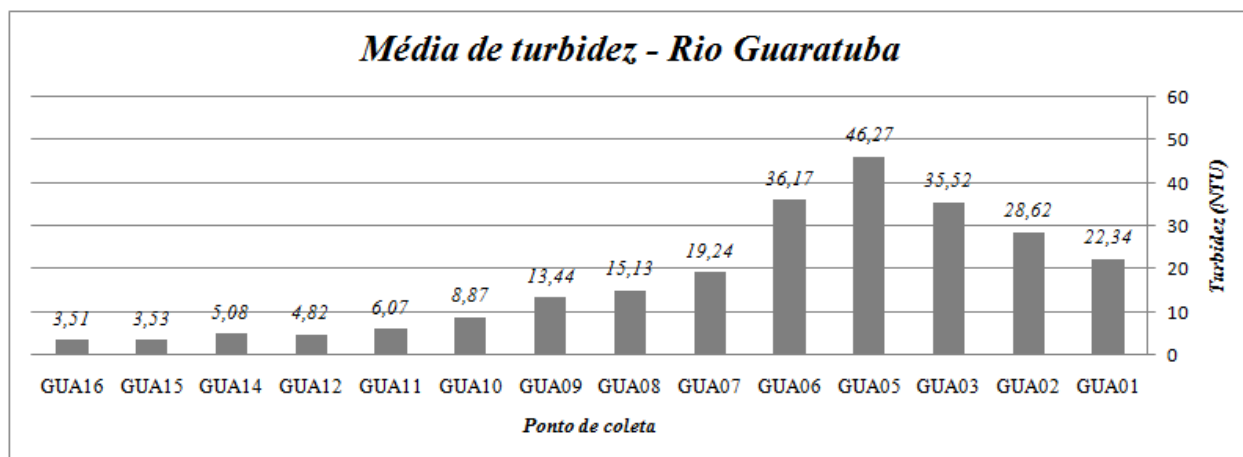


Figura 5.5-8: Média dos valores de turbidez nos pontos de coleta do rio Guaratuba.

O ponto que apresentou os maiores valores médios de turbidez no estuário do rio Guaratuba foi o ponto GUA5, decrescendo a montante e jusante deste ponto. A distribuição de valores neste estuário aponta para uma única zona de turbidez máxima.

Ao comparar os valores registrados nos estuários, observa-se que o rio Itaguapé apresenta valor máximo de turbidez aproximadamente 3 vezes maior que o rio Guaratuba, porém o rio Guaratuba apresenta valores superiores a 70NTU em 8 campanhas, contra 3 no rio Itaguapé. Observa-se também que no rio Guaratuba os valores de turbidez são mais homogêneos em comparação ao rio Itaguapé.

Considerando a distância linear desde a foz dos estuários até os pontos para os quais foram registrados os maiores valores de turbidez, e apesar das morfologias diferentes das barras, tanto no rio Itaguapé quanto no rio Guaratuba, a ZMT estaria posicionada a cerca de 3,5km da foz.

Comparando com os resultados de imageamento do fundo, constata-se que os máximos de turbidez se encontram nas regiões para as quais se observou fundo liso com textura homogênea e baixo retorno, indicando que nestes locais ocorreria a maior retenção de sedimentos areno-lamosos.

5.6 Granulometria

As campanhas de coleta de sedimentos para análise granulométrica foram realizadas nos dias 14 e 15 de março de 2017 (rios Itaguaré e Guaratuba, respectivamente), conjuntamente com a campanha 8 de medições das variáveis físico-químicas da água.

As Figuras 5.6-1 e 5.6-2 mostram as frações granulométricas quantificadas para cada ponto de coleta no estuário do rio Itaguaré, e a Tabela 5.6-1 o diâmetro médio (ϕ) e desvio padrão das partículas de cada ponto.

Tabela 5.6-1: Diâmetro médio (ϕ) e desvio padrão das amostras para cada ponto de coleta (rio Itaguaré). Valores maiores de diâmetro médio (ϕ) indicam predominância de frações finas nas amostras, enquanto que valores menores indicam maior tamanho de grão. O desvio padrão é indicador do grau de seleção do material: valores baixos indicam material bem selecionado, enquanto que valores maiores indicam amostras mais heterogêneas.

	ITA1	ITA2	ITA3	ITA4	ITA5	ITA6	ITA7	ITA8	ITA9	ITA10	ITA11	ITA12	ITA13	ITA14	ITA15	ITA16	ITA17
DIÂMETRO MÉDIO (ϕ)	2,86	2,87	3,25	3,12	2,81	3,21	-	-	-	2,77	3,01	3,15	1,27	1,93	0,97	0,66	0,97
DESVIO PADRÃO (ϕ)	0,31	0,48	0,31	0,37	0,59	0,51	-	-	-	0,50	0,54	0,36	1,09	0,61	0,93	1,20	0,91

Nos pontos ITA1 e ITA2 observa-se predominância de areia fina, e em menor proporção areia muito fina, com alto grau de seleção do material presente na amostra analisada. Já para ITA3, ITA4, e ITA6, esta relação se inverte, com predomínio de areia muito fina, e aumento do desvio padrão, indicando amostras mais heterogêneas.

Para os pontos ITA7, ITA8 e ITA9 não há dados, uma vez que a quantidade de material restante após a lavagem de sedimentos finos não foi suficiente para proceder ao peneiramento, indicando que a maior parte do material coletado nesses pontos correspondia às frações de siltes e argilas.

A partir do ponto ITA10 começa a ser representativa a fração de areia média, e o tamanho médio de grão aumenta, assim como a sua representatividade nas amostras na região próxima à ZR, com destaque para a presença de areia grossa entre ITA13 e ITA17, bem como de grânulos e areia muito grossa de ITA15 a ITA17, indicando maior grau de energia do rio nesta porção, e apresentando alto grau de heterogeneidade nas amostras. O ponto ITA12, localizado no rio dos Alhos demonstrou predomínio de areia muito fina bem selecionada, indicando baixo grau de energia neste tributário.

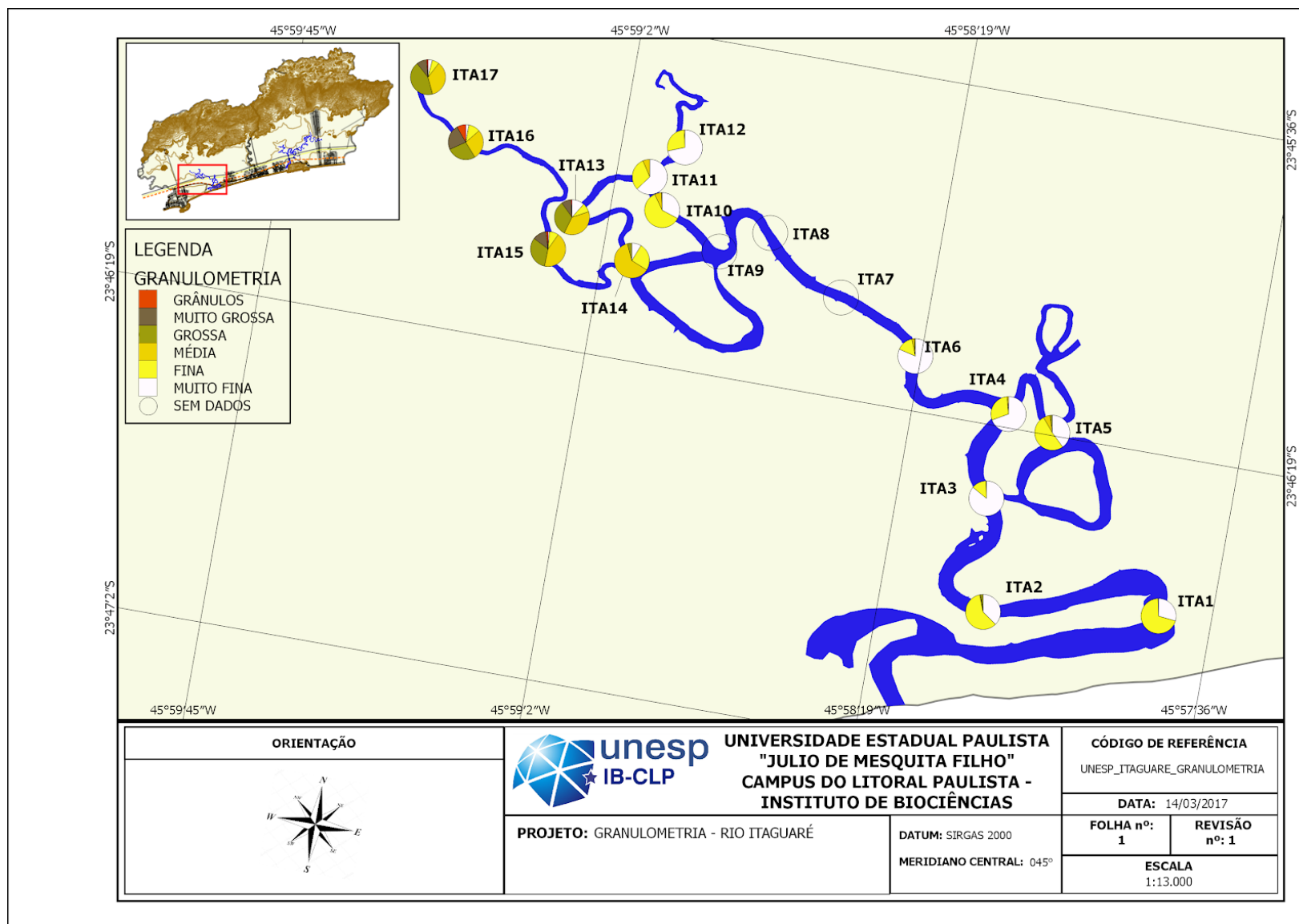


Figura 5.6-1 - Frações granulométricas ao longo do estuário do rio Itaguapé.

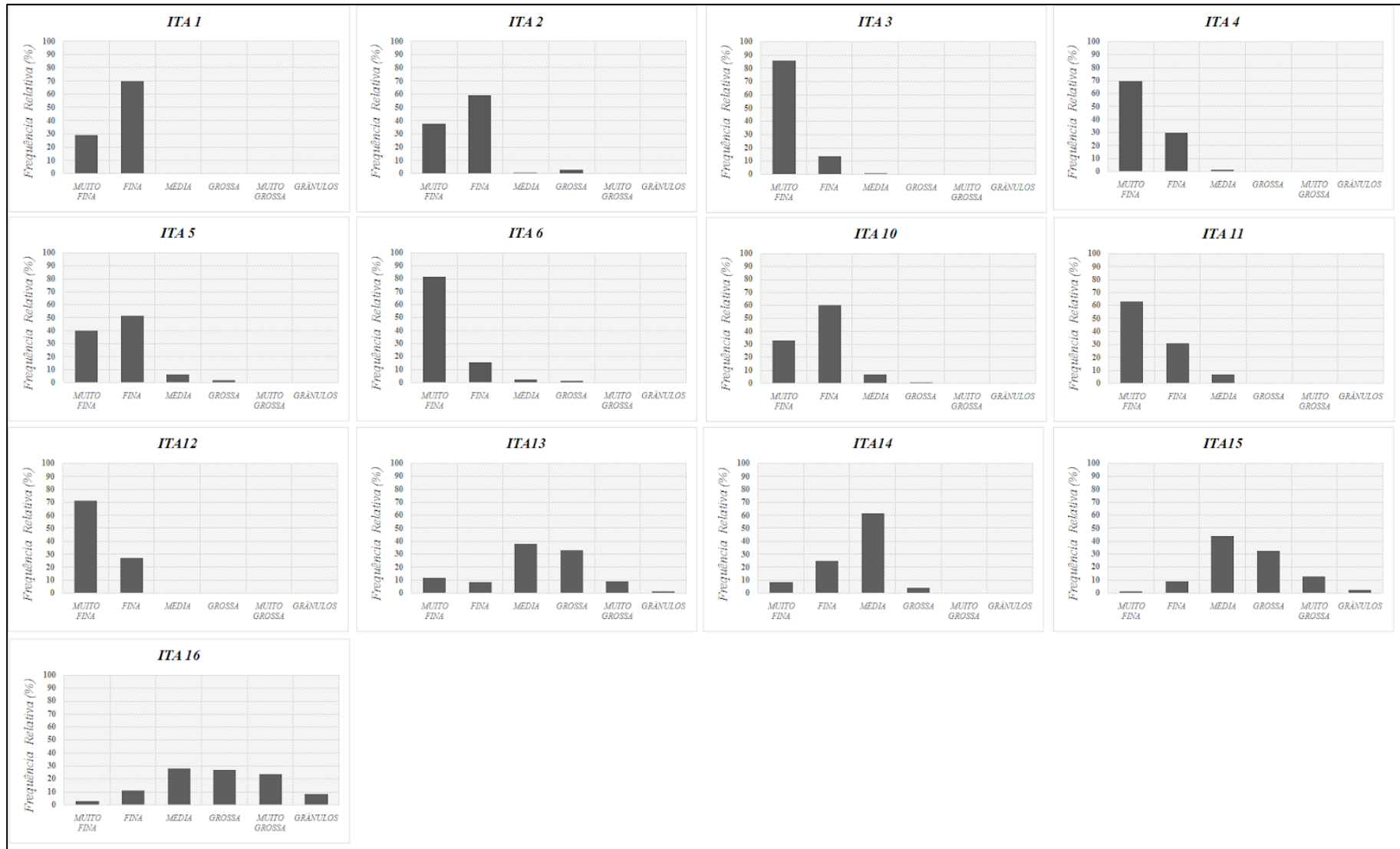


Figura 5.6-2: Porcentagem das frações encontradas em cada ponto de coleta no rio Itaguapé.

A Figura 5.6-3 corresponde às fotografias dos sedimentos arenosos nos pontos ITA1, ITA6, ITA13 e ITA16.

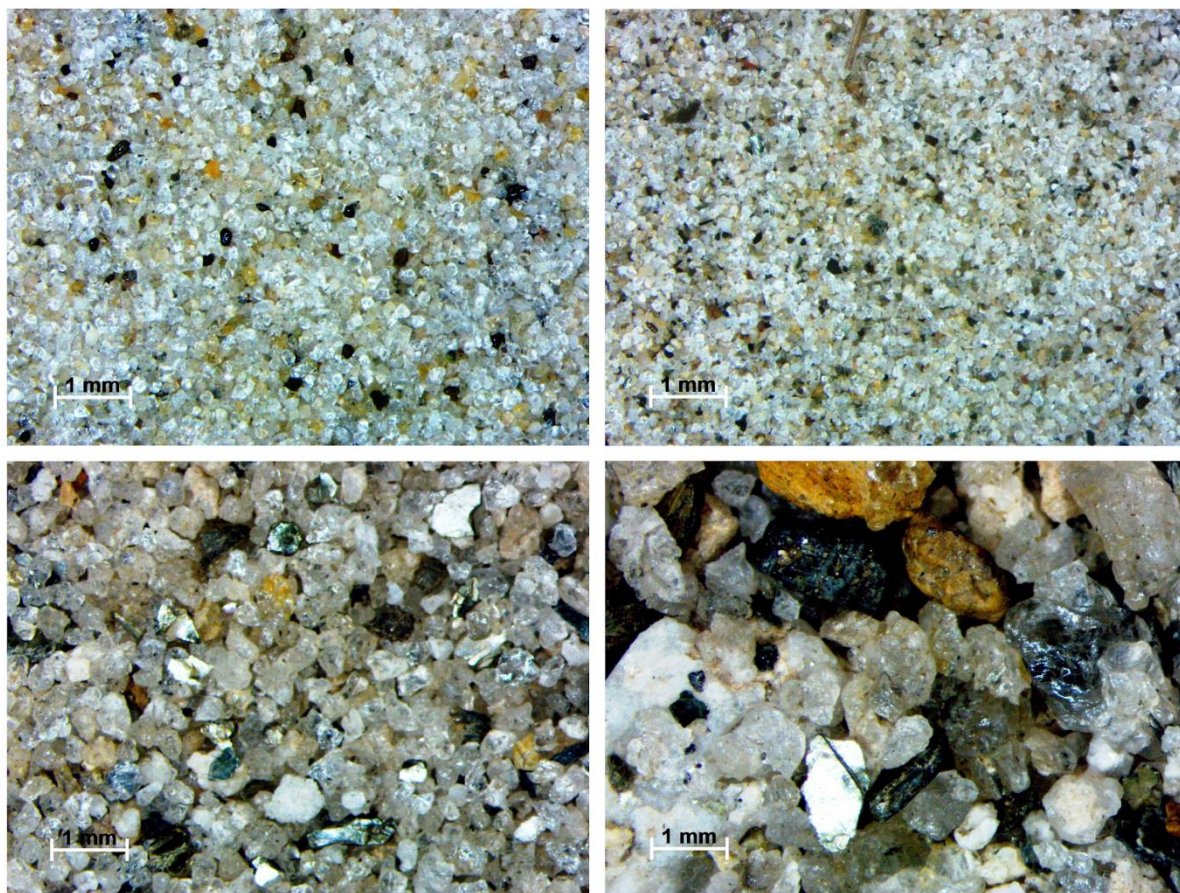


Figura 5.6-3 - Amostras ITA1, ITA6, ITA13 e ITA16.

Observa-se alto grau de seleção do material arenoso em ITA1, indicando ação de forças mecânicas, como as ondas, neste processo. Esse material é frequentemente transportado para dentro do estuário pelas ondas de tempestades e correntes de maré, principalmente durante as sizígias e ressacas. Em particular, a abertura do leque de sobrelavagem descrito por Suguiuti (2017), transporta grandes quantidades de sedimento da praia para o interior do estuário (Figuras 5.6-4).

As frações de areia grossa, muito grossa e grânulos, encontrados próximos da cabeceira do estuário do rio Itaguapé (ITA13 a ITA17) apresentam menor grau de seleção, indicando origem terrígena e transporte fluvial.



Figura 5.6-4: Leque de sobrelavagem próximo ao ponto ITA1, rompido durante o evento de ressaca de outubro de 2016. Observa-se o transporte de areia da praia para o estuário (Foto: Buchmann).

As Figuras 5.6-5 e 5.6-6 demonstram as frações granulométricas quantificadas para cada ponto de coleta no estuário do rio Guaratuba, e a tabela 5.6-2 o diâmetro médio (ϕ) e o desvio padrão dos sedimentos em cada ponto.

Tabela 5.6-2: Diâmetro médio (ϕ) e desvio padrão das amostras para cada ponto de coleta (rio Guaratuba). Valores maiores de diâmetro médio (ϕ) indicam predominância de frações finas nas amostras, enquanto valores menores indicam maior tamanho de grão. O desvio padrão é indicador do grau de seleção do material: valores baixos, material bem selecionado, valores maiores indicam amostras mais heterogêneas.

	GUA1	GUA2	GUA3	GUA4	GUA5	GUA6	GUA7	GUA8	GUA9	GUA10	GUA11	GUA12	GUA13	GUA14	GUA15	GUA16
DIÂMETRO MÉDIO (ϕ)	2,79	2,68	2,92	2,96	2,87	3,06	3,09	3,00	2,56	3,18	2,65	0,45	0,35	2,86	3,24	2,87
DESVIO PADRÃO (ϕ)	0,51	0,49	0,47	0,45	0,54	0,38	0,43	0,55	0,85	0,38	0,76	1,38	1,15	0,72	0,34	0,70

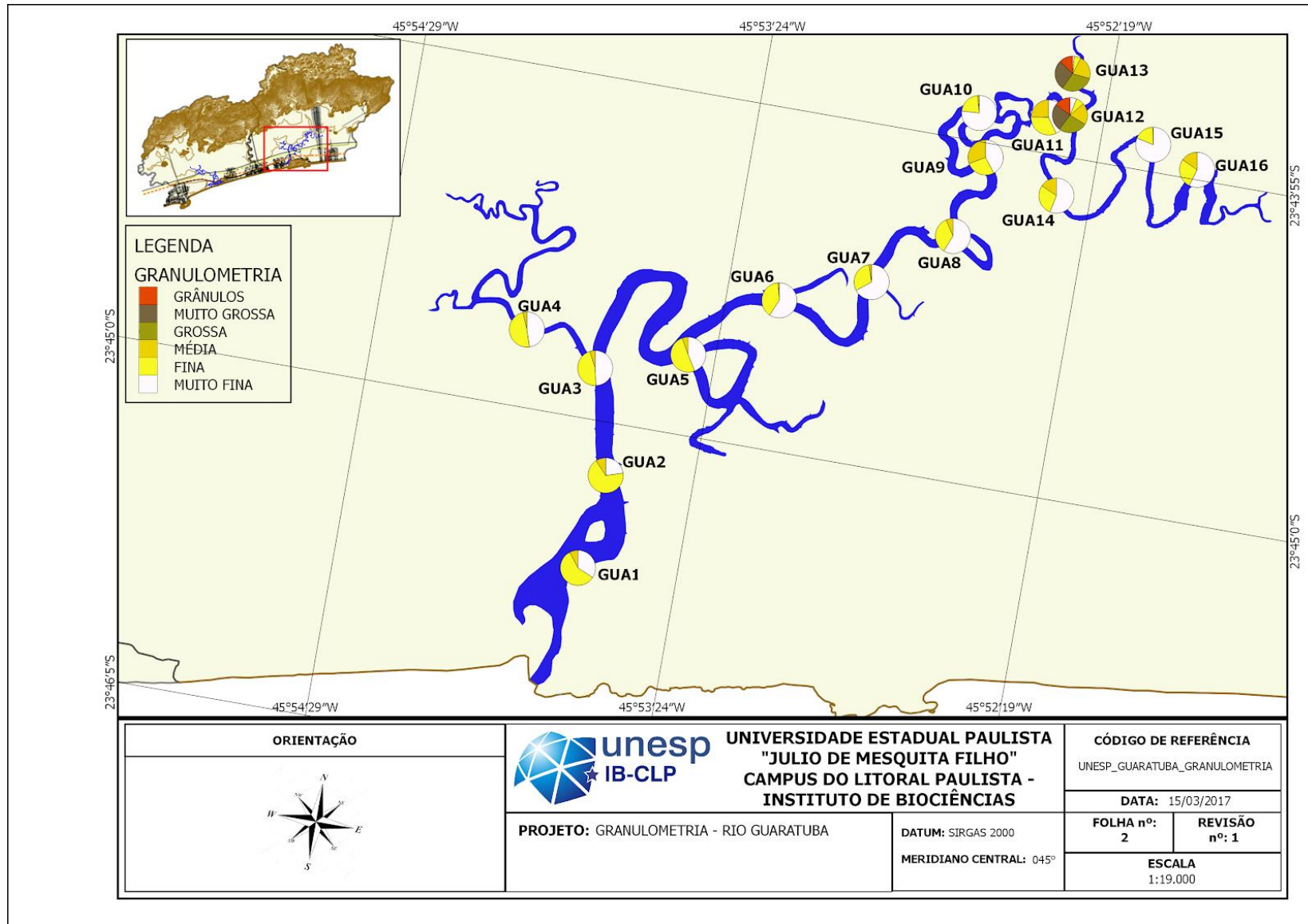


Figura 5.6-5 - Frações granulométricas ao longo do estuário do rio Guaratuba.

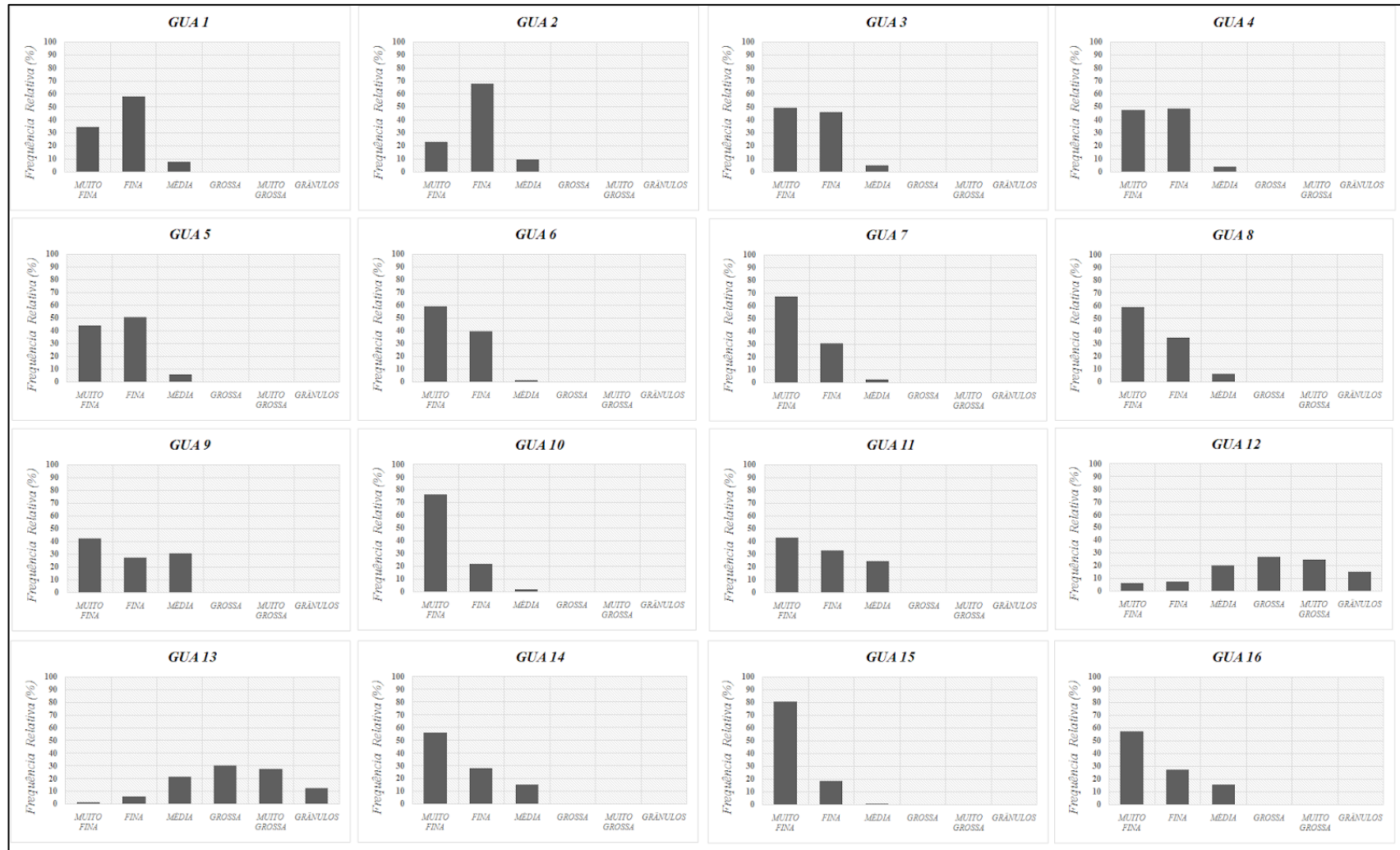


Figura 5.6-6: Porcentagem das frações encontradas em cada ponto de coleta no estuário do rio Guaratuba.

Nos pontos GUA1 e GUA2 observa-se predominância de areia fina, e em menor proporção areia muito fina. Para os pontos GUA3, GUA4 e GUA5, a fração de areia fina representou pouco mais da metade da amostra, enquanto que de GUA6 a GUA9, houve predomínio da fração de areia muito fina. No ponto GUA9, a fração de areia média representou mais de 30% da amostra.

Nos pontos GUA13 e GUA12, localizados no trecho de cabeceira do rio Guaratuba e na confluência deste com o rio Vermelho, respectivamente, foram quantificadas frações consideráveis de grânulos, areia muito grossa e areia grossa, e em menores proporções areia média e fina, indicando menor grau de seleção dos sedimentos e maior energia neste tributário.

Nos pontos GUA14 a GUA16, localizados no rio Vermelho, houve predomínio de areia muito fina (>50%), seguido de areia fina ($\leq 20\%$), indicando baixo grau de energia neste tributário. Com exceção de GUA15, a fração de areia média também foi significativa nestes pontos.

A Figura 5.6-7 corresponde a amostras de sedimentos coletados nos pontos GUA1, GUA6, GUA10 e GUA13. ,

Como se observa nessa figura, o grau de seleção do material arenoso no primeiro ponto é alto, indicando ação de forças mecânicas, como as ondas, neste processo. As frações de areia grossa, muito grossa e grânulos, encontrados na região da cabeceira do rio Guaratuba apresentam menor grau de seleção, indicando origem terrígena e transporte fluvial.

Ao comparar os estuários quanto à granulometria das amostras, ambos apresentaram tendências similares. Areias finas e muito finas, bem selecionadas e retrabalhadas por ação das ondas do mar foram encontradas nos pontos próximos à foz. Houve um aumento da representatividade das areias muito finas nos pontos da porção média do estuário. No rio Itaguapé (ITA7, ITA8 e ITA9), após lavagem do material, as amostras de areias remanescentes não foram suficientes para o peneiramento, o que indica que as mesmas eram compostas principalmente por siltes e argilas (<0,063mm de diâmetro). Na região dos tributários que descem da serra, o tamanho de grão aumenta e o grau de seleção diminui.

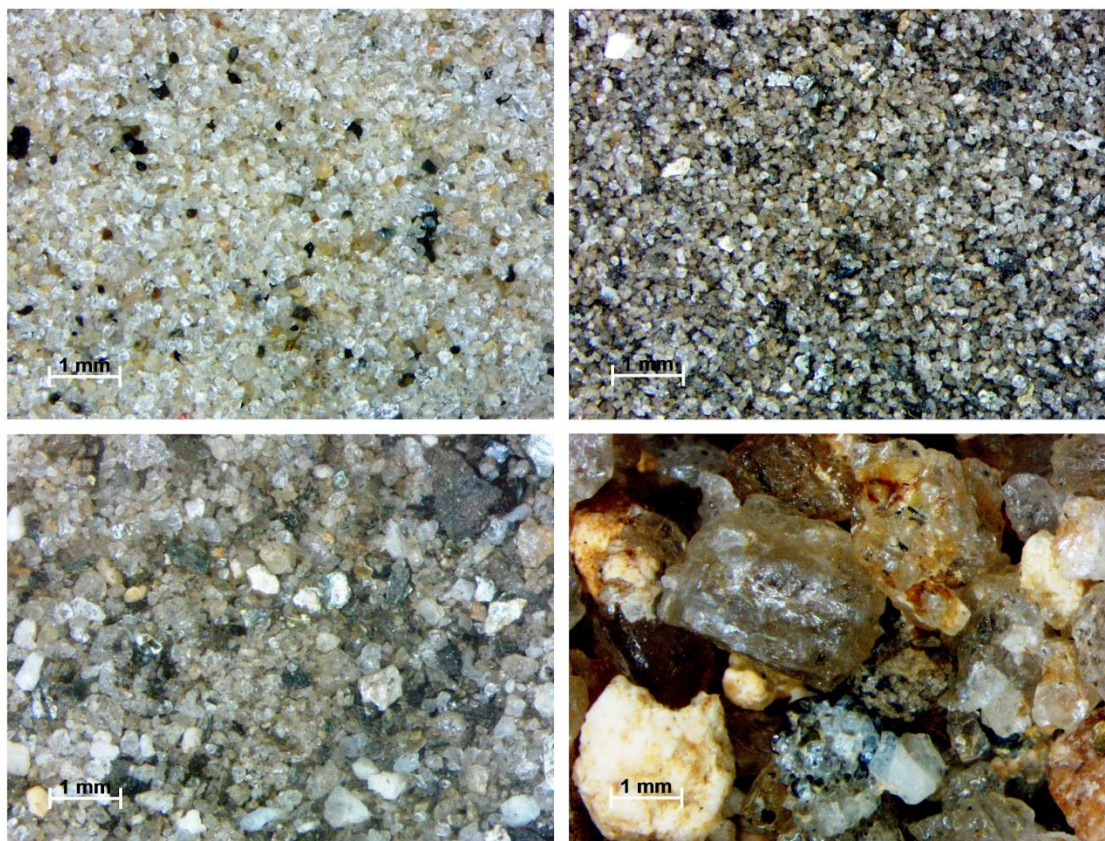


Figura 5.6-7: Amostras GUA1, GUA6, GUA10 e GUA13.

O rio Vermelho e o rio dos Alhos apresentaram um padrão granulométrico com predominância da fração de areia muito fina. No caso do rio Vermelho, o padrão de granulometria observado poderia estar relacionado com as alterações antrópicas no ambiente, envolvendo a diminuição da energia do rio na região da rampa do Condomínio Morada da Praia, o aporte de efluentes da drenagem urbana carreados para o estuário, a elevada colonização por macrófitas (que em determinadas ocasiões colonizam toda a lâmina d'água no local) (Figura 5.6-8), entre outros.



Figura 5.6-8: Proximidades do ponto GUA16. A) Lançamento de efluente urbano no estuário, na altura da ponte do condomínio; B) Região rasa e larga, próxima à rampa de acesso de embarcações.

5.7. Integração dos resultados

Para a representação integrada dos dados obtidos para o estuário do rio Itaguapé, foi criado um diagrama esquemático representando os resultados ao longo da seção longitudinal do estuário, com a finalidade de determinar a posição da ZMT (Figura 5.7-1).

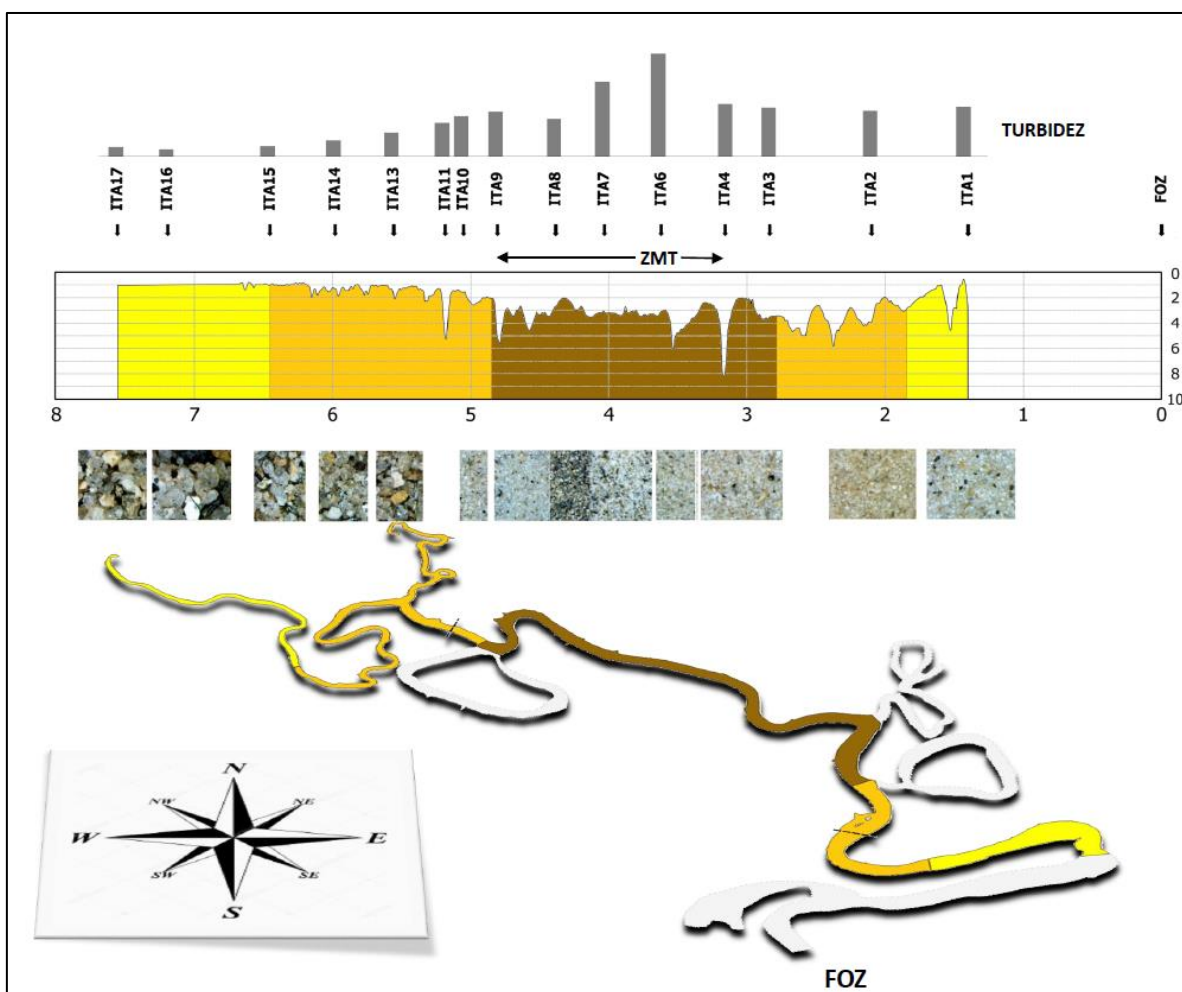


Figura 5.7-1: Sobreposição de valores de turbidez média, zonagem do imageamento de fundo e granulometria ao longo do estuário do rio Itaguapé. As cores no perfil representam o tipo de fundo determinado a partir do imageamento (amarelo: fundo arenoso com ondulações (*sand ripples*); laranja: fundos heterogêneos de transição; marrom: fundos lisos homogêneos).

O estuário do rio Itaguapé apresenta uma setorização entre os tipos de fundo ao longo do talvegue, concentrando os sedimentos mais finos em seu interior devido ao encontro das massas de água doce e salobra. A granulometria acompanha esta zonagem, observando-se areias finas, bem selecionadas e retrabalhadas por ação das ondas da região costeira no sentido da foz, e areia média a grossa no sentido da cabeceira, o que evidencia origem fluvial. Os valores de turbidez máxima apresentaram uma distribuição multimodal ao longo da extensão longitudinal do

estuário, estando o máximo absoluto localizado na região de fundo liso e homogêneo (de acordo com a setorização proposta com base no imageamento do fundo). Um segundo máximo de turbidez é observado na região da foz, e um terceiro na região de transição a montante (a cerca de 5km da foz). Ao comparar com a granulometria, observa-se que as areias muito finas concentram-se na região de fundo liso e homogêneo, até o início da transição a montante, porém no máximo da turbidez próximo à foz, dominam as areias finas, de origem praial, sugerindo que os maiores valores de turbidez nesta região não estão associados a processos de floculação e sedimentação de material particulado fino como esperado na ZMT (como descrito na bibliografia) podendo estar associados à mistura turbulenta das águas pela profundidade rasa (observada no perfil do talvegue) e presença de afloramentos rochosos no local.

Com base na integração destes dados estipulou-se que a ZMT se localiza entre ITA4 e ITA9, com máximo de turbidez no ponto ITA6, a 3,5km da foz.

Estes resultados são consistentes a proposta de La Croix & Dashtgard (2014), que, com base nas suas observações, idealizaram uma curva de distribuição de sedimentos ao longo de um sistema estuarino. Estipularam que maiores volumes de lama e sedimentos finos concentram-se em torno ao máximo de turbidez de um estuário, diminuindo e intercalando-se com areias pouco selecionadas no sentido cabeceira do estuário e areias homogêneas, bem selecionadas, no sentido foz, sendo que a formação de bancos de lama no sentido da cabeceira pode apresentar variação sazonal, dependente da descarga fluvial, e não há periodicidade aparente para formação de bancos na foz do estuário (dados consistentes com a medição esporádica de valores elevados de turbidez nos pontos ITA 1 e 2).

Para estuário do rio Itaguapé não foi possível determinar o início da ZR do estuário, uma vez que todos os pontos de coleta apresentaram salinidade durante as campanhas 1 e 3, e o estudo foi realizado até o limite da região navegável.

Analogamente, a comparação dos resultados para o estuário do rio Guaratuba encontra-se representada na Figura 5.7-2.

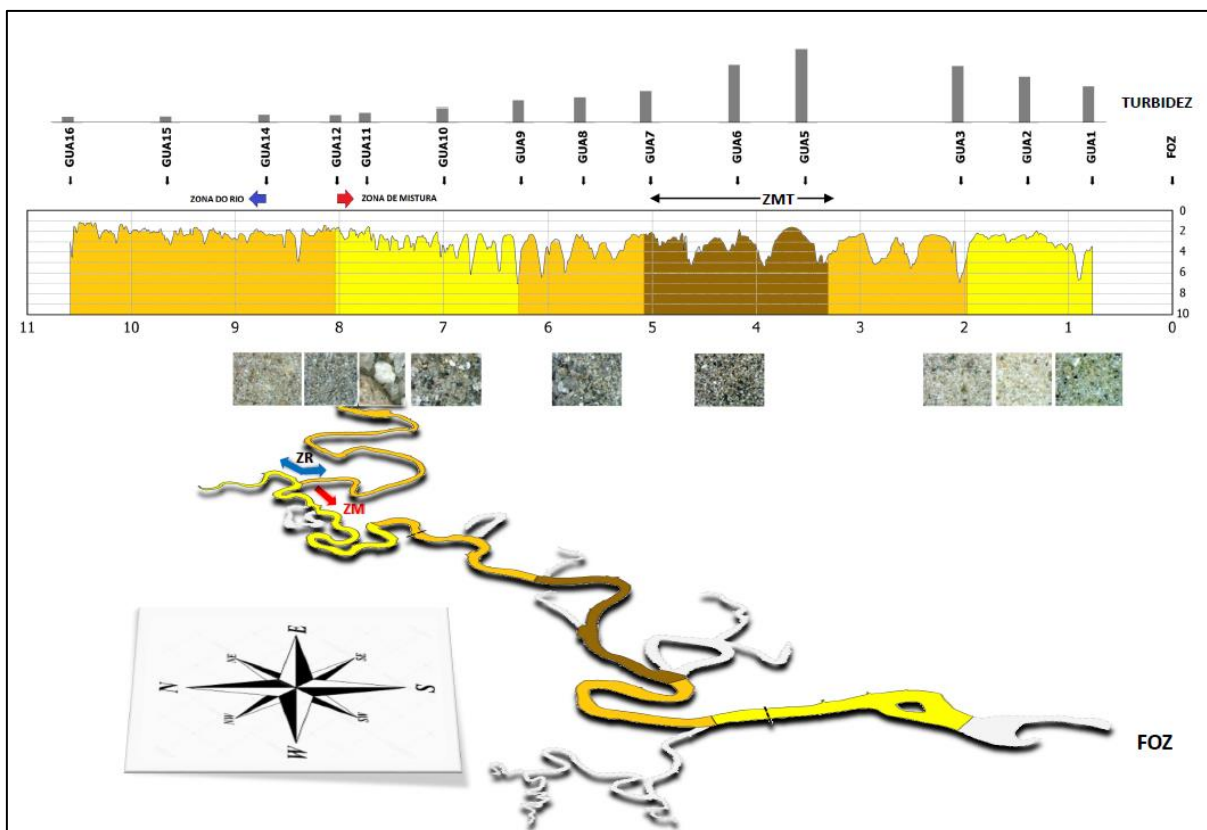


Figura 5.7-2: Sobreposição de valores de turbidez média, zonização do imageamento de fundo e granulometria ao talvegue do estuário do rio Guaratuba. As cores no perfil representam o tipo de fundo determinado a partir do imageamento (amarelo: fundo arenoso com ondulações (*sand ripples*); laranja: fundos heterogêneos de transição; marrom: fundos lisos homogêneos). As setas azul e vermelha indicam a ZR e ZM, respectivamente, com base no máximo da intrusão salina registrada.

A zonização das feições de fundo se mostra similar à descrita para o estuário do rio Itaguapé, com uma área que concentra sedimentos finos localizada entre 3 e 5km da foz (coincidente com o observado na granulometria).

Os valores de turbidez apresentaram uma distribuição unimodal, com máximo de turbidez no ponto GUA5.

Com base na integração destes dados estipulou-se que a ZMT se localiza entre GUA5 e GUA7, com máximo no ponto GUA5, a aproximadamente 3,5km da foz, sendo esta mais curta que a ZMT do estuário do rio Itaguapé.

Ao comparar o alcance da intrusão salina (indicado na figura a partir das setas vermelha e azul, que dividem a ZR e a ZM do estuário), observa-se que a mesma consegue penetrar além da ZMT do estuário.

6. CONCLUSÕES

Os estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba apresentam diferentes padrões de estratificação da salinidade. Segundo a classificação de Pritchard (1955), o estuário do rio Itaguapé pode ser classificado como do tipo B (parcialmente misturado) ou tipo A (cunha salina) dependendo das condições meteoceanográficas durante os períodos de sizígia. O estuário do rio Guaratuba pode ser classificado como do tipo B ou tipo C (verticalmente bem misturado).

Em ambos os estuários, situações de ressaca favoreceram o aumento do grau de mistura, enquanto que precipitações aumentaram a tendência de estratificação.

No estuário do rio Itaguapé, a intrusão salina durante a preamar de sizígia é percebida até cerca de 7km da foz, em situações normais, tendo em vista que durante períodos de ressaca nos meses de inverno a salinidade ultrapassa o limite navegável do estuário.

No estuário do rio Guaratuba, a intrusão foi registrada até aproximadamente 7km da foz, em situações normais, tendo em vista que durante períodos de ressaca penetra até 8km da foz.

As medições de temperatura nos estuários seguem os padrões sazonais esperados para essa latitude.

No que tange às medições de turbidez da água, observa-se que, durante as preamares de sizígia, o máximo de turbidez encontra-se a 3,5km de distância da foz em ambos os estuários.

A comparação das batimetrias realizadas nas estações de verão e inverno indicam que, após o inverno o estuário do rio Itaguapé apresenta perdas de profundidade na região próxima à foz, sugerindo maior movimentação de bancos de areia neste trecho. Em ambos os estuários, os resultados mostram um aumento da profundidade na região próxima a ZR, o que pode estar associado ao carreamento dos sedimentos depositados pela drenagem continental durante os meses de verão, o que condiz com este tipo de ambientes transgressivos.

O talvegue do rio Itaguapé apresentou posição mais centralizada com relação ao eixo central do rio, enquanto que no rio Guaratuba o talvegue apresenta-se

deslocado na direção das margens erosivas, demonstrando uma posição mais centralizada somente no rio Vermelho.

O imageamento com sonar de varredura lateral em ambos os estuários demonstrou ondulações no fundo associadas a sedimentos arenosos, tanto na região próxima à foz quanto próximo às ZR. A região com textura mais homogênea e menor retorno acústico foi observada entre a faixa da ZMT e os 2km à montante e à jusante deste limite, indicando a presença de sedimentos finos, e corroborando com a posição encontrada para a ZMT.

No estuário do rio Itaguapé, as amostras de sedimento demonstram que na região próxima à foz ocorre predomínio de frações de areia fina e muito fina, bem selecionadas, enquanto que próximo à ZR o sedimento apresenta menor grau de seleção e predomínio de frações de areia média, grossa, muito grossa, além de grânulos. O rio Perequê-Mirim apresenta maior concentração de sedimentos finos em comparação ao trecho de cabeceira do rio Itaguapé.

No estuário do rio Guaratuba, a granulometria indicou predomínio de frações de areia fina e muito fina, bem selecionadas na foz, enquanto que na ZR o sedimento apresenta menor grau de seleção, e predomínio de frações de areia média, grossa, muito grossa, além de grânulos no trecho de cabeceira do rio Guaratuba. Observa-se que o rio Vermelho apresenta maior concentração de sedimentos finos em comparação ao trecho de cabeceira do rio Guaratuba.

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, observa-se em ambos os estuários uma setorização bem demarcada, abrangendo os alcances da intrusão salina, textura de fundo e granulometria. De maneira semelhante às classificações realizadas durante o zoneamento de uma determinada região, a zonação descrita para estes estuários serve como ferramenta para a proposição de usos específicos destes locais. A definição da posição da ZMT torna-se importante quanto à possível retenção de contaminantes no sedimento, que poderia ocorrer com o lançamento de efluentes nos estuários, principalmente no Guaratuba.

Este trabalho traz informações inéditas sobre a integração da geomorfologia, batimetria e zonação dos estuários dos rios Itaguapé e Guaratuba, podendo subsidiar futuros trabalhos de modelagem, bem como nortear o uso sustentável destes locais no que tange ao gerenciamento costeiro.

A comparação destes resultados com os resultados de estudos futuros permitirá avaliar o impacto de possíveis modificações nos parâmetros geo-físico-químicos ocasionadas por ações antrópicas nos rios que drenam suas águas para os estuários.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABIB. M. C. S., **Estudo da morfodinâmica da Praia de Itaguapé, Bertioga – SP entre outubro de 2009 e junho de 2011**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Campus Experimental do Litoral Paulista. Universidade Estadual Paulista, 2011. 51 p.
- ALBERTI, M.; LALOUX, M.; ZANIERI, M., Tools for structural geology analysis in QGIS. **Società geologica Italiana**, v. 39, p. 55, 2016.
- BANZATO, B. D. M., FAVERO, J., AROUCA, J., & CARBONARI, J., Análise ambiental de unidades de conservação através dos métodos SWOT e GUT: O caso do Parque Estadual Restinga de Bertioga. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 38-49, 2012.
- BARALDO K. B., **Batimetria de detalhe e registros de sonar de varredura lateral do Rio Itaguapé, Bertioga, SP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Campus Experimental do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente (SP), 2011.41 p.
- BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>
- BUSCOMBE, D., Shallow water benthic imaging and substrate characterization using recreational-grade sidescan-sonar. **Environmental Modelling & Software**, v. 89, p. 1-18, 2017.
- CAPEL. K. C. C., **Estudo morfodinâmico da praia de Itaguapé, Bertioga-SP entre fevereiro e setembro de 2009**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Campus Experimental do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2009. 49 p.
- CASTRO FILHO, B. M. de; MIRANDA, L. B.; MIYAO, S. Y., Hydrographic conditions on the continental shelf off Ubatuba: seasonal and meso-scale variability. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.
- CASTRO, B. D., LORENZZETTI, J. A., SILVEIRA, I. D., & MIRANDA, L. D., **Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) eo Chuí (RS)**.

In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B & MADUREIRA, L. S. P., (org.) O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. EDUSP, São Paulo, p. 11-120, 2006.

DALRYMPLE, R. W., ZAITLIN, B. A.; & BOYD, R., A conceptual model of estuarine sedimentation. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 62, p. 1130-1146, 1992.

DAVIES, J. L., A Morphogenic Approach to World Shorelines. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, v. 8, p. 127-142, 1964.

DIONNE, J. C., Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, v. 7, p. 36-44, 1963.

DYER, K. R., **Estuaries: A Physical Introduction**, 2 ed., Chichester, Wiley, 1997. 195 p.

FISH, J. P. & CARR, H. A., **Sound underwater images: a guide to the generation and interpretation of side scan sonar data**. Lower Cape Pub Co, 1990.

FISH, J. P. & CARR, H. A., **Sound reflections: advanced applications of side scan sonar**. Lower Cape Pub., 2001.

GEYER, W. R., The advance of a salt wedge front: Observations and dynamical model. *In*: **Physical processes in estuaries**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1986. p. 181-195.

GIRARDI, A. C. S.; SANTOS, R. F. & MANTOVANI, W., Subsídios metodológicos para o planejamento e gestão de restingas: estudo de caso - Bertioga, SP. *In*: MANTOVANI, W. (Org.) **Caminhos de uma ciência ambiental**. São Paulo: Annablume, 2005. p. 321-344

HARLEMAN, D. R. F., One Dimensional Models. *In*: WARD, Jr. G. H. & ESPEY, Jr. W. H.(Org). Estuarine Modelling: An Assessment : Capabilities and Limitations for Resource Management and Pollution Control. Austin, Tracor, 1971. p. 54.

HORIBA, Multi Water Quality Checker - U-50 Series - Instruction Manual - CODE:GZ0000144342C. 2009. Disponível em <<http://www.horiba.com>>

HUMMINBIRD, Hummibird 1197c SI Combo - Installation and operations manual. Eufala, Alabama. 2009. Disponível em <<https://www.humminbird.com>>

- JAY, D, TALKE, S. A., HUDSON, A., & TWARDOWSKI, M., Estuarine turbidity maxima revisited: Instrumental approaches, remote sensing, modeling studies, and new directions. *In: Developments in Sedimentology*. Elsevier, 2015. p. 49-109.
- JOHANSEN, M., HumViewer v. 67 - Viewer of Humminbird sonar recording files. 2010. Disponível em <<http://humviewer.cm-johansen.dk/>>
- KAESER, A. J. & LITTS, T. L., An assessment of deadhead logs and large woody debris using side scan sonar and field surveys in streams of southwest Georgia. **Fisheries**, v. 33, n. 12, p. 589-597, 2008.
- KAESER, A. J. & LITTS, T. L., A novel technique for mapping habitat in navigable streams using low-cost side scan sonar. **Fisheries** 35:163-174, 2010
- KAESER, A. J. & LITTS, T. L., **Sonar imagery geoprocessing workbook**. Georgia Department of Natural Resources, Social Circle, Georgia, USA, 2011. Disponível em: <https://www.fws.gov/panamacity/resources/Sonar_Imagery_Geoprocessing_Workbook_v2_1.pdf>
- KAESER, A. J. & LITTS, T. L., **An illustrated guide to low-cost, side scan sonar habitat mapping**. U.S. Fish and Wildlife Service, Panama City, Florida, USA, 2013. Disponível em <<https://www.fws.gov/panamacity/sonartools.html>>
- KJERFVE, B., Estuarine geomorphology and physical oceanography. *In: DAY, Jr., J. W., HALL, C. H. A. S., KEMP, W. M. & YÁÑES-ARANCIBA, A. (Org). Estuarine ecology*. New York, Wiley, 1987. P 50.
- KÖPPEN, W. & GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, 1928.
- LA CROIX, A. D.; DASHTGARD, S. E. Of sand and mud: Sedimentological criteria for identifying the turbidity maximum zone in a tidally influenced river. **Sedimentology**, v. 61, n. 7, p. 1961-1981, 2014.
- LINDÉN, O. & JERNELÖV, A., The mangrove swamp: an ecosystem in danger. **Ambio**, v.9, n.2, p.81-88. 1980.
- MIRANDA, L. B.; KJERFVE, B. & CASTRO, B. M., **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo: Edusp, 2002.

NICHOLS, M.M. & BIGGS, R.B., Estuaries. *In*: Davis, R.A. (Ed.), **Coastal Sedimentary Environments**, Springer, New York, NY. 1985. pp. 77-186.

NORTH, E. W.; HOUDE, E. D., Retention of white perch and striped bass larvae: biological-physical interactions in Chesapeake Bay estuarine turbidity maximum. **Estuaries and Coasts**, v. 24, n. 5, p. 756-769, 2001.

NORWOOD, M., **SIView** v. 1.0.0.6. 2010. Disponível em: <<http://www.mnorwood.com/SIView/>>

NPH-UNISANTA. Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas da UNISANTA. **Boletim Informativo - 29/10/2016**. 2016. Disponível em <<http://noticias.unisanta.br/nph/mare-supera-valores-historicos-nessa-madrugada-e-ainda-ha-previsao-de-mare-elevada-e-ondas-intensas-para-a-tarde-de-hoje-informa-o-nph-unisanta>>

ODUM, E.P., **Fundamentals of ecology**. 2nd edition, Philadelphia Saunders 1959. p 546.

PAOLO, F. S. & MAHIQUES, M. M., Utilização de métodos acústicos em estudos de dinâmica costeira: exemplo na desembocadura lagunar de Cananéia. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 2, p. 211-225, 2008.

PELIN, P., **DrDepthPC** v. 5.0 - Sea bottom mapping software. User Manual. Göteborg, Sweden. 2012. Disponível em <[www.drdepth.se, http://mob.drdepth2.se/nomadhelp.php](http://www.drdepth.se,http://mob.drdepth2.se/nomadhelp.php)>

POSTMA, H., Sediment Transport and Sedimentation. *In*: OLAUSSON, E, & CATO, **Chemistry and biogeochemistry of estuaries**. New York, Wiley, 1980.

PRITCHARD, D. W., Estuarine hydrography. *In*: **Advances in geophysics**. Elsevier, 1952. p. 243-280.

PRITCHARD, D. W., Estuarine Circulations Patterns. **Proceedings of the American Society of Civil Engineers** 81, no 717, 1 – 11. 1955.

PRITCHARD, D. W., Observations of circulation in coastalplain estuaries. *In*: **Lauff GH (ed) Estuaries**. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 1967.

QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2013. <http://www.qgis.org/>

ROSÁRIO, G. V., **Parâmetros geo-físico-químicos do Rio Itaguapé, Bertioga-SP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Campus Experimental do Litoral Paulista. Universidade Estadual Paulista, 2010. 46p.

SABESP, CHES - Crise Hídrica – Estratégia e Soluções da SABESP para a região Metropolitana de São Paulo. São Paulo – Brasil. Relatório Técnico. 2015, 95 p. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/ches_crise_hidrica.pdf> Acesso em: 7 de junho de 2018.

SANT'ANNA NETO, J. L., As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. **São Paulo: USP/FFLCH**, 1995.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº. 56.500/2010. Cria o Parque Estadual Restinga de Bertioga e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-56500-09.12.2010.html>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2016.

SCHOELLHAMER, D. H.; MUMLEY, T. E.; LEATHERBARROW, J. E., Suspended sediment and sediment-associated contaminants in San Francisco Bay. **Environmental Research**, v. 105, n. 1, p. 119-131, 2007.

SCHUBEL, J.R., CARTER, H.H., Estuary as a filter for fine-grained suspended sediment. In: KENNEDY, V.S. (Org.), **The Estuary as a Filter**. Academic Press, Orlando, FL, 1984. p. 81–105.

SIMENSTAD, C. A.; JAY, D. A.; SHERWOOD, C. R., Impacts of watershed management on land-margin ecosystems: The Columbia River estuary. *In: Watershed Management*. Springer, New York, NY, 1992. p. 266-306.

SOUZA, C. R. G., Ambientes sedimentares de planície costeira e baixa-média encosta em Bertioga (SP). *In: 11 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*. Belem, PA. 2007. Anais de congresso. Disponível em <http://www.abequa.org.br/trabalhos/2007_celia_oral2_quatcost.pdf> Acesso em: 5 de junho de 2018.

SOUZA, C. R. G., **As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo**. 1997. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. doi:10.11606/T.44.1997.tde-10042015-161455. Acesso em: 5 de junho de 2018.

SOUZA, C. R. G; MOREIRA, M. G. & LOPES, E. A., Coastal plain and low-medium slope sub-biomes: a new approach based on studies developed in Bertioga (SP). **Brazilian Journal of Ecology** n.13, 2009. p. 1-13

SOUZA, L. A.P., **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas**. 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/T.21.2006.tde-30102006-171206. Acesso em: 5 de junho de 2018.

STOMMEL, H., The Role of Density Currents in Estuaries. **Minnesota International Hydraulic Convention**, Minneapolis, 1951.

SUGIUTI, T. H., **Monitoramento do leque de sobrelavagem na praia de Itaguapé, SP, e o impacto na vegetação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Habilitação em Gerenciamento Costeiro) – Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente (SP), 2017.p. 69

TESSLER, M. G. & SOUZA, L. A. P., Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 1, p. 69-83, 1998.

VENDITTI, J. G., HUMPHRIES, R. P., ALLISON, M. A., NITTROUER, J. A., & CHURCH, M., Morphology and dynamics of a gravel-sand transition. *In: Proceedings of the 9th Federal Interagency Sedimentation Conference*. 2010. p. 11.

VERONEZ-JÚNIOR, P.; BASTOS, A. C., PIZZIN, B. F., GAVA, R. D., QUARESMA, V. D. S., & SILVA, C. G., Sonar de varredura lateral e sísmica de alta resolução aplicados no estudo de ecofácies na baía de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 411-425, 2009.

VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA. EPP., Plano de Bacia Hidrográfica 2016-2027 do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista. Vol. I - Diagnóstico. 2016. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBHBS/11800/2016-10-19-diagnostico-final.pdf>>

WENTWORTH, C. K., A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The journal of geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.

WILHELM, F. & REAMS, E., Standard Operating Procedure for Bathymetric Mapping with Humminbird 365i and Dr. Depth Software: Moscow, Idaho. 2012.

WRIGHT, J.; COLLING, A.; PARK, D., (Org.). **Waves, tides, and shallow-water processes.** Gulf Professional Publishing, p. 149-176.1999.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta (SIRGAS 2000 - EPSG: 4674)

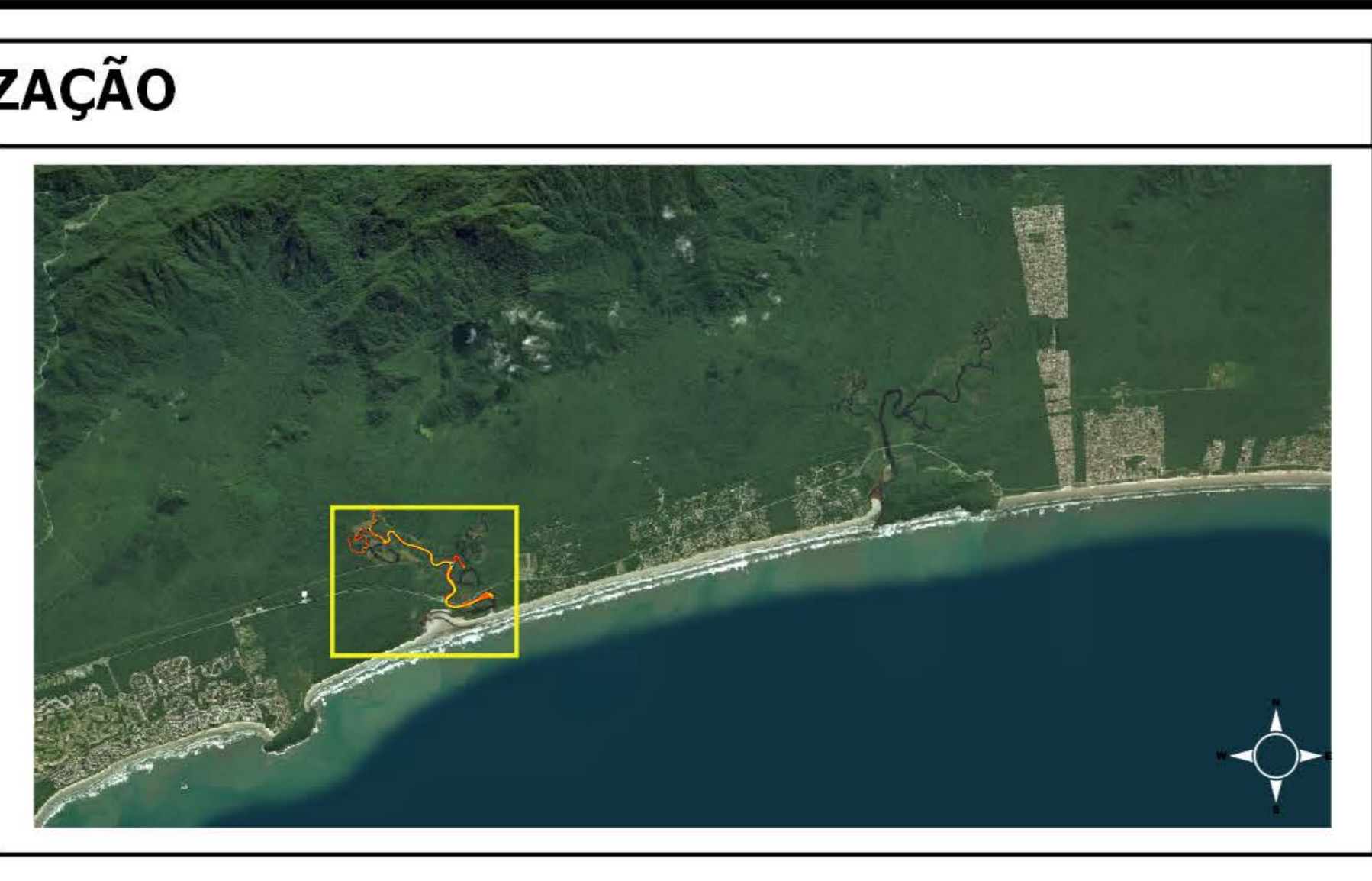
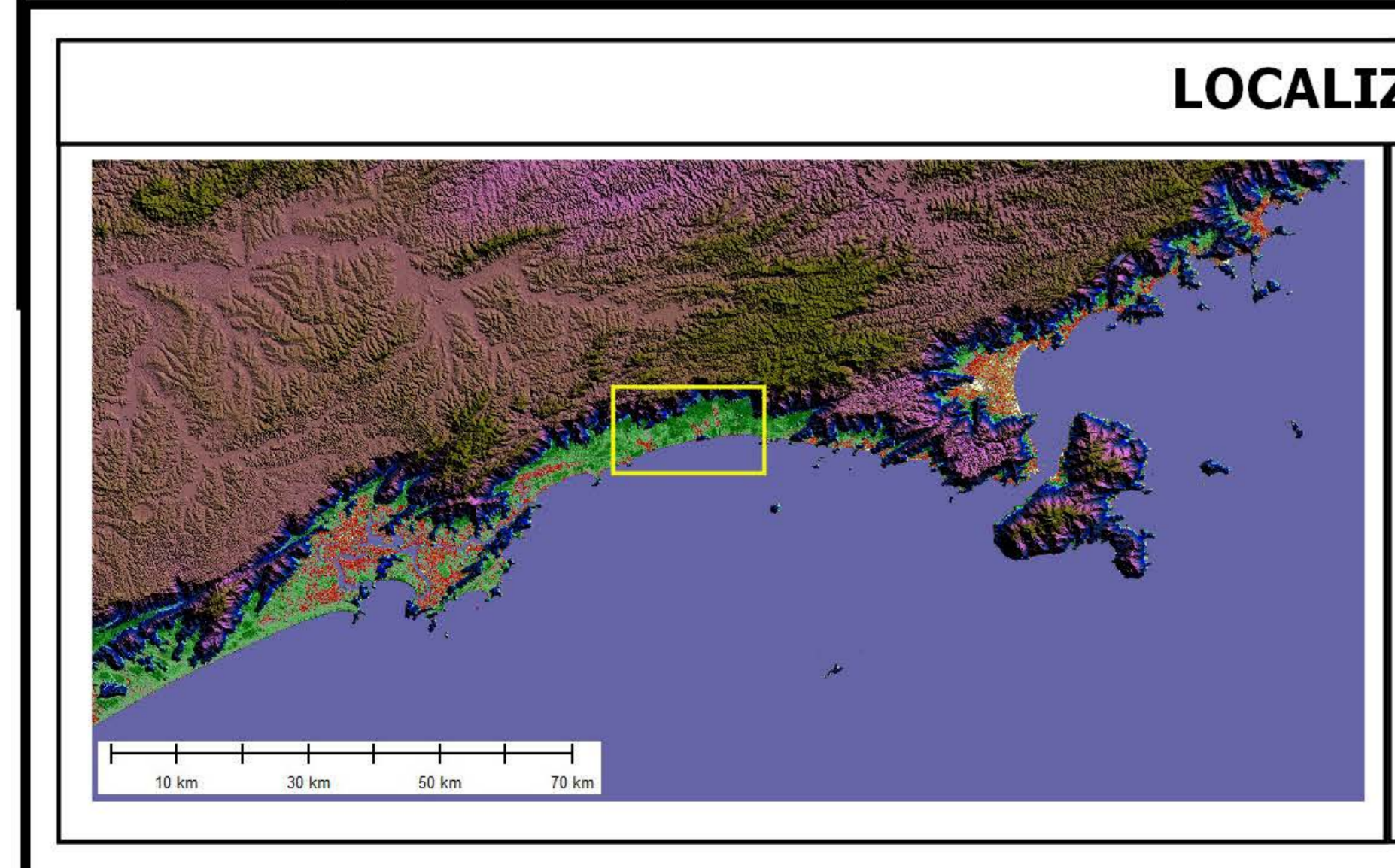

<i>Nome</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
ITA1	-23,77766°	-45,96187°
ITA2	-23,77862°	-45,96742°
ITA3	-23,77426°	-45,96899°
ITA4	-23,77142°	-45,96858°
ITA5	-23,77194°	-45,96674°
ITA6	-23,77044°	-45,97210°
ITA7	-23,76840°	-45,97511°
ITA8	-23,76678°	-45,97792°
ITA9	-23,76774°	-45,98002°
ITA10	-23,76639°	-45,98191°
ITA11	-23,76543°	-45,98265°
ITA12	-23,76409°	-45,98162°
ITA13	-23,76732°	-45,98511°
ITA14	-23,76838°	-45,98281°
ITA15	-23,76856°	-45,98583°
ITA16	-23,76522°	-45,98945°
ITA17	-23,76313°	-45,99121°

<i>Nome</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
GUA1	-23,75770°	-45,89508°
GUA2	-23,75288°	-45,89455°
GUA3	-23,74735°	-45,89613°
GUA4	-23,74597°	-45,89983°
GUA5	-23,74574°	-45,89143°
GUA6	-23,74216°	-45,88727°
GUA7	-23,74026°	-45,88263°
GUA8	-23,73720°	-45,87881°
GUA9	-23,73286°	-45,87760°
GUA10	-23,73051°	-45,87848°
GUA11	-23,73031°	-45,87505°
GUA12	-23,72993°	-45,87378°
GUA13	-23,72769°	-45,87399°
GUA14	-23,73441°	-45,87361°
GUA15	-23,73076°	-45,86924°
GUA16	-23,73163°	-45,86654°
GUA17	-23,73324°	-45,86510°

Apêndice 2 - Datas de realização das campanhas

<i>Data</i>	<i>Campanha</i>	<i>Medições/coletas</i>	<i>Local</i>	<i>Situação da maré</i>
16/08/2016	C1	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
17/08/2016	C1	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
28/09/2016	C2	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
29/09/2016	C2	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
28/10/2016	C3	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
29/10/2016	C3	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
27/11/2016	C4	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
13/12/2016	C5	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
14/12/2016	C5	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
13/01/2017	C6	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
14/01/2017	C6	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
04/02/2017	C1	Geosífica (batimetria e imageamento)	Rio Guaratuba	Quadratura
18/02/2017	C1	Geosífica (batimetria e imageamento)	Rio Guaratuba	Quadratura
19/02/2017	C1	Geosífica (batimetria e imageamento)	Rio Itaguapé	Quadratura
25/02/2017	C7	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
26/02/2017	C7	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
14/03/2017	C8/C1	Variáveis físico-químicas / Granulometria	Rio Itaguapé	Sizígia
15/03/2017	C8/C1	Variáveis físico-químicas / Granulometria	Rio Guaratuba	Sizígia
26/04/2017	C9	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
27/04/2017	C9	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
24/05/2017	C10	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
25/05/2017	C10	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
10/06/2017	C11	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
11/06/2017	C11	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
10/07/2017	C12	Variáveis físico-químicas	Rio Guaratuba	Sizígia
11/07/2017	C12	Variáveis físico-químicas	Rio Itaguapé	Sizígia
27/09/2017	C2	Geosífica (batimetria e imageamento)	Rio Itaguapé	Quadratura
28/09/2017	C2	Geosífica (batimetria e imageamento)	Rio Guaratuba	Quadratura

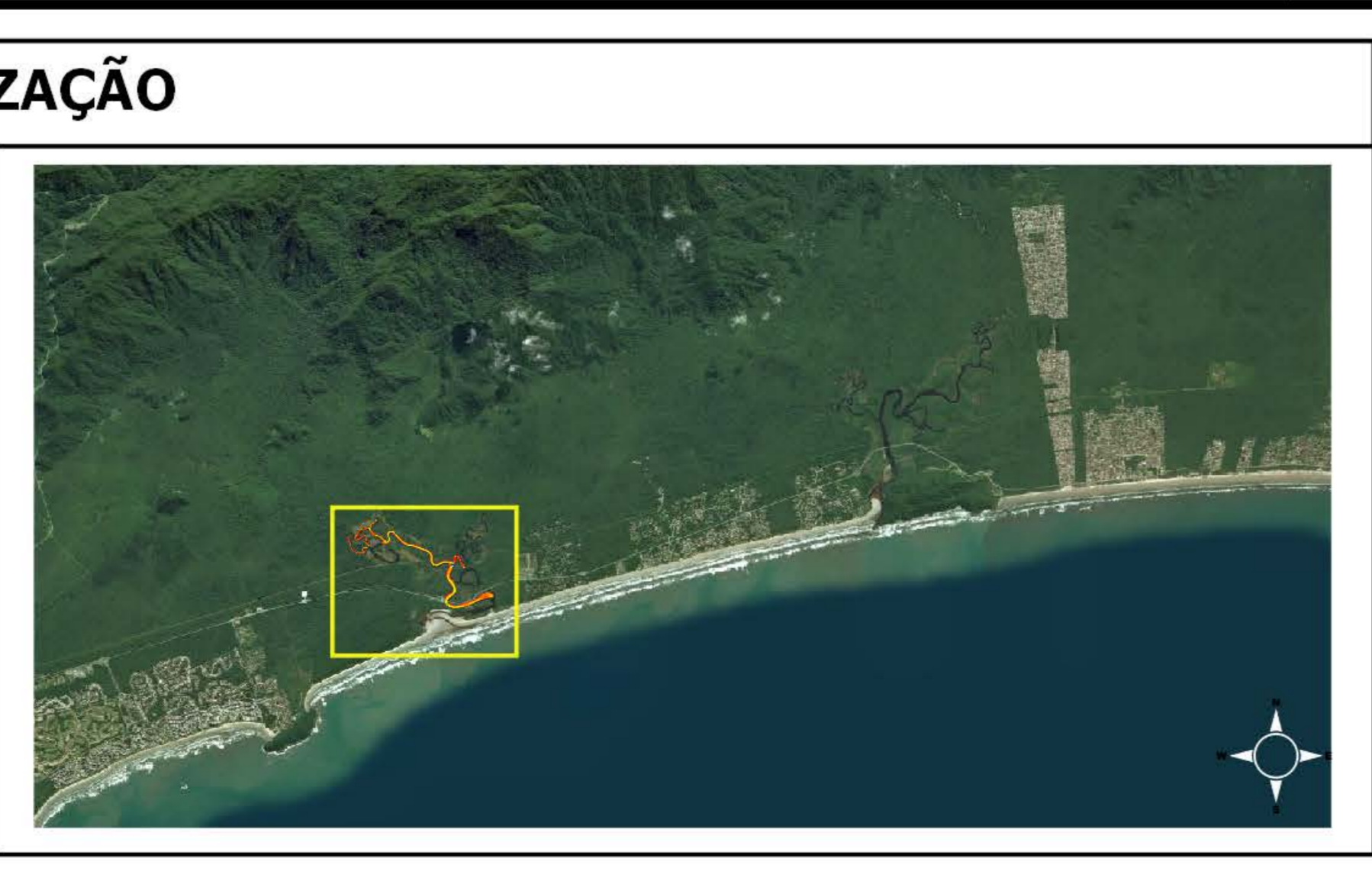
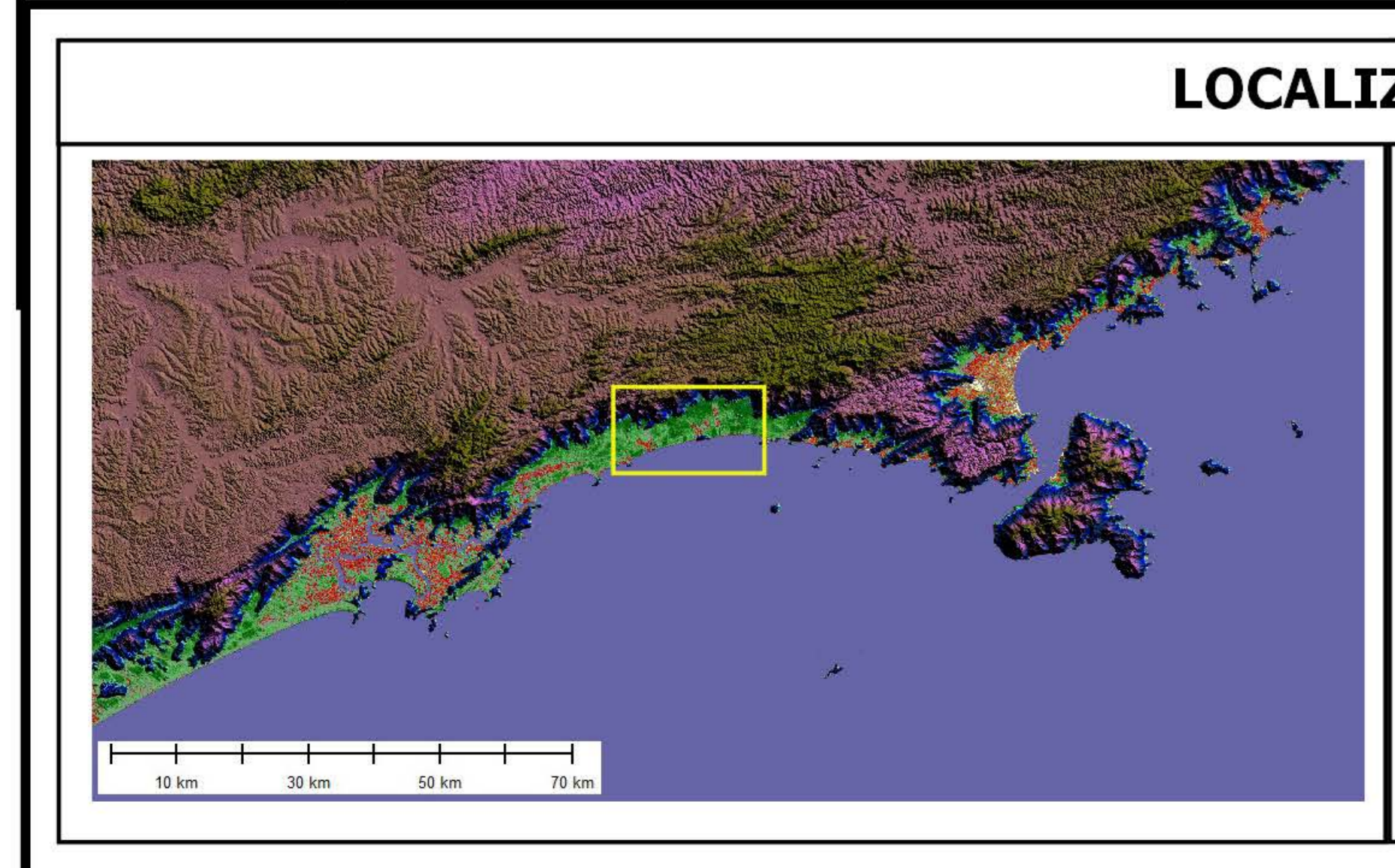

Apêndice 3 - Plantas batimétricas em formato A3



LEGENDA

PROFUNDIDADE (m)	MARGENS DO RIO
0	LINHA DE COSTA
1	CURVAS DE NÍVEL
2	MALHA VIÁRIA
3	PONTE (SP-055)
4	PONTES ANTIGAS
5	OLEODUTO
6	LINHA DE TRANSMISSÃO
7	
8	

	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" CAMPUS DO LITORAL PAULISTA - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS		CÓDIGO DE REFERÊNCIA UNESP_ITAGUARE_LH_170219_BAT		
	PROJETO: BATIMETRIA DO RIO ITAGUARÉ, BERTIOGA (SP).		DATA: 19/02/2017		
OBSERVAÇÕES: FREQUÊNCIA UTILIZADA DURANTE O LEVANTAMENTO: 200 KHZ		FOLHA n°: 1		REVISÃO n°: 1	
AUTORIZAÇÃO: CARTA COTEC Nº 363/2016 D54/2016 KM - INSTITUTO FLORESTAL		ESCALA: 1:5.000		DATUM: SIRGAS 2000	
		FONTE DA IMAGEM: VIRTUAL EARTH - WMS - OGC WEB MAP SERVICE		MERIDIANO CENTRAL: 045°	

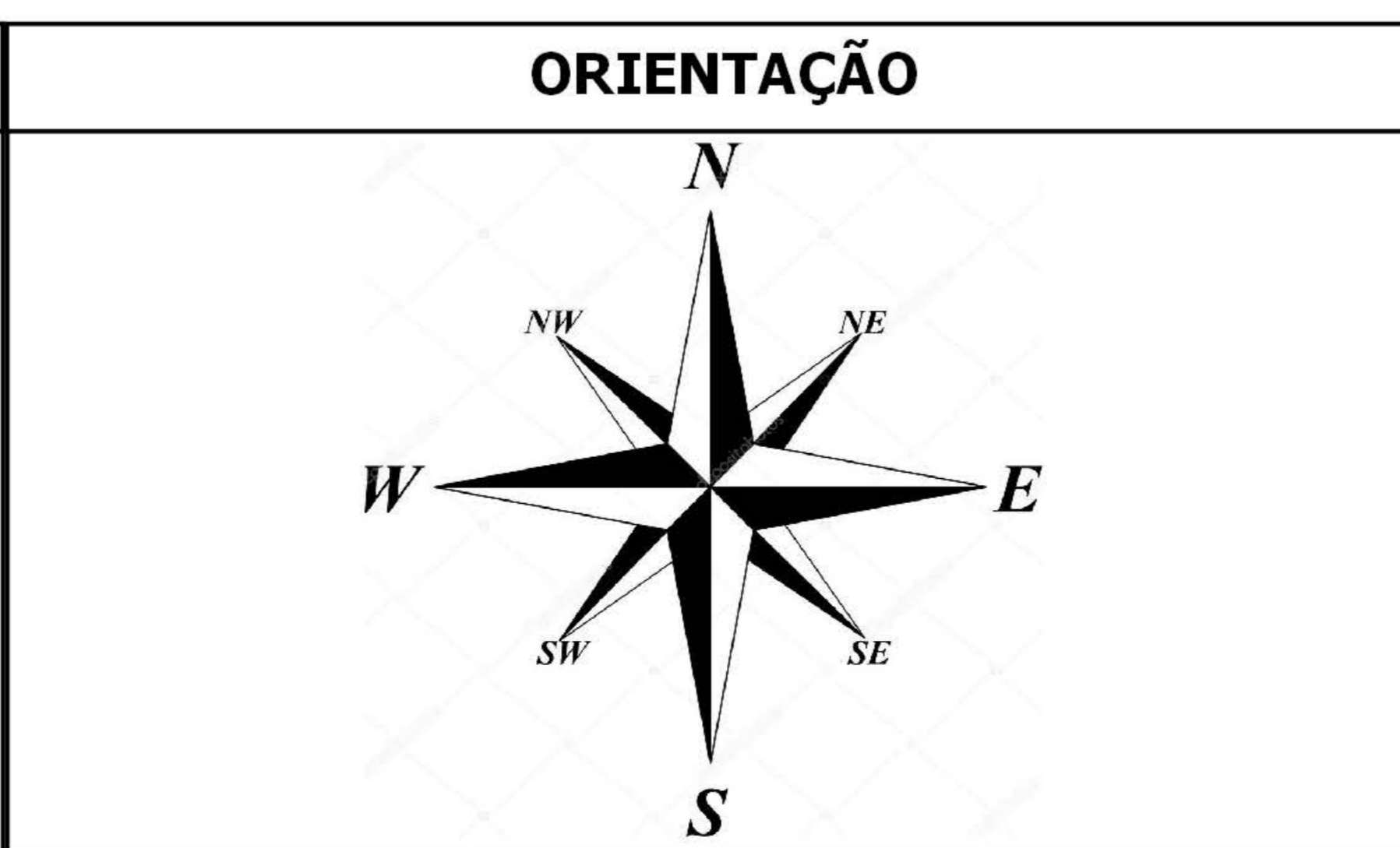
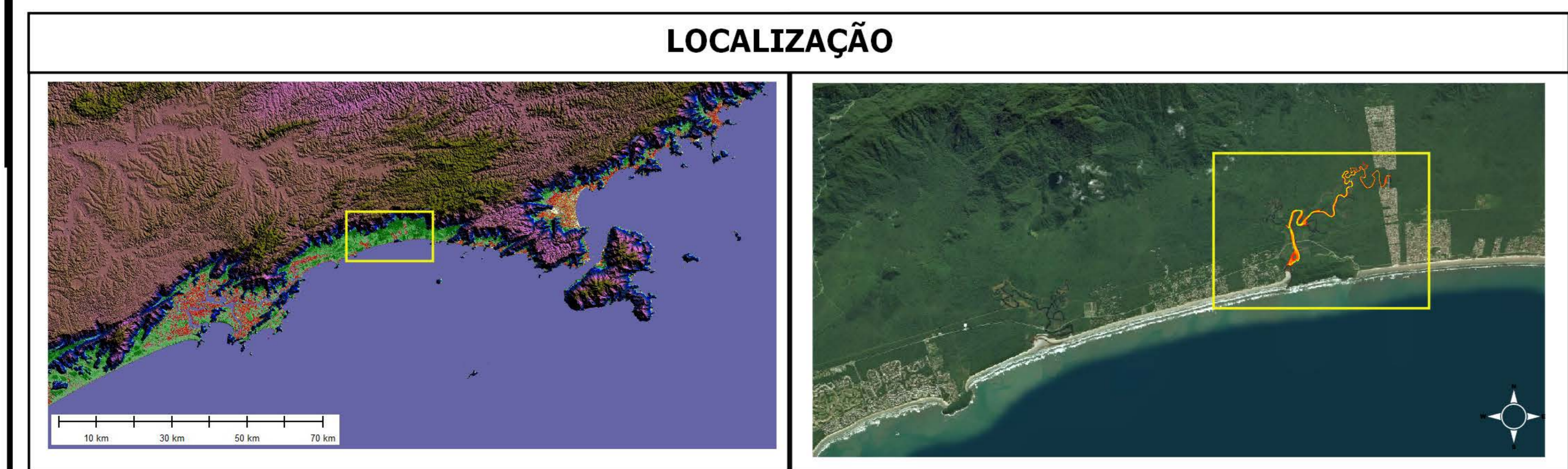



ORIENTAÇÃO

LEGENDA

PROFUNDIDADE (m)	MARGENS DO RIO
0	LINHA DE COSTA
1	CURVAS DE NÍVEL
2	MALHA VIÁRIA
3	PONTE (SP-055)
4	PONTES ANTIGAS
5	OLEODUTO
6	LINHA DE TRANSMISSÃO
7	
8	

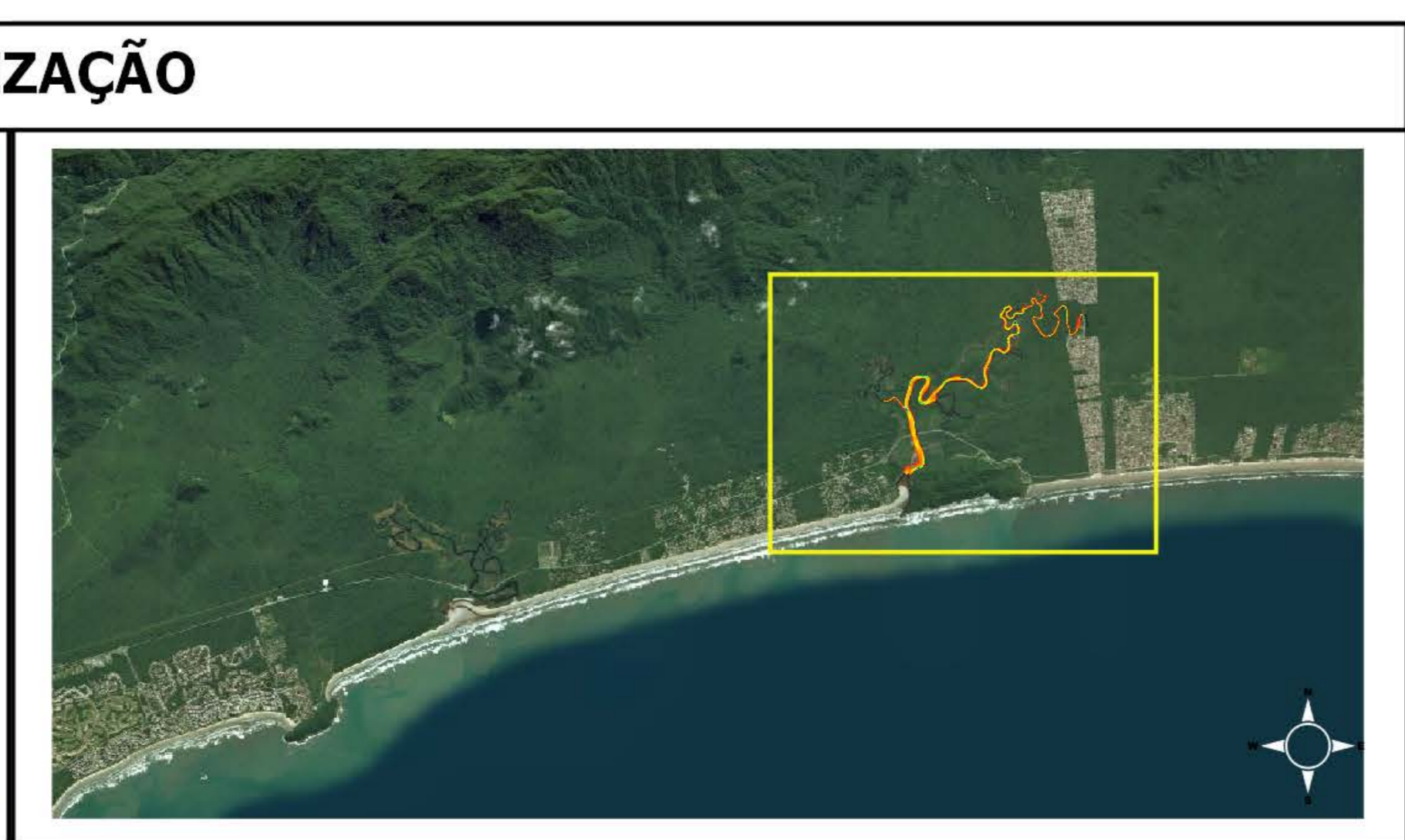
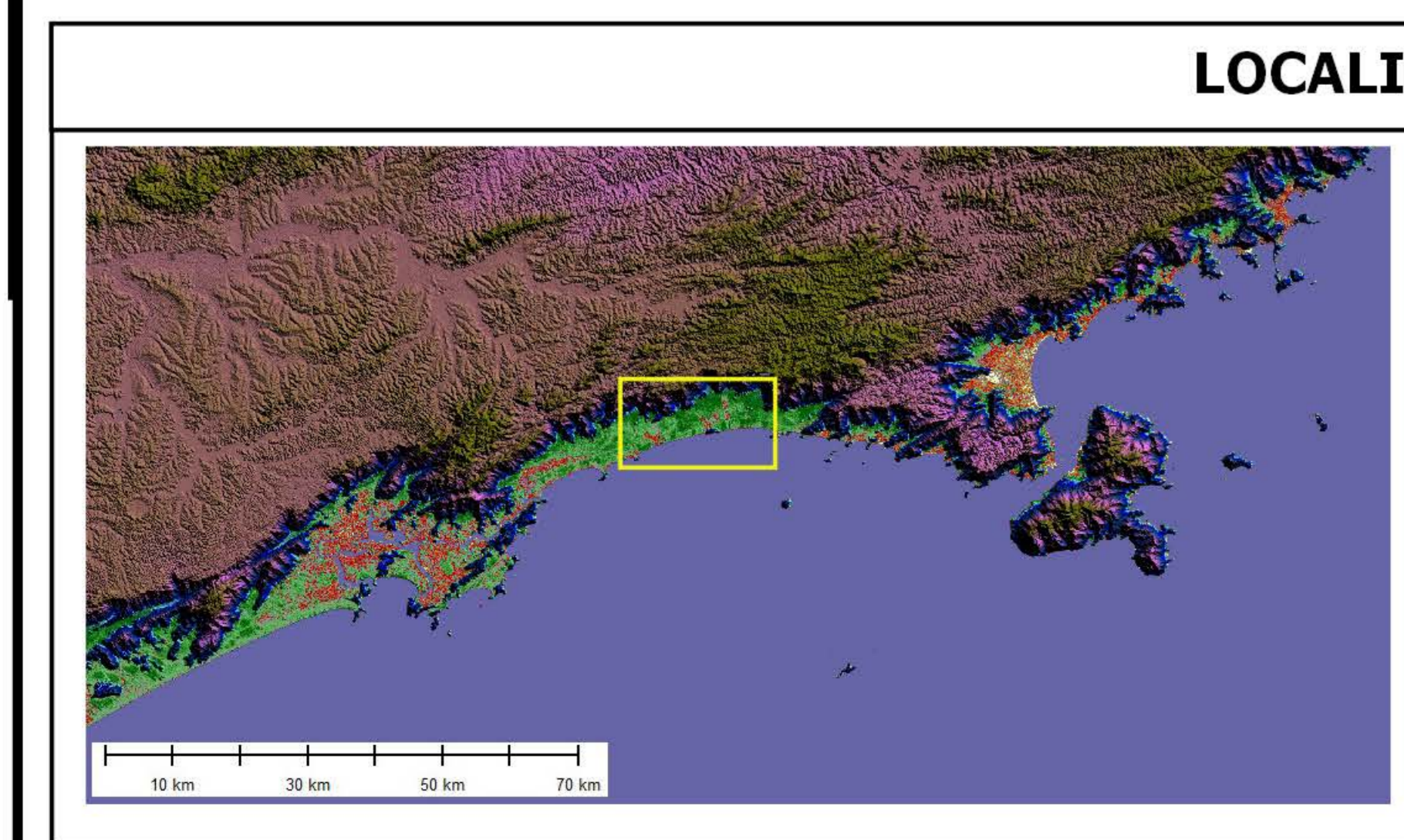

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" CAMPUS DO LITORAL PAULISTA - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS	CÓDIGO DE REFERÊNCIA UNESP_ITAGUARE_LH_170827_BAT		
	DATA: 27/08/2017		
PROJETO: BATIMETRIA DO RIO ITAGUARÉ, BERTIOGA (SP).	RESP: KLEBER BARALDO JÉSSICA FEY	FOLHA n°: 1	REVISÃO n°: 1
	MILENE FORNARI FRANCISCO BUCHMANN	ESCALA 1:5.000	
OBSERVAÇÕES: FREQUÊNCIA UTILIZADA DURANTE O LEVANTAMENTO: 200 KHZ	DATUM: SIRGAS 2000		
AUTORIZAÇÃO: CARTA COTEC Nº 363/2016 D54/2016 KM - INSTITUTO FLORESTAL	MERIDIANO CENTRAL: 045°		
FONTE DA IMAGEM: VIRTUAL EARTH - WMS - OGC WEB MAP SERVICE			



LEGENDA

PROFUNDIDADE (m)	MARGENS DO RIO
0	LINHA DE COSTA
1	CURVAS DE NÍVEL
2	MALHA VIÁRIA
3	PONTES
4	PONTE ANTIGA
5	OLEODUTO
6	LINHA DE TRANSMISSÃO
7	
8	

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" CAMPUS DO LITORAL PAULISTA - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS	CÓDIGO DE REFERÊNCIA UNESP_GUARATUBA_LH_170218-02_BAT		
	DATA: 04 E 18/02/2017		
PROJETO: BATIMETRIA DO RIO GUARATUBA, BERTIOGA (SP).	RESP: KLEBER BARALDO JÉSSICA FEY	FOLHA n°: 1	REVISÃO n°: 1
	MILENE FORNARI FRANCISCO BUCHMANN	ESCALA 1:10.000	
OBSERVAÇÕES: FREQUÊNCIA UTILIZADA DURANTE O LEVANTAMENTO: 200 KHZ	DATUM: SIRGAS 2000		
AUTORIZAÇÃO: CARTA COTEC Nº 363/2016 D54/2016 KM - INSTITUTO FLORESTAL	MERIDIANO CENTRAL: 045°		
FONTE DA IMAGEM: VIRTUAL EARTH - WMS - OGC WEB MAP SERVICE			

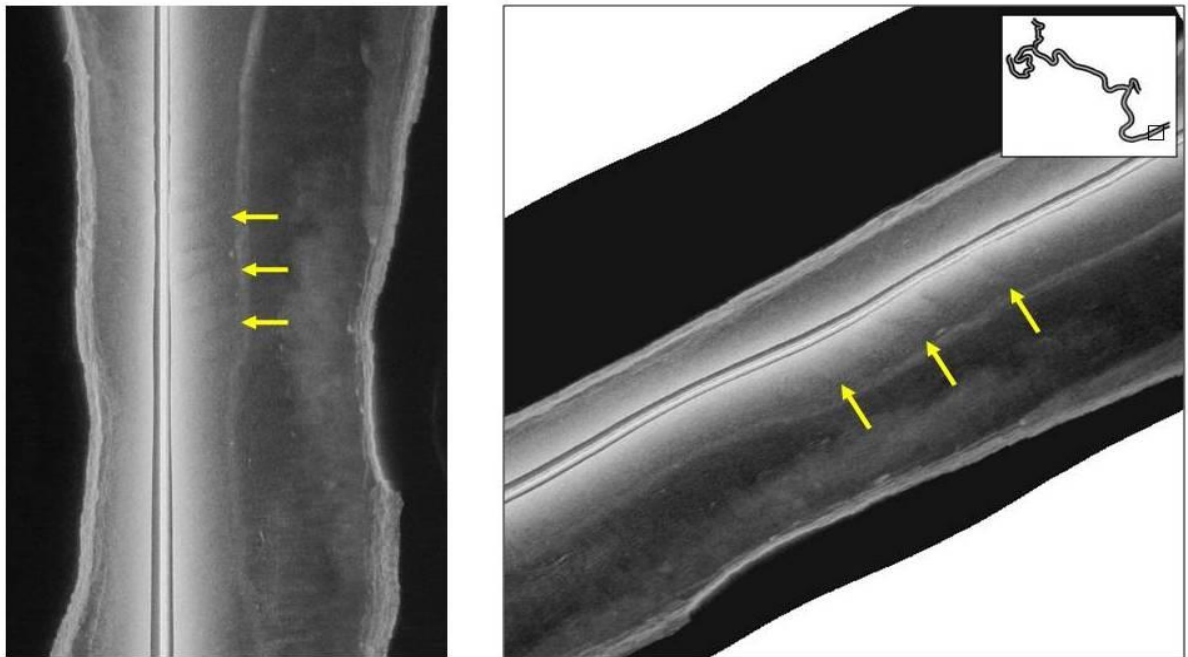


LEGENDA

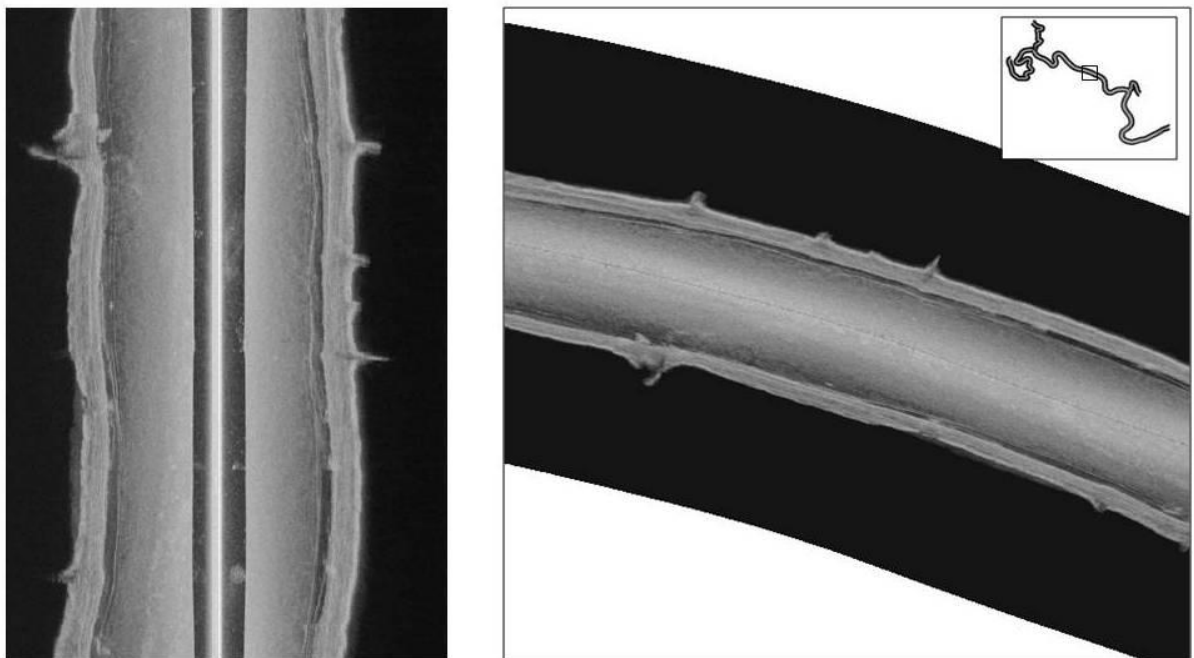
PROFUNDIDADE (m)	MARGENS DO RIO
0	LINHA DE COSTA
1	CURVAS DE NÍVEL
2	MALHA VIÁRIA
3	PONTES
4	PONTE ANTIGA
5	OLEODUTO
6	LINHA DE TRANSMISSÃO
7	
8	

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" CAMPUS DO LITORAL PAULISTA - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS	CÓDIGO DE REFERÊNCIA UNESP_GUARATUBA_LH_170928_BAT		
	DATA: 28/09/2017		
PROJETO: BATIMETRIA DO RIO GUARATUBA, BERTIOGA (SP).	RESP: KLEBER BARALDO JÉSSICA FEY	FOLHA n°: 1	REVISÃO n°: 1
	MILENE FORNARI FRANCISCO BUCHMANN	ESCALA 1:10.000	
OBSERVAÇÕES: FREQUÊNCIA UTILIZADA DURANTE O LEVANTAMENTO: 200 KHZ	DATUM: SIRGAS 2000		
AUTORIZAÇÃO: CARTA COTEC Nº 363/2016 D54/2016 KM - INSTITUTO FLORESTAL	MERIDIANO CENTRAL: 045°		
FONTE DA IMAGEM: VIRTUAL EARTH - WMS - OGC WEB MAP SERVICE			

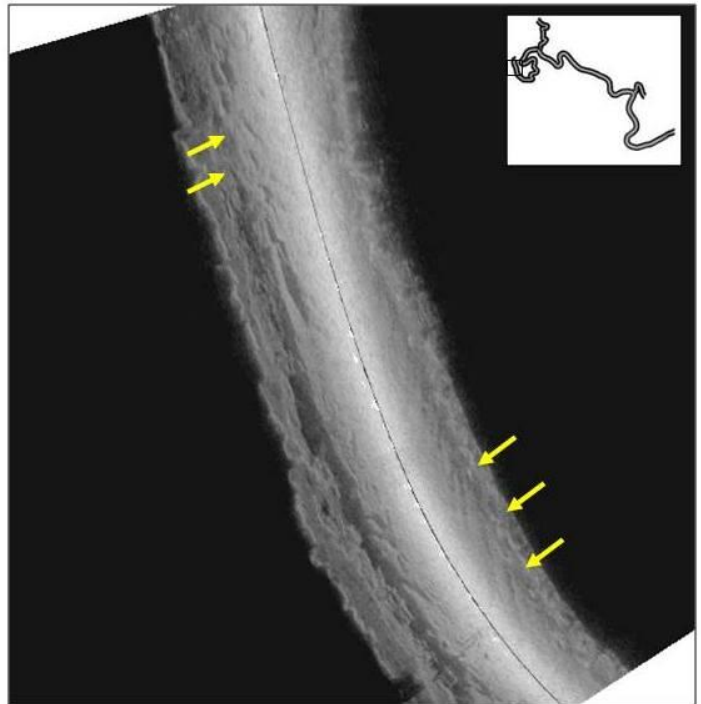
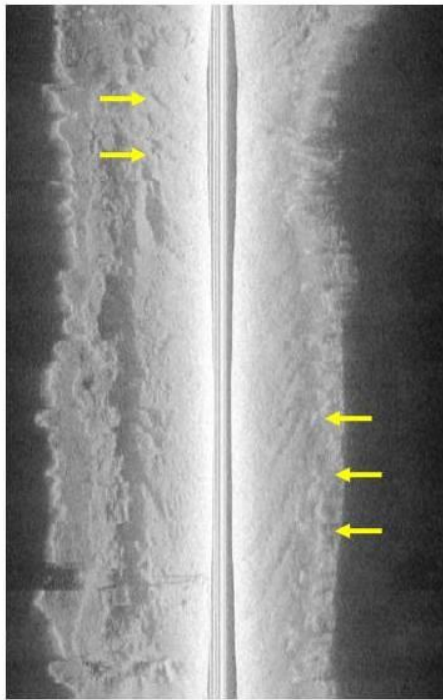
Apêndice 4 - Registros brutos e georreferenciados de sonar de varredura lateral



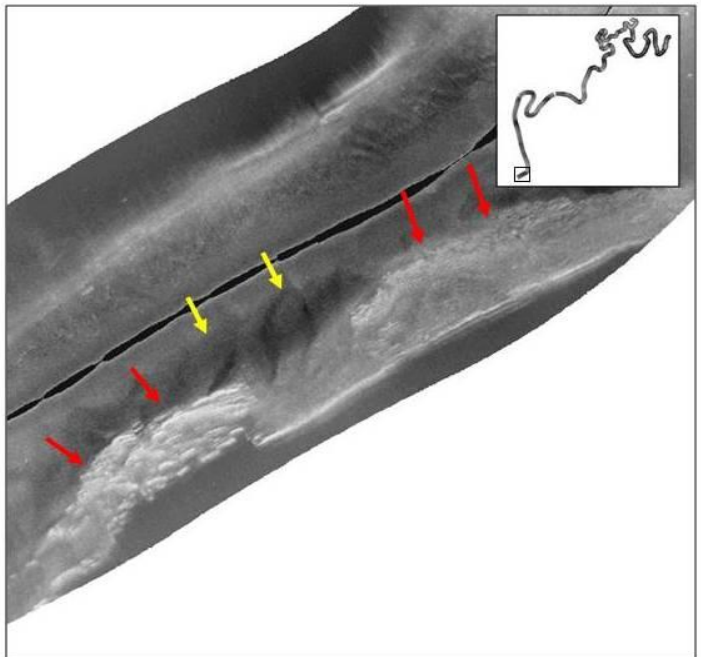
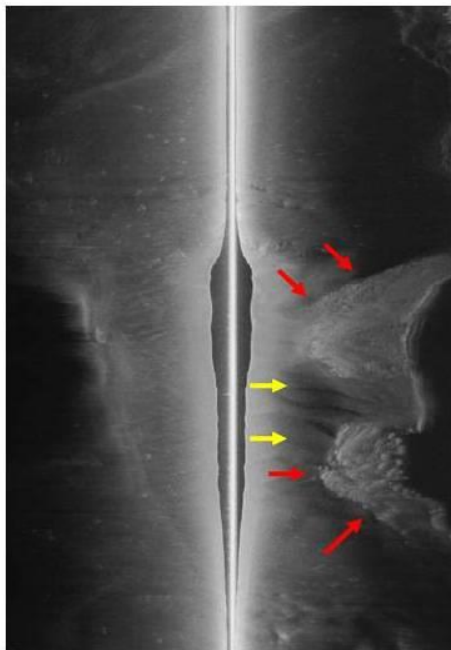
3-1: Imagem bruta (esq) e imagem georreferenciada (dir) de SVL, região do ponto ITA1. Setas amarelas indicam ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*).



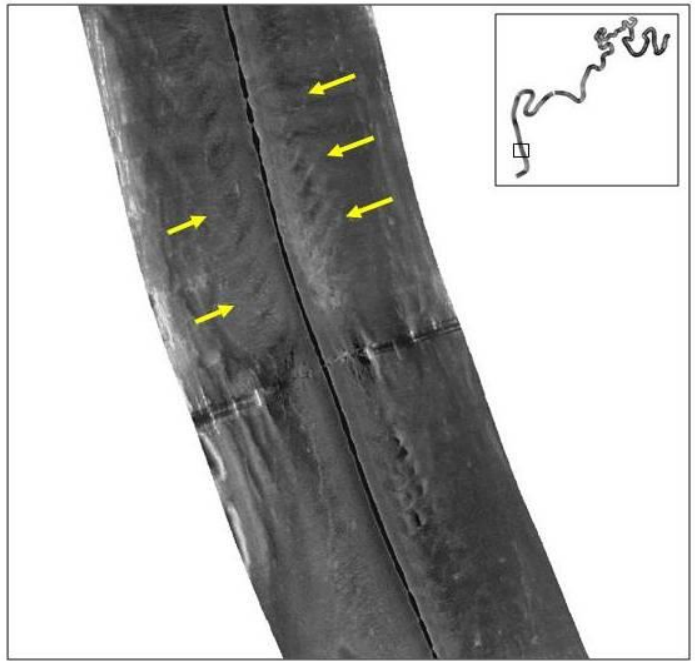
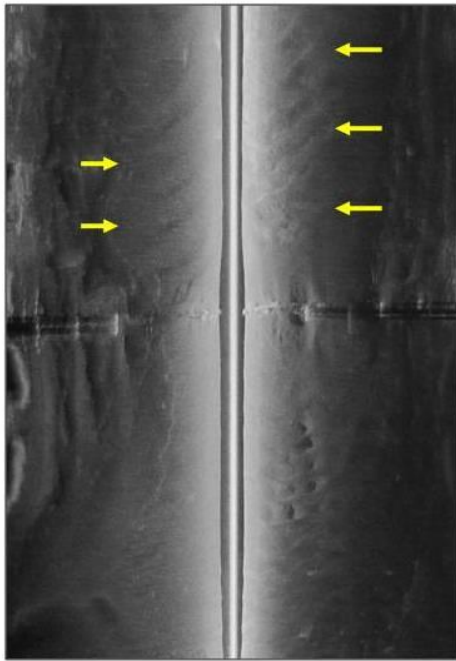
3-2: Imagem bruta (esq) e imagem georreferenciada (dir) de SVL na região do ponto ITA7. Fundo com textura de homogênea, indicando a presença de sedimentos finos (areno-lamosos).



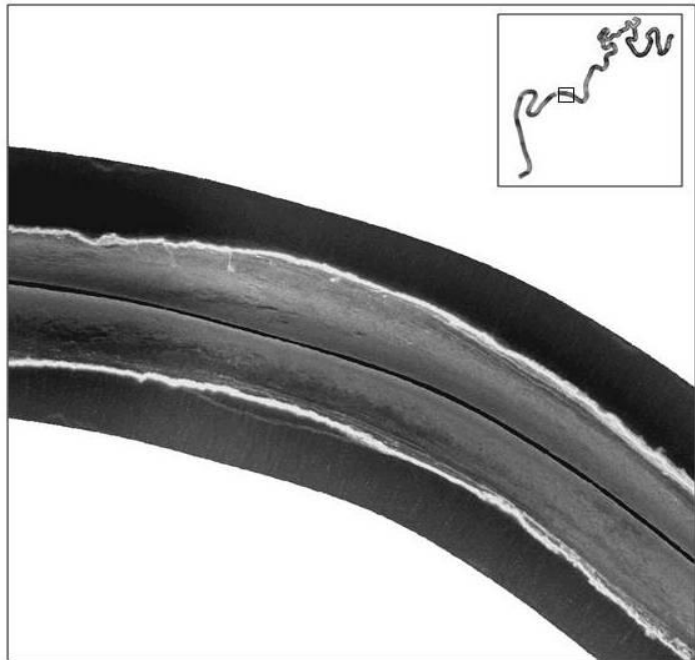
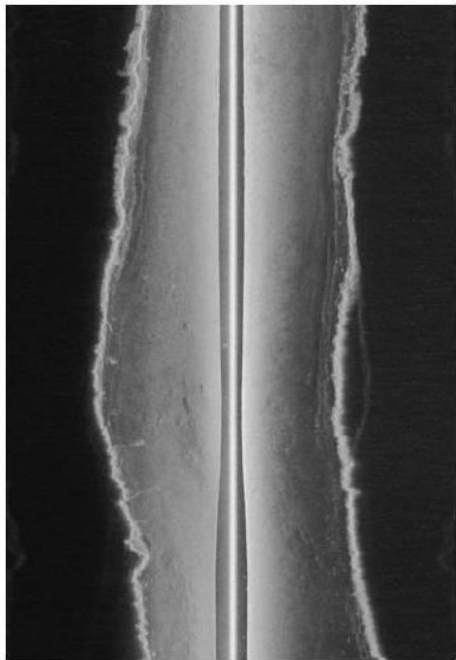
3-3: Imagem bruta (esq) e imagem georreferenciada (dir) de SVL, região do ponto ITA15. Setas amarelas indicam ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*).



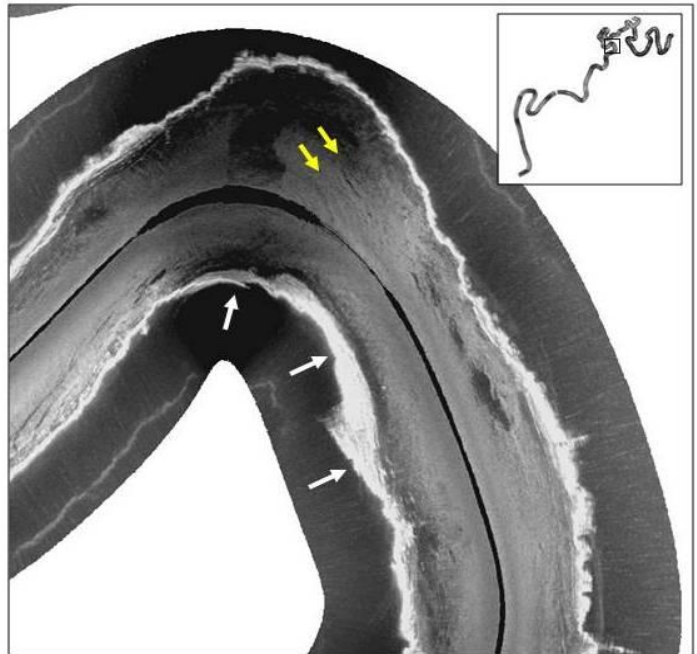
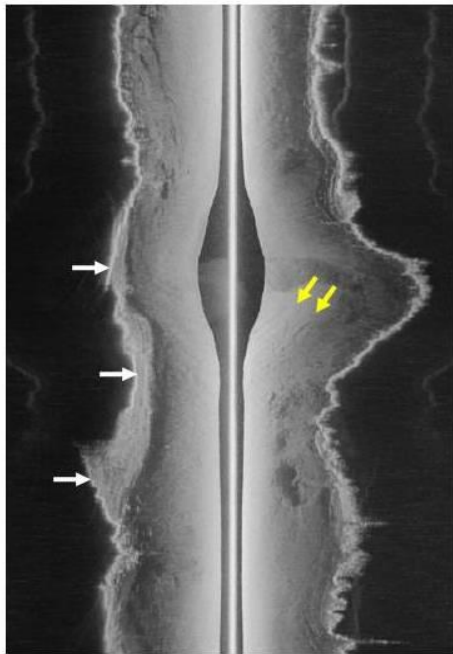
3-4: Sonograma bruto (esq) e georreferenciado (dir) de SVL da região do ponto GUA1. Setas amarelas indicam ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*), e setas vermelhas indicam afloramentos rochosos localizados na base do Morro do Itaguá.



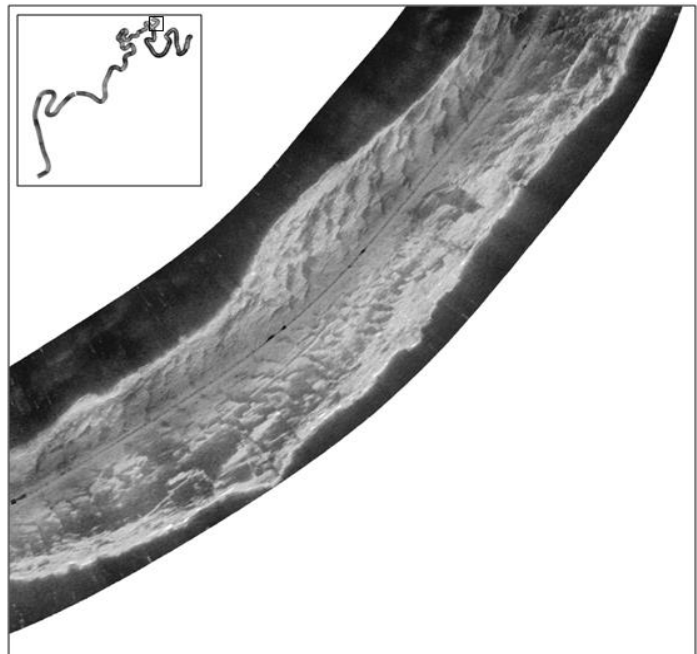
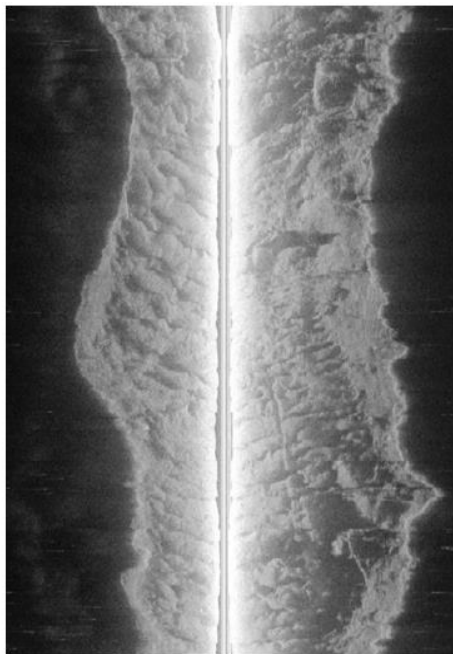
3-5: Sonograma bruto (esq) e georreferenciado (dir) de SVL da região do ponto GUA2. Setas amarelas indicam ondulações de fundo (sand ripples)



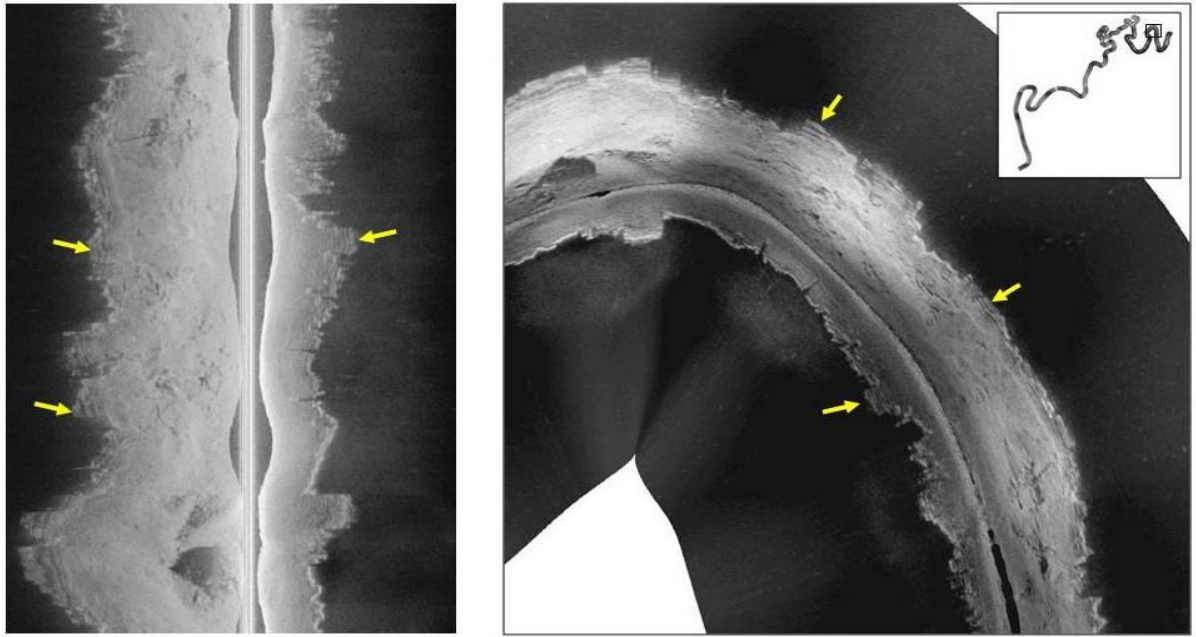
3-6: Sonograma bruto (esq) e georreferenciado (dir) de SVL da região do ponto GUA6. Fundo com textura homogênea, indicando a presença de sedimentos finos (areno-lamosos).



3-7: Sonograma bruto (esq) e georreferenciado (dir) de SVL da região do ponto GUA9. Setas amarelas indicam ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*) e setas brancas indicam terraços arenosos marginais (*sand terraces*).



3-8: Imagem bruta (esq) e imagem georreferenciada (dir) de SVL. Ondulações de fundo arenoso (*sand ripples*) são observadas ao longo de todo o registro (região do ponto GUA13).



3-9: Imagem bruta (esq) e imagem georreferenciada (dir) de SVL, região do ponto GUA15. Setas amarelas indicam ondulações de fundo arenoso (sand ripples).

ANEXOS

Anexo 1 - Autorização COTEC nº 363/2016



PROCESSO SMA N.º
INTERESSADO
ASSUNTO
EQUIPE
VIGÊNCIA

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL
Rua do Horto, 931 - CEP 02377-000 - S. Paulo, SP - Brasil - Fone: (0xx11) 2231-8555
www.iflorestal.sp.gov.br
: 260108 - 003.426/2016
: Kleber Barrionuevo Baraldo
: Encaminha o projeto de pesquisa: "Geofísica, Hidrologia e Sedimentologia dos Rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga - SP)"
: Kleber Barrionuevo Baraldo, Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann, Jéssica Daniela Fey e Milene Fornari
: Março de 2015 a Março de 2018

Carta COTEC nº 363/2016 D54/2016KM


São Paulo, 27 de junho de 2016

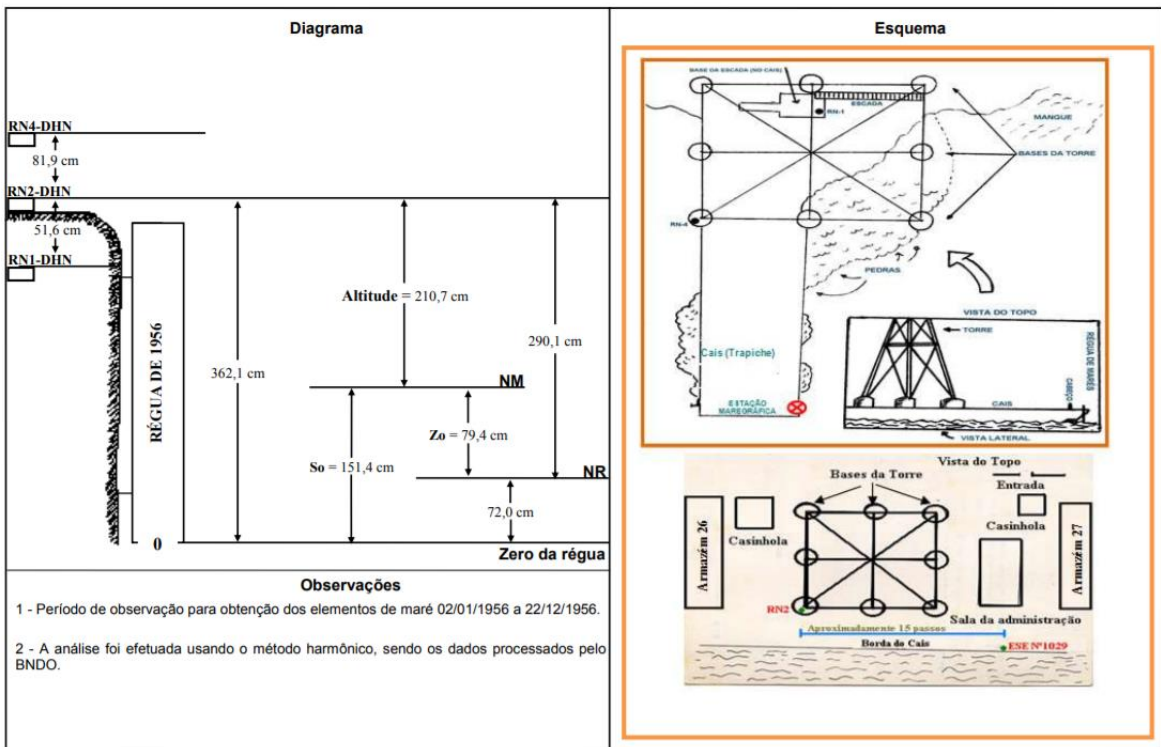
Senhor
Kleber Barrionuevo Baraldo
Praça Nossa Senhora do Carmo, 25, apto 63
Santos-SP
CEP: 11.030-230
Tel.: (13) 3301-9946 e (13) 9-9657-8929
E-mail: kleber.baraldo@gmail.com

Apraz-nos informar que o projeto "Geofísica, Hidrologia e Sedimentologia dos Rios Itaguapé e Guaratuba (Bertioga - SP)", constante do processo em referência, de autoria de Kleber Barrionuevo Baraldo, Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann, Jéssica Daniela Fey e Milene Fornari, foi aprovado para ser executado, no período de Março de 2015 a Março de 2018, na seguinte Unidade:


UNIDADE e RESPONSÁVEL	ENDEREÇO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
Parque Estadual Restinga de Bertioga Ao responsável pela Unidade Chefe de Unidade de Conservação: Filipe Toni Sofiati	a) <u>Sede administrativa:</u> Rua Gonçalo da Costa, 140 Bertioga-SP CEP: 11.250-000 Telefone para informações: (13) 3317-2094 (11) 9-5652-1559 E-mail: pe.restingabertioga@gmail.com filipetoni@gmail.com leandro.perb@gmail.com	<ul style="list-style-type: none">• Com relação à realização do projeto no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Bertioga, manifestamo-nos: <u>De acordo com a execução do projeto;</u>• Com relação aos resultados do projeto, as informações geradas serão de: Alta Prioridade;• Com relação ao planejamento da Unidade, o Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Bertioga possui: Plano Emergencial de Uso Público;• Com relação às atividades previstas pelo projeto: não existe restrição;• <u>As seguintes colocações devem ser observadas pelos autores, por ocasião da visita a esta Unidade:</u>• Agendar a necessidade de hospedagem com antecedência e informar o nome e número de participantes em cada viagem. Se necessitar de mateiro, prever a contratação pessoal / monitor da região;• A administração do Parque Estadual Restinga de Bertioga/ Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Bertioga não se responsabiliza pelo transporte das equipes durante o desenvolvimento do projeto devendo ser previstos recursos para as atividades;• O pesquisador deverá concordar e responsabilizar-se em repassar para os demais envolvidos no projeto, as normas da Unidade de Conservação;• Visitas de pesquisadores, representantes de outras instituições, convidados, amigos, fotógrafos, imprensa, etc., não relacionados no projeto original como membro da equipe executora, devem ser previamente notificadas e autorizadas pela administração da Unidade;• As atividades não previstas no projeto original estão vetadas, devendo ser previamente notificadas e submetidas a análise e aprovação do Instituto Florestal;• Mandar por e-mail a lista com os nomes da equipe fixa dos

Anexo 2 - F41 - Ficha 50225 - Porto de Santos - Torre Grande

	50225	TÁBUAS DAS MARÉS	F-41 - Padrão - Porto de Santos - Torre Grande - 50225 - Versão 1/2008
	F-41	DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA	F-41 - 1701 - 001/56
Estação Porto de Santos - Torre Grande		Estado SP	Localidade Porto de Santos
LH	Carta N°. 1701 - Porto de Santos	Navio DNPRC	Ano 1956
Coordenadas geográficas Lat 23° 57'.1 S Long 046° 18'.3 W Datum Fuso +3	O nível de redução está 72,0 centímetros acima do zero da régua de 1956. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 356 dias de observação da maré. Tipo de marégrafo: Casella n°. 7810 Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.		
Descrição das régua de marés Régua maregráfica sem descrição. Esta ficha foi compilada do modelo DHN-5503/1956, das F-41-1701-002/94, F-41-1701-003/94, F-41-1701-002/01. Atualizada em 07/08/2008.		Descrição das referências de nível RN1-DHN - Situado na base de cimento da escada de subida na torre. Implantada em 1994. RN2-DHN - Situado na base da torre (base mais próxima à borda do cais, ao lado do armazém 26). Implantada em 1994. RN4 - Pequena calota esférica situada na base da torre grande. Implantada em 1994.	
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM	Pessoal que tomou parte na montagem	
	Recebida em: Documento de referência: H-101/59 - LH-002/94 LH-170/01 - LH-001/04	Equipe de 1960: CT-Magaldi Chefe da Equipe CC Amaury Dau	Equipe de 1994: IT Appolinário - IT Orumpüller IT Daros - IT Giucemar IT Luiz Machado - IT Alexandre Gomes IT Carlos Alexandre - IT Costa Lopes Chefe da Equipe: IT Lázaro



Anexo 3 - F41 - Ficha 50227 - Praticagem Santos

		50 227	F-41 – Padrão – Praticagem Santos - 50227 – Versão 1/2017
F - 41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA	
Estação: Praticagem Santos		Estado SP	Localidade Santos
LH 015/95	Carta N°. 1701 – Porto de Santos	Navio Zenith	Ano 1995
Coordenadas geográficas Lat 23° 59' 5 S Long 046° 18' 1 W Datum WGS-84 Fuso +3		O nível de redução está <u>138,8</u> centímetros acima do zero da régua.. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 365 dias de observação da maré. Tipo de marégrafo: Hidrologia registro diário: Escala 1:20 Zero do marégrafo: Coincide o com zero da régua.	
Descrição das régua de marés Régua de marés nas cores branca e vermelha, graduada de centímetro em centímetro e numerada de 10 em 10, com comprimento de 4.000mm.		Descrição das referências de nível RN2-DHN – No final do cais junto ao hall, cravada no piso à esquerda de quem sai. Implantada em 1995. RN6-DHN – Instalada no segundo degrau da escada do lado direito do trapiche, para quem chega de barco. Implantada em 2013, em face da RN-4 ter sido violada. RN5-DHN – Instalada próxima à mureta pelo lado de fora, junto ao segundo pilar, quase na mesma posição da RN3-DHN que foi destruída. Implantada em 2011.	
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchida no CHM Recebida em: LH-015/95 – RA-013/96 – Relatório Técnico Zenith Documento de referência: Consultores Marítimos/2011 RA 087/14	Pessoal que tomou parte na montagem Equipe em 1995: SG-HN Hamilton CB Cleomar CB Rui Chefe da equipe: IT Silva Marques Equipe em 2013: Rodrigo Conde de Oliveira Chefe da equipe: Helder Luiz Paiva	

