



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica

## DISCUSSÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO SUBMARINA NA BAÍA DE GUANABARA

Flavia Sipres

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Coorientadora: Susana Beatriz Vinzon

Rio de Janeiro

Março de 2019

DISCUSSÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM PROJETO DE  
MINERAÇÃO SUBMARINA NA BAÍA DE GUANABARA

Flavia Sipres

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSODE  
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

---

Prof. Marcos Nicolás Gallo, D. Sc.

---

Prof.<sup>a</sup> Susana Beatriz Vinzón, D. Sc.

---

Prof. Jean David Job Emmanuel Marie Caprace

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Março de 2019

Sipres, Flavia

Discussão de impactos ambientais de um projeto de exploração de areia siliciclástica da baía de Guanabara/Flavia Sipres. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2019.

X, 100 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Co-orientadora: Susana Beatriz Vinzon

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2019.

Referências Bibliográficas: p.78-84.

1. Palavras-chave: Dragagem, Mineração submarina, Baía de Guanabara

I. Gallo, Marcos *et al.*; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Discussão de impactos ambientais de um projeto de exploração de areia siliciclástica da baía de Guanabara.

*“A persistência é o caminho do êxito.”*

*Charles Chaplin*

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

## DISCUSSÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO SUBMARINA NA BAÍA DE GUANABARA

Flavia Sipres

Março/2019

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Coorientadora: Susana Beatriz Vinzon

Curso: Engenharia Ambiental

A pouca oferta de areia no mercado para uso na construção civil no Brasil, e portanto, faz-se necessária alternativas que impulsionem a mineração de areia, de forma a suprir a demanda atual. Neste cenário, avalia-se a viabilidade da implementação de um projeto de exploração de areia siliciclástica na entrada da Baía de Guanabara, a fim de garantir que não haja impactos severos ao meio ambiente. O empreendimento estudado situa-se em local que apresenta granulometria média a grossa (correspondente em média a 99,6% dos sedimentos), alta salinidade, temperatura fria e uma comunidade bentônica diversificada. Sobre estes aspectos, é possível observar que há uma porcentagem média de apenas 0,4% de finos na área do empreendimento, quantidade insuficiente para a formação de uma pluma de turbidez que impeça a penetração de luz na superfície da água e, tampouco, para provocar um processo de sedimentação desta pluma no leito oceânico, e que por isso poucos impactos a biota e a pesca, principal atividade socioeconômica que poderia ser afetada pela atividade. Apesar disso, haverá impacto direto a população bentônica durante a remoção da camada superficial na área de exploração. Infere-se que o empreendimento é ambientalmente viável, uma vez que não afetará significativamente o meio ambiente e resultará em um ganho considerável de areia no mercado da construção civil.

*Palavras-chave:* Dragagem, Mineração submarina, Baía de Guanabara

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

ENVIROMENT IMPACT DISCUSSION OF A UNDERWATER MINING PROJECT  
IN THE GUANABARA BAY

**Flavia Sipres**

March/2019

Advisor: Marcos Nicolás Gallo

Co-advisor: Susana Beatriz Vinson

Course: Environmental Engineering

The study was carried out in a medium-to-coarse granulometry (corresponding to 99.6% of sediments on average), high salinity, cold temperature and a diversified benthic community. On these aspects, it is possible to observe that there is an average percentage of only 0.4% of fines in the area, which is insufficient for the formation of an overflow plume that prevents the penetration of light in the surface of the water and, neither, to cause a process of sedimentation of this plume in the ocean floor, and that therefore there are few impacts to biota and fishing, main socioeconomic activity that could be affected by the activity. In spite of this, there will be direct impact to the benthic population during the removal of the superficial layer of the ocean floor in the area of exploitation. It is inferred that the activity is environmentally viable, since it will not significantly affect the environment and will result in a considerable gain of sand in the construction market.

Keywords: Drainage, Underwater Mining, Guanabara Bay

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	9
2.	Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura .....	10
2.1.	Dragagem .....	10
2.2.	Tipos de dragagem .....	11
2.2.1.	Dragagem de implantação ou de ampliação.....	11
2.2.2.	Dragagem de manutenção .....	11
2.2.3.	Dragagem de remediação ambiental .....	11
2.2.4.	Dragagem de mineração.....	12
2.3.	Métodos e equipamentos de dragagem .....	13
2.3.1.	Equipamentos mecânicos .....	13
2.3.1.1.	Caçamba de mandíbulas .....	13
2.3.1.2.	Escavadeiras frontais ( <i>dipperdredges</i> ) e retroescavadeiras ( <i>hoes</i> ).14	
2.3.1.3.	Pás de arrasto.....	16
2.3.1.4.	Draga de alcatruzes ( <i>bucketdredges</i> ).....	17
2.3.2.	Equipamentos hidráulicos .....	18
2.3.2.1.	Dragas autotransportadoras (AT) .....	18
2.3.2.2.	Dragas de sucção e recalque com desagregador (SR).....	20
2.4.	Disposição do material dragado .....	21
2.4.1.	Disposição do material dragado para fins de engordamento da praia de Copacabana .....	23
2.4.2.	Disposição do material dragado para fins de aterramento na Ilha do Fundão .....	24
2.5.	Legislação pertinente.....	26
2.5.1.	Comunidade internacional.....	26
2.5.2.	Brasil .....	27
3.	Metodologia .....	28

3.1. Projeto de exploração de areia siliciclástica .....	28
3.2. Descrição da área de estudo .....	32
3.2.1. Características físico-químicas.....	33
3.2.1.1. Batimetria .....	33
3.2.1.2. Faciologia .....	34
3.2.1.2.1. Setor sul.....	36
3.2.1.2.2. Setor central.....	37
3.2.1.2.3. Setor norte .....	37
3.2.1.2.4. Amostragem na área de estudo.....	40
3.2.2. Características geoquímicas do sedimento.....	42
3.2.2.1. Distribuição de matéria orgânica.....	42
3.2.2.2. Concentração de metais pesados .....	45
3.2.3. Oceanografia .....	47
3.2.3.1. Aspectos climáticos .....	47
3.2.3.2. Hidrodinâmica .....	47
3.2.4. Meio biótico .....	49
3.2.4.1. Bentos .....	49
3.2.4.2. Ictiofauna e pesca .....	51
3.2.4.3. Cetáceos.....	51
3.2.4.4. Vegetação .....	51
3.2.5. Aspectos socioeconômicos.....	52
3.2.5.1. Pesca .....	52
3.2.5.2. Tráfego Marítimo .....	56
3.2.5.3. Turismo.....	57
3.2.5.3.1. Praias .....	57
3.2.1.3.2. Mergulho .....	57



3.3. Impactos ambientais da dragagem de mineração (escavação) .....	62
3.3.1. Alterações físico-químicas .....	63
3.3.2. Modificações na morfologia do leito submarino.....	64
3.3.3. Poluição visual .....	64
3.3.4. Distúrbios físicos.....	64
3.3.5. Deposição de sedimentos .....	65
3.3.6. Aumento de turbidez .....	66
3.3.7. Pluma de "overflow".....	66
4. Resultados e Discussões.....	72
5. Conclusões.....	78
5. Referências.....	78
ANEXO I.....	85
ANEXO II .....	97
ANEXO III.....	99

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Caçamba de mandíbulas em operação.....	14
<b>Figura 2:</b> Escavadeira Frontal. ....	15
<b>Figura 3:</b> Retroescavadeira.....	16
<b>Figura 4:</b> Pá de Arrasto em operação. ....	17
<b>Figura 5:</b> Perfil da draga de alcatruzes.....	18
<b>Figura 6:</b> Perfil de uma draga autotransportadora.....	19
<b>Figura 7:</b> Perfil de uma draga autotransportadora.....	20
<b>Figura 8:</b> Tipos de lâminas de desagregador. (A) Lisa; (B) Serrilhada; (C) Dentada...	21
<b>Figura 9:</b> Disposição de rejeitos de dragagem em corpos hídricos. (a) Disposição irrestrita; (b) Capeamento pelo nível do fundo; (c) Disposição com contenção lateral; (d) Disposição confinada; (e) Disposição em cavas; (f) Disposição confinada em cavas. ...	22
<b>Figura 10:</b> Praia de Copacabana antes do engordamento em 1956.....	24
<b>Figura 11:</b> Praia de Copacabana após o engordamento em 1956.....	24
<b>Figura 12:</b> Localização das Ilhas que constituem o arquipélago responsável pela formação da Ilha do Fundão. ....	25
<b>Figura 13:</b> Localização das áreas de extração e disposição do projeto de exploração de areia siliciclástica na barra da Baía de Guanabara. ....	29
<b>Figura 14:</b> Localização do pátio de disposição da areia siliciclástica marinha localizada próxima a linha férrea (linha em vermelho). ....	30
<b>Figura 15:</b> Localização da draga no ato da descarga de areia e tubulações subterrâneas de recalque do material (linha em vermelho) e retorno da água drenada (linha em azul). .....	31
<b>Figura 16:</b> Área de estudo. ....	32
<b>Figura 17:</b> Mapa Batimétrico da Baía de Guanabara. ....	34
<b>Figura 18:</b> Subdivisão da Baía de Guanabara em compartimentos, segundo Marino (2011). ....	36

<b>Figura 19:</b> Distribuição pontual dos sedimentos de fundo coletados por Marino (2011). .....	38
<b>Figura 20:</b> Mapas da distribuição das classes granulométricas na área de estudo. ....	39
<b>Figura 21:</b> Mapa Granulométrico da Baía de Guanabara segundo diagrama de <i>Shepard</i> . .....	40
<b>Figura 22:</b> Mapa da área cinemática das amostras coletadas. ....	41
<b>Figura 23:</b> Sedimentos finos secos por estufa a 100°C. ....	42
<b>Figura 24:</b> Distribuição de matéria orgânica nos sedimentos de fundo e associação com a granulometria. ....	44
<b>Figura 25:</b> Mapas de teores de metais pesados contidos nos sedimentos. ....	46
<b>Figura 26:</b> Modelo hidrodinâmico mostrando os perfis dos vetores de corrente típicos para uma maré de sizígia na enchente (mapa A) e vazante (mapa B). ....	49
<b>Figura 27:</b> Áreas de mangue na Baía de Guanabara. ....	52
<b>Figura 28:</b> Localização dos pontos de desembarque de pescado na baía de Guanabara Fonte: (IBAMA, 2002). ....	54
<b>Figura 29:</b> Pontos de mergulho próximos a desembocadura da Baía de Guanabara, RJ. .....	58
<b>Figura 30:</b> Pontos de mergulho próximos a desembocadura da Baía de Guanabara, RJ. .....	59
<b>Figura 31:</b> Pontos de mergulho na Ilha Rasa (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo; ruim – vermelho; cinza – sem informação). .....	59
<b>Figura 32:</b> Pontos de mergulho na Ilha Redonda (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo). ....	60
<b>Figura 33:</b> Pontos de mergulho nas Ilhas Cagarras (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo; cinza – sem informação). .....	61
<b>Figura 34:</b> Pontos de mergulho na Praia Vermelha, Urca (RJ), com sua respectiva profundidade e visibilidade (vermelho - ruim). ....	62

<b>Figura 35:</b> Esquema da pluma do “ <i>overflow</i> ” de uma draga autotransportadora TSHD, que às vezes gera uma pluma de superfície com aumento de turbidez perto da superfície livre e, às vezes, gera apenas uma pluma de turbidez próxima ao leito do corpo d’água. ....	67
<b>Figura 36:</b> Dois exemplos de dragas gerando plumas de “ <i>overflow</i> ” na superfície, e um exemplo sem pluma de “ <i>overflow</i> ” visível na superfície. ....	68
<b>Figura 37:</b> Representação da pluma dinâmica de “ <i>overflow</i> ” .....	69
<b>Figura 38:</b> Representação da pluma passiva de “ <i>overflow</i> ” .....	70
<b>Figura 39:</b> Impactos ambientais sobre as comunidades aquáticas ocasionados pela pluma de “ <i>overflow</i> ” .....	72

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Classificação das dragas autotransportadoras com base no volume de material dragado ( <i>FILHO, 2004</i> ).....	20
<b>Tabela 2:</b> Características dos sedimentos em função do diâmetro ( <i>L.C., 2019</i> ). .....	35
<b>Tabela 3:</b> Impactos ambientais da dragagem de mineração estudada, sua classificação (positivo/negativo) e a escala de gravidade (1- criticidade alta; 2-criticidade média; 3-criticidade baixa). (Fonte: elaboração própria).....	78

## **1. Introdução**

O esgotamento das reservas continentais e a dificuldade cada vez maior das empresas de mineração atenderem a demanda regional de agregados como areia e cascalho, e alguns minerais, dentro das normas ambientais cada vez mais severas em terra tem levado à exploração de depósitos marinhos, os quais 70% abrigam agregados e minerais potencialmente mineráveis. Por isso, ainda que representem menor valor econômico, em volume, que as reservas continentais, as reservas marinhas devem se tornar cada vez mais importantes para suprir à demanda nacional e internacional, substituindo operações continentais (CHARLES, 2002).

A exploração de recursos minerais na plataforma continental é realizada através do procedimento de dragagem, que segundo Teixeira e Dias (2009), é o processo de retirada de material do leito dos corpos d'água com uma finalidade específica, através de um equipamento denominado “draga” (Teixeira e Dias, 2009). Segundo FILHO (2004), a dragagem é utilizada para diversas finalidades além da mineração, como para a construção e manutenção de vias aquáticas, de infraestrutura de transporte, de aterros e de recuperação de solos. O procedimento de mineração de sedimentos depositados no leito do corpo d'água, geralmente, é feito através de dragas de sucção e, em alguns casos, quando o depósito se situa em águas rasas, através de caçambas de mandíbulas (CHARLIER, 2002).

A atividade de exploração está associada a uma série de impactos ambientais nas áreas de influência dos empreendimentos. No caso das dragagens de mineração, alguns destes impactos podem ser mapeados devido às alterações das condições hidráulicas e sedimentológicas do escoamento, que resultam na modificação da circulação e mistura da água, salinidade e turbidez (NETO, 2000; PORTO & TEIXEIRA, 2002; TORRES, 2000). Segundo a Diretriz para o Licenciamento Ambiental de Dragagem e Disposição Final do Material Dragado (DZ 1845 R-3), as obras de dragagem afetam desde as atividades econômicas desenvolvidas na região, até a dinâmica das correntes marítimas, o transporte de sedimentos e a fauna e flora local.

No estado do Rio de Janeiro, a dificuldade das empresas em atender a demanda atual de areia para construção civil, somada ao aumento da necessidade deste material previsto pelos investimentos em infraestrutura e indústrias em curso, faz com que a dragagem de mineração na plataforma continental, com destaque para as áreas localizadas na Baía de

Guanabara, seja uma oportunidade de suprir o fornecimento de areia com menor impacto ambiental.

A Baía de Guanabara é uma bacia oceânica situada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, com área aproximada de 400 km<sup>2</sup>. Segundo SECT (2000), a região abriga o segundo maior parque industrial do Brasil e caracteriza-se por uma alta densidade demográfica. Ainda que a área se encontre poluída e utilizada por outras atividades, a baía registra uma enorme biodiversidade e uma importante atividade pesqueira.

Neste trabalho, apresenta-se uma revisão dos principais aspectos da dragagem, dos impactos ambientais decorrentes da dragagem de mineração, além de um estudo de caso de um projeto de mineração submarina de areia siliciclástica para uso na construção civil em área da plataforma continental na Baía de Guanabara.

## **2. Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura**

### **2.1. Dragagem**

A dragagem é o processo de retirada de material do leito dos corpos d'água através de um equipamento denominado "draga". A draga é uma embarcação ou plataforma flutuante equipada com mecanismos necessários para se efetuar a movimentação de solos e sedimentos submersos, que tem como objetivo aprofundar, desassorear, desobstruir e alargar canais em rios, portos e baías de forma a construir e manter vias aquáticas, vias de infraestrutura de transporte, aterros e recuperar solos contaminados ou de mineração (Teixeira e Dias, 2009; Filho, 2004; Torres, 2000).

De acordo com TORRES (2000), a Norma da Autoridade Portuária nº 11 (NORMAM-11), de 30 de setembro de 1998 estabelecida pela Diretoria de Portos e Costas (DPC), determina que a dragagem pode ainda ter o objetivo de designar uma profundidade inicial em um trecho e/ou extensão total de um corpo hídrico, manter uma profundidade específica e executar um aterro (TORRES, 2000).

Para a implantação, aprofundamento, manutenção e/ou remediação de locais marítimos, faz-se necessária a dragagem de limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação dos sedimentos submersos de corpos hídricos para o respectivo despejo nas áreas de bota-fora (MARINHA DO BRASIL, 1998, BRASIL, 2007, GOES FILHO, 2004).

Teixeira e Dias (2009) apontam que o processo de dragagem apresenta-se dividido em dois grandes grupos: um que corresponde a dragagem que é feita para a retirada de material virgem, visando a formação de um canal artificial, e as dragagens de manutenção, cuja finalidade é a de manter a profundidade do canal permitindo a movimentação adequada de embarcações de vários tamanhos. Os autores ainda apontam um terceiro tipo de dragagem, a “dragagem ambiental”, a qual procura remover uma camada superficial de sedimento contaminado por compostos orgânicos e inorgânicos.

## **2.2. Tipos de dragagem**

De acordo com a tese de FILHO (2004), a dragagem pode ser classificada em quatro categorias principais: a dragagem de aprofundamento ou de implantação, de manutenção, de remediação ambiental e de mineração. Entretanto, segundo VOLPATO (2013), pode-se também acrescentar as dragagens especiais, que fazem uso de equipamentos adaptados para casos onde há necessidades muito específicas, naturais ou erosão e para aterros hidráulicos.

### **2.2.1. Dragagem de implantação ou de ampliação**

A dragagem de implantação ou de ampliação para fins de navegação é a escavação de sedimentos para o aumento da profundidade em uma área, com o objetivo de manter a profundidade de canais de acesso ou lagos permitindo a movimentação adequada de embarcações de vários tamanhos, seja ela para a criação de canais de acesso ou para ampliação de bacias portuárias (SIMÕES, 2009). GOES FILHO (2004) aponta que, geralmente, estes projetos são caracterizados por movimentação de grandes quantidades de material, remoção de solos compactos e dragagem de camadas de solo não alteradas.

### **2.2.2. Dragagem de manutenção**

A dragagem de manutenção é repetitiva e rotineira em áreas de navegação já aprofundadas artificialmente, e seu objetivo é a remoção de material visando a manutenção da profundidade ao traçado do canal de projeto em corpos d'água cuja profundidade é periodicamente reduzida devido ao assoreamento, dificultando a movimentação de embarcações (SIMÕES, 2009).

### **2.2.3. Dragagem de remediação ambiental**



Segundo SIMÕES (2009), a dragagem de remediação ambiental visa a remoção de material contaminado para fins de proteção ao meio ambiente, em particular à saúde humana. Diferente dos outros tipos de dragagem, que tem como principal objetivo manter as profundidades de canais propiciando a navegação, a dragagem ambiental é executada para a retirada de sedimentos contaminados.

#### **2.2.4. Dragagem de mineração**

Segundo CPRM (1983), partes da crosta terrestre que detém constituintes minerais valiosos, como metais, em quantidade suficiente que viabilize uma mineração economicamente viável podem ser considerados reservas minerais. O esgotamento das reservas continentais e restrições ambientais para a mineração cada vez mais severas impostas em terra têm levado à exploração de depósitos marinhos para suprir a demanda de agregados como areia e cascalho, e alguns minerais, como a cassiterita, o outoro, o diamante e minerais pesados, como rutilo, ilmetita, zircônio, monazita, magnetita, fosfato, dentre outros. Segundo GOES FILHO (2004), a dragagem de mineração pode ainda ser efetuada para extração de ouro e pedras preciosas de depósitos aluvionares. O procedimento de mineração de sedimentos depositados no leito do corpo d'água, geralmente, é feito através de dragas de sucção e, em alguns casos, quando o depósito situa-se em águas rasas, através de caçambas de mandíbulas (CHARLIER, 2002).

A dragagem de mineração de agregados como argilas, areia e cascalho é utilizada para efeito de exploração de minerais com valor econômico para a construção civil (GOES FILHO, 2004). Estes agregados podem ser misturados com o cimento e materiais betuminosos para produzir concreto e argamassa (CHARLIER, 2002). Segundo EMBRAPI (2017), estes minerais também podem ser usados na área industrial, como matéria-prima para a fabricação de vidros, ácidos e fertilizantes, como carga mineral em tintas e plásticos, dentre outros processos industriais.

CHARLIER (2002) aponta que apesar dos depósitos marinhos ainda representarem menor valor econômico, em volume, que as reservas continentais, a importância da mineração marinha vem crescendo consideravelmente nos últimos quarenta anos, e os avanços tecnológicos constantes em métodos e equipamentos de dragagem têm permitido melhores retornos econômicos; os modelos mais modernos de dragas de sucção podem operar a profundidades superiores a 100 metros e já estão operando em grandes obras de construção costeira no sudeste da Ásia. Ainda segundo o autor, 70% das plataformas

continentais do mundo abrigam agregados e minerais potencialmente mineráveis, e cada vez mais as reservas marinhas devem se tornar importantes para suprir à demanda nacional e internacional, substituindo operações continentais.

### **2.3. Métodos e equipamentos de dragagem**

A dragagem pode ser feita através de equipamentos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, como será descrito mais adiante neste trabalho. Basicamente, os primeiros são caracterizados por sua simplicidade e proximidade com equipamentos utilizados em terraplanagem. Alguns exemplos são: caçamba de mandíbulas, escavadeiras frontais (*dipperdredges*), retroescavadeiras (*hoes*), pás de arrasto (*draglines*) e dragas de alcatruzes (*bucketdredges*) (FILHO, 2004).

Já os hidráulicos são caracterizados pelo uso de bombas. Estas têm a finalidade de retirar o material que foi desagregado do fundo e transportá-lo para um local de bota-fora (dragas de sucção e recalque) ou para as próprias cisternas situadas na draga (dragas autotransportadoras). Além disso, são equipamentos mais econômicos, versáteis e eficientes, gerando maiores rendimentos nas operações de dragagem. As dragas hidráulicas mais comuns são as autotransportadoras e de sucção e recalque com desagregador (FILHO, 2004).

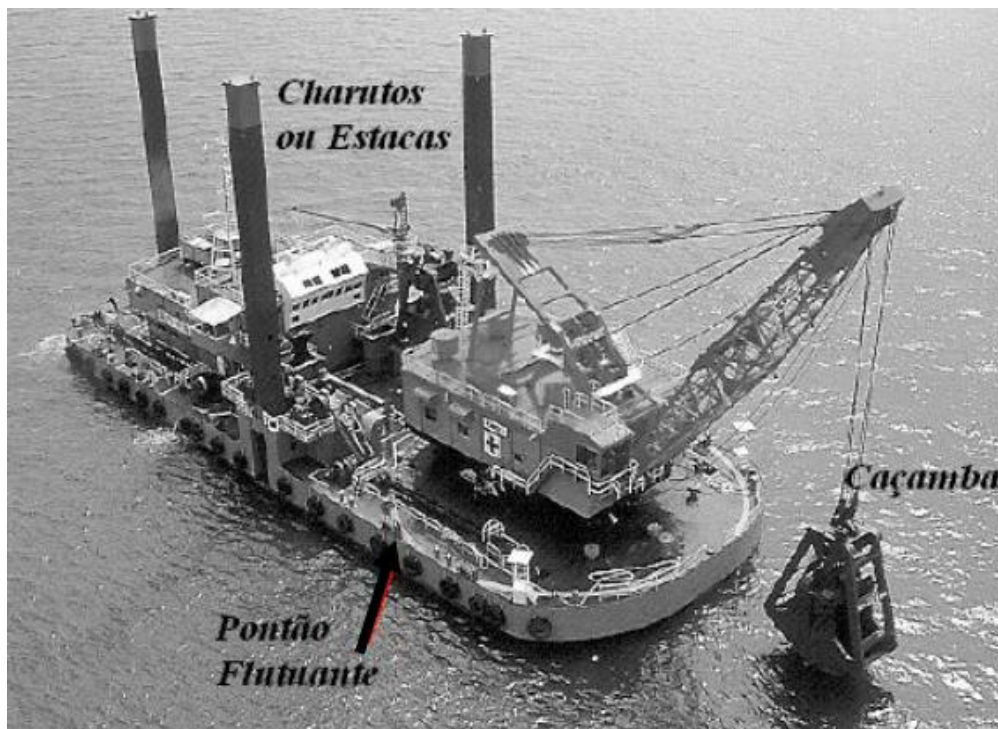
Por fim, os equipamentos pneumáticos possuem a vantagem de possibilitar uma operação ambientalmente melhor, pois provocam pouca dispersão de contaminantes na água, diminuindo a turbidez do corpo hídrico no ato da dragagem. Geralmente, são utilizados em ambientes que exigem cuidados ambientais especiais (FILHO, 2004). Além disso, os equipamentos pneumáticos proporcionam a sucção do material dragado por meio de ar comprimido, não utilizando, portanto, desagregadores ou métodos de corte por meio de equipamentos mecânicos (FILHO, 2004).

#### **2.3.1. Equipamentos mecânicos**

##### **2.3.1.1. Caçamba de mandíbulas**

A caçamba de mandíbulas é a draga mais utilizada no mundo, segundo Oliveira (2010). Esta possui diversas aplicações, como por exemplo, preparar determinada área para ser dragada posteriormente (FILHO, 2004). Por possuir diversos tipos de caçambas, é considerada bastante versátil (FILHO, 2004; OLIVEIRA, 2010). A caçamba de mandíbulas funciona a partir de charutos verticais montados no pontão e um alcatruz

(FILHO, 2004), conforme ilustrado na Figura 1. Estes tem a funcionalidade de rotacionar a draga para realizar a escavação (FILHO, 2004). No caso deste equipamento mecânico, os sedimentos dragados podem ser depositados na caçamba da própria embarcação ou em outra independente (SIMÕES, 2009).



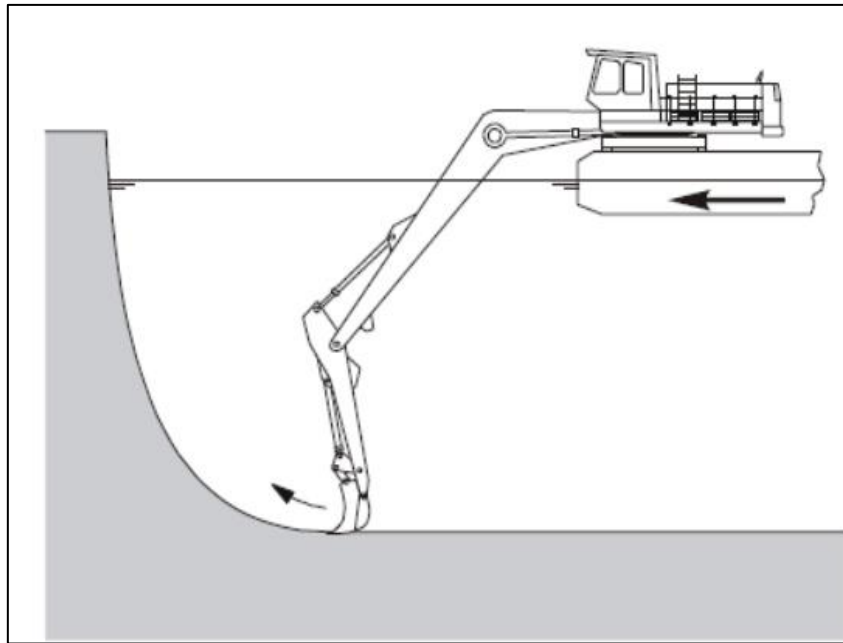
**Figura 1: Caçamba de mandíbulas em operação.**

Fonte: (BASTOS; BASSANI, 2012).

Dentre as vantagens do uso da caçamba é possível citar que este tipo de draga retira o sedimento submerso com o mínimo de perturbação ao meio ambiente e/ou diluição do material dragado quando comparado aos equipamentos hidráulicos. É mais adequado em locais confinados e estreitos como cais e/ou reentrâncias e não possui estrutura fixa para alcançar o fundo. Portanto, a profundidade de operação das dragas da caçamba só depende da extensão do cabo de suspensão da caçamba (SIMÕES, 2009). Entretanto, a sua taxa de produção é baixa e há a dificuldade de se obter o nivelamento perfeito do fundo, exigindo um retrabalho de alta precisão. Dessa forma, o custo da operação aumenta, podendo inviabilizar o uso desta draga em determinada operação (SIMÕES, 2009).

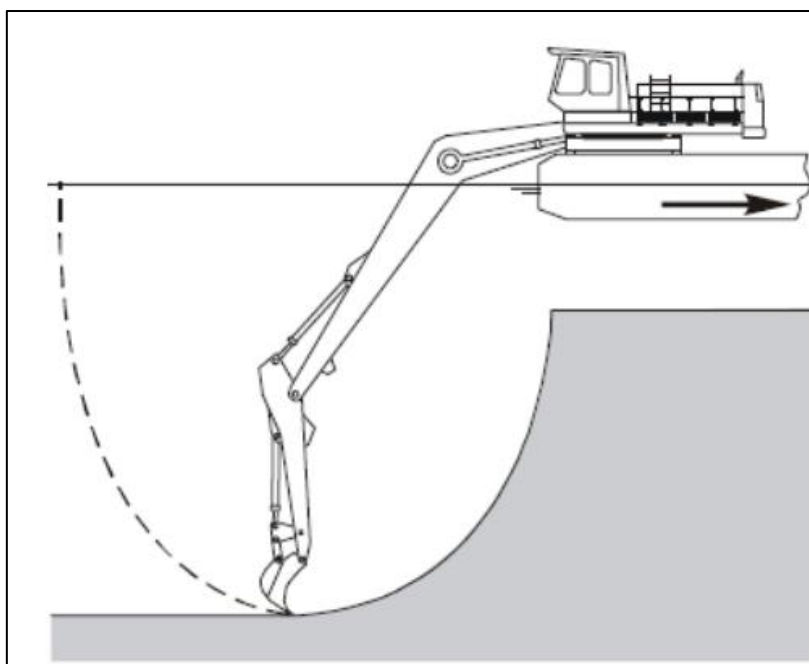
### **2.3.1.2. Escavadeiras frontais (*dipperdredges*) e retroescavadeiras (*hoes*)**

As escavadeiras frontais e as retroescavadeiras funcionam de modos inversos. Enquanto que a escavadeira frontal empurra o material dragado para suspendê-lo, a retroescavadeira puxa os sedimentos na direção da embarcação (OLIVEIRA, 2010), conforme ilustrado na Figura 2 e 3. Segundo OLIVEIRA (2010), a última é a mais utilizada.



**Figura 2: Escavadeira Frontal.**

Fonte: (OLIVEIRA, 2010)



**Figura 3: Retroescavadeira.**

Fonte: (OLIVEIRA, 2010)

Ambos equipamentos são constituídos por um braço rígido, uma caçamba e charutos que são construídos e montados, respectivamente, sobre os pontões (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009). Além disso, são muito versáteis e possuem as características de comprimir fortemente o solo que está sendo escavado e alcançar profundidades de escavação razoáveis (CARDOSO; SHIMIZU, 2002).

As retroescavadeiras, também conhecidas como escavadeiras *clam-shell*, são muito utilizadas em abertura de valas, principalmente se houver obstáculos, e também na remoção e carregamento de material solto (LIMA, 2013).

Dentre as vantagens das dragas de escavadeiras também é possível citar que este tipo de draga retira o sedimento submerso com o mínimo de perturbação ao meio ambiente e/ou diluição do material. Além disso, também pode-se apontar a facilidade de dragar uma grande variedade de materiais, os baixos custos de manutenção, sua precisão de posição e profundidade, além de ser adequada para locais confinados e estreitos como cais e/ou reentrâncias (SIMÕES, 2009). Entretanto, os níveis de produção são baixos quando comparados a equipamentos cujo processo de dragagem é contínuo.

### **2.3.1.3. Pás de arrasto (*draglines*)**

As pás de arrasto são muito utilizadas em atividades de mineração, construção de diques e na limpeza de canais e barragens (BASTOS; BASSANI, 2012). Estas são constituídas por uma caçamba de aço e um guindaste móvel (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009), conforme apresentado na Figura 4.



**Figura 4: Pá de Arrasto em operação.**

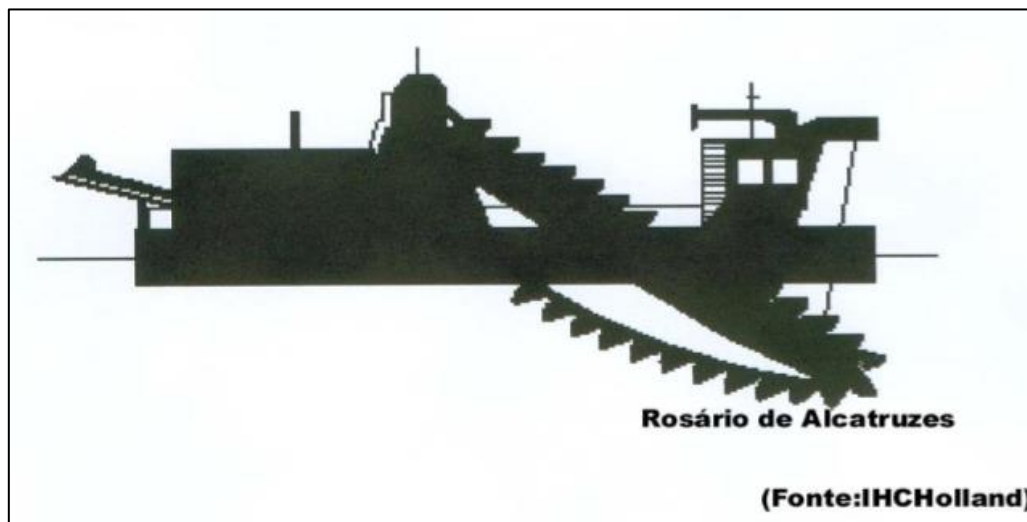
Fonte: (SIMÕES, 2009)

Apesar da draga de pá de arrasto provocar maiores perturbações do material dragado e apresentar baixa produtividade se comparada com outros equipamentos que operam continuamente, este tipo de draga pode ser utilizada para escavar uma grande variedade de sedimentos, desde os mais finos aos pedregulhos, e também possuem melhor precisão de posição e profundidade que as dragas de caçamba de mandíbulas (SIMÕES, 2009).

#### **2.3.1.4. Draga de alcatruzes (*bucketdredges*)**

A draga de alcatruzes é o único equipamento mecânico que funciona continuamente. Isto permite que a dragagem seja uniforme e que se tenha um bom controle da profundidade. Esta é constituída por um rosário de alcatruzes (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009), conforme ilustrado na Figura 5. A draga de alcatruzes é mais eficiente que as outras dragas deste segmento (BASTOS; BASSANI, 2012; FILHO, 2004; SIMÕES, 2009). Entretanto, este tipo de draga apresenta baixa eficiência na operação de profundidades menores, é responsável por gerar um nível de ruído bastante elevado e possui um alto custo de

construção se comparado com os demais tipos de dragas mecânicas (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009).



**Figura 5: Perfil da draga de alcatruzes.**

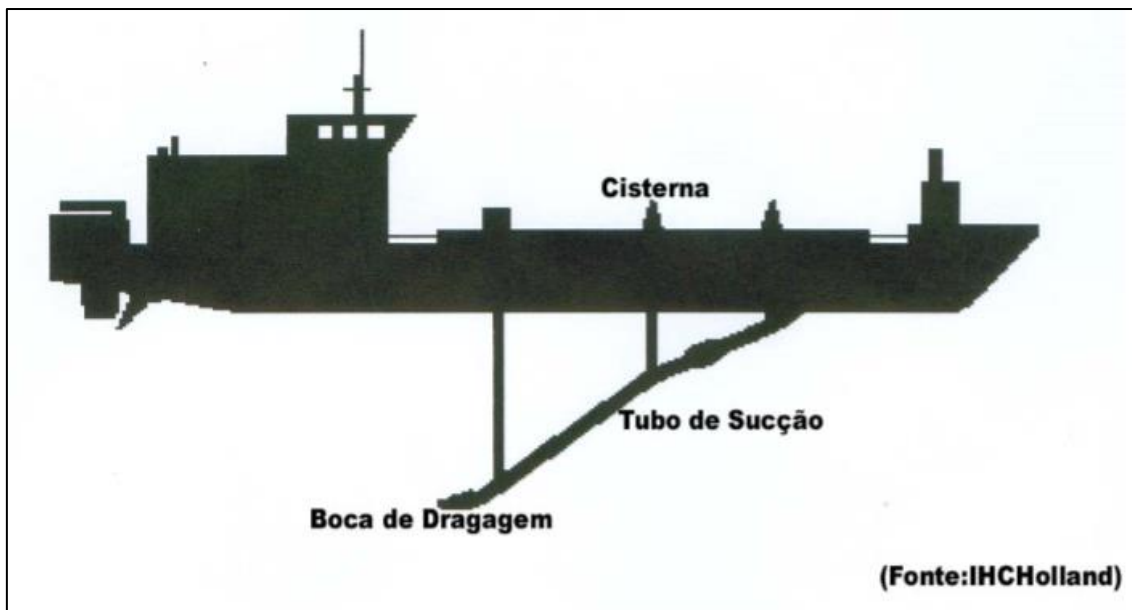
Fonte: (FILHO, 2004).

### **2.3.2. Equipamentos hidráulicos**

As dragas hidráulicas caracterizam-se por dispor de bombas de dragagem para remover o material submerso (dragas de sucção e recalque) ou para transportá-lo para cisternas na própria embarcação (FILHO, 2004). Estas, geralmente, apresentam melhor eficiência quando comparadas às dragas mecânicas e são mais versáteis, econômicas e possuem tecnologia mais atual (BASTOS; BASSANI, 2012; FILHO, 2004; SIMÕES, 2009). Este tipo de equipamento hidráulico pode ser dividido em dragas autotransportadoras e de sucção e recalque (SIMÕES, 2009), conforme descritas nos tópicos seguintes.

#### **2.3.2.1. Dragas autotransportadoras (AT)**

As dragas AT são constituídas de cisternas e tubos de sucção que possuem uma boca de dragagem para contato com o fundo e bombas para aspirar o material dragado (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009), conforme é ilustrado na Figura 6. Estas também apresentam uma significativa redução nos custos de operação (FILHO, 2004).



**Figura 6: Perfil de uma draga autotransportadora.**

Fonte: (FILHO, 2004).

Dentre as vantagens da utilização deste tipo de draga, pode-se citar: pouca interferência sobre a navegação, alta produtividade e facilidade para transportar o material dragado a grandes distâncias (SIMÕES, 2009). Além disso, este equipamento possui alta manobrabilidade e apresenta maior eficiência que outras dragas hidráulicas, devido a presença do compensador de onda, o qual permite que a draga opere continuamente mesmo em situações as quais há uma certa intensidade de ondulação (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009).

Basicamente, ao dragar os sedimentos submersos com uma draga AT, estes são despejados em uma cisterna. Nesta, há dois vertedores que permitem que os materiais mais leves possam ser escoados. Dessa forma, as partículas mais pesadas sedimentam no fundo e, quando a cisterna enche, a draga suspende os tubos de sucção e transporta o material dragado ao local de descarga (FILHO, 2004).

De acordo com Filho (2004), as dragas autotransportadoras podem ser classificadas com base no volume de material a ser dragado e, conseqüentemente, no tamanho das cisternas, conforme apresentado na Tabela 1.

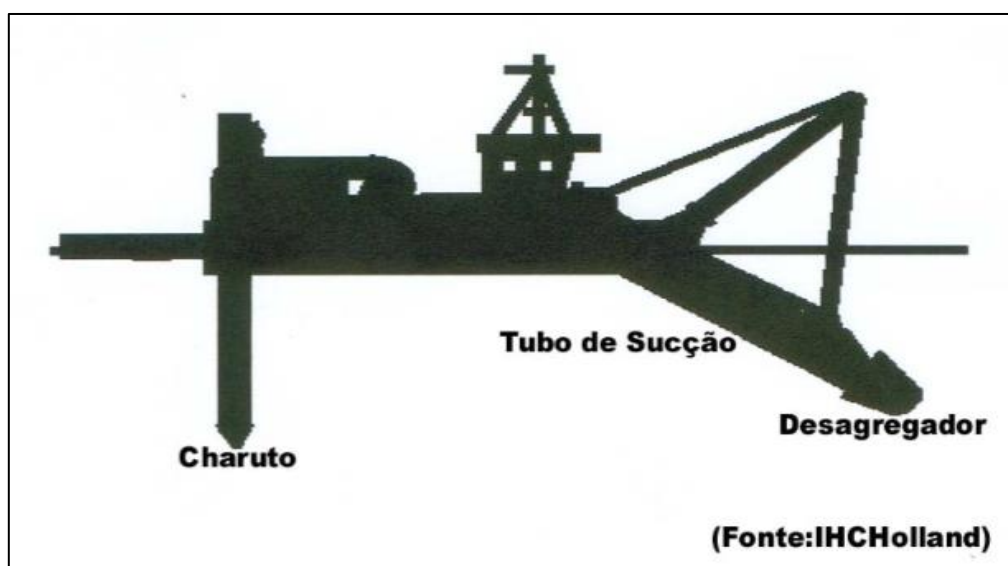


**Tabela 1: Classificação das dragas autotransportadoras com base no volume de material dragado (FILHO, 2004).**

<b>Dragas ATs</b>	<b>Faixa de volume de material dragado</b>
Dragas pequenas (para manutenção)	500 m <sup>3</sup> a 4.000 m <sup>3</sup>
Dragas médias (aplicação geral)	4.000 m <sup>3</sup> a 9.000 m <sup>3</sup>
Dragas grandes (aplicação geral)	9.000 m <sup>3</sup> a 17.000 m <sup>3</sup>
Dragas muito grandes (grandes aterros)	17.000 m <sup>3</sup> a 36.000 m <sup>3</sup>

### **2.3.2.2. Dragas de sucção e recalque com desagregador (SR)**

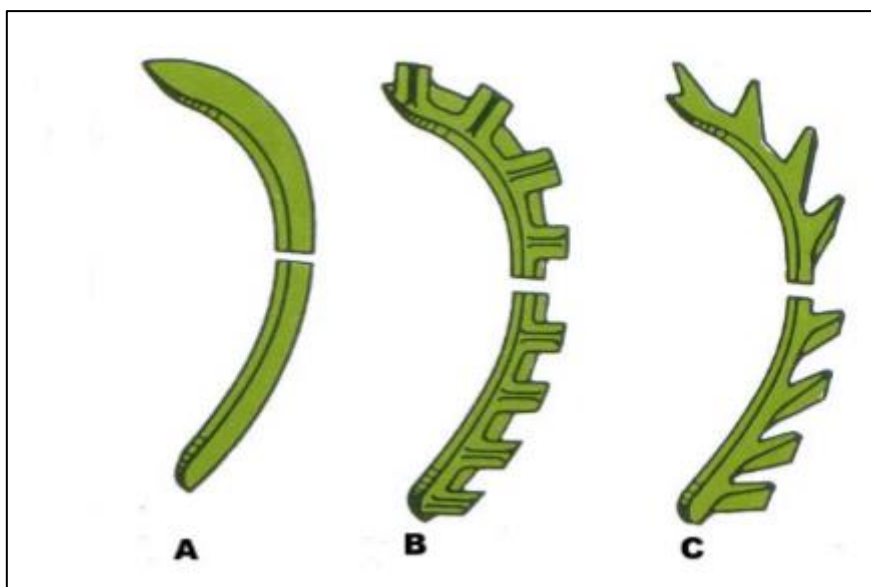
As dragas de sucção são muito utilizadas principalmente em engordamentos de praias e em regiões localizadas perto da costa (FILHO, 2004). Estas são constituídas de um desagregador mecânico que fica acoplado na extremidade do tubo de sucção. O desagregador, por rotação, desprende as partículas do fundo e aspira o material pela bomba de dragagem (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009). Além disso, as dragas de sucção possuem charutos que são responsáveis pela sua movimentação (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009), conforme ilustrado na Figura 7.



**Figura 7: Perfil de uma draga autotransportadora.**

Fonte: (FILHO, 2004).

A principal desvantagem do desagregador é que este causa uma nuvem de sedimentos devido à dispersão dos sedimentos mais finos, provocando um possível impacto ambiental no entorno da área dragada. Dessa forma, foram desenvolvidos três tipos de desagregadores especiais: os de lâmina lisa, serrilhada e dentada (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009). A Figura 8 ilustra tais dispositivos.



**Figura 8: Tipos de lâminas de desagregador. (A) Lisa; (B) Serrilhada; (C) Dentada.**

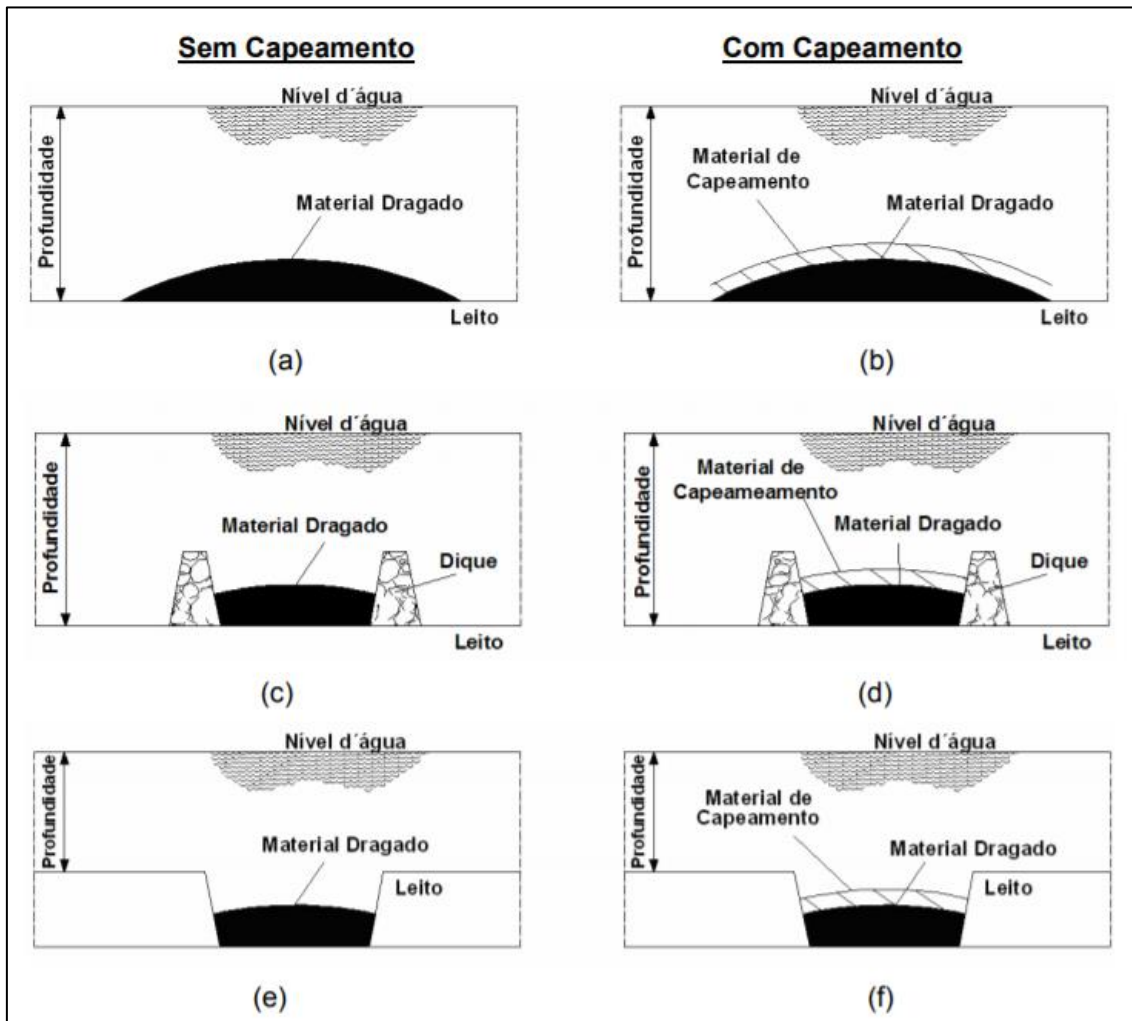
Fonte: (FILHO, 2004; SIMÕES, 2009).

#### **2.4. Disposição do material dragado**

De acordo com (FILHO, 2004), há quatro possibilidades para a disposição dos sedimentos dragados: em corpos hídricos abertos, em locais confinados, tratamento ou uso benéfico. Na primeira opção citada, o material é disposto em oceanos, estuários, rios e lagos, de forma que este não esteja isolado das águas adjacentes durante o processo.

Geralmente, esta técnica é aplicada para situações em que o sedimento dragado se encontra em um nível de contaminação baixo ou moderado. Mesmo assim, a disposição no fundo, pode ocasionar asfixia dos organismos bentônicos locais, causando uma mudança da fauna e flora no entorno, além de impactar negativamente ambientes mais sensíveis como recifes de corais e áreas de procriação e desova (FILHO, 2004). Para a situação em que o resíduo esteja altamente contaminado, este deverá sofrer um capeamento, ser disposto em cavas e/ou despejado em área com contenção lateral para

ser despejado em corpos hídricos abertos (CASTIGLIA, 2006; FILHO, 2004), conforme ilustrado na Figura 9.



**Figura 9: Disposição de rejeitos de dragagem em corpos hídricos. (a) Disposição irrestrita; (b) Capeamento pelo nível do fundo; (c) Disposição com contenção lateral; (d) Disposição confinada; (e) Disposição em cavas; (f) Disposição confinada em cavas.**

Fonte: (CASTIGLIA, 2006).

Já a disposição em locais confinados consiste no isolamento do material dragado das águas ao redor e do solo, de forma a minimizar os impactos da contaminação do mesmo ao meio ambiente. Estas áreas confinadas, chamadas de Áreas de Disposição Confinada, podem ser acima do nível d'água, vizinhas à costa ou em ilhas subaquáticas (FILHO, 2004).

Outro método de disposição dos resíduos de dragagem é o seu tratamento. Esta alternativa visa a diminuição da concentração dos contaminantes no sedimento dragado, de forma a enquadrá-lo nos limites aceitáveis pela legislação brasileira (FILHO, 2004). Este processo de reduzir, separar, imobilizar ou desintoxicar contaminantes pode ser realizado a partir da descontaminação e/ou estabilização do rejeito de dragagem, segundo Volpato (2013). Estes resultados são obtidos a partir da separação dos contaminantes dos sólidos nos sedimentos, destruição ou diminuição da toxicidade dos contaminantes, separação física dos grãos grosseiros dos finos para reduzir o volume e/ou, por fim, estabilização física e química dos contaminantes, a fim de torná-los mais resistentes a volatilização e erosão (VOLPATO, 2013).

Por fim, há a possibilidade de utilizar o material dragado para outros fins, senão o lixo (FILHO, 2004). Neste caso, seria dado um uso benéfico para tal resíduo. Conforme Filho (2004) cita em sua tese de mestrado, o aproveitamento do resíduo de dragagem no engordamento de uma praia pode ser considerado um exemplo de uso benéfico. Entretanto, de acordo com o autor, faz-se necessária uma avaliação ambiental para mapear os impactos negativos que este tipo de disposição poderia causar no meio ambiente. Sobre esta última possibilidade de disposição descrita, vale ressaltar os casos do engordamento da Praia de Copacabana e aterro da Ilha do Fundão, conforme descritos adiante.

#### **2.4.1. Disposição do material dragado para fins de engordamento da praia de Copacabana**

Em 1940, Copacabana, bairro da Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, foi considerada a área de maior densidade urbana da região. O acesso à praia deste bairro era feito pela Avenida Atlântica, que era constituída, inicialmente, de pista simples. Portanto, com o crescimento populacional de Copacabana, o tráfego se intensificou nesta via, a ponto de não ser mais possível escoar o trânsito pela cidade (FILHO, 2004).

Além disso, fazia-se necessária a construção de um sistema de esgoto sanitário que fosse capaz de coletar os esgotos tanto de Copacabana, quanto de outros bairros da Zona Sul, bem como o controle das ressacas que, eventualmente, invadiam a orla, depositando grande quantidade de areia na Avenida (FILHO, 2004). Dessa forma, o governo decidiu por realizar o engordamento da praia de Copacabana em seus 3,7 quilômetros de extensão, lançando a areia dragada na enseada de Botafogo em seis pontos equidistantes de,

aproximadamente, 900 metros nesta praia. Este lançamento foi feito por duas dragas de sucção e recalque (FILHO, 2004).

Posteriormente, foi definido também um novo método de alimentação da praia a partir da retirada de areia de um depósito situado em frente à praia de Copacabana. Segundo (FILHO, 2004), este processo foi executado por uma draga autotransportadora. Logo, o resultado da técnica de engordamento aplicada à Praia de Copacabana é apresentado nas Figuras 10 e 11.



**Figura 10: Praia de Copacabana antes do engordamento em 1956.**

Fonte: Fotos Copacabana, 2019.

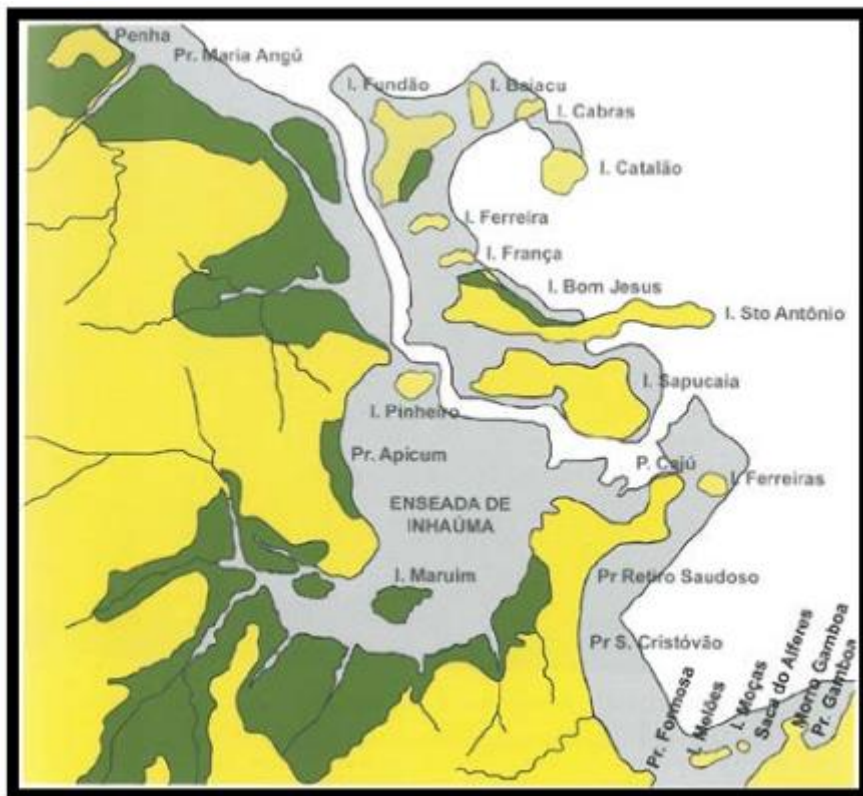


**Figura 11: Praia de Copacabana após o engordamento em 1956.**

Fonte: Fotos Copacabana, 2019.

#### **2.4.2. Disposição do material dragado para fins de aterramento na Ilha do Fundão**

No caso da construção da Ilha do Fundão, foi feito um aterramento de um arquipélago formado pelas ilhas Baiacu, Bom Jesus ou Caqueirada, Cabras, Catalão, Fundão, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França e Sapucaia (KAUFMANN, 2009), conforme ilustrado na Figura 12. Este processo aconteceu entre os anos de 1949 e 1952, segundo KAUFMANN (2009).



**Figura 12: Localização das Ilhas que constituem o arquipélago responsável pela formação da Ilha do Fundão.**

Fonte: Fotos Copacabana, 2019.

De acordo com KAUFMANN (2009), foram necessários 5,9 milhões de metros quadrados para a formação da Ilha do Fundão. Esta obra foi responsável por alterar a hidrodinâmica local, aterrando seis canais e, dessa forma, limitando a circulação hídrica na região (KAUFMANN, 2009).

Já nas décadas de 1950 e 1960, a cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente a região da principal avenida da cidade, Avenida Brasil, sofreu uma reorganização habitacional e industrial. Por conta disso, favelas foram desapropriadas e os moradores passaram a se instalar em habitações provisórias próximas ao Canal do Cunha (KAUFMANN, 2009).

Neste cenário, novos aterros foram gerados. Este fato, junto com a ocupação desordenada local, foram responsáveis pela ruptura do fundo do Canal do Fundão, devido ao grande carregamento dos aterros. Além disso, isto resultou em um grande assoreamento desde então, por causa da planificação da região aterrada (KAUFMANN, 2009).

## **2.5. Legislação pertinente**

### **2.5.1. Comunidade internacional**

Segundo TORRES (2000), uma das primeiras leis internacionais que tratam do controle e operações de dragagem e gerenciamento do material dragado foi a Legislação de Rio e Portos estabelecida em 1899 nos Estados Unidos (EUA). Esta lei determinava que qualquer obra em portos e rios deveria ser aprovada pelo Corpo de Engenheiros do Exército (*United States Army Corps of Engineers – USACE*) (TORRES, 2000). Já em 1949, o governo do Reino Unido criou a Lei de Proteção Costeira (*Coast Protection Act - CPA*). Esta lei definia que para qualquer retirada e deposição de sedimentos que pudesse interferir na navegação, fazia-se necessário um planejamento prévio por uma autorização legal local e pelo Ministério do Transporte (CASTRO, 2012).

Neste contexto, foi realizada a Conferência de Londres (LC), em 1972, onde foram identificadas diversas áreas marítimas degradadas devido à disposição de material dragado não regulamentada. Assim, vigoraram linhas de gerenciamento global, as quais foram aderidas no Brasil com a promulgação do texto da convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias no Decreto 87.566, de 16 de setembro de 1982 (CASTRO, 2012).

Além disso, diversas normas foram intituladas na LC. Estas servem de orientação aos países que estão vinculados à ela para se evitar que a poluição ocorra com as descargas de material dragado no oceano. É recomendado fazer amostragens dos sedimentos retirados do fundo e avaliar suas características gerais, por exemplo (TORRES, 2000). A última reunião da Conferência de Londres ocorreu em 1996 (TORRES, 2000). Neste ano, foi elaborado o Protocolo 1996 que tinha como objetivo fazer com que as Partes Contratantes protejam o meio ambiente marinho de qualquer fonte de poluição, de forma a prevenir e/ou eliminar o impacto causado por alijamento ou incineração no mar de materiais indesejáveis (CASTRO, 2012).

Outro marco histórico relevante foi a Convenção de Oslo e Paris (OSPAR) em 1992. Este evento adotou o guia conhecido por *Guidelines for the Management of Dredged Material*

(GMDM) que dá as diretrizes nos processos de licenciamento das atividades de dragagem e disposição final de material dragado (CASTRO, 2012).

### **2.5.2. Brasil**

Em 1974, foi promulgado o Decreto nº 74.557, no qual foi criada a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Esta Comissão, além de coordenar os assuntos relativos ao cumprimento da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM), é responsável por acompanhar e propor alterações da PNRM, entre outras competências (BRASIL, [s.d.]; CASTRO, 2012).

Já em 1980, as diretrizes da Política Nacional para os Recursos do Mar foram fixadas, estabelecendo, portanto, que a sua finalidade é orientar as atividades de utilização, exploração e aproveitamento dos recursos pesqueiros e a diversidade biológica do Mar Territorial, da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental de forma racional, sustentável e social para os interesses nacionais. A aprovação desta política ocorreu através do Decreto nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005 (BRASIL, 2005; CASTRO, 2012).

No ano seguinte, foi sancionada a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação (BRASIL, 1981; CASTRO, 2012). Neste contexto, é publicada a resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986, cuja norma dispõe sobre a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Nesta resolução, é determinado que atividades modificadoras do meio ambiente, tais como obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos (abertura de canais para navegação), devem ser submetidas ao processo de licenciamento ambiental (CASTRO, 2012; CONAMA, 1986).

Além disso, a Lei nº 1.356, de 3 de outubro de 1988, decreta que a abertura e drenagem de canais de navegação, drenagem ou irrigação, ratificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, construção de diques, aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos devem ter os seus respectivos EIA e RIMA aprovados pela Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) para a obtenção do licenciamento de implantação e ampliação da atividade (AMBIENTAL et al., 1988).

Ainda no mesmo ano, foi instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro através da Lei nº 7.661. Este plano promove o zoneamento dos usos e atividades na Zona Costeira



e dá prioridade à conservação e proteção de ilhas oceânicas e costeiras, estuários, lagoas, baías e praias (BRASIL, 1988).

A resolução CONAMA N° 237 de dezembro de 1997 determina que as atividades de dragagem e derrocamentos em corpos hídricos estão sujeitas ao licenciamento ambiental (BRASIL, 1997). Estes serviços foram classificados como potencialmente poluidores na Lei n° 10.165, de 27 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000; CASTRO, 2012).

Mais tarde, em 2004, foram estabelecidas as diretrizes para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras através da resolução CONAMA n°344/2004 (BRASIL; AMBIENTE, 2004; CASTRO, 2012). Além disso, este documento dispensa a classificação dos resíduos da atividade de dragagem realizada em casos de emergência ou calamidade pública e nas situações em que o volume dragado em rios ou lagoas for igual ou inferior a 10.000 m<sup>3</sup>, desde que todas as amostras coletadas contenham 90% ou mais de areia em sua composição (BRASIL; AMBIENTE, 2004).

Por fim, em 2012, a resolução CONAMA n° 454/2012 apresenta uma tabela com valores de referência, obtidos através da caracterização ecotoxicológica, para a classificação do material dragado e seleção do local de disposição do rejeito de dragagem (CONAMA, 2012).

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Projeto de exploração de areia siliciclástica**

O projeto de exploração de areia siliciclástica marinha consiste na dragagem deste material na barra da Baía de Guanabara e sua disposição para comercialização, com o objetivo de aumentar a oferta de areia no mercado, atendendo a demanda na construção civil e aliviando os preços deste material. Além disso, a extração desta areia em ambiente marinho permite também reduzir a pressão sobre os ecossistemas terrestres (BRASIL, 2008).

Segundo BRASIL (2008), este projeto possui uma área de extração de 200 hectares, localizada na Baía de Guanabara, cerca de 1,7 km a leste do litoral carioca (Praia Vermelha) e 2,8 km a oeste do litoral Niteroiense (Praia do Forte Imbuí) e uma área de disposição de 5.200 m<sup>2</sup>, situada no Bairro Barreto, em Niterói (RJ), conforme ilustrado nas Figuras 13 e 14. Esta última está localizada, estrategicamente, próxima a linha ferroviária onde a areia dragada será transportada para comercialização, apresentando

uma economia no custo logístico, visto que o transporte representa cerca de um terço do custo final da areia.



**Figura 13: Localização das áreas de extração e disposição do projeto de exploração de areia siliciclástica na barra da Baía de Guanabara.**

**Fonte: (BRASIL, 2008).**



**Figura 14: Localização do pátio de disposição da areia siliciclástica marinha localizada próxima a linha férrea (linha em vermelho).**

**Fonte: (BRASIL, 2008).**

O processo produtivo do projeto começa na extração da areia siliciclástica do fundo marinho da Baía de Guanabara. Quando a draga estiver carregada, esta navegará ao local próximo ao pátio de disposição para descarregá-la através de tubulação subterrânea por recalque. No local de disposição há tratores com pás mecânicas que realizam a movimentação e carregamento da areia vendida e a água drenada do material recalcado é retornada à Baía de Guanabara através da tubulação ilustrada na Figura 15 (BRASIL, 2008).



**Figura 15: Localização da draga no ato da descarga de areia e tubulações subterrâneas de recalque do material (linha em vermelho) e retorno da água drenada (linha em azul).**

**Fonte: (BRASIL, 2008).**

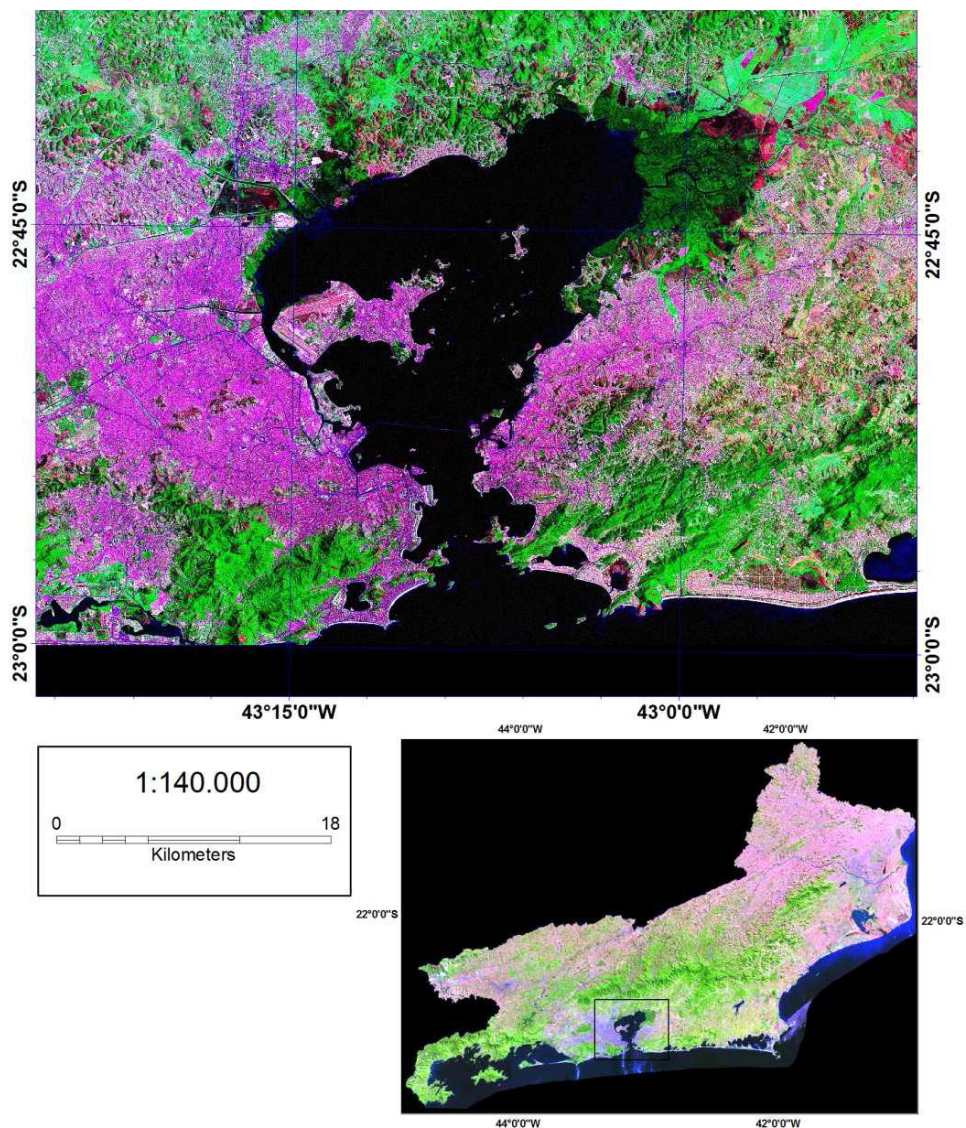
De acordo com BRASIL (2008), o projeto consiste em duas etapas. Na primeira delas, estima-se a retirada de aproximadamente 3.000.000 m<sup>3</sup> de areia para uso em aterro através de 2 dragas. Já na segunda, serão extraídos 720.000 m<sup>3</sup>/ano do material por apenas uma draga para utilização na construção civil. A dragagem será feita com a draga tipo *Hopper* por sucção. Este equipamento possui capacidade média de armazenamento de 600 a 2.000 m<sup>3</sup> e consegue extrair areia a uma profundidade máxima de 20 metros. Além disso, a draga utilizada no projeto permite bombear cerca de 3.000 m<sup>3</sup>/hora, sendo um terço de material sólido, e há a previsão de duas descargas/dia por recalque da própria draga ao local de disposição.

A areia extraída é utilizada, primordialmente, em aterros e em colchão-drenante. No fundo marinho da área de extração, encontra-se areia siliciclástica de granulometria média, que pode ser utilizada tanto na produção de concreto quanto servir como material drenante em construções feitas em terrenos encharcados. O tamanho médio do grão de areia garante que a água salgada intersticial escoe devido ao seu alto peso específico e

porosidade, impossibilitando causar danos às estruturas edificadas sobre esses aterros (BRASIL, 2008).

### 3.2. Descrição da área de estudo

A Baía de Guanabara é uma bacia oceânica situada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, no Estado homônimo, com área aproximada de 400 km<sup>2</sup>, banhando diretamente os municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias e Rio de Janeiro (GUIMARÃES et al., 2007), conforme ilustrado na Figura 16. Segundo SECT (2000), a região abriga o segundo maior parque industrial do Brasil e caracteriza-se por uma alta densidade demográfica.



**Figura 16: Área de estudo.**

Fonte: MARINO, 2011.

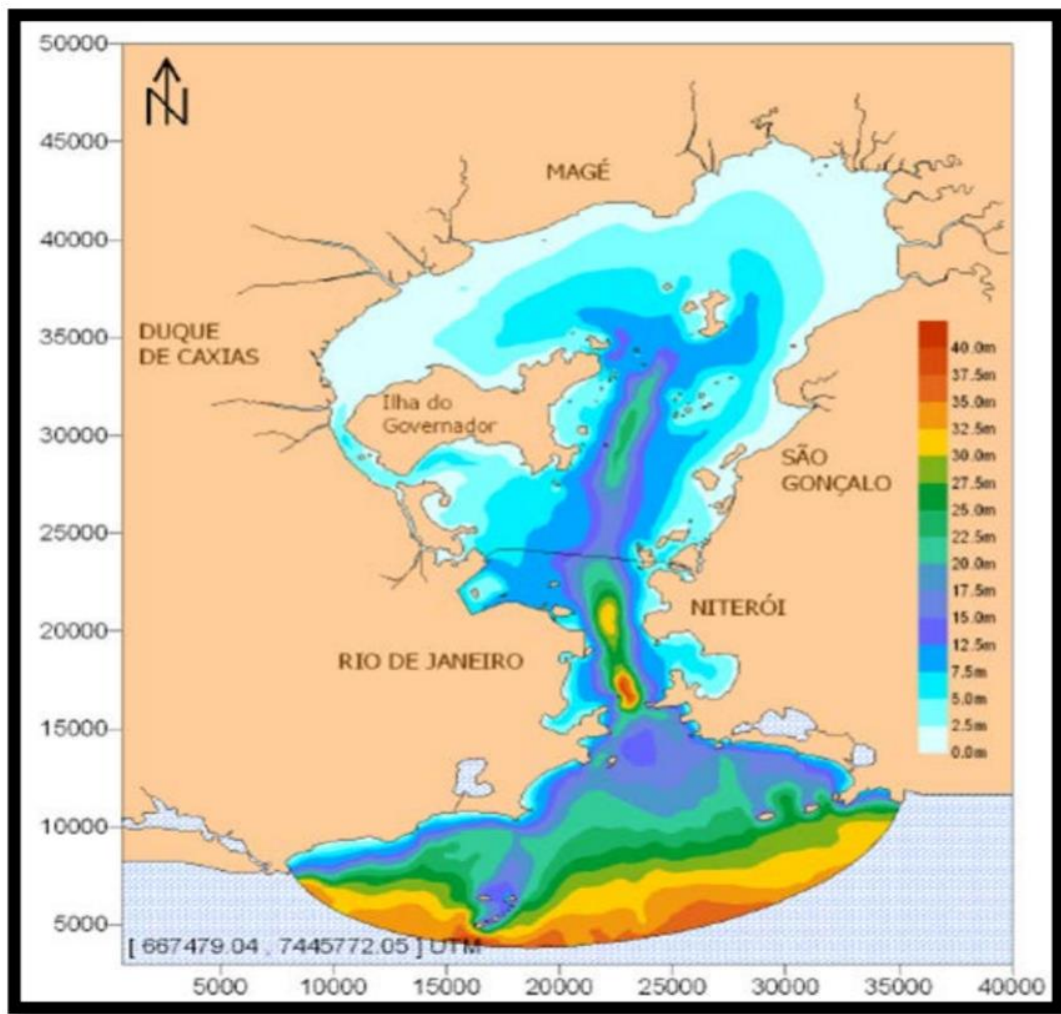
A qualidade da água próxima a entrada da baía, é relativamente boa, enquanto que para o interior, principalmente na metade oeste da baía, o maior aporte de poluentes cria zonas altamente poluídas (MARINO, 2011). Segundo Kjerfve et al. (1997), isso se deve a ação das correntes de maré, que fazem com que o tempo médio de renovação de 50% das águas da baía seja de aproximadamente 11,4 dias na metade mais distal, enquanto que para o interior da baía este tempo de renovação é mais longo.

### **3.2.1. Características físico-químicas**

#### **3.2.1.1. Batimetria**

A baía de Guanabara possui profundidade média de 5,7 metros (SEMA, 1998), e estima-se que 70 a 80% de sua área têm profundidades inferiores a 10 metros, conforme ilustrado na Figura 17. Segundo Quaresma (1997), as profundidades mais comuns estão entre 30 e 40 metros. Segundo Marino (2011), a partir da ponte Rio-Niterói as profundidades são, geralmente, inferiores à 20 metros.

Há um canal central que atinge a profundidade máxima de 60 metros na porção sul, e apresenta 400 metros de largura até o interior da baía. Este começa a tornar-se mais largo e mais raso a partir do alinhamento Aeroporto Santos Dumont (Rio de Janeiro) – Gragoatá (Niterói), diminuindo sua profundidade até chegar a aproximadamente 20 metros e 900 metros de largura sob a ponte Rio – Niterói (Dias & Quaresma, 1996) .



**Figura 17: Mapa Batimétrico da Baía de Guanabara.**

Fonte: SAMPAIO, 2003.

### 3.2.1.2. Faciologia

Segundo o BRASIL (2008), a caracterização da composição sedimentológica do fundo marinho é fundamental para o diagnóstico ambiental, pois as características dos fácies influenciam no tipo da biota encontrada e na intensidade do efeito de “*overflow*”, assim como suas características físico-químicas influenciam na fixação de poluentes como metais pesados, óleo, etc.

De acordo com a escala de *Atterberg*, a argila corresponde a partículas de diâmetro < 0,002 mm; o silte 0,002 - 0,02 mm; a areia fina de 0,02- 0,2 mm; e a areia grossa de 0,2- 2,0 mm. A fração com partículas < 64 µm (0,064 mm) é chamada lama. A Tabela 2

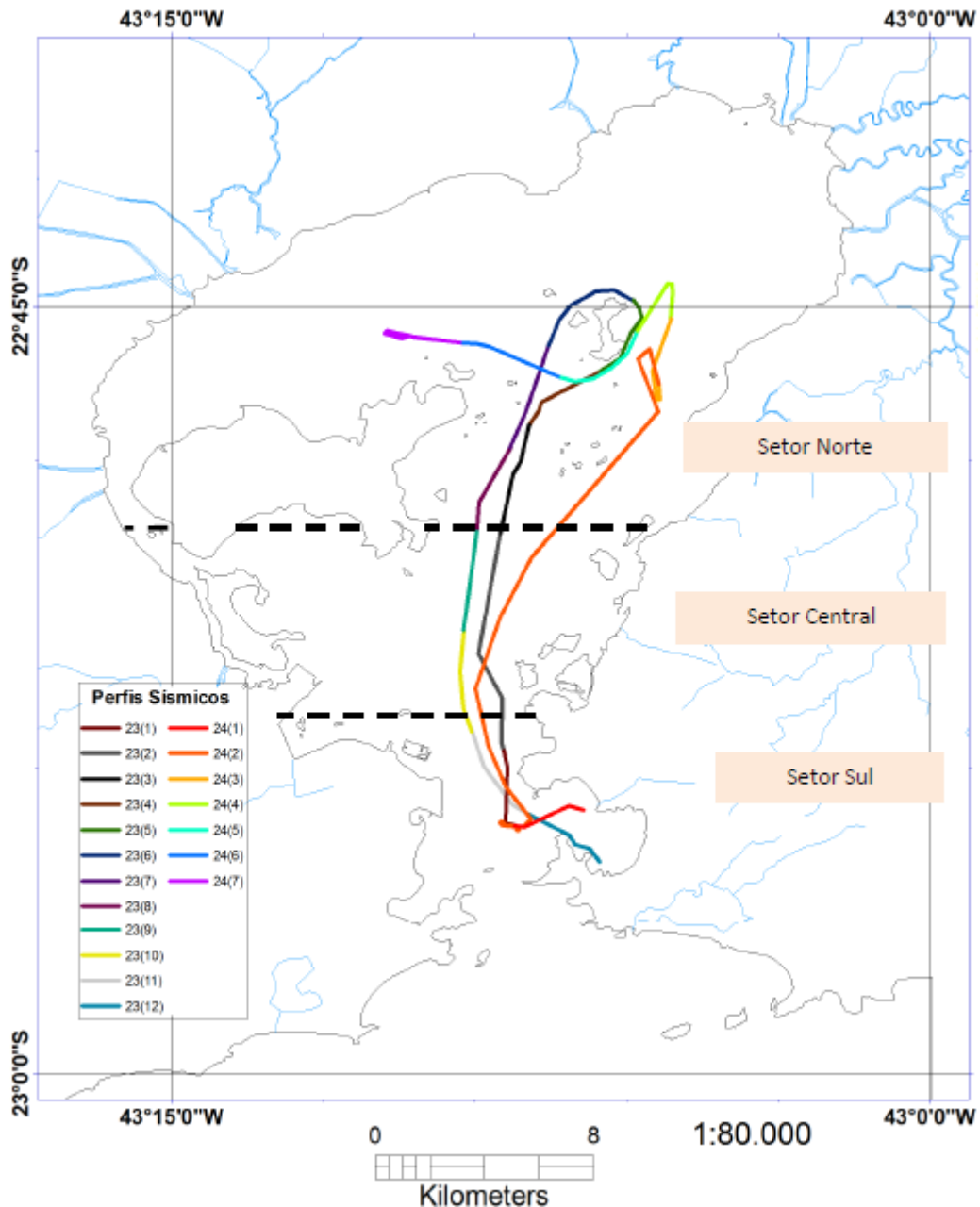
relaciona estes diâmetros com as características de velocidade de sedimentação das partículas.

**Tabela 2: Características dos sedimentos em função do diâmetro (L.C., 2019).**

<b>Faciologia</b>	<b>Características</b>
Fração < 4 $\mu\text{m}$ (0,004 mm)	Permanecem em suspensão em qualquer situação
4 (0,004 mm) < Fração < 8 $\mu\text{m}$ (0,008 mm)	Velocidade de sedimentação de 0,03 mm/s (limite de flocculação de 0,25 mm/s)
8 (0,008 mm) < Fração < 16 $\mu\text{m}$ (0,016 mm)	Velocidade de sedimentação de 0,12 mm/s (limite de flocculação de 0,25 mm/s)
16 (0,016 mm) < Fração < 32 $\mu\text{m}$ (0,032 mm)	Velocidade de sedimentação de 0,45 mm/s
32 (0,032 mm) < Fração < 64 $\mu\text{m}$ (0,064 mm)	Velocidade de sedimentação de 1,8 mm/s

Para facilitar a interpretação da composição sedimentológica, a área de estudo foi subdividida em três unidades – compartimento sul, compartimento central e compartimento norte – conforme Marino (2011), como ilustrado na Figura 18.





**Figura 18: Subdivisão da Baía de Guanabara em compartimentos, segundo Marino (2011).**

Fonte: MARINO, 2011.

Segundo a tese de Marino (2011), são encontrados os seguintes tipos de sedimentos na Baía de Guanabara: cascalho de origem bioclástica, areia litoclástica, variando de muito fina a grossa, argila e silte.

### 3.2.1.2.1. Setor sul

Conforme Figura 18, o setor sul estende-se da entrada da baía até as proximidades da ponte Rio - Niterói. Nesta região há o predomínio de areias litoclásticas grossas a médias, e de zonas de sedimentos associados a presença de areias finas à muito finas, com baixa percentagem de matéria orgânica (MARINO, 2011). Segundo Guimarães et al. (2007), enquanto as areias grossas a médias ocorrem preferencialmente desde a entrada da baía, no lado leste do canal central (da ilha de Cotunduba até as proximidades da ponte Rio-Niterói e em pontos isolados a leste da Ilha do Governador), as areias finas a muito finas são encontradas preferencialmente no lado oeste do canal central, na Enseada de Botafogo, e na entrada da Enseada de Jurujuba, regiões abrigadas e de condições hidrodinâmicas mais reduzidas. Amador (1992) e Quaresma (1997) apontam que tal distribuição é o resultado do estreitamento provocado pela morfologia da bacia, que provoca um aumento na velocidade das correntes de maré na região, não permitindo a deposição dos sedimentos finos nessas regiões.

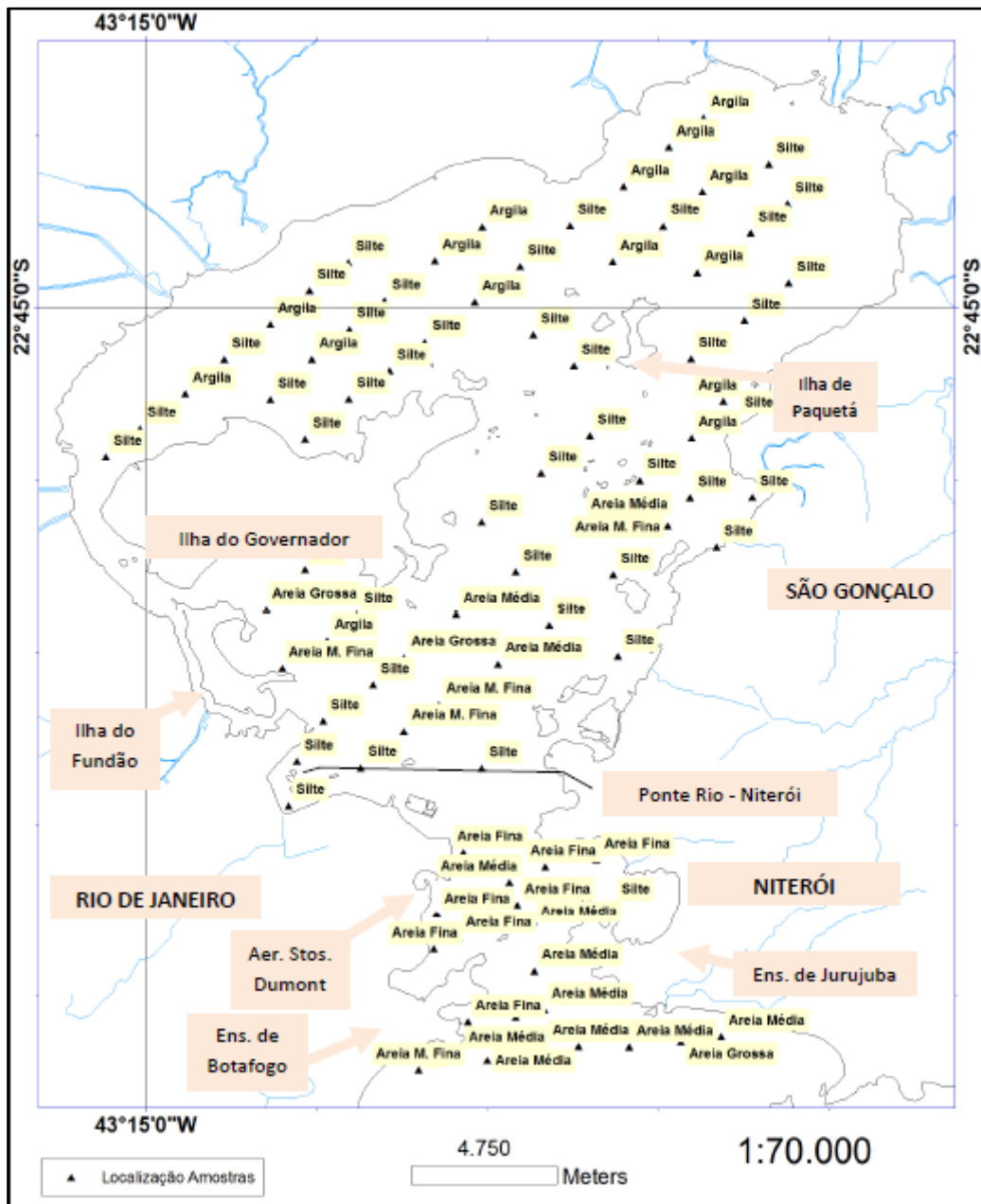
#### **3.2.1.2.2. Setor central**

Segundo Marino (2011), a parte central da Baía de Guanabara é uma zona de transição entre um regime hidrodinâmico de maior energia para um de menor energia, com uma grande diversidade de classes granulométricas, com diâmetro médio que varia de areia grossa/média a argila. Kjerfve et al. (1997) e Quaresma et al. (2001) apontam que em função da diminuição das correntes de marés em direção ao interior da baía, há uma diminuição gradativa da granulometria na mesma direção, desde areias finas a muito fina até silte fino a muito fino.

#### **3.2.1.2.3. Setor norte**

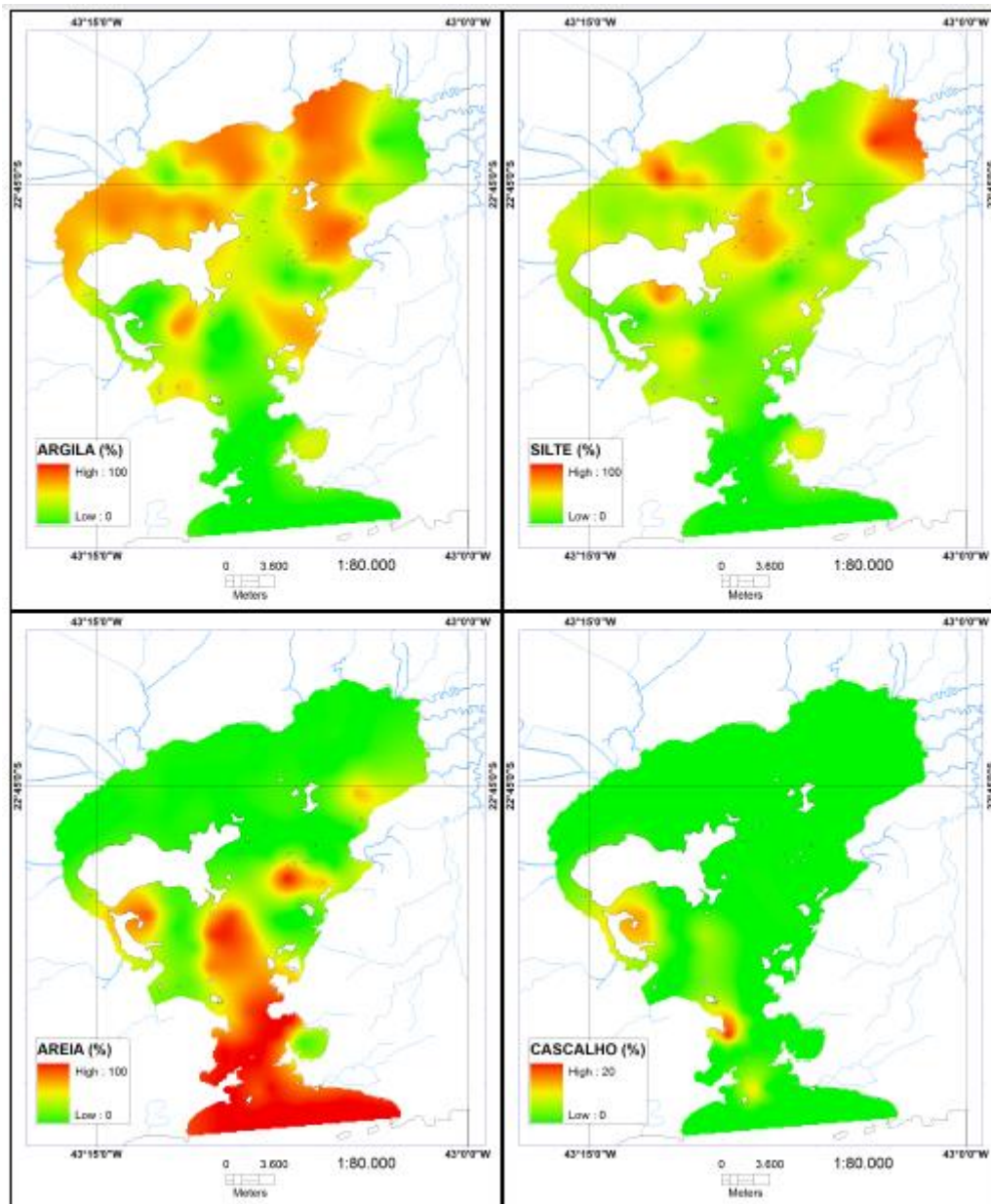
Após a zona de transição há um predomínio de sedimentos lamosos (argila/silte). A região mais interna da baía está protegida da ação das ondas e correntes de marés, caracterizando-se como ambiente de águas calmas, e por isso abriga sedimentos, em geral, muito finos, predominando os sedimentos do tipo silte e argila, com diâmetro médio que varia de silte fino/muito fino a argila, com altas concentrações de matéria orgânica (MARINO, 2011). Guimarães et al. (2007) aponta que as lamas terrígenas, caracterizadas pela presença de siltes e argilas, são encontradas a partir da porção central, nas intermediações da ponte Rio - Niterói até o fundo da baía. Na porção noroeste da baía observa-se uma predominância de argilas siltosas e, na porção nordeste, há uma

sedimentação mais lamosa com predomínio de argilas (Catanzaro, 2002), conforme ilustra as Figuras 19, 20 e 21.



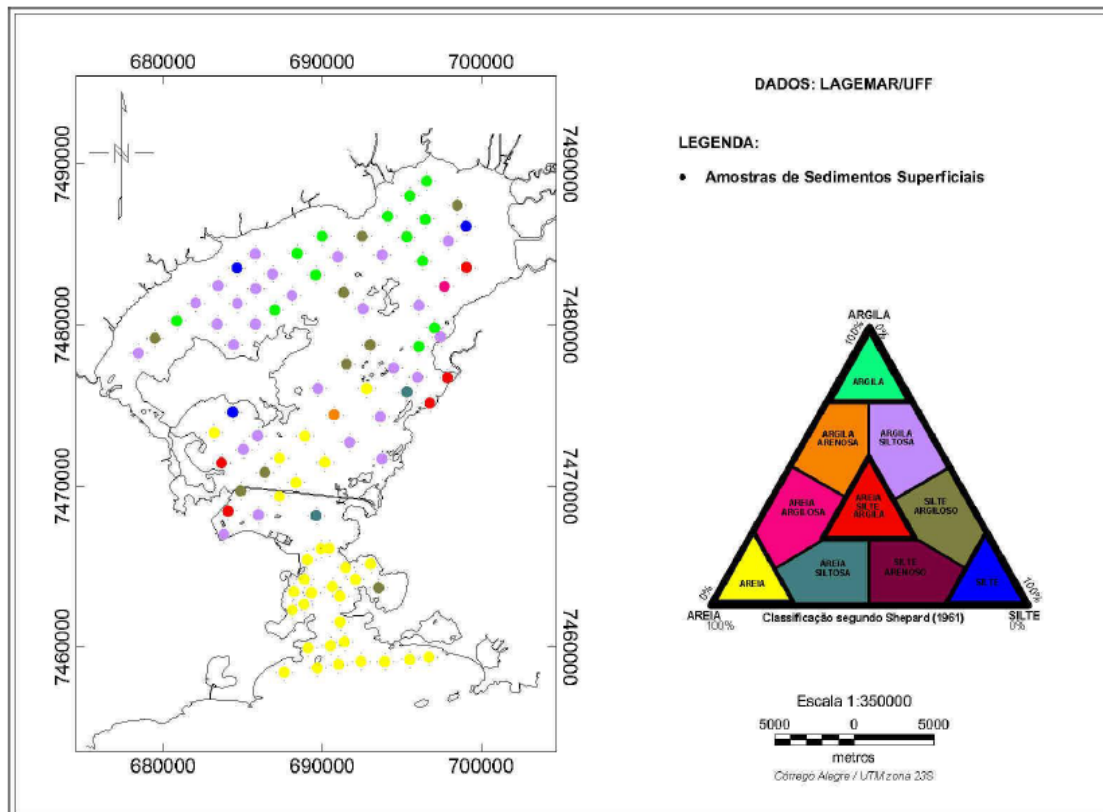
**Figura 19: Distribuição pontual dos sedimentos de fundo coletados por Marino (2011).**

Fonte: MARINO, 2011.



**Figura 20: Mapas da distribuição das classes granulométricas na área de estudo.**

Fonte: MARINO, 2011.

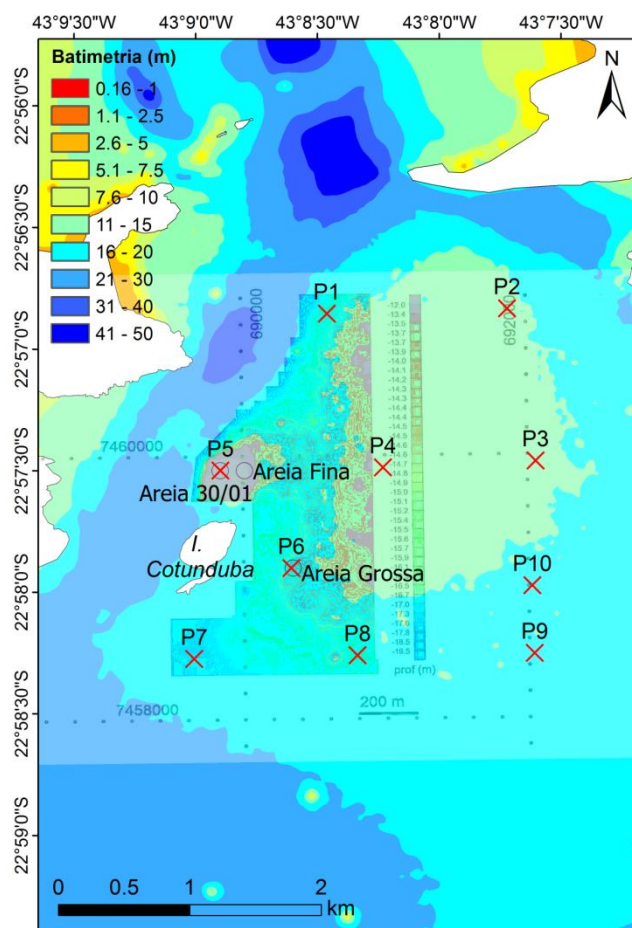


**Figura 21: Mapa Granulométrico da Baía de Guanabara segundo diagrama de Shepard.**

Fonte: BRASIL (2008)

#### 3.2.1.2.4. Amostragem na área de estudo

Com o objetivo de estudar a granulometria majoritária dos sedimentos encontrados na área de estudo, foram realizadas coletas de, no total, dez amostras na área licenciada, conforme ilustrado na Figura 22.



**Figura 22: Mapa da área cinemática das amostras coletadas.**

Fonte: elaboração própria.

Primeiramente, foram instalados os sensores de pressão nos pontos P2, P4 e P5. Em seguida, introduziu-se a boia (com *aquadopp*) no ponto P8 e os outros sensores nos pontos restantes. Posteriormente, os equipamentos foram retirados da área de estudo e as amostras foram analisadas no Laboratório de Sedimentos Coesivos (LDSC) da COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

No Laboratório, fez-se um peneiramento a úmido de seis amostras (P1, P3, P5, P6, P7 e P8), adicionando-se água destilada ao material e utilizando uma peneira para análise granulométrica 230 (ABNT). Para cada amostra foi utilizado  $\leq 127$  ml de água para o processo, com exceção das amostras P1 e P5. Os materiais utilizados foram: peneiras para análise granulométrica de malha 63  $\mu\text{m}$ , água destilada, bacia, cadinho de  $\cong 130$  ml, colher de silicone, medida de  $\cong 8,5$  cm, formas de alumínio retangulares de tamanho  $\leq 24$  cm, estufa e balança.

Neste procedimento, para cada colher de amostra colocada na peneira foi vertida a mesma quantidade de porção de água destilada por seis vezes para assegurar uma quantidade de *undersize* (fino) maior num mesmo recipiente. Após cada porção ser peneirada, o material *oversize* (grosso), retido na peneira, foi colocado em uma forma de alumínio. Esse processo foi repetido até que toda a amostra fosse peneirada. Após o peneiramento, o material retido e o material passante foram colocados na estufa a 100°C e secados por  $\cong$  48 horas, conforme ilustrado na Figura 23. Uma vez secos, foram pesados.



**Figura 23: Sedimentos finos secos por estufa a 100°C.**

Fonte: elaboração própria.

### **3.2.2. Características geoquímicas do sedimento**

#### **3.2.2.1. Distribuição de matéria orgânica**

A distribuição da matéria orgânica é importante para o diagnóstico ambiental da área de estudo, pois a suspensão de matéria orgânica durante a dragagem pode estimular a atividade de organismos aeróbios, diminuindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido e causando condições de estresse para muitos animais aquáticos. Além disso, a matéria orgânica é capaz de agregar metais pesados.

A Baía de Guanabara é um ambiente bastante eutrofizado, cuja origem do aporte de nutrientes é a grande quantidade de esgoto, rico em matéria orgânica, despejado diariamente na baía (Valentin et al., 1999).

Marino (2011) aponta que maiores concentrações de matéria orgânica estão associadas a sedimentos mais finos (siltes (S) e argilas (Aa)) e possivelmente limitadas à sua localização, ao passo que areias (AFF – muito fina; AF – fina; AM – média; AG – grossa) e cascalhos apresentam baixíssimas concentrações de matéria orgânica. Ainda segundo o autor, a concentração média de matéria orgânica nas lamas da baía é de 4,74% enquanto que nas areias é de apenas 0,81%.

A Figura 24 ilustra a distribuição de matéria orgânica nos sedimentos de fundo da baía e sua relação com a granulometria dos sedimentos de fundo.



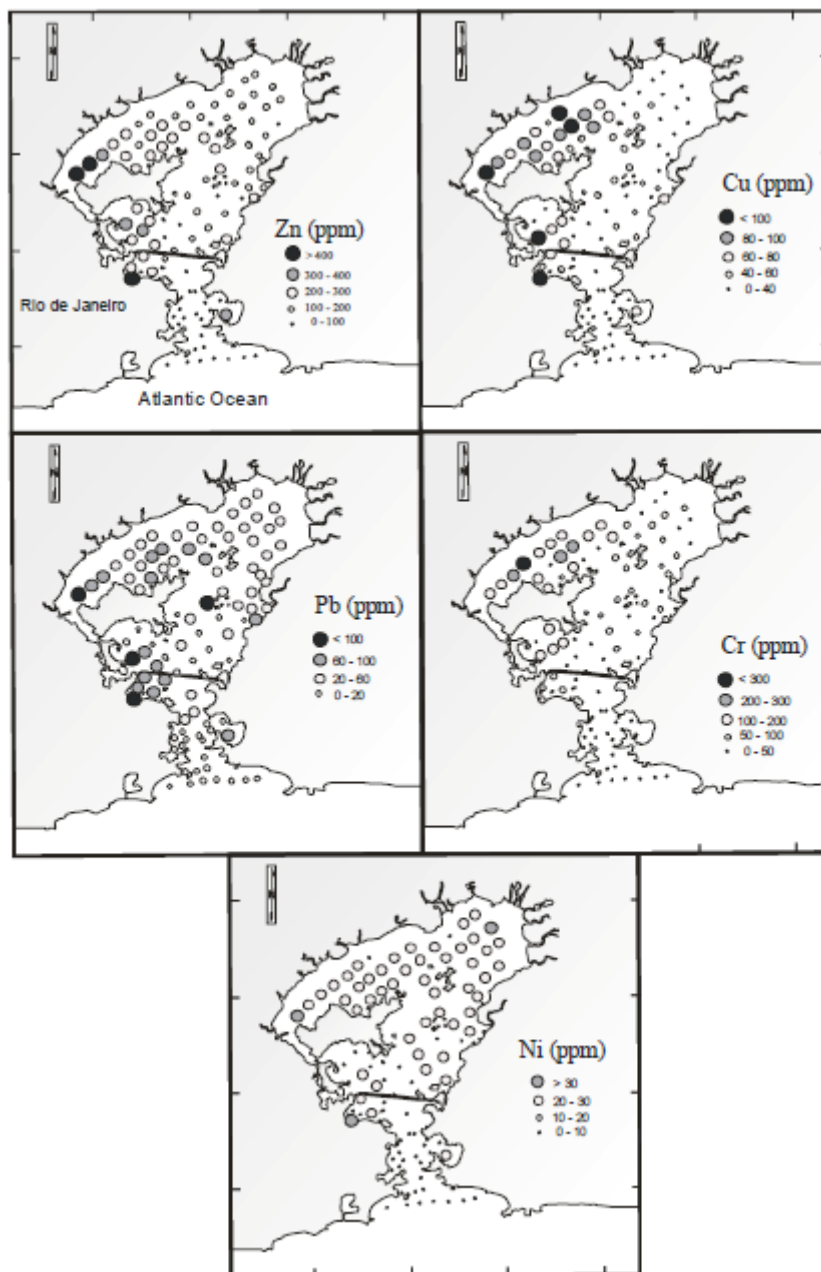


e no entorno da Ilha do Governador, caracterizando-as como regiões de potencial despejo de efluentes domésticos.

### **3.2.2.2. Concentração de metais pesados**

De acordo com BRASIL (2008), os mapas das concentrações de metais pesados, determinados através de um convênio do Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense com o Instituto de Oceanografia do Mar Báltico – Alemanha, corroboram a correlação do tamanho das partículas e as concentrações de matéria orgânica. As regiões de maior concentração de metais pesados estão concentradas na parte noroeste da baía, dominada por sedimentos finos orgânicos, enquanto que as regiões com menores concentrações de metais estão situadas no compartimento Sul da baía, mais próximo da sua entrada.

Há de se destacar que outros fatores também influenciam na distribuição da concentração de metais pesados na área de estudo. A concentração de metais pesados é maior em direção a região noroeste em comparação ao nordeste, porém, ambas apresentam faciologias similares e mesmos níveis de matéria orgânica. Entretanto, mais a nordeste há a descarga de rios mais poluídos, além da presença de uma grande refinaria de petróleo. Já a área nordeste da baía, por constituir-se de uma área de proteção ambiental, é cercada por manguezais relativamente intactos, e os rios estão relativamente mais limpos que os afluentes mais ao noroeste da baía. Portanto, paralelamente a granulometria, a hidrodinâmica e a proximidade das áreas a fontes de contaminação também impactam a distribuição das concentrações dos metais pesados nos sedimentos de fundo. Na área Nordeste da baía, que constitui uma área de proteção ambiental, cercados por manguezais, relativamente intactos, os rios mostram uma qualidade de água melhor, e estão relativamente limpos se comparados aos rios da região noroeste da baía. A Figura 25 apresenta os mapas de teores de metais pesados contidos nos sedimentos, determinados a partir de amostras analisadas por um *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES), pertencente ao Instituto de Oceanografia do Mar Báltico – Alemanha.



**Figura 25: Mapas de teores de metais pesados contidos nos sedimentos.**

Fonte: BRASIL (2008)

Segundo a Figura 25 acima, o Porto do Rio de Janeiro, onde ocorre a segunda maior concentração de metais pesados na baía, e a Enseada de Jurujuba são dois outros trechos de concentração elevada de metais pesados. BRASIL (2008) aponta que regiões de estaleiros e portos vem sendo descritos na literatura internacional como áreas mais propícias para a acumulação de sedimentos associados com poluentes. Já a Enseada de

Jurujuba é considerada um dos locais mais poluídos na Baía de Guanabara, devido aos despejos de esgoto sem tratamento.

### **3.2.3. Oceanografia**

#### **3.2.3.1. Aspectos climáticos**

O clima na Baía de Guanabara é do tipo tropical úmido com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos e com forte influência marinha (Aw de Köppen 1900). De acordo com BRASIL (2008), a precipitação média anual medida no Aterro do Flamengo é de 1.173 mm e a evaporação média anual é de 1.198 mm.

Ainda segundo o BRASIL (2008), as frentes frias são os eventos que determinam a maior entrada de energia no sistema estuarino da Baía de Guanabara, pois os ventos transferem parte de sua energia para a água, acelerando as correntes de maré. Durante a passagem de frentes frias, 98% da variação da maré é devido ao regime de ventos, contra apenas 11% em condições normais.

#### **3.2.3.2. Hidrodinâmica**

A temperatura de sistemas estuarinos como a Baía de Guanabara é regida por diversos fatores. Amador (1997) e Fonseca (2004) destacam a importância das condições climatológicas, da profundidade registrada no estuário, da temperatura das águas fluviais e do fluxo de água salgada oceânica. A Baía de Guanabara caracteriza-se por altas temperaturas da água, que variam de cerca de 23° C na porção mais externa da baía a 27° em direção ao interior (Jica, 1994). As classes de temperatura mais baixas na área externa do estuário devem-se a influência direta das águas oceânicas e às profundidades mais elevadas nessa área, enquanto que a proximidade dos manguezais, sistemas fluviais de menores profundidades justificam as temperaturas mais altas no interior da baía.

Amador (1997) discrimina os principais fatores que condicionam a distribuição da salinidade dentro de um estuário: precipitação, evaporação, temperatura, profundidade e morfologia do fundo, aporte fluvial e regime de troca de águas na interface da baía com o oceano. Melo (2004) aponta que dentre todos estes fatores, o aporte de água doce é o principal responsável pela distribuição deste parâmetro na área de estudo, e que, por conta da diluição da água marinha pelo aporte de água doce, segue um padrão inverso ao da temperatura, com diminuição dos valores de salinidade a partir da entrada do sistema em direção ao interior da baía, que segundo estudo realizado pela Feema de 1980 a 1992,

variam de 31% na porção mais externa a 21% na região mais ao norte do estuário. Além disso, Amador (1997) observou uma variação anual dos valores de salinidade na área de estudo, com o registro de uma variação mais acentuada nos valores de salinidade entre as regiões de entrada e o interior do estuário na estação chuvosa em comparação aos valores observados na estação seca, por conta do maior aporte de água doce no sistema, e, conseqüentemente, da maior diluição das águas marinhas.

Condições de maré enchente e vazante também influenciam nas variações diárias nos valores de salinidade, já que em situações de maré enchente, há maior penetração da água marinha na baía, resultando em aumento da salinidade nas regiões mais internas. Em situações de maré vazante, o oposto acontece, e a salinidade diminui (MELO, 2004).

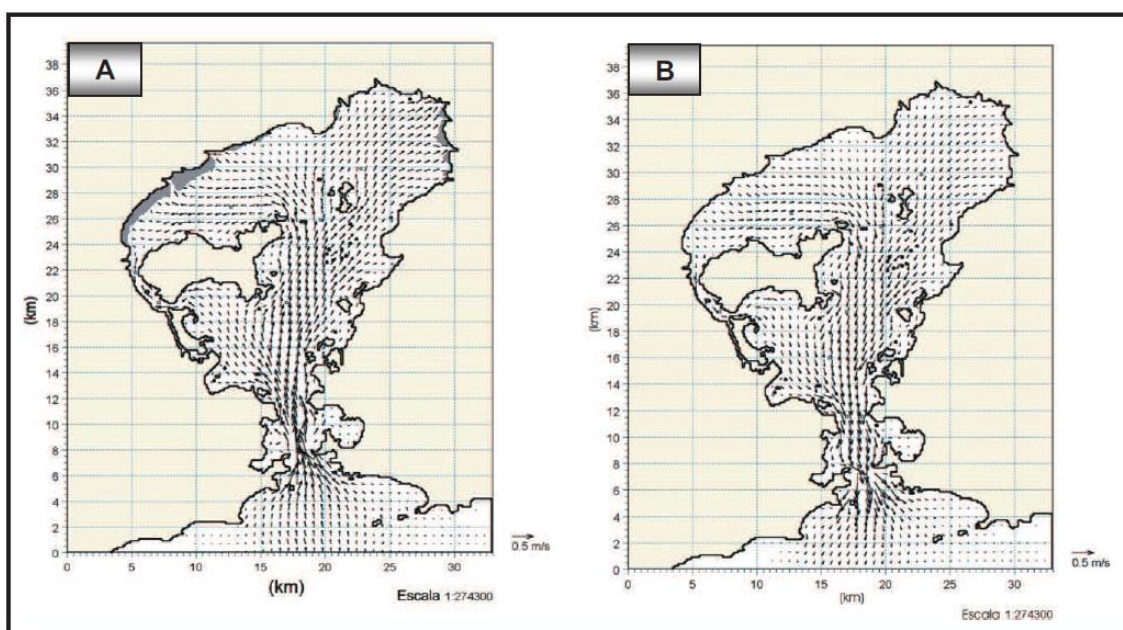
As características termohalinas são fundamentais na formação do campo de densidade na área de estudo, que apresenta um gradiente influenciado mais pela salinidade do que pela temperatura, por conta da maior variação deste parâmetro (MELO, 2004).

Segundo Nasser (2001) e Bérghamo (2006), a Baía de Guanabara caracteriza-se como um estuário dominado por marés, pois o mecanismo de movimento da água é regido predominantemente por oscilações marítimas, que influenciam tanto nas oscilações da superfície livre quanto nos padrões de corrente. Amador (1997) classifica as marés na Baía de Guanabara como: semidiurnas, com periodicidade básica de 12,5 horas; desiguais, de pequena amplitude, e de tipo irregular. Kjerfve et al (1997) apontam uma variação média de cerca de 0,7m para toda a baía, com variações de 1,1 m na sizígia e 0,3 m na quadratura. Amador (1997) aponta que a intensidade das correntes de maré na área de estudo é influenciada pela geometria da baía, sendo mais intensas em trechos mais estreitos, – podendo chegar a valores de 0,8 a 1,5m/s no canal da entrada, e de 0,3 a 0,5 m/s no corpo central (Mayr et al, 1989) – e menos intensas em áreas de maior secção transversal, com valores inferiores a 0,3 m/s na área interna do estuário (Mayr et al, 1989), conforme ilustrado na Figura 26.

A morfologia da Baía de Guanabara protege-a da propagação de ondas, sendo por isso uma baía de baixa energia. Dessa forma, sabe-se que apenas ondas de tempestade conseguem penetrar no sistema, e que ondas de tempo bom não conseguem se propagar pelo interior do estuário, atingindo apenas a entrada da área de estudo (Amador, 1997; Baptista-Neto et al, 2006).

A área de estudo, como todo sistema estuarino, sofre grande influência do regime de ventos, que pode acelerar correntes de maré por conta da transferência de energia. Porém, por conta do padrão meteorológico da região em estudo, este processo é significativo apenas durante os meses de inverno, durante a passagem de frentes frias (Filippo, 1997; Nasser, 2001). De acordo com Kjerve et al (1997), os ventos mais frequentes sobre a região sopram de sudeste (21%), sul (17%) e norte (14%), com um média mensal de velocidade de 3m/s e valor máximo de 14,4m/s.

Gonzalez (2007) conclui que o padrão hidrodinâmico de circulação na Baía de Guanabara é influenciado pelos ventos, pelas condições físicas e geomorfológicas da região, e pela maré. Todavia, a maior parcela de influência nesse processo é destinada às correntes de marés (Nasser, 2001; Keunecke, 2006).



**Figura 26: Modelo hidrodinâmico mostrando os perfis dos vetores de corrente típicos para uma maré de sizígia na enchente (mapa A) e vazante (mapa B).**

Fonte: Lima, 2006.

### 3.2.4. Meio Biótico

#### 3.2.4.1. Bentos

Segundo KCI TECHNOLOGIES INC. (2016), bentos são os organismos que vivem nos substratos dos ecossistemas aquáticos, e são ótimos indicadores das condições ambientais da baía, pois respondem de forma previsível a distúrbios ambientais.

VAN DER VEN et al., (2006) e MENDES et al., (2006) apontam a escassez de estudos acerca da diversidade e distribuição geográfica dos organismos bentônicos na Baía de Guanabara, e por isso há pouco conhecimento da população bentônica na área. Porém, ainda que restrito, o material científico atual confirma a distribuição da fauna bentônica de forma distinta na Baía de Guanabara, em três áreas: o setor externo, que corresponde a área próxima à entrada da baía; o setor intermediário, situado entre o compartimento norte e a entrada da baía; e o setor interno, que representa o setor norte (AMADOR, 2012; PETROBRAS, 2012).

O KCI TECHNOLOGIES INC. (2016) descreve que o setor externo abriga o maior número de espécies e de indivíduos, e é caracterizado pela complexidade trófica elevada. Esta área também abriga espécies que possuem baixa tolerância à ambientes degradados, o que acentua a melhor condição ambiental deste setor. Todavia, a região da Enseada de Botafogo, mesmo situada próxima a entrada da baía, apresenta diversidade e densidade limitada de zoobentos por conta dos despejos de efluentes urbanos que acontecem na área.

O setor intermediário é um ambiente extremamente seletivo, caracterizando-se pela baixa biodiversidade zoobentônica e alta biomassa (KCI TECHNOLOGIES INC, 2016).

A faciologia do setor interno da Baía de Guanabara é caracterizada pela predominância de grãos de silte com altos níveis de matéria orgânica, o que favorece condições anaeróbicas no sedimento, além da formação de compostos sulfurosos tóxicos à biota (AMADOR, 2012). KCI TECHNOLOGIES INC. (2016) aponta que esta região caracteriza-se pela baixa biodiversidade e alta biomassa de espécies oportunistas e tolerantes à poluição. Segundo AMADOR (2012), enquanto a entrada da baía é composta por populações jovens, no setor interno predominam indivíduos maiores, provavelmente por conta da elevada taxa de crescimento ocasionada pelas baixas densidades e biodiversidade, e grande quantidade de matéria orgânica em suspensão. Há de se destacar que repetidas condições de diminuição das taxas de oxigênio na baía por conta da poluição podem afetar a abundância e composição de espécies nas comunidades bentônicas da região. (MENDES et al., 2004).

Relativo aos fitobentos, o Plano de Manejo da Estação Ecológica da Guanabara indica que as comunidades de algas marinhas também exibem padrão de distribuição de acordo com as condições ambientais predominantes. Nos setores mais poluídos, predominam as algas clorófitas (verdes), seguidas das rodófitas (vermelhas). Nas regiões moderadamente

degradadas, como a região da Urca e Boa Viagem, prevalecem as algas verdes e, secundariamente, as algas feófitas (marrons). Já locais bem preservados, como Itaipu, caracterizam-se por uma cobertura algal mais diversificada, com clorófitas, feófitas e rodófitas.

#### **3.2.4.2. Ictiofauna e pesca**

A Baía de Guanabara é o berçário de diversas espécies de peixes que utilizam o habitat fornecido pela baía para reprodução. Segundo KCI TECHNOLOGIES INC. (2016) as maiores densidades de ovos de peixes foram registradas na área da entrada da baía e no canal central, e as menores densidades foram medidas nas partes internas da baía. Ainda de acordo com KCI TECHNOLOGIES INC. (2016), em levantamento ictiológico realizado em 1979 foi constatada na baía a presença de cardumes de peixes variados como a tainha, robalo, sardinha verdadeira, bagres, savelhas, corvinas, paratis e acarás, apesar da grande influência eutrófica já existente. Apesar dos altos níveis de poluição na área de estudo, ainda é possível encontrar certa variedade de peixes na baía. A lista das 245 espécies que formam a ictiofauna da Baía de Guanabara pode ser encontrada no ANEXO I.

#### **3.2.4.3. Cetáceos**

De acordo com o Plano de Manejo da Estação Ecológica da Guanabara e AMADOR (2012), atualmente o boto-cinza (*Sotaliaaguianensis e Sotaliafluviatilis*) e o golfinho fliper (*Tursiopstruncatus*) são as únicas espécies cetáceas que ainda frequentam as águas da Baía de Guanabara regularmente. A espécie *Sotaliafluviatilis* é considerada uma espécie ameaçada de extinção pelo Decreto Municipal 15.793/97, assim como pela Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN.

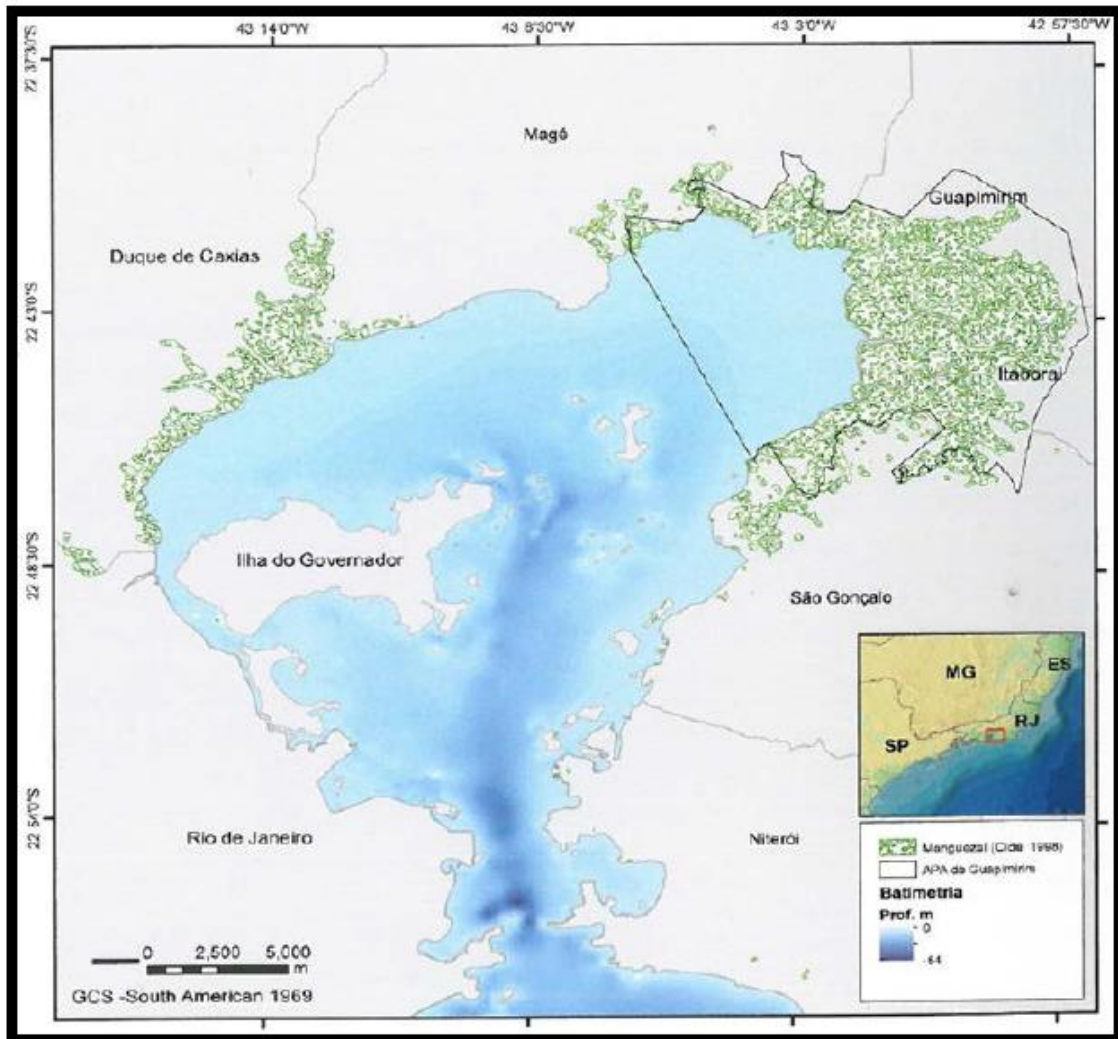
De acordo com o MAQUA/UERJ (Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores, do Departamento de Oceanografia da UERJ), além da existência de botos no canal principal, é reportada a utilização por grupos de botos da região do fundo da baía.

#### **3.2.4.4. Vegetação**

De acordo com KCI TECHNOLOGIES INC. (2016) e o Plano de Manejo da Estação Ecológica da Guanabara, a cobertura vegetal predominante nos entornos da Baía Guanabara está representada em sua totalidade por florestas de mangue. Na baía,



aproximadamente um terço da cobertura nativa original ainda se faz presente na região, conforme a Figura 27.



**Figura 27: Áreas de mangue na Baía de Guanabara.**

Fonte: (KCI TECHNOLOGIES INC, 2016)

A redução na presença de bosques de manguezais diminui a capacidade do sistema de filtrar as cargas orgânicas oriundas da bacia hidrográfica, e reduz as áreas usadas pelos organismos aquáticos como habitat e para reprodução.

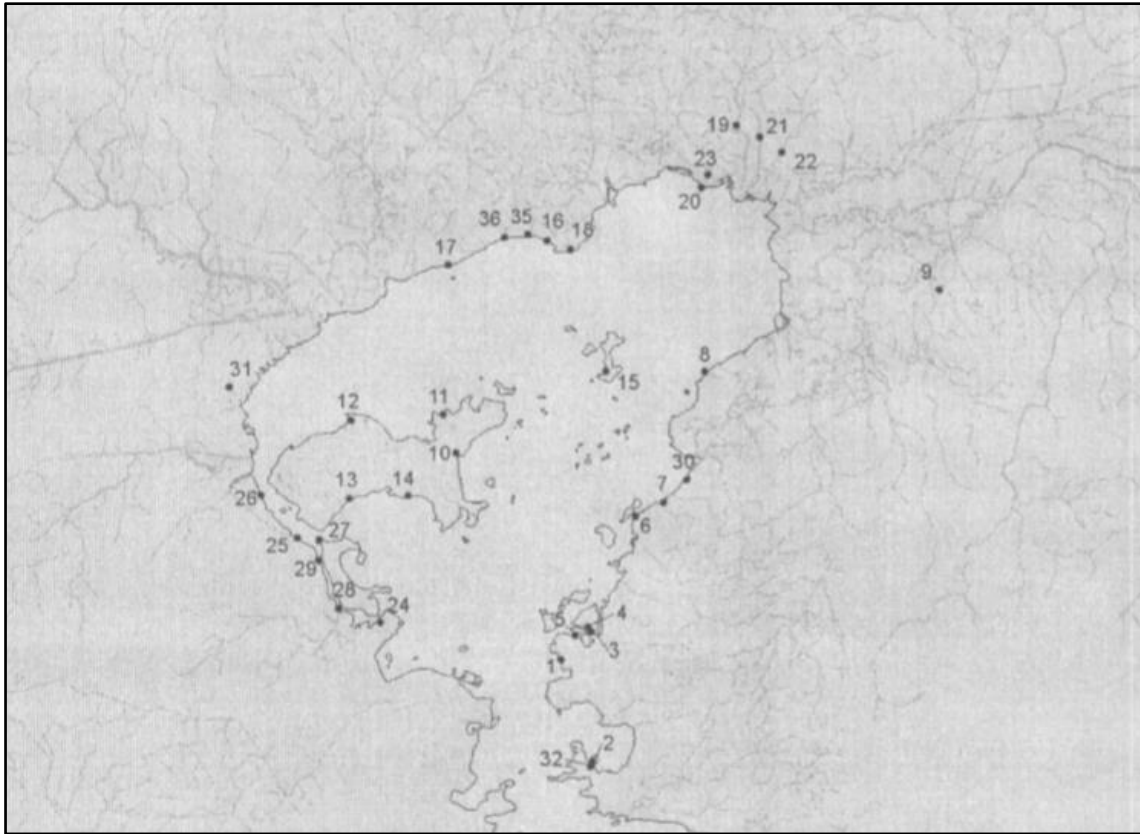
### **3.2.5. Aspectos socioeconômicos**

#### **3.2.5.1. Pesca**

Segundo o Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro realizado pela Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) de 2013, a atividade pesqueira

está no topo do ranking das atividades que possuem maior mercado consumidor no país. A Baía de Guanabara, apesar da poluição e de sua intensa utilização por outras atividades, registra uma importante atividade pesqueira, não pela quantidade de pescado, mas especialmente pelo número de pescadores na região: a área de estudo detém, ao lado da Região dos Lagos, a maior concentração de pescadores no estado do Rio de Janeiro, empregando cerca de 3.700 pescadores que operam na baía, e 142 que praticam atividade pesqueira nas áreas de costa (IBAMA,2002). De acordo com JANBLOSKI et al. (2006), a produção pesqueira comercial na Baía de Guanabara totalizou, de abril de 2001 a março de 2002, cerca de 19.000 toneladas, correspondendo a um valor total de primeira venda de cerca de R\$ 14,3 milhões. Há de se ressaltar que não se dispõem de séries históricas à exceção das realizadas entre 2001 e 2002, e registrados pelo IBAMA. Porém, estes dados são corroborados por SEBRAE (2009).

Segundo Jablonski & Moreira (2006) e IBAMA (2002), as indústrias pesqueiras situadas em São Gonçalo e Niterói recebem aproximadamente 65% da produção pesqueira proveniente da baía. A Figura 28 ilustra os principais pontos de desembarque de pescado da baía de Guanabara.



**Figura 28: Localização dos pontos de desembarque de pescador na baía de Guanabara Fonte: (IBAMA, 2002).**

De acordo com Chaves (2011), o perfil dos pescadores que vivem no entorno da Baía de Guanabara é de pescadores tradicionais que buscam capturar e vender o seu pescado como forma de subsistência. Porém, há também pesca industrial na região, que difere destes primeiros por trabalhar com equipamentos maiores, visando a produção em larga escala. A pesca de linha, que é considerada esportiva, possui pequena atuação na Baía de Guanabara.

Segundo IBAMA (2002), os pescadores em atividade na Baía Guanabara estão associados a cinco "Colônias de Pesca". A Colônia Z-8 abrange os pontos de desembarque de Jurujuba (2), Ponta da Areia (5) Praia Grande (1) Ilha da Conceição (3 e 4), Gradim (7), Itaoca (8) e Itambi (9). A Colônia Z-9 tem como jurisdição a área de Magé; a Z-10, a Ilha do Governador; a Z-11, Ramos e a Z-12, o Caju.

Chaves (2011) afirma que as áreas com mais de 5 (cinco) metros de profundidade são as mais visadas pelos pescadores por encontrarem melhores espécies comerciais. Porém, é justamente nestas áreas que ocorrem o fundeio de navios e instalação de terminais,

conflitando com os interesses da atividade pesqueira na Baía. Segundo Martins et. Al (2017), a pesca sofreu grande impacto com a chegada do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) e de outros empreendimentos industriais, perdendo extensas faixas de uso para tal atividade. Esta diminuição da área pesqueira é resultado, principalmente, das obras que envolvem o Terminal Aquaviário da Ilha Comprida (TAIC), o Terminal Aquaviário da Ilha Redonda (TAIR), o Terminal de Gás Liquefeito Natural (GLN), o sistema de dutos, que passa pelo espelho d'água da Baía de Guanabara e o Projeto de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). Além da atividade petrolífera, os pescadores citam outros autores que são responsáveis pela redução em suas áreas de atuação. Dentre eles estão: a Marinha e o Exército, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), as Barcas S.A., os aterros sanitários de Gramacho (Duque de Caxias) e Itaóca (São Gonçalo), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), a APA Guapimirim e o ESEC Guanabara (CHAVES, 2011).

Com relação a produção, apesar da diversidade de espécies de peixes que ocorrem na baía, apenas algumas alcançam densidades populacionais compatíveis com pescarias rentáveis. Segundo IBAMA (2002), a pesca é dominada pela sardinha boca-torta, com destinação industrial, que pode corresponder a até 68% do pescado total, seguindo-se a corvina, a tainha, a sardinha verdadeira, e, em menor quantidade, o bagre, o espada, e o parati; além dos caranguejos, camarões, siris e mexilhões. Quanto a estes últimos, as áreas de pesca correspondem aos costões na parte mais ao sul da baía (Aeroporto Santos Dumont, Botafogo, Boa Viagem, Fortaleza de Santa Cruz), e ilhas costeiras e oceânicas (Pai, Mãe, Cotunduba, Cagarras, Ilha do Meio).

Segundo valores reportados por IBAMA (2002), a sardinha boca-torta, apesar de seu baixo valor unitário, mas em função do grande volume de produção, corresponde ao maior valor total da produção de pescado. Seguem-se, em valor, a corvina, a tainha, os camarões, e a sardinha verdadeira. O camarão, por seu alto valor unitário, consiste num recurso importante para a pesca na baía.

Ainda de acordo com IBAMA (2002), quando se considera apenas o grupo dos peixes sem destinação industrial, objeto basicamente das pescarias artesanais, a corvina e a tainha predominam. No Anexo III estão tabelados os desembarques para os principais grupos de espécies registrados para o conjunto dos pontos de coleta da Baía de Guanabara, entre abril de 2001 e março de 2002, segundo levantamento do IBAMA (2002). Há de se

destacar que a coleta de caranguejos se realiza nos manguezais e não no espelho d'água (IBAMA, 2002).

### **3.2.5.2. Tráfego Marítimo**

O tráfego de embarcações na Baía de Guanabara é intenso e conta com a presença de dois importantes portos: o do Rio de Janeiro, que opera com cargas variadas, e o de Niterói, menor, que atende somente navios de menor calado e comprimento. Há ainda terminal de passageiros operado pela empresa Píer Mauá, que recebe grandes transatlânticos de turismo e de linhas de cabotagem (BRASIL, 2008).

Segundo CDRJ (2002, apud BRASIL (2008)):

“a Barra de acesso à navegação interna na Baía de Guanabara situa-se em frente ao Pão de Açúcar (lado da cidade do Rio de Janeiro) e da Fortaleza de Santa Cruz (lado de Niterói), apresentando profundidade média de 12 m, exceto junto ao Pão de Açúcar onde tem o canal de acesso com profundidade acima de 17 m. Também do lado de Niterói, próximo à ponta de Tabaíba, existe um segundo canal de acesso com profundidade acima de 15 m.

O navio que se aproxima de alto mar deve usar o canal de acesso principal para entrar na Baía de Guanabara. A aproximadamente 1.800 m, e ao sul da Ilha de Cotunduba, começa o canal que se dirige para o norte, entre a Ilha de Cotunduba e a Ponta do Leme. Após estes dois pontos o navio passa bem próximo do morro do Pão de Açúcar; a seguir depois de uma alteração do rumo para bombordo, o canal conduz o navio através da entrada real da baía com 1.150m de largura, entre a Ilha Laje e a Ponta de Santa Cruz, para as duas áreas internas de fundeio. A extensão total do canal de acesso pode ser registrada como sendo 18.500 m, sendo 11.100 m entre a parte externa da Baía e os fundeadouros, e os outros 7.400 m, na direção norte, até o terminal de petróleo “Almirante Tamandaré”. A profundidade deste canal varia entre 20 e 37 m.

Sem ocorrer qualquer risco, os navios vindos de leste podem também entrar na Baía. Para isso basta contornar a Ilha do Pai e

então seguir diretamente para a Ponta de Santa Cruz. Este rumo aproximadamente noroeste a partir da Ilha do Pai tem profundidades que variam entre 11 e 28 m.

O acesso ao Porto para grandes navios é feito através de um canal varrido de -17 m, passando próximo à Praia de Copacabana e a oeste da Ilha Cotunduba. Este canal vai até a área do Porto e aos terminais de petróleo localizados a leste da Ilha do Governador, dentro da Baía de Guanabara. A profundidade de segurança, localizada diretamente ao sul da Ponta do Leme é de -20m”.

Além das embarcações comerciais e de turismo, a Baía de Guanabara tem um intenso transporte doméstico de passageiros. As linhas existentes concentram-se entre as margens leste e oeste da baía, e fazem o transporte de passageiros entre a cidade Niterói e a cidade do Rio de Janeiro (80 mil passageiros/dia, contando a linha Rio x Charitas); Rio de Janeiro x Ribeira/Ilha do Governador (1,5 mil passageiros/dia); Rio de Janeiro x Paquetá (2 mil passageiros/dia) (BRASIL, 2008).

A região da baía é também um importante centro de vela no Brasil e um dos principais pontos de partida de pesca esportiva *off-shore*. Porém, as rotas de navegação e raias de vela estão bem estabelecidas e coexistem com a navegação comercial sem maiores problemas (BRASIL, 2008), os múltiplos usos sendo arbitrados pela Capitania dos Portos.

### **3.2.5.3. Turismo**

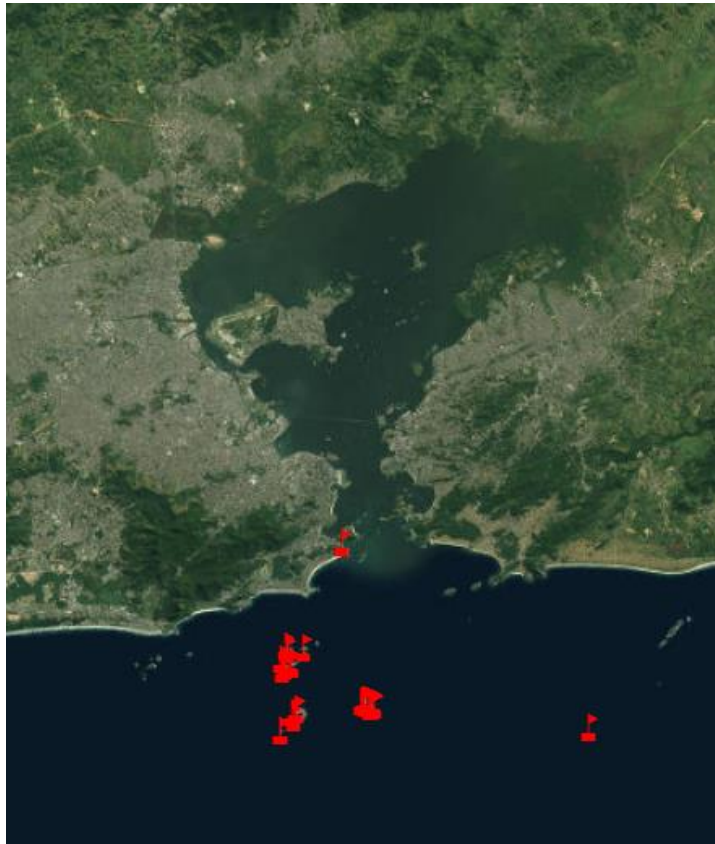
#### **3.2.5.3.1. Praias**

De acordo com o BRASIL (2008), existem 43 praias na Baía de Guanabara, além das praias oceânicas, sendo as do interior da Baía de Guanabara menos utilizadas por banhistas. Apesar de pouco usadas para banho, a paisagem destes pontos turísticos é facilmente perturbada por plumas de sedimentos em suspensão, que turvam a água.

#### **3.2.5.3.2. Mergulho**

A partir do *website* do *DiveBoard*, <https://www.diveboard.com/explore>, foi possível coletar informações referentes à latitude, longitude, visibilidade, temperatura e profundidade dos pontos de mergulho registrados nas ilhas próximas a boca da Baía de Guanabara. Dessa maneira, primeiramente, compilou-se os dados obtidos utilizando o Excel, conforme Anexo 3. Posteriormente, foi possível criar dois tipos de mapas

georreferenciados para representar a localidade dos pontos de mergulho, a sua respectiva visibilidade e as profundidades médias destes pontos, conforme as Figuras 29, 30, 31, 32, 33 e 34 abaixo.



**Figura 29: Pontos de mergulho próximos a desembocadura da Baía de Guanabara, RJ.**

Fonte: elaboração própria.



**Figura 30: Pontos de mergulho próximos a desembocadura da Baía de Guanabara, RJ.**

Fonte: elaboração própria.



**Figura 31: Pontos de mergulho na Ilha Rasa (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo; ruim – vermelho; cinza – sem informação).**

Fonte: elaboração própria.





**Figura 32: Pontos de mergulho na Ilha Redonda (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo).**

Fonte: elaboração própria.



**Figura 33: Pontos de mergulho nas Ilhas Cagarras (RJ) com suas respectivas profundidades e visibilidades (boa – verde; média – amarelo; cinza – sem informação).**

Fonte: elaboração própria.



**Figura 34: Pontos de mergulho na Praia Vermelha, Urca (RJ), com sua respectiva profundidade e visibilidade (vermelho - ruim).**

Fonte: elaboração própria.

Alguns pontos de mergulho estão localizados em áreas terrestres (ilhas) nos mapas gerados. Acredita-se que, devido a erros de aproximação dos GPS utilizados, estes pontos tenham se deslocado para tais localidades.

### **3.3. Impactos ambientais da dragagem de mineração (escavação)**

De acordo com a Resolução CONAMA 001 de 23 de janeiro de 1986, “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam” a saúde da população, a biota, as atividades sociais e econômicas e a qualidade dos recursos ambientais.

No quesito das obras de dragagem, alguns impactos ambientais podem ser mapeados devido às alterações das condições hidráulicas e sedimentológicas do escoamento, que

resultam na modificação da circulação e mistura da água, salinidade e turbidez (NETO, 2000; PORTO & TEIXEIRA, 2002; TORRES, 2000).

Segundo a Diretriz para o Licenciamento Ambiental de Dragagem e Disposição Final do Material Dragado (DZ 1845 R-3), nas diversas fases da dragagem e disposição final do material dragado, os impactos gerados podem ser sobre: “a) as atividades econômicas desenvolvidas na região; b) o tráfego de embarcações; c) as alterações do solo; d) a dinâmica das correntes marítimas e no transporte de sedimentos; e) o ambiente aquático (dragagem e disposição); f) a pesca; g) a fauna e a flora; h) a paisagem; i) o turismo; e j) outros usos da área.”

As atividades de dragagem de mineração na plataforma continental afetam a lâmina d'água, o fundo submarino e seus organismos e a linha de costa e as comunidades costeiras, interferindo diretamente na pesca, na navegação e no turismo (SILVA, 2001). CHARLES (2002) indica que a mineração marinha destruiu a indústria pesqueira na costa sudoeste da Tailândia.

Além disso, a dragagem de mineração pode ter efeitos adversos secundários e indiretos sobre a biota no local da extração e áreas adjacentes, como descargas acidentais ou intencionais de equipamentos de mineração e resíduos de processamento, degradação de habitats para a implantação de estruturas construídas para o processamento ou transporte de materiais extraídos, dentre outros (CHARLES, 2002).

### **3.3.1. Alterações físico-químicas**

Segundo Silva (2001), outro impacto decorrente das operações de dragagem de mineração são alterações na temperatura e salinidade das águas superficiais, pois as águas de fundo são usualmente mais frias e salinas do que as águas da superfície, e tais mudanças podem impactar diretamente a produtividade e a distribuição das comunidades plantônicas e nectônicas.

Na etapa da retirada e transporte de sedimentos, vapores e gases são lançados na atmosfera por navios, equipamentos de manuseio e transporte de carga (navios-draga, caçambas e caminhões). A poeira gerada apresenta maus odores, devido a movimentação da carga de material contaminado, níveis altos de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e gera fuligem, fumaça e particulados em suspensão que poluem o ar (CASTRO, 2012; NETO, 2000). De acordo com Almeida (2008), vale considerar também a possibilidade de acidentes de dutos e cabos submarinos, que podem depositar sedimento dragado

contaminado em local inadequado gerando impactos negativos ao meio ambiente. Há de se tomar especial cuidado quando a dragagem é realizada em áreas industrialmente contaminadas, pois sedimentos de fundo agregados com contaminantes (compostos químicos, resíduos domésticos, rejeitos industriais, etc.) podem ser dispersados e migrar para a coluna d'água, podendo permanecer em suspensão ou serem dissolvidos, causando grande mortalidade de espécies de importância pesqueira para a região onde está sendo realizada a dragagem, podendo ainda ser absorvidos ao longo da cadeia alimentar (OLIVEIRA, 2010).

### **3.3.2. Modificações na morfologia do leito submarino**

OLIVEIRA (2010) aponta que o aumento da profundidade por conta dos processos de dragagem pode alterar os padrões de corrente do corpo hídrico, podendo causar a existência de fluxos de corrente fortes e turbulentos que compromete a segurança quanto à navegabilidade de embarcações. Segundo Silva (2001), essa mudança nos padrões de circulação costeira facilitam a erosão do litoral, podendo implicar diretamente no estoque de areias das praias, impactando, além da biota local, as atividades de pesca, lazer e turismo (SILVA, 2001).

### **3.3.3. Poluição visual**

Um aspecto a ser destacado é a poluição visual, decorrente de empreendimentos situados em local visível a partir de alguns pontos turísticos importantes. Relacionado a este impacto, vale ressaltar que a pluma de sedimentos em suspensão também pode perturbar a paisagem local, uma vez que esta é responsável por turvar a água das praias na área de influência das dragas.

### **3.3.4. Distúrbios físicos**

Outros impactos observados no transporte do material dragado são perturbações por ruídos e vibrações de máquinas a uma frequência elevada, que estão relacionados ao derrocamento ou desagregação de material na extração de minério ou remoção de rochas submersas com explosivos (CASTRO, 2012; NETO, 2000). A gestão sobre os resíduos sólidos e descarte sem tratamento de esgotos sanitários por embarcações marítimas também merecem destaque, uma vez que podem contaminar os lençóis freáticos, ameaçando os ecossistemas envolvidos e a saúde da população pela transmissão de

doenças. Este fato, pode afetar a atividade pesqueira em determinadas regiões, causando prejuízo econômico para a comunidade de pescadores (MACIEL, 2005).

Segundo o estudo de Robert, MC, Procopial, L K e Fonseca, A R D (2007), a maioria dos peixes foge aos sons, à turbidez e à movimentação da água gerada pela dragagem, e por isso as atividades de dragagem podem alterar as atividades pesqueiras.

### **3.3.5. Deposição de sedimentos**

A dispersão dos sedimentos acontece, muitas vezes, na disposição do material dragado ou então durante o transbordo da água excedente em dragagens hidráulicas do tipo TSHD (*Trailing Suction Hopper Dredger* - Dragas Autotransportadoras) (WIT, 2015). O leito submarino é habitado por comunidades de organismos bentônicos, que são parte importante da cadeia alimentar, sendo a principal fonte de alimento dos peixes demersais, principalmente nas plataformas continentais, onde ocorrem os processos de mineração. Quaisquer interferências no fundo marinho irão ocasionar mudanças na quantidade, distribuição e deposição dos sedimentos, com impactos diretos sobre a comunidade bentônica. A dispersão e posterior deposição de sedimentos ressuspensos pode sufocar bentos e a vegetação aquática (NETO, 2000; PORTO & TEIXEIRA, 2002; TORRES, 2000; WIT, 2015), reduzindo ou até eliminando organismos na área dragada. Além disso, quando o despejo de material grosseiro acontece na maré enchente, a nuvem de poluição gerada se direcionará para a costa e se sedimentará, podendo diminuir o potencial pesqueiro e apresentar risco à navegação e à atividade de turismo e lazer, com reflexo sobre aspectos culturais (CDRJ, 2002; FEEMA, 2002).

Além disso, SIMÕES (2009) aponta que os distúrbios físicos associados a remoção e realocação de sedimentos provocam uma elevada mortalidade de organismos, seja por asfixia seja por ferimentos causados por ação mecânica durante o processo de dragagem. A deposição de sedimentos sobre o fundo submarino elimina também grande parte dos organismos bentônicos sésseis ou mais frágeis, que não tem condições de fugir para a superfície após o soterramento (SILVA, 2001). Organismos filtradores são ainda mais sensíveis a deposição sedimentos (Essink, 1999; Groenewold&Dankers, 2002). Este efeito é ainda mais significativo em algumas regiões, pois algumas espécies bentônicas são exclusivas de determinados tipos de fundo, podendo afetar, inclusive, organismos nectônicos, uma vez que algumas espécies de peixes se alimentam exclusivamente de certos organismos bentônicos. Segundo estudos realizados na região de *Rhode Island*

(EUA) e apresentados por Sails (1976), a taxa de recuperação dos organismos bentônicos é lenta, e podem ser necessárias décadas para que se atinja novamente o equilíbrio anterior à dragagem de mineração.

A deposição de sedimentos e o descarte de resíduos pode alterar o tipo de habitat do leito submarino. Os rejeitos são geralmente de grãos finos e altamente hidratados, tornando-os muito diferentes do fundo natural do corpo hídrico. Dessa forma, os substratos livres serão recolonizados por outros organismos bentônicos, e a nova população poderá ser bem diferente da pré-existente, o que pode alterar os recursos pesqueiros daquela região (CHARLES, 2002).

### **3.3.6. Aumento de turbidez**

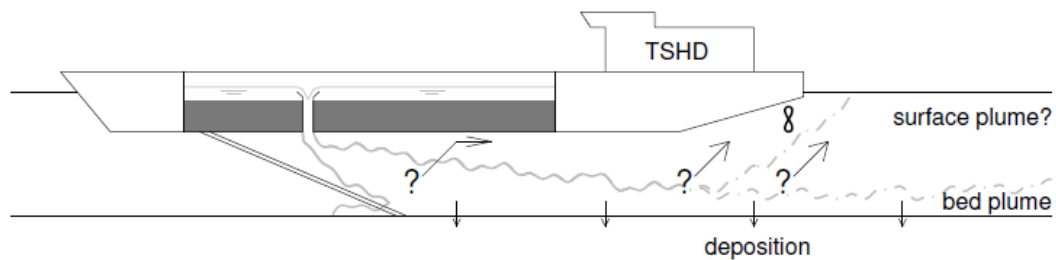
L.C. van Rijn (2019) define turbidez como o método padrão usado para descrever a aparência turva ou lamacenta da água por conta de sólidos em suspensão, que incluem sólidos inorgânicos, como argila, silte, areia, etc. e também sólidos orgânicos, como algas, zooplâncton e detritos. De acordo com Wit (2015), o aumento da turbidez gerado pela dispersão dos sedimentos durante os processos de dragagem pode gerar um impacto negativo sobre o meio ambiente, reduzindo a intensidade de penetração da luz sobre a massa d'água, que interfere na visibilidade. Segundo a autora, a gravidade deste impacto depende da frequência, duração e intensidade de tensões, como turvação e sedimentação, causada pela dragagem e resiliência do ecossistema.

### **3.3.7. Pluma de “*overflow*”**

As dragas hidráulicas, enquanto realizam a dragagem, trazem junto do material aspirado uma grande quantidade de água. À medida que os tanques dessas embarcações ficam cheios, é necessário eliminar esta água excedente transbordando-a para fora da embarcação. Este processo chama-se "*overflow*" (Griepe et al., 2003).

Um tipo de draga hidráulica frequentemente utilizada em processos de mineração marinha é a Draga Autotransportadora de Arrasto e Sucção (*Trailing Suction Hopper Dredger* - TSHD). As dragas autotransportadoras TSHD bombeiam uma mistura de sedimentos e água do leito do corpo d'água para o tanque da embarcação. No tanque, os sedimentos tem tempo para se assentarem e a água aspirada durante o processo é lançada de volta para o ambiente através de um eixo vertical. Os sedimentos que ainda não tiverem sedimentado dentro dos tanques da embarcação fluirão junto dessa água através do eixo

vertical, formando uma pluma de turbidez sob a quilha da draga autotransportadora. A Figura 35 ilustra o processo de “*overflow*” em uma embarcação TSHD.



**Figura 35: Esquema da pluma do “*overflow*” de uma draga autotransportadora TSHD, que às vezes gera uma pluma de superfície com aumento de turbidez perto da superfície livre e, às vezes, gera apenas uma pluma de turbidez próxima ao leito do corpo d’água.**

Fonte: WIT, 2015

A pluma de “*overflow*” é a principal fonte de sedimentos em suspensão de uma embarcação TSHD durante o processo de dragagem (Bray 2008). Este tipo de pluma pode conter uma ampla variedade de partículas de sedimentos de diferentes diâmetros, desde areia ( $D_p \geq 63\mu\text{m}$ ) até lama ( $D_p < 63\mu\text{m}$ ). Porém, como sedimentos mais finos assentam mais lentamente nos tanques da draga do que sedimentos mais grosseiros, uma pluma de “*overflow*” geralmente contém mais lama e areia fina do que o material dragado (Rhee 2002). A maior parte da areia vai se assentar nas proximidades da embarcação, enquanto que os finos podem se comportar de maneira diferente, dependendo de sua composição e das características da pluma (L.C. van Rijn, 2019).

Em condições de areia fina, a concentração de sedimentos na pluma de “*overflow*” pode chegar a ordem de 5% a 10% do volume bombeado. Todavia, em condições de finos, a concentração de sedimentos na pluma pode atingir valores de até 30% do volume total bombeado (L.C. van Rijn, 2019).

Ainda não se compreende o que acontece com a pluma de “*overflow*” sob a quilha da draga TSHD. Às vezes, a água turva pode ser vista na superfície livre logo atrás de um TSHD durante a dragagem, mas às vezes não há água turva visível na superfície livre (WIT, 2015). A Figura 36 ilustra esta situação. Uma pluma de “*overflow*” de superfície pode permanecer visível por distâncias consideráveis da embarcação (Newell et al. 1999).





**Figura 36: Dois exemplos de dragas gerando plumas de “*overflow*” na superfície, e um exemplo sem pluma de “*overflow*” visível na superfície.**

Fonte: WIT, 2015

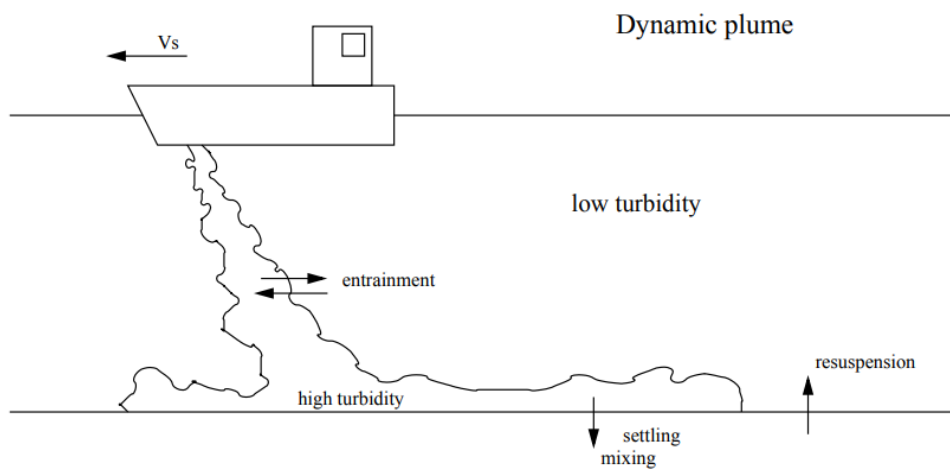
Plumas de “*overflow*” são mais densas do que a água, iniciam-se sob a quilha da draga e possuem uma velocidade inicial para baixo. Portanto era de se esperar que a pluma fluísse em direção ao leito do mar, e não para cima, em direção a superfície do corpo d’água. Porém, aparentemente há processos extras que podem fazer com que parte da pluma seja transportada para cima, até a superfície livre. Alguns possíveis processos responsáveis pela geração de uma pluma de “*overflow*” na superfície do corpo d’água são: interação entre a pluma e o casco da embarcação; interação entre a pluma e a popa da draga e interação entre a pluma e os propulsores da embarcação (WIT, 2015). Outra possível causa para este tipo de pluma é o arrastamento de ar com a água que está sendo transbordada para fora da draga TSHD. O ar reduz a densidade excessiva da pluma de “*overflow*” e as bolhas de ar sobem em direção à superfície livre; ambos os mecanismos podem elevar o sedimento para a superfície livre (Socolofsky and Adams 2002; Zhang and Zhu 2013).

Após o extravasamento através do eixo vertical, a pluma de “*overflow*” pode se misturar com a água do ambiente ou se comportar como uma corrente de densidade após o impacto no leito do corpo d’água (Winterwerp, 2002). Quando as plumas de sedimentos se misturam diretamente com a água do ambiente, são chamadas de plumas passivas, enquanto que plumas que evoluem como uma corrente de densidade são chamadas de plumas dinâmicas, conforme ilustrado na Figura 37. O comportamento e o impacto de ambas as plumas são diferentes (L.C. van Rijn, 2019).

Plumas dinâmicas descendem rapidamente em direção ao leito do corpo d’água e então se espalham radialmente para fora através do leito do mar como uma pluma densa,

diminuindo com o tempo e a distância. Neste tipo de pluma, o comportamento da mistura água-sedimento como uma única massa uniforme é mais importante que a velocidade de sedimentação das partículas individuais (Winterwerp, 2002). Segundo L.C. van Rijn (2019), como a velocidade de sedimentação de uma pluma dinâmica é relativamente grande, a zona de impacto é relativamente pequena, e um depósito de finos é formado nas proximidades da draga. Os sedimentos que se assentam se misturam com os sedimentos que formam o leito do corpo d'água ou forma uma camada de sobreposição sobre o fundo do corpo hídrico.

A concentração de sedimentos nas plumas de “*overflow*” dinâmicas é relativamente alta.

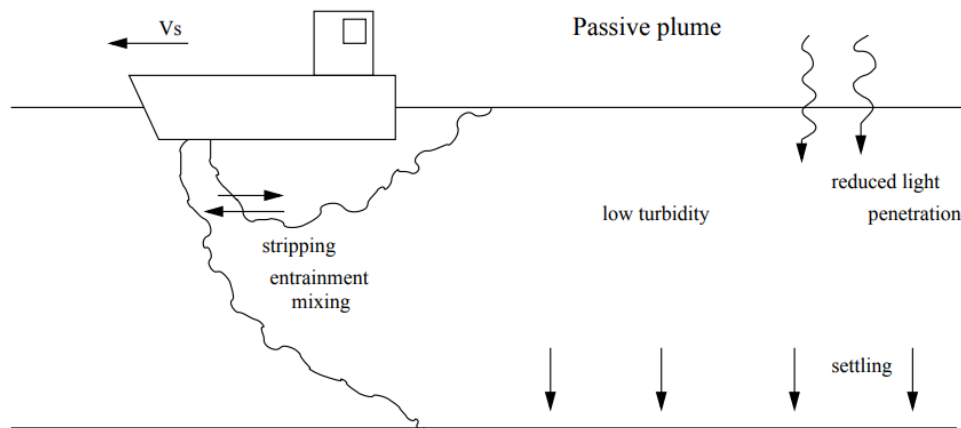


**Figura 37: Representação da pluma dinâmica de “*overflow*”.**

**Fonte: (L.C. van Rijn, 2019).**

Plumas passivas surgem devido ao arraste de plumas dinâmicas por conta da turbulência. Quando as velocidades da corrente de água forem suficientemente fortes e maiores que a velocidade do fluxo de “*overflow*”, a pluma será totalmente misturada com a água circundante dando início a formação da pluma passiva, conforme ilustrada na Figura 38.

A concentração de sedimentos dentro de uma pluma passiva é relativamente baixa. As partículas finas podem permanecer na coluna de água por várias horas ou mesmo dias antes de assentarem, porque a velocidade de sedimentação é baixa. A zona de impacto da pluma passiva pode ser de vários quilômetros e depende da magnitude e direção das correntes e da natureza dos finos (L.C. van Rijn, 2019).



**Figura 38: Representação da pluma passiva de “overflow”.**

**Fonte: (L.C. van Rijn, 2019).**

De acordo com Wit (2015), o aumento da turbidez pode gerar um impacto negativo sobre o meio ambiente, reduzindo a intensidade de penetração da luz sobre a massa d’água, que interfere na visibilidade. A menor penetração de luz sobre a água pode afetar a produção primária e reduzir a possibilidade de encontrar alimento dos predadores que caçam na superfície da água e dependem de boa visibilidade. Produtores primários compõem a base da cadeia alimentar e são fonte de alimento para diversos organismos marinhos. A diminuição na penetração da luz pode deslocar ou diminuir a duração do período de floração de comunidades de algas e deslocar espécies de microrganismos de zonas profundas para a superfície (Jankowski&Zielke, 1996; Groenewold&Dankers, 2002). Ainda, a carência de luz pode limitar o crescimento de fitobentos, e o aumento da fração de sedimentos mais finos no leito oceânico pode alterar a composição dos ecossistemas locais, impactando na qualidade do meio ambiente para espécies autóctones (Dankers, 2002; SIMÕES, 2009).

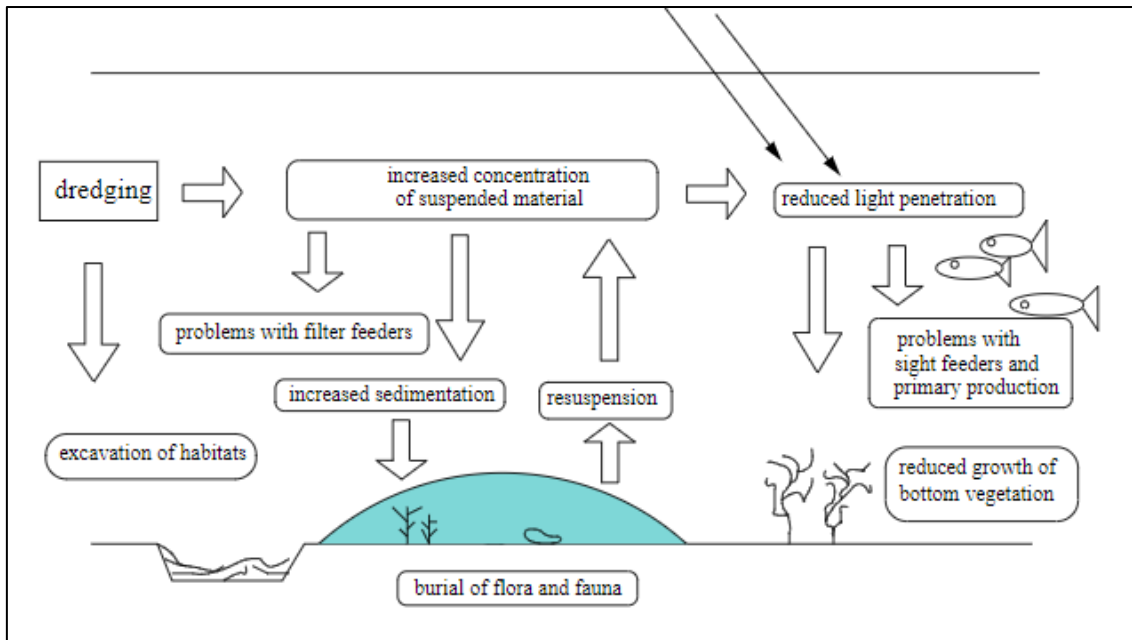
Groenewold e Dankers (2002) apontam que algumas espécies de peixes tendem a fugir de áreas com plumas de material em suspensão, pois a ressuspensão de sedimentos pode causar a morte de alguns animais marinhos por asfixia (SIMÕES, 2009). Há de se destacar que este efeito só ocorre quando a turbidez ocasionada pela pluma é significativamente maior que a variação natural dos níveis de turbidez e taxas de sedimentação na área. O tipo de sedimento também é importante neste caso: areia fina não absorve muita luz enquanto que argila e matéria orgânica podem absorver muito deste recurso (Dankers, 2002).

Contaminantes presentes nos sedimentos podem ser dispersados através da pluma de "overflow". Quando a dragagem é realizada em áreas industrialmente contaminadas, a liberação de substâncias químicas presentes nos sedimentos podem ser absorvidas ao longo da cadeia alimentar (CID/CEDA, 2000). Em alguns casos, a liberação de nutrientes presentes nos sedimentos em suspensão estimula a atividade de organismos aeróbios, diminuindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido e causando condições de estresse para muitos animais aquáticos.

Além disso, os sedimentos em suspensão presentes na pluma de turbidez irão depositar-se no leito do corpo hídrico mais cedo ou mais tarde, e a sedimentação em excesso pode sufocar a vegetação e os bentos, principalmente as com hábito sedentário ou sésil, ou forçá-los a migrar para outras regiões. OLIVEIRA (2010) aponta ainda que terminada as operações de dragagem e com o processo de sedimentação, os substratos livres serão recolonizados por outros organismos bentônicos, e a nova população poderá ser diferente da pré-existente, o que pode alterar os recursos pesqueiros daquela região. No caso de organismos filtradores é possível que concentrações mais altas do que o normal de sedimentos em suspensão possam causar obstrução e entupimento do aparelho filtrador destes animais (Essink, 1999; Groenewold&Dankers, 2002). Além disso, mesmo os organismos que vivem na coluna d'água podem sofrer ao encontrar um meio líquido totalmente modificado pelo sedimento (Dankers, 2002; SIMÕES, 2009).

Rhee (2002) aponta ainda que a pluma de "overflow" contém mais sedimentos finos do que material grosseiro, e por isso o material pode ficar suspenso por períodos de horas a dias, podendo ser transportado para áreas distantes do projeto de dragagem que podem ser mais sensíveis do ponto de vista ambiental, como praias, áreas pesqueiras ou áreas de proteção ambiental.

Os principais impactos ambientais ocasionados pela pluma de "overflow" estão esquematizados na Figura 39.



**Figura 39: Impactos ambientais sobre as comunidades aquáticas ocasionados pela pluma de "overflow".**

Fonte: DENKERS, 2002.

#### 4. Resultados e Discussões

De acordo com a Figura 18, a área de dragagem do projeto de exploração de areia siliciclástica encontra-se no Setor Sul da Baía de Guanabara. Neste projeto, será utilizada uma draga hidráulica do tipo TSHD, cuja capacidade média de armazenamento é de 600 a 2.000 m<sup>3</sup> e alcance máximo da profundidade de 20 metros. Este equipamento também permite bombear cerca de 3.000 m<sup>3</sup>/hora, sendo um terço de material sólido, permitindo que a draga opere por aproximadamente duas horas. Além disso, está prevista duas descargas por dia no projeto e estas descargas serão realizadas por recalque da própria draga ao local de disposição.

A areia dragada será utilizada, principalmente, em aterros e em colchão-drenante. Sua granulometria na área de estudo é, predominantemente, média e grossa de forma que garante que a água salgada intersticial escoe devido ao seu alto peso específico e porosidade, impossibilitando causar danos às estruturas edificadas sobre esses aterros e, podendo ser utilizada na construção civil com a produção de concreto (BRASIL, 2008).

Considerando o rol de empreendimentos situados hoje na Baía de Guanabara, ligados à indústria do petróleo (terminais de carga e descarga de óleo e gás, estaleiros) e a movimentação de embarcações de grande porte de carga, exploração petrolífera e turismo, a presença temporária de um pequeno navio-draga na paisagem constitui um impacto visual de pequena magnitude. Deve-se considerar que a embarcação só permanece “na paisagem” durante duas horas, pois a mesma embarcação, uma vez que a carga esteja completa, navega para descarregar a areia em Niterói.

Modificações na profundidade do leito na área de dragagem podem afetar diretamente os padrões de corrente do corpo hídrico. A atividade de dragagem em estudo, que possui aproximadamente 2 km<sup>2</sup>, não afetaria de maneira significativa este parâmetro, pois a quantidade de areia retirada do fundo submarino por dia (aproximadamente 4.000 m<sup>3</sup>) é muito pequeno se comparado com a dimensão total da baía, cuja extensão é de cerca de 400 km<sup>2</sup>, garantindo que não haja mudanças nas correntes.

Conforme descrito no tópico 3.2.1.2.1., há o predomínio de areias grossas a médias nesta região, com quantidades muito pouco significativas de argila, silte e cascalho, como observado nas Figuras 20 e 21. Este fato é comprovado com a análise de amostras coletadas na área de estudo, conforme descrito no item 3.2.1.2.4. e apresentado na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Resultados do peneiramento a úmido das amostras coletadas na área de estudo.

AMOSTRAS	RETIDO/PASSA NTE	NÚMERO DO CADINHO	PESO DO CADINHO (g)	PESO SECO (g)	TOTAL (g)	PORCENTA GEM NA AMOSTRA
P1	FINO	G1	60,81	0,19	1,04	0,1%
	FINO	G3	66,4	0,85		0,4%
	GROSSO	BANDEJA Z	-	241,23	241,23	99,6%
P3	FINO	8	20,48	2,15	2,15	0,3%
	GROSSO	BANDEJA A	-	753,59	753,59	99,7%
P5	FINO	5	19,92	0,74	1,37	0,5%
	FINO	K3	20,08	0,63		0,5%
	GROSSO	BANDEJA 3	-	137,66	137,66	99,0%
P6	FINO	P2	20,29	1,82	1,82	0,3%
	GROSSO	BANDEJA C7	-	553,44	553,44	99,7%
P7	FINO	C16	19,59	2,26	2,26	0,3%
	GROSSO	BANDEJA 1	-	772,82	772,82	99,7%
P8	FINO	K1	21,42	1,53	1,53	0,4%
	GROSSO	BANDEJA B	-	409,66	409,66	99,6%

De acordo com a Tabela acima, é possível observar que a porcentagem de sedimento grosso equivale a, em média, 99,6% das amostras analisadas em comparação com a porcentagem de finos no local, em média 0,4%. Portanto, visto que o sedimento encontrado na área de estudo apresenta, majoritariamente, sedimentos grossos (areias finas, médias e grossas), o efeito da sedimentação será maior que o da pluma de turbidez, por causa do diâmetro predominante da faciologia local.

Os sedimentos grossos são mais pesados, por natureza, que os finos e, portanto, sedimentam-se mais rapidamente. No caso do empreendimento, o material dragado, por ser constituído, majoritariamente, de sedimentos grossos, se sedimentará na própria caçamba da embarcação, fazendo com que pouca concentração de sedimentos (finos) seja carregada pela água de transbordo da draga. Dessa forma, como são os finos compõem o overflow, não haverá a formação de uma pluma densa de overflow e, conseqüentemente, não ocorrerá uma sedimentação intensa no local da dragagem e, muito menos, para locais distantes da draga.

Além disso, não haverá a formação de uma pluma impedindo a penetração da luz nas camadas da lâmina d'água e, assim, não serão sentidos os impactos da turbidez, interferindo minimamente a questão da visibilidade.

Uma vez que os sedimentos finos que permanecem em suspensão, depois da operação de dragagem ser executada, responsáveis por turvar a água, são escassos no local de estudo, é possível afirmar que o impacto ambiental gerado pela pluma, no ato da extração e no overflow, é mínimo na área que acontece a dragagem do projeto. Este fato permite concluir que há pouca poluição visual no local, afetando ligeiramente as praias próximas e a atividade de mergulho praticada nas ilhas na barra da Baía de Guanabara.

A deposição de sedimentos ocorre na etapa de disposição dos sedimentos dragados ou no transbordo da água excedente nas dragagens em que se é utilizada a draga hidráulica do tipo TSHD. Esta fase pode provocar o soterramento de organismos bentônicos, que vivem no fundo submarino, fazendo com que estes não consigam escapar para a superfície. Por este motivo, a comunidade bentônica e a vegetação aquática podem ser asfixiadas, diminuindo ou até mesmo eliminando os organismos que se encontram no local. Este efeito é agravado quando determinada espécie bentônica é exclusiva de certo tipo de fundo, como por exemplo a espécie *Brachidontes exustus* em costões rochosos, afetando

diretamente as espécies de peixes demersais, pois estes vivem no fundo e se alimentam dos bentos presentes no local.

Além disso, a deposição de sedimentos em um local diferente daquele em que foi extraído altera as propriedades do fundo natural da baía de Guanabara, neste caso. Por isso, o local pode ser recolonizado por diferentes organismos, interferindo na frequência e habitat de espécies que costumavam estar presentes na região, afetando diretamente a atividade pesqueira. No caso do empreendimento estudado neste trabalho, embora a extração da areia do fundo seja realizada pela draga do tipo TSHD, a disposição dos sedimentos dragados na área de estudo ocorrerá em ambiente terrestre e, portanto, não causará um impacto significativo no que se refere a perturbação aos organismos bentônicos da região.

Em relação aos impactos nos aspectos físico-químicos, de acordo com o gradiente de temperatura e salinidade na entrada da baía de Guanabara e com a sua proximidade com águas oceânicas, o fundo da área de estudo possui temperaturas mais frias e são mais salinas. Conforme descrito no tópico 3.2.3.2., a profundidade local é um parâmetro de extrema relevância na mudança destes dois fatores. Embora este parâmetro seja afetado pela atividade de dragagem na área de estudo, o impacto local não é suficientemente grande para ser possível afirmar que este é responsável por alterar o padrão de temperatura e salinidade na região, pois por ser uma área de operação de 2 km<sup>2</sup>, aproximadamente, o efeito causado por estas modificações entraria em equilíbrio com o ambiente rapidamente, sem afetar consideravelmente a produtividade e distribuição das comunidades bentônicas locais. Uma vez que os bentos sofrem pouca interferência pela atividade de dragagem do empreendimento, as espécies pelágicas, que se alimentam dos mesmos para sobreviver, também não seriam muito afetadas.

No que diz respeito ao entorno da Baía de Guanabara, esta é margeada por diversas indústrias que despejam os seus efluentes no corpo hídrico, contaminando os sedimentos do leito da baía. Os contaminantes possuem maior facilidade de serem incorporados pela matéria orgânica, capaz de agregar principalmente metais pesados, que se encontra, majoritariamente, próxima a zonas que são constituídas de sedimentos com baixa granulometria. De acordo com a Figura 24, pode-se observar que na entrada da baía de Guanabara há menor porcentagem de matéria orgânica e, conforme descrito no tópico 3.2.1.2.1. e observado nas Figuras 20 e 21, há o predomínio de areias grossas a médias nesta região, com quantidades muito pouco significativas de argila e silte no setor Sul da baía, local onde está localizado o empreendimento. Essa baixa concentração de matéria



orgânica associada a finos na região nos permite inferir que a região não apresenta quantidade significativa de poluentes associados aos sedimentos, fato corroborado pelo mapa de distribuição de contaminantes (Figura 23). A baixa concentração de matéria orgânica e metais pesados indica que não haverá ressuspensão de contaminante durante o processo de dragagem, nem de que eventuais acidentes e ruptura de cabos e tubulações da embarcação durante a operação e transporte dos sedimentos dragados possam depositar material contaminado em outras áreas sensíveis do sistema estuarino. Além disso, não há risco de suspensão de matéria orgânica. O durante os processos de dragagem, o que poderia estimular a atividade de organismos aeróbios, diminuindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido e causando condições de estresse para muitos animais aquáticos.

Apesar dos riscos de contaminação serem pequenos, descargas acidentais ou intencionais de equipamentos de mineração podem afetar a biota local e provocar uma elevada mortalidade de organismos, seja por asfixia, seja por ferimentos causados, principalmente de organismos bentônicos sésseis ou mais frágeis, que não tem condições de fugir.

A remoção da camada superficial do banco de areia durante o processo de extração afeta diretamente a população bentônica da área de mineração, removendo esta comunidade do local, e alterando o habitat do leito desta região. Segundo o Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara (2016), o setor externo da baía, que está sob maior influência oceânica, e onde localiza-se o empreendimento, abriga o maior número de espécies e de indivíduos, além de registrar as maiores densidades de ovos de peixes, caracterizando-se pela complexidade trófica elevada, e apresentando maiores valores de abundância e riqueza específicas (Rodrigues et. al, 2007). Isto significa que o empreendimento poderá impactar diretamente a biota da região por conta das diversas espécies bentônicas que serão afetadas e também por conta das espécies pelágicas que dependem dos bentos para se alimentar. Com isso, pode haver um deslocamento de peixes para outros locais da baía ou uma perda de espécies no local, alterando a teia alimentar de todo o ecossistema estuarino.

Dentre os impactos socioeconômicos na região da Baía, a atividade que pode ser diretamente impactada é a pesca. Conforme apresentado em 2.8.3.1., a Baía de Guanabara registra uma importante atividade pesqueira, empregando cerca de 3700 pescadores e 142 que praticam esta atividade nas áreas de costa, em sua maioria pescadores artesanais, que buscam capturar e vender o seu pescado como forma de subsistência e são mais sensíveis

às mudanças nas áreas onde estão habituados a pescar. Apesar dos impactos diretos a fauna da área do empreendimento, principalmente da população bentônica, a produção pesqueira na baía é dominada por espécies encontradas nas áreas mais internas do local, como a sardinha boca-torta. Segue-se à sardinha, a corvina, a tainha, a sardinha verdadeira, e, em menor quantidade, o bagre, parati e o espada, todas espécies também encontradas predominantemente nas áreas mais internas da baía (RODRIGUES et. al., 2007), distantes da área do empreendimento, e portanto menos sensíveis aos impactos citados, além de caranguejos, camarões, siris e mexilhões. Quanto a este último, as áreas de pesca correspondem aos costões na parte mais ao sul da baía, e ilhas costeiras e oceânicas (Rasa, Redonda, Cagarras, Cotunduba, Mãe, Pai, Ilha do Meio). Enquanto os costões situam-se distantes da área onde ocorrerá o processo de mineração, o empreendimento situa-se próximo destas ilhas, e, portanto, a população destas espécies nessas áreas pode ser afetada e impactar diretamente a produção pesqueira na área. Desta forma, pode-se inferir que a dragagem de mineração na área em questão não afetará a produção pesqueira da baía por não impactar diretamente a população das principais espécies produtivas. Todavia, pescadores que vivem da pesca de mexilhões em algumas das ilhas próximas a atividade podem ser afetados.

Conforme citado anteriormente, ao afetar a fauna local, o empreendimento pode afetar o turismo, principalmente o mergulho da região, pois algumas espécies podem deixar de ser encontradas no local e, também, pode haver alterações no ecossistema, tanto em escala micro, isto é, na área de empreendimento, como na complexa teia de todo o sistema estuarino.

Outro aspecto relevante de ser destacado é a questão dos distúrbios físicos. A atividade de dragagem causa ruídos e vibrações de alta frequência no ambiente marinho, devido à extração de sedimentos. Estes fatores são responsáveis por dissipar a maioria dos peixes do local, pois estes fogem aos sons, turbidez e movimentação da água ocasionadas pela operação de dragagem, prejudicando a atividade pesqueira da região.

Por fim, a Tabela 3 abaixo resume os impactos ambientais elencados neste trabalho, resultados da atividade de dragagem de mineração submarina estudada e apresenta uma escala de gravidade para cada um deles.

**Tabela 3: Impactos ambientais da dragagem de mineração estudada, sua classificação (positivo/negativo) e a escala de gravidade (1- criticidade alta; 2- criticidade média; 3-criticidade baixa). (Fonte: elaboração própria).**

<b>Impactos Ambientais</b>	<b>Positivo/Negativo</b>	<b>Escala</b>
Alterações físico-químicas	Negativo	3
Modificações na morfologia do leito submarino	Negativo	3
Poluição visual	Negativo	2
Distúrbios físicos	Negativo	3
Deposição de sedimentos	Negativo	2
Aumento de turbidez	Negativo	2
Pluma de “overflow”	Negativo	2

## 5. Conclusões

A dragagem de mineração submarina, mesmo pouco explorada atualmente no Brasil, apresenta alto potencial de crescimento, pois pode ofertar maior quantidade de areia para o mercado da construção civil, principalmente, reduzindo os preços de tal material sem causar grandes danos ao meio ambiente, ao contrário da mineração continental. Entretanto, há de se afirmar que, por uma dragagem recente, a dragagem de mineração submarina é comprometida no quesito de aplicação de novas tecnologias em sua operação para aumentar a eficiência do processo, diferente da dragagem continental que já possui dispositivos e tecnologias para serem incorporados durante a atividade.

## 6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. *Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável*. Josimar Ribeiro de Almeida. [1º. ed. 1ª. reimpr.]. Rio de Janeiro: Thex, 2008.

AMBIENTAL, I. et al. LEI No 1.356, de 3 de outubro de 1988. p. 3–5, 1988.

AMADOR, Elmo. **Baía de Guanabara: Um balanço histórico**. In ABREU, Maurício de Almeida. (org.) *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: S.M.C.T.E. 1992. p. 201-258

Amador, E. S. 1997. **Baía da Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. Rio de Janeiro. 539p.

BASTOS, B. DO C.; BASSANI, C. A QUESTÃO DA EXPANSÃO PORTUÁRIA COMO SOLUÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO : o caso das

dragagens e os impactos ambientais na baía de Sepetiba . **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, p. 17, 2012.

Baptista Neto J.A., Gingele F.X., Leipe T., Brehme I. 2006. **Spatial distribution of heavy metals in superficial sediments from Guanabara Bay: Rio de Janeiro, Brazil**. *Environmental Geology*, 49:1051-1063.

Bérgamo, A.L., **Características Hidrográficas, da circulação e dos transportes de volume e sal na Baía de Guanabara (RJ): variações sazonais e moduladas pela maré**. 2006. 170 p. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

BRASIL. **Decreto nº74.557 de 12 de setembro de 1974**.

BRASIL. **Lei nº6.938 de 31 de agosto de 1981**, 1981. Disponível em: <file:///C:/Users/Flavia/Sipres/Desktop/Flavia/TCC/LDSC/Referencias Bibliograficas/Dragagem/L6938.html>

BRASIL. **Lei nº7.661 de 16 de maio de 1988**, 1988.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 237/97. p. 1–9, 1997.

BRASIL. **Lei nº10.165 de 27 de dezembro de 2000**, 2000.

BRASIL. **Lei nº 1.356, de 3 de outubro de 1988**, 1988.

BRASIL. **Decreto nº5.377 de 23 de fevereiro de 2005**, 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/D5377.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/D5377.htm)>

BRASIL; AMBIENTE, C. N. D. M. **Resolução CONAMA no 344, de 25 de março de 2004**. Diário Oficial, p. 605–612, 2004.

BRASIL. Universidade Federal Fluminense. LAGEMAR Laboratório de Geologia Marinha. **Relatório de Controle Ambiental – RCA. Projeto de exploração de areia siliciclástica marinha na plataforma continental interna adjacente à Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói, 2009.

CARDOSO, F. F.; SHIMIZU, J. Y. **SERVIÇOS DE ESCAVAÇÃO : Equipamentos e aspectos executivos**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2002.

CASTIGLIA, M. C. C. P. **Disposição subaquática de rejeitos de dragagem: O caso do complexo lagunar de jacarepaguá**. p. 159, 2006.

CASTRO, S. M. DE. **CONFLITOS AMBIENTAIS E PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM PROCESSOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA PARA O SETOR PORTUÁRIO: dragagem em foco.** [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

R. H. Charlier, **Impact on the coastal environment of marine aggregate mining.** International Journal of Environmental Studies 59. 2002. 297–322.

CATANZARO, L. F.(2002). **Distribuição de sedimentos e características de ecocaráter (7,0 kHz) na Baía de Guanabara – RJ.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

CHAVES, C. R. **Mapeamento participativo da pesca artesanal da baía de Guanabara.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Projeto de Dragagem do Canal de Acesso e das Bacias de Evolução dos Terminais do Porto do Rio de Janeiro e de Niterói.** Rio de Janeiro: CDRJ, Setembro, 2002.

CONAMA. Resolução n. 1. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. p. 636–639, 1986.

CONAMA. **Resolução nº454 de novembro de 2012,** 2012. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=221399>>

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **A utilização de Dragas na Mineração de Aluviões.** Diretoria da Área de Pesquisas - DAP. Janeiro, 1983.

Dias, G.T.M. & Quaresma, V.S. - 1996 - **Baía de Guanabara - Evolução Geomorfológica do Fundo Submarino.** Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador, BA.

EMPRAPII. **Oportunidade de inovação na cadeia industrial do quartzo: Areias Marinhas.** 2017.

FEEMA. **Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. Plano de Gestão Costeira da Baía de Guanabara.** Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

FILHO, H. DE A. G. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos.** p. 162, 2004.

GUIMARÃES, M.S.D.; CATANZARO, L.F.; BAPTISTA NETO, J.A.; VILELA, C.G.; BREHME, I. **Caracterização textural dos sedimentos superficiais de fundo e dinâmica sedimentar na Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro, 2007. Revista Tamoios – Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, jul/dez, 2007.

GOES FILHO, H. de A. **Dragagem e Gestão de Sedimentos.** Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ, 2004.

Ibama 2002. **Levantamento de Dados da Atividade Pesqueira na Baía da Guanabara como Subsídio para a Avaliação de Impactos Ambientais e Gestão da Pesca.** Gerência Executiva Ibama - Rio de Janeiro. 49 pp.

INEA, D. **Parecer Técnico de Licença Instalação n° 24/12.** Rio de Janeiro, 2012.

INTERDRAGA. **Avaliação Ambiental Integrada (AAI) da disposição oceânica dos sedimentos dragados na Baía de Guanabara.** p. 368, 2013.

Jablonski, S.; Azevedo, A.F.; Moreira, L.H.A. 2006. **Fisheries and Conflicts in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil.** Braz. Arch. Biol. Tech. 49 (1):79-91

JICA (1994). **The Study on Recuperation on Guanabara Bay.** Vol. 2.

KAUFMANN, C. L. G. **ESTUDO HIDRODINÂMICO E DE QUALIDADE DE ÁGUA APÓS REVITALIZAÇÃO DA CIRCULAÇÃO DO CANAL DO FUNDÃO, BAÍA DE GUANABARA – RJ.** [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

KCI TECHNOLOGIES INC. **Diagnóstico do Estado da Baía da Guanabara.** 2016. In:<http://200.20.53.7/guanabara/Content/DOWNLOAD/Diagn%C3%B3stico%20da%20Ba%C3%ADa%20de%20Guanabara.pdf>. Rio de Janeiro, 2015. Acesso em 12 de Março de 2019.

KEUNECKE, K.A. 2006. **Efeito da pesca de arrasto do camarão sobre a dinâmica populacional de *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus* (Crustacea, Portunidae) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). 125p.

Kjerfve, B.; Ribeiro, C. H. A.; Dias, G. T. M.; Filippo, A. M. and Quaresma, V. da S. (1997), **Oceanographic Characteristics of an Impacted Coastal Bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil.** Continental Shelf Research.

LIMA, D. A. Análise dos Custos de Serviços de Terraplanagem. [s.l.] Universidade Federal do Ceará Centro, 2013.

L.C. van Rijn. **TURBIDITY DUE TO DREDGING AND DUMPING OF SEDIMENTS**. 2019. Disponível em: [www.leovanrijn-sediment.com](http://www.leovanrijn-sediment.com). Acessado em: 12/03/2019.

MACIEL, Marcelo de Freitas. **Gestão de Resíduos Sólidos Gerados por Navios e Terminais de Containeres: o caso do Porto do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia e Ciências, Faculdade de Engenharia/UERJ, 2005.

MARINO, Igor Kestemberg. **Caracterização do Registro Sedimentar Quaternário da Baía de Guanabara** (2011). Monografia (Graduação em Geofísica). Niterói: Universidade Federal Fluminense.

Mayr, L. M.; Tenenbaum, D. R.; Villac, M. C.; Paranhos, R.; Nogueira, C. R.; Bonecker, S. L. C. and Bonecker, A. C. T. (1989), **Hydrobiological Characterization of Guanabara Bay, In- Coastlines of Brazil** eds. O. Magoon and C. Neves. American Society of Civil Engineers, New York. pp. 124-138.

Melo, G. V. **Transporte de metais pesados no sedimento em suspensão na baía de Guanabara, em um ciclo de maré**. 2004. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

MENDES, C. L. T.; SOARES-GOMES, A.; TAVARES, W. **Seasonal and spatial distribution of sublittoral soft-bottom mollusks assemblages at Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil**. Journal of Coastal Research. 1877-1891, 2006.

NASSER, V.L., 2001, **Estudo da Qualidade de Água na Baía de Guanabara utilizando técnicas de sensoriamento remoto e análise geoestatística**, Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

NETO, A. DE C. L. **Expansão do terminal de containeres de sepetiba: uma aplicação da dinâmica de sistemas e considerações ambientais**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

OLIVEIRA, U. B. G. DE. **Dragagem e os Imapctos ao Meio Ambiente**. [s.l.] Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, 2010.

PETROBRAS. **Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento Ambiental – Ambiente e Influência Antrópica**. Rio de Janeiro, 2012.

PORTO, M. M.; TEIXEIRA, Sérgio Grein. **Portos e Meio Ambiente**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

QUARESMA, V.S. – 1997 - **Caracterização da dinâmica sedimentar da Baía de Guanabara, RJ. Dissertação de Mestrado - LAGEMAR -UFF**. Niterói. 97pp

QUARESMA, V.S., DIAS, G. T. M & BAPTISTA NETO, J. A.(2001). **Caracterização de padrões de sonar de varredura lateral e 3,5 e 7,0 kHz na porção sul da baía de Guanabara – RJ**. Revista brasileira de geofísica.

SAMPAIO, M. **Estudo de Circulação Hidrodinâmica 3D e Trocas de Massas D'água da Baía de Guanabara – RJ**. UFRJ. Rio de Janeiro. 2003. Dissertação de Mestrado.

SECT – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia/Governo do Estado do Rio de Janeiro/PETROBRAS (2000). **Relatório Final de Avaliação das condições presentes de funcionamento do Complexo Industrial REDUC/DTSE sob o ponto de vista de suas implicações ambientais**. Elaborado pelo Consórcio de Universidades. Convênio SECT/PETROBRAS.

SIMÕES, M. H. **Sistematização Dos Aspectos Ambientais De Dragagens Portuárias Marítimas No Brasil**. p. 141, 2009.

TORRES, R. J. **Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto de Rio Grande, RS**. p. 190, 2000.

Valentin, J. L. Tenenbaum, D. R.; Bonecker, A. C. T.; Bonecker, S. L. C.; Nogueira, C. R. & Villac, M. C., 1999. **O sistema planctônico da Baía de Guanabara: síntese do conhecimento**. In: Silva, S. H. G. & Lavrado, H. P. (eds.), *Ecologia de Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p.35-59.

VAN DER VEN, P. H.; SOARES-GOMES, A.; TAVARES, M. **Taxocene of crustacea at a highly impacted bay: Guanabara Bay, Southeastern Brazil**. Journal of Coastal Research. SI39: 1135-1139, 2006

VIANNA, Marcelo (Organizador). **DIAGNÓSTICO DA CADEIA PRODUTIVA DA PESCA MARÍTIMA NO RIO DE JANEIRO/Relatório de Pesquisa**. Rio de Janeiro: FAERJ: SEBRAE-RJ, 2009.



**VOLPATO, S. B. RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS EM REGIÕES ESTUARINAS: ESTUDOS APLICADOS PARA O TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS PELA DRENAGEM ÁCIDA DE MINA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA/SC.** [s.l.] Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2013.

**WIT, L. DE. 3D CFD modelling of overflow dredging plumes.** [s.l.] Technische Universiteit Delft, 2015.

# ANEXO I

Ictiofauna: lista de espécies (segundo Nelson, 2006)

## FILO CHORDATA

### Subfilo Vertebrata (Craniata)

Superclasse Gnathostomata

Classe Actinopterygii

Subclasse Neopterygii

Divisão Teleostei

Subdivisão Ostarioclupeomorpha

Superordem Clupeomorpha

Ordem Clupeiformes

Família Engraulidae

*Anchoa filifera* (Fowler, 1915)

*Anchoa januaria* (Steindachner, 1879)

*Anchoa lyolepis* (Evermann & Marsh, 1900)

*Anchoa tricolor* (Spix & Agassiz, 1829)

*Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911)

*Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829)

*Engraulis anchoita* Hubbs & Marini, 1935

Família Clupeidae

*Brevoortia aurea* (Spix & Agassiz, 1829)

*Harengula clupeola* (Cuvier, 1829)

*Harengula jaguana* Poey, 1865

*Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818)

*Sardinella janeiro* (Steindachner, 1879) \*A2

Família Pristigasteridae

*Chirocentron bleekermanus* (Poey, 1867)

*Pellona harroweri* (Fowler, 1917)

Superordem Ostariophysi

Ordem Siluriformes

Família Ariidae

*Aspistor luniscutis* (Valenciennes, 1840)

*Bagre* sp.

*Cathorops spixii* (Agassiz, 1829)

*Genidens barbatus* (Lacepède, 1803) \*A2

*Genidens genidens* (Cuvier, 1829)

Subdivisão Elopomorpha

Ordem Albuliformes

Família Albulidae

*Albula vulpes* (Linnaeus, 1758)

Ordem Anguilliformes

Família Muraenidae

*Gymnothorax moringa* (Cuvier, 1829)

*Gymnothorax ocellatus* Agassiz, 1831

Família Ophichthidae

*Ophichthus gomesii* (Castelnau, 1855)

Ordem Elopiformes

Família Elopidae

*Elops saurus* Linnaeus, 1766

Subdivisão Euteleostei

Superordem Acanthopterygii

Ordem Atheriniformes

Família Atherinopsidae

*Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825)

Ordem Beloniformes

Família Belonidae

*Strongylura marina* (Walbaum, 1792)

*Strongylura timucu* (Walbaum, 1792)

Família Hemiramphidae

*Hemiramphus brasiliensis* (Linnaeus, 1758)

*Hyporhamphus unifasciatus* (Ranzani, 1841)

Ordem Beryciformes

Família Holocentridae

*Holocentrus adscensionis* (Osbeck, 1765)

Ordem Cyprinodontiformes

Família Poeciliidae

*Phalloptychus januarius* (Hensel, 1868)

*Poecilia vivipara* Bloch & Schneider, 1801

Ordem Gasterosteiformes

Família Fistulariidae

*Fistularia petimba* Lacepède, 1803

*Fistularia tabacaria* Linnaeus, 1758

Família Syngnathidae

*Hippocampus erectus* Perry, 1810 \*A2; Ap2; VU

*Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933 \*A2; Ap2; DD

*Syngnathus folletti* Herald, 1942

*Syngnathus pelagicus* Linnaeus, 1758

Ordem Mugiliformes

Família Mugilidae

*Mugil curema* Valenciennes, 1836

*Mugil incilis* Hancock, 1830

*Mugil liza* Valenciennes, 1836 \*A2

Ordem Perciformes

Família Acanthuridae

*Acanthurus chirurgus* (Bloch, 1787)

Família Blenniidae

*Hypleurochilus fissicornis* (Quoy & Gaimard, 1824)

*Parablennius marmoreus* (Poey, 1876)

*Parablennius pilicornis* (Cuvier, 1829)

*Scartella cristata* (Linnaeus, 1758)

Família Carangidae

*Caranx crysos* (Mitchill, 1815)

*Caranx latus* Agassiz, 1831

*Oligoplites saurus* (Bloch & Schneider, 1801)

*Trachinotus falcatus* (Linnaeus, 1758)

*Trachinotus goodei* Jordan & Evermann, 1896

*Selene setapinnis* (Mitchill, 1815)

Família Centropomidae

*Centropomus parallelus* Poey, 1860

*Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)

Família Chaenopsidae

*Emblemariopsis signifera* (Ginsburg, 1942)

Família Chaetodontidae

*Chaetodon striatus* Linnaeus, 1758

Família Cichlidae

*Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824)

Família Echeneidae

*Echeneis naucrates* Linnaeus, 1758

Família Ephippidae

*Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782)

Família Gerreidae

*Eucinostomus argenteus* Baird & Girard, 1855

*Eucinostomus gula* (Quoy & Gaimard, 1824)

*Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863)

*Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830)

Família Gobiidae

*Barbulifer ceuthoecus* (Jordan & Gilbert, 1884)

*Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837)

*Coryphopterus glaucofraenum* Gill, 1863

*Gobiosoma hemigymnum* (Eigenmann & Eigenmann, 1888)

*Gobiosoma nudum* (Meek & Hildebrand, 1928)

*Gobionellus oceanicus* (Pallas, 1770)

Família Gobiesocidae

*Gobiesox strumosus* Cope, 1870

Família Haemulidae

*Anisotremus surinamensis* (Bloch, 1791)

*Anisotremus virginicus* (Linnaeus, 1758)

*Conodon nobilis* (Linnaeus, 1758)

*Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830

*Haemulon steindachneri* (Jordan & Gilbert, 1882)

*Orthopristis ruber* (Cuvier, 1830)

*Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner, 1868)

*Pomadasys crocro* (Cuvier, 1830)

Família Kyphosidae

*Kyphosus incisor* (Cuvier, 1831)

Família Labridae

*Halichoeres poeyi* (Steindachner, 1867)

Família Labrisomidae

*Labrisomus nuchipinnis* (Quoy & Gaimard, 1824)

*Malacoctenus delalandii* (Valenciennes, 1836)

*Paraclinus spectator* Guimarães & Bacellar, 2002

Família Lutjanidae

*Rhomboplites aurorubens* (Cuvier, 1829) \*A2

Família Mullidae

*Pseudupeneus maculatus* (Bloch, 1793)

*Upeneus parvus* Poey, 1852

Família Pempheridae

*Pempheris schomburgkii* Muller & Troschel, 1848

Família Pomacanthidae

*Pomacanthus arcuatus* (Linnaeus, 1758)

*Pomacanthus paru* (Bloch, 1787)

Família Pomacentridae

*Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758)

*Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830)

*Stegastes variabilis* (Castelnau, 1855)

Família Pomatomidae

*Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) \*A2

Família Priacanthidae

*Priacanthus arenatus* Cuvier, 1829

Família Sciaenidae

*Ctenosciaena gracilicirrhus* (Metzelaar, 1919)

*Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801)

*Cynoscion jamaicensis* (Vaillant & Bocourt, 1883)

*Cynoscion leiarchus* (Cuvier, 1830)

*Cynoscion microlepidotus* (Cuvier, 1830)

*Isopisthus parvipinnis* (Cuvier, 1830)

*Larimus breviceps* Cuvier, 1830

*Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801) \*A2

*Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758)

*Menticirrhus littoralis* (Holbrook, 1847)

*Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) \*A2  
*Paralanchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875)  
*Pareques acuminatus* (Bloch & Schneider, 1801)  
*Pogonias cromis* (Linnaeus, 1766)  
*Stellifer rastrifer* (Jordan, 1889)  
*Stellifer stellifer* (Bloch, 1790)  
*Umbrina canosai* Berg, 1895 \*A2  
*Umbrina coroides* Cuvier, 1830

Família Scombridae

*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782

Família Serranidae

*Alphestes afer* (Bloch, 1793)  
*Diplectrum formosum* (Linnaeus, 1766)  
*Diplectrum radiale* (Quoy & Gaimard, 1824)  
*Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822) \*A2; CR  
*Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) \*A2; EN  
*Epinephelus niveatus* (Valenciennes, 1828) \*A2; VU  
*Mycteroperca acutirostris* (Valenciennes, 1828)  
*Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) \*A2; NT  
*Rypticus saponaceus* (Bloch & Schneider, 1801)  
*Serranus auriga* (Cuvier, 1829)  
*Serranus baldwini* (Evermann & Marsh, 1899)  
*Serranus flaviventris* (Cuvier, 1829)

Família Sparidae

*Diplodus argenteus* (Valenciennes, 1830)  
*Calamus penna* (Valenciennes, 1830)  
*Calamus mu* Randall & Caldwell, 1966

Família Sphyraenidae

*Sphyraena guachancho* Cuvier, 1829  
*Sphyraena tome* Fowler, 1903

Família Stromateidae

*Peprilus paru* (Linnaeus, 1758)

Família Trichiuridae

*Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758

Família Uranoscopidae

*Astroscopus y-graecum* (Cuvier, 1829)

Ordem Pleuronectiformes

Família Achiridae

*Achirus declivis* Chabanaud, 1940

*Achirus lineatus* (Linnaeus, 1758)

*Trinectes paulistanus* (Miranda-Ribeiro, 1915)

Família Bothidae

*Bothus robinsi* Topp & Hoff, 1972

Família Cynoglossidae

*Symphurus diomedeanus* (Goode & Bean, 1885)

*Symphurus tessellatus* (Quoy & Gaimard, 1824)

Família Paralichthyidae

*Citharichthys arenaceus* Evermann & Marsh, 1900

*Citharichthys macrops* Dresel, 1885

*Etropus crossotus* Jordan & Gilbert, 1882

*Etropus longimanus* Norman, 1933

*Paralichthys brasiliensis* (Ranzani, 1842)

*Paralichthys patagonicus* Jordan, 1889

*Syacium papillosum* (Linnaeus, 1758)

*Syacium micrurum* Ranzani, 1842

Ordem Scorpaeniformes

Família Dactylopteridae

*Dactylopterus volitans* (Linnaeus, 1758)

Família Scorpaenidae

*Scorpaena brasiliensis* Cuvier, 1829

*Scorpaena isthmensis* Meek & Hildebrand, 1928

*Scorpaena plumieri* Bloch, 1789

Família Triglidae

*Prionotus punctatus* (Bloch, 1793)

Ordem Tetraodontiformes

Família Diodontidae

*Chilomycterus spinosus* (Linnaeus, 1758)

Família Balistidae



*Balistes capriscus* Gmelin, 1789

Família Monacanthidae

*Monacanthus ciliatus* (Mitchill, 1818)

*Stephanolepis hispidus* (Linnaeus, 1766)

Família Ostraciidae

*Acanthostracion polygonius* Poey, 1876

Família Tetraodontidae

*Canthigaster rostrata* (Bloch, 1786)

*Lagocephalus laevigatus* (Linnaeus, 1766)

*Sphoeroides greeleyi* Gilbert, 1900

*Sphoeroides spengleri* (Bloch, 1785)

*Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758)

*Sphoeroides tyleri* Shipp, 1972

Superordem Cyclosquamata

Ordem Aulopiformes

Família Synodontidae

*Synodus foetens* (Linnaeus, 1766)

Superordem Paracanthopterygii

Ordem Batrachoidiformes

Família Batrachoididae

*Porichthys porosissimus* (Cuvier, 1829)

Ordem Gadiformes

Família Phycidae

*Urophycis brasiliensis* (Kaup, 1858)

Ordem Lophiiformes

Família Antennariidae

*Antennarius striatus* (Shaw, 1794)

Família Ogcocephalidae

*Ogcocephalus vespertilio* (Linnaeus, 1758)

*Ranzania laevis* (Pennant, 1776)

Classe Chondrichthyes

Subclasse Elasmobranchii

Infraclasse Euselachii

Ordem Myliobatiformes

Família Dasyatidae

*Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801) \*DD

*Dasyatis say* (= *D. hypostigma* Santos & Carvalho, 2004) \*DD

Família Gymnuridae

*Gymnura altavela* (Linnaeus, 1758) \*VU

Família Myliobatidae

*Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815) \*NT

Ordem Rajiformes

Família Rhinobatidae

*Zapteryx brevirostris* (Muller & Henle, 1841) \*VU

### **Espécies registradas para o trecho inferior e desembocadura dos rios**

## **FILO CHORDATA**

### **Subfilo Vertebrata (Craniata)**

Classe Actinopterygii

Subclasse Neopterygii

Divisão Teleostei

Subdivisão Ostarioclupeomorfa

Superordem Clupeomorpha

Ordem Clupeiformes

Família Clupeidae

*Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842)

Superordem Ostariophysii

Ordem Characiformes

Família Anostomidae

*Leporinus copelandii* Steindachner, 1875

Família Characidae

*Astyanax janeiroensis* Eigenmann, 1908

*Astyanax giton* Eigenmann, 1908

*Astyanax pedri* (Eigenmann, 1908)

*Astyanax taeniatus* (Jenyns, 1842)

*Astyanax* aff. *bimaculatus* (Linnaeus, 1758)

*Astyanax* aff. *fasciatus* (Cuvier, 1819)  
*Astyanax* aff. *scabripinnis* (Jenyns, 1842)  
*Bryconamericus ornaticeps* Bizerril & Perez-Neto, 1995  
*Bryconamericus* sp.  
*Hyphessobrycon bifasciatus* Ellis, 1911  
*Hyphessobrycon flammeus* Myers, 1924 \*A1  
*Hyphessobrycon reticulatus* Ellis, 1911  
*Mimagoniates microlepis* (Steindachner, 1877)  
*Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829)  
*Spintherobolus broccae* Myers, 1925 \*A1

Família Crenuchidae

*Characidium interruptum* Pellegrin, 1909  
*Characidium vidali* Travassos, 1967  
*Characidium* sp.

Família Curimatidae

*Cyphocharax gilbert* (Quoy & Gaimard, 1824)

Família Erythrinidae

*Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794)  
*Hoplerythrinus unitaeniatus* (Spix & Agassiz, 1829)

Ordem Gymnotiformes

Família Gymnotidae

*Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758  
*Gymnotus pantherinus* (Steindachner, 1908)

Ordem Siluriformes

Família Aspredinidae

*Pseudobunocephalus iheringii* (Boulenger, 1891)

Família Auchenipteridae

*Trachelyopterus striatulus* (Steindachner, 1877)

Família Callichthyidae

*Callichthys* aff. *callichthys* (Linnaeus, 1758)  
*Corydoras prionotos* Nijssen & Isbrucker, 1980  
*Scleromystax barbatus* (Quoy & Gaimard, 1824)  
*Scleromystax nattereri* Steindachner, 1876

Família Heptapteridae

*Acentronichthys leptos* Eigenmann & Eigenmann, 1889

*Imparfinis minutus* (Lutken, 1874)

*Pimelodella lateristriga* (Lichtenstein, 1823)

*Pimelodella* sp.

*Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824)

*Rhamdioglanis frenatus* Ihering, 1907

#### Família Loricariidae

*Ancistrus multispinis* (Regan, 1912)

*Harttia rhombocephala* Miranda-Ribeiro, 1939 \*A1

*Hemipsilichthys* cf. *gobio* (Lutken, 1874)

*Hisonotus notatus* Eigenmann & Eigenmann, 1889

*Hypostomus punctatus* Valenciennes, 1840

*Kronichthys heylandi* (Boulenger, 1900)

*Loricariichthys* sp

*Macrotocinclus affinis* (Steindachner, 1877)

*Neoplecostomus microps* (Steindachner, 1877)

*Otothyris lophophanes* (Eigenmann & Eigenmann, 1889)

*Parotocinclus maculicauda* (Steindachner, 1877)

*Rineloricaria* sp.1

*Rineloricaria* sp.2

*Schizolecis guntheri* (Miranda-Ribeiro, 1918)

#### Família Pseudopimelodidae

*Microglanis nigripinnis* Bizerril & Perez-Neto, 1992

*Microglanis parahybae* (Steindachner, 1880)

#### Família Trichomycteridae

*Homodiaetus passarellii* (Miranda-Ribeiro, 1944) \*A1

*Listrura nematopteryx* de Pinna, 1988 \*A1

*Trichomycterus alternatus* (Eigenmann, 1917)

*Trichomycterus immaculatus* (Eigenmann & Eigenmann, 1889)

*Trichomycterus zonatus* (Eigenmann, 1918)

Subdivisão Euteleostei

Superordem Acanthopterygii

Ordem Cyprinodontiformes

Família Anablepidae

*Jenynsia multidentata* (Jenyns, 1842)

Família Poeciliidae

*Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868)

*Phalloptychus januarius* (Hensel, 1868)

Família Rivulidae

*Leptolebias marmoratus* (Ladiges, 1934) \*A1; VU

*Leptolebias opalescens* (Myers, 1942) \*A1; VU

*Leptolebias splendens* (Faria & Muller, 1937) \*A1; VU

*Rivulus janeiroensis* Costa, 1991

Ordem Perciformes

Família Cichlidae

*Australomerus facetum* (Jenyns, 1842)

*Crenicichla lacustris* (Castelnau, 1855)

Família Eleotridae

*Dormitator maculatus* (Bloch, 1792)

*Eleotris pisonis* (Gmelin, 1789)

Família Gobiidae

*Awaous tajasica* (Lichtenstein, 1822)

Ordem Symbranchiformes

Família Symbranchidae

*Symbranchus* aff. *marmoratus* Bloch, 1795

\**Status* das Espécies Ameaçadas de Extinção. Onde: A1 = Anexo 1 (IN 5); A2 = Anexo 2 (IN 5); Ap2 = Apêndice 2 (Cites); DD = Dados Deficientes (IUCN); NT = Baixo Risco (IUCN); VU = Vulnerável (IUCN); EN = Em Perigo (IUCN); CR = Criticamente em Perigo (IUCN).

IUCN – International Union for Conservation of Nature

Cites – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora.

## ANEXO II

Tabela 9 - Desembarques por espécie na baía de Guanabara, entre abril de 2001 e março de 2002 (kg)<sup>1</sup>

Espécie / Mês	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março <sup>2</sup>	Total
Badejo	10	37	180	342	39	11	85	71	4	32	150	156	1.116
Bagre	25.457	17.672	16.443	17.359	25.422	22.912	22.971	24.708	17.924	47.507	28.307	50.063	316.743
Camarão <sup>3</sup>	97	261	3.675	2.434	6.102	10.161	16.171	16.906	16.802	10.567	4.260	482	87.917
Canhacha	99	172	197	194	63	93	76	241	195	470	544	801	3.145
Caranguejo <sup>4</sup>	9.524	12.398	10.385	8.426	8.274	7.470	13	0	964	13.416	9.661	18.527	99.058
Carapicu	110	24	120	7	1.487	740	553	1.017	807	83	296	3.060	8.304
Cherne	3	0	0	1.000	0	0	40	0	0	80	0	3	1.126
Corcoroca	222	95	147	591	758	884	7.464	2.105	7.167	328	836	388	20.984
Corvina	140.671	91.548	77.728	87.327	153.957	99.245	121.274	86.964	67.941	135.806	170.863	157.472	1.390.795
Enchova	13.989	5.308	3.845	2.631	3.908	5.888	5.312	3.398	2.700	12.869	6.295	3.193	69.336
Enxada	2.020	2.741	454	1.307	153	7.275	1.072	2.628	661	1.504	172	2.147	22.134
Espada	7.001	13.175	21.549	30.677	36.139	29.196	28.891	12.906	23.794	16.556	11.050	6.420	237.352
Galo	2.300	0	0	20	380	686	6.961	193	1.194	1.250	100	0	13.084
Guabira	1.787	293	2	96	72	2.893	4.495	7.574	4.739	6.954	4.785	1.516	35.204
Lula	525	0	130	50	75	0	0	0	94	408	457	1.028	2.767
Manjuba	0	0	760	1.873	702	196	5.825	0	0	0	16	619	9.991
Mexilhão	21.880	4.730	10.330	13.390	48.470	27.470	49.983	61.940	48.900	93.121	55.565	96.620	532.399
Mistura	4.580	10.217	3.528	3.600	3.603	4.295	6.648	5.592	6.877	17.195	21.502	17.813	105.448
Palombeta	78	0	5.360	1.010	1.047	373	3.014	480	205	0	300	27	11.894
Pampo	917	409	263	231	864	1.001	871	1.183	971	565	238	712	8.224
Parati	14.910	10.772	9.041	7.830	15.746	12.313	14.209	10.952	11.355	13.321	30.142	26.007	176.597
Peixe Porco	5	0	50	310	22	26	0	52	0	83	0	0	548
Pescada	228	352	1.504	1.210	1.424	725	786	3.092	620	1.410	0	1.295	12.645
Pescadinha	7.740	7.425	9.016	7.854	7.648	4.041	6.228	14.290	9.968	9.902	1.709	4.937	90.758
Piraiuna	691	421	1.290	2.390	2.056	2.567	2.452	1.334	1.116	1.214	7.716	1.611	24.858
Polvo	394	503	263	218	384	130	431	318	1.073	950	1.573	2.325	8.562
Raia	12	7	12	32	50	245	109	31	56	160	1.901	28	2.643
Robalo	4.625	5.257	2.152	2.937	2.187	2.382	13.060	5.201	6.357	7.638	5.101	4.626	61.521
Roncador	384	239	854	148	554	135	331	163	60	731	20	2.561	6.180

Tabela 9 - Desembarques por espécie na baía de Guanabara, entre abril de 2001 e março de 2002 (kg) - Cont.

Espécie / Mês	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março <sup>2</sup>	Total
Sardinha boca-torta	733.208	1.102.972	843.297	1.150.841	1.223.611	863.032	1.165.142	917.738	685.018	1.538.021	1.076.762	1.127.890	12.427.531
Sardinha casca-dura	2.340	3.470	1.750	2.110	5.020	1.260	2.363	200	320	140	0	430	19.403
Sardinha laje	5.923	735	1.013	3.698	2.207	2.427	1.018	1.034	398	945	1.820	4340	25.558
Sardinha verdadeira	31.132	55.271	108.029	103.401	116.376	53.319	32.516	84.132	43.451	24.153	13040	10.636	675.456
Savelha	11.094	26.419	15.172	41.442	55.618	26.204	22.244	9.987	33.862	3.944	89	13.881	259.955
Siri <sup>5</sup>	5.604	7.176	5.643	8.504	12.911	11.238	8.933	14.892	17.499	18.975	9.436	16.147	136.957
Siri (não processado)	3.067	1.450	913	72	1.068	2.110	3.881	4.494	825	3.205	2.552	0	23.637
Tainha	95.291	102.047	79.669	81.272	89.252	76.182	84.475	93.156	73.399	95.804	95.538	126.721	1.092.806
Trilha	12	0	0	160	60	230	0	44	125	0	0	0	631
Ubarana	273	0	825	603	34	19	10	18	0	59	0	131	1.971
Xaréu	0	0	5	15	145	343	583	328	568	59	25	239	2.311
Xerelete	23.565	14.203	17.761	3.255	8.110	6.860	8.317	4.667	284	575	471	7.269	95.337
Outros	195	37	186	1037,5	2.164	5.501	2.261	1.529	664	666	902	600	15.744
<b>Total</b>	<b>1.171.962</b>	<b>1.497.833</b>	<b>1.253.540</b>	<b>1.591.902</b>	<b>1.838.159</b>	<b>1.292.077</b>	<b>1.651.067</b>	<b>1.395.555</b>	<b>1.088.955</b>	<b>2.080.665</b>	<b>1.564.193</b>	<b>1.712.720</b>	<b>18.138.629</b>

1 - A tabela não inclui estimativas para os locais não cobertos pelo projeto, à exceção da sardinha boca-torta, camarões e caranguejo.

2 - Desembarque de sardinha boca-torta em março de 2002 estimado para a principal indústria de processamento (mesmo total de março de 2001).

3 - Desembarque de camarão parcialmente estimado para Caju e Cocotá (ilha do Governador), a partir da série de Bancários.

4 - Desembarques de caranguejo na localidade de Feital foram estimados a partir dos totais registrados em Itambi, para os meses de abril de 2001 a janeiro de 2002.

5 - Refere-se ao siri processado para retirada da carne. Os números, no entanto, correspondem ao peso inteiro.

### ANEXO III

ID	Localidade	ESTADO	W	S	Latitude	Longitude	Visibilidade	Temperatura (°C)	Profundidade Média (m)	Mergulhador	Nº Mergulhos	Data ultimo mergulho	Tempo mergulho (min)	Profundidade max. Mergulho (m)
1	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°08'17,88"	23°3' 54,72"	-23,0652	-43,1383	Boa			João Lima	3	03/07/2004	36	21
2	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'22,92"	23°3'48,96"	-23,0636	-43,1397								
3	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'27,24"	23°3'59,04"	-23,0664	-43,1409	Boa			Bruno Amim	1	15/06/2017	69	40
4	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'30,48"	23°3'58,68"	-23,0663	-43,1418	Média	15		Santiago	6	27/07/1997	70	36
5	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'28,68"	23°3'55,44"	-23,0654	-43,1413	Boa	25	30	Flávio Campos	4	03/04/2015	107	39
6	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'30,84"	23°3'52,92"	-23,0647	-43,1419	Média	23	28	Bruno Amim	3	27/08/2017	46	35
7	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'36,6"	23°3'45,36"	-23,0626	-43,1435	Boa	21,5	21	Bruno Amim	22	21/04/2017	52	25
8	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'44,88"	23°3'47,88"	-23,0633	-43,1458	Ruim			Claudio Cupolillo Mauro Tuca	1	31/08/2014	26	23
9	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'45,24"	23°3'42,84"	-23,0619	-43,1459								
10	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'53,88"	23°3'47,16"	-23,0631	-43,1483	Boa			Bruno Amim Natalia Caruso Ata	21	01/06/2018	55	19
11	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'54,6"	23°3'44,28"	-23,0623	-43,1485	Ruim			Doudou	2	15/07/2017	30	14
12	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'52,8"	23°3'43,92"	-23,0622	-43,148								
13	Ilha Rasa	Rio de Janeiro	43°8'48,12"	23°3'40,32"	-23,0612	-43,1467				João Lima	2	19/04/2015	38	16
14	Ilhas Maricás	Niterói	42°55'4,8"	23°0'40,32"	-23,0112	-42,918					1			
15	Alto-mar	Rio de Janeiro	42°58'48"	23°4'48"	-23,08	-42,98	Ruim			Flávio Campos	1	25/10/2014	68	49
16	Alto-mar	Rio de Janeiro	43°12'30,96"	23°4'55,56"	-23,0821	-43,2086	Média			Ata	1	10/01/2016	28	18



17	Alto-mar	Rio de Janeiro	43°12'29,16"	23°4'56,28"	-23,0823	-43,2081	Média			Bruno Amim Maria Eduarda Senna	2	06/02/2016	30	23
18	Ilha Redonda	Rio de Janeiro	43°11'53,16"	23°4'26,4"	-23,074	-43,1981	Média			Ata	2	10/01/2016	18	18
19	Ilha Redonda	Rio de Janeiro	43°11'57,84"	23°4'12,36"	-23,0701	-43,1994	Média	24	11	Flávio Campos	1	07/07/2013	38	10
20	Ilha Redonda	Rio de Janeiro	43°11'49,92"	23°4'4,08"	-23,0678	-43,1972	Boa	22,5	16	Santiago	12	03/06/2001	52	12
21	Ilha Redonda	Rio de Janeiro	43°11'47,4"	23°4'3,72"	-23,0677	-43,1965	Boa			Bruno Amim	6	09/10/2016	28	20
22	Ilha das Palmas	Rio de Janeiro	43°12'16,56"	23°1'29,64"	-23,0249	-43,2046		23	12	Bruno Silveira	1	31/03/2013	69	12
23	Ilha das Palmas	Rio de Janeiro	43°12'12,96"	23°1'38,64"	-23,0274	-43,2036	Boa			Ata Maria Eduarda Senna	6	04/01/2017	51	18
24	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°11'30,84"	23°1'32,88"	-23,0258	-43,1919		23	16	Bruno Silveira	1	31/03/2013	72	16
25	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°11'59,64"	23°2'12,48"	-23,0368	-43,1999	Média	23,5	14	Bruno Amim	28	22/01/2017	56	15
26	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'1,8"	23°2'10,68"	-23,0363	-43,2005	Média			Ata	6	04/01/2017	51	19
27	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'2,88"	23°2'10,68"	-23,0363	-43,2008	Média	18,5	13	Santiago	8	20/10/2012	31	12
28	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'16,92"	23°2'14,64"	-23,0374	-43,2047				João Lima	3	14/09/2002	55	19
29	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'18,36"	23°2'14,28"	-23,0373	-43,2051				Pricarnerio	1	06/07/2013	54	14
30	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'17,64"	23°2'19,32"	-23,0387	-43,2049	Boa			Bruno Amim	5	22/01/2017	46	14
31	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'24,12"	23°2'25,8"	-23,0405	-43,2067	Boa			Maria Eduarda Senna	1	04/01/2017	52	18
32	Ilhas Cagarras	Rio de Janeiro	43°12'29,52"	23°2'3,12"	-23,0342	-43,2082								
33	Praia Vermelha	Rio de Janeiro	43°9'46,44"	22°57'14,4"	-22,954	-43,1629	Ruim			Bruno Amim Ata	2	29/07/2017	47	11