

LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

**ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**


PÁGINA

1/ 124



SUMÁRIO

1.0. INTRODUÇÃO	2
1.1. Sistema Hidrográfico e Sedimentar.....	2
2. DRAGAGEM	4
2.0. Introdução	4
2.1. Equipamento de dragagem	6
2.2. Localização e dimensões	7
2.3. Descarte do material dragado	7
2.4. Caracterização do material a ser dragado versus Faciologia de fundo.....	9
3. METODOLOGIA E RESULTADOS DO ESTUDO DA HIDRODINÂMICA.....	18
3.0. Correntometria	18
Cenário Verão.....	24
Cenário Inverno	31
3.2. Baía de Aratu - Regime de ondas e marés versus transporte de sedimentos de fundo e ao longo da linha de costa;	38
3.3. Modelos Hidrodinâmicos.....	53
3.3.1 - Síntese das equações matemáticas governantes para o modelo 2DH ...	55
3.3.2 - Configuração do Modelo Hidrodinâmico utilizado na Baía de Aratu;	58
3.3.2.1 - Sobre a Calibração do Modelo COPPE.....	59
3.4. Comparação entre a maré medida com a simulada no Modelo da COPPE ...	70
3.5. Modelo de Pluma	76
4. RECOMENDAÇÕES FINAIS	84
5. BIBLIOGRAFIA.....	122

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	2/124	

1.0. INTRODUÇÃO

1.1. Sistema Hidrográfico e Sedimentar

O corpo da Baía de Todos os Santos - BTS é caracterizado por uma massa d'água marinha, na sua metade mais externa, onde os valores de salinidade e temperatura não são inferiores a 33,5 e 26°C respectivamente (Cirano & Lessa, 2004).

A precipitação e evaporação médias anuais em Salvador são de 1900 mm/ano e 1200 mm/ano, respectivamente. As descargas de água doce são muito pequenas quando comparadas com as vazões calculadas para o fluxo da maré. A descarga máxima e média de maré de sizígia, que passa nos canais de Salvador e Itaparica, é de, respectivamente, $1,5 \times 105 \text{m}^3/\text{s}$ e $1,3 \times 105 \text{m}^3/\text{s}$, enquanto a descarga total de água doce (fluvial e pluvial) é de $130 \text{m}^3/\text{s}$, ou 0,08% do prisma de maré. As marés são do tipo semi diurna e apresentam alturas de até 3 m nas partes mais internas da baía, sendo que a altura média de sizígia é de 2,7 m. (SANTOS, 2003)

Três grandes rios deságuam na Baía de Todos os Santos: Paraguaçu, com uma área de drenagem de 56300km^2 , Jaguaripe com 2200km^2 e o Subaé com apenas 660km^2 . Outras 93 pequenas bacias de drenagem, com rios com pelo menos 1,5 km de extensão, são identificadas na periferia da BTS (CRA, 2000), e somam um total de 1950km^2 dentre as quais estão incluídas as áreas de drenagem que deságuam na Baía de Aratu.

Apenas dois artigos abordando a quantidade de material particulado em suspensão foram encontrados sobre a Baía de Todos os Santos na literatura: Moura (1979) e Barreto & Paredes (1995). Estes indicam valores de Concentração de Sedimento em Suspensão entre $0,5 \text{mg.l}^{-1}$ e $36,0 \text{mg.l}^{-1}$.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

3/124



A área de estudo está localizada dentro do contexto hidrográfico da Baía de Todos os Santos, contudo é considerada uma baía a parte chamada de Baía de Aratu que se conecta à Baía de Todos os Santos pelo Canal de Cotegipe (Figura 5.1.10.1).

O espelho d'água da Baía de Aratu tem uma área de aproximadamente 21 km². A circulação residual para a Baía de Aratu é de 5 cm s⁻¹ (CIRANO & LESSA 2007) considerando as descargas fluviais e o regime de maré.

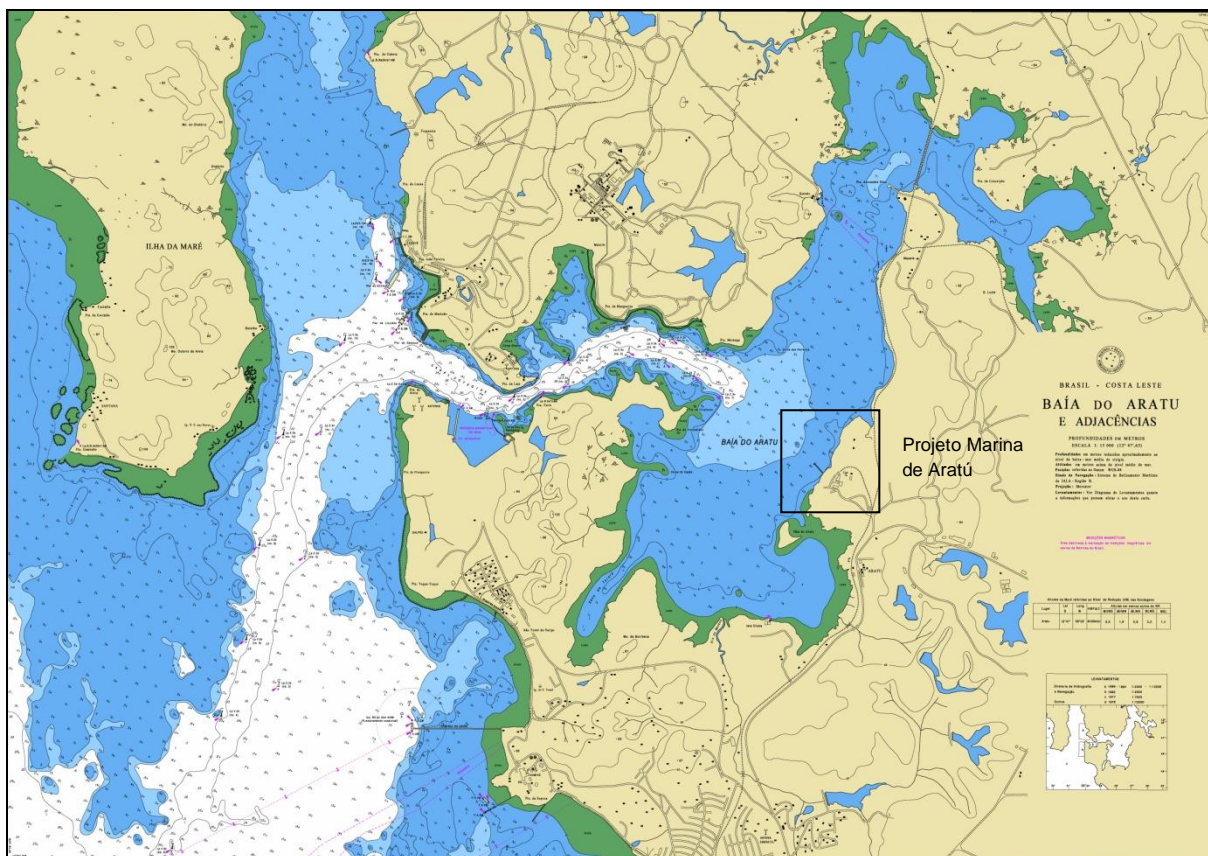
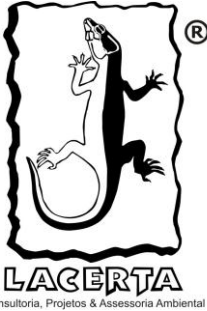



Figura 5.1.10.1: Mapa do Entorno da Baía de Aratu, com área do projeto.

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	4/124	

2. Dragagem

2.0. Introdução

O presente relatório teve como objetivo desenvolver estudos de modelagem numérica com base nos padrões de circulação hidrodinâmica e de transporte sedimentar na área de dragagem do Projeto CNNA para avaliar de forma qualitativa a dispersão dos sedimentos colocados em suspensão pelas atividades de dragagem.

É importante salientar que este relatório tem por objetivo fazer uma análise qualitativa e comparativa com o relatório cenário verão entregue anteriormente, pois contempla somente a estação de alta energia (inverno). No entanto, o estudo da área com duas campanhas em diferentes regimes (marés de Sizígia e Quadratura) permite uma caracterização com boa representatividade do comportamento da dinâmica marinha da área de estudo. As campanhas de Sizígia e Quadratura foram realizadas nos dias 09 e 17 do mês de Agosto do ano corrente, contemplando 24 horas de observação, para cada maré, num cenário de pleno inverno com o tempo chuvoso e com fortes ventos, principalmente durante a maré de sizígia. Dessa forma, o estudo representa um registro histórico ambiental das condições que precedem às atividades de construção civil na ampliação da Marina de Aratu e das prováveis dragagens a serem desenvolvidas nas outras fases de operação do empreendimento.

Este documento entende a dragagem, como a principal atividade impactante no desenvolvimento do projeto CNNA, e com o intuito de provisionar os possíveis danos ambientais, foram discutidos aspectos sobre a faciologia sedimentar local e possibilidades de migração de plumas de sedimento em suspensão, em virtude do comportamento da hidrodinâmica na Baía de Aratu. Foram apontadas e discutidas algumas sugestões sobre os momentos de maré mais adequados para o

desenvolvimento das operações de dragagem a fim de que sejam minimizados os problemas com dispersão de plumas sobrenadantes.

Abaixo é mostrada a área de dragagem num modelo digital de batimetria, com afunilamento gradual do relevo subaquático em direção ao Canal de Cotegipe, com zona mais profunda na cor azul escuro (Figura 5.1.10.2).

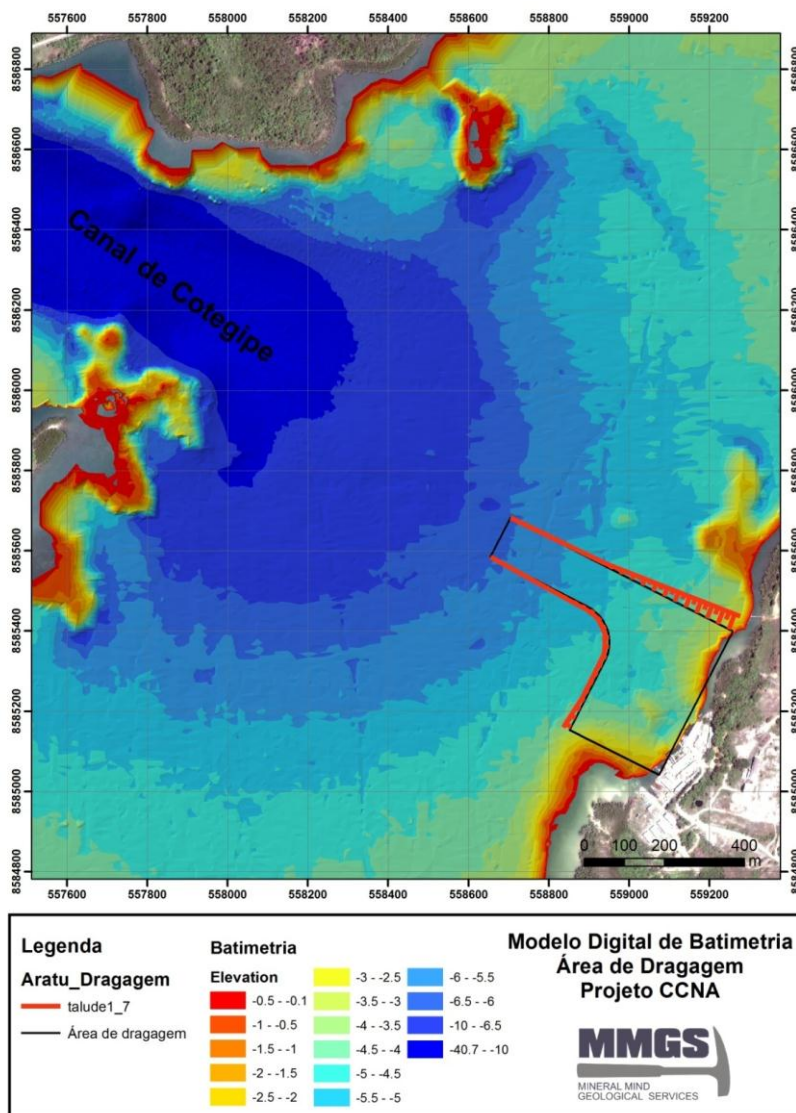
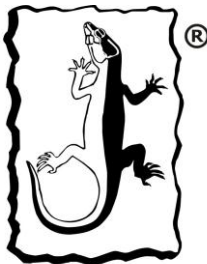



Figura 5.1.10.2: Modelo Digital de batimetria da área de dragagem, sobre imagem de Satélite.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	6/124	

2.1. Equipamento de dragagem

Em função da natureza argilosa e da baixa inconsistência do material a ser dragado, a empresa que está desenvolvendo o projeto CNNA optou pelo processo de sucção por permitir a remoção do substrato marinho com maior eficiência e menor dispersão no meio líquido. Esta metodologia é considerada de menor agressão ao meio ambiente.

A sucção dos sedimentos marinhos é processada por tubo flexível cuja boca de aspiração fica colada no fundo e é arrastada com o deslocamento da draga. Desta forma, a dispersão de sedimentos é minimizada consideravelmente.

Para transportar a distância prevista foi projetado o uso da draga hopper, com cisternas de capacidade de mais de 10.000 m³ (Figura 5.1.10.3). A produção esperada é de 20.000 m³/dia, resultante em um mês para sua execução, do projeto com volume de dragagem menor que 500.000 m³.

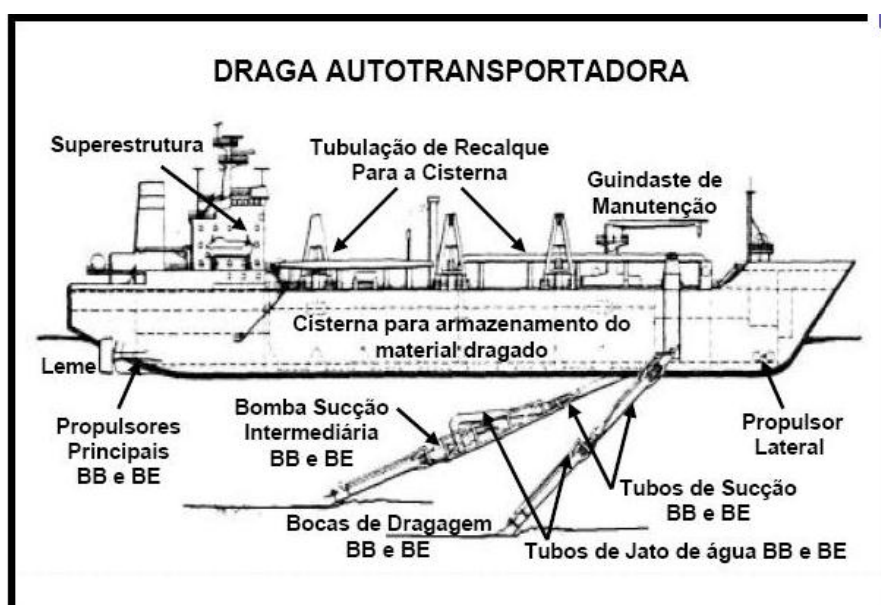
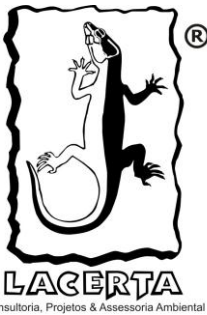



Figura 5.1.10.3: Tipo de equipamento de dragagem a ser utilizado no projeto – Dragagem Hopper

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	7/124	

2.2. Localização e dimensões

A área a ser dragada possui cerca de 215.000 m², e situa-se onde atualmente está instalado o cais e embarcações da Marina de Aratu. A área de dragagem foi definida levando em consideração a embarcação de maior porte ancorada na Baía de Aratu a qual possui 120m de comprimento, 30m de boca e calado máximo de 5,50m.

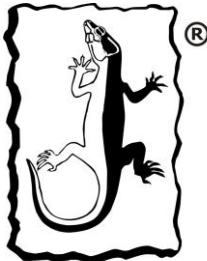

A operação de dragagem deverá atingir uma profundidade de 4,5m na área da Marina de Aratu (para embarcações de pequeno porte) e 6,0m na área dos Estaleiros (para embarcações de maior porte) e no canal de acesso, dragando assim, um volume de material menor que 500.000 m³. A partir do cálculo de volume por integração matemática através do software TOPOGRAPH-SE, realizado pela Belov, chegou-se a um volume de 487.976 m³.

2.3. Descarte do material dragado

A área prevista para o descarte do material dragado, como definida pela Belov, está em conformidade com as determinações da CPBA (Capitania dos Portos da Bahia), localizando-se fora da Baía de Todos os Santos, segundo coordenadas abaixo. O local de despejo permanente autorizado apresenta condições de minimizar os efeitos negativos à sustentabilidade.

Coordenadas do local de descarte:

- 13° 09' S / 38° 25' W

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	8/124	

Na Figura 5.1.10.4 abaixo, é mostrada a Carta Batimétrica da Marinha com os pontos de coleta, na Baía de Aratú, e de descarte de material, na Costa; e a rota a ser percorrida pela Draga ao longo dos Canais de Cotegipe e da Baía de Todos os Santos. Estima-se um tempo médio de 12h para cada carga e descarga de 10.000m³, sendo com isso esperada duas viagens por dia, num total de 20.000m³ e prazo de execução previsto para 30 dias.

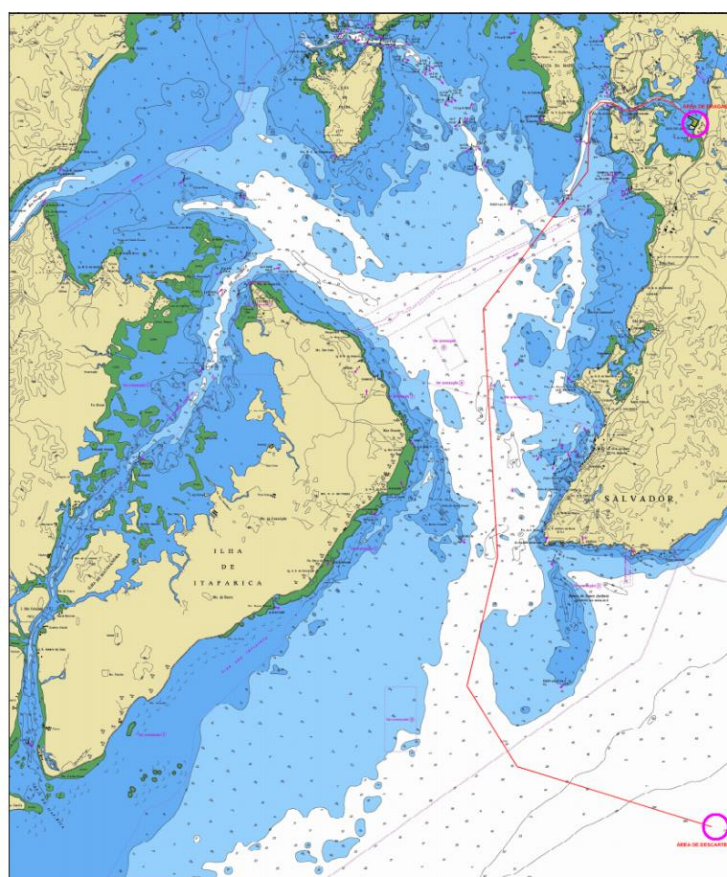



Figura 5.1.10.4: Rota entre a dragagem na Baía de Aratu e descarte de material na Costa

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	9/124	



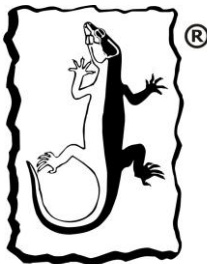

Ao lado, o ciclo de operação simplificado da Draga Hopper de Sucção por Arrasto, também chamada TSHD (Trailing Suction Hopper Dredger), iniciando-se com a dragagem (dredging), transporte carregado, despejo (dumping) e retorno do barco vazio para o recarregamento.

1 Ciclo = aprox. 12 horas

2.4. Caracterização do material a ser dragado versus Faciologia de fundo

Segundo Dias *et al* (2003), os estudos dos fácies sedimentares superficiais da Baía de Todos os Santos foram iniciados há mais de 30 anos, tendo sempre privilegiado as características texturais dos sedimentos. Os mapas de litofácies de fundo existentes na literatura integram os resultados de análise em amostras de sedimentos de fundo as Baía de Todos os Santos com o objetivo de obter um quadro da distribuição textural e, em certos casos, composicional, dos sedimentos do fundo.

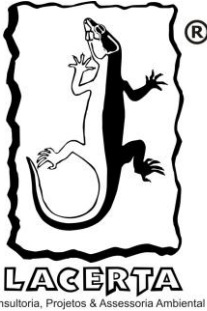

Os seus resultados indicaram onze fácies granulométricas, entre elas cascalho carbonático em geral com matriz arenosa, ocorrendo principalmente na baía de Iguape, no canal e foz do Rio Paraguaçu; areias e areias lamosas ocorrendo em grande quantidade no Canal de Salvador e Itaparica, o primeiro podendo estar relacionado a erosão dos sedimentos arenosos da Formação Sergi, e o segundo às correntes de maré na entrada da baía, que trazem sedimentos siliciclásticos; argilas arenosas a siltosas ocorrem principalmente no centro-norte da baía e nas baías de Iguape, a oeste, e Aratu, ao norte de Salvador, e podem ter origem nos sedimentos argilosos do Grupo Ilhas, que afloram extensamente a norte e leste da baía.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	10/124	

Na Baía de Aratu (nosso objeto de estudo), Bittencourt *et al* (1974) investigaram 135 amostras de sedimentos de fundo com o objetivo de obter um quadro da distribuição, composição e textura dos sedimentos do fundo. Os autores mostraram a predominância de material argilo-siltoso com áreas marcadamente argilosas. Grandes áreas de material grosso foram encontradas, na maioria das vezes associadas a depósitos de conchas e fragmentos esqueletais que foram considerados de formação local, com pequeno transporte. Isso refletiria a pouca correlação que o calibre dos sedimentos têm com o nível de energia de correntes e ondas. Em 1976, visando a caracterização dos fácies sedimentares de fundo da BTS, analisaram 119 amostras de fundo e dados relativos aos depósitos conchíferos do fundo da baía, colhidos na Companhia de Cimento Salvador (COCISA). Estes autores descreveram quatro fácies sedimentares: fácies de areia quartzosa, fácies lama, fácies mista e fácies de biodetritos.

Macedo (1977), utilizando-se das 119 amostras coletadas por Bittencourt *et alli*. (1976), procurou identificar o nível de energia associado às fácies sedimentares através das características texturais e composicionais dos sedimentos superficiais do fundo. Foram identificados três ambientes de deposição distintos na baía: um ambiente de baixa energia associado à fácies lamosa, um ambiente de alta energia associado à fácies de areia quartzosa e um ambiente de energia intermediária associado à fácies mista (caracterizada pela mistura, em diferentes proporções, de areia quartzosa, lama e biodetritos). Não foi elaborado, no entanto, um mapa com a disposição das fácies sedimentares, mantendo-se o mapeamento realizado por Bittencourt *et alli*. (1976).

Em um estudo sobre a sedimentação na foz do rio Paraguaçu, Brichta (1977) analisou 72 amostras de sedimentos e propôs a existência de 4 litofácies: arenosa, areno-argilosa, argilosa e conchífera. Os fácies lamosos foram mapeadas no centro do canal e na foz do rio Paraguaçu. Os fácies arenosos foram mapeadas próximo às

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	11/124	

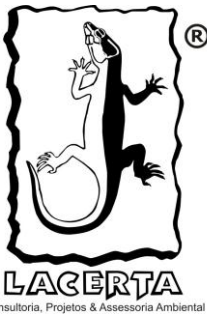

margens. Estas se constituem por sedimentos arenosos e areno-argilosos, distribuídos no leito principal do rio e na sua projeção dentro da baía.

Na baía de Iguape, localizada na desembocadura do rio Paraguaçu, Avanzo (1977) identificou, com base em 93 amostras, 08 classes texturais de sedimentos de fundo, distribuídas em duas grandes regiões: um grande corpo raso à saída do rio, abrindo-se em leque a partir da desembocadura e caracterizado como ambiente fluvial, e um setor adjacente a este, formado por canais profundos bordejados por planícies de maré.

Corrêa & Ponzi (1979), trabalhando no setor oeste da BTS, desde a saída do Canal do Paraguaçu até as proximidades da Ilha dos Frades, descrevem, com base em 161 amostras, aspectos da sedimentação da área e as porcentagens de carbonato de cálcio presentes nos sedimentos. Estes autores propuseram a existência das fácies cascalho-arenosa, fácies arenosa, fácies areno-lamosa e fácies lamosa. O material carbonático, composto por fragmentos de conchas, esqueletos e carapaças contidos nos sedimentos, foram expressos em porcentagens em torno de 5% na área de influência do rio Paraguaçu, aumentando de 5 a 50% em direção ao mar.

Com o objetivo de fornecer uma avaliação cronológica regional aos sedimentos de fundo da BTS, Lessa et. al. (2000), revisando os trabalhos acima, propôs a existência de três fácies sedimentares transgressivas e duas fácies sedimentares regressivas na baía: fácies transgressiva de areia marinha siliciclástica, fácies transgressiva de areia marinha carbonática e fácies transgressiva areno-lamosa da baía, fácies regressiva de lama da baía e fácies regressiva de areia fluvial.

Segundo Lessa, o fácies transgressivo de areia marinha siliciclástica é composto principalmente por grãos de quartzo e detritos de carbonato (fragmentos de moluscos, Hallimeda e Briozoas), este último contribuindo entre 10% a 50% do

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	12/124	

peso total da amostra. Esta fácies está provavelmente associada com o transporte de areia durante a última transgressão marinha. A fácies transgressiva de areia marinha carbonática é, na maior parte, composta por fragmentos bem arredondados de moluscos, que compõem mais de 50% da amostra (Macedo, 1977). Propõe-se que esta fácies esteja associada com produção *in situ* do material carbonático, retrabalhado por ondas e correntes.

O fácies transgressivo areno-lamoso da baía é constituído de areia com 10% a 30% de argila. A presença de limonita, hematita, feldspato e micas, também observados nas amostras do Canal do Paraguaçu e na parte central da baía (Brichta, 1977, Avanzo, 1977, Macedo, 1977), sugere a origem fluvial dos sedimentos (Corrêa & Ponzi, 1980). A fácies regressiva de lama da baía é composta por argila e silte, com menos de 10% de areia. O índice de carbonato, geralmente menor que 20%, pode alcançar mais de 50% localmente, nas áreas classificadas previamente como um fácies de biodetritos (Bittencourt et al., 1976). O fácies é interpretado como os sedimentos superiores da baía, distribuídos pela drenagem nos últimos 5000 anos.

O fácies regressivo de areia fluvial é observada dentro da baía de Iguape, com menos de 5% de carbonatos (Avanzo, 1977). Este fácies dá forma a um delta progradando na frente dos rios Paraguaçu e Subaé.

As amostras de sedimento coletadas pelos trabalhos acima, em número total de 582 amostras, apresentam-se esparsamente distribuídas por toda BTS (área aproximada de 1229 km²), e grandes interpolações acabaram sendo feitas na tentativa de gerar mapas que representassem a distribuição espacial sedimentológica do fundo (Figuras 5.1.10.5 e 5.1.10.6).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

13/124

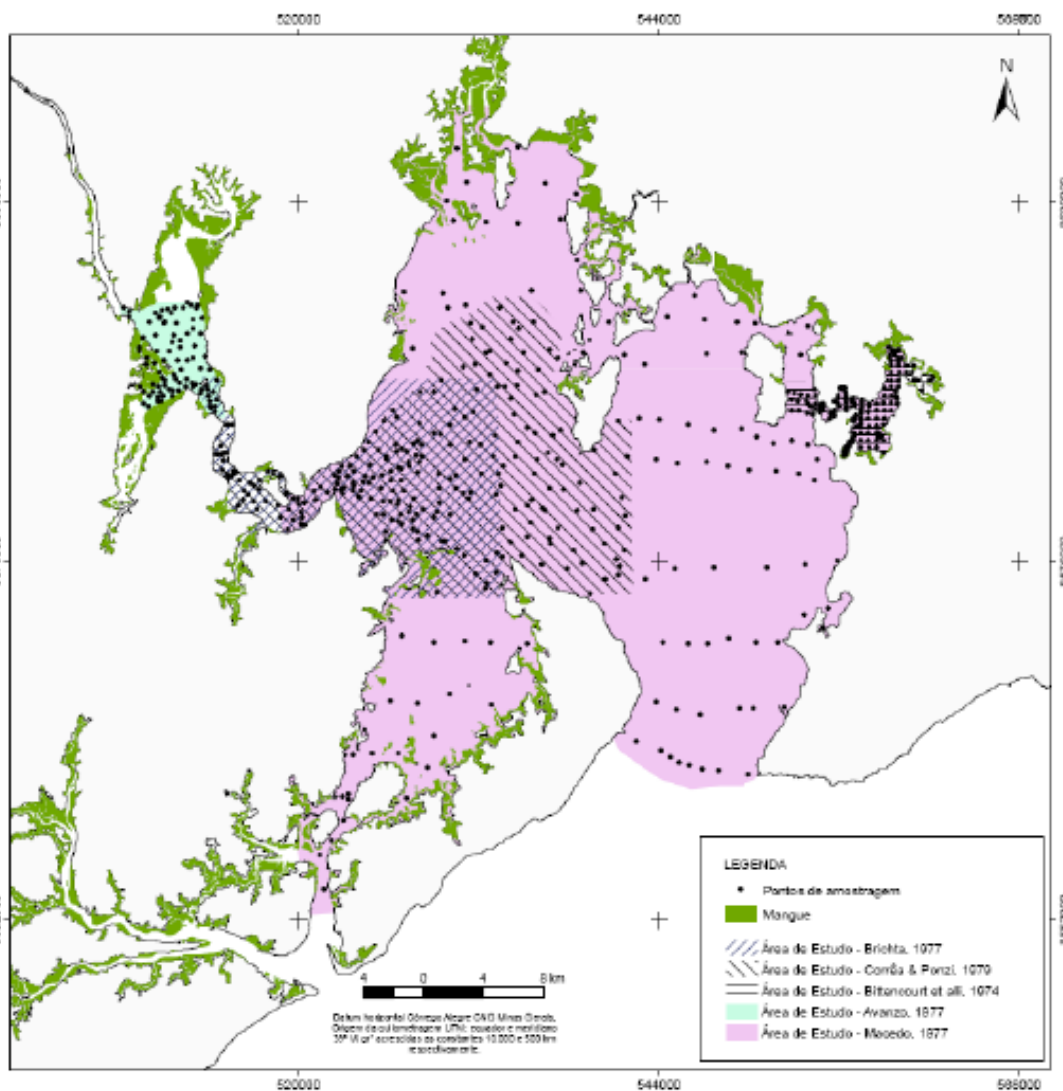
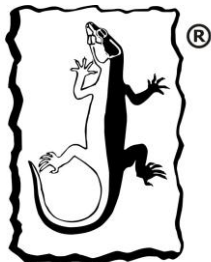


Figura 5.1.10.5: Mapa de setorização das áreas investigadas pelos diferentes autores e localização dos pontos de coleta de sedimentos (Lessa et al, 2009)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

14/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

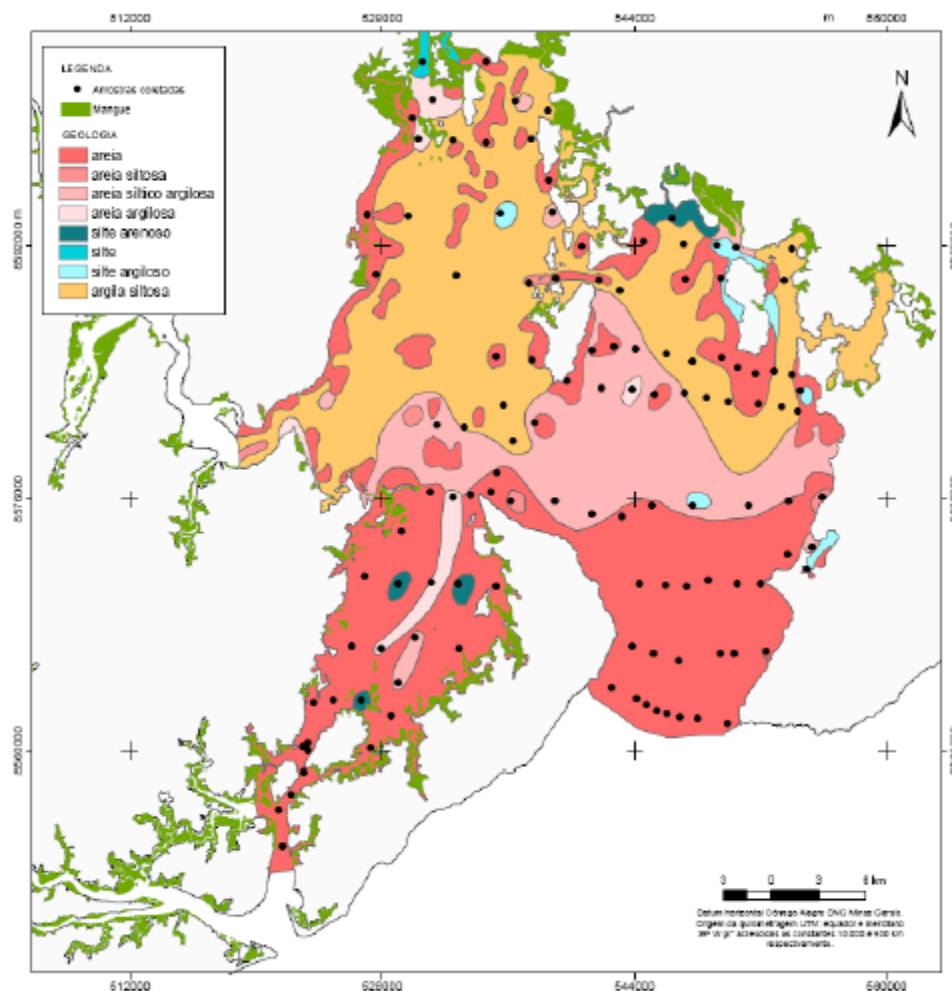


Figura 5.1.10.6: Mapa de distribuição textural dos sedimentos de fundo oceânico (Lessa et al, 2009).

No entanto, com a finalidade de checar os dados encontrados na bibliografia que descrevem sobre a faciologia de fundo da Baía de Aratu, foi realizada a coleta de 15 amostras, espaçadas aleatoriamente porém, restritas à área do canal de dragagem cujos parâmetros físicos e químicos serão apresentados e discutidos a seguir (ver Figura 5.1.10.7).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

15/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

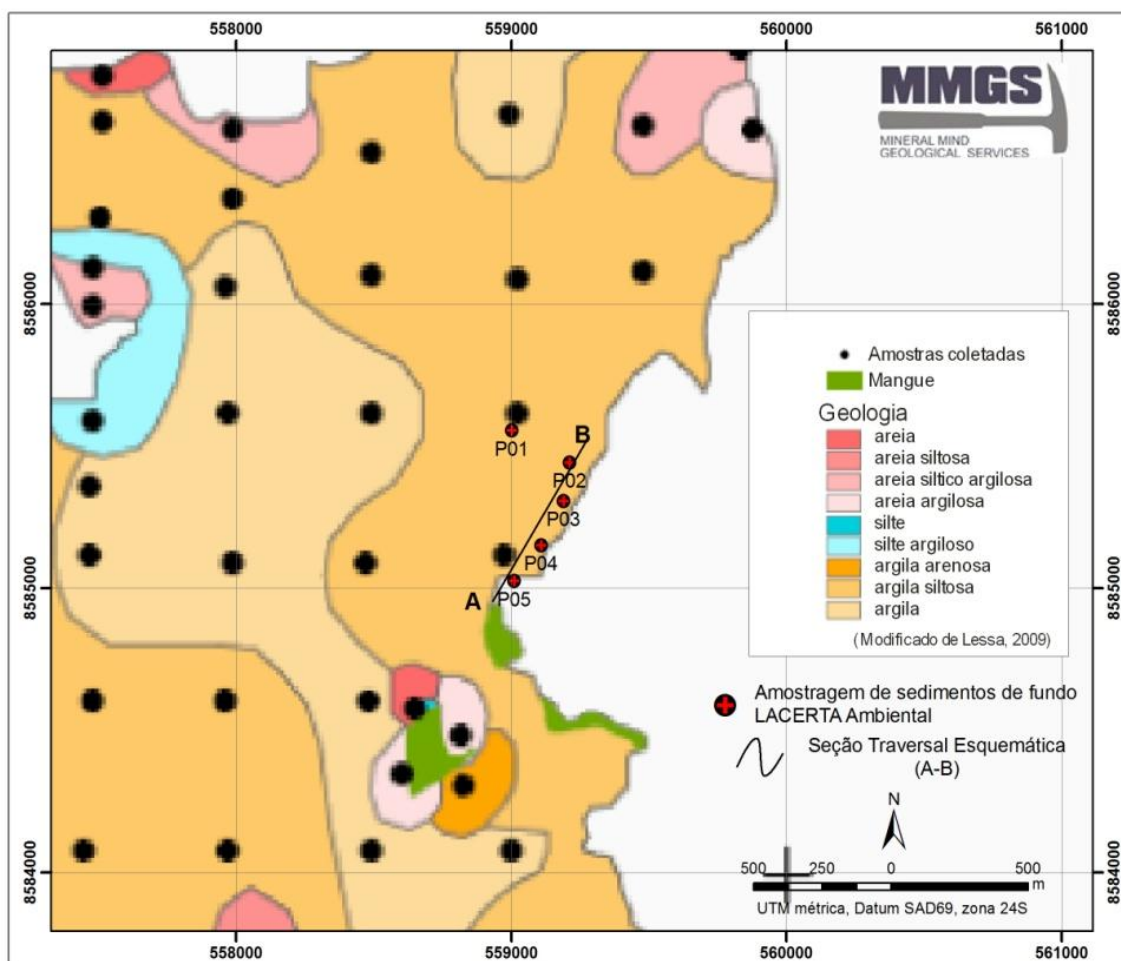
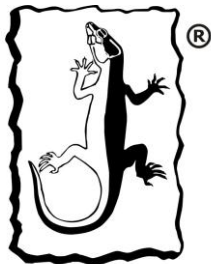


Figura 5.1.10.7: Mapa de localização da amostragem de fundo (Fonte: Modificado de Lessa,2009)

Foram coletadas 15 amostras de sedimento de fundo, contemplando a apresentação dos sedimentos de 1 a 6 metros de profundidade de acordo a seção demonstrada abaixo (Figura 5.1.10.9)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

**SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**

PÁGINA

16/124

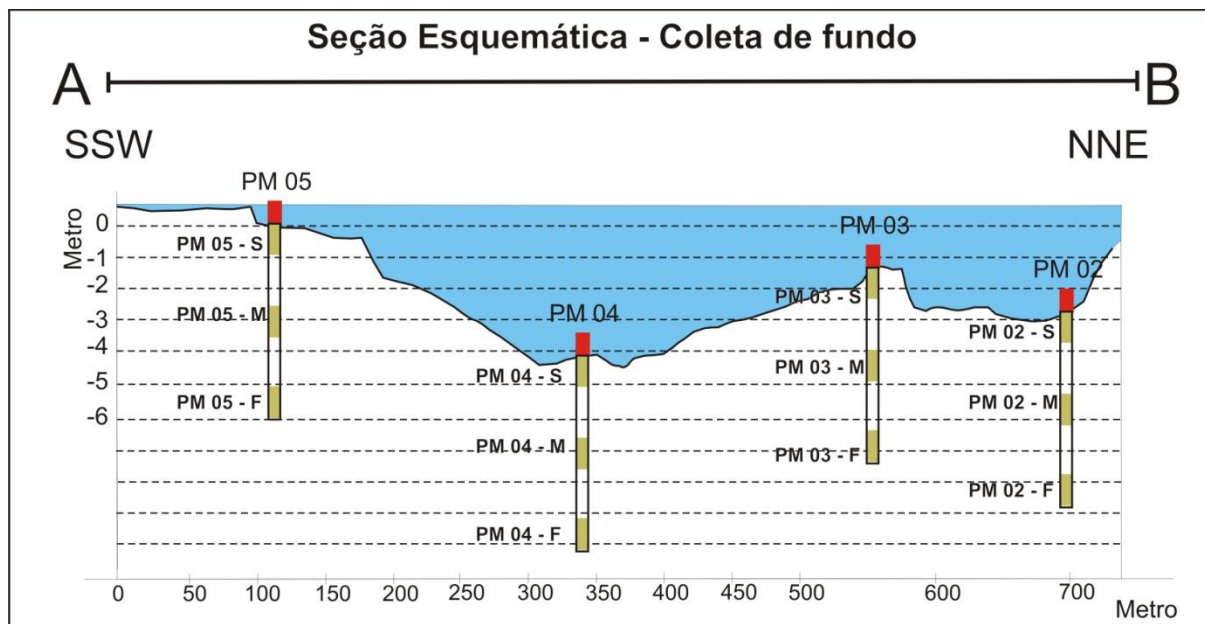
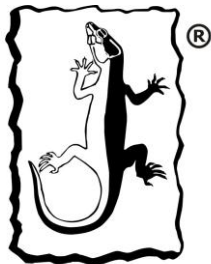


Figura 5.1.10.8: Seção esquemática da amostragem de fundo

A preparação física e a análise química das amostras foram realizadas pelo laboratório CORPLAB cujos laudos analíticos encontram-se em forma de anexo deste documento.

A distribuição granulométrica foi determinada em aliquotas de 1 kg cujos valores de quantidade de sólidos variou em percentuais de 42 a 63% (P 01- S e P 05- F), sendo estes o maior e o menor valor respectivamente.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

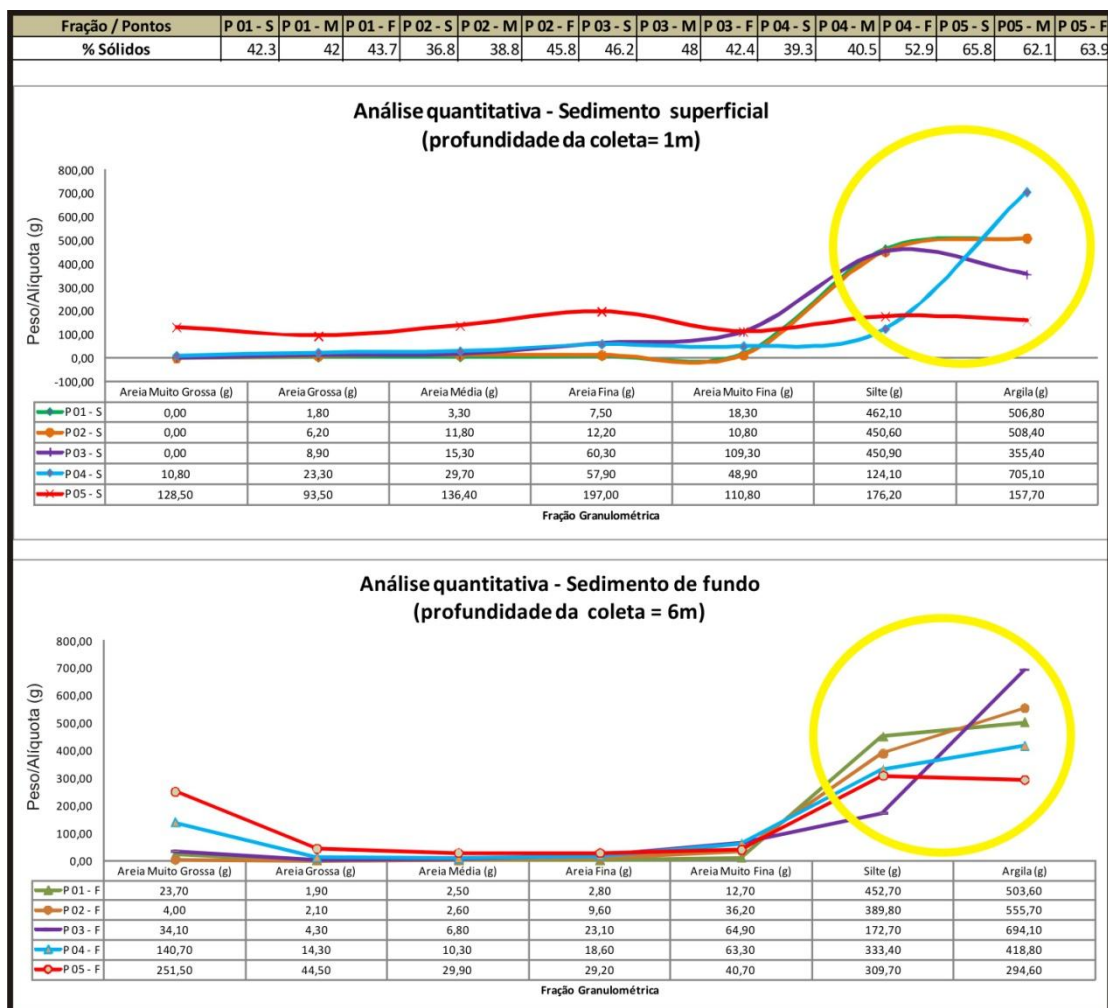
17/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

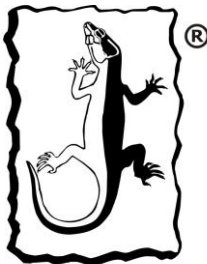



Tabela 5.1.10.1: Quantitativo das frações sedimentares de fundo na Baía de Aratu



Na amostragem realizada, como apresentado na Tabela 5.1.10.1 a predominância é de grãos na fração silte e argila variando entre dimensões de 0,002 a 0,06 milímetros segundo a norma da ABNT.

No Brasil, segundo a ABNT NBR 6502/95, temos a seguinte classificação dos solos de acordo com sua granulometria:

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	18/124	

Classificação	Diâmetro dos Grãos
Argila	menor que 0,002 mm
Silte	entre 0,06 e 0,002 mm
Areia	entre 2,0 e 0,06 mm
Seixo	maior que 2,0 mm

O material existente na área de dragagem do Projeto CNNA se constitui em grande parte de sedimentos inconsolidados de granulação muito fina, na fração argilosa e siltosa, originados pela decomposição química de camadas de folhelhos, argilitos e siltitos. Localmente, podem ocorrer lentes delgadas ou finos horizontes de arenito fino, também intemperizados.

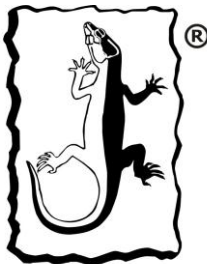

Esse substrato marinho apresenta muito baixa consistência e boa homogeneidade, o que deverá facilitar os trabalhos de dragagem por sucção.

3. Metodologia e resultados do estudo da Hidrodinâmica

3.0. Correntometria

Foram realizadas duas campanhas de coleta de dados de correntometria, com o objetivo de conhecer a intensidade e direção das correntes marítimas na área e vizinhança do empreendimento.

A coleta desses dados foi executada em parceria da MMGS com a BELOV EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS MARÍTIMOS LTDA, a qual forneceu os equipamentos. Para tais medidas utilizou-se um perfilador acústico de correntes

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	19/124	

(ADCP) da marca LinkQuest Inc., modelo Flowquest, com frequência de 600 MHz (Figuras 5.1.10.9 e 5.1.10.10). Este equipamento foi montado no barco de transporte marítimo El Reis V.

O ADCP funciona como uma sonda conectada a um computador onde um software específico coordena as ações de todo o sistema. O equipamento submerso emite ondas sonoras que são refletidas por partículas em suspensão em diferentes profundidades. O movimento destas partículas causa variações na frequência do eco devido ao efeito Doppler que é medido para obter a velocidade e direção das correntes em diferentes profundidades na coluna d'água abaixo do aparelho (Figura 5.1.10.11).



Figura 5.1.10.9: Detalhe da Ecossonda ADCP



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

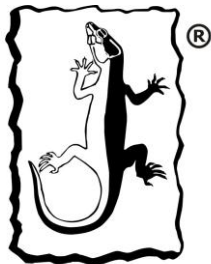
**SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**

PÁGINA

20/124



Figura 5.1.10.10: Detalhe da EcoSSonda ADCP e sua adaptação na lateral do barco



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

**SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**

PÁGINA

21/124

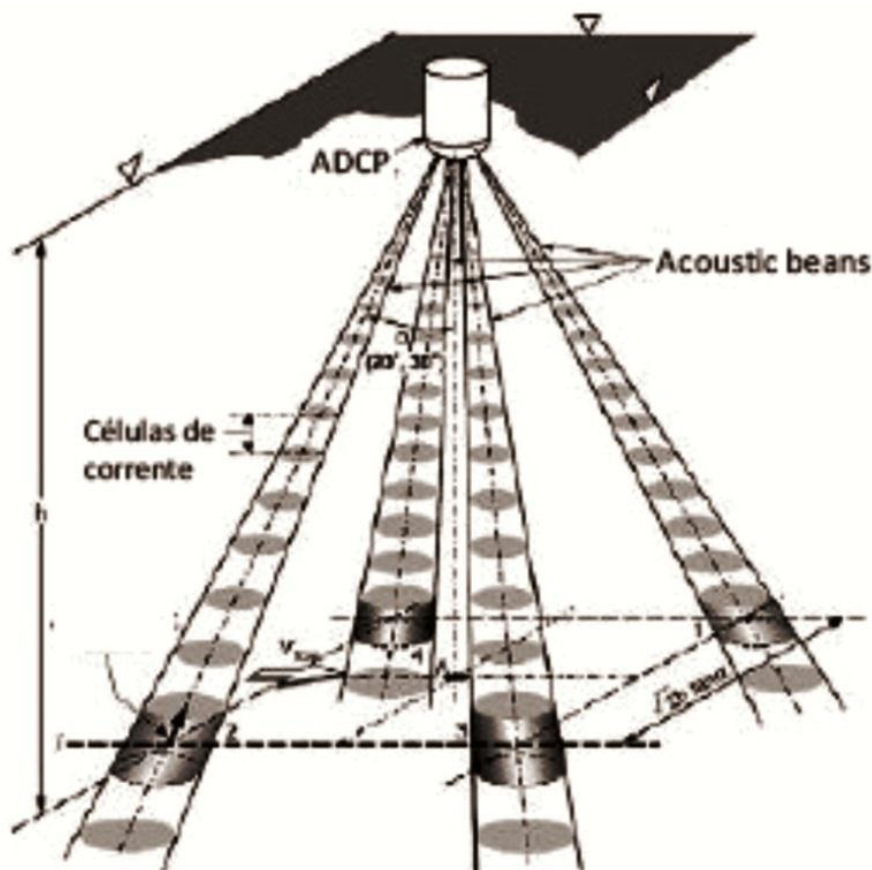
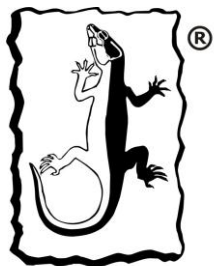


Figura 5.1.10.11: Esboço do processo de medição do ADCP por feixes acústicos

Os dados são coletados durante o deslocamento da embarcação em que está instalado o ADCP. Assim é possível registrar o campo de correntes e a vazão que passa através da seção transversal que está sendo monitorado. A largura desses perfis depende da velocidade de navegação, frequência de emissão do sinal sonoro e número de sinais recebidos antes do registro ser efetuado. Desta forma, várias células de medição são definidas ao longo de vários perfis sequenciais (Figura 5.1.10.12).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

22/124

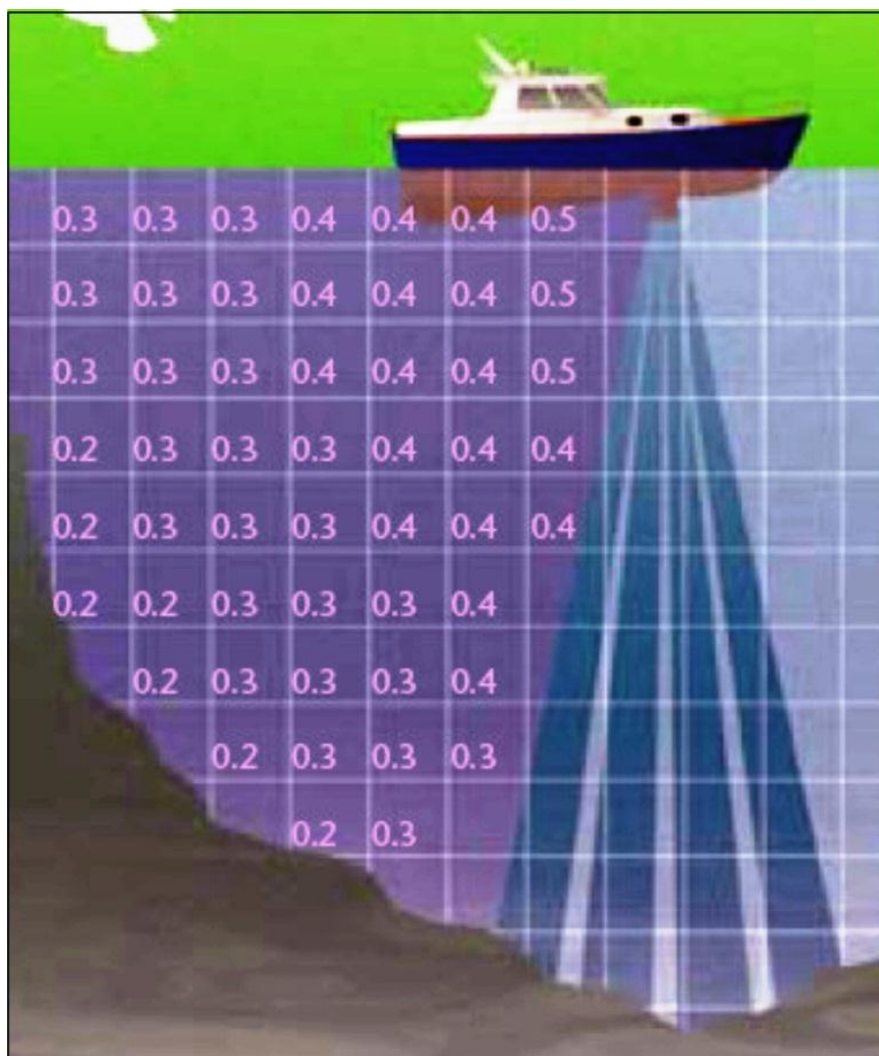


Figura 5.1.10.12: Aquisição de dados por células de medição através de perfis sequenciais

Os dados de correntometria foram obtidos a partir do monitoramento de duas seções (Figura 5.1.10.13) cujo posicionamento foi georreferenciado por meio de receptor GPS instalado na embarcação. Este monitoramento foi dividido em duas campanhas de, aproximadamente 13 horas, no período de pico da maré de sizígia e quadratura. Estas campanhas visaram a aquisição de medidas com a máxima e mínima vazão de maré.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

23/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

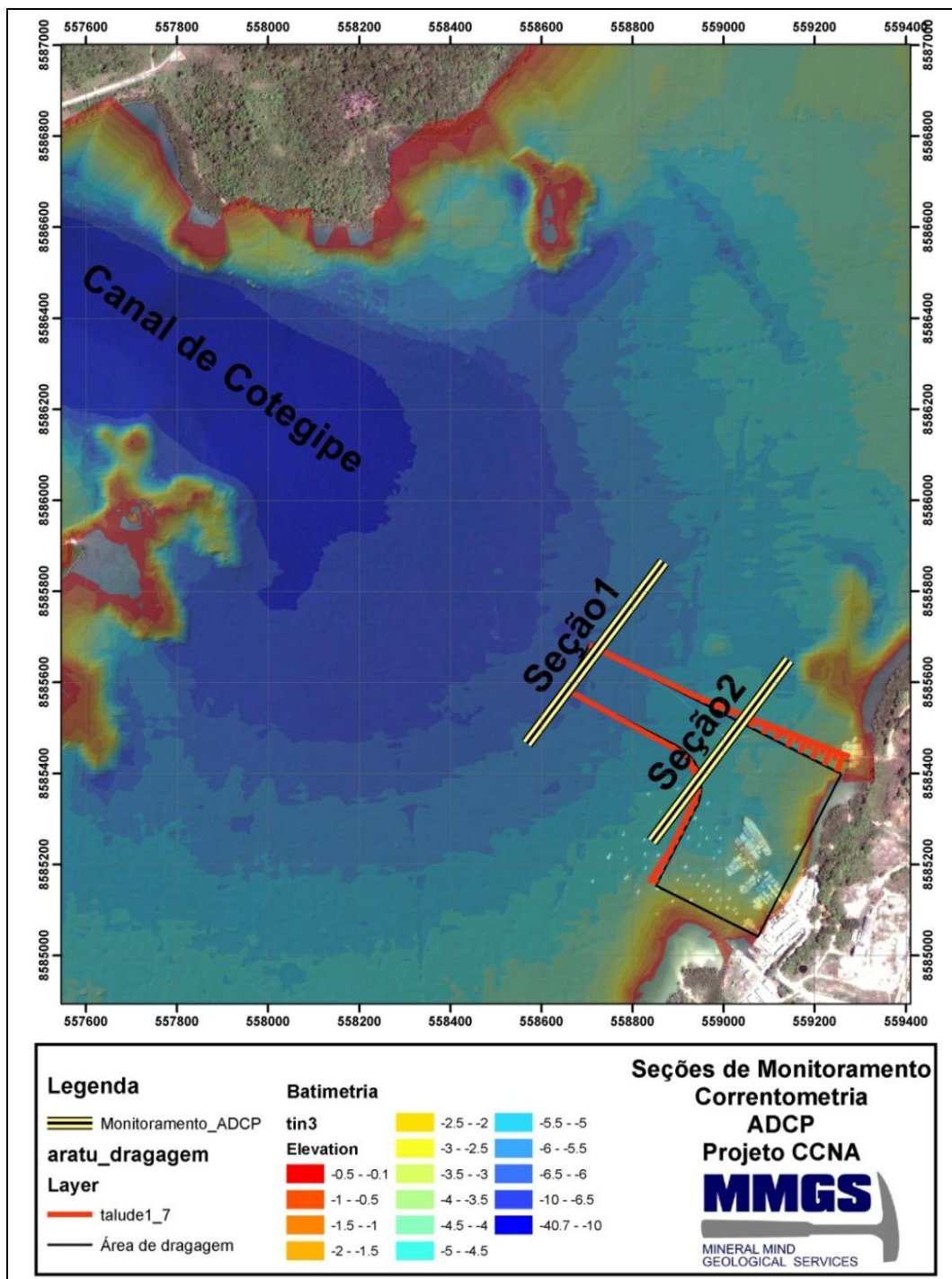




Figura 5.1.10.13: Seções de monitoramento de correntes marinhas

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	24/124	

Em cada seção foram executadas duas perfilagens (**ida**, manobra e **volta** da embarcação, sem pausa), com o objetivo de obter duas linhas para o adensamento de informação e garantir a coleta de dados, caso houvesse qualquer problema no equipamento ou distúrbio (turbulência) nas correntes marinhas.

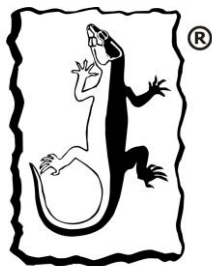
Os trabalhos de campo foram realizados em 4 campanhas sendo duas durante as marés de sizígia e 2 durante a marés quadratura nos cenários Verão e Inverno, concomitantemente. Tais cenários serão abordados neste documento como dois tópicos distintos e o seus detalhamentos serão apontados a seguir.

Cenário Verão

A primeira campanha foi executada no dia 23 de dezembro de 2011, com tempo nublado e chuvas esparsas ao longo do dia, ventos fracos a moderados predominantemente da direção SE → NW. As duas seções foram executadas com intervalo de 1h entre cada medida e 30 min entre as diferentes seções.

Na primeira fase do monitoramento foram realizadas um total de 52 perfilagens por seção monitorada, com objetivo principal de caracterizar as correntes e respectivas direções nos instantes de máxima intensidade em regime de maré de sizígia.

O gráfico da Figura 5.1.10.14 mostra uma simulação para maré do dia 23/12/2011 nas proximidades do local de estudo durante o período de monitoramento.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA

PÁGINA

25/124

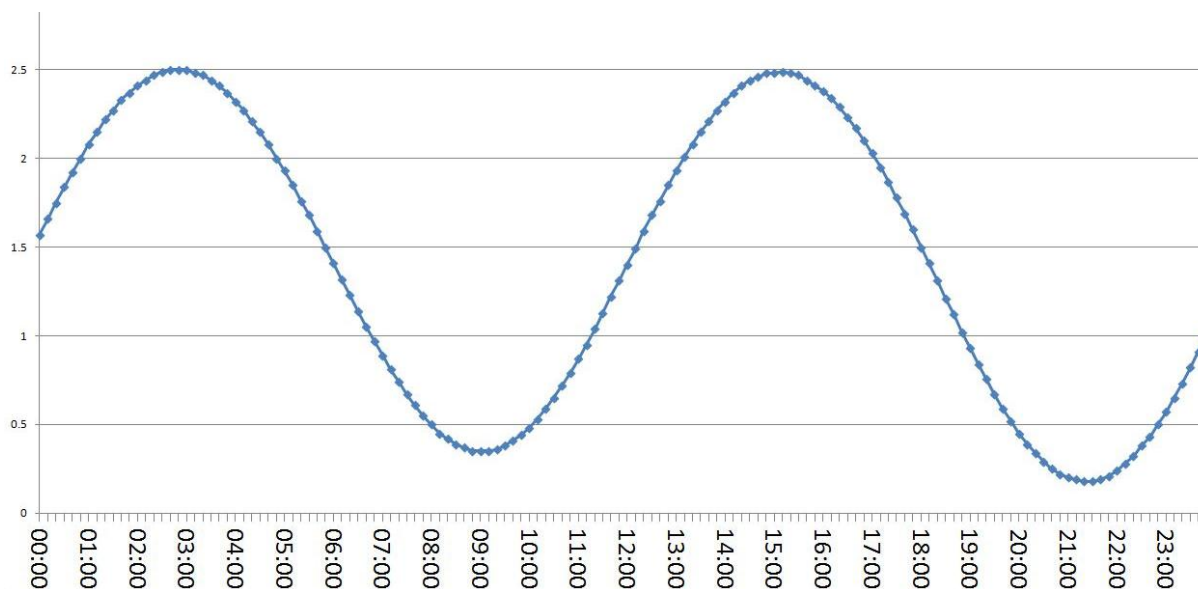


Figura 5.1.10.14: Gráfico de maré do dia 23/12/11 (Sizígia)

As correntes observadas no local são típicas de estuários dominados por maré semi diurna com ciclos de 12 horas de duração entre duas preamares. Neste tipo de ambiente as correntes de maré são tipicamente máximas nos instantes de meia-maré vazante ou enchente, que ocorre cerca de 3 horas após as estofas de preamar ou baixamar.

Diversos fatores podem alterar o instante da máxima corrente, como por exemplo, a assimetria de maré (diferença entre o tempo de maré enchente e vazante) e vazão fluvial de montante. A depender do grau de assimetria de maré, podem ocorrer diferenças nas correntes máximas de enchente e vazante, já que menores tempos de subida ou descida da maré exigem fluxos mais intensos ou vice-versa.

A segunda campanha foi executada no dia 16 de janeiro de 2012, com tempo ensolarado, sem chuva e com ventos fracos a moderados com direção, predominante, SE → NW. Assim como na primeira campanha, as duas seções foram executadas com intervalos de 1h entre cada medida e 30min entre as diferentes seções.

Na segunda fase do monitoramento foram realizadas um total de 52 perfilagens por seção monitorada, com objetivo principal de caracterizar as correntes e respectivas direções nos instantes de máxima intensidade em regime de maré de quadratura.

O gráfico da figura 5.1.10.15 mostra uma simulação para maré do dia 16/01/2012 nas proximidades do local de estudo durante o período de monitoramento.

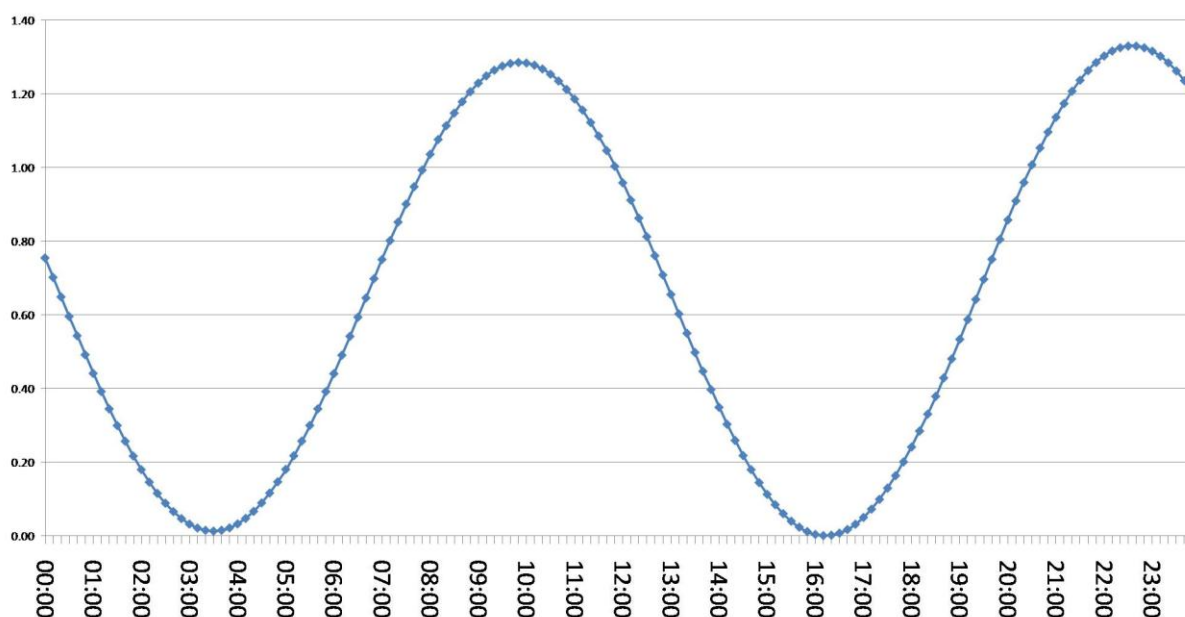
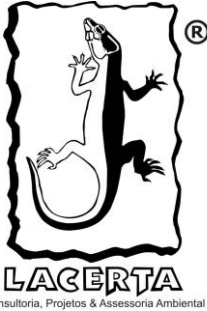



Figura 5.1.10.15: Gráfico de maré do dia 16/01/12 (Quadratura)

Com base na análise dos mapas de vetores de correntometria em anexo (abaixo) e dos dados de vazão adquiridos durante as 2 campanhas foi possível definir os picos de maior vazão e os momentos de maré em que eles ocorrem, conforme veremos mais adiante.

Algumas considerações se fazem necessárias antes de se caracterizar e discutir os picos de maré e vazões, para melhor entendimento:

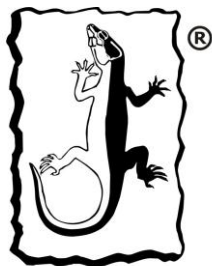
	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	27/124	

- *Seções de estudo:* a 1ª Seção (externa) foi mais representativa, pois apresentou fluxo mais definido por estar em área mais profunda (mais próxima do Canal de Cotegipe) e mais distante de embarcações ancoradas, como no caso de parte da 1ª Seção;
- *Ciclo de maré:* a medição em maré de Sizígia, por ter maior variação de altura, produz maiores vazões e com isso é mais definida;
- *Velocidade de corrente:* vazões menores estão sujeitas a maior interferência de agentes externos não relacionados com a maré;
- *Zonas de turbulência:* são geradas por fatores naturais (variação abrupta de relevo submarino, ressurgência de fluxo pela mudança de densidade da água, pequenos turbilhões, etc) e antrópicos (presença de embarcações afundadas, paradas ou em movimento, e estruturas fundeadas).

Os dados coletados pelo ADCP nas duas Campanhas de Verão, Sizígia e Quadratura, durante um ciclo de baixa-alta-baixa da maré, de cerca de 13 horas geraram mapas de vetores de correntometria que tem como objetivo indicar a direção e a intensidade do fluxo das correntes (Figuras 5.1.10.47 à 5.1.10.50). Os vetores em vermelho indicam fluxo em direção a baía e em azul, o fluxo para o mar.

Com a análise dos mapas de vetores, foi possível observar que os dados mais consistentes e representativos foram originados na campanha de Sizígia e na Seção Externa (Nº 1) onde encontramos as maiores intensidades de corrente e as direções de fluxo melhor definidas. No entanto, ao comparar os resultados das duas campanhas e seções, observou-se um comportamento similar do período em que ocorre a vazão máxima.

No período de enchente, as maiores vazões foram detectadas desde o período de meia-maré enchente até um pouco antes do pico de maré alta.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

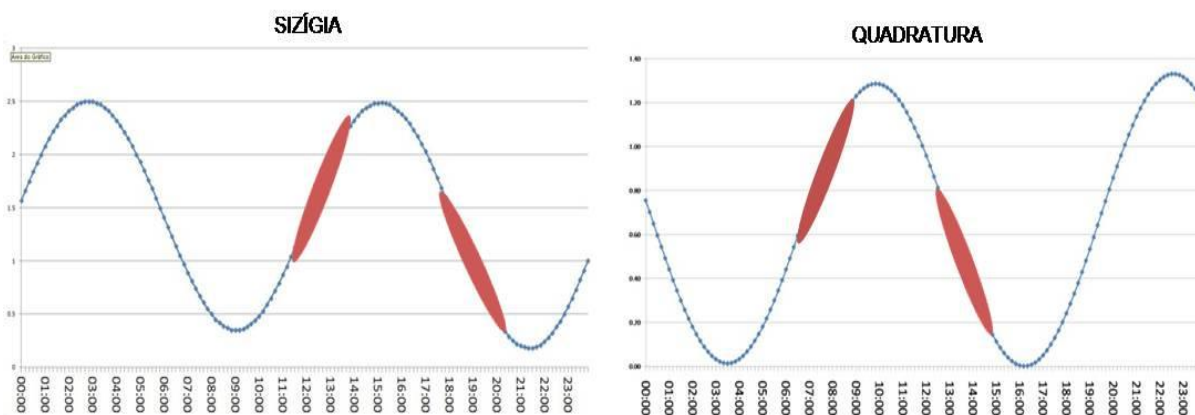
SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

28/124

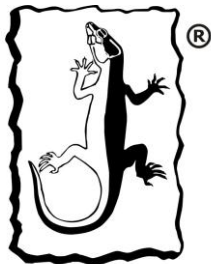


Analogicamente, no período de vazante, as maiores vazões foram observadas desde o período de meia-maré vazante até um pouco antes pico de maré baixa.



Abaixo são mostrados os picos de máxima vazão nas duas campanhas. Esses altos de vazão não se localizam necessariamente no centro do período de máxima vazão, podendo estar no início ou no final desse intervalo, devido à dinâmica das marés e outros fatores como turbulência (como mencionado mais acima).

As correntes máximas na seção proximal ocorreram durante a maré de enchente às 11h31min (Figura 5.1.10.16), alcançando magnitudes de até 0,47 m/ s (0,91 nó) e direção angular de 142 graus (referencia Norte Verdadeiro). Abaixo serão apresentadas as seções transversais da componente "U" com as máximas de velocidade registrada na seção proximal/interna no dia 23/12/2011 (Figura 5.1.10.16).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

29/124

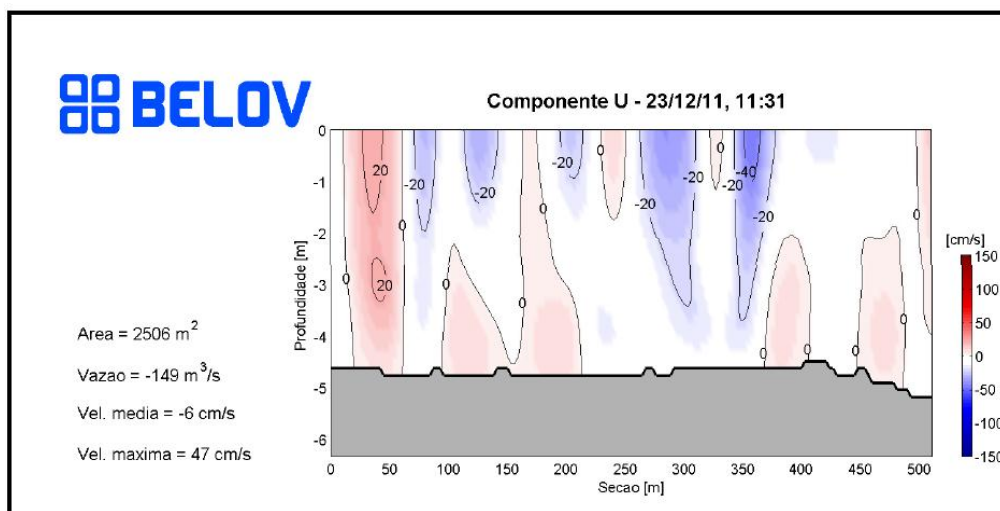


Figura 5.1.10.16: Seção Transversal apresentando as velocidades máximas registrada no dia 23/12/2011 - Seção interna (proximal). Fonte: Relatório Técnico BELOV (2011).

Na seção externa (intermediária) as correntes máximas na seção 02 ocorreram durante a maré de enchente às 12h00min, alcançando magnitudes de até 0,50 m/ s (0,97 nó) e direção angular de 144 graus (referencia Norte Verdadeiro), conforme imagens apresentadas abaixo (Figura 5.1.10.17).

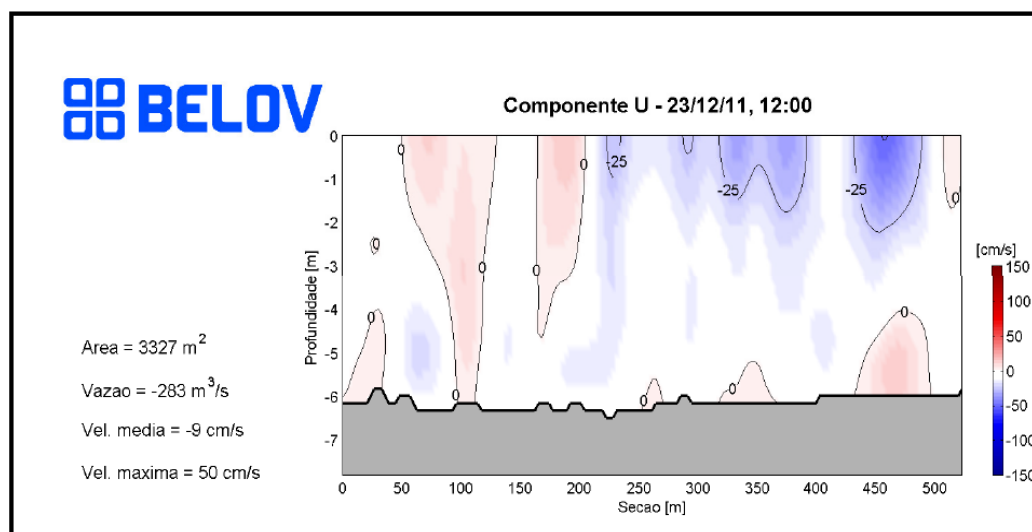


Figura 5.1.10.17: Seção Transversal apresentando as velocidades máximas registrada no dia 23/12/2011 - Seção externa (intermediária). Fonte: Relatório Técnico BELOV (2011)

Na segunda fase do monitoramento realizado no dia 16/01 (maré de quadratura) do CENÁRIO VERÃO as máximas de velocidade registradas foram as de vazante com 53 cm/s e vazão de $-145 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 5.1.10.18). Tendo marés de enchente com velocidade de 26 cm/s e baixíssimas vazões como podemos observar nas seções transversais abaixo (Figura 5.1.10.19)

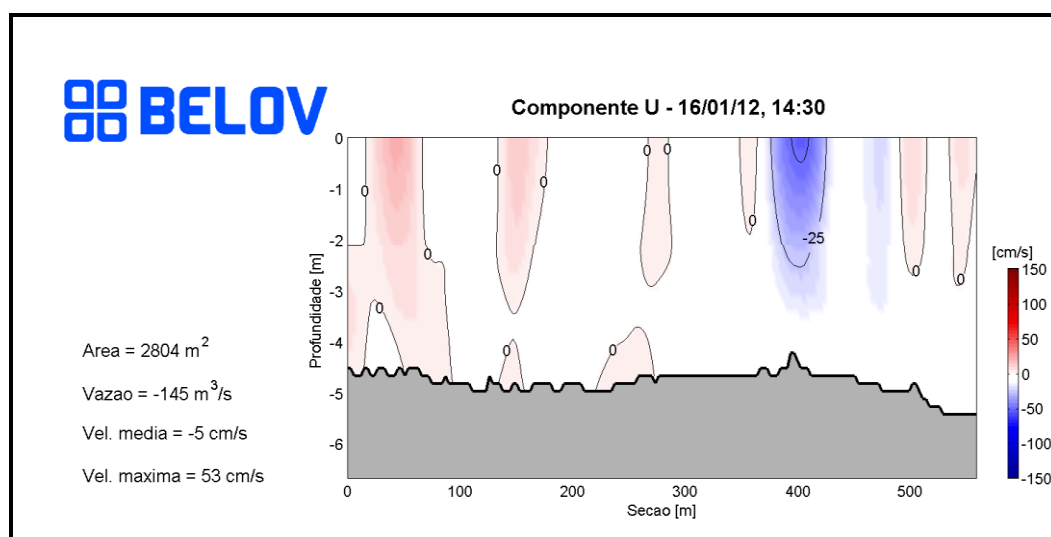


Figura 5.1.10.18: Seção Transversal apresentando as velocidades máximas registrada no dia 16/01/2011 - Seção externa. Fonte: Relatório Técnico BELOV (2012)

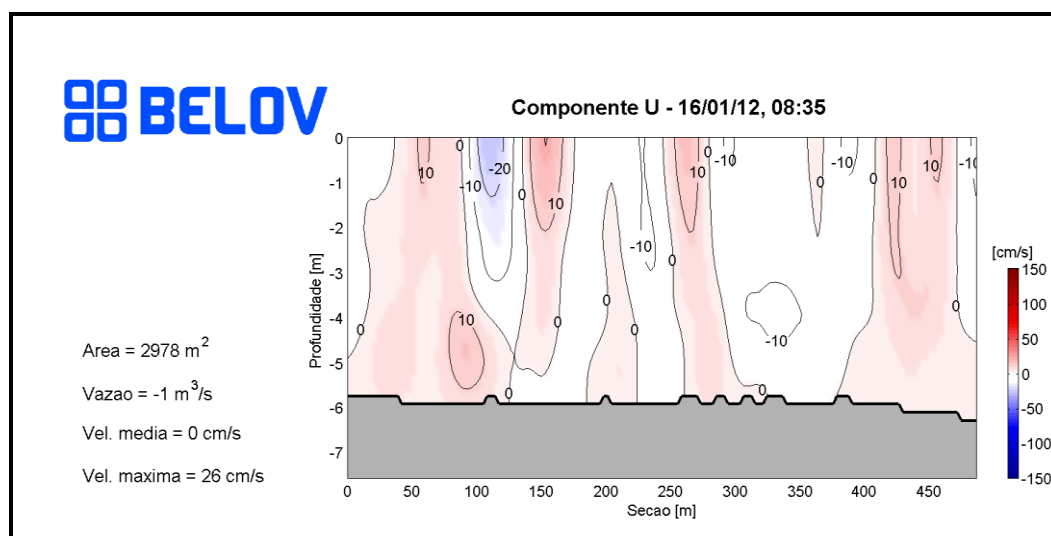
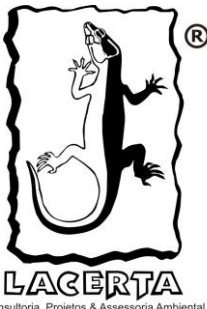




Figura 5.1.10.19: Seção Transversal apresentando as velocidades máximas registrada no dia 16/01/2011 - Seção interna. Fonte: Relatório Técnico BELOV (2012)

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	 SECRETARIA DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO E MINERAÇÃO 
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	31/124	

PICOS DE MAIORES VAZÕES REGISTRADAS NO CENÁRIO VERÃO

Campanha 23/12/11 (Sizígia)

Campanha 16/01/12 (Quadratura)

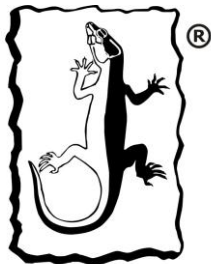
Horário	Seção	Vazão (m ³ /s)	Período	Horário	Seção	Vazão (m ³ /s)	Período
14:00	externa	475	enchente	08:00	externa	337	enchente
18:00	externa	330	vazante	13:00	externa	143	vazante
14:30	interna	279	enchente	08:30	interna	111	enchente
19:30	interna	147	vazante	13:30	interna	126	vazante

Cenário Inverno

Neste cenário, a primeira campanha foi executada no dia 09 a 10 de Agosto de 2012, com tempo chuvoso ao longo do dia, ventos moderados predominantemente da direção SE → NW. As duas seções foram executadas com intervalo de 1h entre cada medida e 30 min entre as diferentes seções.

Na primeira fase do monitoramento foram realizadas um total de 96 perfilagens por seção monitorada, com objetivo principal de caracterizar as correntes e respectivas direções nos instantes de máxima intensidade em regime de maré de sizígia.

O gráfico das Figuras 5.1.10.20 e 5.1.10.21 mostram a simulação para maré dos dias 09 e 10/08/2012 nas proximidades do local de estudo durante o período de monitoramento.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

32/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

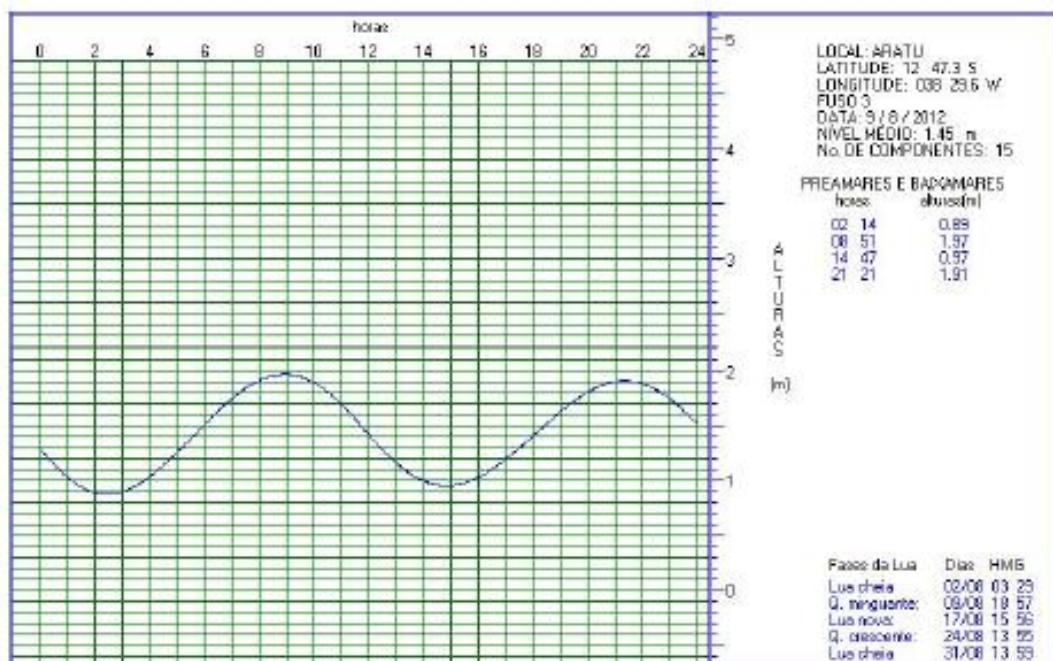


Figura 5.1.10.20: Gráfico de maré do dia 09/08/12 (Quadratura)- Fonte: Relatório Técnico BELOV

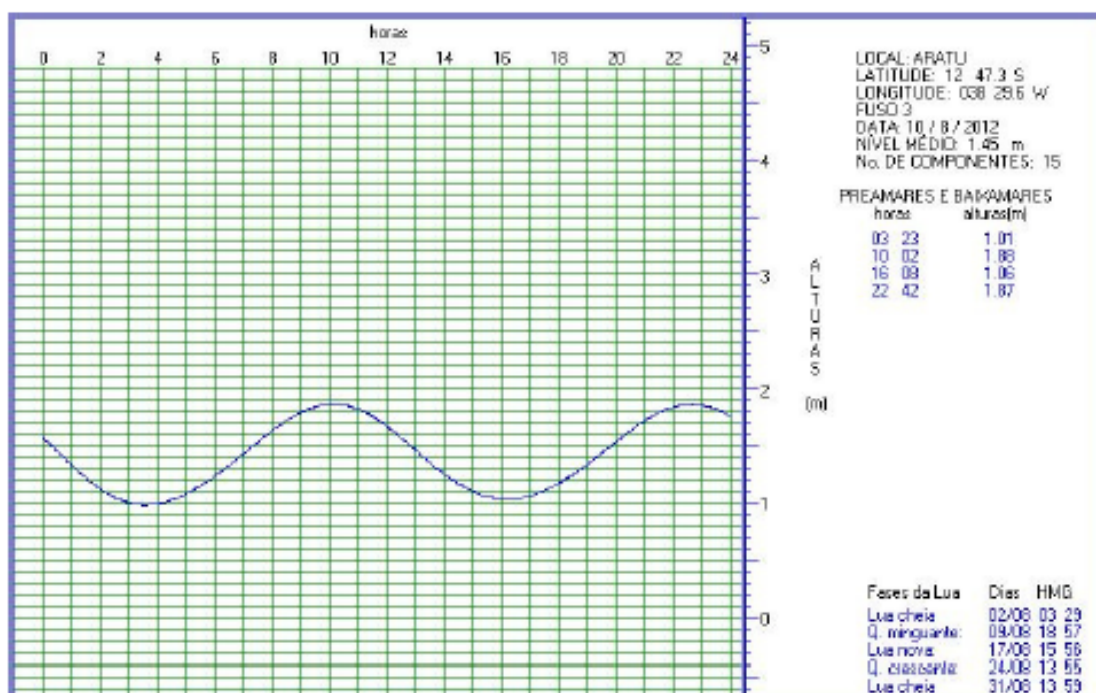
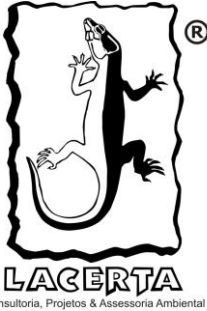



Figura 5.1.10.21: Gráfico de maré do dia 10/08/12 (Quadratura)- Fonte: Relatório Técnico BELOV

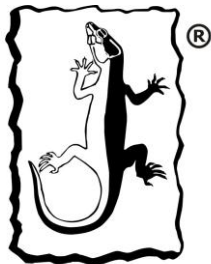
	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	33/124	

As correntes observadas mantiveram os padrões de ambientes estuarinos dominados por maré semi diurna com ciclos de 12 horas de duração entre duas preamares. Tipicamente com as máximas nos instantes de meia-maré vazante ou enchente, que ocorre cerca de 3 horas após as estofas de preamar ou baixamar.

A segunda campanha foi executada no dia 17 e 18 de Agosto de 2012, com tempo nublado a chuvoso e com ventos moderados a fortes e direção predominante SE → NW. Assim como na primeira campanha, as duas seções foram executadas com intervalos de 1h entre cada medida e 30min entre as diferentes seções.

Na segunda fase do monitoramento foram realizadas um total de 96 perfilagens por seção monitorada, com objetivo principal de caracterizar as correntes e respectivas direções nos instantes de máxima intensidade em regime de maré de quadratura.

O gráfico das Figuras 5.1.10.22 e 5.1.10.23 mostram uma simulação para marés dos dias 17 e 18/08/2012 (maré de sizígia) nas proximidades do local de estudo durante o período de monitoramento.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

34/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

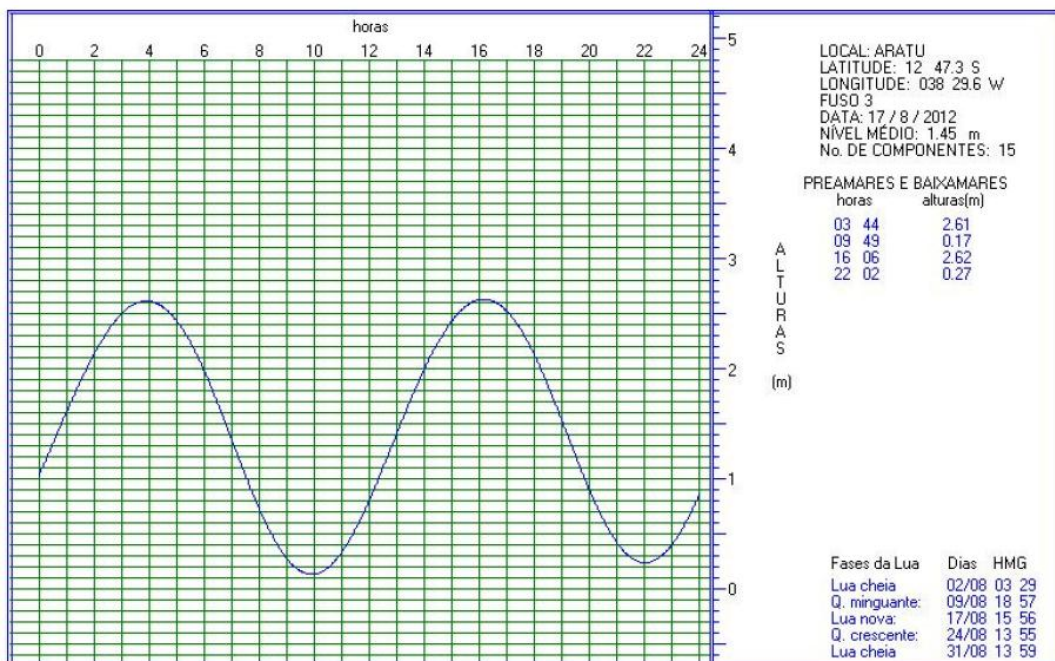


Figura 5.1.10.22: Gráfico de maré do dia 17/08/12 (Sizígia)- Fonte: Relatório Técnico BELOV

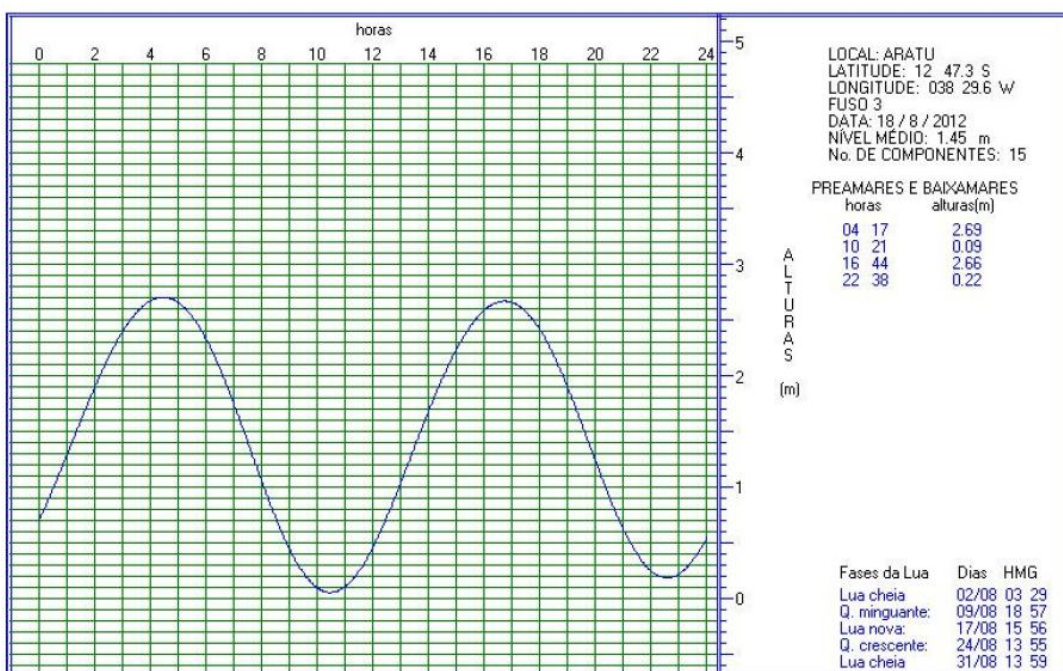



Figura 5.1.10.23: Gráfico de maré do dia 18/08/12 (Sizígia)- Fonte: Relatório Técnico BELOV

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	35/124	

As correntes observadas no local são típicas de estuários dominados por maré semi-diurna com ciclos de 12 horas de duração entre duas preamares. Neste tipo de ambiente as correntes de maré são tipicamente máximas nos instantes de meia-maré vazante ou enchente, que ocorre cerca de 3 horas após as estofas de preamar ou baixamar. Diversos fatores podem alterar o instante da máxima corrente, como por exemplo, a assimetria de maré (diferença entre o tempo de maré enchente e vazante) e vazão fluvial de montante. A depender do grau de assimetria de maré, pode ocorrer diferenças nas correntes máximas de enchente e vazante, já que menores tempos de subida ou descida da maré, exigem fluxos mais intensos ou vice-versa. O aumento vazão fluvial de montante tende a intensificar os fluxos de vazante no estuário.

Os resultados da análise dos dados de correntometria serão apresentados em separado, por dia de monitoramento. Para cada dia será apresentada a seção transversal do canal no instante de máxima e a série temporal das correntes ao longo da coluna d'água no ponto de maior corrente. As seções estão apresentadas segundo a convenção padrão de hidrografia, onde a margem esquerda corresponde àquela observado ao lado esquerdo do observador que vê a seção no sentido de montante para jusante. O sinal positivo ou negativo indica correntes de vazante e enchente, respectivamente. As correntes apresentadas na seção correspondem à componente U, que corre paralela às margens do canal na seção monitorada.

O resultado de correntometria para a maré de quadratura, apresentou que a corrente máxima do monitoramento na seção interna, ocorreu durante a maré de vazante às 10h00min do dia 10/08/2012, alcançando magnitudes de até 0,40 m/s (0,78 nó), conforme imagem apresentada abaixo(Figura 5.1.10.24).

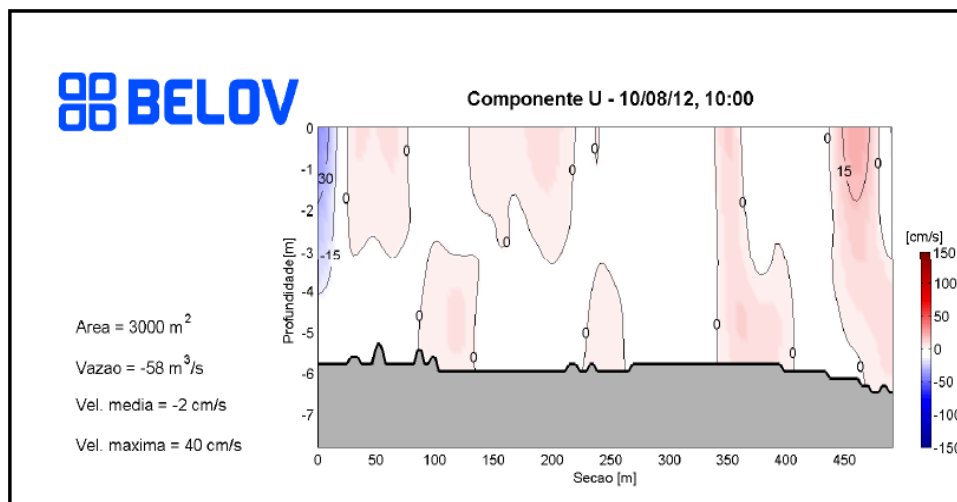


Figura 5.1.10.24: Seção de monitoramento no momento de máxima velocidade (fonte: Relatório Técnico Belov, 2012)

Para a seção externa, corrente máxima do monitoramento ocorreu durante a maré de vazante às 23h08min do dia 09/08/2012 (Figura 5.1.10.25), alcançando magnitudes de até 0,43 m/s (0,84 nó), conforme figura abaixo.

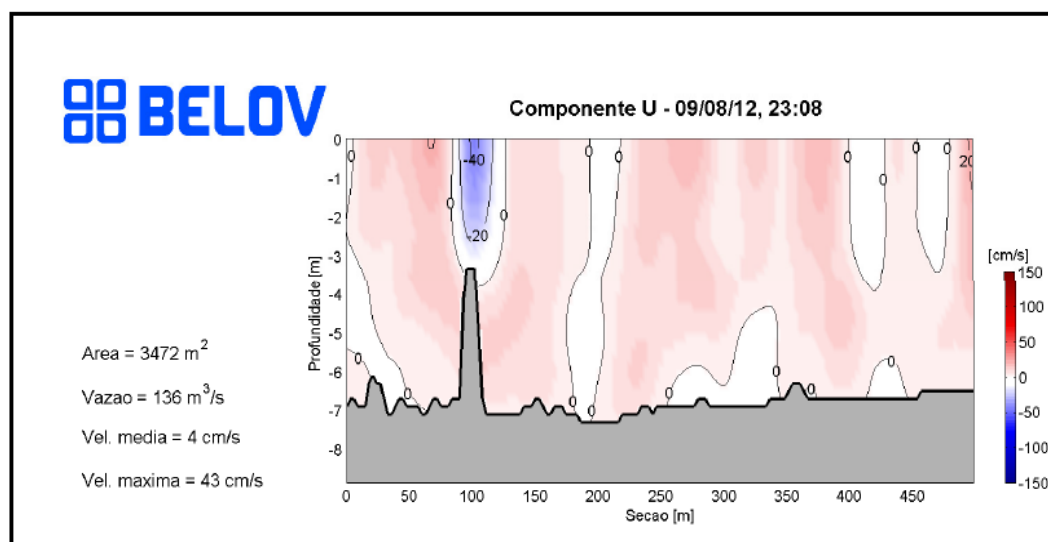


Figura 5.1.10.25: Seção de monitoramento no momento de máxima velocidade (fonte: Relatório Técnico Belov)

Os resultados de corrente para a seção interna na maré de sizígia, apontaram a corrente máxima durante a maré de enchente 13 hs do dia 17/08/2012 (Figura

5.1.10.26), alcançando magnitudes de até 0,55 m/s (1,07 nó), conforme seção apresentada abaixo.

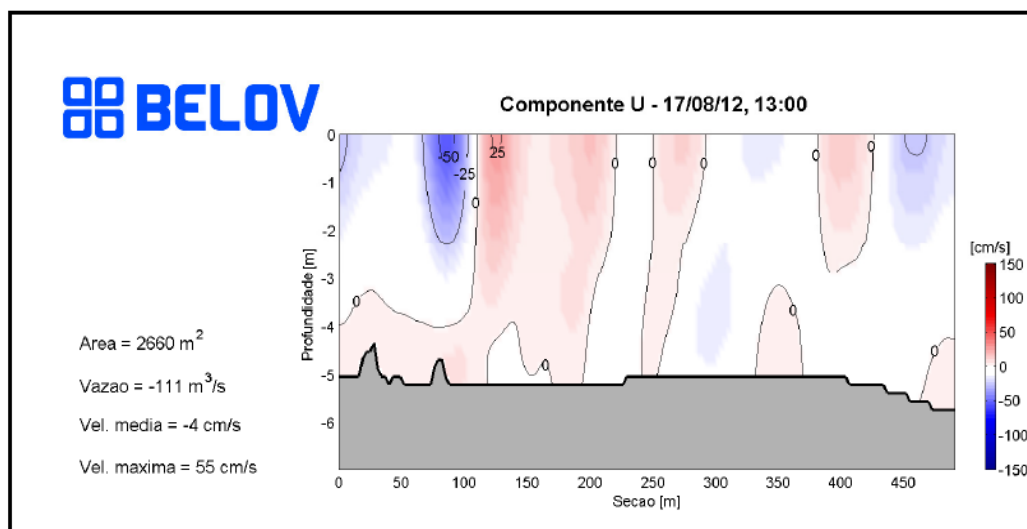


Figura 5.1.10.26: Seção de monitoramento no momento de máxima velocidade (Fonte: Relatório Técnico Belov)

Para a seção externa da sizigia, a corrente máxima do monitoramento ocorreu durante a maré de enchente às 11h31min do dia 17/08/2012 (Figura 5.1.10.27), alcançando magnitudes de até 0,49 m/s (0,95 nó), conforme figura abaixo.

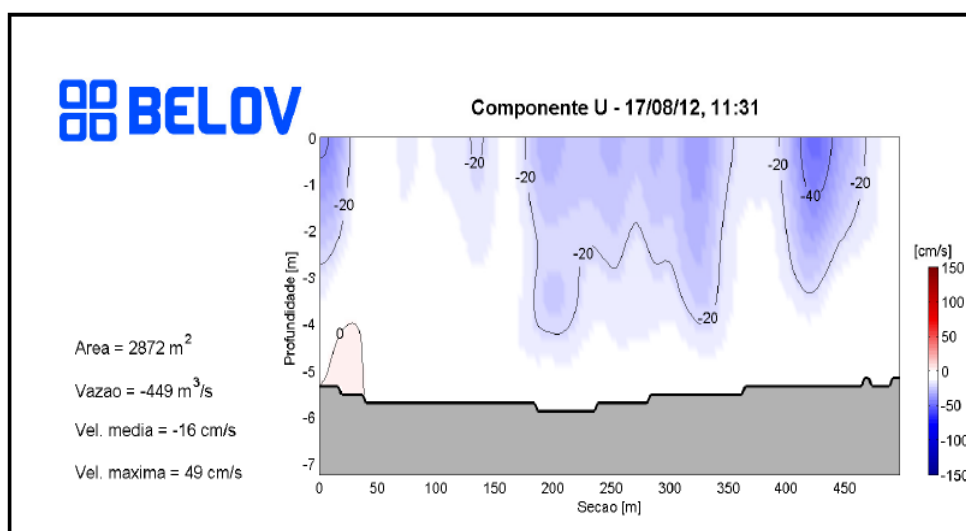


Figura 5.1.10.27: Seção de monitoramento no momento de máxima velocidade (Fonte: Relatório Técnico Belov)

PICOS DE MAIORES VAZÕES REGISTRADAS NO CENÁRIO INVERNO

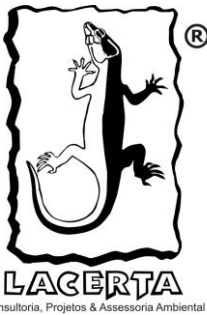

Campanha 09 e 10/08/12 (Quadratura)				Campanha 17 e 18/08/12 (Sizígia)			
Horário	Seção	Vazão (m ³ /s)	Período	Horário	Seção	Vazão (m ³ /s)	Período
23:08	Externa	136	vazante	11:31	Externa	-449	enchente
10:00	Interna	-58	vazante	13:00	Interna	-111	enchente

3.2. Baía de Aratu - Regime de ondas e marés versus transporte de sedimentos de fundo e ao longo da linha de costa;

Segundo Xavier (2002), A resistência ao escoamento exercida pelo atrito junto ao fundo está intimamente ligada às características do sedimento adjacente. Assim, a caracterização dos sedimentos é importante para os estudos hidrodinâmicos.

Neste documento, apesar de estarmos utilizando referências para a BTS, temos como principal foco de caracterização a Baía de Aratu cuja faciologia foi detalhada no item anterior.

Ao longo da linha de costa da BTS, Barroso et al. (2009) apontaram a importância para desenvolvimentos de estudos sistemáticos indicando que às margens deste complexo estuarino existem os portos principais de Aratu e Salvador, que juntos movimentam cerca de 4,4% de toda mercadoria portuária nacional (ANTAQ,2007). Há também a Base Naval de Aratu – completo ponto de apoio para serviços de manutenção e reparos navais. Existem diversos outros terminais espalhados pelas margens da BTS, dentre os quais se destaca o Terminal Marítimo

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	39/124	

Almirante Alves Câmara (Temadre), localizado na Ilha Madre de Deus, operado pela Petróleo Brasileiro S.A – PETROBRAS, representando o principal ponto de escoamento da produção da Refinaria Landulpho Alves – Mataripe (RLAM), a mais antiga do País, localizada às margens do Rio Mataripe, município de São Francisco do Conde (TRANSPETRO, 2006).

Podemos citar outros terminais, tais como: o terminal marítimo privativo de granéis sólidos da Gerdau/Usina Siderúrgica da Bahia (USIBA), na Ponta da Sapoca; o terminal privativo de granéis líquidos da empresa Dow Produtos Químicos do Nordeste, na margem norte do Canal do Cotegipe; o Terminal de São Roque, pertencente à PETROBRAS, localizado na margem direita do Canal do Paraguaçu; o Terminal Portuário Miguel de Oliveira, especializado na movimentação de veículos pertencentes ao Grupo Executivo Ford (inaugurado em outubro de 2005); o Terminal Portuário Cotegipe e o Terminal Moinho Dias Branco entre outros. Destinado ao transporte de passageiros e veículos entre a cidade de Salvador e a Ilha de Itaparica existem respectivamente os terminais de São Joaquim e Bom Despacho, caracterizados pelo permanente tráfego de embarcações do tipo *Ferry-Boat*. São diversos também os centros industriais existentes na região do recôncavo baiano. Destacam-se, além da Refinaria Landulpho Alves, o Centro Industrial de Aratu e o Pólo Petroquímico de Camaçari – o primeiro complexo petroquímico planejado do País e maior do hemisfério sul, contando com mais de 60 empresas químicas, petroquímicas e de outros ramos de atividade. A atividade pesqueira nos arredores da BTS também é intensa, contando com treze colônias de pesca nos arredores da BTS, além de algumas associações de pesca.

Passando para o seguimento de esporte e lazer, a BTS é considerada um excelente sítio para prática de esportes náuticos, contando com vasto número de atracadouros, águas mornas e ventos favoráveis. Destaca-se a Bahia Marina, ao sul do Porto de Salvador, com infra-estrutura de padrão internacional. Outros pontos de apoio são a Marina Itaparica, late Clube da Bahia, Aratu late Clube, Marina e Estaleiro Aratu e etc.

Diante dos fatos acima mencionados por Barroso (2009) a figura 5.1.10.28 que se segue apresenta a imagem satélite da BTS com a localização de alguns dos principais portos, terminais e indústrias existentes na região do recôncavo baiano.

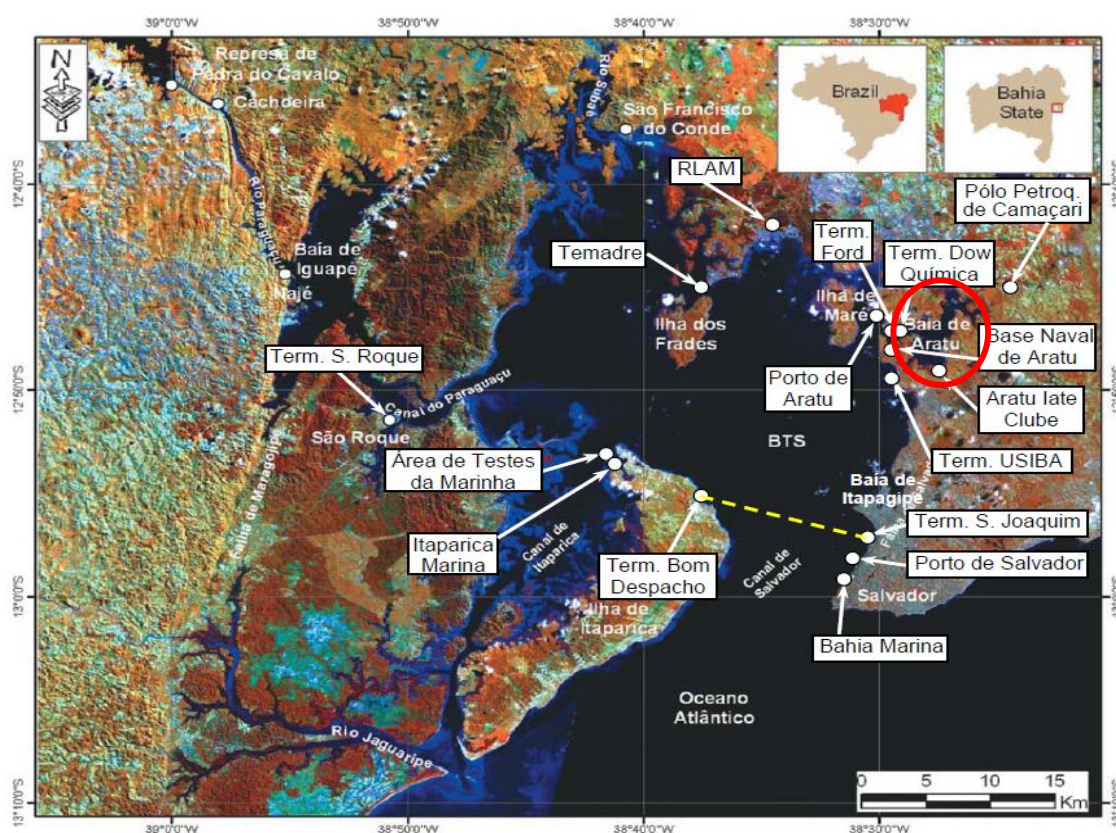
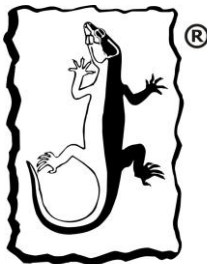



Figura 5.1.10.28: Localização de alguns dos principais portos, terminais e indústrias existentes na região da BTS. A linha amarela (tracejada) representa o trajeto de Ferry-Boat e o círculo vermelho representa a área de interesse desse documento. (Fonte: Modificado de Barroso - Adaptado de Cirano e Lessa, 2007)

Como podemos observar na imagem 5.1.10.28, o entorno da Baía de Aratu apresenta-se como uma "reentrância" e/ou estuário dentro do sistema estuarino da Baía de Todos os Santos, posicionado no bordo Leste da BTS cuja a intervenção industrial, apesar de apresentar histórico conturbado, hoje, não apresenta grandes empreendimentos industriais ativos com a exceção dos terminais da Ford e da Dow Química e Moinho Salvador situados no bordo oposto ao empreendimento CNNA.

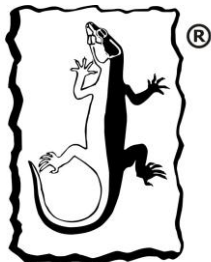
 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	41/124	

Sob o ponto de vista das edificações ao longo da linha de costa não são vislumbrados na Baía de Aratu, estruturas de contenção de ondas como espigões, molhes, quebra-mares, dentre outras. No entanto, a BA apresenta histórico de aterramentos e de terraplanagens principalmente nas margens próximas às marinas e atracadouros.

A área do empreendimento é caracterizada como uma região de enseada e/ou estuário cujo ambiente dominado por marés semidiurnas com alturas médias de maré sizígia e quadratura de cerca de 2,4 e 1,1 metros, respectivamente. Segundo Lessa, A altura máxima de maré observada na BTS foi de 2,7 m em sizígia, com pequenas desigualdades diurnas (~0,25m). A análise das principais componentes semidiurnas realizadas por Lessa mostrou que a maré é amplificada no interior da baía, com a altura média de maré de sizígia aumentando de 1,86 no oceano para 2,72m em São Francisco do Conde. As componentes M2 da maré no oceano ao norte e ao sul da "boca" da baía são aproximadamente iguais em fase e em amplitude.

O prisma de maré médio da BTS em marés de sizígia calculado por Lessa é próximo de $1,76 \times 10^9 \text{ m}^3$ o que corresponde a uma vazão de cerca de $39 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Outro fator que aponta a Baía de Aratu como ambiente de baixa energia de ondas é a sua faciologia de fundo que apresenta predominância de sedimentos finos na fração argila e silte principalmente no setor sul da baía, somente tendo registro de fração areia fina (areia silto-argilosa e/ou argilo-siltosa) no extremo norte da BA como demonstrado na figura 5.1.10.29.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

42/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

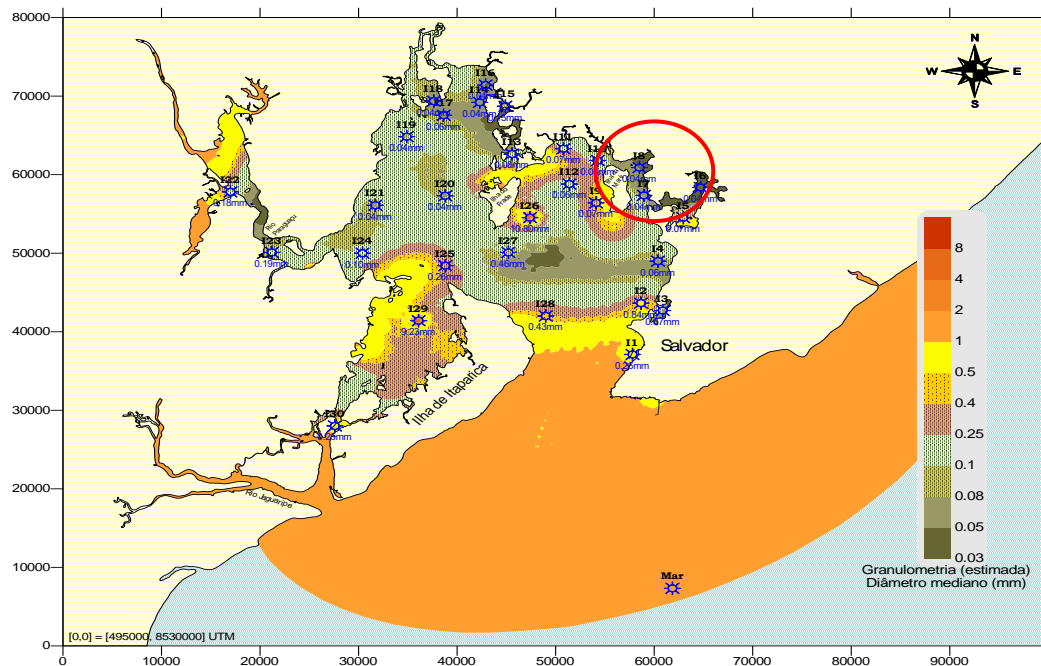


Figura 5.1.10.29: Granulometria estimada de sedimentos na BTS. Detalhe para o setor da Baía de Aratu com sedimentos que variam de 0,2 a 0,5 mm. (fonte relatório técnico PENO-4145 (consórcio Hydros - CH2MHill - 2003))

Sobre a capacidade dos processos de transporte de sedimentos ao longo da linha de costa da Baía de Aratu, entendemos a área como sendo de baixo potencial para os processos de transporte de sedimentos por tração; por ondas e etc, quando pensamos que é uma região de "comportamento estuarino", bem definida, tendo as marés e as ondas de vento como sendo os principais agentes de mobilização e transporte de sedimento deixando as possibilidades de existirem frentes de erosão e deposição de materiais quase nula (deriva sedimentar).

Como referencia, Rosmam (2003) simula as tensões críticas para a mobilidade de sedimentos na BTS da seguinte forma:



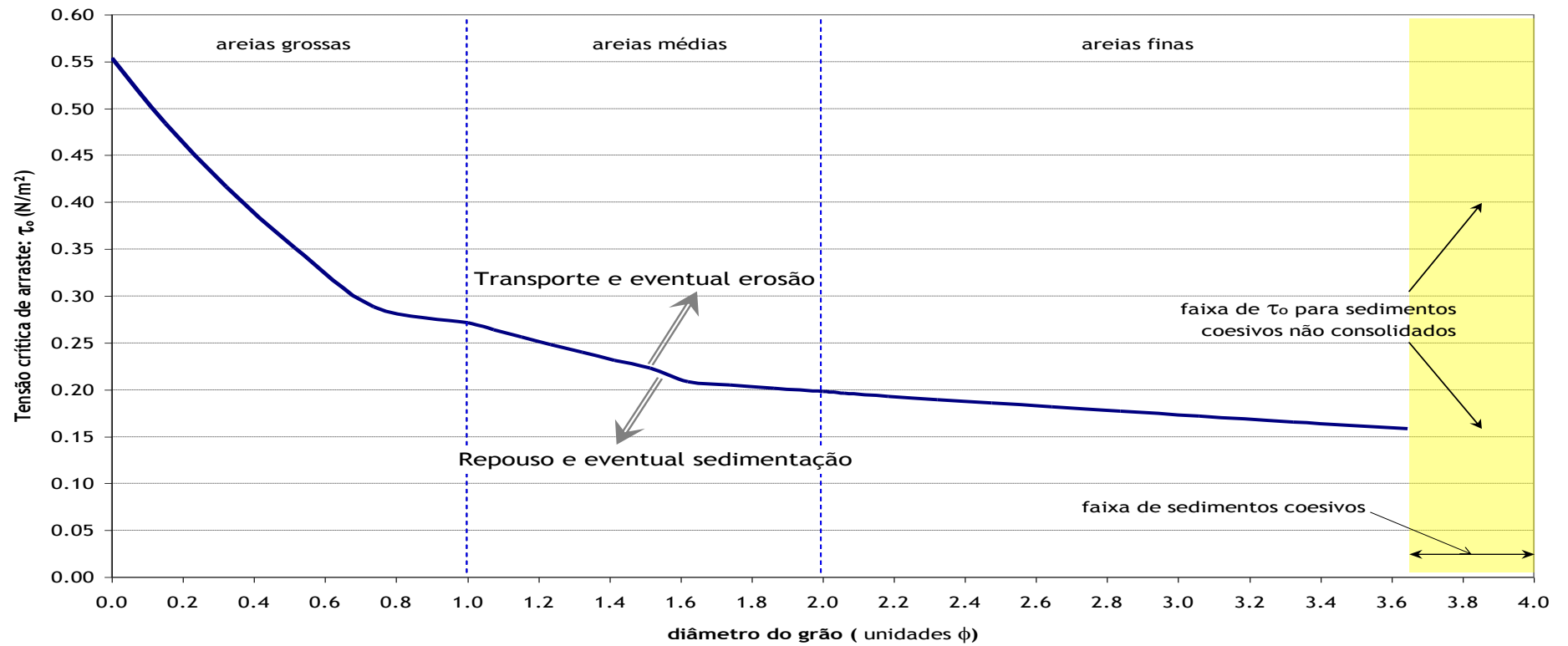
LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

**SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**

PÁGINA

43/124





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

44/124

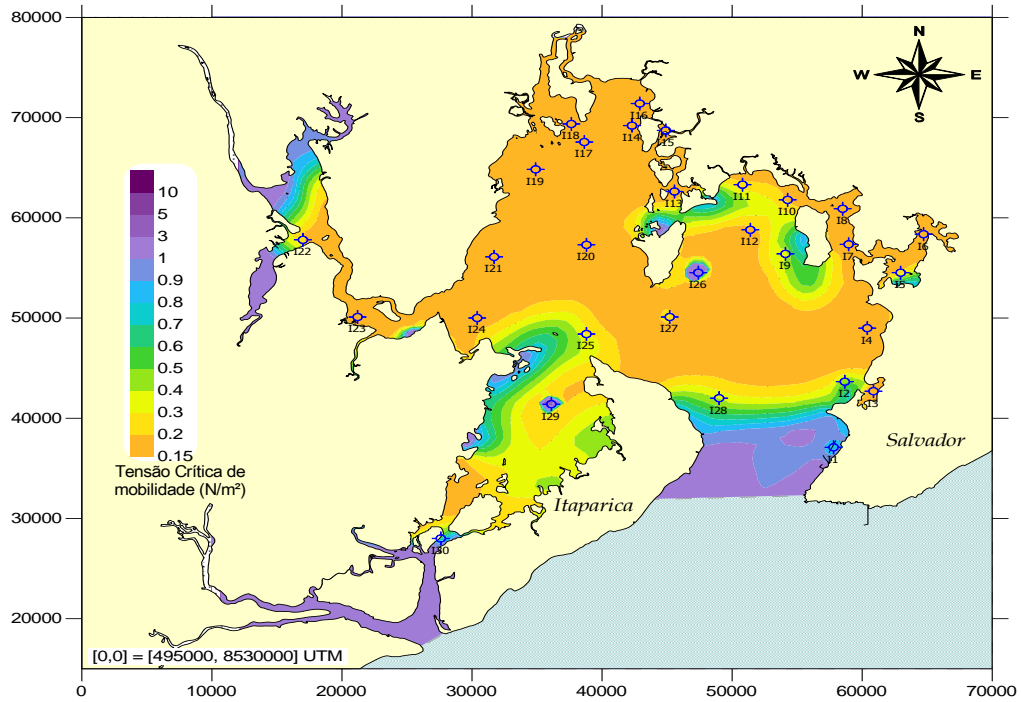


Figura 5.1.10.30: Tensões críticas de fundo para mobilidade de sedimento (Rosman,2003)

Tensões e mobilidade de sedimento devido as correntes de maré - Maré de Sizígia

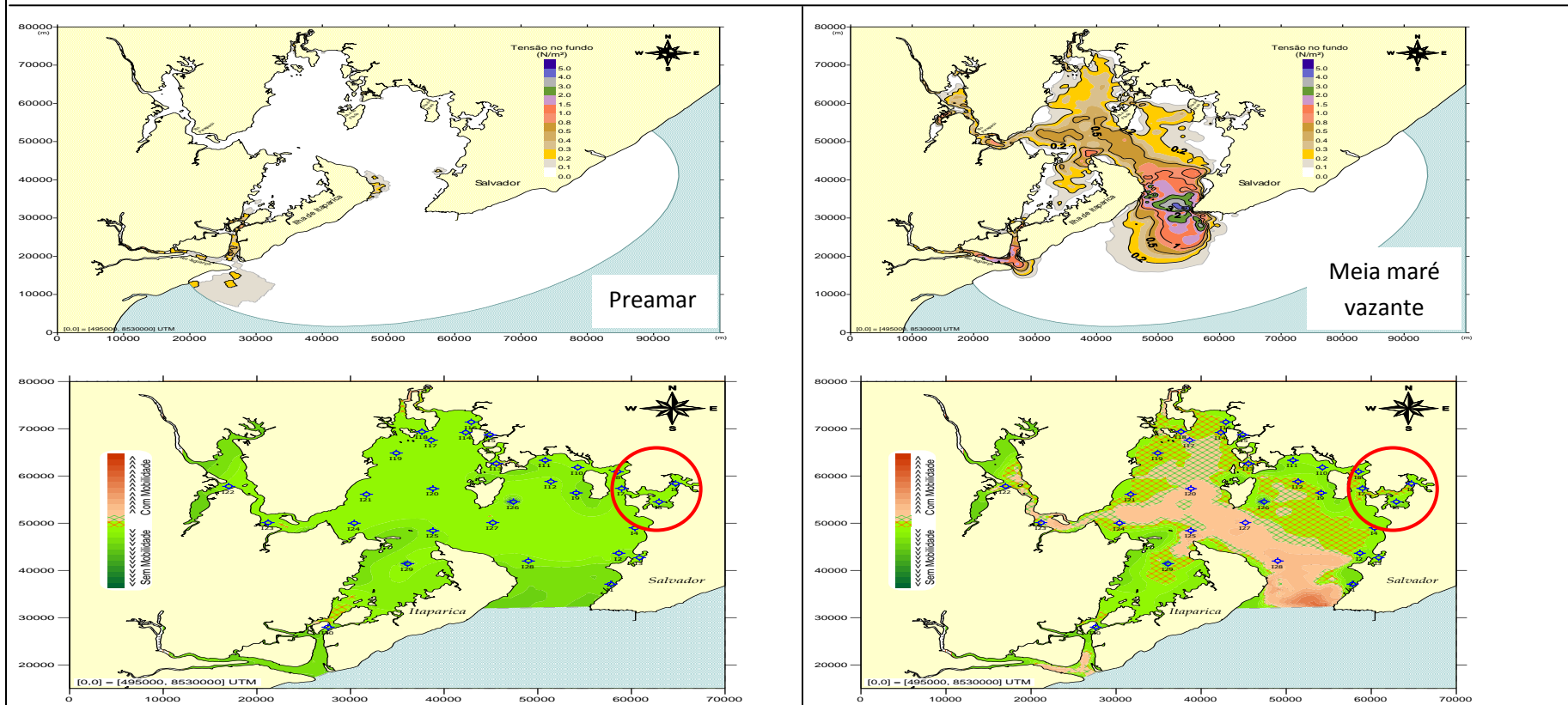
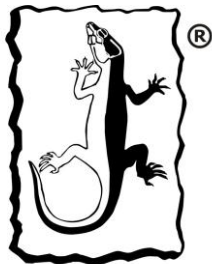



Figura 5.1.10.31: Tensões e mobilidade de sedimentos no fundo devido às correntes de maré na BTS. Detalhe circulo vermelho - Baía de Aratu.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	46/124	

Como podemos observar a figura 5.1.10.31 (detalhe em vermelho) apresenta a Baía de Aratu sem mobilidade nos sedimentos de fundo.

Sobre as ondas de vento, Rosmam et al. (2003) simularam (com base em observações de 2 a 6 horas) que na BA ocorre uma variação de 0 a 0,2 m nas médias das alturas de onda do verão, com predominância de vento de SE (de até 9 m/s) e de 0 a 0,3 metros no inverno com ventos predominantes de Sul e velocidades de até 7 m/s como podemos ver nas figuras a seguir (Figuras 5.1.10.32 e 5.1.10.33).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

47/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



Cenário Verão - Ondas de vento

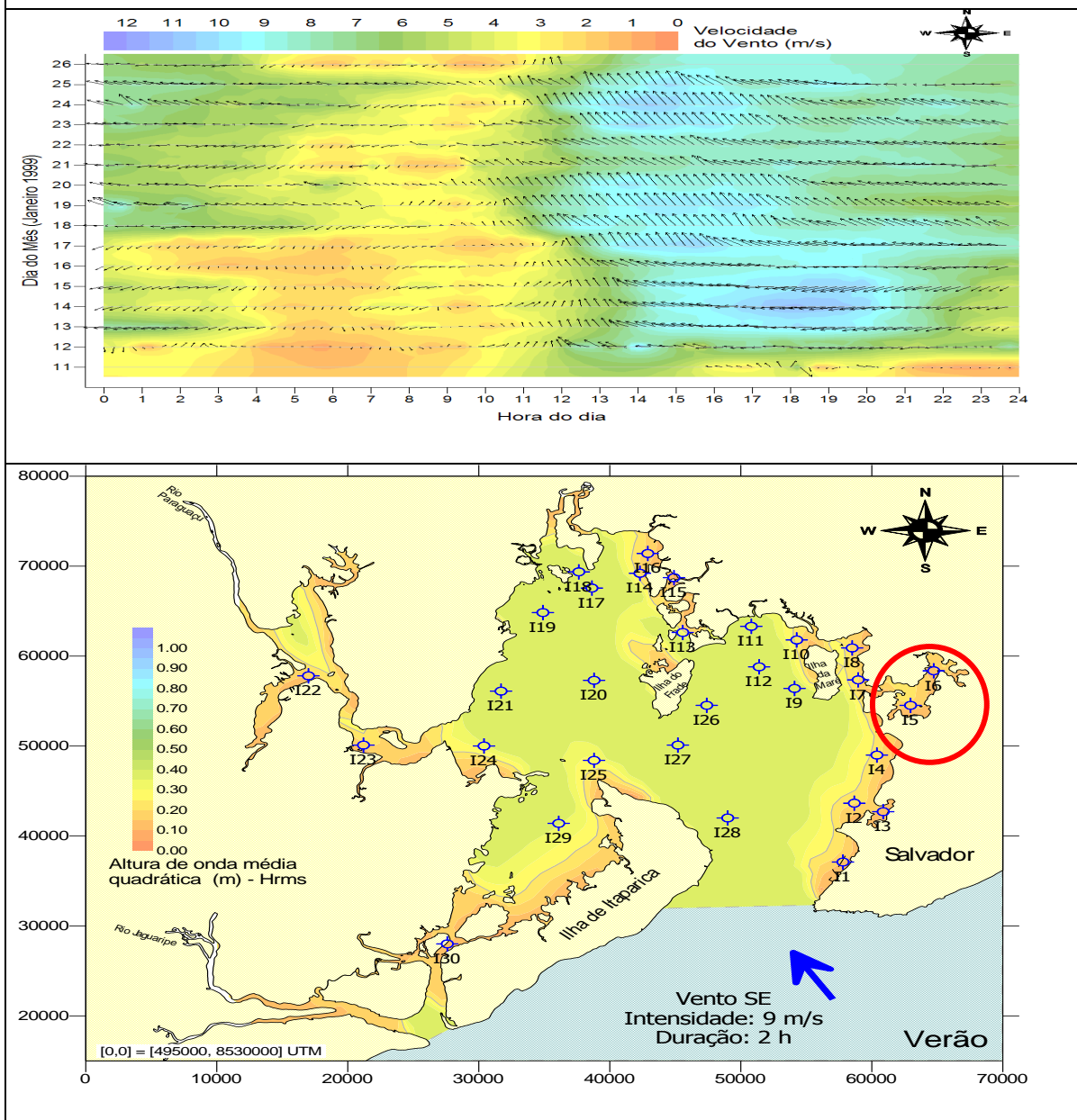


Figura 5.1.10.32: Ondas de vento na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: relatório técnico Coppetec, 2003)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

48/124



Cenário Inverno - Ondas de vento

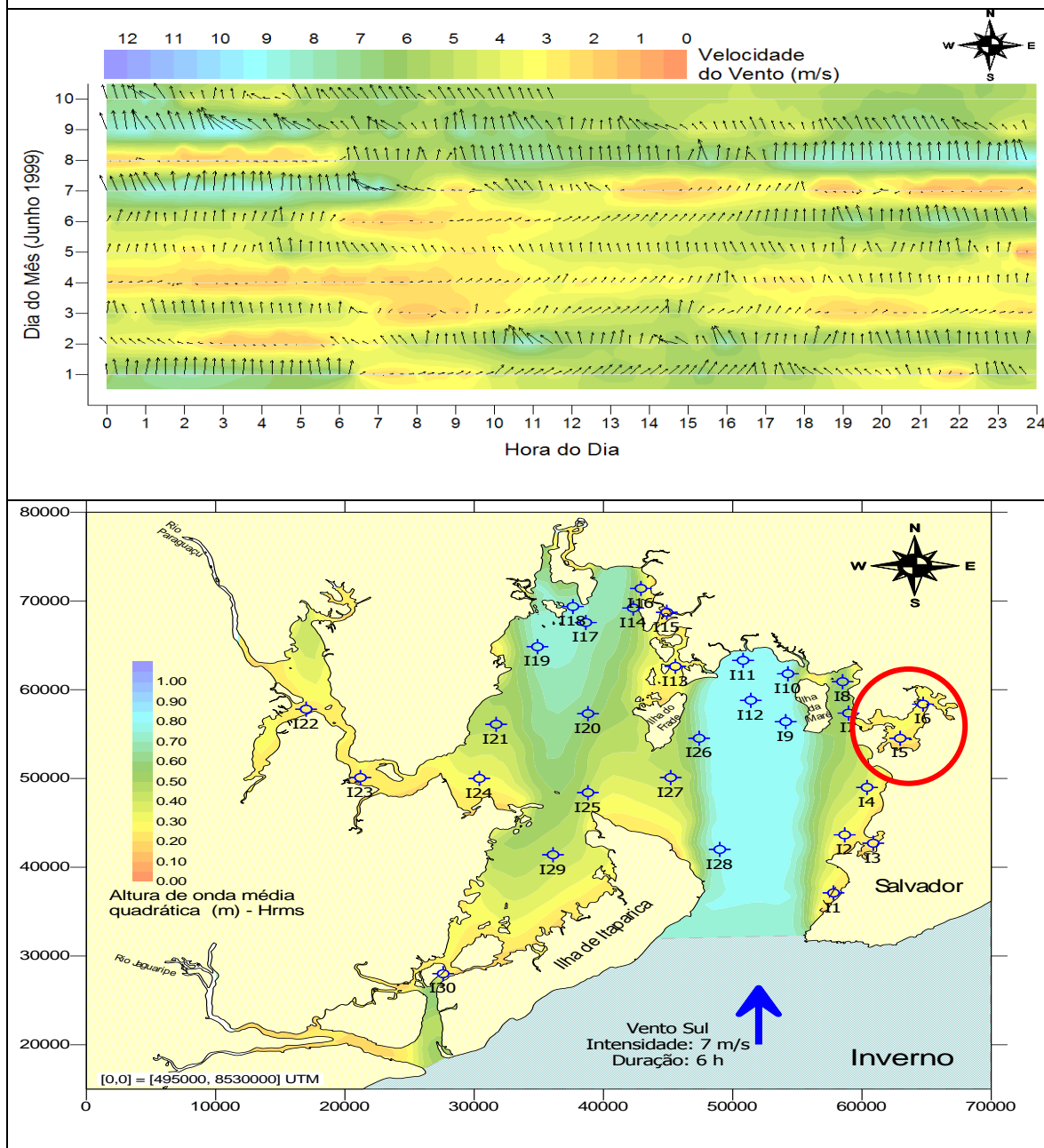
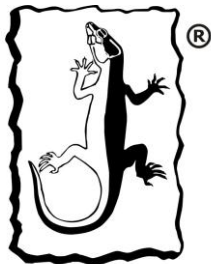


Figura 5.1.10.33: Ondas de vento na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: relatório técnico Coppetec, 2003)

Quando combinamos as simulações com as tensões e mobilidades de sedimentos de fundo e com as ondas de ventos temos, na Baía de Aratu, as tensões



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

49/124



oscilatórias de fundo próximo de zero e o setor central e sul sem mobilidade de sedimentos. No setor norte da baía temos tensões oscilatórias próximas de 2 N/m^2 , apontando baixa mobilidade, justificada pela presença das frações arenosas como podemos ver nas figuras a seguir (Figuras 5.1.10.34 e 5.1.10.35).

Mobilidade de sedimento + Ondas de vento - Cenário Verão

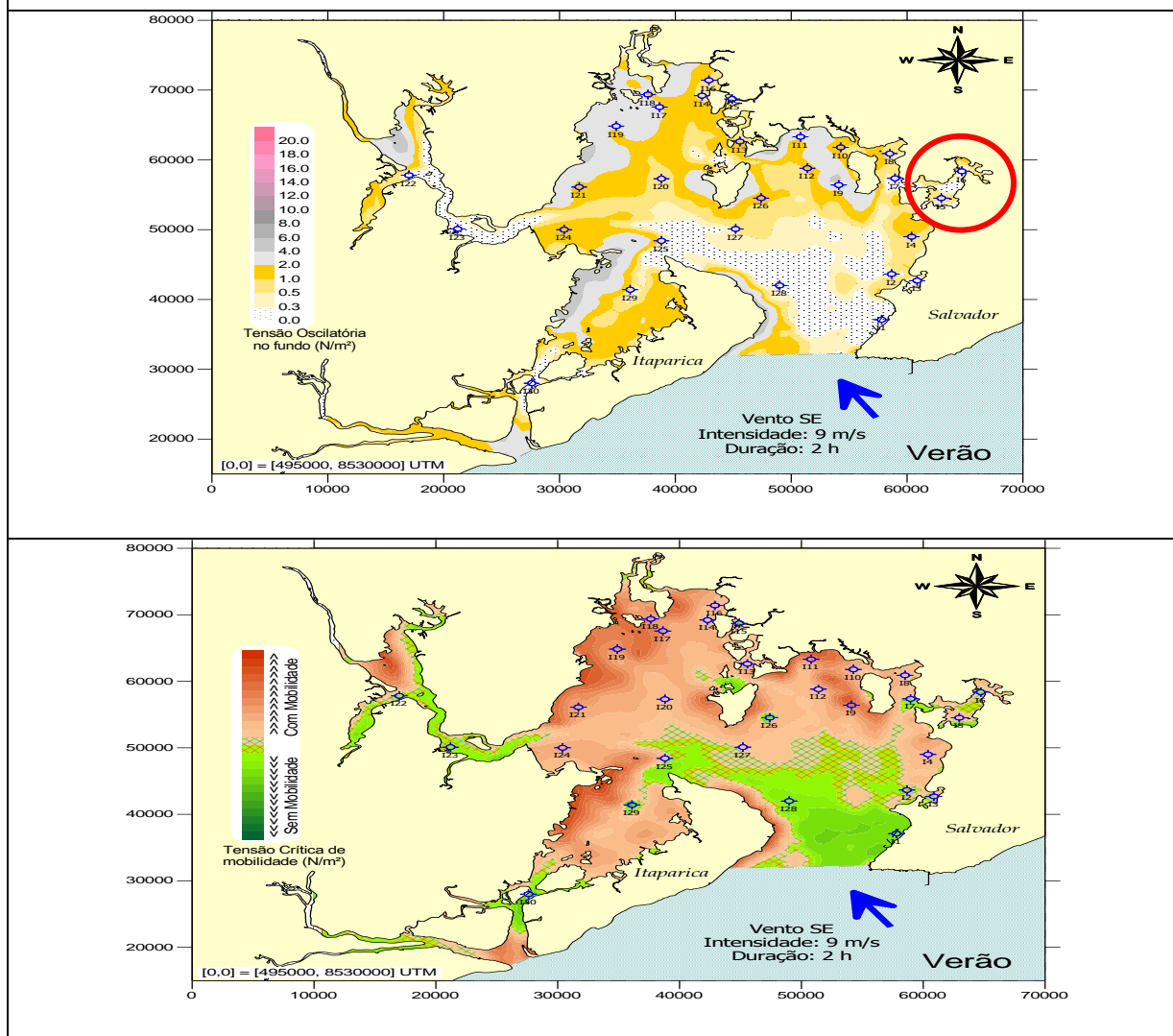


Figura 5.1.10.34: Mobilidade + Ondas de vento na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: Relatório Técnico Coppetec - PENO 4145, 2003)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

50/124



Mobilidade de sedimento + Ondas de vento - Cenário Verão

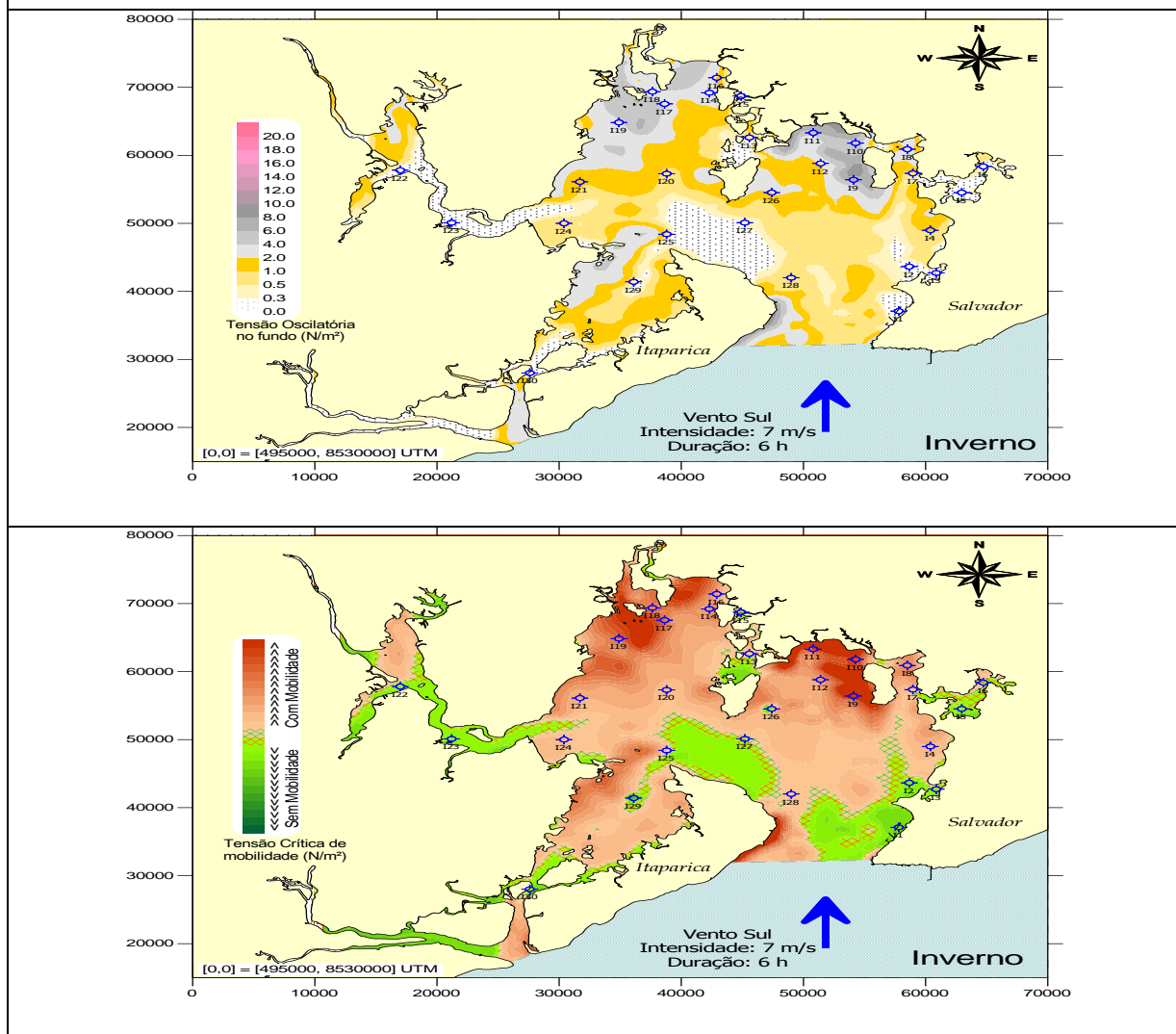
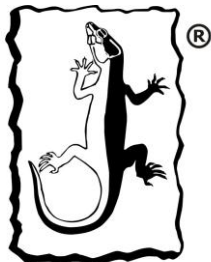


Figura 5.1.10.35: Mobilidade + Ondas de vento na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: Relatório Técnico Coppetec - PENO 4145, 2003)

Sobre o aspecto da mobilidade dos sedimentos por ação combinada de ondas e correntes, Rosman (2003) simulou os seguintes cenários (Figuras 5.1.10.36 e 5.1.10.37):



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

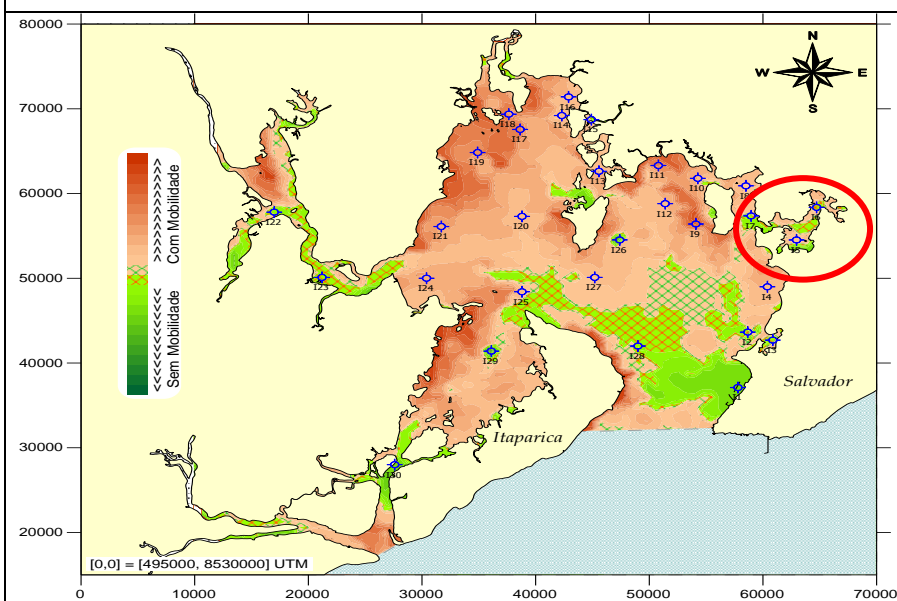
SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

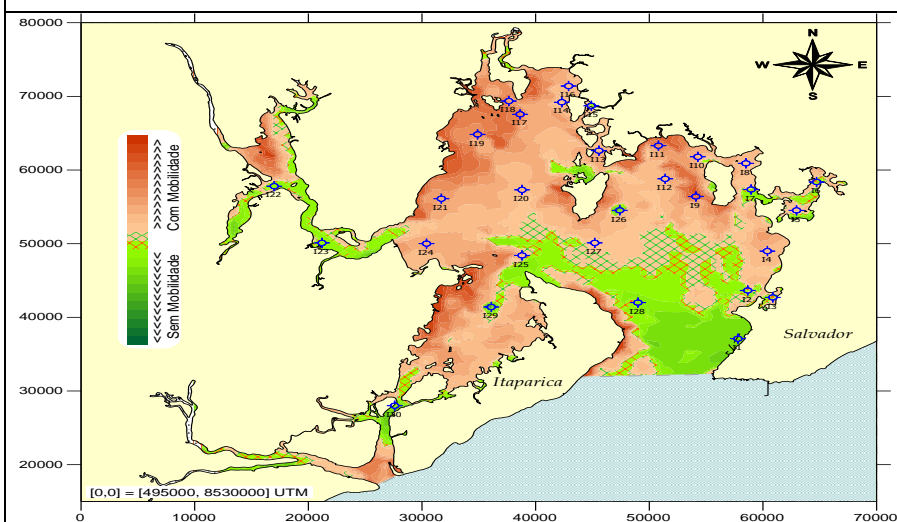
51/124



Marés de Quadratura - Verão

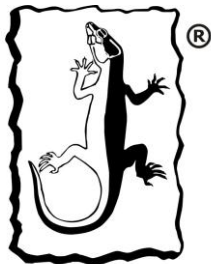


Típico de preamares
e baixamares



Típico de meias
marés de vazantes
e enchentes

Figura 5.1.10.36: Mobilidade + Ondas de vento e correntes na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: Relatório Técnico Coppetec - PENO 4145, 2003)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

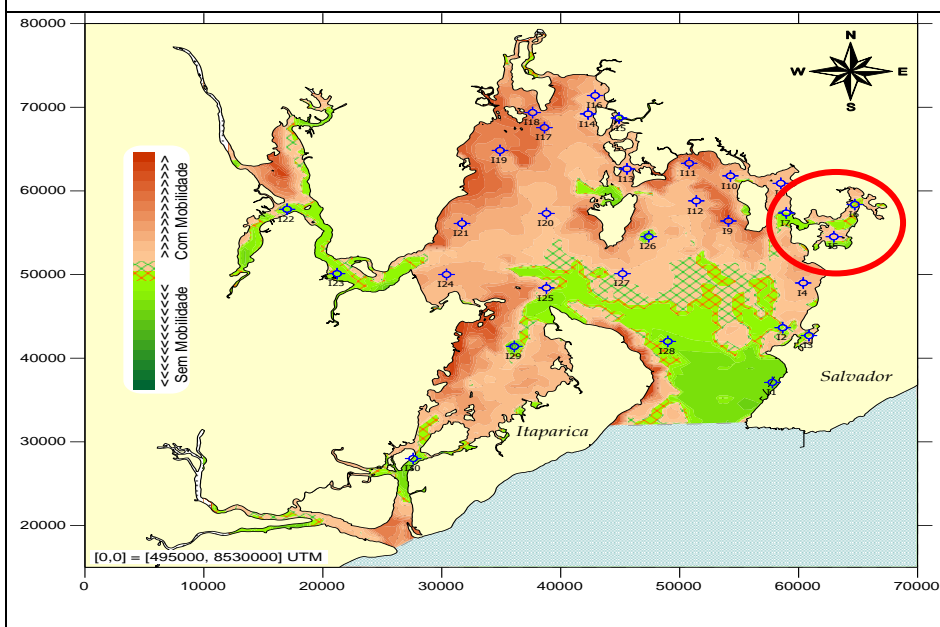
PÁGINA

52/124

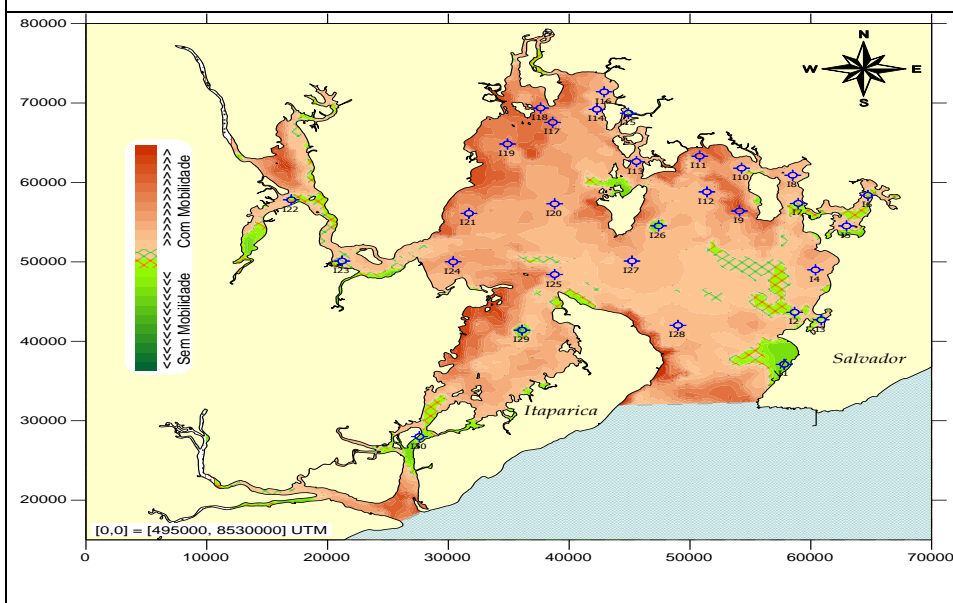


Como podemos observar, o cenário verão continuou com a mesma situação de baixa mobilidade para o setor norte e mobilidade zero para os setores central e sul da baía. O mesmo acontece com as marés de sizígia de verão.

Marés de Sizígia - Verão

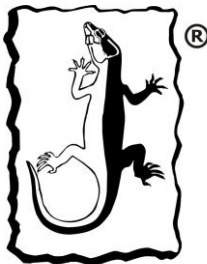



Típico de
preamares e
baixamares



Típico de meias
marés de
vazantes e
enchentes

Figura 5.1.10.37: Mobilidade + Ondas de vento e correntes na BTS. Detalhe da Baía de Aratu no círculo vermelho (fonte: Relatório Técnico Coppetec - PENO 4145, 2003)

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	53/124	

3.3. Modelos Hidrodinâmicos

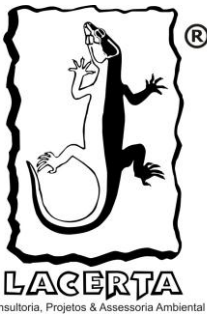

Para a simulação da hidrodinâmica local foi utilizado o software SisBaHiA® – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental é um sistema profissional de modelos computacionais registrado pela Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ - Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Conforme se lê em Rosman (1997),

Usualmente, dá-se o nome de modelagem hidrodinâmica de sistemas estuarinos à determinação da quantidade de movimento da água, resultando na definição dos padrões de correntes. [...] Tipos de modelos muito comuns de interesse em sistemas estuarinos são os modelos hidrodinâmicos em fluido homogêneo.

Modelos hidrodinâmicos em fluido homogêneo são modelos para determinação do padrão de correntes em corpos d'água com superfície livre, tais como águas costeiras, baías, sistemas estuarinos, rios, lagos, reservatórios e etc. Tais modelos variam grandemente em complexidade indo desde modelos unidimensionais (1D) até modelos tridimensionais (3D), passando por modelos bidimensionais em planta ou promediados verticalmente (2DH), bidimensionais em perfil ou promediados lateralmente (2DV).

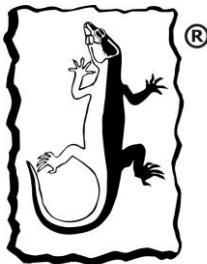

Segundo Barroso (2009) Conforme apresentado em [http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/AplicacoesProjetos .htm](http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/AplicacoesProjetos.htm), o SisBaHiA já foi aplicado à região da BTS em diversas outras oportunidades. Durante o período de março de

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	54/124	

1999 a dezembro de 2000, foi desenvolvido, na COPPE/UFRJ, um trabalho por contrato do consórcio Hydros-CH2 Mhill com a Fundação Coppetec. O trabalho envolveu estudos de diagnóstico e prognóstico ambientais para a BTS. Naquela ocasião, o SisBaHiA foi, pela primeira vez, calibrado e validado para a BTS e foi também instalado no então Centro de Recursos Ambientais (CRA), órgão do Governo da Bahia atualmente denominado Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). Desde então, o SisBaHiA vem sendo regularmente utilizado pelo Órgão Ambiental como ferramenta de gestão ambiental da BTS.

Barroso também relata que aplicações de modelo hidrodinâmico 3D e 2DH do SisBaHiA também ocorreram em 2003, juntamente com modelos de geração de ondas e modelos de transporte lagrangeano condicionado, para determinação de correntes residuais, de transporte de sedimentos e poluentes na BTS. A aplicação foi efetuada no âmbito do contrato entre o consórcio Hydros-CH2 Mhill e a Fundação Coppetec, intitulado “Modelagem Computacional para Análise de Aspectos da Dinâmica de Sedimentos na Baía de Todos os Santos, BA” (cf. ROSMAN, 2003). Nesse trabalho, foram empregadas a calibração e a validação já realizadas anteriormente no ano 2000.

Nos anos de 2003 e 2004, outras aplicações do SisBaHiA foram realizadas em estudos e projetos de sistemas para disposição oceânica de esgotos através de emissários, na costa oceânica de Salvador. A aplicação foi efetuada no âmbito do contrato entre o consórcio SDO-Hydros-CH2 Mhill e a Fundação Coppetec, intitulado “Modelagem Computacional para Análise de Aspectos dos Sistemas de Disposição Oceânica da Área Metropolitana de Salvador, BA”. Nessa ocasião, foram empregados os modelos hidrodinâmico 3D e de qualidade de água.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	55/124	

3.3.1 - Síntese das equações matemáticas governantes para o modelo 2DH

Conforme apresentado na Referência Técnica do SisBaHiA (ROSMAN *et al.* 2008),

A mecânica do movimento para escoamento em regime turbulento é governada pelas equações de Navier-Stokes. Tais equações representam o princípio da conservação da quantidade de movimento. Essas equações em conjunto com a Equação da Continuidade, uma equação de estado e uma equação de transporte para cada constituinte da equação de estado, compõem o modelo matemático fundamental para qualquer corpo de água.

Tratando-se de corpos d'água relativamente bem misturados na vertical, admite-se que o termo de pressão devido a gradientes horizontais de densidade pode ser desprezado nas equações do movimento em planta. Tal termo possui valor pequeno quando comparado ao termo de pressão devido a gradientes da superfície livre. Logo, as equações de estado e transporte de escalares não serão incluídas na formulação geral do problema, permanecendo apenas as equações do movimento e da continuidade. O modelo hidrodinâmico do SisBaHiA 6.5 é considerado um modelo barotrópico, uma vez que efeitos baroclínicos são desprezados.

A formulação matemática do modelo hidrodinâmico adota as seguintes variáveis principais (cf. Figura 5.1.10.38):

ζ = Elevação da superfície livre;

H = Altura da coluna d'água ou profundidade instantânea;

h = Cota do fundo;

u_i = Componente da velocidade na direção x_i ;

U_i = Componente da velocidade promediada na vertical na direção x_i ;



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

**SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO
COSTEIRA**

PÁGINA

56/124

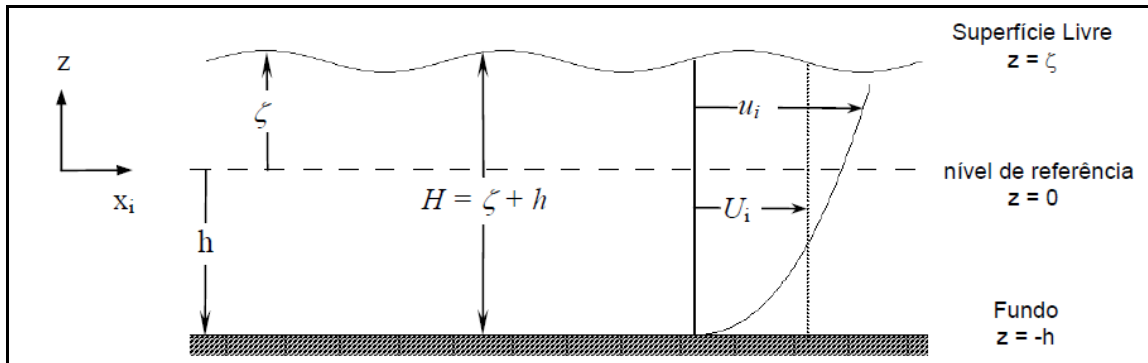




Figura 5.1.10.38: Sistemas de coordenadas e variáveis consideradas no SisBaHia (Fonte: Barroso, 2009)

O autor descreve a seguir um resumo das equações governantes que compõe a formulação matemática do Modelo Hidrodinâmico do SisBaHia, considerando as aproximações e condições comentadas anteriormente. Para o cálculo das quatro incógnitas da circulação hidrodinâmica 3D (u , v , w , e ζ) são necessárias quatro equações:

- Equação da quantidade de movimento na direção x:

$$\underbrace{\frac{\partial u}{\partial t}}_{\text{Aceleração local}} + \underbrace{u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}}_{\text{Aceleração advectiva}} = \underbrace{-g \frac{\partial \zeta}{\partial x}}_{\text{Gradiente de pressão hidrostática}} + \underbrace{\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right)}_{\text{Resultante das tensões turbulentas dinâmicas}} + \underbrace{2\Phi \text{sen} \theta \cdot v}_{\text{Aceleração de Coriolis}}$$

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	57/124	

- Equação da quantidade de movimento na direção y:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) - 2\Phi \text{sen} \theta . u$$

↓

Aceleração local

↓

Aceleração advectiva

↓

Gradiente de pressão hidrostática

↓

Resultante das tensões turbulentas dinâmicas

↓

Aceleração de Coriolis

OBS: Com o uso da notação inicial em expressões, $i = 1$ representa a componente na direção x, $i = 2$ representa a componente na direção y e $i = 3$ representa a componente na direção z.

- Equação da Continuidade:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

- Equação da Continuidade integrada na vertical:



$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u . dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\zeta} v . dz = 0$$

onde:

u, v e w = Componentes da velocidade na direção dos eixos x, y e z (m/s)

g = Aceleração da gravidade local. Adotado valor de 9,81 m/s².

ζ = Elevação da superfície livre (m)

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	58/124	

ρ = Massa específica da água constante de referência (kg/m³)

τ_{ij} = Componentes do tensor de tensões turbulentas (Pa = N/m²)

Φ = Veloc. angular de rotação da Terra no sistema de coord. local (rad/s)

θ = Ângulo de latitude local (rad)

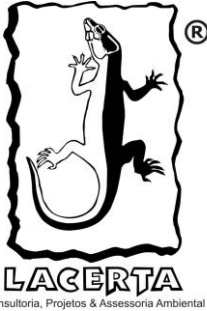

A maioria dos corpos d'água rasos pode ser bem representada por um modelo bidimensional no plano horizontal. Para isso, é preciso que as escalas verticais do movimento sejam muito menores que as horizontais, e que a coluna d'água seja razoavelmente bem misturada, i.e., com pouca ou nenhuma estratificação vertical.

Exemplos típicos de sistemas estuarinos bem representados pela modelagem 2DH na costa do Brasil ocorrem na Baía de Guanabara-RJ e Baía de Todos os Santos-BA.

No caso da modelagem 2DH, para o cálculo das três incógnitas da circulação hidrodinâmica 2D (U , V e ζ) são necessárias três equações, das quais duas são obtidas por meio da integração vertical das equações do movimento nas direções x e y e a terceira é a Equação da Continuidade integrada na vertical. Dessa forma, obtém-se como resultado as equações bidimensionais em planta (2DH), também chamadas equações de águas rasas quando o termo de pressão é representado pela aproximação hidrostática.

3.3.2 - Configuração do Modelo Hidrodinâmico utilizado na Baía de Aratu;

Nesse estudo de caso, a Baía de Aratú está sendo caracterizada como um pequeno estuário dentro do sistema estuarino da BTS, que foi definido por Barroso (2009) por apresentar um corpo d'água de pouca ou nenhuma estratificação vertical tendendo a verticalmente homogêneo pode-se considerar satisfatório quantificar as variáveis em valores médios ao longo da coluna d'água. Desta forma, para a

	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	59/124	

obtenção de padrões de correntes, o uso de valores de velocidades promediados na vertical seria plenamente aceitável.

Um modelo hidrodinâmico 2DH com dados calibrados foi adquirido da COPPE. A escolha desse modelo se deve ao fato de ser um modelo calibrado, com alto nível de fidelidade aos eventos de entrada e saída de maré na Baía de Aratu por ter sido exaustivamente testado comparando com dados de campo. Esse modelo é adequado a reproduzir características hidrodinâmicas da Baía de Aratu de forma genérica, sem considerar eventos meteorológicos, e não trata de datas específicas.

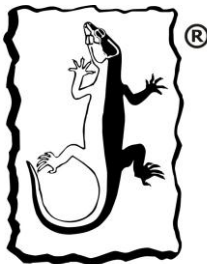

A base SisBaHia foi escolhida por ser um software nacional, com distribuição e feita através de contratos de cooperação técnico-científica (Nesse caso- Cooperação Técnica PENO-15751, firmado entre a MMGS-Mineral Mind Geological Services e a Fundação Coppetec), e por ter uma equipe renomada de especialistas e diversos trabalhos científicos realizados na área de interesse .

3.3.2.1 - Sobre a Calibração do Modelo COPPE

Apresenta-se a seguir os dados utilizados no desenvolvimento dos diversos modelos e mostra-se as coerências obtidas entre valores computados e valores medidos disponíveis.

A confirmação de que os modelos representam os fenômenos que ocorrem na natureza é obtida através de um processo denominado calibração e validação, no qual se compara, através de um processo iterativo seguido de ajustes, valores medidos e valores computados. O processo de calibração é explicado na seção seguinte.

Destaca-se que, mesmo quando não se dispõe de dados medidos na forma ideal para permitir a realização de um procedimento abrangente de calibração, os modelos do SisBaHiA® tem mecanismos de auto calibração que permitem obtenção

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	60/124	

de resultados confiáveis. Porém, deve-se enfatizar que a confiabilidade depende fortemente da validade dos dados de entrada.

Tipicamente, como descrito no Capítulo 8 da Referência Técnica do SisBaHia (www.sisbahia.coppe.ufrj.br) na utilização do software obtêm-se:

1. Coerências entre valores reais e valores computados de níveis de água são em geral melhores que 90%. Após calibração é usual que sejam superiores a 95%.

2. Coerências entre valores reais e valores computados de velocidade e direção de correntes são usualmente melhores que 70%. Após calibração é comum se obter coerências superiores a 90%.

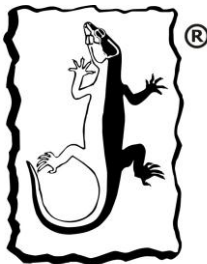

3. Coerências entre valores reais e valores medidos de concentração de contaminantes ou parâmetros de qualidade de água são semelhantes às verificadas para velocidade e direção de correntes. Como os modelos de transporte de contaminantes recebem como dados de entradas os resultados de níveis e correntes dos modelos hidrodinâmicos, a confiabilidade dos modelos de transporte é intrinsecamente função da qualidade dos resultados hidrodinâmicos.

Para atingir tais coerências é necessário atender às seguintes condições:

1. Garantir que a geometria do corpo de água implementada no sistema de modelos esteja correta, e seja condizente com a existente na época de medição de níveis e correntes. Discrepâncias em dados de batimetria e contornos são frequentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.

2. Garantir que os forçantes dos escoamentos, e.g. curvas de maré, ventos e vazões fluviais, estejam corretamente implementados no sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de níveis e correntes. Erros na especificação dos forçantes dos escoamentos são frequentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.

3. Garantir que as intensidades das fontes contaminantes e os parâmetros das reações cinéticas tenham sido corretamente fornecidos ao sistema de modelos, e sejam condizentes com os existentes na época de medição de concentrações.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	61/124	

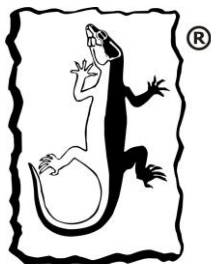
Erros na especificação de intensidades de fontes e parâmetros de reações cinéticas são frequentes causas de diferenças entre valores medidos e valores computados.

-Dados e Calibração do modelo digital do terreno - Nível 1

Para se poder efetivar uma boa calibração geométrica, ou do modelo digital do terreno da região de interesse, os seguintes dados foram utilizados:

1. **Contornos de margem:** considera-se que, em geral, o contorno do domínio de modelagem da BTS é atual e preciso, pois foi extraído de imagens georeferenciadas do Google Earth de 2002. Destaca-se que os contornos de margem na Carta Náutica 1103 da DHN3, estão desatualizados pois a CN1103 não inclui dois terminais portuários no Canal de Cotegipe, como destacado na Figura 5.1.10.39.

2. **Batimetria e tipo de material de fundo:** considera-se que, em geral, as informações batimétricas e de caracterização do material de fundo do domínio de modelagem da BTS são atuais e precisas. Os dados utilizados foram extraídos da mais atual Carta Náutica 1103 de informações adicionais nas cercanias do ESDB fornecidas pelo cliente. Destaca-se que, provavelmente, estão desatualizadas as batimetrias nas cercanias dos dois terminais portuários no Canal de Cotegipe e no entorno da Marina de Aratu por não contemplar os 3 eventos de dragagem que ocorreram após o ano de 2002.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

PÁGINA

62/124

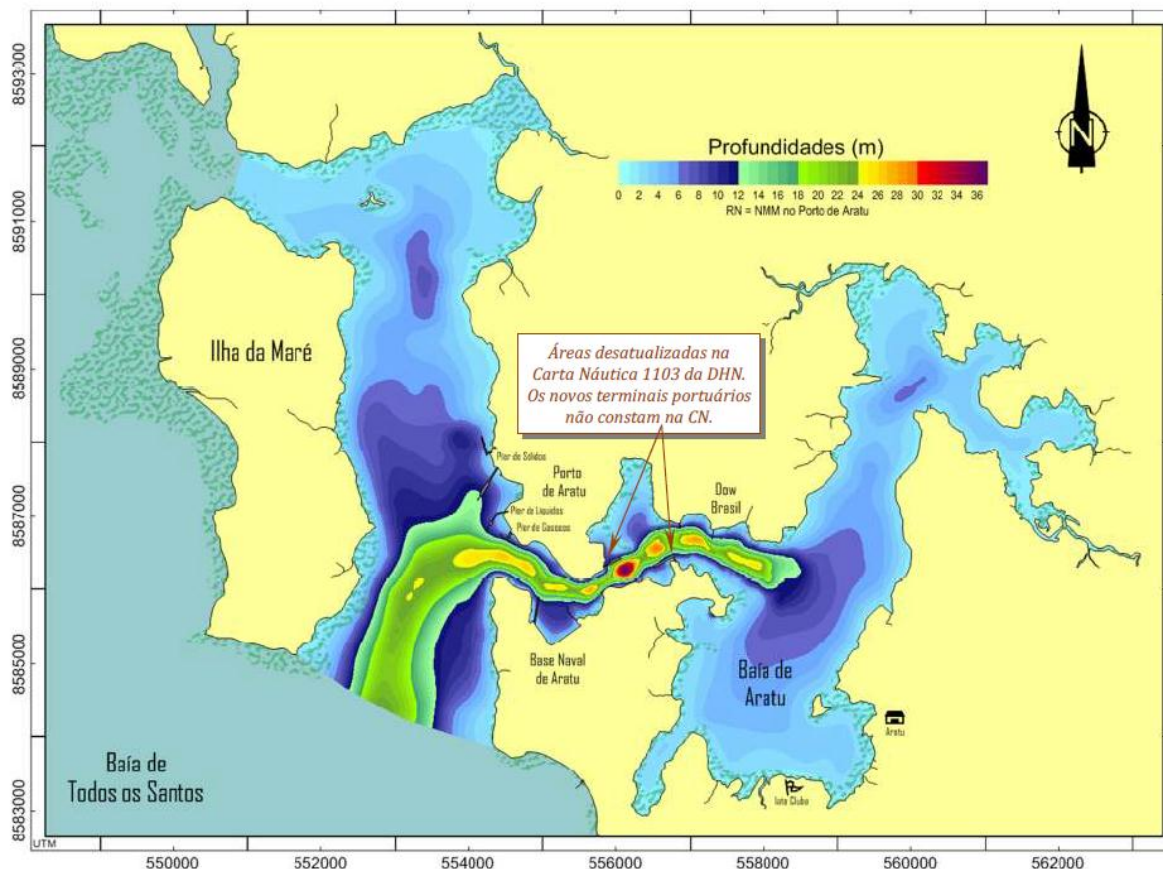




Figura 5.1.10.39: Mapa demonstrando modelagem digital do terreno da região de interesse. Contornos atualizados via imagem do Google Earth de 2009 e batimetria obtida da Carta Náutica 1103 da DHN (Rosmam, 2009).

-Dados e Calibração do modelo hidrodinâmico - Nível 2

Ainda de acordo com a referencia Técnica do SisBaHia, considerando que o Nível 1 de calibração esteja efetivado com um bom modelo digital do terreno, a calibração hidrodinâmica, Nível 2, é basicamente realizada em 3 etapas:

1. Calibração de níveis de água;
2. Calibração de correntes médias na coluna de água;
3. Se necessário, calibração de correntes 3D. Nesse caso não se aplica ao trabalho que objetivou realizar simulações langrangeanas com base num modelo existente 2DH validado pela Coppetec.

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA	
	PÁGINA	
	63/124	

Para tanto são necessários dados referentes a medições de níveis, correntes, ventos e vazões fluviais. Idealmente, para uma ótima calibração e aferição de modelos hidrodinâmicos costeiros deve-se dispor de dados ao longo de um mesmo período, com intervalos de medição de até 30 minutos durante no mínimo 15 dias, pelo menos para dados de marés, ventos e correntes, afirma Rosmam (2009).

-Dados de Maré e calibração de níveis d'água

Na série de dados do modelo utilizado (2DH), utilizou-se ao longo das fronteiras abertas curvas de maré definidas a partir de medições feitas em dezembro de 2002, pela equipe do Laboratório de Traçadores da COPPE/UFRJ - Fundação Coppetec para a contratante Dow Brasil. A figura a seguir mostra os dados pertinentes à estação de medição S01. Embora também tenham sido realizadas medições na estação S02, mais próximas das fronteiras abertas do domínio da modelagem, as mesmas não foram utilizadas devido a falhas no equipamento e a série de dados ficou incompleta na ocasião.

A prescrição de níveis de maré nas fronteiras abertas foi realizada de modo que os valores calculados pelo modelo na estação S01 fossem coerentes com os valores medidos. Os níveis prescritos na fronteira aberta norte foram atrasados em 10 minutos em relação aos prescritos na fronteira sul (Figura .5.1.10.40).

Identificação	
Estação:	Canal de Cotegipe - Estação S01
Lat/Long:	12° 47' 08.2" S 38° 28' 21.2" W
Datum :	WGS-84
Fundo :	24.5 m
Instrumento:	WH Sentinel 300 kHz
Serial #:	0093
Tempo :	Local (GMT-03:00)
Raw Data:	S0101000.000
Unidades :	Mag em mm/s
1st Sample:	12-nov-02 09:15
Dir em graus para Norte verdadeiro	
Last Sample:	14-dez-02 12:30 (DHN Carta 1110 - declinação 23.0° W - 1999)

Figura 5.1.10.40: Quadro de identificação da estação de medição S01, em campanhas realizadas em 2002, sob contrato da Dow Brasil. A série temporal de níveis de maré foi obtida do ADCP instalado em S01 (Fonte: Relatório COPPE/PENO -12765, 2009)

A figura a seguir apresenta um gráfico de comparação entre valores medidos e valores computados com o SisBaHia na estação S01, ao longo de 30 dias.

Analisando o gráfico fica evidente que o modelo reproduz com grande coerência os valores medidos (Figura 5.1.10.41).

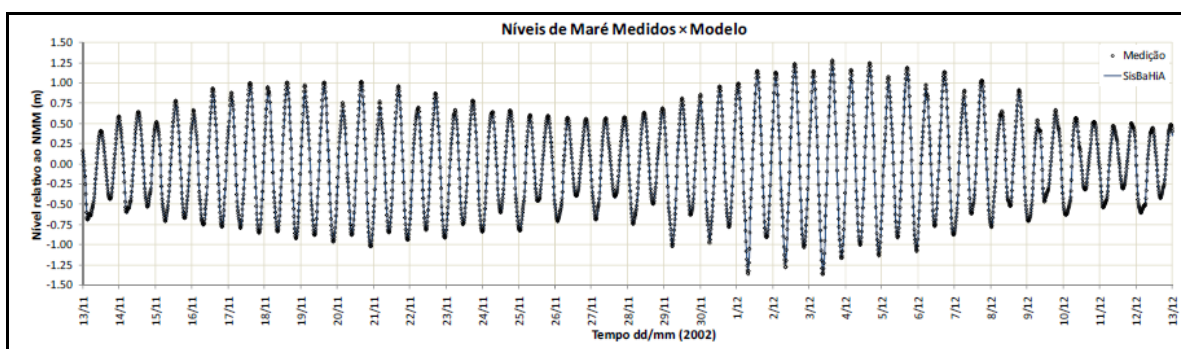
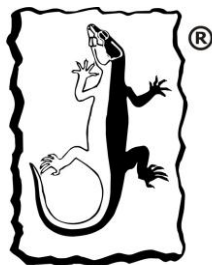


Figura 5.1.10.41: Comparação de valores de níveis de maré medidos pela Coppetec em 2002 e valores obtidos pelo modelo, na estação S01. No gráfico o nível zero corresponde ao Nível Médio do Mar no Porto de Aratu (Fonte: Relatório COPPE/PENO -12765, 2009).

A figura a seguir foi retirada do projeto Coppetec - "Modelagem Computacional para a Análise de Aspectos da Dinâmica de Sedimentos na Baía de Todos os Santos, BA" contratado pelo Consórcio Hydros-CH2MHill em 2003 e serve para ilustrar o procedimento de calibração de correntes de marés realizado em toda a BTS. Ver na figura abaixo (Figura 5.1.10.42) o detalhe da estação S03 situado na saída do canal de Aratu.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

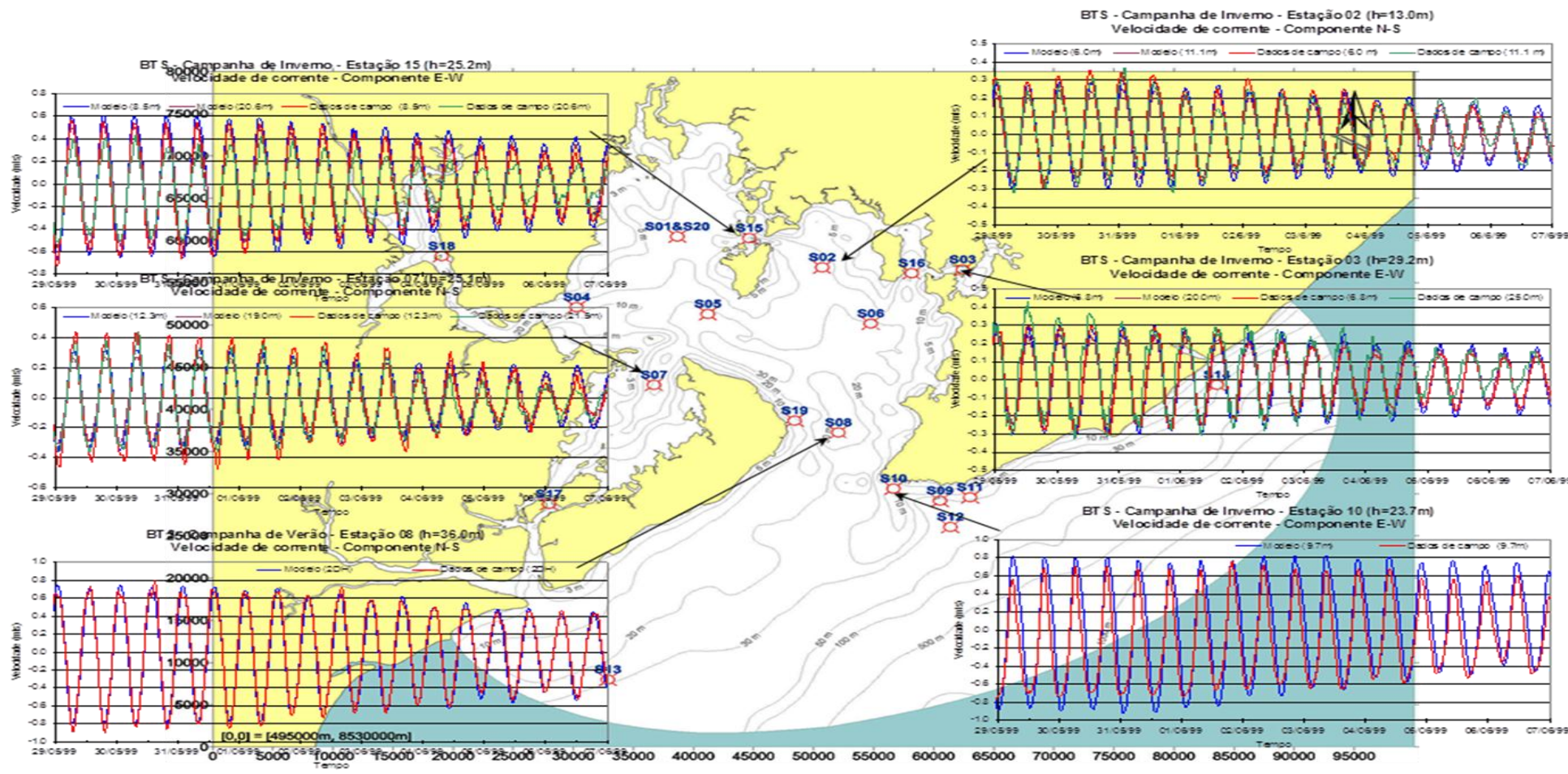
SUB-ITEM 5.1.10 – HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA

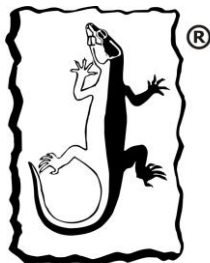
PÁGINA

65/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

66/124



Nesse caso, o modelo foi ajustado de acordo com as variáveis forçantes de condição de contorno, admitindo o seguinte (Figura 5.1.10.42):

1. Vento variando no espaço e no tempo;
2. Rugosidade equivalente de fundo dependente do material (substrato, dentre outros);
3. Áreas que secam e que molham;
4. Vazões fluviais variáveis de baixíssimos valores (de 0,2 a 2 m³/s) objetivando apenas impedir condições de estagnação nas seções limites dos trechos estuarinos dos pequenos rios que foram incluídos no domínio da modelagem;
5. Prescrição de curvas de maré discretas (registros medidos) ou cálculo de maré sintética via prescrição de constantes harmônicas.

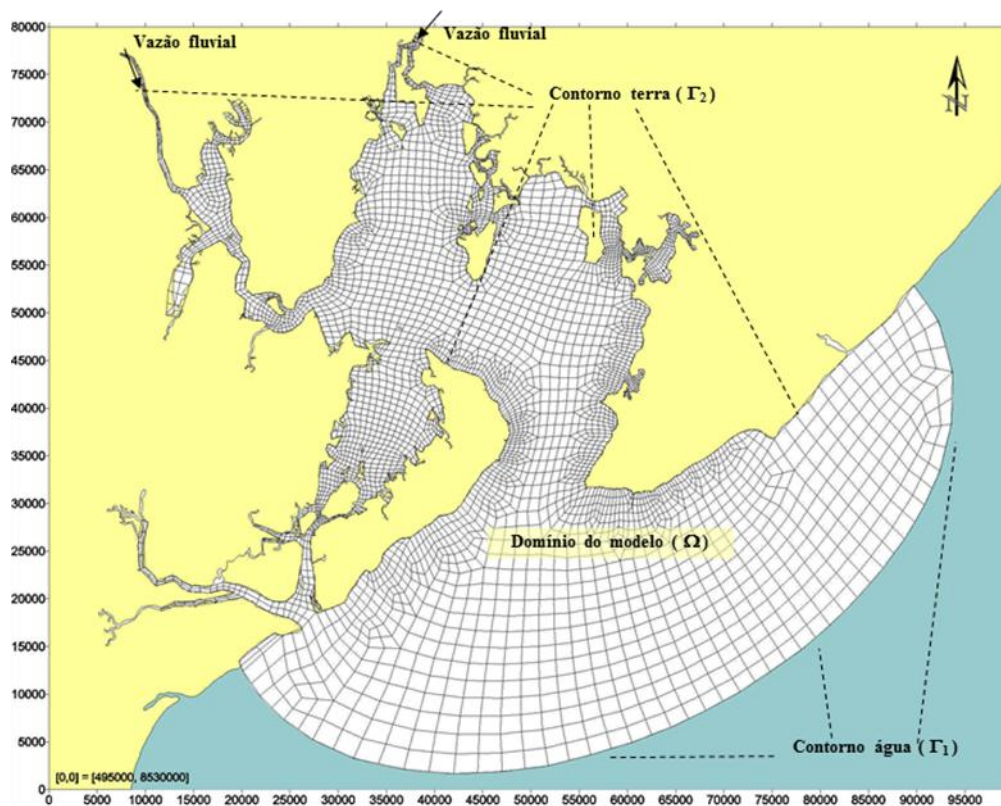
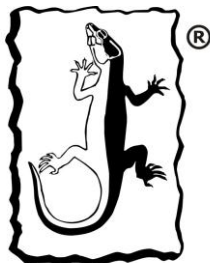


Figura 5.1.10.42: Figura ilustrativa das condições de contorno do modelo 2DH da BTS. (Rosmam, 2003)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

67/124



A estratégia de discretização e geração de malha e base de dados seguiu o padrão geral de confecção de malhas para elementos finitos levando em consideração as variáveis e as condições de contorno da BTS como apresentado por Rosmam em 2003 num trabalho técnico de Modelagem Computacional para Análise de Aspectos da Dinâmica de Sedimentos na Baía de Todos os Santos. A estratégia foi a seguinte (ver Figura 5.1.10.43):

- Discretização espacial horizontal via elementos finitos Lagrangeanos sub-paramétricos. (Geometria dos elementos definida linearmente, e variáveis quadraticamente).
- Geração da malha via sistema ArgusOne e rotinas de otimização do Sistema BTS.
- Discretização vertical automática via diferenças finitas com transformação de padrão.

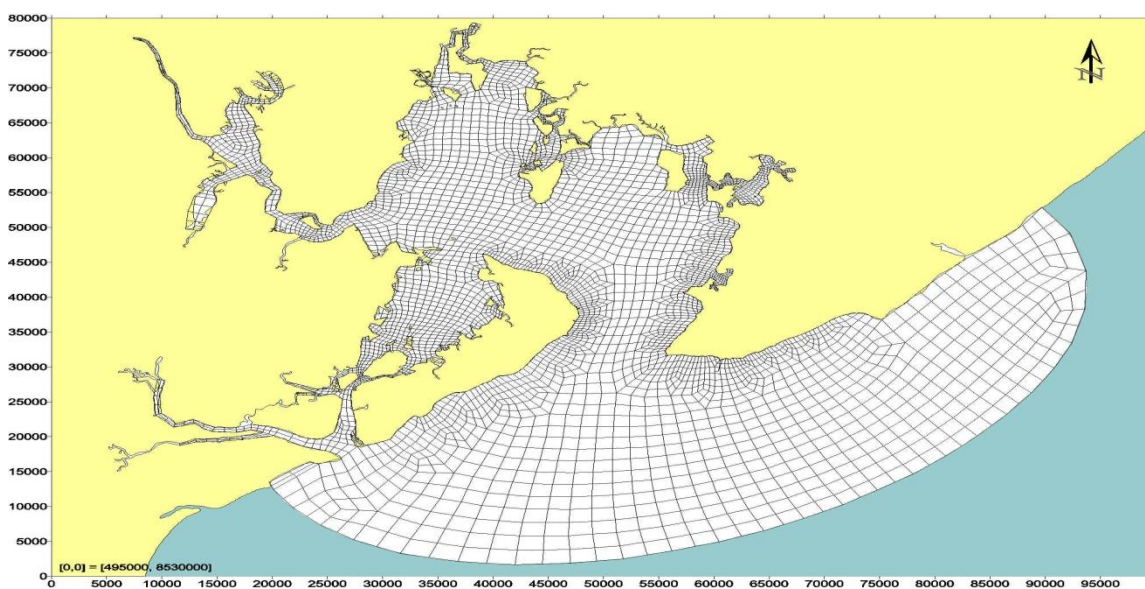



Figura 5.1.10.43: Exemplo de sistema base de hidrodinâmica ambiental - Malha geral em elementos finitos para a BTS (Rosmam, 2003)

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	68/124	

O modelo da COPPE contém, para a Baía de Aratu, uma discretização realizada por 2934 nós para as simulações de maré onde foram utilizados 4322 dados medidos de vento. O tempo inicial (zero) do modelo corresponde ao nível de maré do dia 13 de novembro de 2002 às 0h e 10 min e, os dados de vento, iniciam em 10 de dezembro às 0 h e foram medidos entre os dias 10 e 13/12, sendo repetidos nos demais dias. A figura a seguir ilustra a discretização confeccionada para a Baía de Aratu (Figura 5.1.10.44)



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

69/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

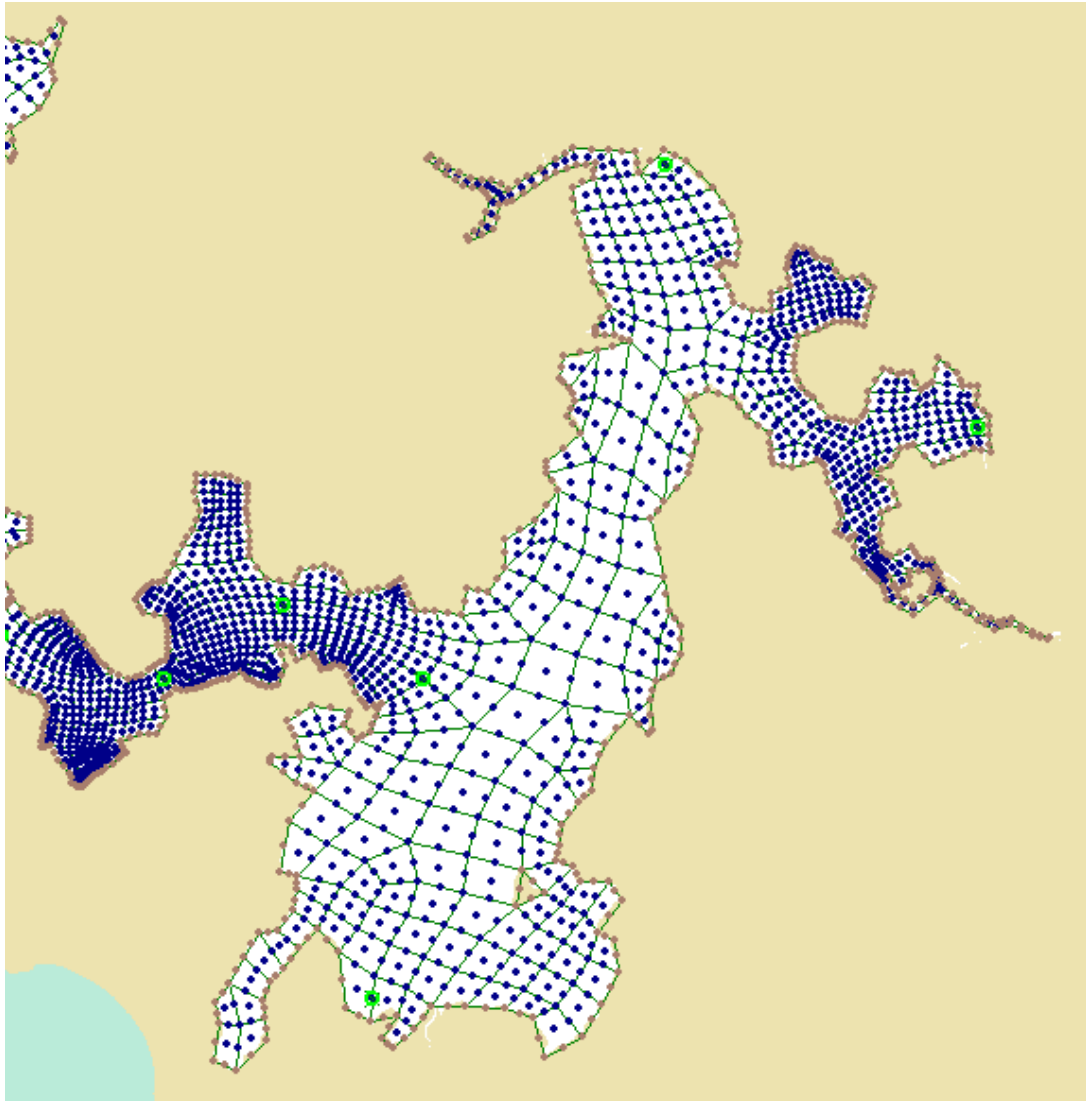




Figura 5.1.10.44: Discretização de malha aplicada à Baía de Aratu - Total de 2934 nós (pontos azuis). (fonte SisBahia®)

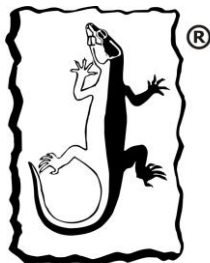
 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	70/124	

3.4. Comparação entre a maré medida com a simulada no Modelo da COPPE

O software foi configurado de modo a reproduzir em forma de mapas e gráficos, situações de maré de sizígia, onde temos maior aporte de água no estuário e quadratura com menores aportes, dessa forma vamos considerar eventos onde temos máximas e mínimas correntes de maré.

Desta forma, com os dados de corrente obtidos nos cenários de Verão e Inverno foi possível testar a coerência da serie de dados disponibilizada pela Coppe (Modelo validado em 2002) de forma precisa tendo boa resposta gráfica quando confrontados os cenários atuais, ou seja, o teste gráfico foi satisfatório e aponta nítida concordância na curva senoidal de corrente quando confrontamos os dados de 2002 com os levantados em 2012, mesmo reconhecendo a necessidade de atualizações nas calibrações do modelo digital de terreno e batimetria em detrimento dos eventos de dragagem que ocorreram.

Contudo, as próximas ilustrações apontam as características gráficas (amplitude e frequência) para as marés simuladas e versus marés medidas na estação maregráfica de Aratu, ambos numa mesma época do ano contemplando as situações de verão e inverno das marés de sizígia e quadratura (Figura 5.1.10.45 e 5.1.10.46).



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

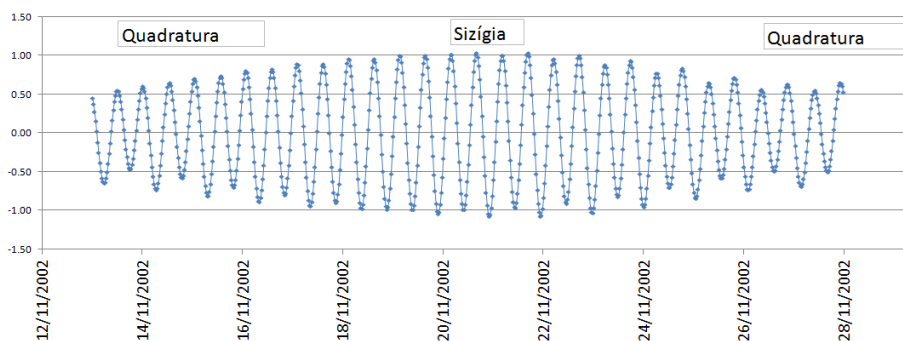
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

71/124



Marés Simuladas - COPPE 2002



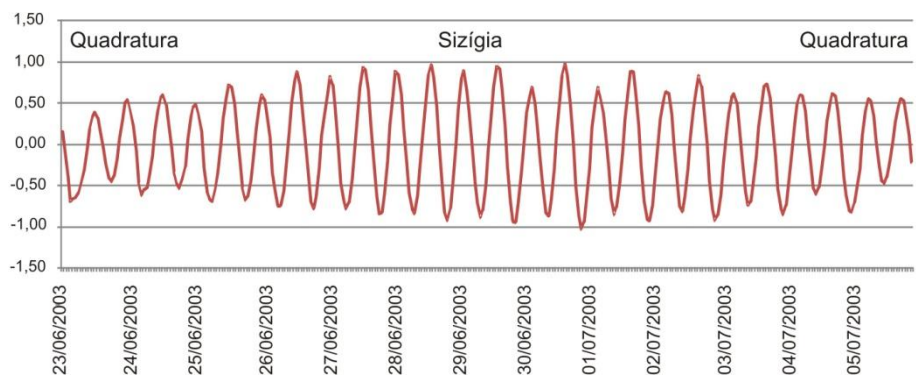
Amplitude

Máxima de maré

- Cenário Verão:

M Quad \approx 1m

M Siz \approx 2m



Amplitude

Máxima - Cenário

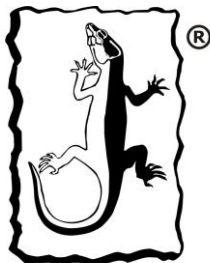
Inverno:

M Quad \approx 1,2- 1,4

M Siz \approx 2,1m

Figura 5.1.10.45: Gráfico de maré gerados em linha próxima às seções transversais de corrente (ver anexos 1 e 2) por simulação no software SisBaHia - Cenários verão e Inverno

O quadro seguinte apresenta a configuração gráfica das marés medidas na estação maregráfica de Aratu para o mesmo período (Figura 5.1.10.46):



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

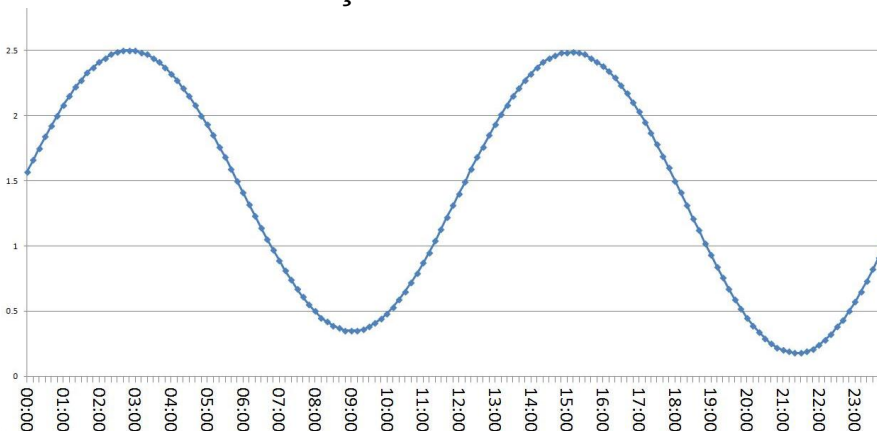
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

72/124



Marés medidas - Estação Aratu



Amplitude de maré

Máxima - Cenário

Verão:

M Siz \approx 2,3m

(Dado do período

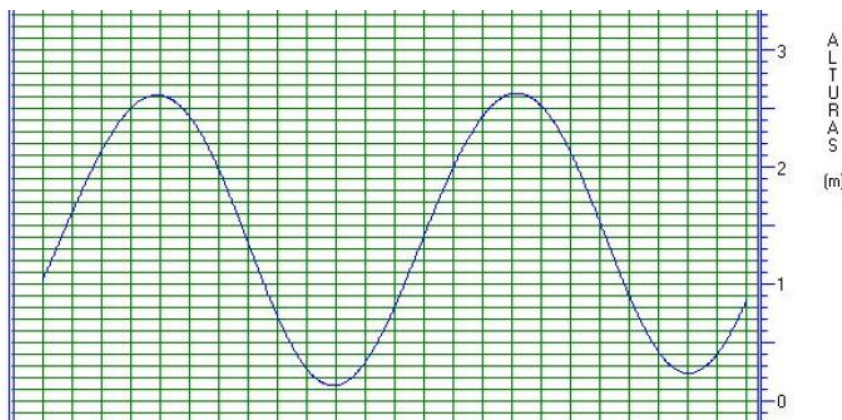
da campanha de

verão -

23/DEZ/2011 - 24

horas de

observação)



Amplitude de maré

Máxima - Cenário

Inverno:

M Siz \approx 2,3m

(dado do período

da campanha de

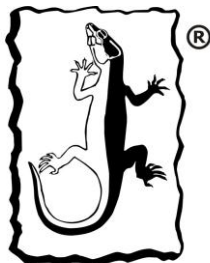
verão -

17/AGO/2012 - 24

horas de

observação)

Figura 5.1.10.46: Gráfico de maré medidos por estação meregráfica localizada em Aratu no entorno das seções transversais de corrente (ver anexos 1 e 2) - Cenários verão e Inverno -



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

73/124



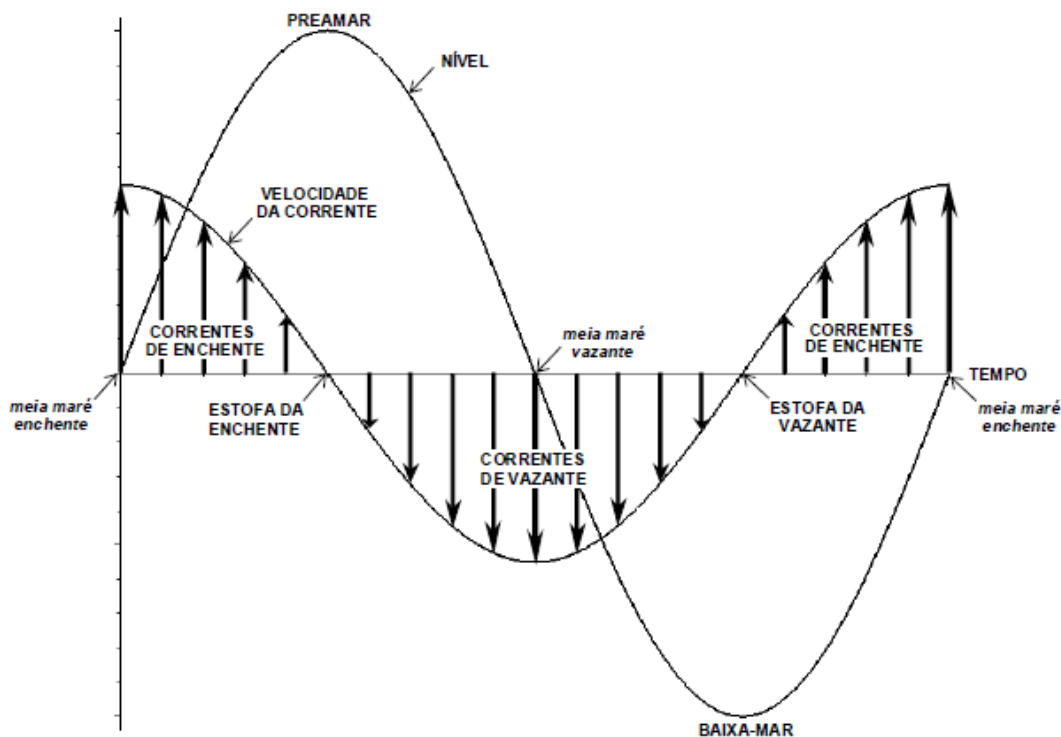
SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

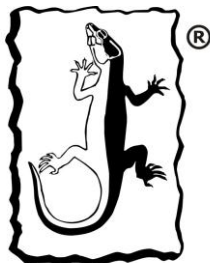


Maré de sizígia (períodos de maior amplitude)

Como foi demonstrado, os gráficos apresentam ótima coerência, apontando amplitudes muito semelhantes entre as simulações realizadas pelo SisBaHia (dados secundários) e os valores fornecidos pela estação marégrafica de Aratu (dados primários). Foram apresentados somente os valores de maré de sizígia em detrimento de serem o cenário de amplitude mais significativa para comparação desta variável.

Levando também em consideração que em condições teóricas as velocidades máximas de cada um desses ciclos ocorrem nos pontos de meia maré, como mostra a figura abaixo. Ou ligeiramente deslocados conforme foi constatado em nossas medidas de correntometria no capítulo anterior.





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

74/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



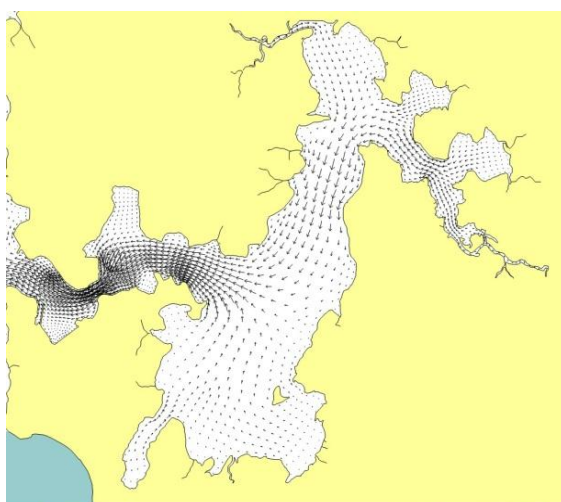
Situações como marés meteorológicas, eventos de enchentes de rios, variações sazonais não foram consideradas nesse modelo, devido à significância da quantidade de dados de monitoramento ambiental fornecida para esse trabalho.

Foram usadas as seguintes constantes harmônicas de maré para a construção dos gráficos retiradas do trabalho de Barroso 2009.

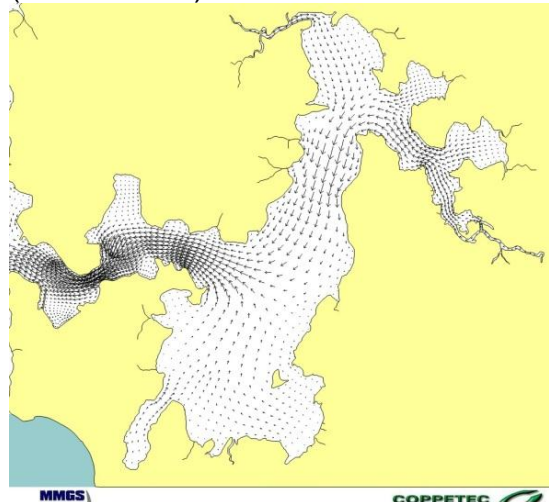
Componente de Maré	Dados da série padrão medida ¹		Dados Calculados pelo Modelo ²		% Energia
	Amplitude (m)	Fase (graus)	Amplitude (m)	Fase (graus)	
M ₂	0,82	113,4	0,84	115,7	82,3%
S ₂	0,32	106,7	0,30	142,6	11,8%
N ₂	0,17	108,3	0,14	110,0	2,9%
O ₁	0,06	124,3	0,08	125,2	0,6%
K ₁	0,05	203,1	0,06	221,3	0,3%
L ₂	0,04	98,9	0,03	80,2	0,1%

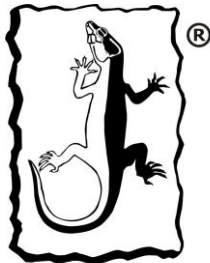
Segue exemplos do modelo de circulação hidrodinâmica. (Vídeo avi em arquivo digital)

Maré Vazante Quadratura



Meia Maré Vazante Quadratura
(maior vazão)





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

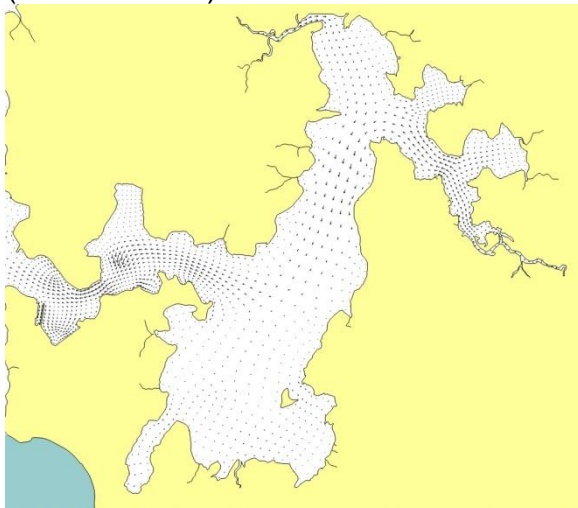
75/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



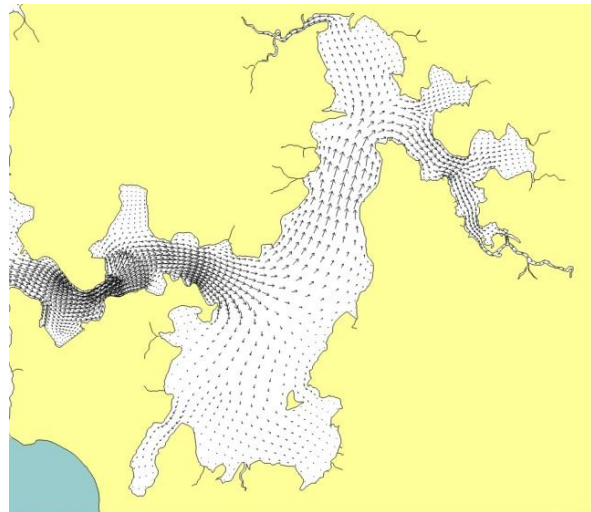
Maré Vazia Quadratura
(menor Vazão)



MMGS

COPPETEC
FUNDAÇÃO

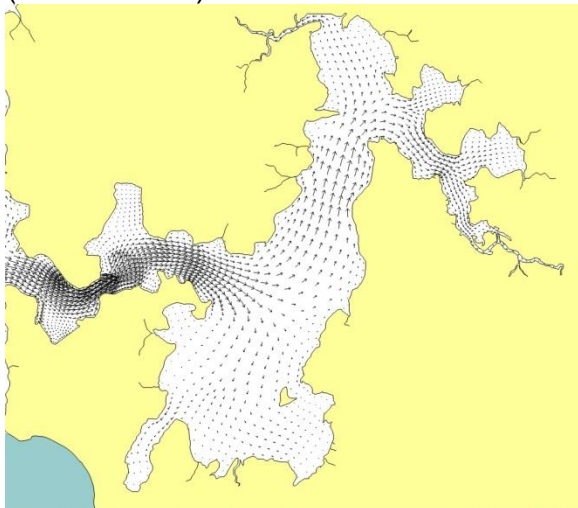
Maré Enchente Quadratura



MMGS

COPPETEC
FUNDAÇÃO

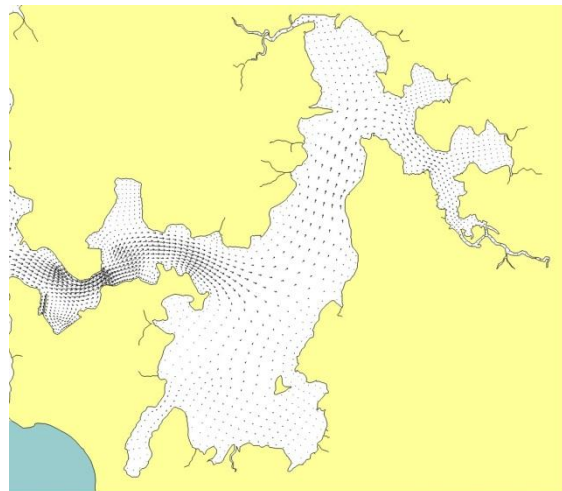
Meia Maré Enchente Quadratura
(maior Vazão)



MMGS



COPPETEC
FUNDAÇÃO

Maré Cheia Quadratura



MMGS

COPPETEC
FUNDAÇÃO

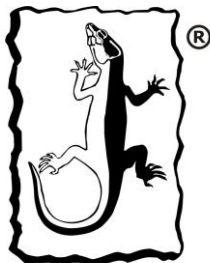
 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	76/124	

3.5. Modelo de Pluma

A simulação das Plumas foi realizado por modelagem de transporte determinístico (Modelagem Langrangeana) descrito na referencia técnica do SisBaHia® da seguinte maneira (fonte: http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/SisBAHIA_RefTec_V90.pdf):

Modelo de uso geral para simulação de transporte advectivo-difusivo com reações cinéticas, para camadas selecionadas de escoamentos 3D ou 2DH. Este modelo é especialmente adequado para simulações de vários tipos de problemas, por exemplo:

- Plumas de emissários ou pontos de lançamento de efluentes ao longo da costa. Permite a simulação de plumas de esgoto com vazões variáveis e taxas de decaimento (T_{90}) variáveis de acordo com época do ano, horas do dia, condições de cobertura de nuvens, etc.
- Derrames de óleo, instantâneos ou por período definido. No caso o modelo pode seguir as mesmas curvas de balanço de massa do ADIOS2, e pode incluir efeitos da dinâmica de Fay na fase inicial do derrame.
- Mistura de massas de água, tempos de troca e renovação de massas de água entre diferentes setores de um corpo de água.
- Transporte de detritos flutuantes, inclusive óleos e graxas.
- Determinação de tempos de residência em corpos de água naturais, permitindo obter mapas de isolinhas de tempos de residência em diferentes setores de corpos de água com geometria complexa.
- Determinação de tendências de deriva de sedimentos, substâncias dissolvidas ou particulados flutuantes.
- Determinação de correntes residuais lagrangeanas.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

77/124





- Estudos de dragagens, com determinação de plumas no sítio de dragagem e em locais de bota fora.
- Determinação de massa e altura de material sedimentado, por exemplo, em bota fora de dragagens.
- O modelo permite optar por transporte livre ou condicionado. Modelagens com transporte condicionado são especialmente úteis em análises de processos sedimentológicos. O transporte pode ser condicionado por valores mínimos de velocidade, ou de tensão no fundo exercida só por correntes, ou de tensão no fundo exercida conjuntamente por ondas e correntes.
- O Modelo Lagrangeano “permite a utilização de praticamente qualquer tipo de reação cinética de decaimento ou produção do contaminante sendo modelado, inclusive através de curvas de decaimento fornecidas através de tabelas e valores. Pode-se também simular processos de perda de massa por sedimentação”.

Desta forma, o modelo hidrodinâmico da Baía de Aratu foi configurado permitindo a simulação de inúmeras variáveis que podem influenciar na concentração de sedimentos em suspensão na BA. No entanto os dados de turbidez, composição do assoalho marinho, bem como um detalhamento da metodologia de dragagem não foram oferecidos. Dessa forma o trabalho prossegue com dados baseado em informações descritas na bibliografia (trabalhos acadêmicos), considerando uma draga do tipo Hopper com capacidade de 10.000ton.

DRAGAGEM

Em leitura de trabalhos anteriores as referências indicam que dragas hidráulicas re-suspendem cerca de 2% do material dragado. E em seus tanques são transportados sedimentos e água numa relação de 1/1. Num cálculo expedito considerando a densidade média dos minerais de argila mais comuns (2725 kg/m³), em cada etapa de

 <p>LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</p>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	78/124	

sucção de sedimentos do fundo seriam colocados em suspensão 270 toneladas de sedimento argiloso.

Para entrada de dados sobre a pluma no modelo foram considerados dois tipos de resuspensão de sedimentos durante a atividade de dragagem, uma gerada pela sucção do sedimento e outra pelo transbordo da draga. Para a de sucção foi considerada que esta etapa equivale a uma vazão 0,016 m³/s com concentração de 1000 (Kg/m³), já a de transbordo foi considerada vazão 0,25 m³/s com concentração de 1200 (Kg/m³), ambos por 3 horas e simultâneo, segundo COASTAL PLANNING 2009.

SEDIMENTO

Toda a área a ser dragada foi considerada como um assoalho marinho argiloso, conforme consta no capítulo caracterização do material a ser dragado.

VELOCIDADE VERTICAL DE SEDIMENTAÇÃO

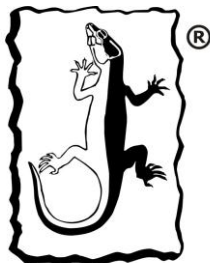
A velocidade vertical de sedimentação considerando material argiloso, é na ordem de 10⁻⁵m/s valores obtidos em pesquisa de outros trabalhos em diferentes locais do Brasil.

ÁGUA

Na entrada de dados no modelo hidrodinâmico e plumas a densidade da água foi considerada homogênea com um valor de 1021.5 kg/m³, de forma que o modelo ignora possíveis misturas de água doce e salgada, e estratificação no estuário.

RESULTADOS

As figuras a seguir representam imagens dos modelos de dispersão da pluma de sedimento na Baía de Aratu gerada pela dragagem nas condições supracitadas, uma



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

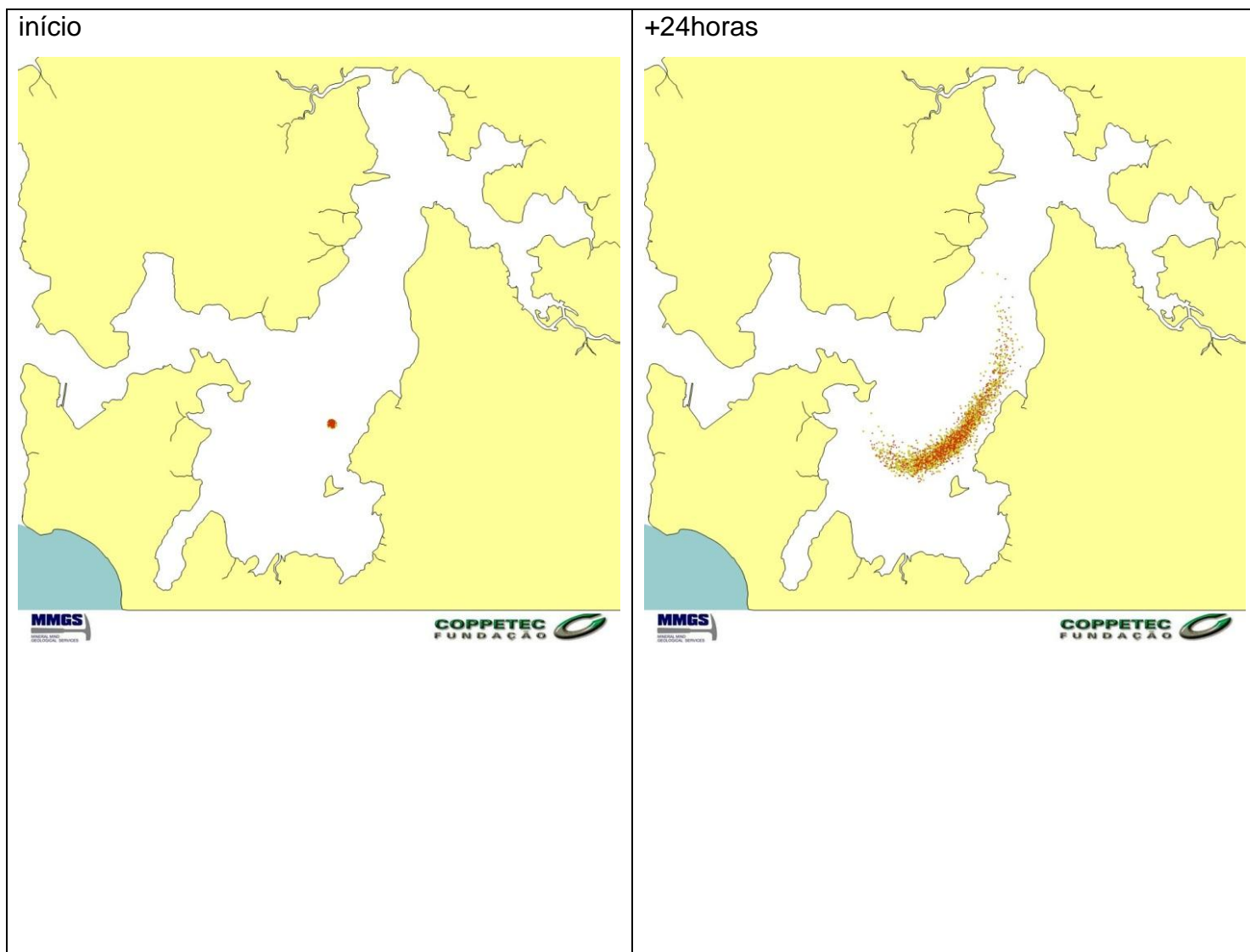
PÁGINA

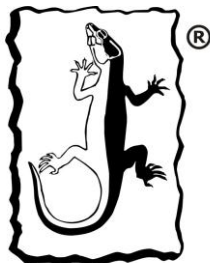
79/124



figura para cada dia totalizando 7 dias de simulação. Nessa situação foram executadas duas dragagens cada uma durando 3 horas nos picos de maré baixa. Em ambas as situações de maré, o modelo foi simulado em situações de inverno, com data a partir de 21 de junho. Vídeos do modelo podem ser encontrados nos anexos.

Simulação numa maré de sizígia.





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

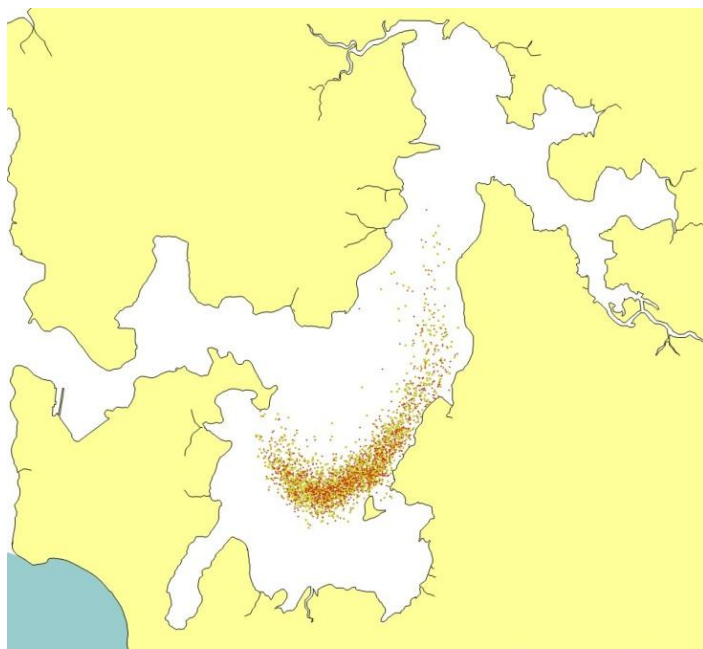
80/124



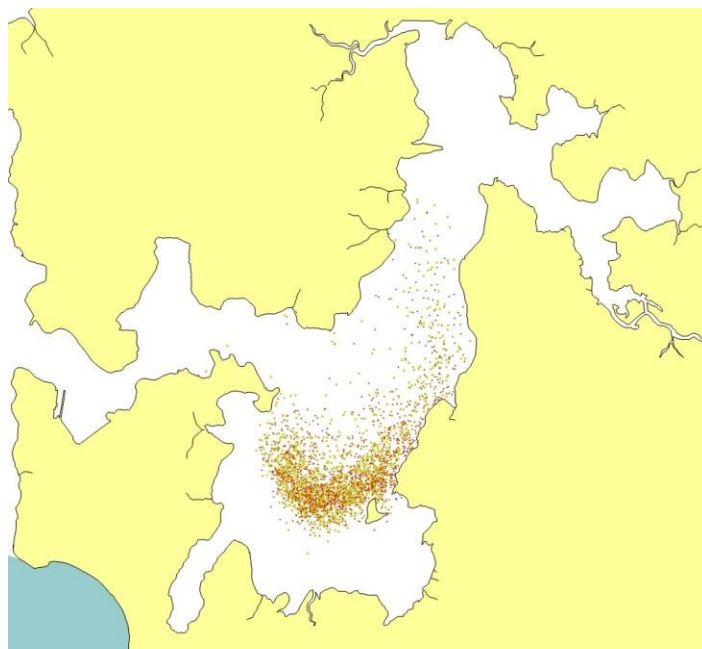
SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



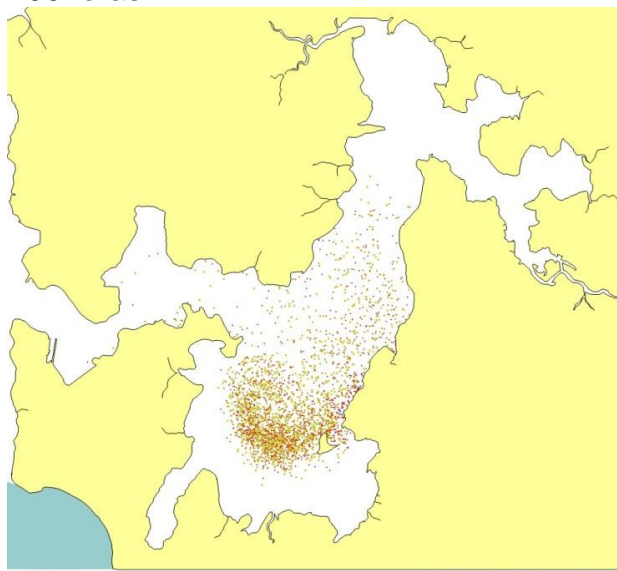
+ 48 horas



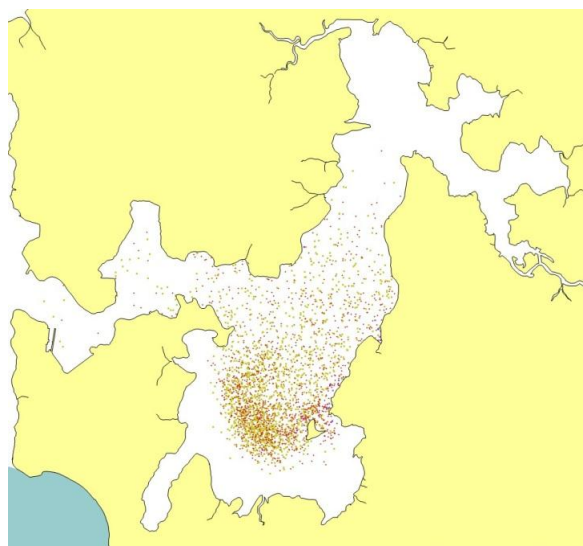
+72 horas



+96 horas



+120 horas





LACERTA

Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

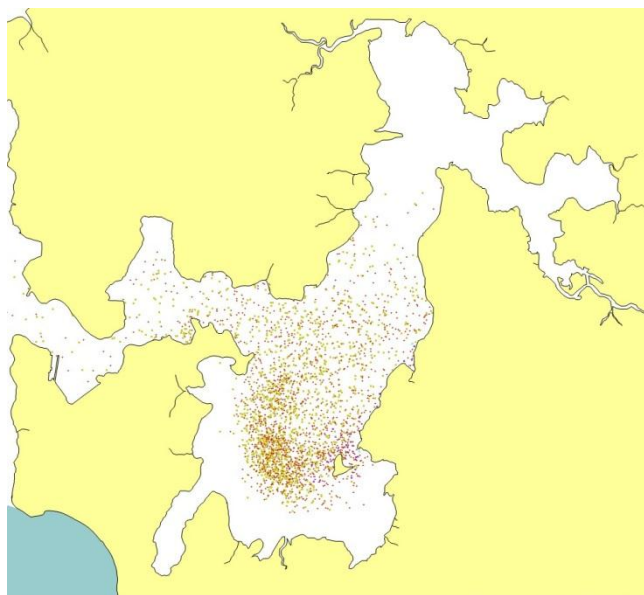
81/124



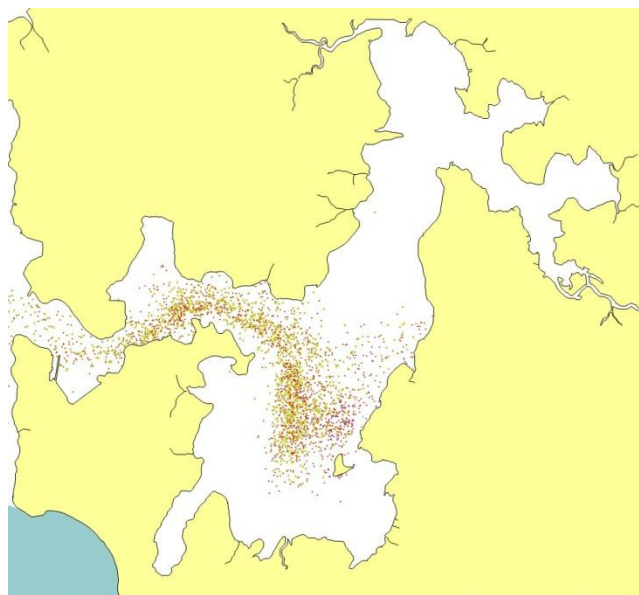
SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

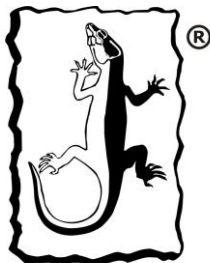


144 horas



168 horas





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

82/124

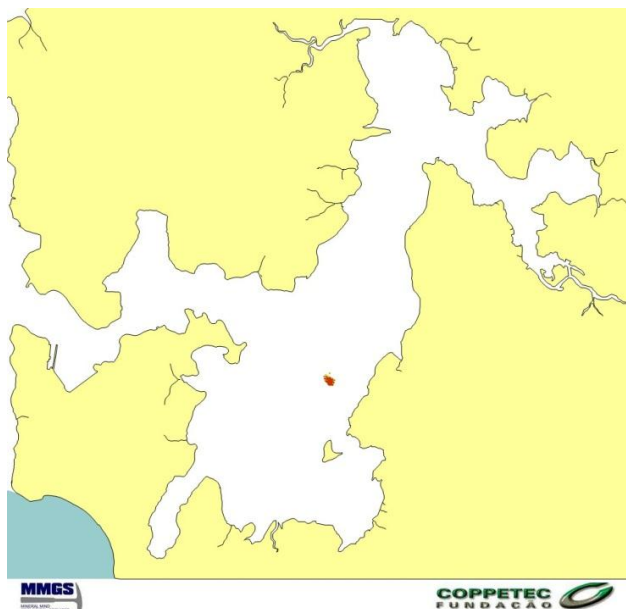


SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

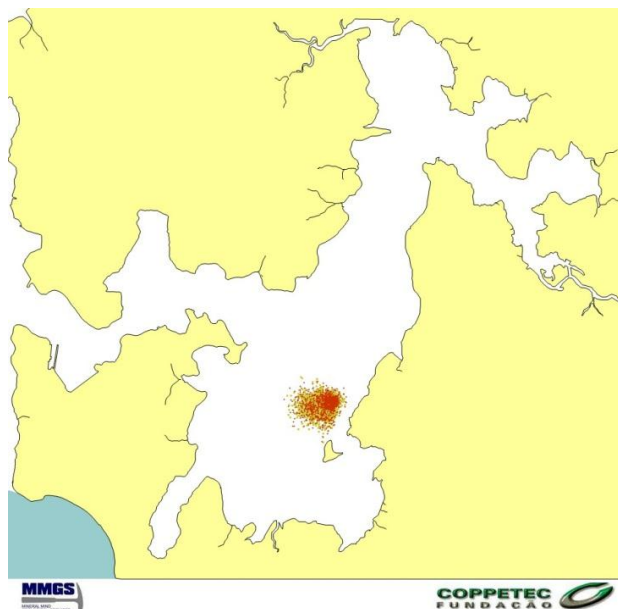


Simulação numa maré de quadratura

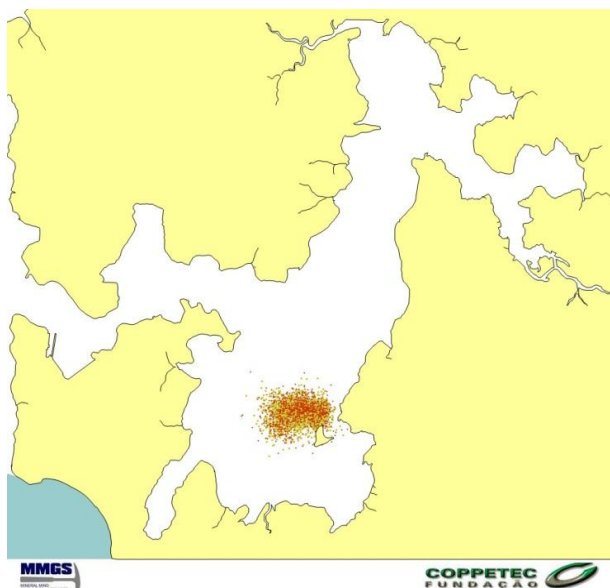
Início



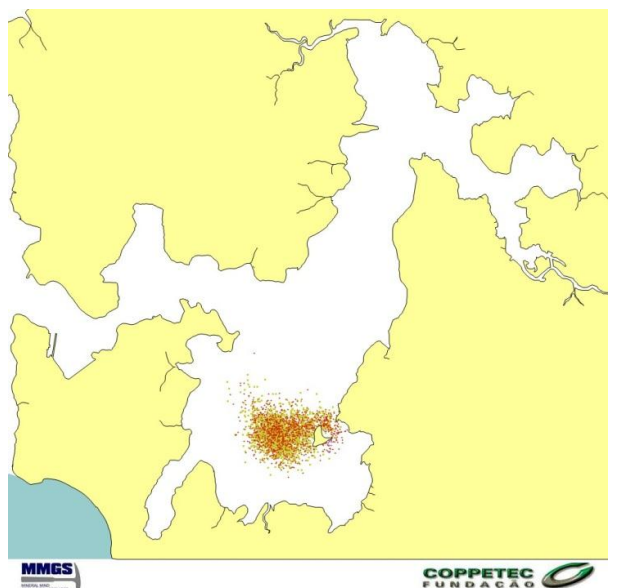
+24 horas

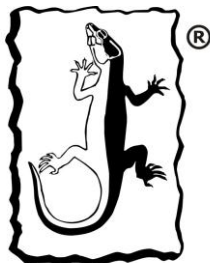


+48 horas



+72 horas





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

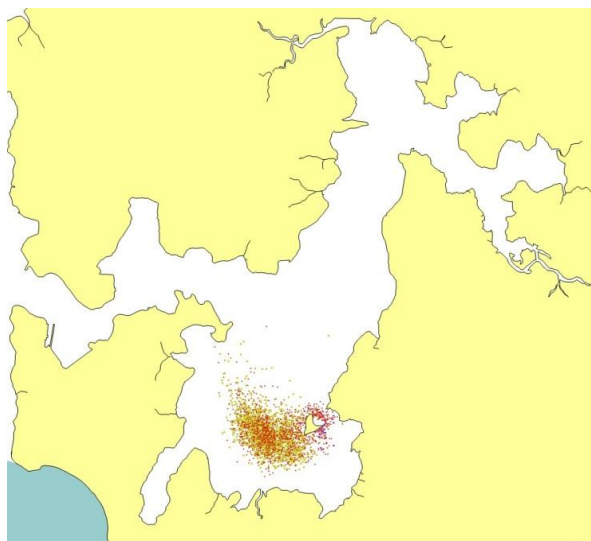
83/124



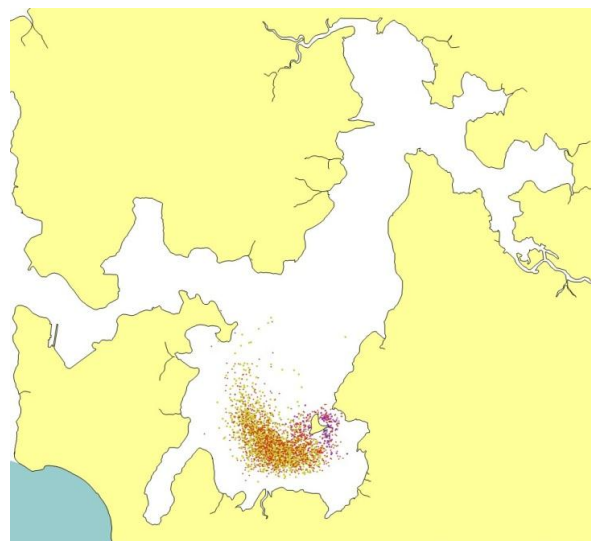
SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



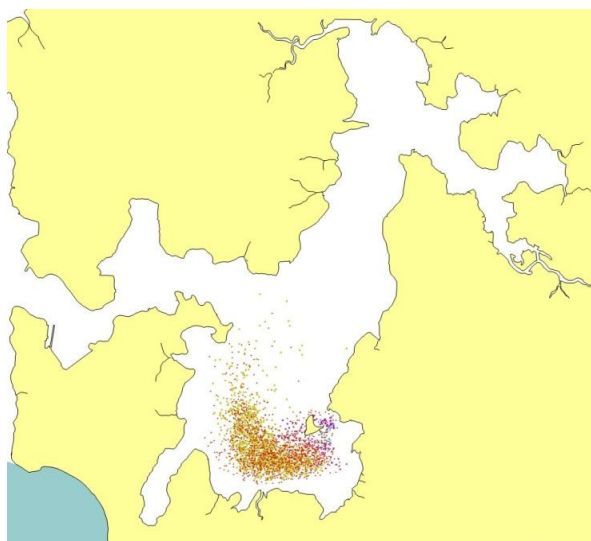
+96 horas



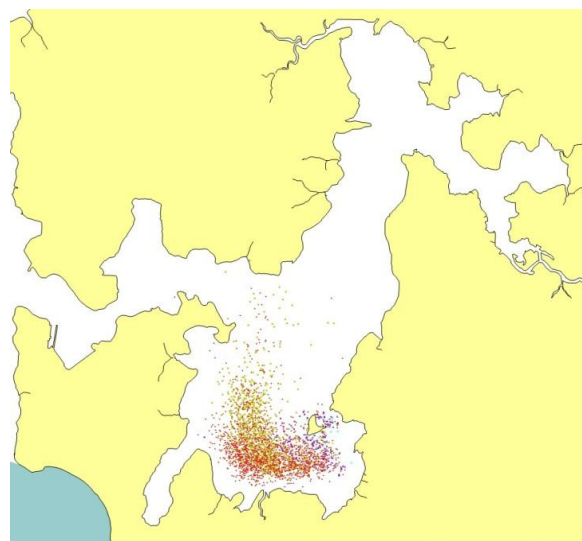
+120 horas






+144 horas



+160 horas



 LACERTA Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	 SUDIC Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	SECRETARIA DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO E MINERAÇÃO
	PÁGINA	 Bahia GOVERNO TERRA DE TODOS NÓS
	84/124	

Comparando o modelo de pluma de sedimentos nas duas situações distintas de maré, fica claro que executando a dragagem em períodos de quadratura o espalhamento desse sedimento em suspensão será menor, conseqüentemente o impacto no estuário será minimizado, o mesmo ocorre no relatório anterior onde os com os mesmos parâmetros foram aplicados numa situação de verão.

Ressaltamos que esses modelos são generalistas, e não contemplam situações de eventos meteorológicos, nem as datas exatas em que serão executadas as dragagens, mas consistem em importantes comparativos para o planejamento de uma metodologia de execução dragagem. É importante também salientar que diversas intervenções foram executadas na Baía de Aratu e Canal de Cotegipe, como construção de berços para descarga de grandes navios, dragagens dentre outras.

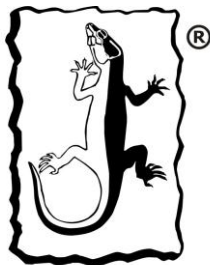
4. Recomendações Finais

DRAGAGEM

Com o intuito de minimizar a mobilização dos sedimentos que serão colocados em suspensão durante as atividades de dragagem, é sugerido a fase e o momento da maré, que causarão a menor resuspensão de sedimentos, considerando os dados de correntometria coletados nas duas campanhas. Essa proposta se adéqua a utilização do ciclo da draga Hopper, pois propomos a sucção nos momentos de menor corrente e o transporte para a zona de descarga nos momentos de maior corrente de maré.

Considerando:

- 10.000 m³ de capacidade de transporte da draga
- 3 horas para encher os tanques com base nas especificações da draga, distância do ponto de descarte.
- 4 horas para percorrer os 50 km até o ponto de descarte



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

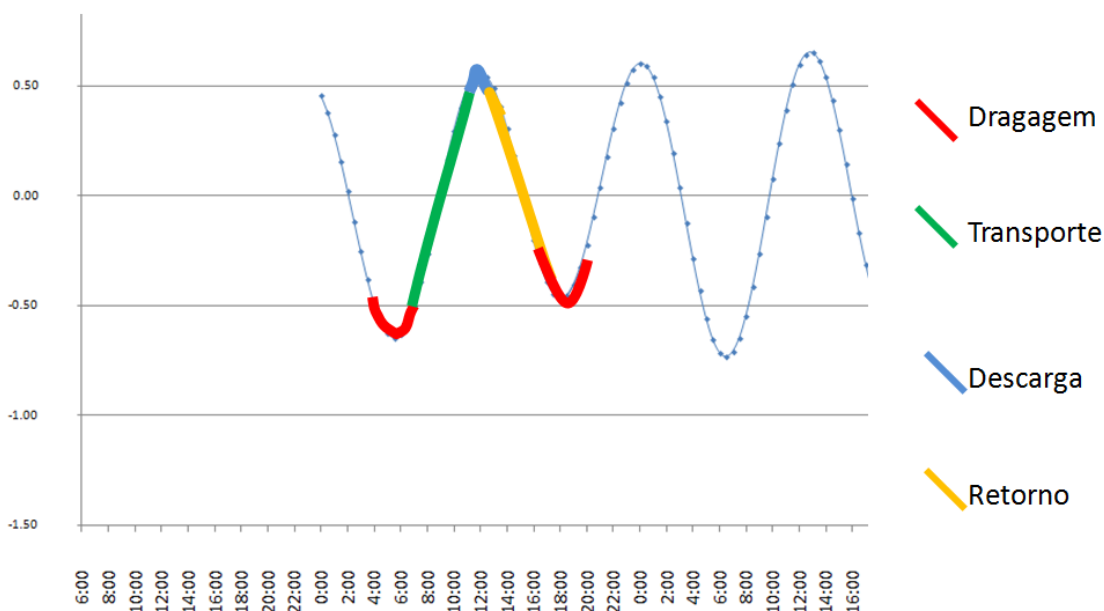
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

85/124



- 1 hora descarregando
- 4 horas para retornar ao ponto de dragagem.

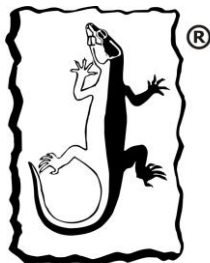


De forma a minimizar ainda mais os impactos da dragagem, sugerimos que seja executada em intervalos de 15 dias, para evitar dragagens em períodos de sizígia onde temos correntes mais intensas.

MODELOS HIDRODINÂMICOS

É de fundamental importância a construção de um novo modelo com uma malha adequada aos processos de dragagem e que simule as condições similares ao dia que a dragagem será efetuada (ainda não definido). Para isso são necessários:

- Novos monitoramentos de correntometria, com o objetivo de verificar as variações sazonais e calibrar o modelo.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

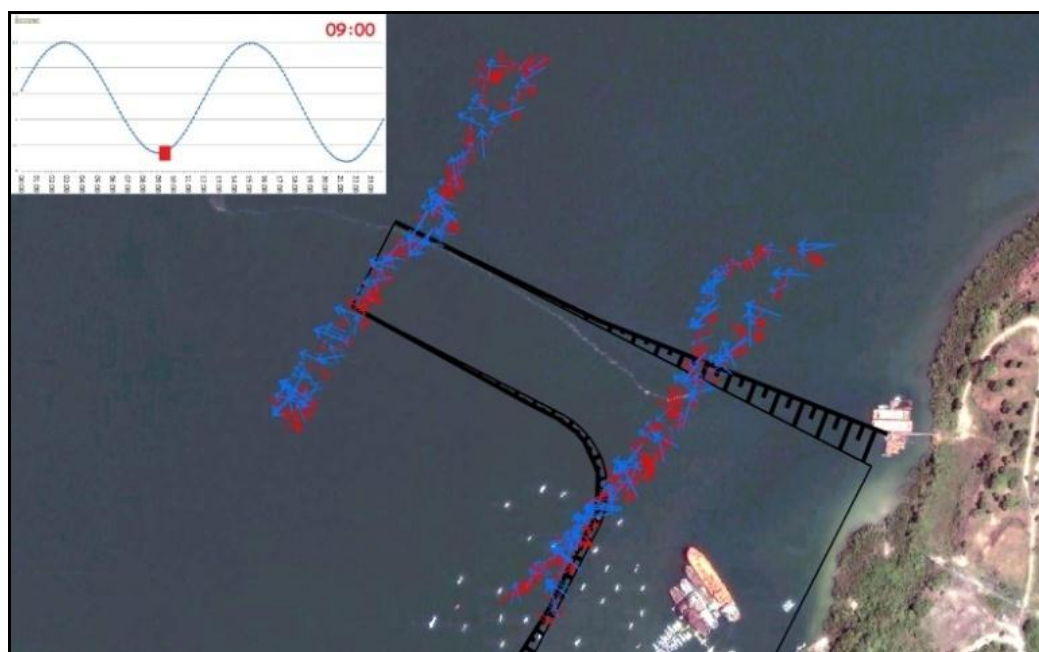
PÁGINA

86/124



- Monitoramentos de turbidez e salinidade, com o objetivo de saber a densidade real da água, e se existe estratificação e formação de cunha salina.
- Verificação e medição de fenômenos que podem influenciar na hidrodinâmica como vento, cheias de rios, chuvas, evaporação etc. Usar esses fenômenos para calibrar o modelo.
- Construção dos novos modelos hidrodinâmicos e pluma que contemplem a completa operação de 30 dias de dragagem.

Figura 5.1.10.47: Mapa de vetores de correntometria – Campanha 23/12/11 (maré de Sizígia)
(10:00 as 22:00 hrs)





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

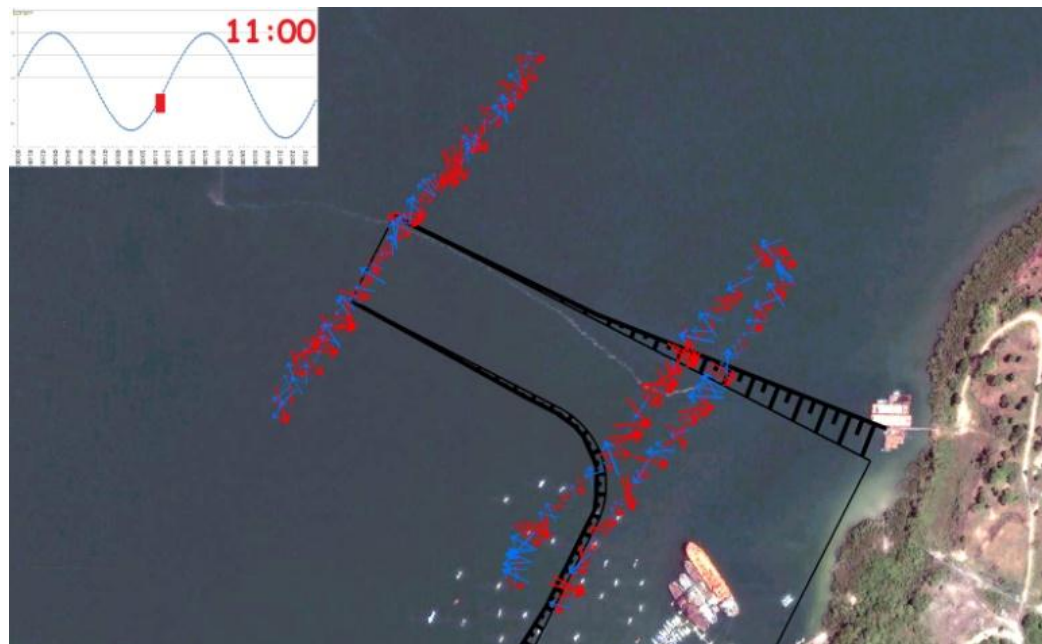
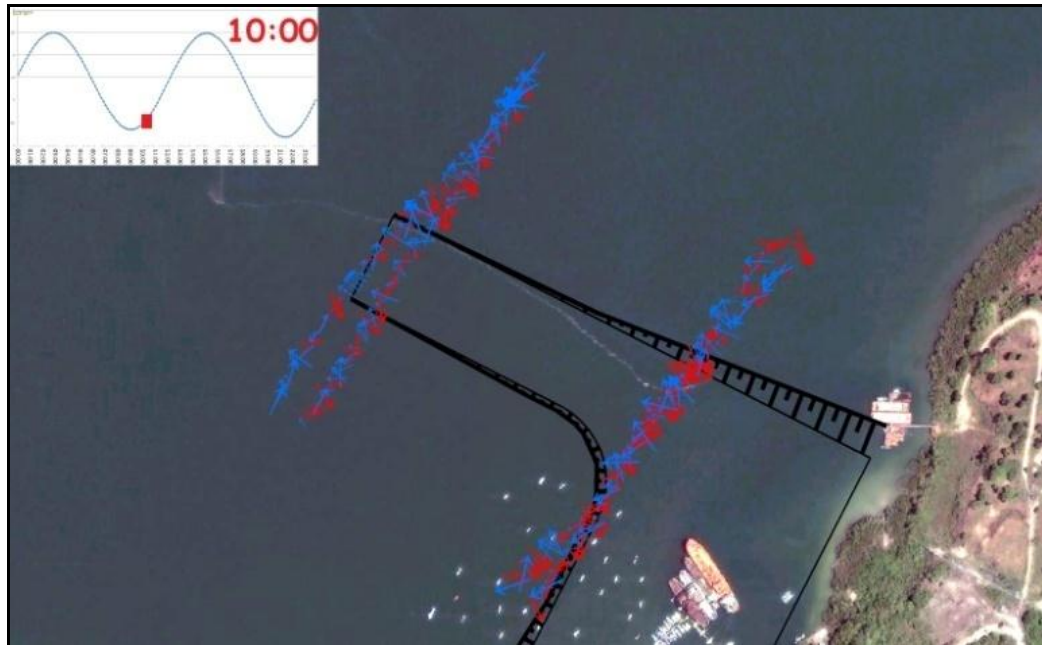
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

87/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

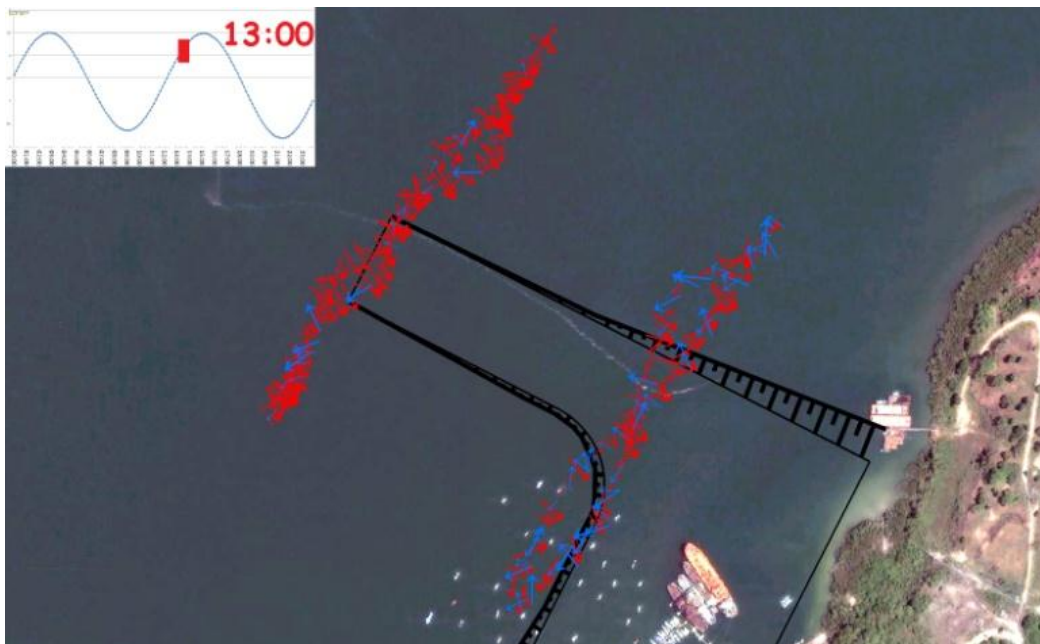
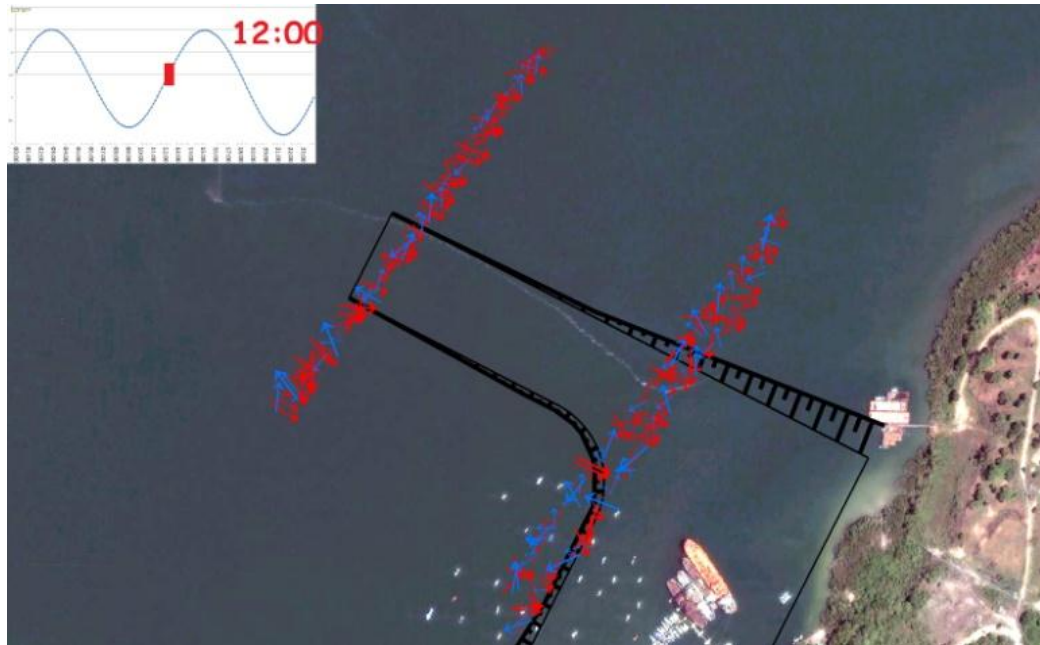
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

88/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

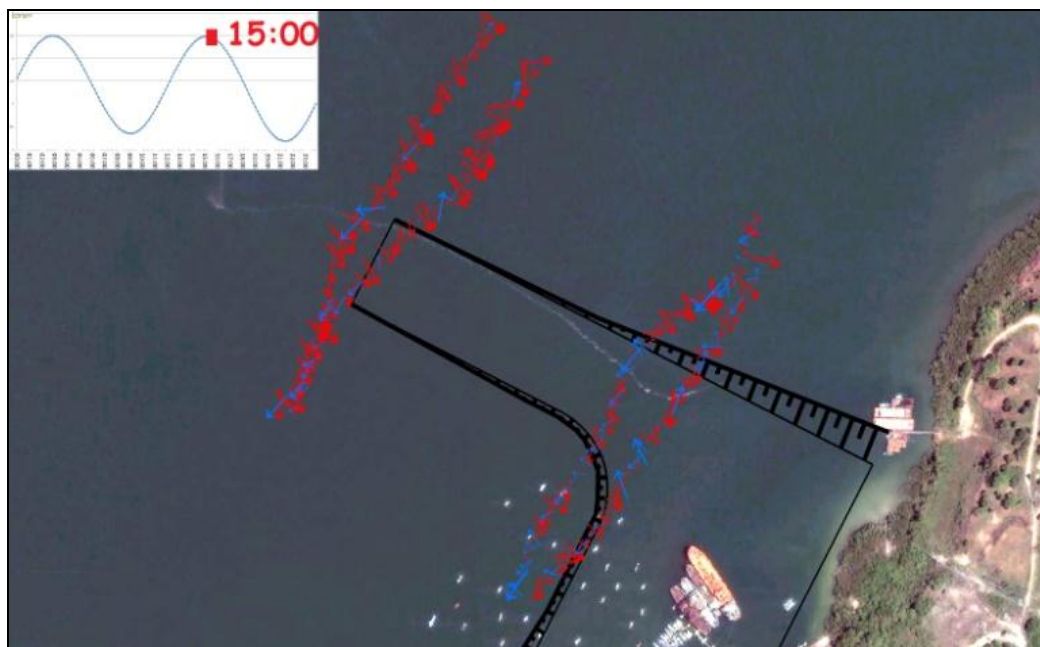
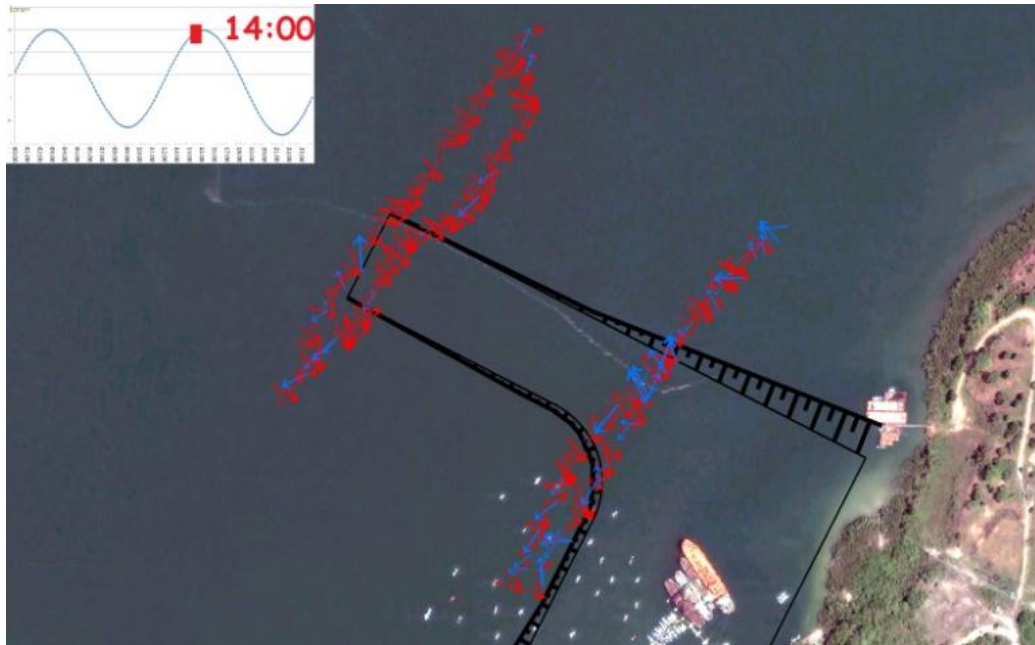
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

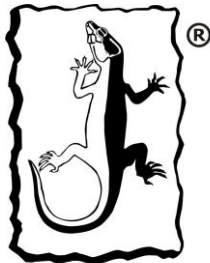
PÁGINA

89/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

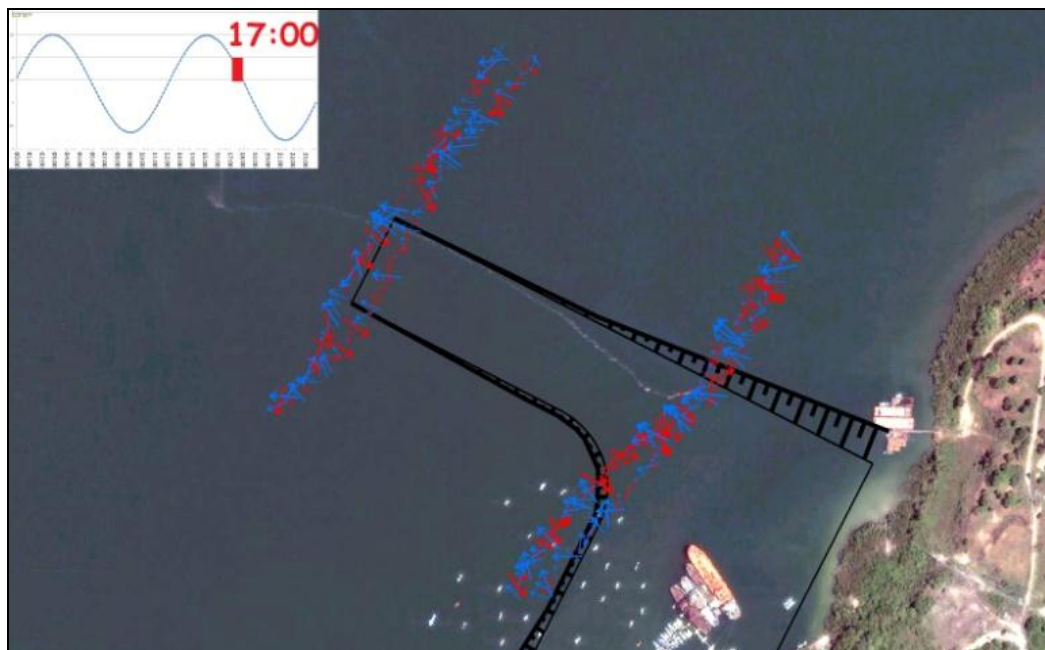
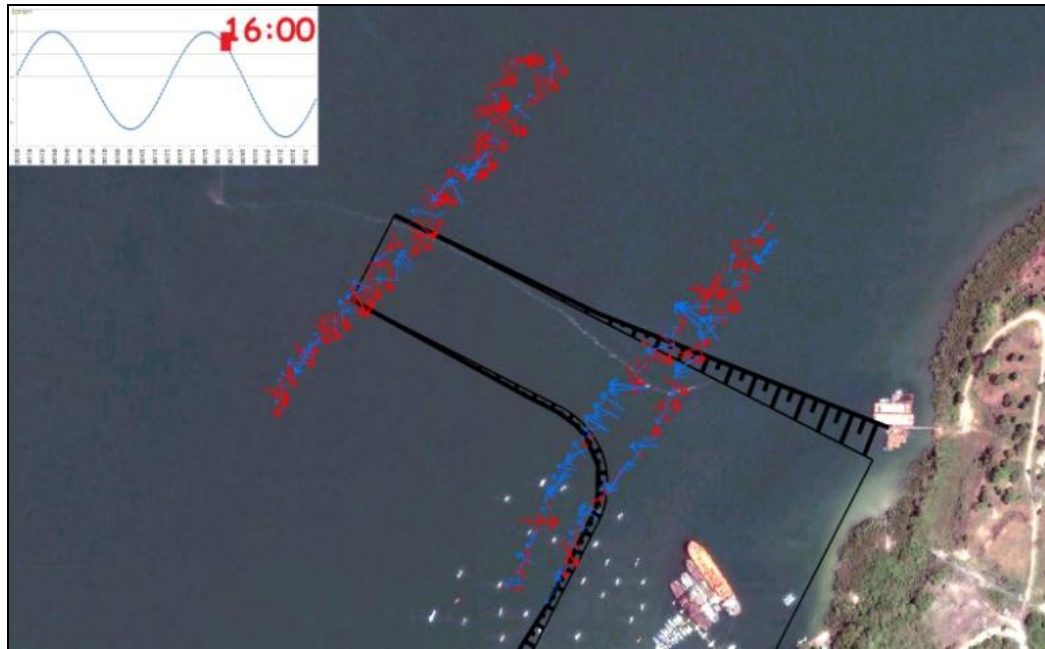
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

90/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

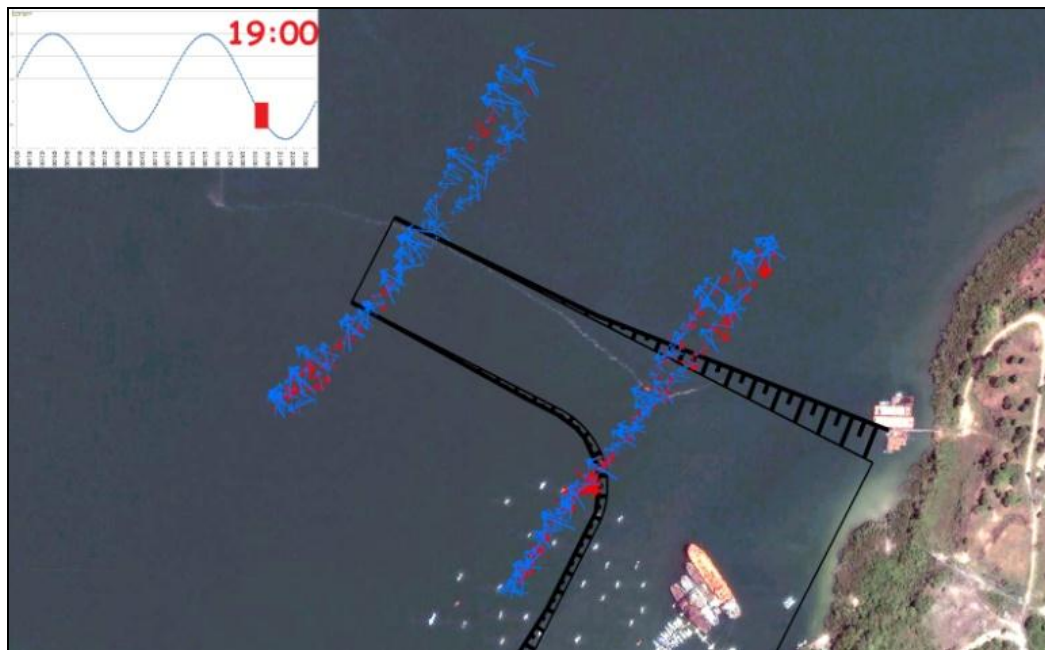
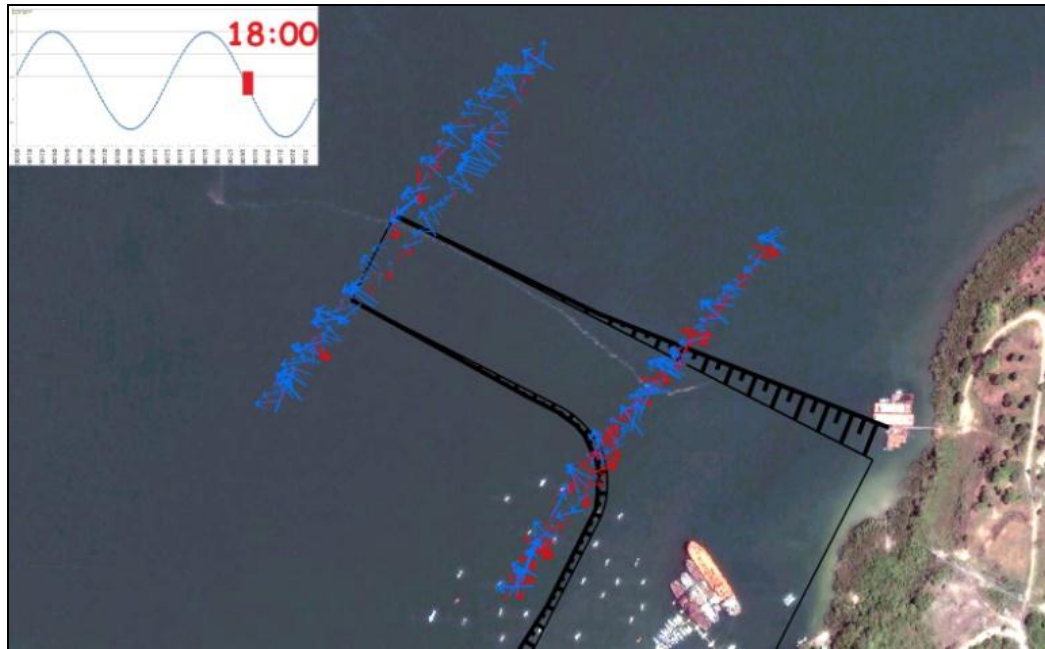
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

91/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

92/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

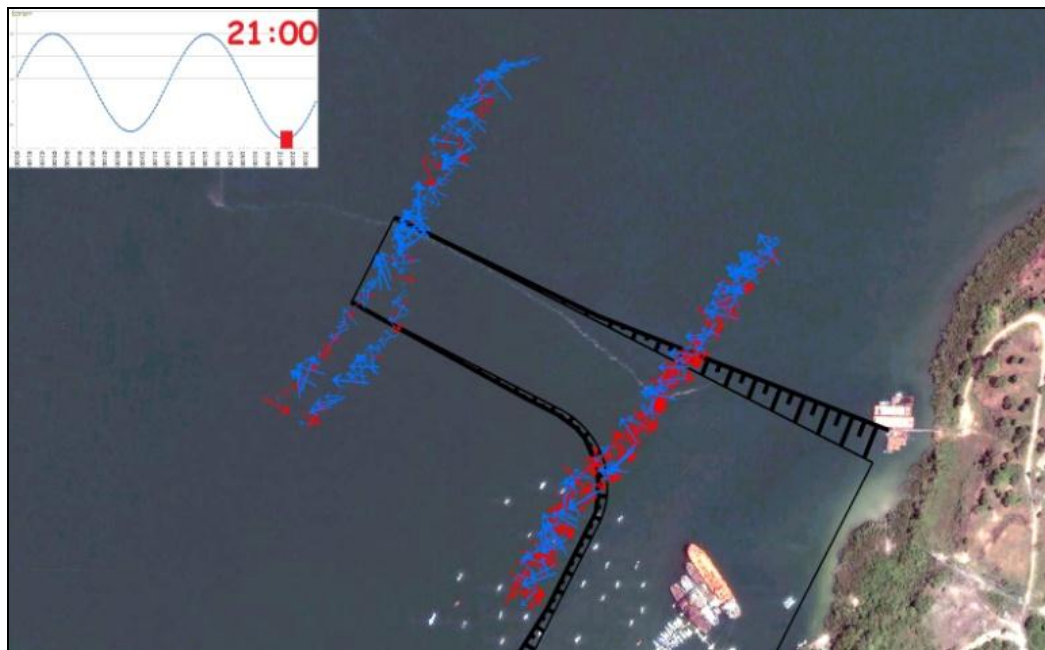
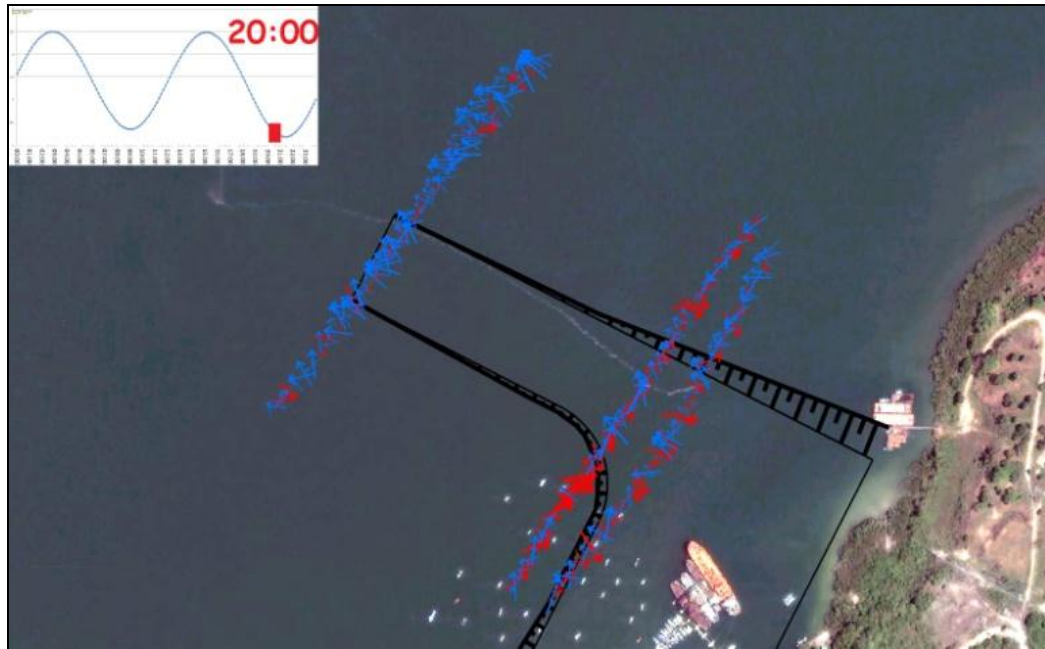
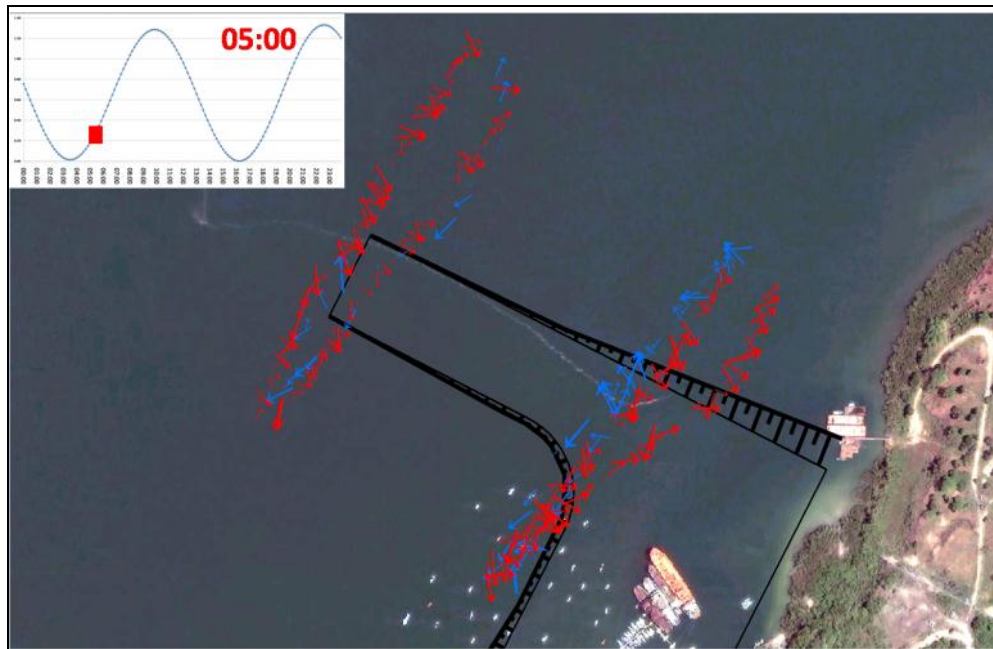


Figura 5.1.10.48: Mapa de vetores de correntometria – Campanha 16/01/12 (maré de Quadratura) (5:00 as 17:00hrs)





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

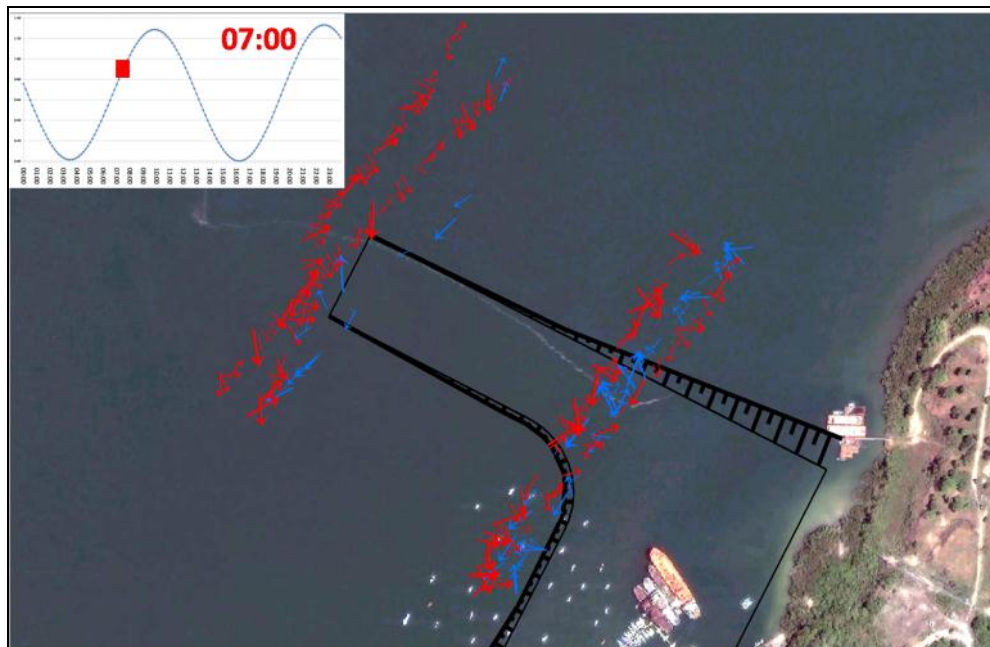
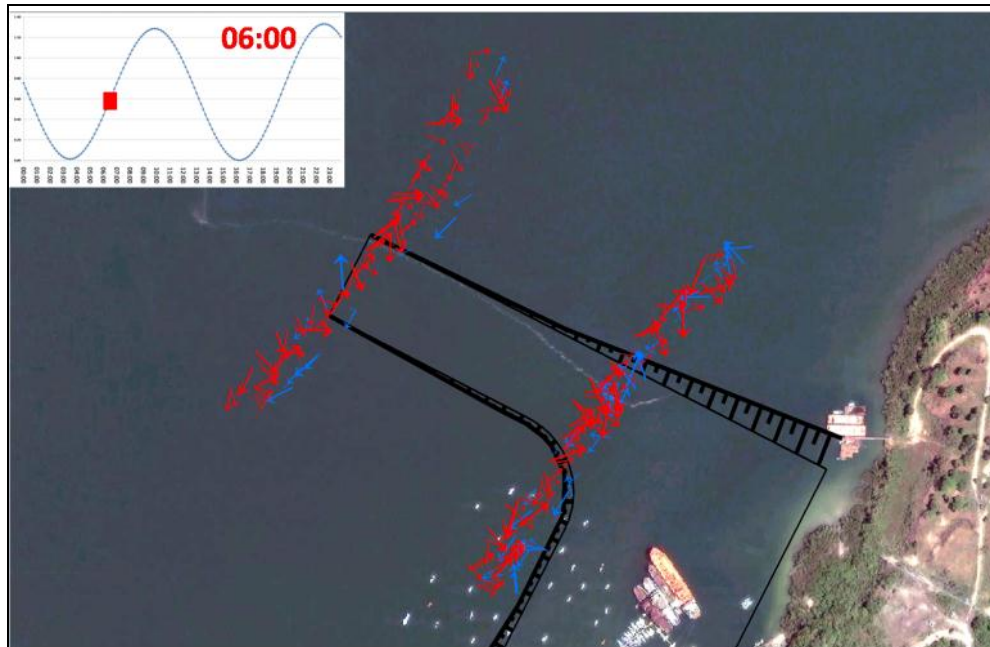
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

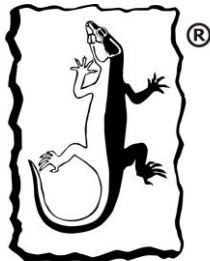
PÁGINA

94/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

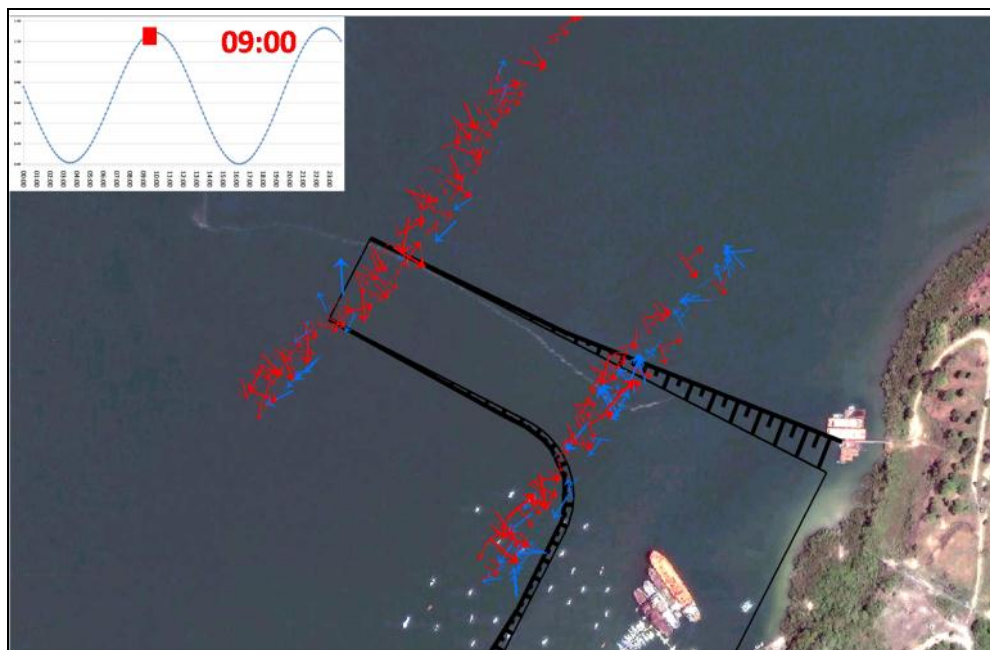
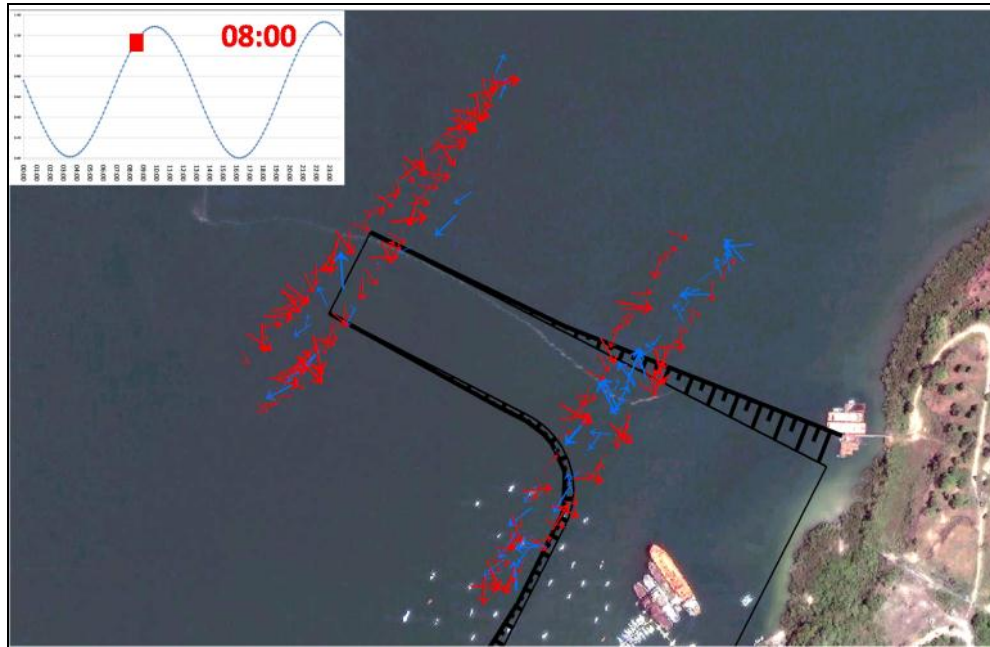
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

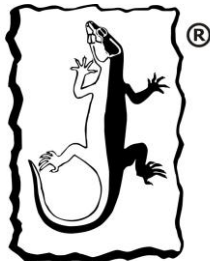
PÁGINA

95/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

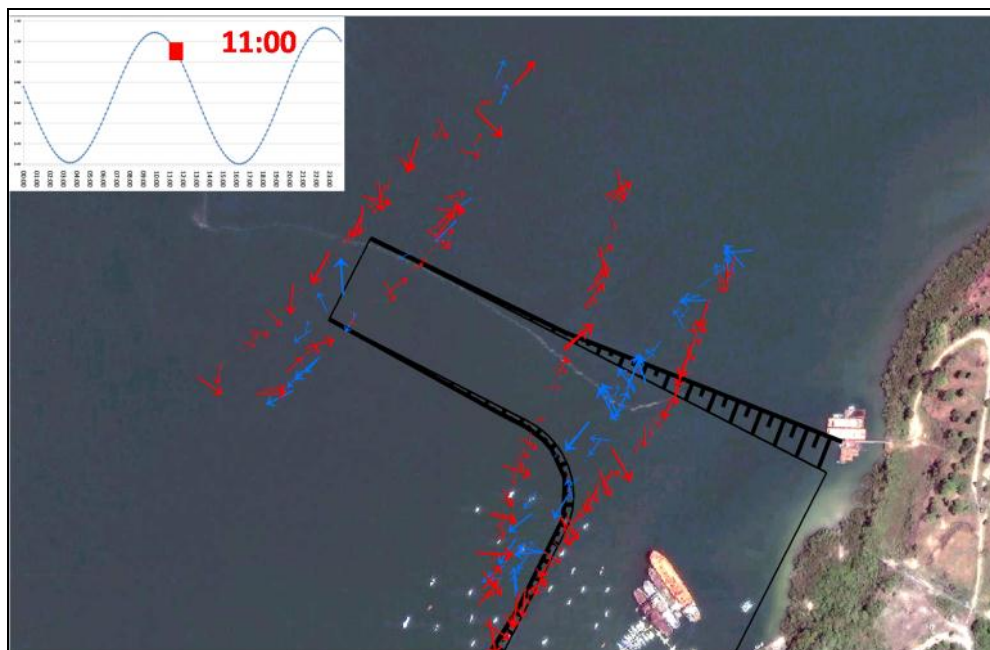
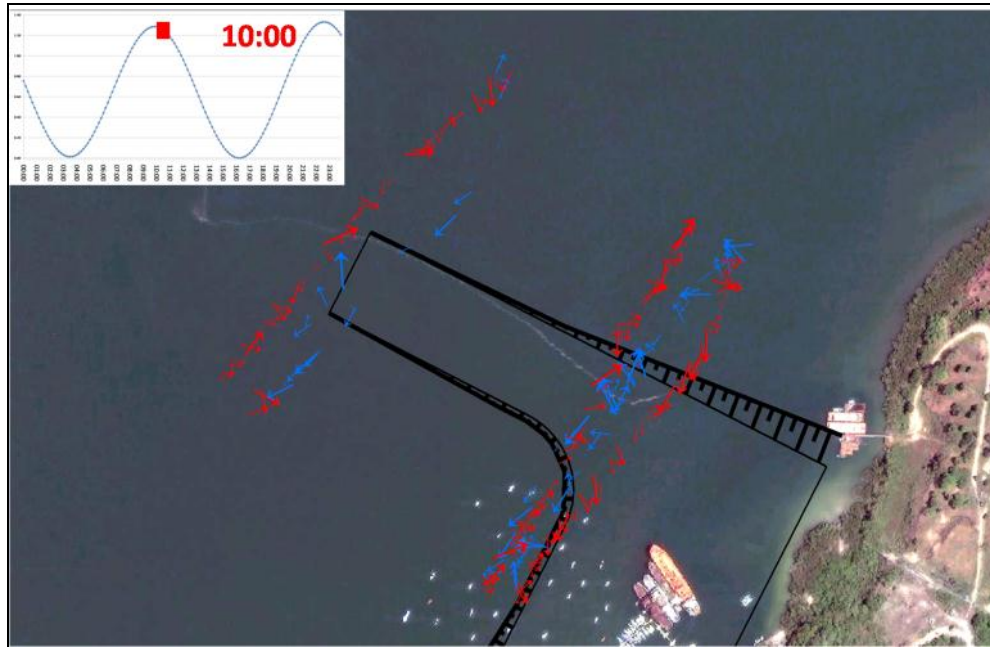
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

96/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

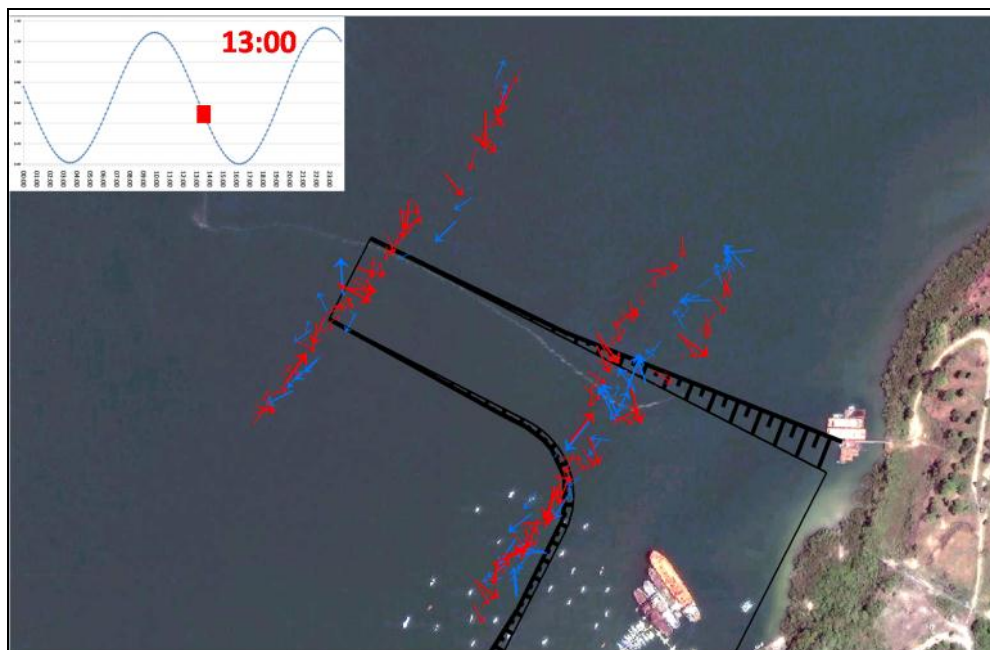
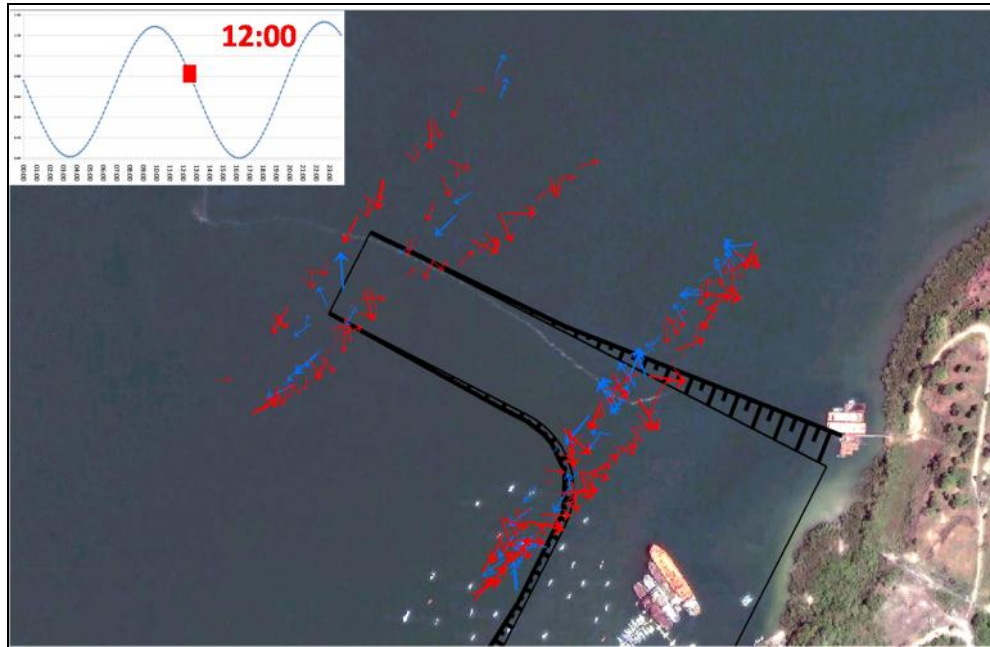
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

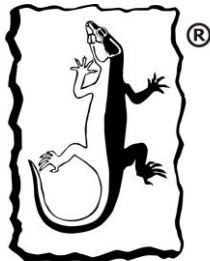
PÁGINA

97/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

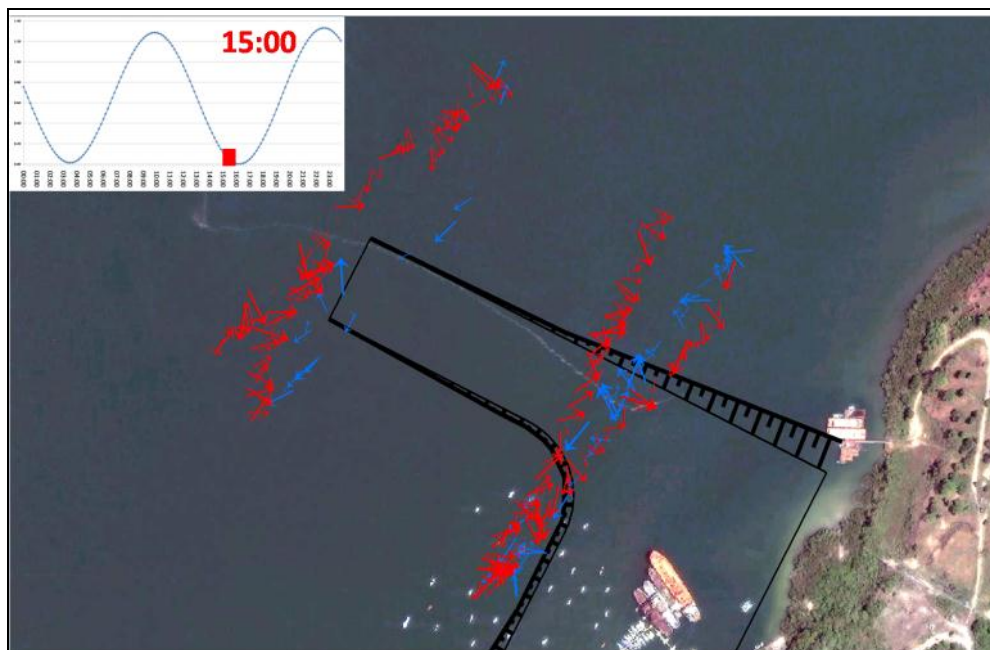
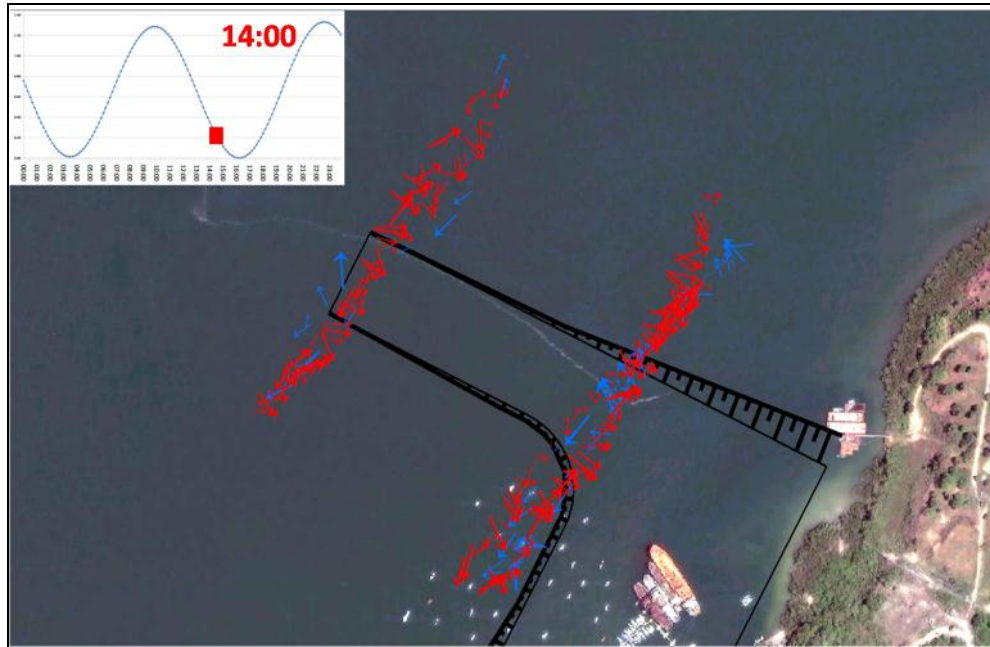
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

98/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

99/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

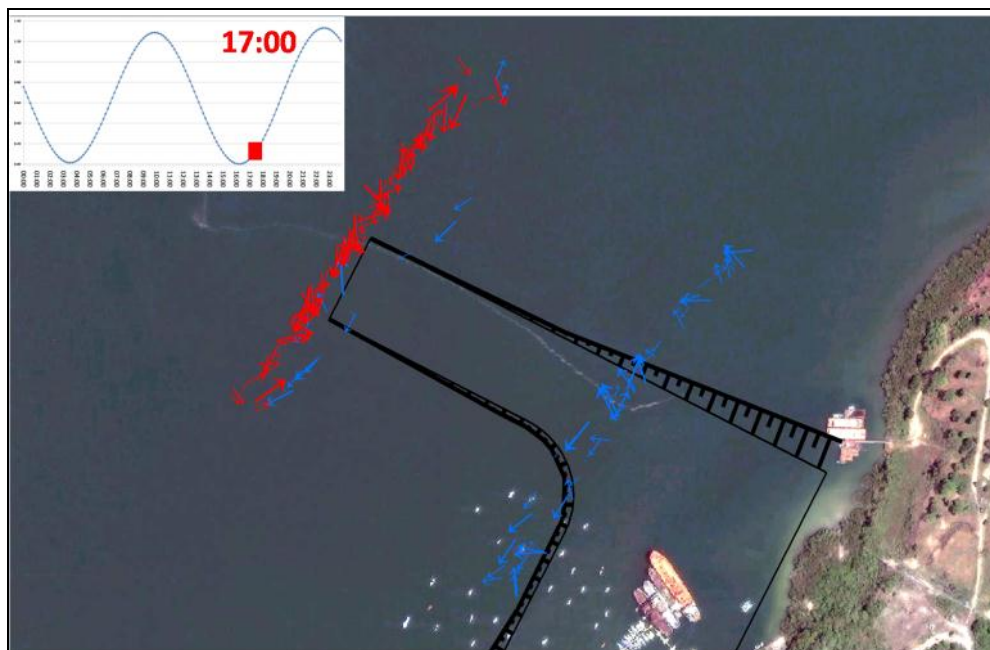
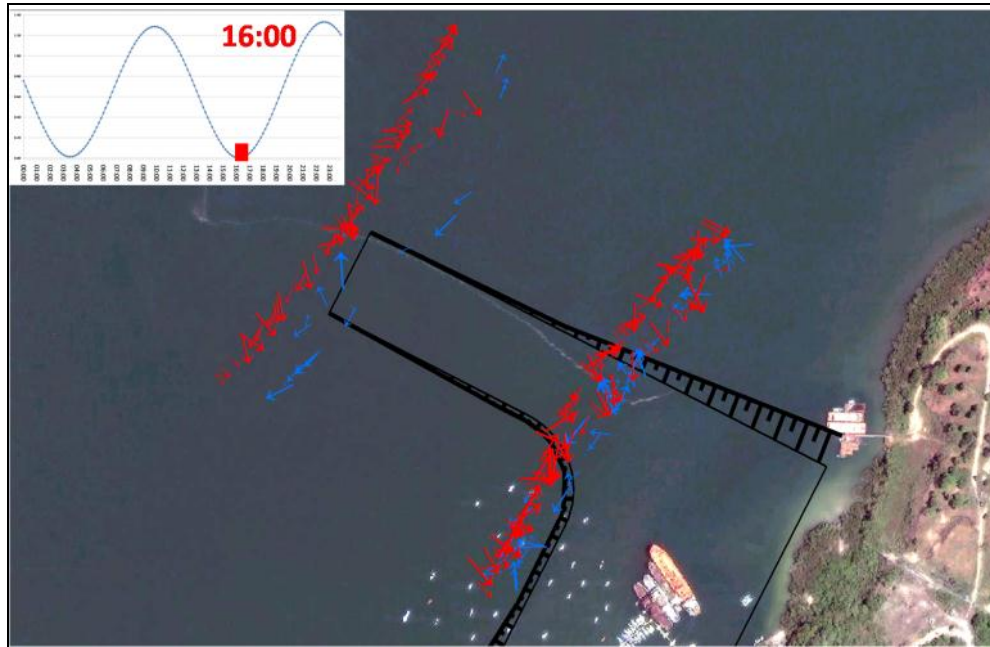
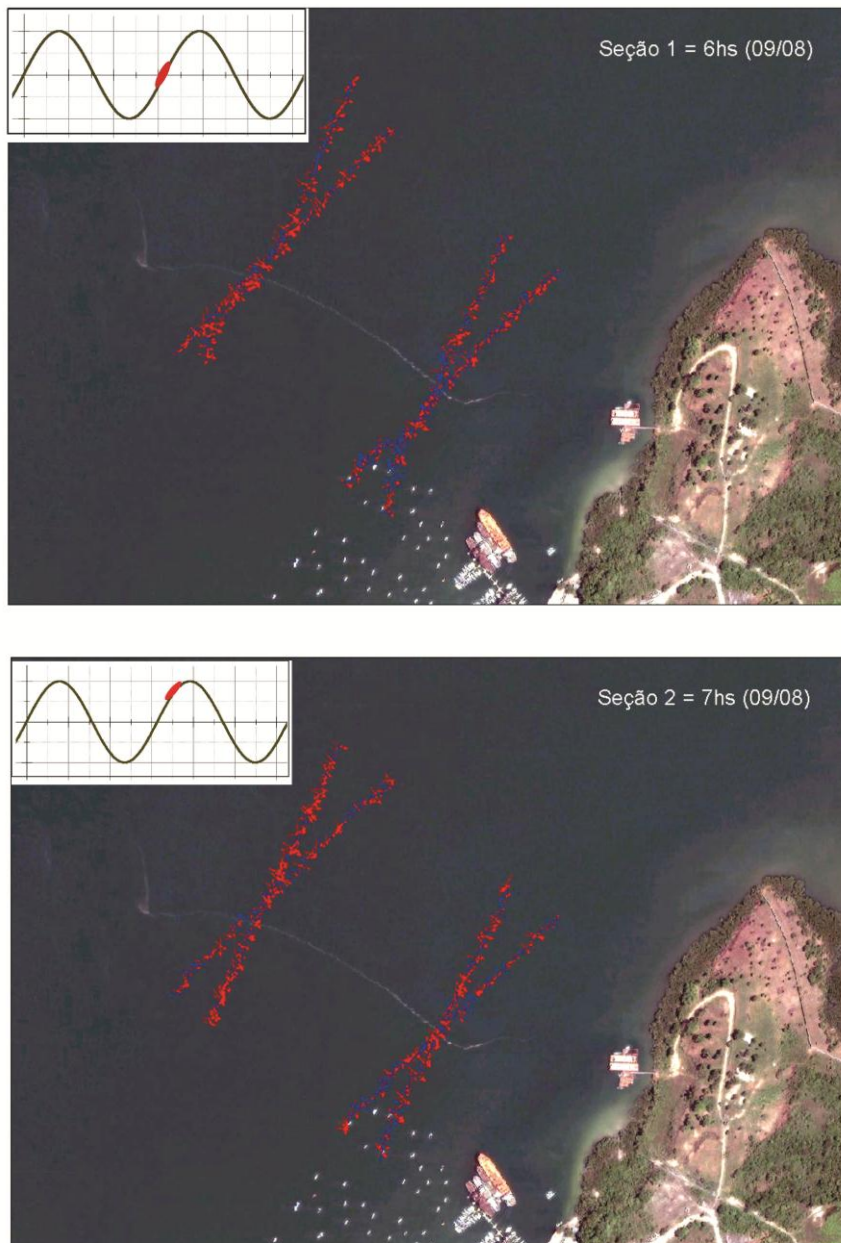


Figura 5.1.10.49: Mapa de vetores de correntometria – Campanha de Inverno 09/10/12 (maré de Quadratura)





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

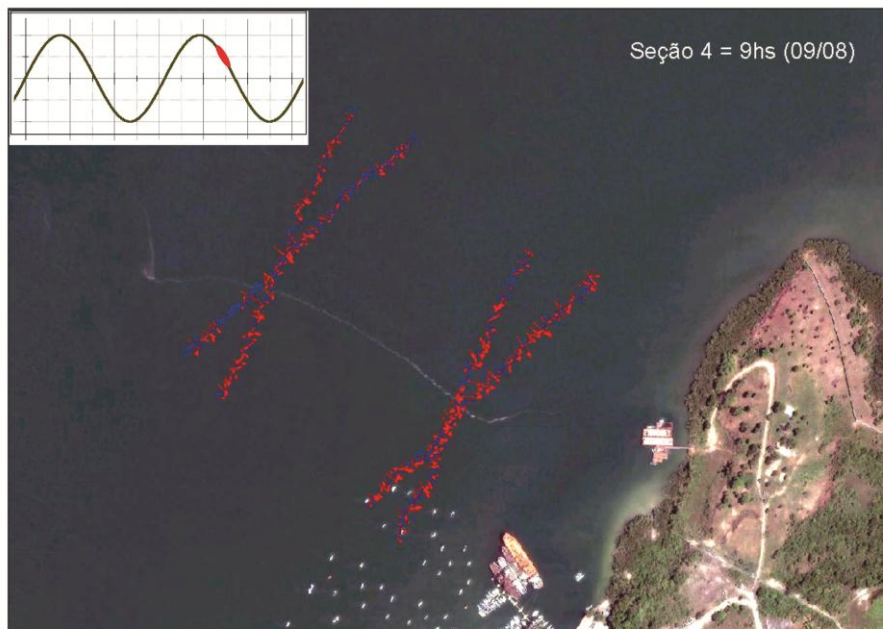
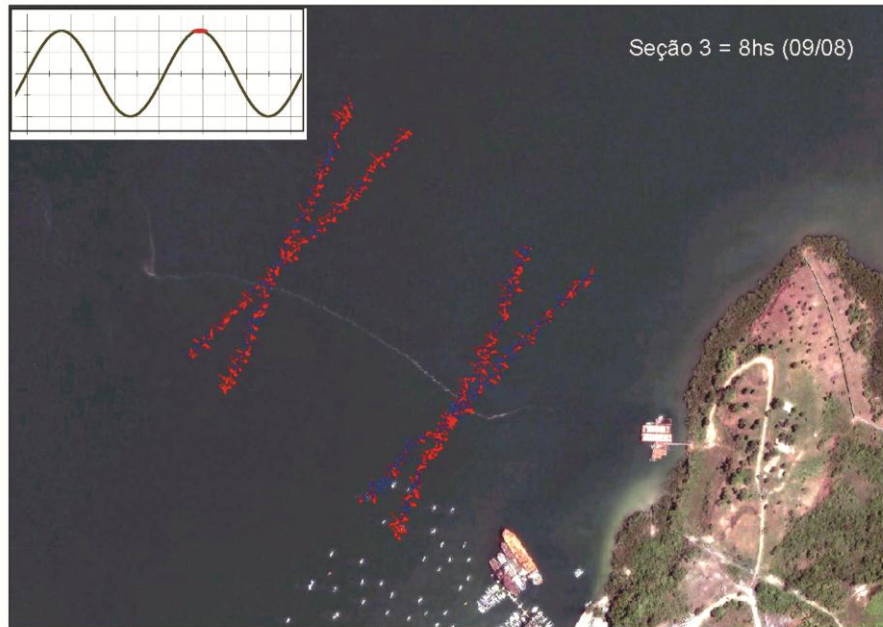
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

101/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

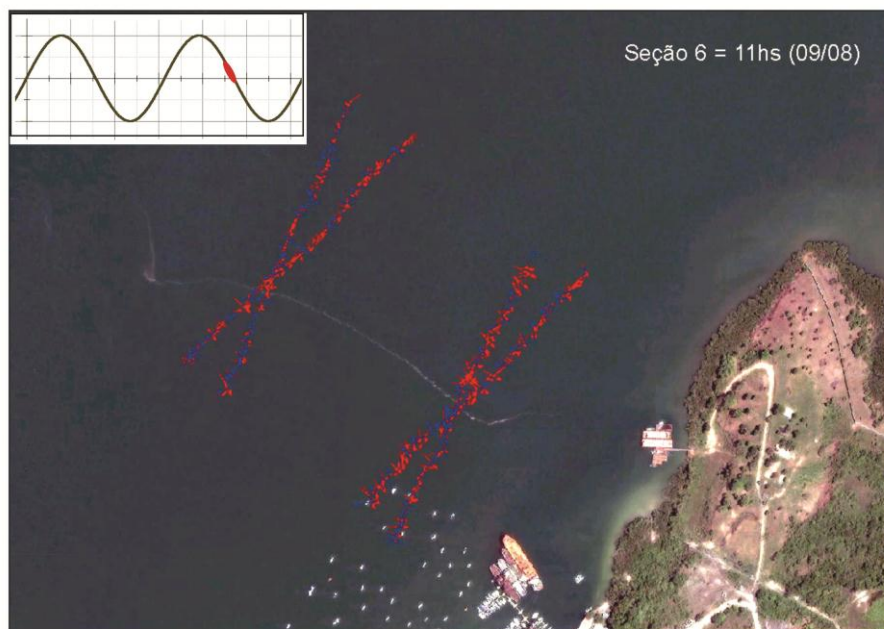
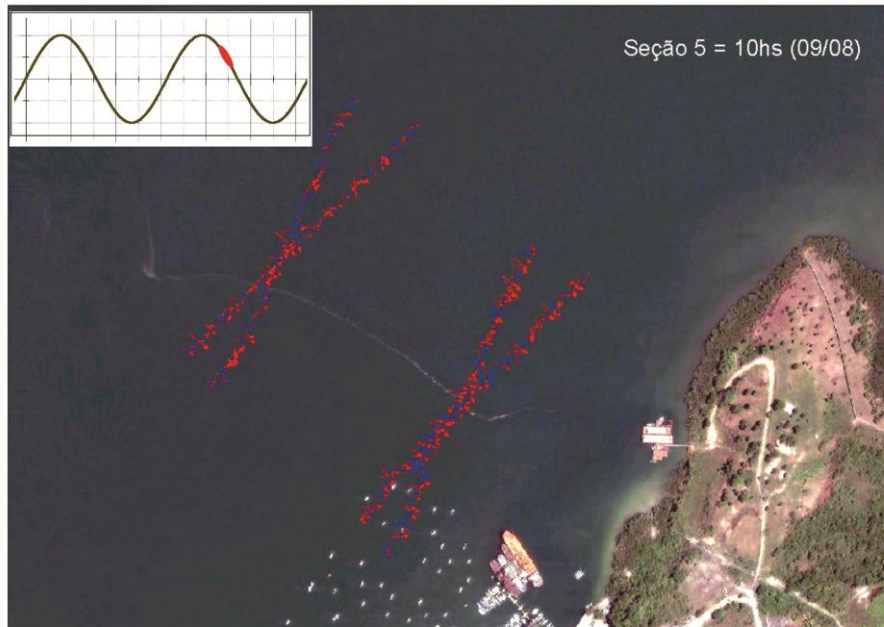
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

102/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

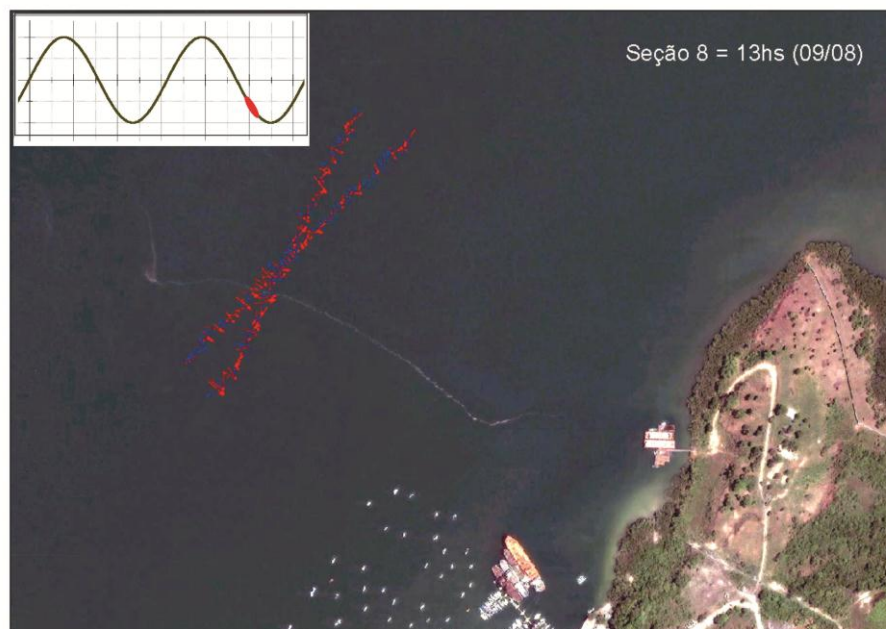
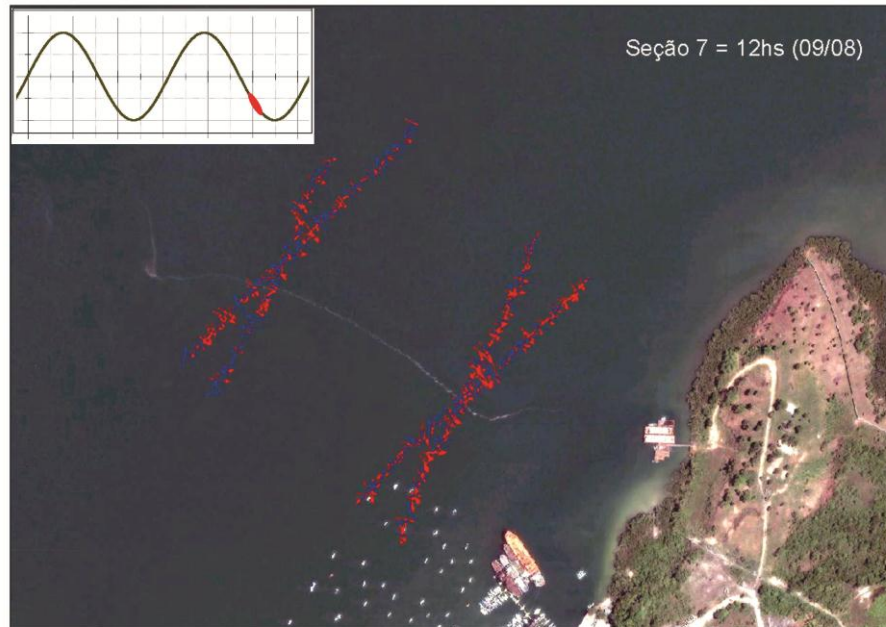
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

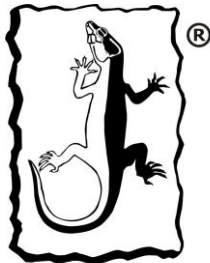
PÁGINA

103/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

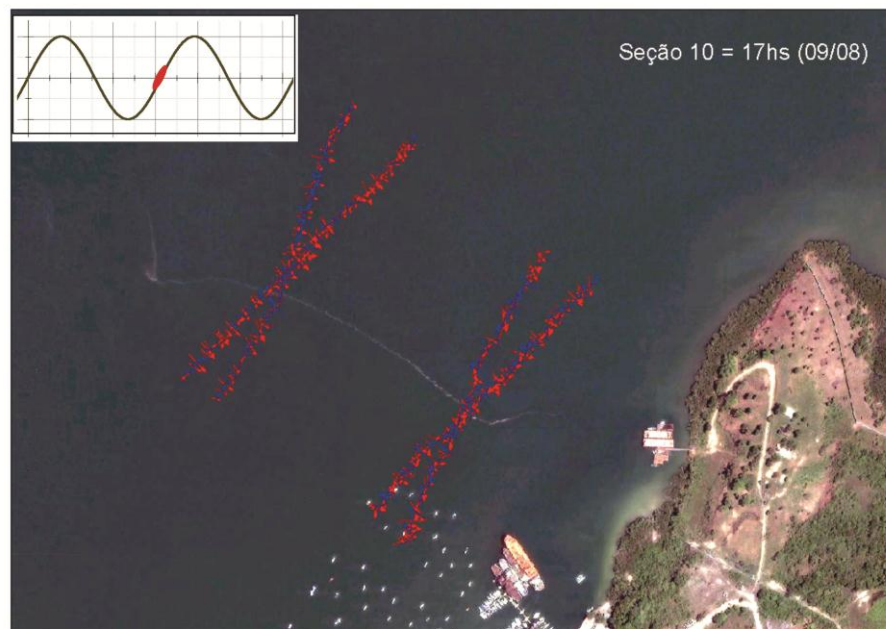
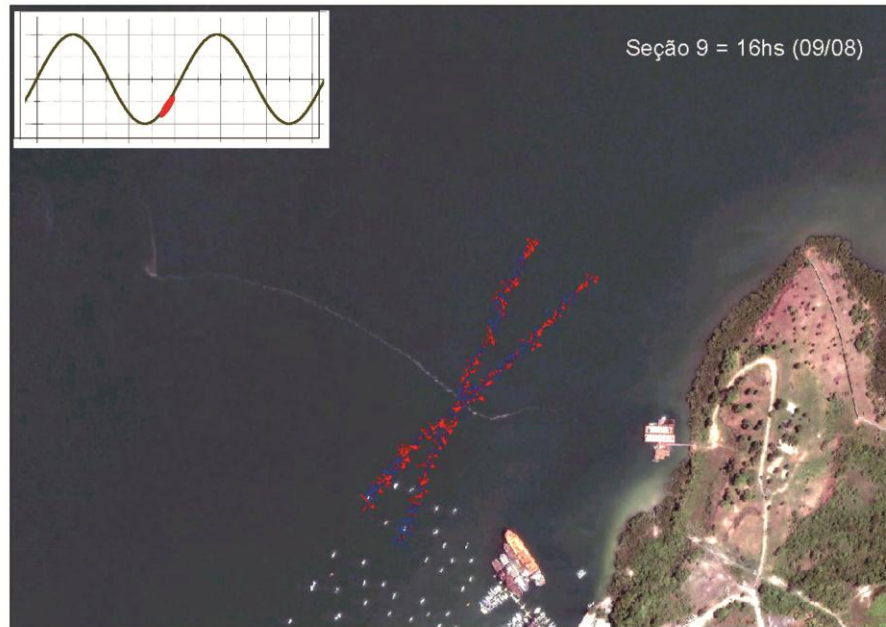
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

104/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

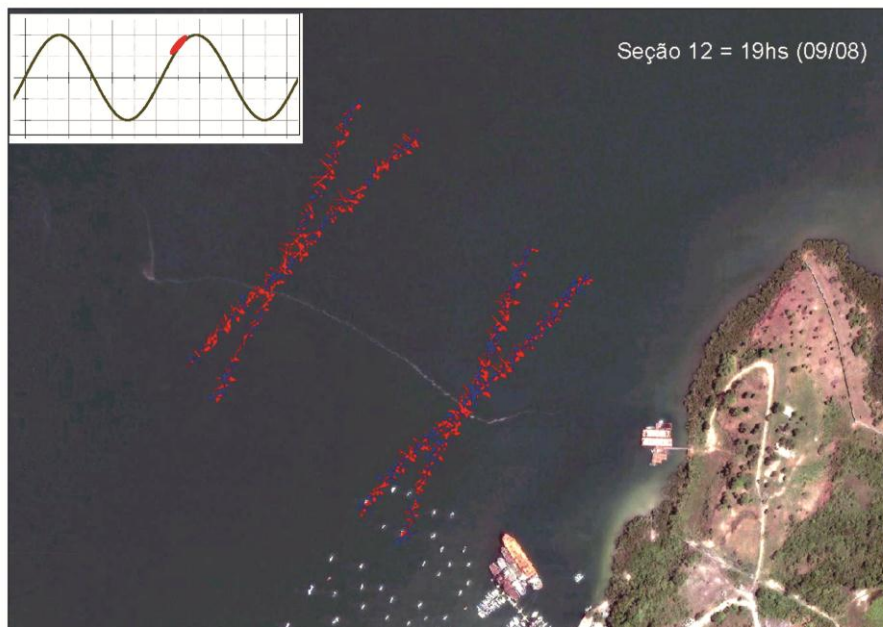
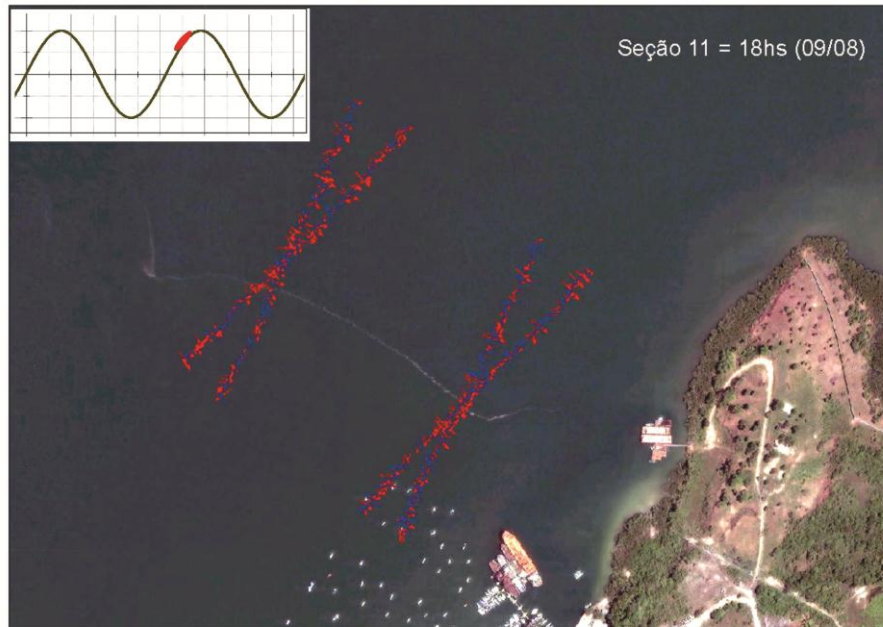
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

105/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

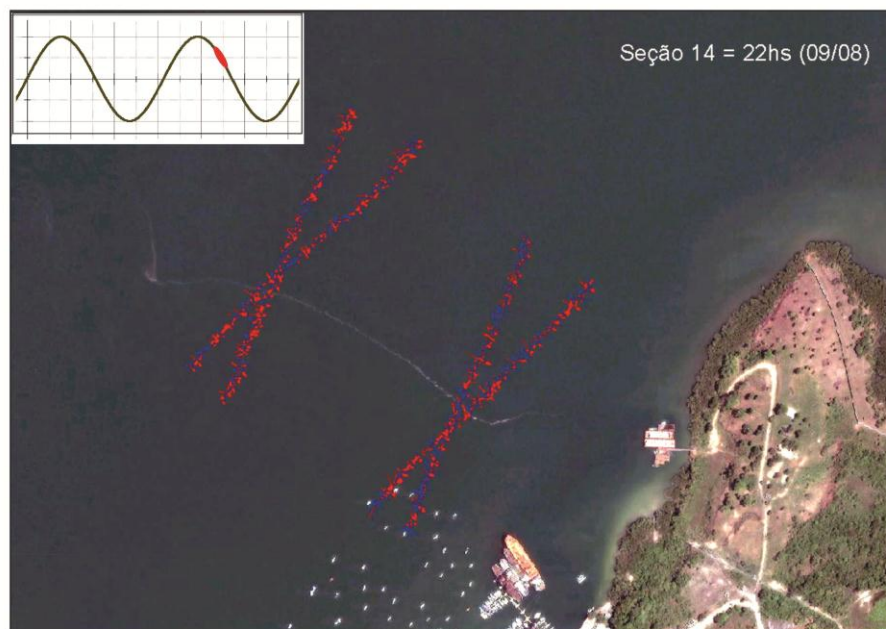
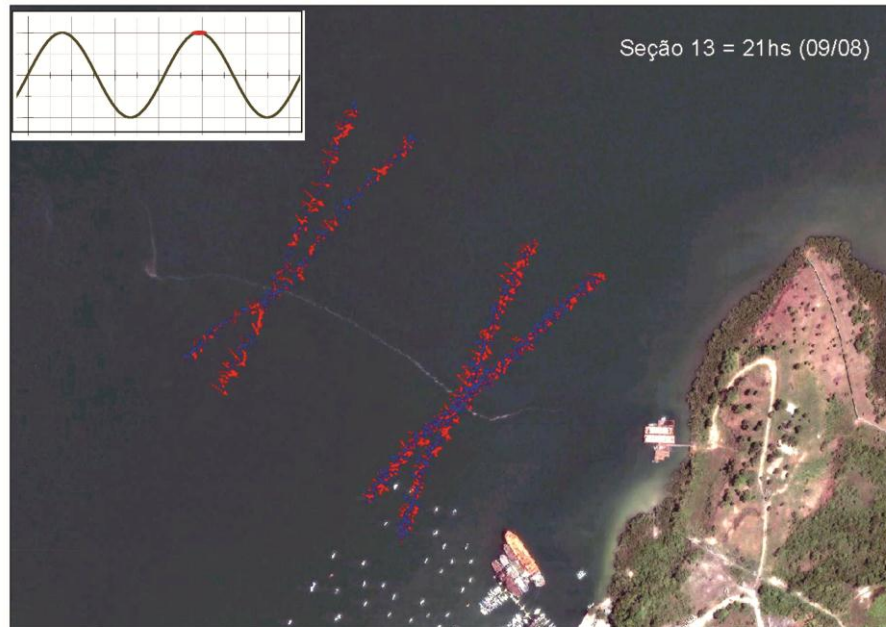
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

106/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

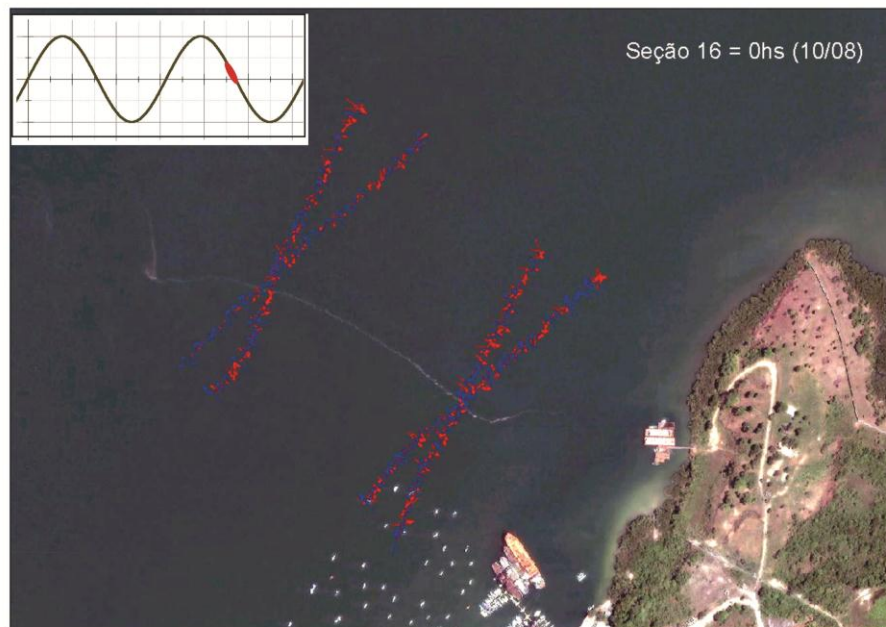
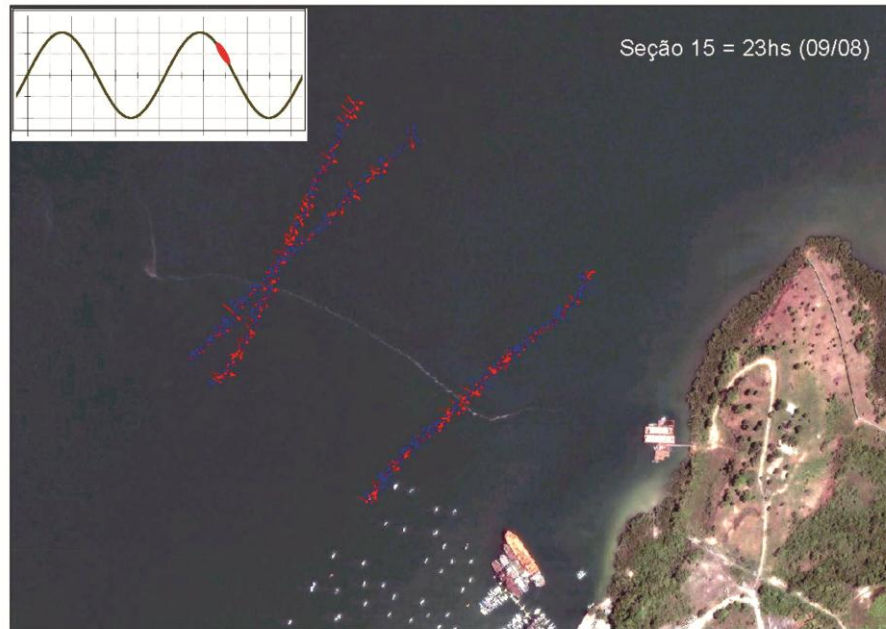
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

107/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

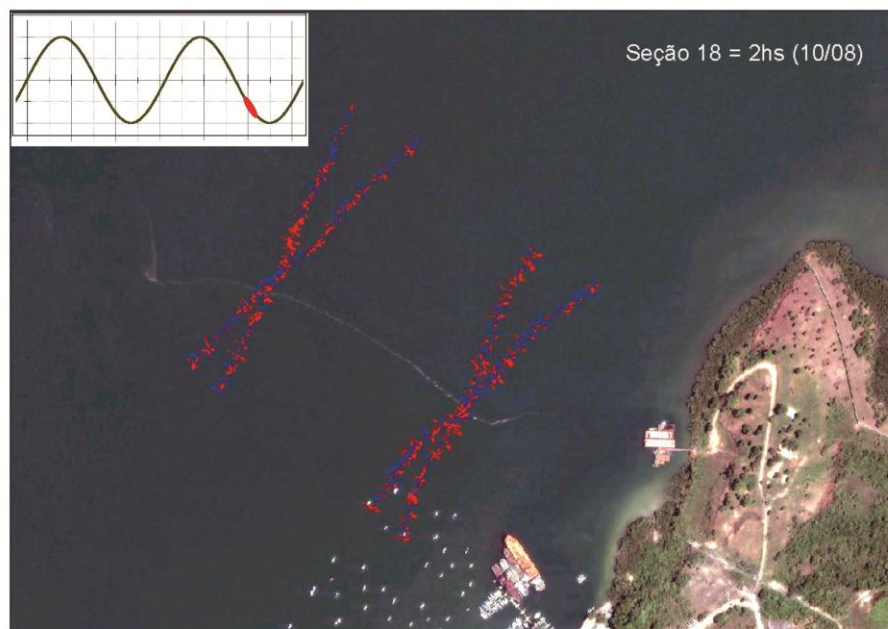
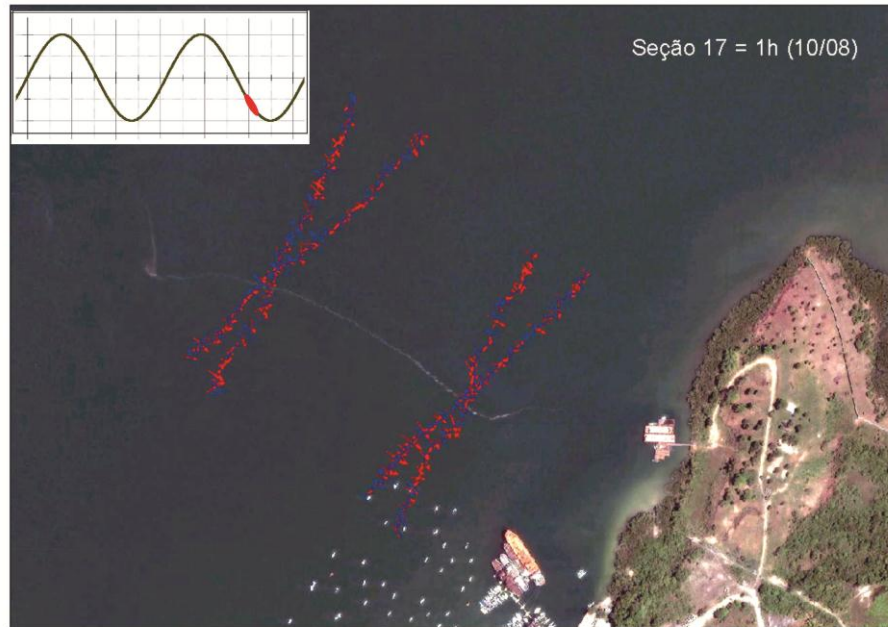
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

108/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

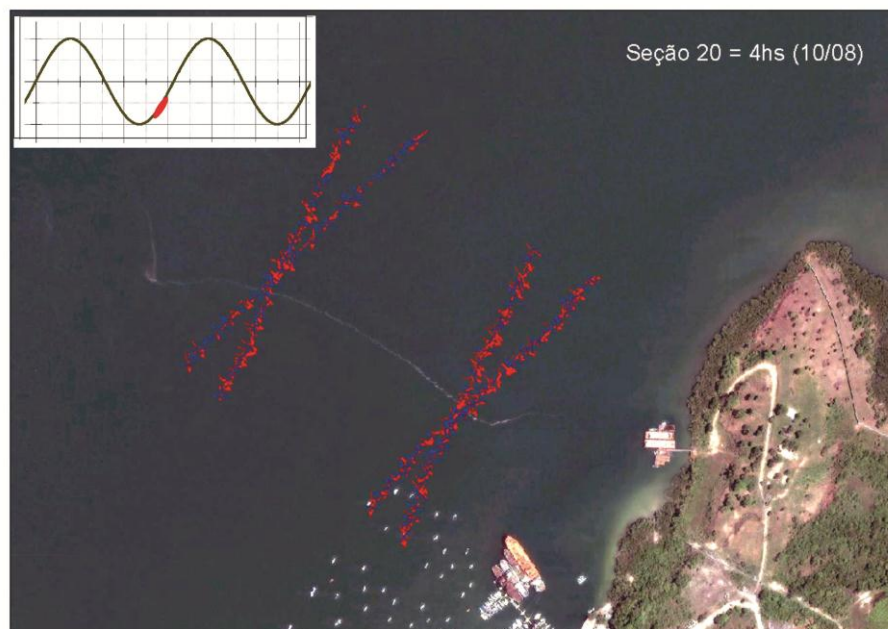
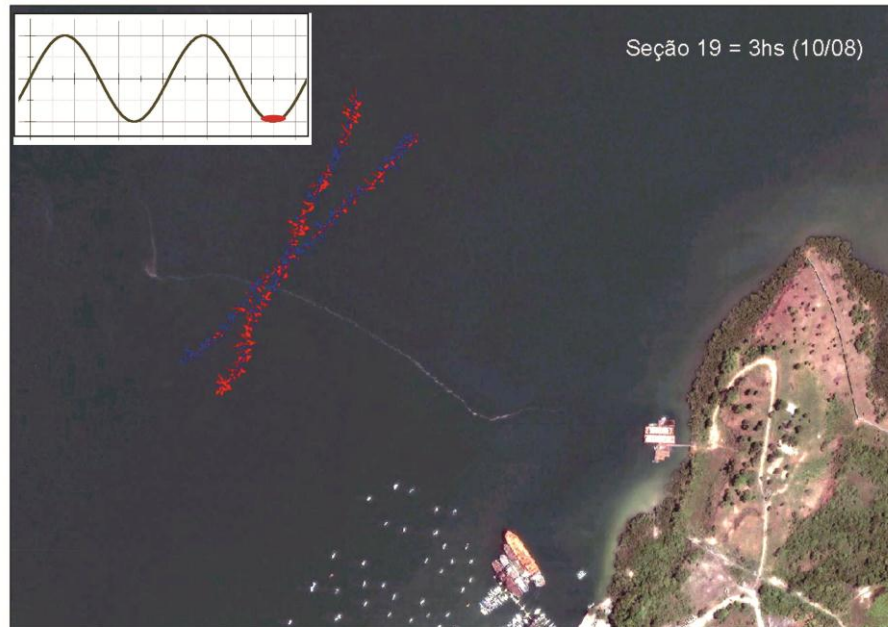
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

109/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

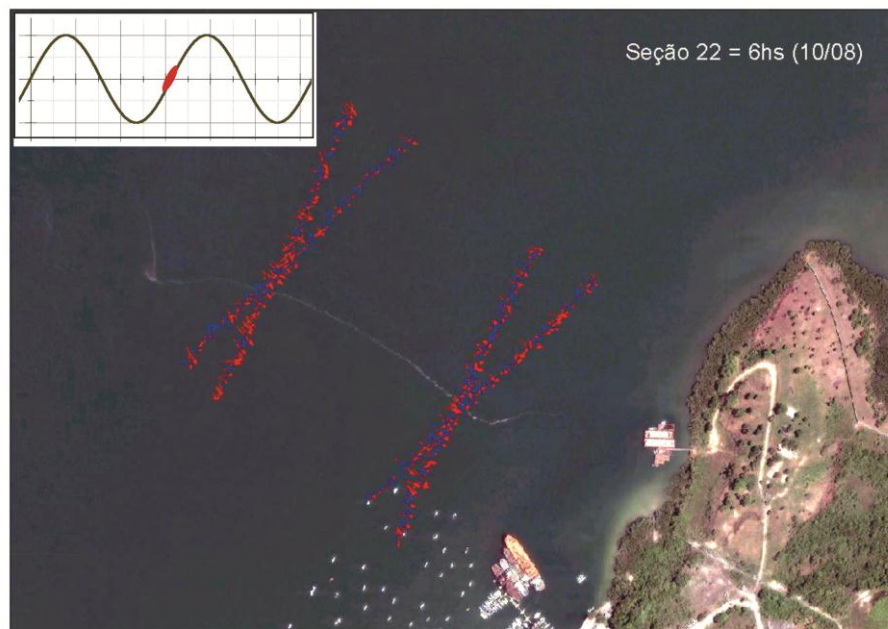
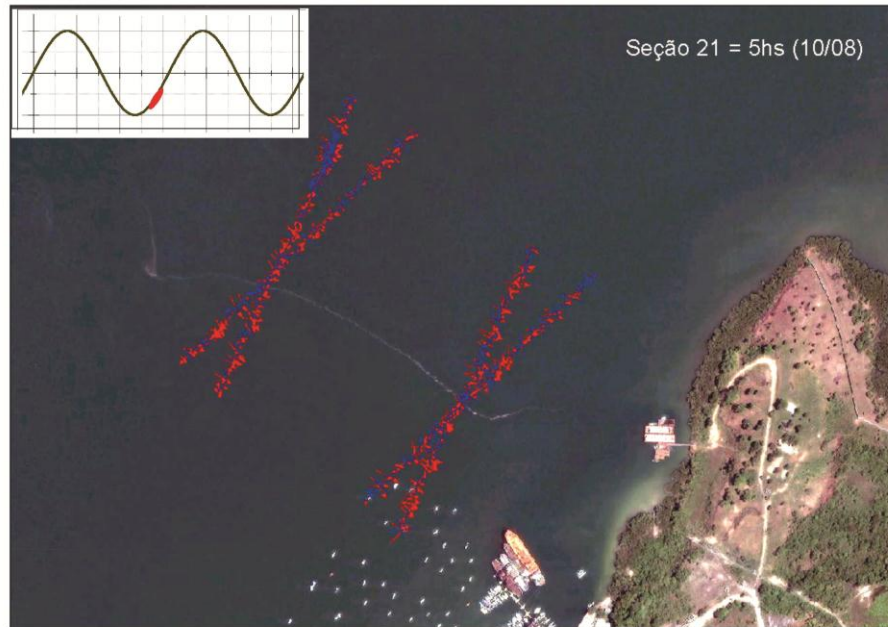
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

110/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

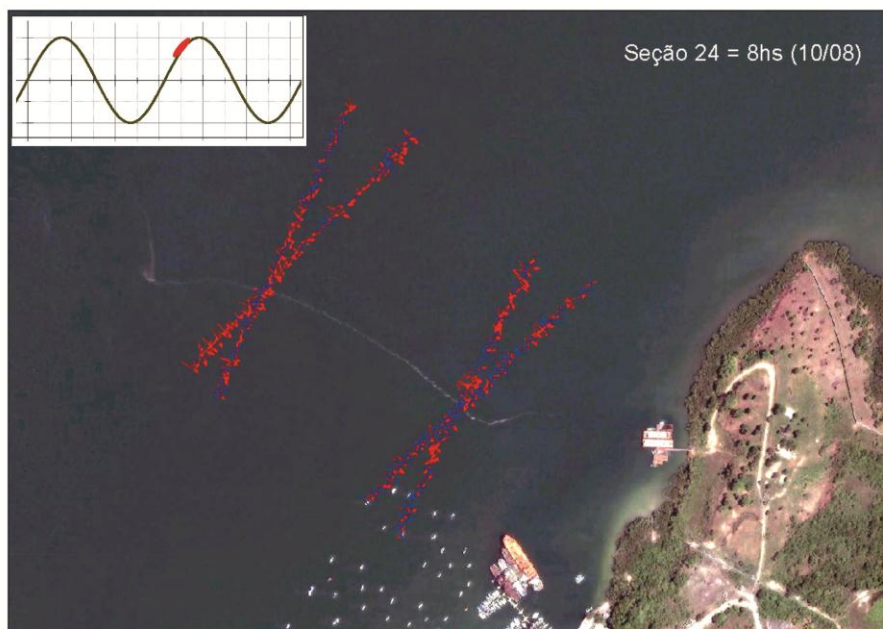
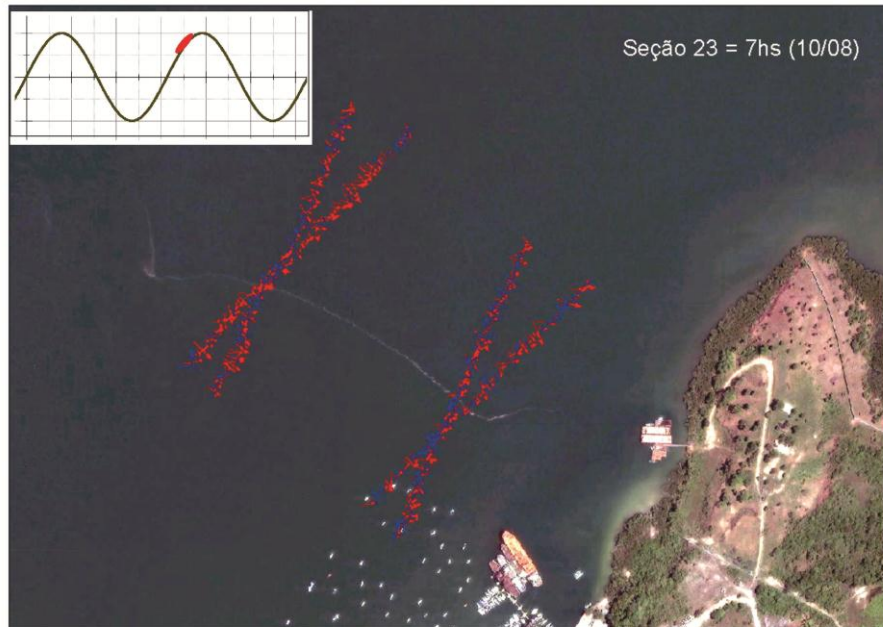
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

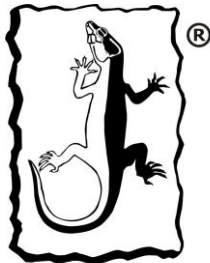
PÁGINA

111/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

112/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO

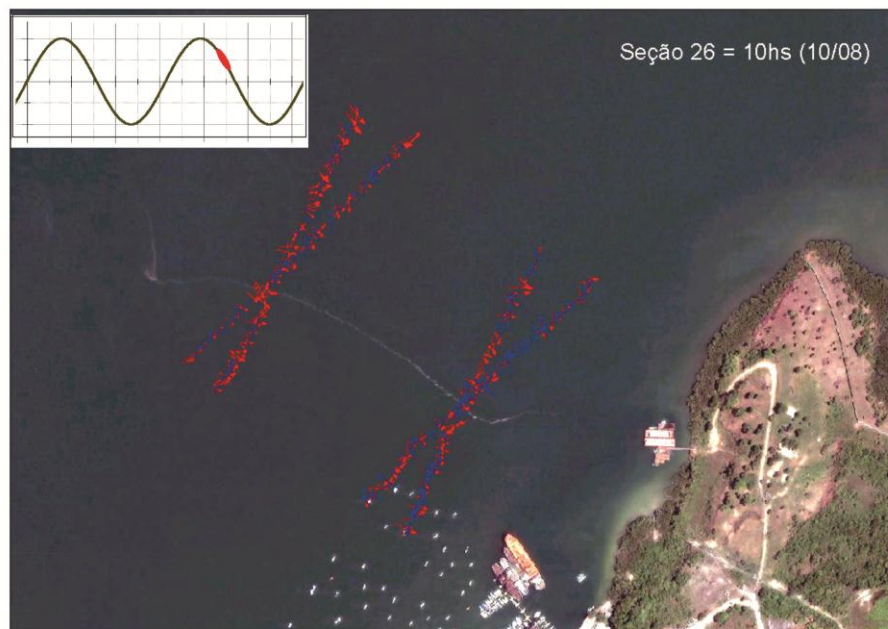
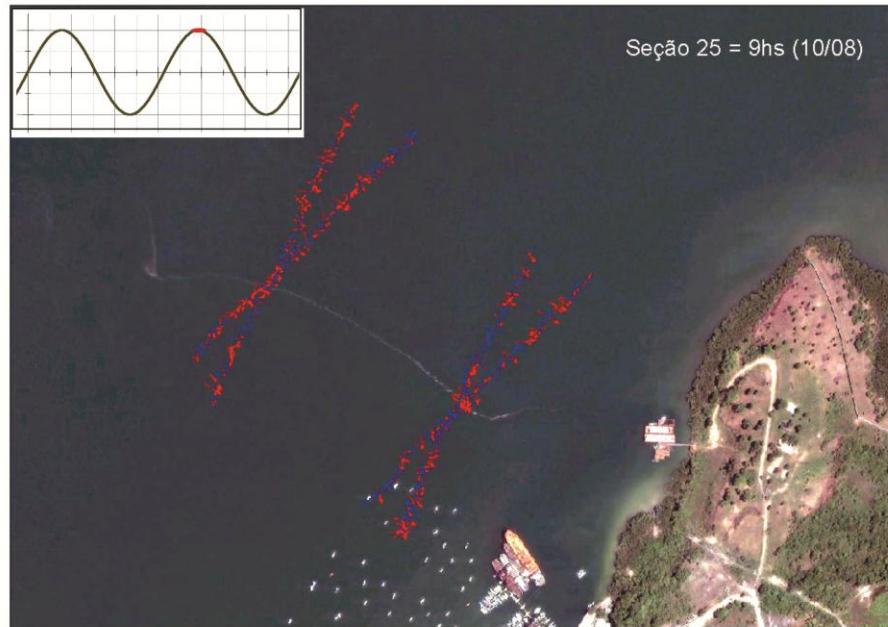
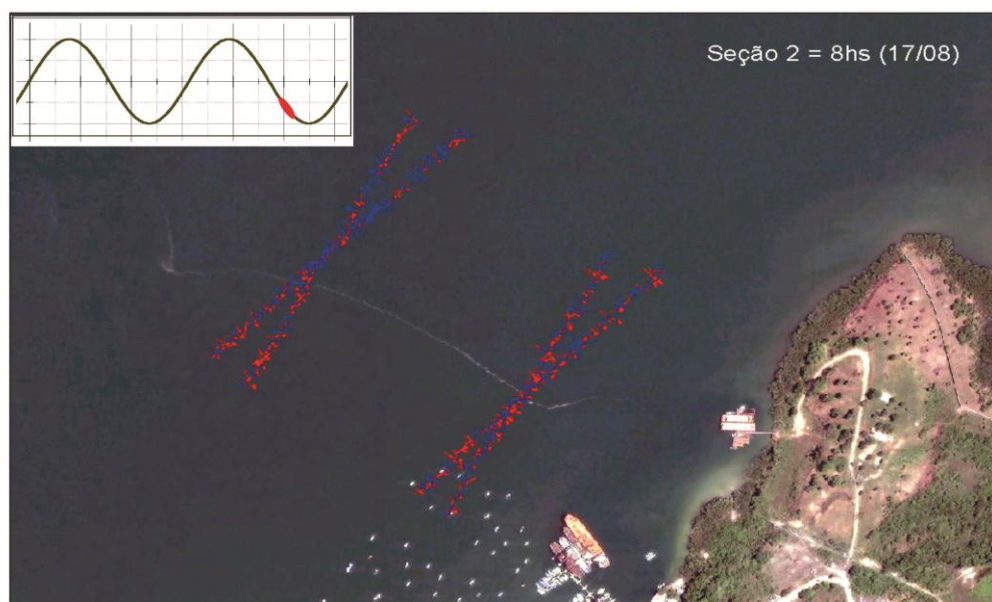
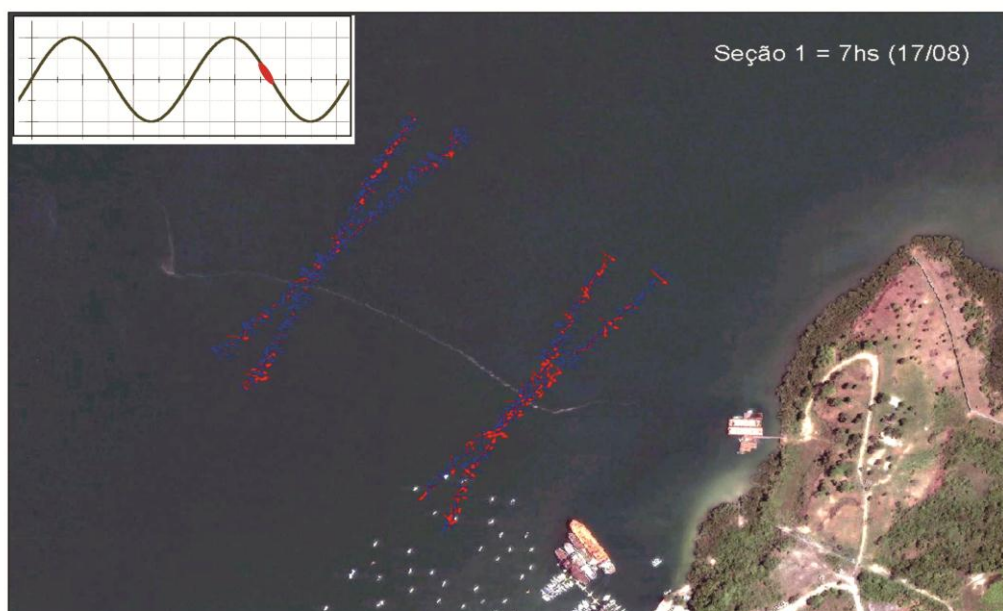


Figura 5.1.10.50: Mapa de vetores de correntometria – Campanha de Inverno 17/10/12 (maré de Sizígia)





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

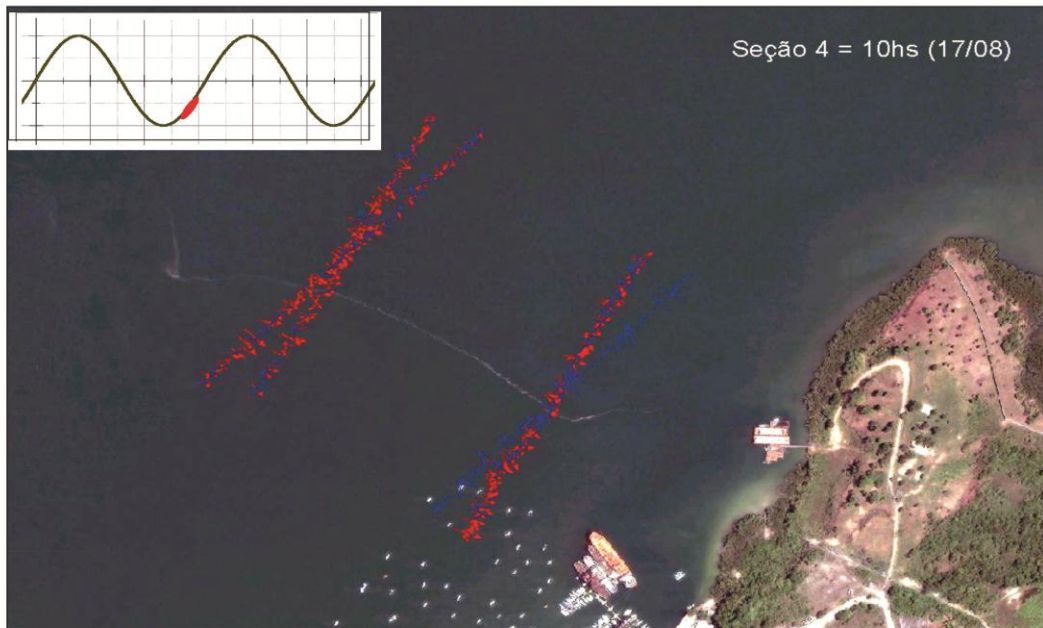
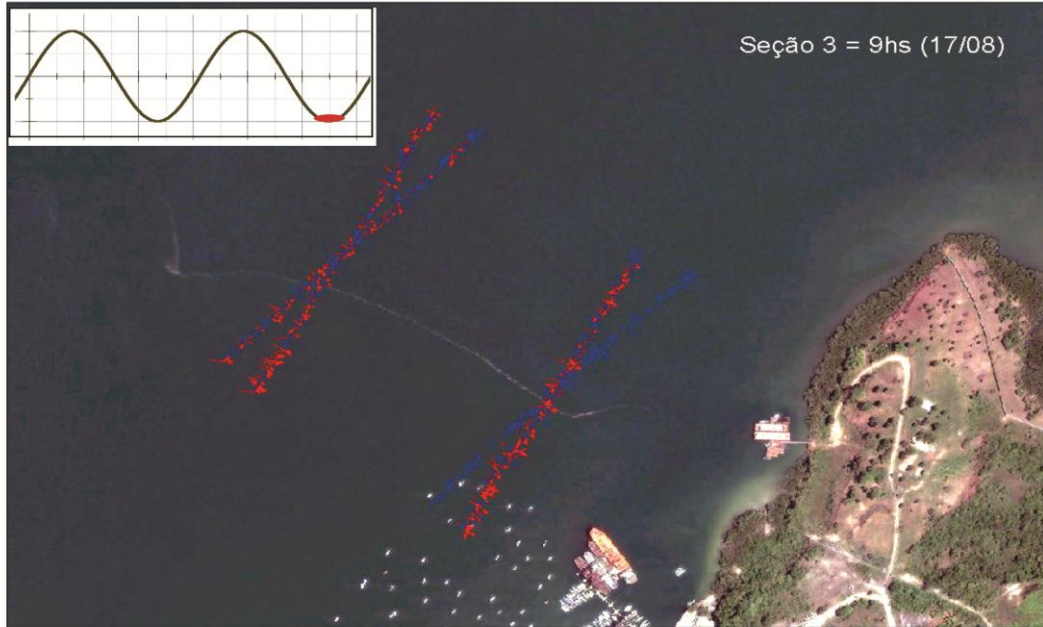
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

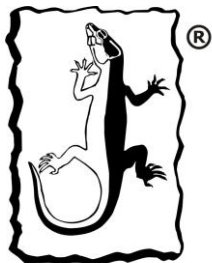
PÁGINA

114/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

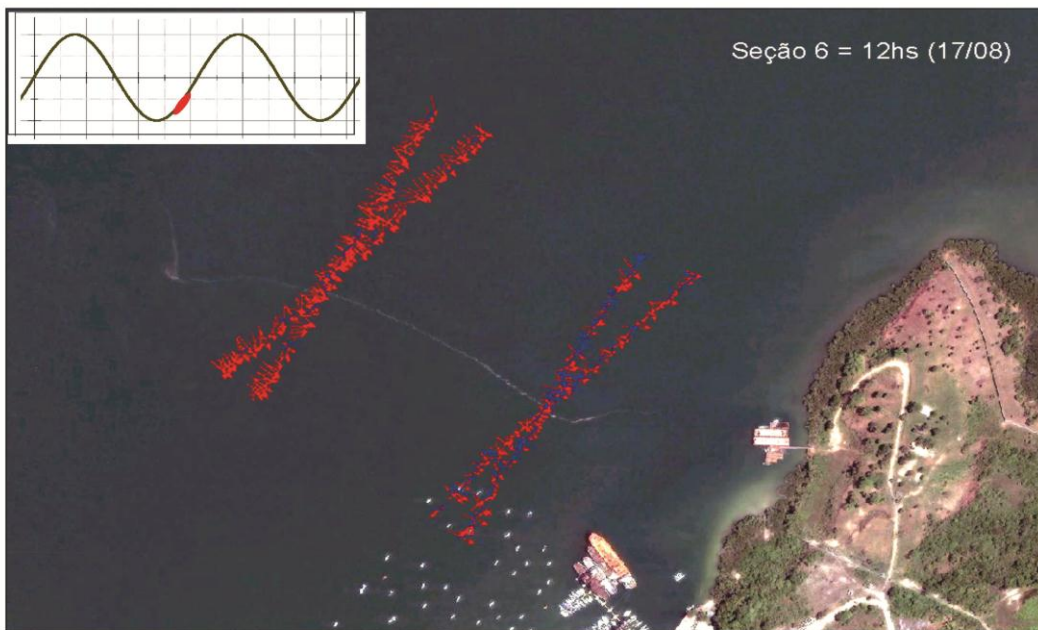
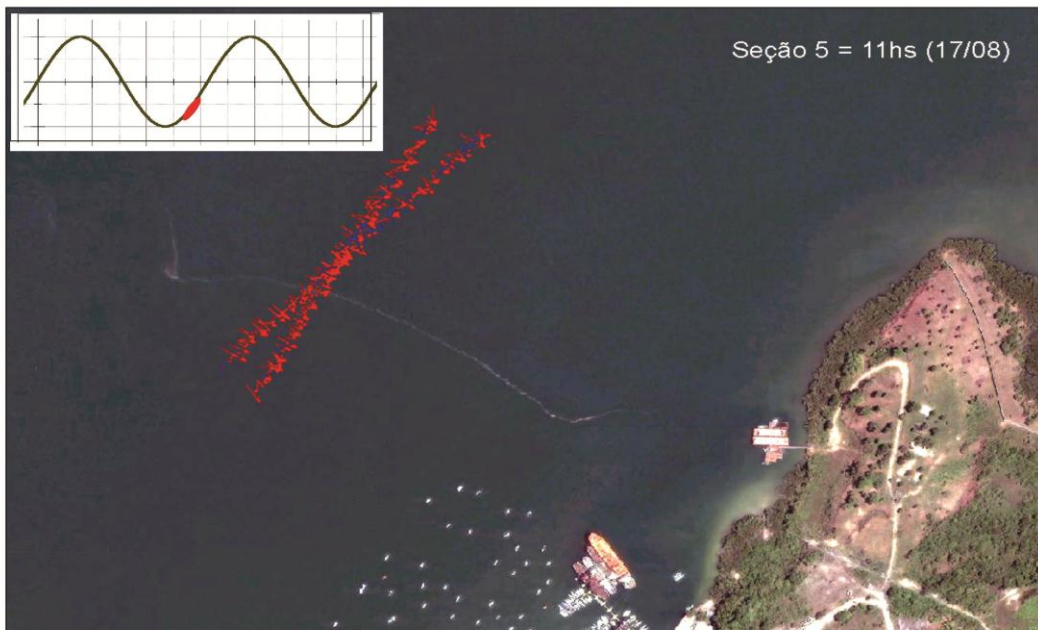
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

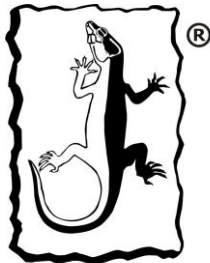
PÁGINA

115/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA

Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

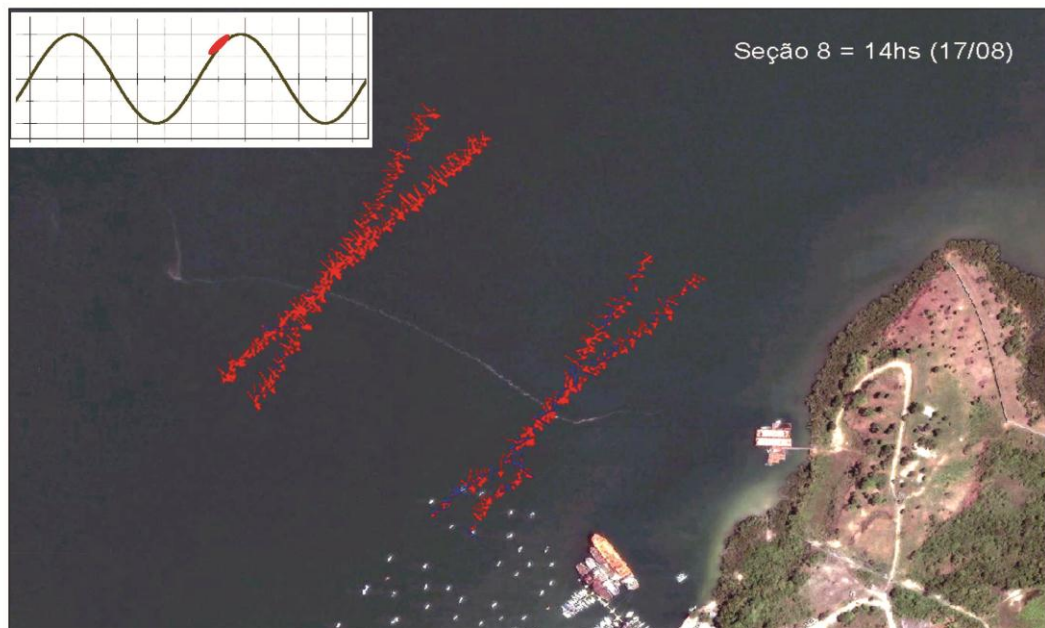
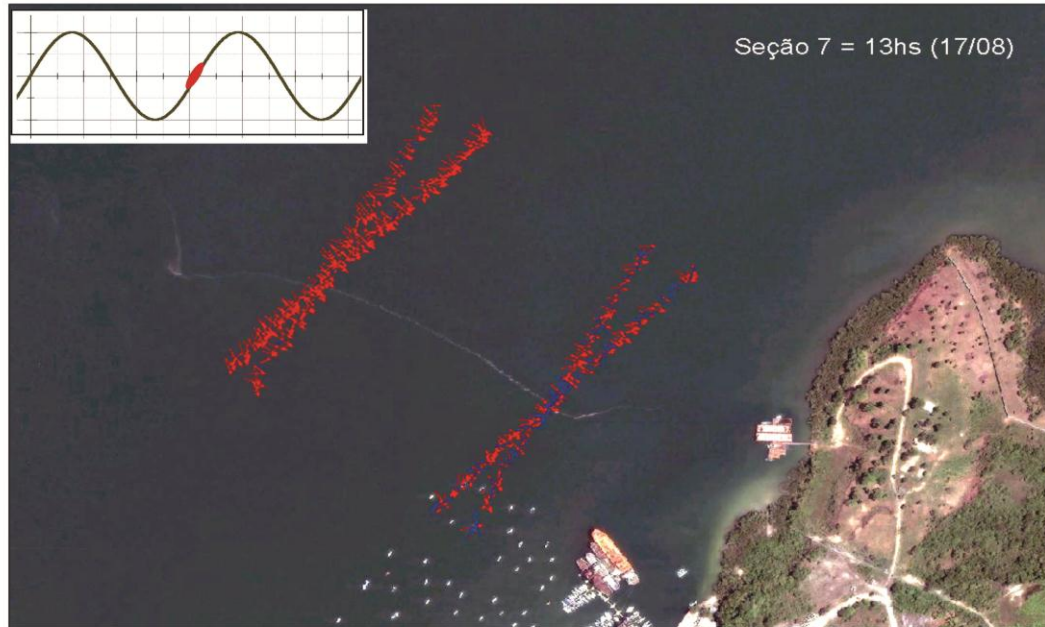
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

116/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

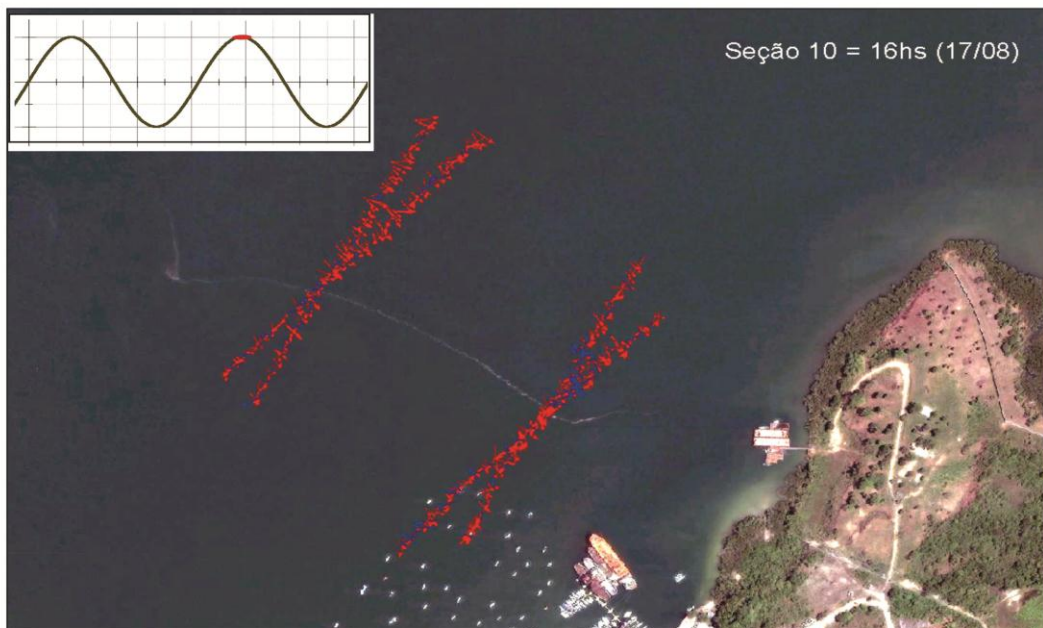
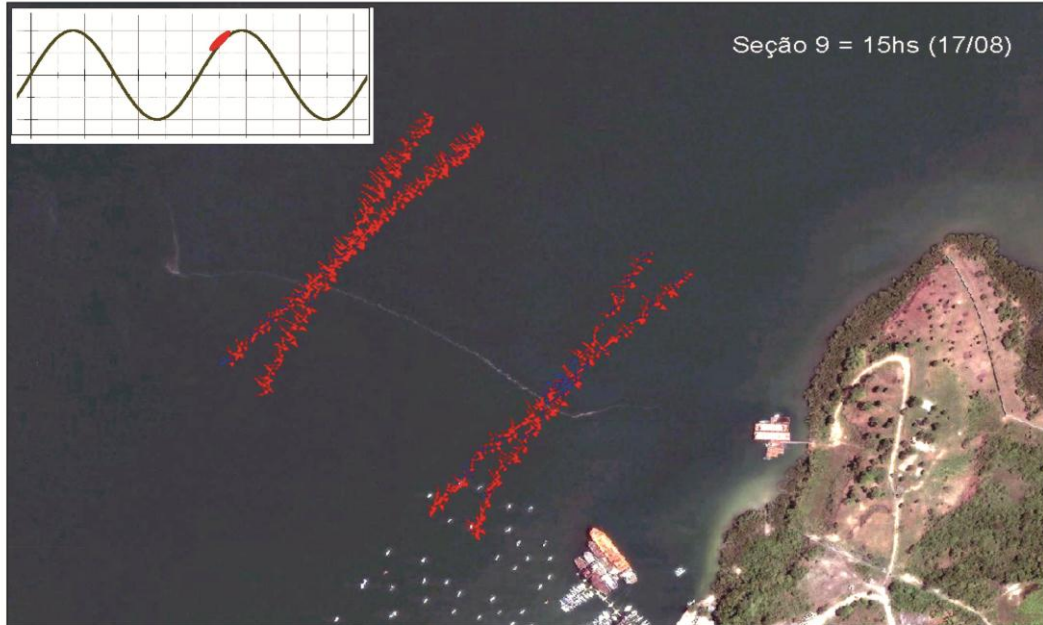
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

117/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

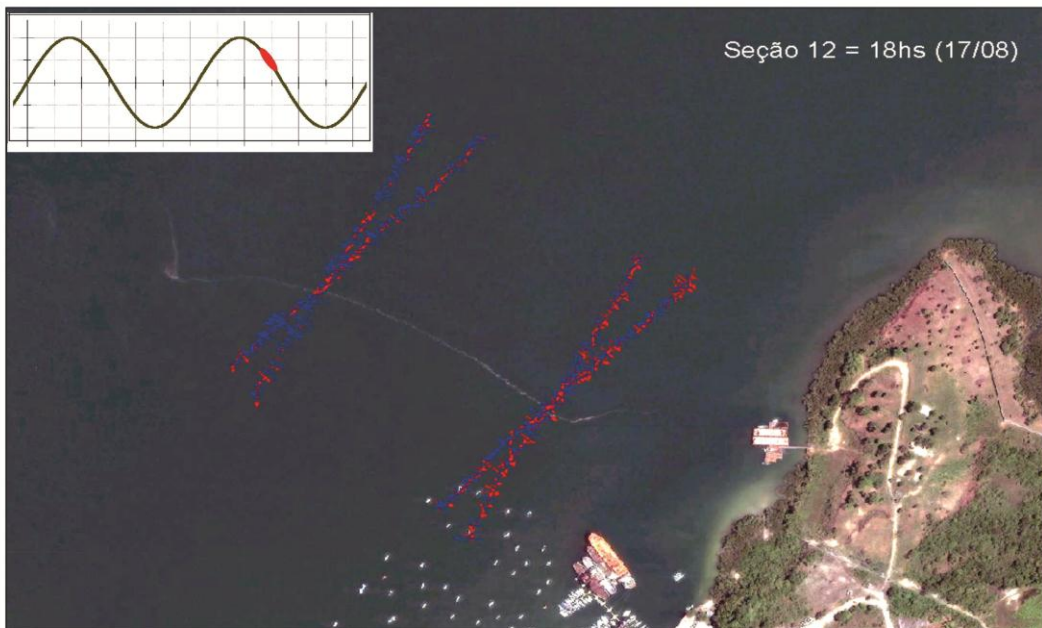
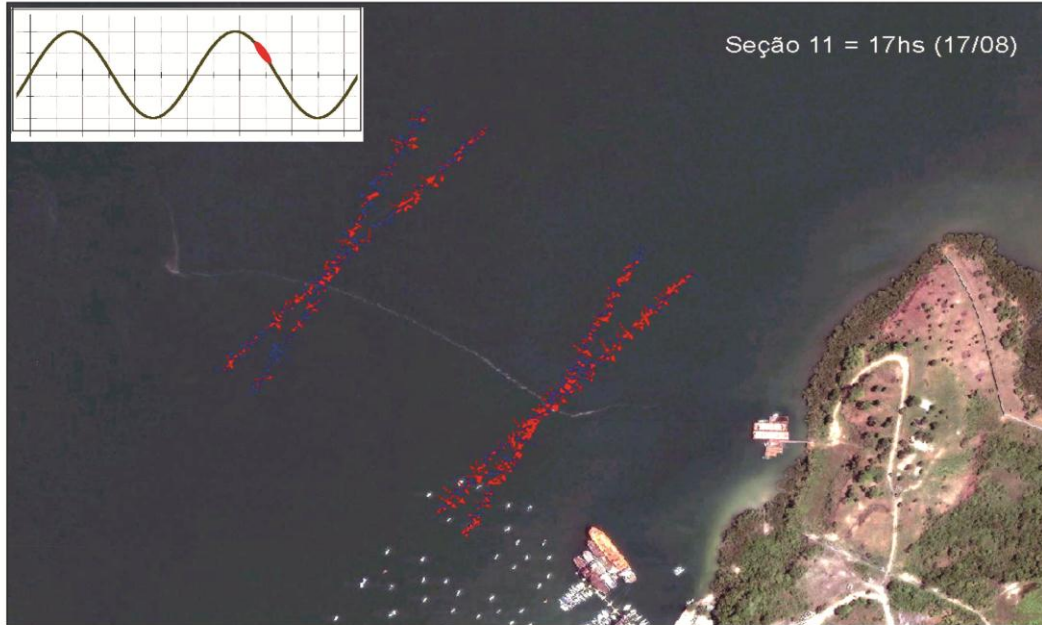
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

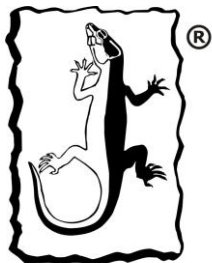
PÁGINA

118/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

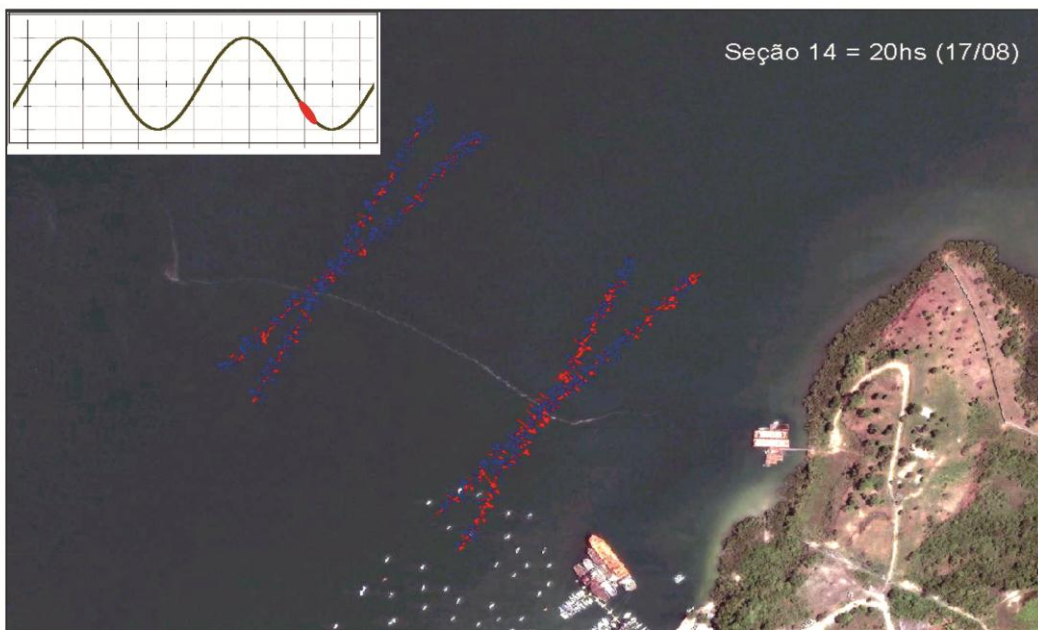
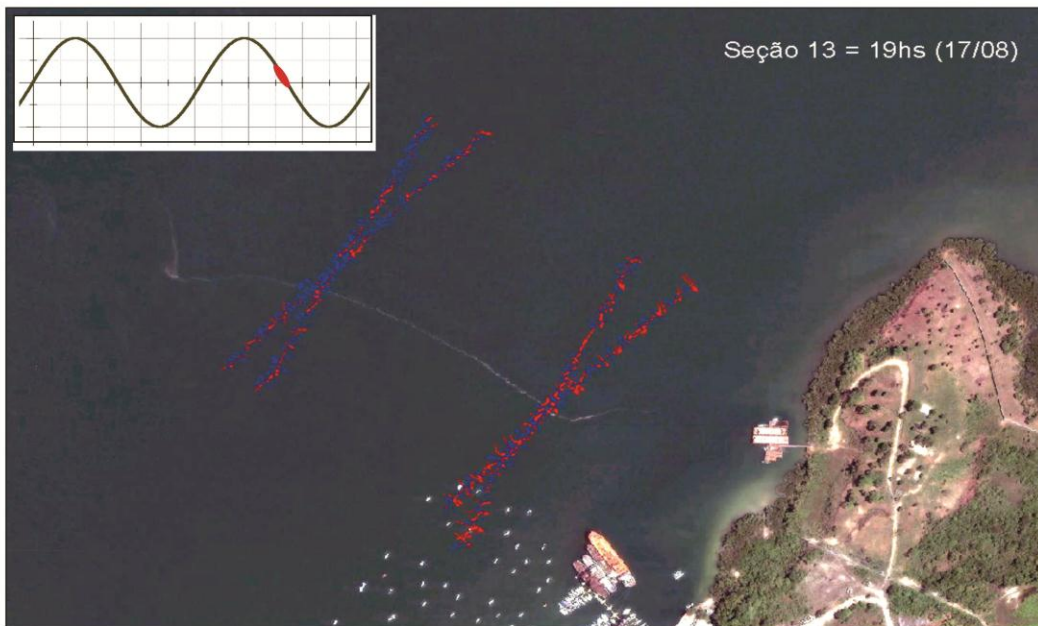
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

119/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)

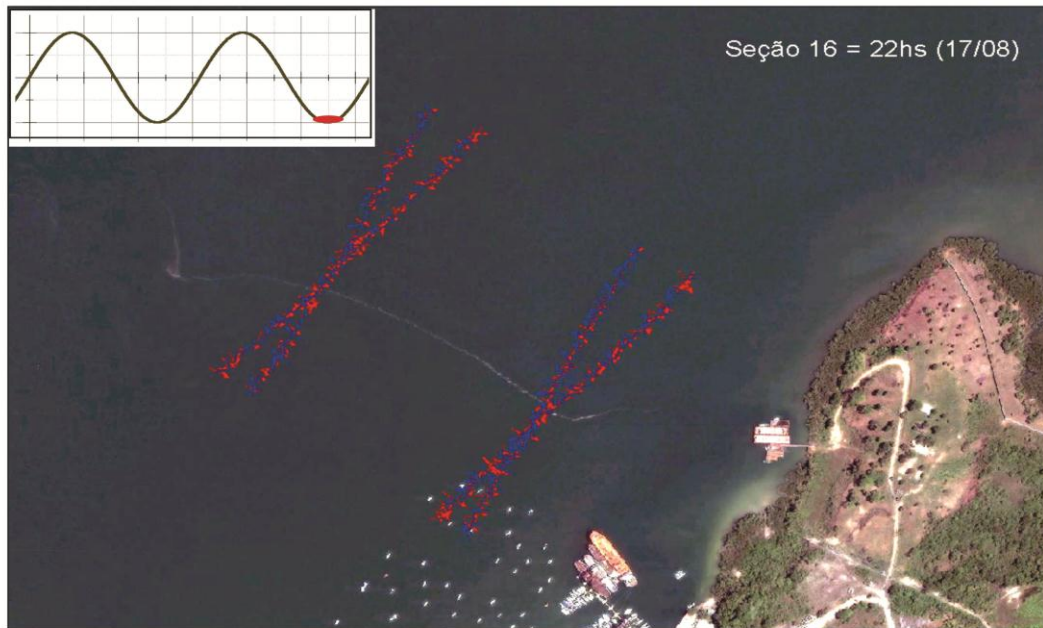
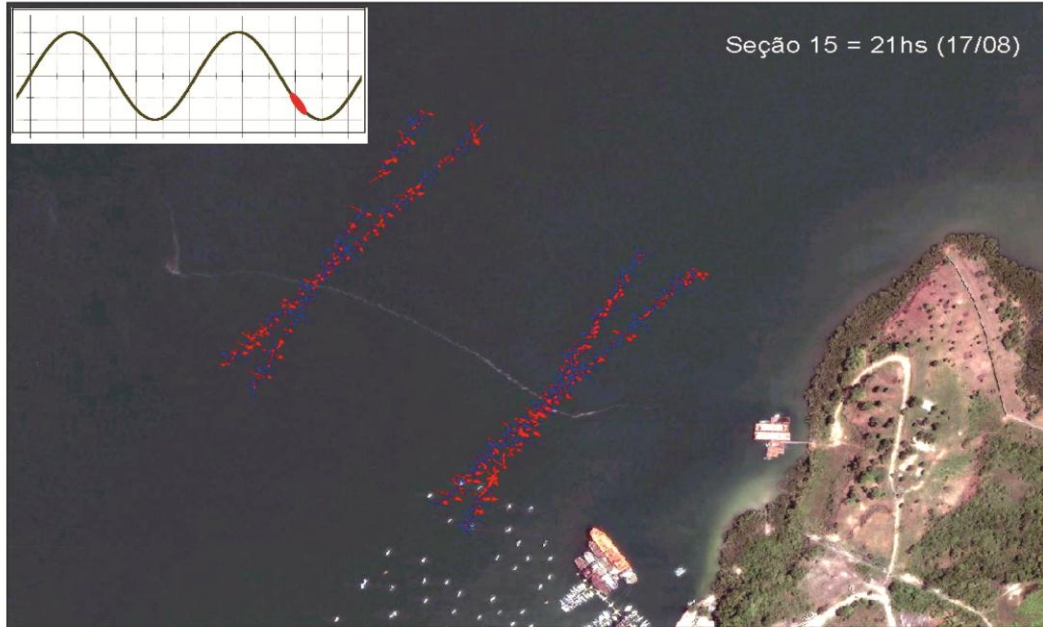
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

120/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO





LACERTA

Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

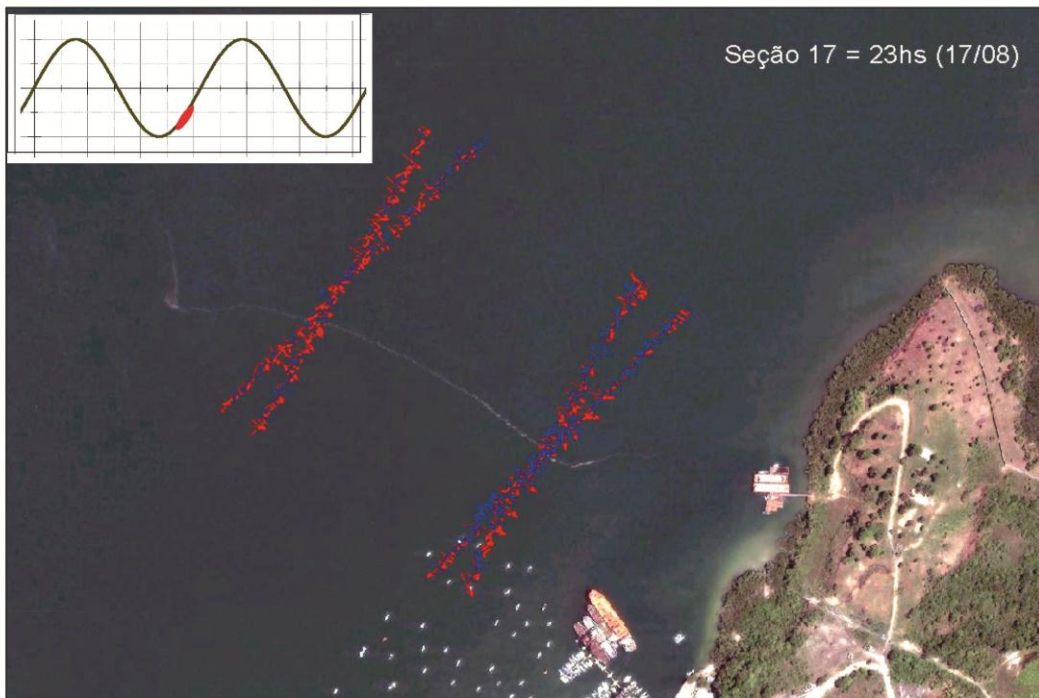
ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL



PÁGINA

121/124



**SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO**



	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	122/124	

5. Bibliografia

BELOV EQUIPAMENTOS, 2012. Relatório Técnico RT-2012-09-13, Correntometria (Medição de Correnteza), Projeto CNNA, Sérgio Correia santos.

BELOV EQUIPAMENTOS, 2011. Relatório Técnico RT-2011-10-006, Correntometria (Medição de Correnteza), Projeto CNNA, Sérgio Correia santos.



BELOV EQUIPAMENTOS, 2011. Plano de Dragagem Estaleiros CNNA, Baía de Aratú – Bahia

BARROSO VICENTE JUNIOR 2009. Metodologia Para Geração de Cartas de Correntes de Maré em Sistemas Estuarinos E Recintos Portuários com Aplicação na Baía de Todos Os Santos, BA.Rio de Janeiro 2009

COASTAL PLANNING & ENGINEERING DO BRASIL LTDA 2009 . Modelagem Numérica de Dispersão da Pluma de Sedimentos Provenientes das Atividades de Dragagem do Largo de Santa Rita, Santos – Sp

ROSMAN, P.C.C., CUNHA, C.L.N., CABRAL, M.M. et al., 2008, Referência Técnica do SisBaHiA – versão 6.5, rev. jun. 2008, COPPE/UFRJ. Programa de Engenharia Oceânica, Rio de Janeiro, RJ, 208 p. Disponível em <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/SisBAHIA_TecRef_V65.pdf>.

MONTEZUMA, PATRÍCIA NEY DE, 08/2007 Impactos nos Processos de assoreamento na Baía de Sepetiba – RJ, de Sedimentos Oriundos da Bacia Contribuinte e de Dragagens Portuárias.. Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ

 LACERTA <small>Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental</small>	ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU (CNNA)	 SUDIC <small>Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial</small> <small>SECRETARIA DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO E MINERAÇÃO</small>  Bahia <small>GOVERNO</small> <small>TERRA DE TODOS NÓS</small>
	ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL	
	PÁGINA	
	123/124	

CIRANO M. & LESSA G. C. 2004. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. Part I: circulation and seasonal variations described from in situ data, Submitted to Journal of Physical Oceanography.

SANTOS CID B. 2003. Distribuição Dos Manguezais Na Baía De Todos Os Santos e Seu Impacto No Balanço Hídrico, ABEQUA 2003.

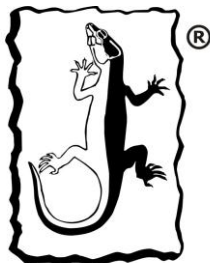
DIAS, KALINA ALVES. 2003. Estudos das Texturas Sedimentares da Superfície de Fundo Oceânico da Baía de Todos os Santos, BA. (Monografia UFBA - Orientador Guilherme Lessa)

Relatório Técnico Coppetec/PENO-4145. 2003. Modelagem Computacional para Análise de Aspectos da Dinâmica de Sedimentos na Baía de Todos os Santos, BA. Resp Técnico: Phd Paulo C. C. Rosmam.

LIMA, G.M.P., LESSA, G.C., 2002, "The fresh-water discharge in Todos os Santos Bay (BA) and its significance to the general water circulation", Revista Pesquisas, v. 28, n. 2, pp. 85-98, Porto Alegre, RS.

XAVIER, ANDREA GALLO. 2002– Análise da Hidrodinâmica da Baía de Todos o Santos (BA). D.Sc. Defendida pela Oceanógrafa em 06/2002. Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.

MIRANDA, BRUNO TOLEDO DE. 2000 – Modelagem da Baía de Aratú (BA), via Técnica de Alinhamento de Modelos. M.Sc Defendida em 11/2000 . Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.



LACERTA
Consultoria, Projetos & Assessoria Ambiental

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO
CANTEIRO NÁUTICO E NAVAL DE ARATU
(CNNA)**

ITEM 9.0 – COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

PÁGINA

124/124



SECRETARIA DA INDÚSTRIA
E COMÉRCIO E MINERAÇÃO



Web sites de Referencia

<http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br>

<http://www.cptec.inpe.br/>