

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EDVALDO BATISTA DOS SANTOS  
JUNIOR DA SILVA BASTOS  
MARCOS VINÍCIUS DOS SANTOS CORDEIRO**

**DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS-REFLEXOS**

**Santos, SP  
Novembro/2016**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EDVALDO BATISTA DOS SANTOS  
JUNIOR BASTOS DA SILVA  
MARCOS VINÍCIUS DOS SANTOS CORDEIRO**

**DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS-REFLEXOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como exigência parcial  
para obtenção do título de Bacharelado  
em Engenharia Civil à Faculdade de  
Engenharia da Universidade Santa  
Cecília, sob orientação da Professora  
Ma. Carla Maria V. Pontes Ogier.**

**Santos, SP  
Novembro/2016**

**EDVALDO BATISTA DOS SANTOS  
JUNIOR DA SILVA BASTOS  
MARCOS VINÍCIUS DOS SANTOS CORDEIRO**

**DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS-REFLEXOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil à Faculdade de Engenharia da Universidade Santa Cecília.

Data da aprovação \_\_/\_\_/\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Professora Ma. Carla Maria V. Pontes Ogier

---

Prof.(a) Me(a)./ Dr.(a)

---

Prof.(a) Me(a)./ Dr.(a)

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos especialmente aos nossos familiares, que nos apoiaram durante essa difícil jornada universitária, e ao corpo docente desta Universidade que nos transmitiram o conhecimento necessário para a nossa formação profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus pela vida, saúde e conhecimento para conquistar mais esta etapa acadêmica, e em especial à professora Ma. Carla Maria V. Pontes Ogier pela instrução na elaboração desta monografia e ao professor Me. Adilson Luiz Gonçalves que nos deu suporte nas pesquisas bibliográficas.

## RESUMO

O tema escolhido justificou-se devido à importância do aprofundamento do canal do porto de Santos, especialmente para receber navios de maior calado, contribuindo para a sua modernização, implicando indiretamente em uma melhor qualidade de vida e trazendo benefícios sociais, econômicos e de segurança para a sociedade, além de levantar alguns pontos relativos às dragagens em si, assim como o destino do material dragado. Através de informações obtidas por pesquisas bibliográficas e visita ao porto, foi possível elaborar em plano e obter informações dos processos de dragagem e seus efeitos. Neste modelo constam aspectos tecnológicos, ecológicos e econômicos que descrevem o processo de dragagem, os métodos utilizados para a remoção dos sedimentos depositados pelo assoreamento e despejo do material dragado, os custos relacionados a esta operação e a legislação nacional pertinente a essa atividade. Atualmente o porto convive com a dragagem de manutenção, que consome cerca de 55 milhões de reais para manter a profundidade de 15.0 metros, mas vislumbra um novo horizonte para o porto com o aumento do calado para 17 metros e manter a largura em 220 metros. A dragagem de aprofundamento é necessária para o porto torna-se mais competitivo no cenário mundial, mas também são necessárias medidas adequadas para proteger o meio ambiente, onde nenhum elemento pode falhar, sob pena de atrasar o progresso e desenvolvimento social e econômico do Porto de Santos.

**Palavras-chaves:** Dragagem, calado, meio ambiente.

## **ABSTRACT**

The theme chosen was justified because of the importance of the deepening of the Port of Santos channel, especially to receive larger ships, contributing to the modernization of the port, resulting indirectly in a better quality of life by bringing social, economic and security to society, and raised some points relating to the dredging itself, as well as the fate of the dredged material. Through information obtained from literature searches and visit to the port, it was possible to elaborate on plan and get information of the dredging process and its effects. In this model included technological, ecological, economic and relating the process of dredging, the methods used for the removal of sediment caused by silting and disposal of dredged material, the costs related to this transaction and the relevant national legislation to this activity. Currently the port coexists with the maintenance dredging that consume about 55 million reais to maintain the depth of 15.0 meters, but sees a new horizon for the port to increase the draft to 17 meters and maintain the width at 220 meters. The depth dredging is required for the port becomes more competitive on the world stage, it is also needed appropriate measures to protect the environment where any element can fail, otherwise delay progress and social and economic development of the Port of Santos.

**Keywords:** Dredging, quiet, environment.

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação de Brasileira de Normas Técnicas  
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CTCQA - Câmara Técnica de Controle e Qualidade Ambiental  
DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação  
DPC - Diretoria de Portos e Costas  
DWT – Dead Weight  
FUNDESPA - Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas  
GT - Grupo de Trabalho (GT)  
LI - Licença de Instalação  
LO - Licença de Operação  
NA - nível d'água  
NBR - Norma Brasileira NBR  
NORMAM - Norma da Autoridade Marítima  
PAC 1 - Programa Aceleração do Crescimento  
PBA's - Programas Básico Ambientais  
PDO - Polígono de Disposição Oceânica  
PND 1 - Programa Nacional de Dragagem  
SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente  
SEP - Secretaria dos Portos da Presidência da Republica  
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente  
SMA - Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo  
SPT - Standard Penetration test  
TEG - Terminal Exportador de Guarujá  
USP - Universidade de São Paulo

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas dos vértices do polígono de disposição oceânica ..... 26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista do canal do porto de Santos .....	12
Figura 2: Hinterlândia do porto de Santos.....	13
Figura 3: Dragas mecânicas .....	16
Figura 4: Dragas hidráulicas .....	17
Figura 5: Trechos do Canal do Porto de Santos.....	21
Figura 6: Dragagem e navegação em mão dupla .....	22
Figura 7: Pedras Teffé e Ipanema .....	23
Figura 8: Área de despejo .....	27
Figura 9: Sequência de despejos.....	27
Figura 10: Evolução dos Navios.....	46
Figura 11: Forças solicitantes .....	49
Figura 12: Perfil do solo do porto de Santos .....	51
Figura 13: Evolução dos Navios .....	55

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1. HISTÓRICO DO PORTUÁRIO DE SANTOS</b> .....	<b>9</b>
1.1. LOCALIZAÇÃO .....	9
1.2. ORIGEM .....	9
1.3. ADMINISTRAÇÃO .....	10
<b>1.3.1. Área de influência</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3.2. Área do porto organizado</b> .....	<b>11</b>
1.4. ACESSOS .....	11
1.5. INSTALAÇÕES .....	11
1.6. ÁREA DE INFLUÊNCIA COMERCIAL DO PORTO DE SANTOS .....	12
<b>2. OBJETIVOS DA DRAGAGEM E TIPOS DE DRAGAGEM</b> .....	<b>14</b>
2.1. PRINCIPAIS TIPOS DE DRAGAGEM .....	14
<b>2.1.1. Dragagem Ambiental</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.2. Dragagem de Manutenção</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1.3. Dragagem de Aprofundamento</b> .....	<b>15</b>
2.2. TIPOS DE DRAGAS E MEIOS DE TRANSPORTES .....	15
2.3. CUSTOS ENVOLVIDOS NA OPERAÇÃO DE DRAGAGEM .....	17
<b>3. DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS</b> .....	<b>20</b>
3.1. DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO .....	20
3.2. DERROCAMENTO DAS PEDRAS TEFFÉ E ITAPEMA .....	22
<b>3.2.1. Processo de Decorrimento das pedras Teffé e Itapema</b> .....	<b>24</b>
3.3. CUSTOS ENVOLVIDOS NA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO NO PORTO DE SANTOS .....	24
<b>4. ÁREA DE DESPEJO DO MATERIAL DRAGADO E PROCEDIMENTOS</b>	<b>26</b>
<b>5. MEDIÇÃO DO VOLUME DRAGADO</b> .....	<b>29</b>
5.1 EQUIPAMENTOS .....	29
<b>6. REFLEXOS AMBIENTAIS DA DRAGAGEM</b> .....	<b>30</b>
6.1 IMPACTOS AMBIENTAIS DA DRAGAGEM NA BIOTA MARINHA .....	30
6.2 IMPACTOS CAUSADOS PELO MANEJO DO MATERIAL DRAGADO ..	31
6.3 DRAGAGEM DE MATERIAL CONTAMINADO .....	33
6.4 IMPACTO NA REGIÃO DE DESCARTE DO MATERIAL DRAGADO .....	34
6.5 PARÂMETROS CONSIDERADOS NA ESCOLHA DO LOCAL PARA DESCARTE DE MATERIAL DRAGADO .....	35

6.6	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (FEDERAL E ESTADUAL) PARA DRAGAGEM EM REGIÕES PORTUÁRIAS.....	36
6.7	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (FEDERAL E ESTADUAL) PARA DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS.....	39
<b>7.</b>	<b>REFLEXOS ESTRUTURAIS .....</b>	<b>45</b>
7.1	AÇÃO DAS EMBARCAÇÕES NAS OBRAS .....	46
7.2	ESTIMATIVAS DE FORÇAS SOLICITANTES .....	48
7.3	ESTUDO DE INTERAÇÃO HIDRODINÂMICA E AMARRAÇÃO .....	48
7.4	RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM CAIS .....	50
7.5	RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL PORTO DE SANTOS – SP .....	50
<b>8.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>54</b>
<b>9.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## INTRODUÇÃO

O serviço de dragagem consiste na escavação e remoção (retirada, transporte e deposição) de solo, e camadas rígidas desagregáveis (não rochas) submersos em qualquer profundidade e por meio de variados tipos de equipamentos (mecânicos e hidráulicos) em mares, estuários e rios. (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

O objetivo deste trabalho é apresentar o processo de dragagem mostrando todas as suas fases, os procedimentos que devem ser tomados antes de se começar, os tipos de dragas existentes, os cuidados com o meio ambiente, com relação ao material dragado, método de monitoramento de dragagem e efeitos.

Os assuntos aqui abordados serão demonstrados através dos tipos de dragagens existentes, como também analisar as leis e resoluções que incidem sobre a nossa organização, como a Resolução 454 de 01 de novembro de 2012, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Aspectos econômicos e os efeitos da dragagem também serão abordados, visando esboçar um panorama geral que venha ser o termo “dragagem”, bem como soluções para garantir a segurança, a saúde da população e a integridade do meio ambiente e do ecossistema em que vivemos.

Em 2007, baseado na lei 11.610/07 foi lançado o PND1 (Programa Nacional de Dragagem), que tinha por finalidade desassorear os portos, o derrocamento do leito/pedras e também a manutenção da profundidade, apenas em julho de 2009, durante o PAC 1 (Programa Aceleração do Crescimento) iniciou, de fato, a dragagem do porto de Santos. ” O recente aprofundamento do canal de acesso do Porto de Santos, de cota –12,8 m (DHN) para –15,0 m (DHN), por exemplo, exigiu a remoção por dragagem de 13 milhões de m<sup>3</sup> a R\$ 189 milhões (2009) e 22.4 mil m<sup>3</sup> de derrocamento a R\$ 17,9 milhões (2009) ”. (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

Então o presente trabalho decorreu do entendimento de que a dragagem de aprofundamento do porto de Santos deve ser avaliada mediante aspectos ambientais e socioeconômicos, regionais e nacionais, posto que essa conjunção de fatores define a sustentabilidade dessa atividade. Essa análise inclui a necessidade de acompanhar seus potenciais impactos nos acessos marítimos e estruturas de acostagem e, caso necessário, propor melhorias na infraestrutura.

## 1. HISTÓRICO DO PORTUÁRIO DE SANTOS

O porto de Santos, maior da América Latina, localiza-se no estuário e reúne as melhores condições geográficas e de infraestrutura para o escoamento da produção de toda São Paulo e grande parte do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná e Goiás, sendo de grande importância para a economia do município, do estado e do país, além de ser o porto mais importante do Brasil (COSTA, 2005).

### 1.1. LOCALIZAÇÃO

O porto de Santos situa-se no centro do litoral do estado de São Paulo, estendendo-se ao longo de um estuário limitado pelas ilhas de São Vicente e de Santo Amaro, distando 2 km do Oceano Atlântico. O porto está localizado em um ambiente estuarino, onde as acumulações sedimentares provêm dos rios da Serra do Mar que deságuam na cabeceira do estuário, trazendo materiais que são depositados no leito do rio, e por ser um canal protegido de correntes marítimas, (ressaltando também que as correntezas trazem materiais os quais são depositados no fundo do estuário formando lombadas), as condições hidrodinâmicas representam uma característica física marcante da região onde se encontra o município e a zona portuária. “Tal condição natural explica o assoreamento permanente do canal, fato que contribui para a redução de sua profundidade, obrigando a dragagens periódicas (a cada dois ou três anos) para manter a navegabilidade” (COSTA, 2005).

### 1.2. ORIGEM

A expansão da cultura do café na província de São Paulo, na segunda metade do século XIX, escoado pelo porto de Santos, originou a necessidade de novas instalações portuárias adequadas às exportações do produto. Após duas concessões, em 1870 e 1882, sem que resultassem no início das implantações previstas, o Decreto Imperial n. 9.979, De 12 de julho de 1888, autorizou o grupo

liderado por José Pinto de Oliveira, Cândido Gaffrée e Eduardo Palassin Guinle, como resultado de concorrência pública, a construir e a explorar o porto de Santos, pelo prazo de 39 anos - prorrogados a partir do Decreto n. 966, de 7 de novembro de 1890, para 90 Anos. Com base em projeto do Engenheiro Domingos Saboya e Silva, as obras envolviam um cais, aterro, via férrea e edificações para armazenagem. A assinatura do contrato de concessão ocorreu em 20 de julho de 1888 e, para o seu cumprimento, foi constituída a empresa Gafrée, Guinle & Cia., com sede no Rio de Janeiro, mais tarde transformada em Empresa de Melhoramentos do Porto de Santos, e, por fim, em Companhia Docas de Santos (ANTAQ, 2007).

Em 2 de fevereiro de 1892, com a atracação do vapor Nasmith, de bandeira inglesa, foram inaugurados os primeiros 260 m de cais, em substituição aos trapiches e pontes que existiam no Valongo, representando o início do funcionamento das instalações do porto de Santos como porto organizado. A partir de 7 de novembro de 1980, a administração foi assumida pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) (ANTAQ, 2007).

### 1.3. ADMINISTRAÇÃO

O porto é administrado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP).

“A Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP é uma sociedade de economia mista, vinculada à Secretaria de Portos da Presidência da República, regendo-se pela legislação relativa à sociedade por ações, no que lhe for aplicável, e pelo Estatuto” (CODESP, 2014).

#### 1.3.1. Área de influência

Compreende o estado de São Paulo e grande parte de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Paraná.

### 1.3.2. Área do porto organizado

O Decreto nº 4.333, de 12 de agosto de 2002 regulamentou a delimitação das áreas do Porto Organizado de Fortaleza, Santos e Vitória, suas instalações, infraestrutura e planta geográfica (ANEXO 1).

### 1.4. ACESSOS

Os acessos ao porto de Santos dar-se somente por meios terrestres e marítimos, como explicado abaixo:

- a) Rodoviário - SP - 055 (Rodovia Padre Manoel da Nóbrega), sistema Anchieta-Imigrantes (Ecovias), SP – 150 (via Anchieta) e SP – 160 (Rodovia dos imigrantes), Rodovia Cônego Domênico Rangoni e BR 101 Rio – Santos.
- b) Ferroviário – Pela M.R.S. Logística S.A. (MRS); Ferrovias VLI Multimodal S/A e ALL (América Latina Logística).
- c) Marítimo – O acesso é franco, contendo um canal com largura navegável de 220m e profundidade de 15 metros.

### 1.5. INSTALAÇÕES

Desde sua inauguração, o porto de Santos vem sofrendo diversas modificações benéficas nas instalações portuárias, sempre em busca da adequação ao mercado marítimo.

“O Porto de Santos tem uma extensão de cais de 15.960 metros e área útil total de 7,8 milhões de metros quadrados. Conta com 65 berços de atracação, dos quais 14 são de terminais privados (Cutrale, Dow Química, Usiminas, Vale fértil e Embraport). Destacam-se os terminais especializados, localizados nas duas margens do estuário, nos quais se pode verificar a seguinte disponibilização de berços: 1 para veículos; 17 para contêineres; 5 para fertilizantes/adubos; 6 para produtos químicos; 2 para cítricos; 8 para sólidos de origem vegetal; 1 para sal; 2 para passageiros; 1 para produtos de

origem florestal; 1 para derivados de petróleo; 4 para trigo, 5 para produtos siderúrgicos; 10 para carga geral e 2 de multiuso (suco cítrico a granel, roll-on/roll-off e contêiner). O canal de navegação foi aprofundado para -15 metros (DHN) e alargado, em seu trecho mais estreito, para 220 metros” (CODESP, 2014).

A figura 1 apresenta a entrada do canal do porto de Santos, onde na margem direita, inicia pelo armazém 39, já na margem esquerda pela empresa DOW QUÍMICA.



Figura 1: Vista do canal do porto de Santos (Fonte: Corrêa, 2009).

## 1.6. ÁREA DE INFLUÊNCIA COMERCIAL DO PORTO DE SANTOS

A área de influência primária do Porto de Santos inclui os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e o Distrito Federal, que em conjunto representam:

75 milhões de pessoas

67% do PIB do Brasil

56% da Balança Comercial Brasileira, em valores.

A figura 2 destaca a importância de como o porto de Santos é fundamental para os estados integrantes de sua hinterlândia primária. Fica claro a sua importância para o comércio exterior dos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Pernambuco, Rondônia, Tocantins, Sergipe e Paraíba, integrantes de sua hinterlândia secundária e terciária (CODESP, 2014).



Figura 2: Hinterlândia do porto de Santos (Fonte: CODESP)

## **2. OBJETIVOS DA DRAGAGEM E TIPOS DE DRAGAGEM**

Dragagem é a obra ou serviço de engenharia que consiste na limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação de material do fundo de rios, lagos, mares, baías e canais, e com a finalidade de manter a profundidade do canal propiciando a movimentação de embarcações de vários tamanhos em portos e marinhas, promovendo a segurança à navegabilidade.

### **2.1. PRINCIPAIS TIPOS DE DRAGAGEM**

#### **2.1.1. Dragagem Ambiental**

É o tipo de dragagem que tem como objetivo principal a limpeza de áreas que já receberam sedimentos contaminados, os quais se deseja retirar para futura utilização do local. Para isso, é necessário usar procedimentos rigorosos, tanto na operação de dragagem e no transporte do material, assim como na disposição. A draga mais comum utilizada é a hidráulica que é dotada de equipamentos especiais que podem remover sedimentos finos contaminados, com o mínimo de ressuspensão. São adaptadas com ferramentas e cortinas que contém os sedimentos ao redor do local de dragagem. Durante a operação da draga, o bombeamento tem velocidade reduzida, que permite a minimização do material descarregado pelo vertedor (overflow) das dragas autotransportadoras, com a intenção de manter o máximo de água e os sedimentos na cisterna da embarcação. Tal dragagem é realizada para remediar uma situação adversa existente, os efeitos ambientais são, na maioria das vezes positivo. Para que o projeto da dragagem ambiental tenha sucesso é necessário a prévia remoção das fontes contaminadoras (LIMA, 2008).

### **2.1.2. Dragagem de Manutenção**

O processo de dragagem de manutenção ocorre para uma grande e rápida retirada de material sedimentar, sendo que muitas vezes não se é dada a devida importância ao manejo do material dragado. Por outro lado, na dragagem ambiental, existem procedimentos rigorosos aplicados tanto à operação de dragagem, quanto ao transporte e manejo deste material, assim como de sua disposição.

É executada para manter as profundidades do canal de navegação, bacias de evolução e berços de atracação, cuja lâmina d'água estiver sendo progressivamente reduzida, devido ao assoreamento.

### **2.1.3. Dragagem de Aprofundamento**

Tem por finalidade aprofundar o canal existente, visando a receber navios com maiores calados.

“Envolve a criação ou a implantação de bacias portuárias, canais de acesso ou lagos em áreas não dragadas anteriormente, sendo removidos solos compactados e com baixa presença de contaminantes” (LIMA, 2008).

## **2.2 TIPOS DE DRAGAS E MEIOS DE TRANSPORTES**

Existem diversos tipos de dragas utilizadas atualmente, porém deve-se analisar cada tipo de serviço e solo. As dragas são classificadas em mecânica, hidráulica e mista (mecânica/hidráulica), sendo que cada uma destas possui diferentes tipos de mecanismo e operação (BRAY et al., 1997).

As dragas mecânicas (figura 3) são utilizadas para a remoção de cascalho, areia e sedimentos muito coesivos, como argila, turfa, e silte altamente consolidado. Estas dragas retiram sedimentos de fundo através da aplicação direta de uma força mecânica para escavar o material, independente de sua densidade. Os principais tipos de dragas mecânicas são as escavadeiras flutuantes (tais como as caçambas e as garras) e têm uma maior produtividade pelo motivo de seu peso flutuar e permitir versatilidade quando estiver em operação, e as dragas de alcatruzes, também

conhecidas por “bucket ladder” (essas dragas dispõem de uma correia sem fim móvel, com canecas em forma de caçamba que trazem o material de fundo até uma esteira montada em uma lança que eleva e despeja o material dragado a uma certa distância, ou o despeja direto em outra embarcação tipo batelão). Os sedimentos escavados com a utilização de dragas mecânicas são geralmente transportados em barcas, barcaças e/ou batelões, a depender do volume a ser transportado (BOLDRINI et al, 2007).

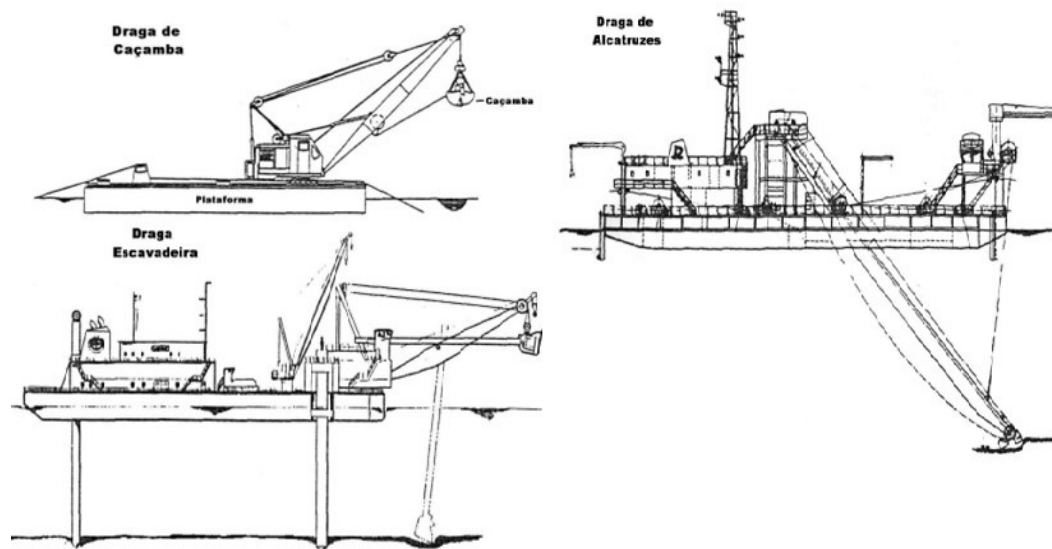


Figura 3: Dragas mecânicas (Fonte: Torres, 2000)

As dragas hidráulicas (figura 4) têm como principal característica a remoção e transporte de material mais líquido (solo-água), e são mais adequadas para a remoção de areia e silte pouco consolidado. São considerados, basicamente, dois tipos de dragas hidráulicas: draga estacionária de sucção e recalque, que tem um maior deslocamento com auxílio de rebocadores, e draga autotransportadora, acoplada em embarcações autopropelidas que armazenam o material dragado em cisternas, e despeja por bombeamento ou abertura localizada no fundo da embarcação (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

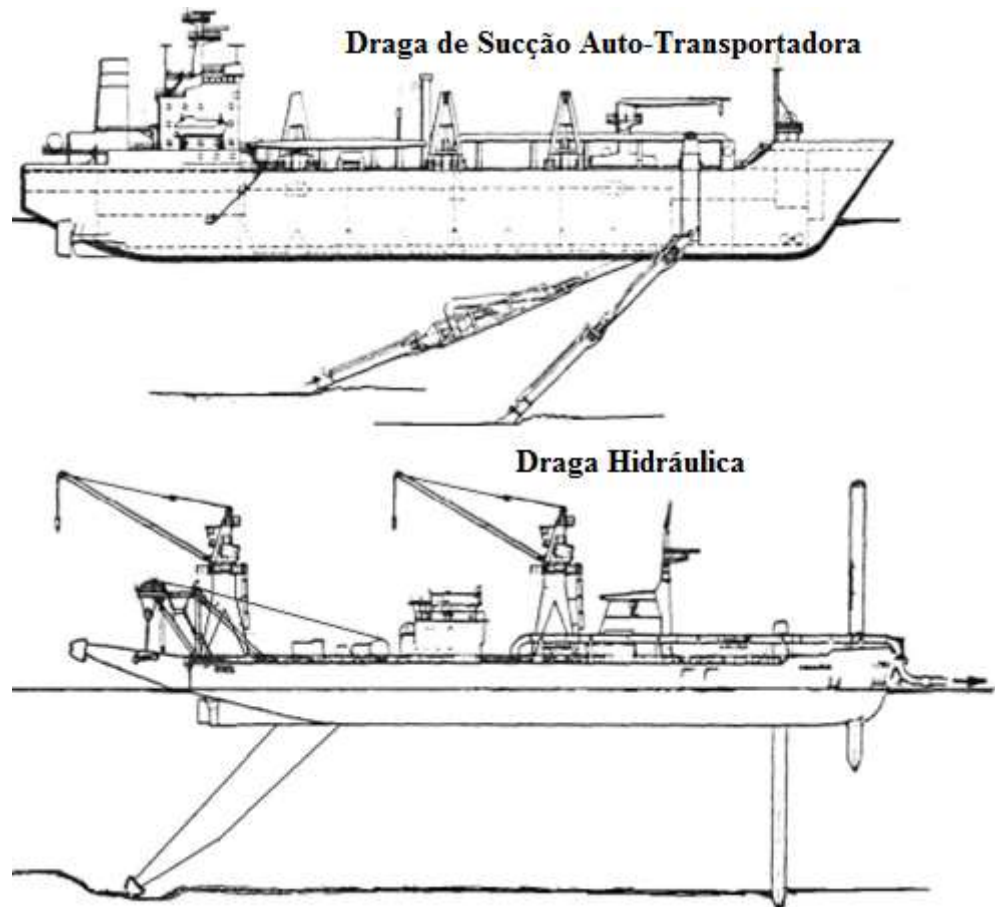


Figura 4: Dragas hidráulicas (Fonte: Torres, 2000)

### 2.3 CUSTOS ENVOLVIDOS NA OPERAÇÃO DE DRAGAGEM

Para mensurar os custos no processo de dragagem, são analisados vários fatores, que variam muito entre portos e o tipo de dragagem. Os mais convencionais considerados são influenciados por algumas condições operacionais, dependendo da qualidade do gerenciamento e dos colaboradores que operam os equipamentos envolvidos no processo. Segundo Bray et al. (1997), os custos operacionais clássicos são: combustíveis e lubrificantes, itens de consumo; tripulação, planejamento e supervisão, manutenção e reparos rotineiros, desgaste, seguro, despesas gerais e implicações financeiras (depreciação, amortização, taxas de juros sobre o capital empregado).

Em operações de dragagem, o custo total é caracterizado por dois elementos básicos: o custo de mobilização e desmobilização dos equipamentos e mão-de-obra, que dependem fortemente do tempo de execução e da localização; e o custo da

realização do trabalho propriamente dito. É válido ressaltar que o preço pode sofrer grande influência do mercado, dificultando até mesmo para a empreiteira estimar os custos de mobilização muito antes da realização do trabalho (BRAY et. al, 1997).

Para efetuar o pagamento a uma empresa que irá realizar a dragagem, é necessário analisar como a empresa vai fornecer o serviço, podendo ser através do fretamento pelo tempo de execução ou de acordo com o volume a ser dragado.

No fornecimento de fretamento por tempo, o cliente irá pagar de acordo com o tempo gasto no processo de dragagem, sendo fiscalizado pelo contratante, e a contratada livre de riscos, pois a responsabilidade do projeto é do cliente (BRUUN, 1987 apud PORTO GENTE, 2016).

No caso do contrato que considere o volume dragado, o pagamento é feito de acordo com a produtividade, sendo mais atraente para a contratante, mas envolvendo um risco maior para a empresa contratada. A responsabilidade também está ligada ao cliente, o qual deve ter algum conhecimento para a escolha e correto emprego do equipamento (BRUUN, 1987 apud PORTO GENTE, 2016).

Existem alguns aspectos importantes que devem ser observados na hora de se contratar uma empresa de dragagem. Deve-se escolher o tipo de contrato (preço fixado ou reembolso dos custos), a forma ou mecanismo de contratação (por licitação ou negociação), os termos constantes no contrato, a forma como deverá ser o pagamento e verificar se será por tempo de serviço ou pelo volume a ser dragado. O cliente fica responsável por fornecer à empreiteira algumas informações que são: tipo de solo, batimetria, dados de vento, correntes e ondas, visibilidade, movimentação de navios e embarcações na área, entre outras (BOLDRIN et. al, 2007).

É preciso observar, também, que o processo de otimização de operações de dragagem consiste de quatro pontos básicos: seleção de um projeto apropriado, identificação do potencial de demanda e desenvolvimento futuro, estimativa de custos e benefícios, e seleção da opção mais eficaz economicamente.

A obtenção da relação custo-benefício é um processo interativo, que geralmente trata de uma quantidade considerável de dados, e, muitas vezes, requer o uso de uma combinação de análises estatísticas e técnicas computacionais para a obtenção de bons resultados (BRAY et al., 1997).

Os custos relacionados com o desenvolvimento de projetos de dragagem, segundo Bray et al (1997), incluem:

- 1) o custo da dragagem inicial para a adquirir um novo aprofundamento do leito;
- 2) os custos relacionados à dragagens de manutenção;
- 3) os custos causados pela paralisação na entrada e saída de navios no porto devido ao menor calado causado pelo assoreamento e à própria operação de dragagem, e;
- 4) os custos envolvidos em otimização de operações portuárias e obras de melhoramentos que propiciem a movimentação de navios maiores e em maior número.

Os benefícios gerados incluem:

- 1) melhorias na navegação em canais, portos e rios, e;
- 2) o aumento na produtividade portuária.

Na comparação entre os valores obtidos para os custos, com aqueles referentes aos benefícios, pode-se propor a viabilidade de um determinado projeto de dragagem. Esta comparação é feita descontando os valores dos benefícios dos valores referentes aos custos. Quando o valor dos benefícios for maior, isto significa que o esquema é viável.

Um fator fundamental, que não é relacionado por Bray et al. (1997), é o reflexo de impactos ambientais, sua importância, os danos que podem causar na economia local e se o projeto de dragagem irá trazer algum tipo de prejuízo ou de benefício ao ambiente.

### 3. DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS

Segundo a CODESP, a dragagem de aprofundamento do canal de acesso do porto de Santos foi intensificada a partir de 1928, com o objetivo de alterar as colunas d'água da região estuarina e baía de Santos.

A dragagem é necessária, pois garante a profundidade do canal, permitindo que os navios trafeguem sem riscos à segurança da navegação.

De acordo com a cartilha Dragagem, desenvolvida pela Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas (FUNDESPA), a obra de dragagem de aprofundamento compreendeu os 24,6 km do canal de navegação do porto, que começa na Barra e termina na Alemoa. Nesta etapa foram utilizadas três dragas hidráulicas, do tipo Hopper, de origem chinesa. A Hang Jun 5001, Xin Hai Hu e a Xin Hai Feng, respectivamente com capacidade de 5.000 m<sup>3</sup>, 13.500m<sup>3</sup> e 16.800 m<sup>3</sup> de sedimentos.

#### 3.1. DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO

Devido à necessidade do porto de Santos se manter competitivo no cenário econômico mundial, e promover a segurança da navegação, o aprofundamento do canal proporciona ganhos de escala e produtividade por possibilitar o fluxo de navios com maiores calados, que, conseqüentemente, transportam mais cargas. O porto sem profundidade perde importância no cenário econômico e comercial, deixando de receber navios que necessitem de infraestrutura, equipamentos e profissionais. Já um porto com o calado profundo atrai investimentos para a locação de um melhor aparato portuário.

Existe a necessidade de um processo de aprofundamento do canal, entretanto o porto será limitado a um aprofundamento máximo de 17 m, de acordo com estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias.

De acordo com Alfredini; Arasaki (2013), é preciso levar em conta que o aprofundamento superior a 50% das lâminas d'água médias originais gera a necessidade de frequentes manutenções e possivelmente até permanentes, onde as dragas ocupariam continuamente o canal e a bacia, prejudicando o tráfego das embarcações.

A questão do aprofundamento é decorrente dos objetivos estabelecidos para o porto e prevê a retirada de lama e sedimentos na quantidade proporcional ao aumento da profundidade na área dragada, isso significa aumentar os níveis de projeto para 15,7 metros de imediato e 17 metros a médio prazo.

A Figura 5 apresenta os trechos do canal de acesso do porto de Santos.



Figura 5: Trechos do Canal do Porto de Santos (Fonte: FUNDESPA, 2010).

- Trecho 1: Entrada do Canal da Barra até o Entrepasto de Pesca
- Trecho 2: Entrepasto de Pesca até Torre Grande
- Trecho 3: Torre Grande até Armazém 6
- Trecho 4: Armazém 6 até Alamoia 02

O atual canal possui uma profundidade de navegação de 14,2 metros de profundidade e uma largura de navegação de 220 metros, onde é permitido o trânsito

de cerca de 85% dos navios em mão dupla (figura 6), evitando assim tempo de espera de melhores condições da maré.

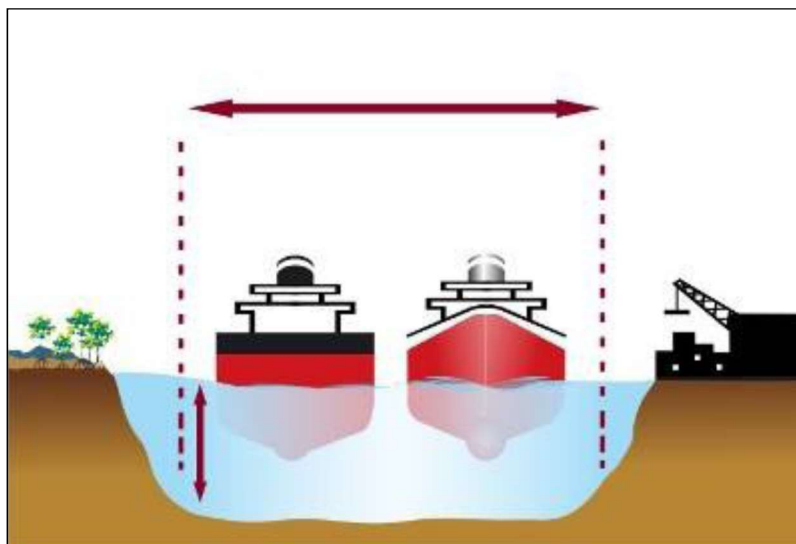


Figura 6: Dragagem e navegação em mão dupla(Fonte: Antaq 2009).

### 3.2. DERROCAMENTO DAS PEDRAS TEFFÉ E ITAPEMA

“O derrocamento é uma obra de melhoramento que atua na desagregação de materiais submersos que afetam a navegação e cuja a dureza inviabiliza a remoção por dragagem” (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

Através da sondagem feita com embarcação varredura pôde-se reconhecer os materiais, sendo o sistema mais simples de régua composta por uma haste metálica suspensa por correntes, até os mais modernos sensores sônicos multifeixes. As fases do derrocamento, são: desmonte, retirada, transporte e deposição (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

Existiam, no leito do estuário, duas formações rochosas, Itapema e Teffé (figura 7) que limitavam o progresso do aprofundamento e alargamento do canal, localizadas, respectivamente, na direção do armazém 12 próxima ao forte de Itapema (margem esquerda – Guarujá) e diante do armazém 25 (margem direita – Santos).

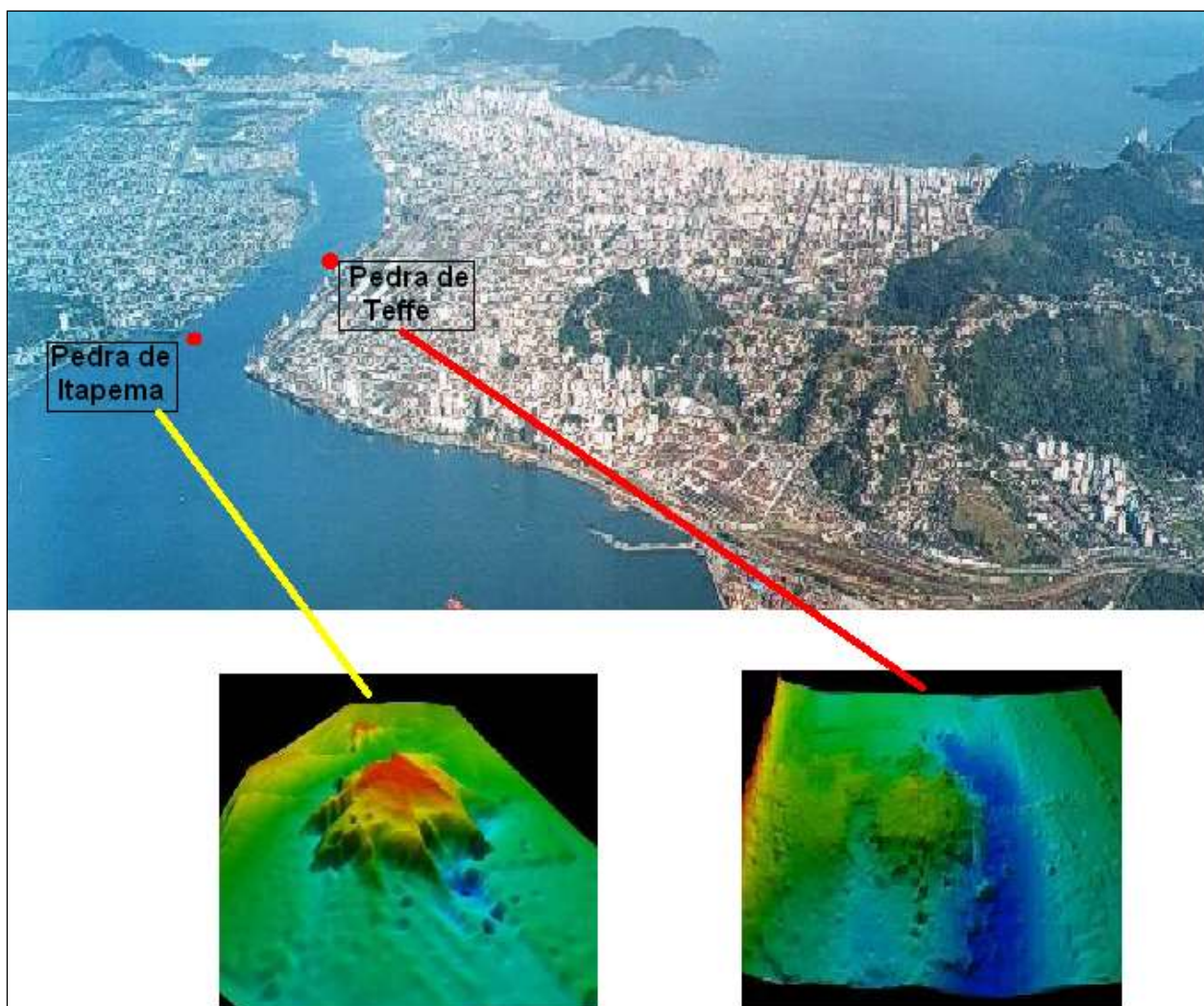


Figura 7: Pedras Teffé e Ipanema (Fonte: Porto de Santos, 2009).

Os corpos rochosos Teffé e Itapema apresentavam volumes, respectivamente, na ordem de aproximadamente de 7 e 24 mil m<sup>3</sup>.

Com base na Cartilha de Dragagem, produzida pela Fundespa (2012), a obra de derrocagem foi realizada pela empresa STER Engenharia, utilizando o navio perfuratriz YUAN DONG 007, que, por sinal, já havia trabalhado no Canal do Panamá. Esse mesmo navio dispõe de 10 sondas de perfuração hidráulica com acionamentos sincrônicos. Ela sozinha foi capaz de realizar a execução completa do procedimento.

### **3.2.1. Processo de Decorrimento das pedras Teffé e Itapema**

Conforme a mesma cartilha, o processo de desmonte ocorreu em 2011, com a utilização da embarcação YUAN DONG 007. A embarcação foi posicionada e alinhada na área de trabalho com a assistência de GPS específico e com ajuda de seis guinchos e de âncoras e hastes baixadas e cravadas no solo para limitar a movimentação durante o processo. Após as sondas perfurarem as rochas, dois tipos de explosivos foram injetados nos furos para detonação e fragmentação das pedras. Entretanto, antes da detonação, afim de proteger a fauna marinha existente nas proximidades das pedras, eram acionadas sirenes subaquáticas e uma pequena carga suspensa de baixa intensidade para afugentar a fauna do local. Outra medida protetiva de prevenção foi a utilização de uma cortina de bolhas, mantida em funcionamento até que os reflexos da detonação cessassem.

A detonação dos explosivos só ocorreu depois que todos os orifícios nas rochas com explosivos receberam um dispositivo iniciador e conectores de superfície que permitissem que o disparo fosse realizado de dentro da embarcação. Para isso, o navio estava a uma distância segura de 75 metros da área de explosão. Antes e depois das detonações, foram emitidos sinais sonoros para alertar a população local.

Os sedimentos foram retirados através de uma draga tipo Clamshell (com garras mecânicas tipo concha), colocados em um batelão ou balsa e levados para a terra para serem transportados por caminhões até seu destino final.

### **3.3. CUSTOS ENVOLVIDOS NA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO NO PORTO DE SANTOS**

Em meados de 2009 a Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP) investiu cerca de R\$ 236,9 milhões no aprofundamento do canal de acesso, bacias de evolução, berços de atracação e derrocamento das pedras Teffé e Itapema. A obra de dragagem aprofundou o leito do canal onde passou de 12m para cerca de 15m, expandindo a capacidade operacional do porto e aumentando a competitividade mundial do complexo, fortalecendo-o como uns dos principais mecanismos para a expansão do comercio exterior brasileiro. O caís pode receber navios maiores, como o Post-Panamax, de calado de 15 metros e comprimento de 336 metros.

De acordo com site Portal Brasil, em abril de 2016, foi liberado pela Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP) verba de R\$ 369 milhões para a manutenção do canal externo e de acesso ao porto, pois esta manutenção é necessária para conter o assoreamento natural dos canais de acesso, bacias de evolução e berços de atracação, que acontece de forma progressiva. Assim, será mantida a profundidade de 15 metros de ambos os canais e prevê também um aumento na profundidade para 15,7 metros.

#### 4. ÁREA DE DESPEJO DO MATERIAL DRAGADO E PROCEDIMENTOS

De acordo com a CODESP, o Polígono de Disposição Oceânica - PDO é delimitado pelas coordenadas (Datum SAD69).

Na tabela 1 serão apresentadas as coordenadas dos vértices do Polígono de Disposição Oceânica.

Tabela 1: Coordenadas dos vértices do polígono de disposição oceânica

VÉRTICE	Latitude ( $\varphi$ )	Longitude ( $\lambda$ )
1	S -24 06'04,45598"	W -46 17'57,03613"
2	S -24 06'01,33166"	W -46 23'51,15817"
3	S -24 08'11,35586"	W -46 23'52,57061"
4	S -24 08'14,48545"	W -46 17'58,34922"

Fonte: Codesp, 2014

O material dragado no canal, é conduzido até a área de despejo, onde estão situada as quadrículas. Este material é disposto de acordo com a sua qualidade, no Setor de Uso Controlado – SUC ou no Setor de Uso Restrito – SUR do Polígono de Disposição Oceânica – PDO (CODESP, 2014).

As quadrículas Q2, Q3, Q4, Q5, Q7 e Q8, estão compreendidas no SUC, onde são lançados sedimentos de melhor qualidade, entretanto nas quadrículas Q9 e Q10 que estão compreendidas no SUR, é destinada para o descarte dos sedimentos de pior qualidade.

O PDO consiste em uma área retangular delimitada pelas coordenadas mencionadas na tabela acima, de 10 x 4 km de dimensão, subdividida em 10 quadrículas menores de 2 km de lado cada, conforme indicado na Figura 8.

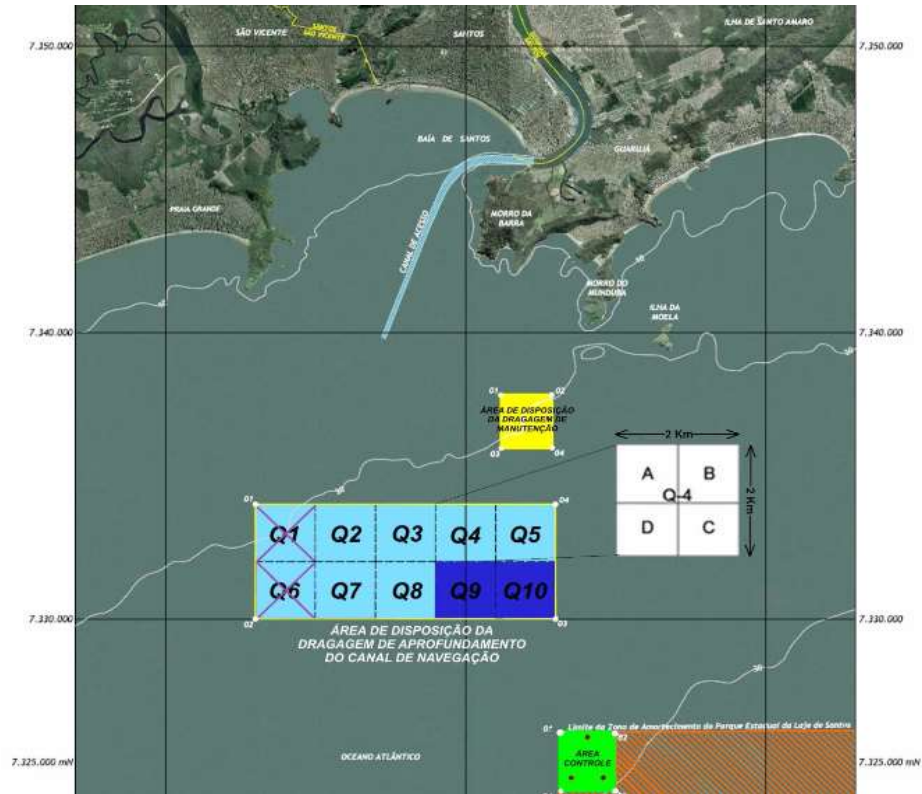


Figura 8: Área de despejo (fonte: CODESP, 2014)

Cada quadrícula contida no PDO está subdividida em quatro quadrantes (A, B, C e D), como exemplificado na figura a cima.

O processo de descarte deverá obedecer uma sequência. A cada viagem, a cisterna deverá ser aberta em um quadrante diferente em relação ao ciclo anterior, de tal maneira que haja uma disposição homogênea de material na quadrícula em uso. A draga deverá alternar os despejos respeitando uma sequência horária de uso (A->B->C->D), conforme indicado na Figura 9 a seguir.

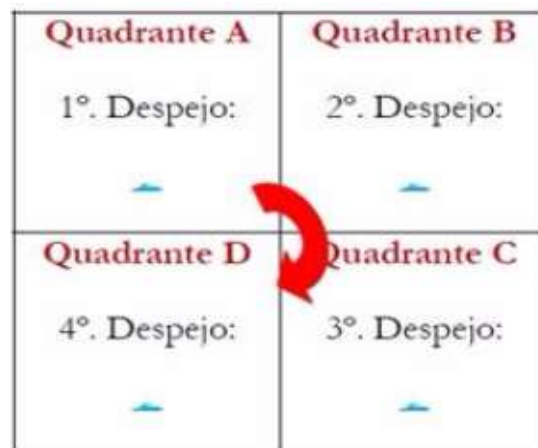


Figura 9: Sequência de despejos (Fonte: CODESP, 2014)

O comandante da embarcação, deverá evitar despejar o sedimento nos mesmos pontos dos quadrantes, buscando efetuar os despejos em locais aleatórios a cada viagem. O rodízio entre quadrantes visa uma melhor homogeneidade do material dragado, evitando acúmulos pontuais de sedimentos e contaminantes. É de fundamental importância enfatizar que a atividade de abertura e fechamento de cisterna deverão ocorrer no mesmo quadrante (CODESP, 2014).

As quadrículas a serem utilizadas são pré-determinadas pela CODESP, e de forma alguma deverá ocorrer disposição do material dragado em locais diferentes dos autorizados.

As embarcações utilizadas na operação de dragagem devem obrigatoriamente dispor sistema de rastreamento via satélite, que registrem os momentos e locais das disposições, bem como da rota percorrida pela embarcação, e que também disparem sinais automáticos e diferenciados por sensores, durante a abertura e fechamento das cisternas, independentes de quaisquer intervenções manuais. Devem também possuir registros próprios de abertura e fechamento de cisternas, que devem ser registrados nos horários e nas coordenadas exatas de abertura e fechamento das cisternas, bem como das coordenadas geográficas do quadrante e da quadricula em que ocorreu o lançamento, deve haver uma interação rápida das informações entre a embarcação e a base de dados da CODESP (CODESP, 2014).

A empresa de dragagem deverá seguir rigorosamente as exigências imposta pela Autoridade Portuária, sob pena de suspensão temporária das atividades, até que as não conformidades sejam sanadas.

## 5. MEDIÇÃO DO VOLUME DRAGADO

Para possibilitar um bom planejamento e efetuar a dragagem, é necessário saber a profundidade dos berços de atracação onde os navios são acostados, através de medição. Existem diversos métodos para aferir os níveis de profundidade marítima até a superfície oceânica, porém o método utilizado no porto de Santos é feito através da batimetria, que exige perícia no trabalho com equipamentos sofisticados e atenção nos cálculos. Tudo para que a contagem final não revele resultados errados. A importância da batimetria está no fato de que um navio cargueiro ou de passageiros só pode atracar no porto quando o calado da embarcação é do mesmo tamanho ou menor do que a profundidade. Caso contrário, corre-se o risco do navio ficar encalhado e gerar sérios prejuízos aos envolvidos, por isso há necessidade dessa realização periodicamente para indicar o nível de profundidade do cais. Isso porque existe o fenômeno do assoreamento (ITAMAR apud PORTO GENTE, 2005).

### 5.1 EQUIPAMENTOS

A batimetria é efetuada por meio de equipamentos sofisticados e de elevado grau de perícia. O principal aparelho é uma sonda digital que expressa, cartograficamente, curvas batimétricas em um papel grafitado. Elas indicam no papel as profundidades nos diversos pontos analisados. Cabe a quem realiza o serviço calibrar o equipamento para permitir leitura precisa das variações do gráfico. (ITAMAR apud PORTO GENTE, 2005)

“Outro aparelho utilizado é o transdutor. Ele é ligado á sonda e, submerso a cerca de 50 centímetros da superfície, recebe sinais do fundo do oceano através de ecos” (ITAMAR apud PORTO GENTE, 2005).

Os transdutores são indispensáveis nos sistemas de automatização e controle. No momento que se registram ou se utilizam magnitudes físicas para o controle de um processo, a razão deve-se da necessidade de registrar um elevado número de magnitudes. Além das famosas magnitudes como temperatura ou pressão, muitas vezes é necessário registrar outros parâmetros, como pressão e concentração de gases. Para que a eletrônica possa receber um sinal legível, é necessário que o transdutor converta a magnitude física num sinal elétrico (PCE MEDIDORES, 2016).

## 6. REFLEXOS AMBIENTAIS DA DRAGAGEM

Em toda e qualquer obra de dragagem, existem os reflexos negativos que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define como:

“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, segurança, bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”. (Art. 1º da Resolução CONAMA Nº 001/1986).

Resume-se como reflexos ambientais pelo processo de dragagem, com efeito direto ou indireto sobre o meio ambiente (TORRES, 2000):

- a) modificação das condições hidráulicas e sedimentológicas do escoamento, com possível alteração dos padrões de circulação e mistura da água, salinidade e turbidez;
- b) modificação das condições do local de despejo do material dragado;
- c) contaminação por substâncias tóxicas existentes no material dragado, sua suspensão e movimentação durante o processo de retirada, movimentação e despejo, com alteração da qualidade da água (turbidez); e reflexos diretos sobre habitats da fauna e flora aquática, associada ao sedimento marinho e águas interiores.

### 6.1 IMPACTOS AMBIENTAIS DA DRAGAGEM NA BIOTA MARINHA

O fundo submarino é habitado por organismos bentônicos, que geralmente vivem próximo à superfície ou em subsuperfície, e que são parte importante da cadeia alimentar, sendo o principal alimento dos peixes demersais. Quaisquer intervenções no fundo submarino, por meio de dragagens, irão causar impactos no habitat da comunidade bentônica (ROBERTS, 1996).

Poderá ocorrer uma expressiva redução da densidade de organismos bentônicos logo após operações de dragagem e descarte de rejeitos sob o fundo

submarino. Atualmente, não há confirmação sobre a taxa de recolonização destas áreas pelos organismos bentônicos. Provavelmente, essas taxas variam de local para local, em função das características do ecossistema, que incluem fatores físicos e bióticos, tais como temperatura e turbidez da água, hidrodinâmica das correntes de fundo e lâmina d'água respondem, portanto, diferentemente em grau de sensibilidade ambiental, em função da conjugação destes diferentes fatores (LEINS et al, 1998).

São vários os impactos do efeito da dragagem no fundo submarino, tais como, ruídos causados pela operação das dragas; a eliminação direta dos organismos na área dragada; a mudança na turbidez da água impedindo que a luz solar atinja o fundo, fazendo com que restrinja sua produtividade; a modificação do substrato marinho; o despejo do material dragado sobre o fundo submarino, acabando com grande parte da população bentônica que não tem tempo e condições de migrar para outra área, devido ao soterramento.

O reflexo da modificação do substrato após a dragagem é significativo em algumas regiões, uma vez que muitas espécies bentônicas são específicas de determinados tipos de fundo. Isto atinge também os organismos nectônicos, uma vez que muitas espécies de peixes são seletivas em sua dieta alimentar, consumindo somente determinados tipos de organismos bentônicos. Um reflexo indesejável da modificação do substrato é a obliteração de nichos ecológicos utilizados como berçários por muitas espécies (CLARK, 1997).

## 6.2 IMPACTOS CAUSADOS PELO MANEJO DO MATERIAL DRAGADO

De acordo com Boldrin et al. (2007), o manejo de material dragado pode ser divididos em seis métodos:

- a) A opção pela não realização de dragagem, reduzindo os impactos ambientais e não necessitando o despejo de qualquer tipo de material;
- b) Despejo em mar aberto, com e sem contenção;
- c) Despejo na zona costeira, confinado e não confinado;
- d) Despejo em terra, confinado e não confinado;
- e) Tratamento de sedimentos contaminados através de métodos de tratamento de materiais perigosos;

f) Uso de uma combinação das opções b a e.

Em relação ao despejo em terra de sedimentos dragados pode ser feito de duas maneiras principais: não confinado e confinado. Este tipo de despejo é uma opção que pode ser considerada somente onde existam grandes áreas de terra de valor insignificante em seu estado original, e próximas às regiões dragadas. Geralmente, este despejo é realizado pelo bombeamento do material dragado diretamente no sítio de despejo.

O despejo em terra tem imperiosamente algum tipo de reflexo ambiental, mas, quando bem projetado e executado, pode proporcionar alguns benefícios econômicos, mesmo que as propriedades do material dragado sejam pobres para usos em construção ou agricultura. Todavia, em muitos portos, o espaço disponível torna-se limitado, e o uso dessas áreas torna-se inviável ou economicamente proibitivo (ALMEIDA, 1999).

Quando o sedimento dragado encontra-se contaminado, o despejo confinado torna-se a principal opção. Conforme aumentam as preocupações com o meio ambiente, muitos países proíbem todas e quaisquer formas de despejo de lixo e sedimento de dragagem no mar. Neste caso, torna-se necessária a utilização de diques de contenção ou mesmo big bags, no qual o material dragado é confinado para que seja monitorado e manejado. Com o ressecamento deste material, muitos compostos voláteis, principalmente o bifenilos policlorados, em geral conhecidos por PCB, são desprendidos para a atmosfera (CUNHA, 2002).

Tanto para o despejo não confinado como para o confinado, alguns aspectos ambientais devem ser observados:

- a) a contaminação do lençol freático (água subterrânea);
- b) o odor provocado pela deposição de material lamítico e decomposição de matéria orgânica;
- c) impacto visual, e;
- d) destruição da flora, fauna e da região onde o material é depositado.

De acordo com Cunha (2002), já em relação aos usos benéficos de material dragado é preciso dizer, que incluem uma inúmera variedade de opções que alguns podem viabilizar o uso deste material para alguma finalidade produtiva. O material dragado é fonte valiosa de solo com grande poder de manejo e gerenciamento, com capacidade de fornecer melhorias e benefícios ambientais e socioeconômicos.

As principais classes na qual o sedimento dragado pode ser utilizado para uso benéfico são:

Restauração e melhoramento de habitats aquáticos (mangues, marismas, ilhas artificiais)

- a) Uso em aquicultura;
- b) Uso em parques e recreação (comercial e não-comercial);
- c) Agricultura e silvicultura;
- d) Uso em aterros e cobertura para lixões ;
- e) Estabilização e proteção da costa e controle de erosão (através de arrecifes artificiais, quebra-mares e bancos de areia);
- f) Uso industrial e na construção civil (incluindo desenvolvimento portuário, de aeroportos, urbano e residencial), e;
- g) Produção de cerâmicas (pouco explorado por ser um processo muito caro).

### 6.3 DRAGAGEM DE MATERIAL CONTAMINADO

De acordo com Costa (2005), entende-se por sedimento contaminado, lama areia, material orgânico, ou outros minerais que se amontoam no fundo de um corpo de água e contenha substâncias tóxicas em concentrações que afetem o ambiente ou/e a saúde humana. Tais substâncias tóxicas podem surgir tanto em fontes naturais (metais e alguns tipos de material orgânico) quanto de fontes antropogênicas ligadas à atividade humana, os principais originadores e responsáveis pela contaminação do sedimento são:

Despejo de esgoto, descartes industriais, unidades de tratamento de água e drenagem continental provenientes das chuvas;

Descarte de produtos químicos;

Lixiviação e erosão de solos contaminados em terra, tais como: minas, áreas de atividade agrícolas ou urbanas;

Emissões na atmosfera, que podem se depositar através da deposição direta ou por meio da precipitação, como por exemplo: unidade de geração de energia, incineração, aplicação de pesticidas, ou outras fontes;

Despejo direto dos dejetos dos navios, ou liberação dos contaminadores oriundos da manutenção de navios.

Ao se dragar os sedimentos uma grande parte daquilo que estava “guardado” neles volta a entrar em contato com a água, e conseqüentemente com os organismos que se julgavam livres desses poluentes enterrados nos sedimentos. Uma vez em contato com a água, tanto a matéria orgânica quanto os poluentes adquirem um maior poder de dispersão, ou seja, podem ser transportados e redistribuídos para novos locais. Isso acontece porque o processo de dragagem é muito grosseiro, espalhando boa parte dos sedimentos que estão sendo retirados na água, a partir de onde eles voltam a ser transportados pelas correntes e marés. A outra parte, que é recolhida na balsa ou draga, é levada para descarte em algum lugar. Muitas vezes esse lugar é no próprio mar, longe da costa onde houver profundidade e circulação eficientes para dispersar os sedimentos lançados em grandes quantidades. (COSTA, 2002)

#### 6.4 IMPACTO NA REGIÃO DE DESCARTE DO MATERIAL DRAGADO

Os reflexos oriundos dos impactos ambientais relacionados ao processo de dragagem e despejo do sedimento dragado podem ser caracterizados por apresentarem efeitos diretos sobre habitats e organismos, ou indiretos, atribuídos a alterações na qualidade da água. A remoção e realocação de sedimentos causa a destruição de habitats bentônicos, e contribui para o aumento da mortalidade destes organismos por meio de ferimentos causados pela ação mecânica durante a dragagem, ou por asfixia conforme estes são sugados pela draga. A respeito do impacto indireto, a ressuspensão do sedimento de fundo remobiliza contaminantes e nutrientes afetando a qualidade da água e a química global do estuário (ROBERTS, 1996).

Antes de executar qualquer operação de dragagem, algumas análises devem ser realizadas, para se estabelecer uma grande variedade de parâmetros necessários no processo de planejamento e seleção dos métodos executivos de dragagem (BRAY ET AL., 1997), são eles:

- a) Avaliação meteorológica para estabelecer padrões de vento, tanto no sítio de dragagem, quanto na área de despejo do material dragado, e a incidência de chuvas fortes, raios e nevoeiro, os quais podem paralisar a operação;

- b) Estudos hidrológicos para medir as marés, correntes e ondas e definir o perfil do leito do canal a ser dragado, assim como do sítio de despejo;
- c) Estudos geológicos e geotécnicos para determinar a natureza dos materiais a serem dragados, usados ou descartados;
- d) Estudos ambientais para identificar e caracterizar os efeitos potenciais destas operações no ambiente, tanto durante a execução do trabalho, quanto após sua conclusão e estabelecer condições com as quais os resultados de monitoramentos ambientais subsequentes possam ser comparados;
- e) Uma avaliação global do ambiente para estabelecer restrições operacionais, estatutárias e legais as quais podem afetar o trabalho.

## 6.5 PARÂMETROS CONSIDERADOS NA ESCOLHA DO LOCAL PARA DESCARTE DE MATERIAL DRAGADO

As áreas subaquáticas de despejo de sedimentos dragados devem ser dotadas de propriedades hidrodinâmicas que facilitam a dispersão do material, de modo a evitar a redução da lâmina d'água média primitiva em mais de 10%, atenuando acúmulos de sedimentos na área de descarte. Por outro lado esta dispersão não pode facilitar o retorno dos sedimentos para as áreas já dragadas, nem afetar outros canais ou bacias de acesso (ALFREDINI; ARASAKI, 2013).

“Área de disposição do material dragado: local onde será disposto o material resultante das atividades de dragagem, em seu estado natural ou transformado em material adequado a essa permanência, de forma a não prejudicar a segurança da navegação e não causar danos significativos ao meio ambiente ou à saúde humana”. (Art. 2º, inc. II da Resolução CONAMA 454, de 1º de Novembro de 2012).

De acordo com Boldrini et al (2007), a escolha de um local para disposição de materiais dragados (bota fora) envolve vários fatores, tais como:

- a) Custo do processo de disposição de sedimentos; uma vez que os maiores custos da operação se dão em relação ao tempo, ou seja, quanto mais longe o local de disposição em relação à área dragada, maior será o tempo consumido na operação;
- b) A utilização benéfica dos sedimentos dragados; ou seja, se os sedimentos serão ou não utilizados para projetos de realimentação de praia, diminuição da altura das ondas, construção de habitats para animais, etc;
- c) Características e volumes dos sedimentos dragados; por meio da qualidade dos sedimentos, tais como, se são ou não contaminados, granulometria, etc; e pelo volume do sedimento dragado é possível definir quais os melhores lugares para a disposição destes;
- d) Clima hidrodinâmico; de modo, a saber, o potencial comportamento físico dos sedimentos e assim a estabilidade do bota fora, e;
- e) Limitações de atividades culturais e/ou econômicas; pelo fato de que uma área de disposição de sedimentos dragados altera as condições ambientais do local e com isso atividades como a pesca são afetadas. O descarte é mais impactante para a região se o sedimento for contaminado. Além disso, o trânsito de embarcações na área pode ser afetado pelas operações de descarte.

## 6.6 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (FEDERAL E ESTADUAL) PARA DRAGAGEM EM REGIÕES PORTUÁRIAS

No Brasil as leis que regem a dragagem em regiões portuárias brasileiras surgiram a partir de 1934, com os Códigos de Águas. Subsequente, surgiu o Código Florestal (1965), de proteção à fauna (1967) e de pesca (1967) e mencionavam-se as áreas setorializadas dos recursos naturais (CUNHA, 2002).

A Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) em 1973, com o objetivo de desenvolver e estabelecer normas e padrões referentes a preservação do meio ambiente, com foco nos recursos hídricos, e foi por meio deste órgão que o governo brasileiro, procurou instruir e capacitar o povo para o uso dos recursos naturais através de programas em escala nacional. (CUNHA, 2002).

Em 1981, a Lei 6938 de 31 de agosto decretou a Política Nacional do Meio Ambiente, com a finalidade de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, promovendo o desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana. (CUNHA, 2002).

Com o intuito de dar uma maior integração e coordenação à política ambiental, em âmbito nacional, e compatibilizar a atuação a nível federal, estadual e municipal, foram elaborados o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O primeiro refere-se ao conjunto de órgãos, entidades, regras e práticas da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios, dos Municípios e das fundações instituídas pelo Poder Público, sendo estes responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, sob a fiscalização do CONAMA (CUNHA, 2002).

“Órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. Reúne diferentes setores da sociedade e tem o caráter normativo dos instrumentos da política ambiental. O plenário do CONAMA engloba todos os setores do governo federal, dos governos estaduais, representantes de governos municipais e da sociedade, incluindo setor produtivo, empresarial, de trabalhadores e organizações não governamentais”. (Ministério de Meio Ambiente).

De acordo com a norma estabelecida pela Diretoria de Portos e Costas (DPC – órgão vinculado ao Ministério da Marinha) intitulada Norma da Autoridade Marítima nº 11 (NORMAM-11), de 30 de setembro de 1998, modificada em 01/03/2016, foi estabelecido que as dragagens poderam ser realizadas com diversas finalidades, tais como: para retirada do material virgem para formação inicial de uma determinada profundidade, para manutenção de profundidade e para execução de aterro. Esta norma determina a documentação que o interessado deverá entregar à Capitania dos Portos na área de jurisdição do sítio a ser dragado e do sítio de despejo. É necessário entregar à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) algumas informações que deverão constar em cartas náuticas, no banco de dados

da Marinha, ser divulgado em Avisos aos Navegantes e delimitar o local a ser dragado de acordo com o Regulamento para Sinalização Náutica.

As áreas de despejo podem ser previamente estipuladas pela Capitania dos Portos, através de normas e procedimentos, e, em conformidade com os órgãos locais de controle do meio ambiente. O objetivo da definição prévia da área de despejo, é tornar mais rápidos processos de dragagem, de preferência aqueles de interesses para a segurança da navegação, quanto aqueles que se referem a manutenção de canais de acesso ao porto e dos berços de atracação. Se no caso de até 30 dias os órgãos de controle do meio ambiente local não se manifestarem a respeito da definição da área de despejo, então será definida pela Capitania, somente em caráter precário, comunicando o fato aos órgãos competentes. Caso do volume a ser dragado ultrapasse 1 milhão de metros cúbicos, um estudo de dispersão dos sedimentos lançados no mar deverá ser apresentado, em função do detalhamento hidrodinâmico da região, como ventos e correntes reinantes, dentre outros, elaborado por uma entidade reconhecida (CUNHA, 2002).

Em 7 de maio de 2004, foi firmada a resolução CONAMA Nº344 , visando, além de outras coisas, a regulamentação do art. 30 da lei n. 9.966, de 28 de abril, 2000, dando cumprimento assim a Convenção Internacional, considerando que a atividade de dragagem sujeita-se a licenciamento ambiental, além de estabelecer as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado, visando o gerenciamento de sua disposição em água jurisdicionais brasileira, e no Estado de São Paulo, pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo, Resolução SMA nº 39/2004, para disposição em terra. E em 2011 foi criado um Grupo de Trabalho (GT), pela Câmara Técnica de Controle e Qualidade Ambiental (CTCQA), sendo publicada em 08.11.2012 a nova Resolução nº 454 de 01.11.2012 que “estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas jurisdicionais nacionais”. A revisão total dessa norma abriu a possibilidade da elaboração de uma Resolução mais coerente com o gerenciamento ambiental da atividade de dragagem, atualizada frente aos avanços tecnológicos e adequada à realidade brasileira.

## 6.7 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (FEDERAL E ESTADUAL) PARA DRAGAGEM NO PORTO DE SANTOS

De acordo com a Agenda Ambiental do porto de Santos desenvolvida pela CODESP (2013), entre os anos de 1998 e 2000, a administração do Porto, estabelecida pelo órgão ambiental, analisou a qualidade dos sedimentos das áreas dragadas e de disposição oceânica, cujos resultados destacaram a presença de contaminantes, como o benzo(a)pireno, no quadrilátero de descarte.

“Em 2001, diante da inexistência de padrões para dragagem de sedimentos na legislação brasileira (a Resolução Conama nº 344 surgiria somente em 2004), instala-se o impasse decisório em torno da licença ambiental para dragagem no canal do Porto de Santos. As operações ficaram suspensas até a apresentação de novas avaliações, sendo a CODESP autuada pelo órgão ambiental estadual em novembro de 2001. A partir dessa data, marcando o enfrentamento de inúmeros desafios, a Autoridade Portuária passou a desenvolver vários estudos, visando obter o licenciamento ambiental para regularizar esta atividade” (Agenda Ambiental do porto de Santos, 2013).

Entre os anos de 2002 a 2004, a CODESP encaminhou à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) obteve o resultado das análises apuradas da região da área de descarte oceânico, que, de fato, apresentavam como tendência a dispersão dos sedimentos lançados na costa nas direções preponderantes Sudeste-Nordeste (SE-NE), sem que houvesse retorno às praias e apresentavam também concentrações não elevadas de contaminantes. Em 26 de novembro de 2004, baseados nesses estudos foi emitido, por parte da Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo (SMA), a primeira Licença de Operação (LO) da Atividade de Dragagem de Manutenção e de sua Disposição Oceânica, pelo prazo de um ano. A Licença de Operação (LO), teve como exigência a apresentação de um plano de dragagem e a obrigatoriedade de monitorar ambientalmente a área de disposição dos sedimentos dragados, tendo como objetivo evidenciar tecnicamente quais os eventuais reflexos causados pelo descarte, na biota da região oceânica e na coluna d'água, por remobilização (Agenda Ambiental do porto de Santos, 2013).

Ainda sobre a Agenda Ambiental do porto de Santos (2013), com os dados obtidos a CETESB criaram-se condições de acompanhar a quantidade e a qualidade do material dragado e disposto, obtendo também, dados sobre a sua toxicidade e seus impactos no ecossistema. Em fevereiro de 2005, foi emitida uma LO, onde deu início a retomada das operações de dragagem de manutenção do canal de navegação e dos berços de atração, e além de estabelecer as diretrizes de monitoramento ambiental na área de disposição marinha, ficou estabelecida o limite de volume de material dragado em 300 mil m<sup>3</sup>/mês, para ser efetuada a análise dos resultados dos efeitos da toxicidade crônica na área de disposição e adjuntas.

Com os resultados obtidos das análises dos relatórios mensais de monitoramento ambiental da dragagem de manutenção e do parecer técnico emitido pelo instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – USP, em fevereiro de 2008 a Secretária Estadual de Meio Ambiente de São Paulo (SMA) emitiu uma segunda LO que prorrogava por mais dois anos as operações de dragagem, e também revisou o volume dragado, onde ficou autorizado a disposição entre 200 mil m<sup>3</sup>/mês e 700 mil m<sup>3</sup>/mês, porém com ressalva para a identificação e definição de novas áreas de disposição oceânica (Agenda Ambiental do porto de Santos, 2013).

“Ao longo dos anos, o acompanhamento da dragagem no Porto de Santos gerou conhecimentos que permitiram estabelecer requisitos mínimos para o monitoramento desse tipo de operação, como o conhecimento da dispersão física dos sedimentos, gradientes de concentrações dos contaminantes e dos volumes dispostos de material dragado. Além desses aspectos, avançou-se na garantia da qualidade dos dados analíticos (análises físicas, químicas e ecotoxicológicas preconizadas na Resolução Conama nº 344/04), na análise crítica dos resultados, bem como na integração das informações obtidas, tornando o monitoramento mais eficaz para a gestão ambiental” (Agenda Ambiental do porto de Santos, 2013).

Para a realização da dragagem de aprofundamento, em outubro de 2009, o Ibama emitiu uma Licença de Instalação (LI nº 666/2009), que estabelecia a implantação de 24 Programas Básico Ambientais (PBA's) que promovem melhorias nas condições socioambientais da região (Agenda Ambiental do porto de Santos, 2013).

Segundo a Agenda Ambiental do porto de Santos (2013), os 24 Programas Ambientais da Dragagem de Aprofundamento, são:

- 1) **Gerenciamento da Implementação dos PBAs:** Coordenar a implantação dos Programas Ambientais da Dragagem de Aprofundamento que serão desenvolvidos. Monitorar os demais programas ambientais.
- 2) **Gerenciamento da área de Descarte de Material Dragado:** onde foi centralizado o controle da atividade de descarte de material dragado dos diversos empreendimentos portuários junto à Autoridade Portuária;
- 3) **Disposição Oceânica de Materiais Dragados na região do Porto de Santos:** onde o objetivo foi diminuir de eventuais reflexos à biota aquática e ao ambiente marinho, oriundos dos efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos dragados no Canal do Porto de Santos, a partir da elaboração de um Plano de Disposição Oceânica, o qual disciplinava o uso do Polígono de Disposição Oceânica (PDO), gerenciado pela Autoridade Portuária CODESP;
- 4) **Controle da Dragagem e Gestão Ambiental:** Disciplinar o uso do Polígono de Disposição Oceânica (PDO), gerenciado pela Autoridade Portuária;
- 5) **Mitigação dos Impactos da Derrocagem:** onde o objetivo foi diminuir eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, provenientes dos efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos dragados, oriundos da retirada das duas pedras, Teffé e Itapema, no Canal do Porto de Santos;
- 6) **Monitoramento Praia:** Monitoramento praiar da Baía de Santos, durante e após a execução das obras de dragagem, para analisar possíveis modificações na dinâmica sedimentar;
- 7) **Monitoramento e Modelagem de Parâmetros Hidrodinâmicos e Oceanográficos:** com o objetivo foi aferir e verificar, após a dragagem de aprofundamento do canal de navegação e das bacias de evolução do Porto,

as alterações na hidrodinâmica e na dinâmica de transporte de sedimentos no estuário de Santos;

- 8) **Modelagem Operacional da Pluma de Sedimentos:** foi criada e teve como objetivo fornecer previsões meteorológicas e oceanográficas para auxiliar às operações de dragagem e descarte na região da Baía de Santos e zona costeira adjacente, bem como previsões da dispersão da pluma de sedimentos, de acordo com a programação de descarte fornecida pelo empreendedor;
- 9) **Monitoramento da Qualidade da Água nas Áreas Dragadas:** com objetivo de avaliar as alterações na qualidade de água nas adjacências da operação das dragas, principalmente em decorrência da ressuspensão de sedimentos provocada pelo derramamento de água durante o processo de dragagem;
- 10) **Monitoramento da Qualidade físico-química dos Sedimentos na Área a ser dragada:** com objetivo de avaliar a qualidade dos sedimentos remanescentes após a obra de aprofundamento do canal, bem como as condições para o estabelecimento de novas comunidades bentônicas. Abrangeu toda a área diretamente afetada dentro do estuário, e o canal de navegação da baía de Santos;
- 11) **Monitoramento da Qualidade Ecotoxicológica:** com objetivo de avaliar o potencial ecotoxicológico dos sedimentos que ficaram expostos após a dragagem de aprofundamento do canal de navegação. Abrangeu toda a área diretamente afetada dentro do estuário, e o canal de navegação na baía de Santos;
- 12) **Qualidade de Organismos Bioindicadores:** Bioacumulação na área a ser dragada: com objetivo de acompanhar a qualidade de organismos de interesse para o consumo humano durante as operações de dragagem, por meio do monitoramento de metais, compostos orgânicos e seus tecidos. Os organismos considerados neste monitoramento foram: peixe parati e siri-

azul. Com este estudo foram observados dados de interesse público como a qualidade do pescado, uma vez que não há monitoramento com esta finalidade na região;

- 13) Monitoramento da Macrofauna Bentônica:** com objetivo de quantificar e qualificar os possíveis impactos do processo de dragagem sobre a macrofauna bentônica;
- 14) Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica:** com objetivo de quantificar os possíveis impactos do processo de dragagem sobre as comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas;
- 15) Monitoramento de Manguezais situados na área da dragagem de Aprofundamento:** com objetivo de monitorar a evolução dos manguezais ao longo do estuário de Cubatão, Santos e São Vicente. Avaliar possíveis modificações causadas pela dragagem;
- 16) Monitoramento de Quelônios:** com o objetivo de quantificar e mapear a ocorrência de quelônios junto aos bancos vegetais, assim como identificar essas vegetações e avaliar o impacto causado nessas áreas;
- 17) Monitoramento Ambiental da Área de Disposição Oceânica de materiais dragados na região do Porto de Santos:** foi realizado o Monitoramento Ambiental da Área de Disposição Oceânica, com objetivo de identificar possíveis efeitos deletérios sobre a biota e os processos ecológicos do local de disposição e adjacências, evidenciar tecnicamente (por meio de parâmetros químicos e biológicos) que a disposição de sedimento dragado na área de disposição não estava provocando impactos significativos à biota no local, subsidiar o gerenciamento ambiental das atividades de dragagem a fim de diminuir eventuais impactos ao ambiente, propor a alternância das quadrículas de disposição ou a revisão do Plano de Disposição de Materiais Dragados sempre que se observar algum impacto significativo no local ou riscos para o Parque Estadual Marinho da Laje de Santos;

- 18) Compensação Ambiental:** com objetivo de apoiar o desenvolvimento do Programa de Compensação Ambiental proposto pela CODESP ao Ibama;
- 19) Comunicação Social:** com o objetivo de promover a adequada divulgação de informações sobre o empreendimento;
- 20) Apoio às comunidades de pesca:** com objetivo de avaliar, monitorar e preservar as comunidades pesqueiras, suas capturas e esforços de pesca. Garantir que as operações de dragagem não as prejudiquem;
- 21) Educação Ambiental – Conscientização da População afetada:** com objetivo de traçar o perfil socioambiental das comunidades, vendo possibilidades para o desenvolvimento socioeconômico nos locais. Conscientização sobre a dragagem;
- 22) Manchas Órfãs – Conscientização da Comunidade Pesqueira e Náutica:** com objetivo de controlar manchas órfãs no estuário de Santos, conscientização sobre os descartes inadequados e reciclagem autossustentada do óleo lubrificante usado;
- 23) Capacitação continuada dos Trabalhadores da Obra:** com objetivo de aperfeiçoar e capacitar os trabalhadores envolvidos na obra com treinamentos, e ;
- 24) Gestão do patrimônio arqueológico:** com objetivo de realizar estudos de prospecção, resgate e monitoramento arqueológico, histórico e cultural do empreendimento.

## 7. REFLEXOS ESTRUTURAIS

De acordo com Alfredini, Arasaki (2013), as obras portuárias de acostagem constituem-se em obras de estruturas maciças para vencer aos elevados esforços causados pelas embarcações e/ou equipamentos que andam sobre o cais, e com isso torna-se fundamental evitar estruturas esbeltas. Essas estruturas de cais estão sujeitas aos seguintes esforços basicamente:

Cargas horizontais elevadas em razão do impacto das embarcações durante a atracação e dos esforços nos cabos de amarração das embarcações atracadas;

Cargas horizontais concentradas por causa dos carregadores e descarregadores dos navios;

Ações dos de empuxo de terras, tão mensuráveis quanto aos demais carregamentos.

Segundo o mesmo autor, para conceber um projeto de obra acostável, é fundamental conhecer as condições locais onde pretende construir o cais:

- a) propriedades características topobatimétrica;
- b) traçar o perfil do solo;
- c) capacidade de carga do leito da fundação e os cálculos dos empuxos de terra;
- d) estudo de possíveis recalques de estruturas;
- e) custo com possíveis dragagens e metodologias;
- f) escavações e estaqueamento;
- g) níveis das marés e agitação ondulatória;
- h) condições climáticas;
- i) agressão por agentes corrosivos presente nos solos e/ou água do mar, ou até mesmo ataque ácido de microrganismos sobre os materiais de construção.

A Norma Brasileira NBR nº 13.209/94 (ABNT, 1994) apresenta os parâmetros que devem ser levados em conta para a concepção e o projeto de obras de acostagem previsto em um planejamento portuário.

## 7.1 AÇÃO DAS EMBARCAÇÕES NAS OBRAS

A média de profundidade adequada aos portos é de 18 metros. Infelizmente, a maioria dos portos brasileiros não atende a esse requisito, algumas vezes pela falta de infraestrutura, entraves ambientais e limitações geológicas.

Atualmente, o porto de Santos está limitado a receber navios com calados em até 14,2 metros, comprimento de 336 metros e DeadWeight (DWT) cerca de 100.000 toneladas. Com o aprofundamento do canal torna-se possível receber navios Super Post Panamax (figura 10) com dimensões superiores aos navios do tipo Panamax, que atualmente atende o porto, entretanto muitos berços de atracação não foram projetados a receber navios com essas características, pois os mesmos produzem esforços superiores ao admitido pelo projeto.



Figura 10: Evolução dos Navios (Fonte: The Construction index, 2015)

Com a dragagem nos berços de atracação, as estruturas de acostagem atuais podem perder suas originais resistências aos esforços gerados pelas embarcações, pois, durante a atracação, o impacto produzido pela embarcação, transmite energia cinética ao cais, transformada em energia potencial de deformação das estruturas e

defensas, necessitando assim de reforços estruturais, ou até mesmo a substituição do cabeço de amarração (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Pela Norma Brasileira NBR nº.9782/87 (ABNT,1987), a energia cinética característica transmitida pelo navio na atracação é determinada pela equação:

$$E_c = 0,5(M_1 + M_2) \cdot V^2 \cdot C_e \cdot C_r$$

Sendo:

$E_c$ : energia característica nominal;

$M_1$ : massa total deslocada pelo navio;

$M_2$ : massa de água adicional;

$V$ : velocidade de aproximação do navio perpendicularmente à linha de atracação;

$C_e$ : coeficiente de excentricidade;

$C_r$ : coeficiente de rigidez.

De acordo com Alfredini, Arasaki (2013), na concepção de um projeto de obras portuárias, é fundamental levar em consideração ações provocadas pelas embarcações sobre as estruturas acostáveis, também é importante considerar a ação dos agentes ambientais de maré, vento, ondas e correntes.

Seguindo no conceito em receber navios maiores que os atuais, uma vez as embarcações atracadas estarão sujeitas a receber cargas provenientes de ondas, correntes marítimas, oscilações de maré e vento, que serão distribuídas pelo cabo de amarração aos elementos de fixação. São considerados os esforços a seguir:

- a) As forças oriundas das pressões das correntes, são exercidas as áreas vivas (imersas);

- b) As forças oriundas das pressões do vento, são exercidas sobre as áreas velicas (emersas ou morta);
- c) Oscilações verticais extremas de flutuação das embarcações e do nível d'água devido a maré, produzem esforços de tração nos cabos e cabeços de amarração.

## 7.2 ESTIMATIVAS DE FORÇAS SOLICITANTES

As forças de correntes, que devem ser somadas ao vento, são também provenientes do arrasto hidrodinâmico, sendo exponencialmente maiores com o navio carregado, quando as áreas vivas são máximas, e a folga sob a quilha (pé do piloto), é mínima. O porto de Santos está sujeito a marés de significativa amplitude, preponderando as correntes de maré, com as máximas correntes, de enchente e vazante, acontecendo rapidamente, defasadas com instantes de meia maré, enquanto as mínimas ocorrem nos estofos de preamar e baixa mar, também ligeiramente defasados com instantes da preamar e baixa mar (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

## 7.3 ESTUDO DE INTERAÇÃO HIDRODINÂMICA E AMARRAÇÃO

De acordo com estudos realizados pelo Tanque de Provas Numéricos da Universidade de São Paulo (USP) (2016), a predição da interação hidrodinâmica entre embarcações é de vital importância para que a segurança de embarcações atracadas em píeres portuários seja garantida. A passagem de uma embarcação no canal do porto pode causar efeitos hidrodinâmicos em uma embarcação atracada e podendo, induzir forças/momentos hidrodinâmicos significativos, trazendo impactos consideráveis nas defensas e sobre o sistema de amarração do navio.

Nesse contexto, as forças e momentos induzidos pela embarcação passante são transmitidos à embarcação atracada no cais, que por sua vez solicita os cabos, transmite aos cabeços de amarração, e solicitam a estrutura, bem como as defensas, que devem ser capazes de suportar tais esforços adicionais.

A Figura 11 apresenta um desenho esquemático ilustrando 3 etapas típicas das ações hidrodinâmicas das embarcações, causada por uma embarcação passante no canal (Universidade de São Paulo, 2016).

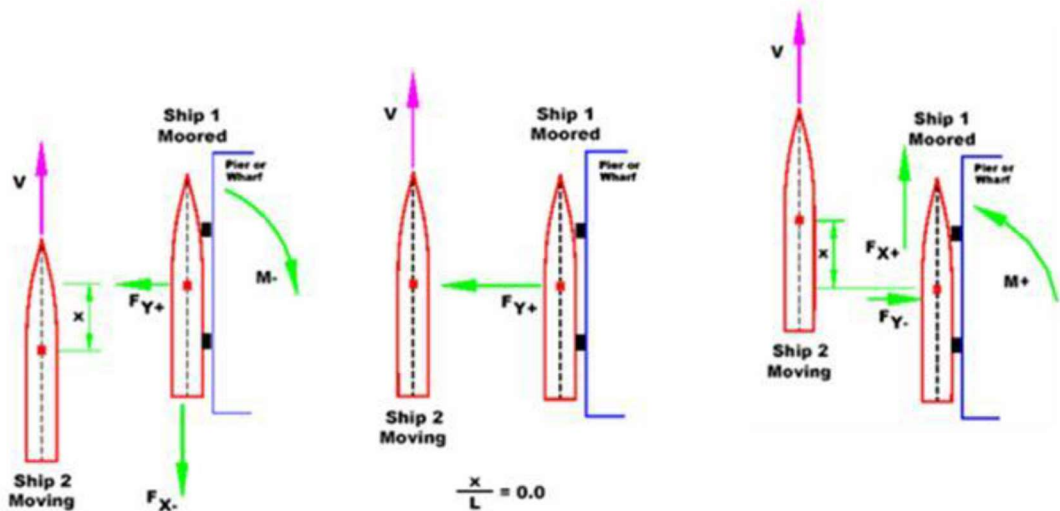


Figura 11: Forças solicitantes (Fonte: Universidade de São Paulo, 2016)

- 1) No momento em que a embarcação passante se aproxima da embarcação ancorada (aprox.  $x/L = -0.3$ ), uma força  $F_x$  negativa ("sucção" entre as embarcações), uma força  $F_y$  positiva ("sucção" entre as embarcações) e um momento  $M_z$  negativo (proa da embarcação atracada é forçada contra ocais) é induzido na embarcação ancorada. Sendo  $L$ , o comprimento da embarcação ancorada e  $x$  a posição do centro da embarcação passante definida com relação a um centro de coordenadas posicionado no centro da embarcação ancorada.
- 2) No instante em que as duas embarcações se encontram lado a lado ( $x/L = 0$ ),  $F_x$  e  $M_z$  se tornam praticamente nulas, enquanto uma grande força  $F_y$  de atração entre as embarcações é observada.
- 3) No momento em que a embarcação passante ultrapassa a embarcação ancorada ( $x/L = 0.3$ ), as forças e o momento, com relação ao eixo vertical  $z$ , invertem de sinal em relação à Etapa 1.

#### 7.4 RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM CAIS

Em virtude da tendência do crescimento dos navios, as administrações portuárias têm a necessidade de readequar estruturas que foram dimensionadas em função de uma embarcação-tipo. Devido a imposição do mercado aquaviário de cargas e empresas de navegação, os portos distribuídos ao redor do mundo têm procurado adequar suas estruturas a essas novas tendências. A indústria naval tem fabricado embarcações maiores, com maior capacidade de carregamento, com objetivo de gerar economias de escala, reduzindo os custos unitários por tonelada movimentada. Dentre as várias obras realizadas pelos portos para atender a demanda do crescimento, estão as obras de dragagem de aprofundamento, de canais de acesso, berços de atracção, bacias de evolução, readequação de obras de defesas e acostagem (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

A necessidade de recuperar e reforçar cais antigos antecede a dragagem dos berços de atracção. Todavia, previamente à dragagem dos berços, torna-se necessária a execução de obras de recuperação e reforço do cais, afim de prevenir a erosão de pé ou solapamento das fundações, tornando a estrutura instável ao risco de tombamento e colapso (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

#### 7.5 RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL PORTO DE SANTOS – SP

O projeto de recuperação e reforço estrutural para aprofundamento dos berços de atracção entre os armazéns 12A e 23, região dos Outeirinhos, que se estende por cerca de 1700 metros na margem direita do porto de Santos (São Paulo), para os quais se previa o aprofundamento de cotas -11,7 a -14,2 metros (DHN -profundidade medida com base no zero hidrográfico da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha) para 15,00 metros (DHN) (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Para verificar o nível de conservação e identificação de patologias estruturais, houve a necessidade de diagnosticar a situação operacional da estrutura de acostagem, através de inspeção visual e táctil, incluindo estacas, prancha de carga e fundo de laje (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Foram realizados estudos geotécnicos através do método de sondagem do tipo SPT (standard penetration test) (Figura 12), tanto no lado terra quanto no lado mar, objetivando traçar o perfil geológico típico dos terrenos e definir parâmetros de interesse para as análises. Observa-se que o terreno (lado terra) é constituído por uma camada de aterro de areia fina assentada sobre uma camada de argila mole marinha. Reconhece-se para as análises que a camada de aterro arenoso compõe até a cota - 11,70 metros (DNH), e abaixo desta cota têm-se argila marinha (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

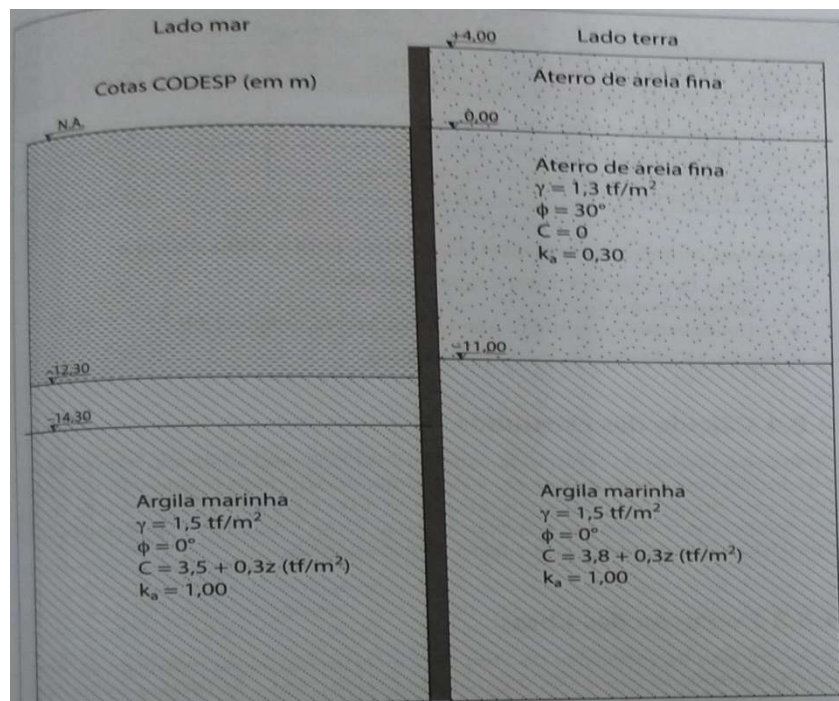


Figura 12: Perfil do solo do porto de Santos (Fonte: Engenharia Portuária, 2013)

Verificou-se também que o nível d'água (NA) do terreno coincide com o nível mínimo do mar, ou seja, encontra-se na cota 0,00 metros de acordo com a CODESP.

Adotaram-se os seguintes parâmetros para a camada de areia:

- Coesão ( $c$ ) = 0,0  $\text{tf/m}^2$
- Peso Específico Natural ( $\gamma_n$ ) = 1,80  $\text{tf/m}^3$
- Ângulo de atrito ( $\phi$ ) =  $30^\circ$
- Coefficiente de empuxo ativo ( $k_a$ ) = 0,30

Segundo Alfredini, Arasaki (2013), o dimensionamento do reforço estrutural do cais foi realizado em colunas de jet-grouting com perfis metálicos, o que é necessário para o aumento da profundidade pela dragagem dos berços. Para a execução do cálculo foi considerada resistência máxima do solo, com coeficiente de segurança máxima de 1,5 no passivo.

De acordo com o mesmo autor, durante a fase executiva da obra o primeiro passo foi a recuperação da estrutura existente, a fim de resgatar as condições originais de projeto. As estacas foram patologicamente classificadas e três tipos:

- a) Estacas com fissuras verticais com pequenas aberturas e extensão concentrada, onde o processo recuperativo consiste apenas na retirada de materiais soltos, limpeza da armadura restante e aplicação com massa epóxi bicomponente para aplicação subaquática, com a função de proteger a armadura;
- b) As estacas com grandes aberturas verticais e perda significativa de material (concreto), ou armadura exposta distante do contato da estaca/laje, onde apenas a limpeza da armadura não é o suficiente, onde é fundamental incorporar nova armadura longitudinal com estribos e com revestimento groutcimentício para uso subaquático, e;
- c) As estacas com maior comprometimento das armaduras se da próxima à laje, receberão o tratamento igual às estacas de grandes fissuras e também receberão um novo engaste junto à laje, preenchido com aditivo epóxi.

Em relação as estacas pranchas, foram adotados dois tipos de tratamento, um mais simples, onde não há dano a armadura, sendo aplicado somente massa epóxi para revestimento, entretanto as estacas que sofreram maiores danos, ou seja, com prejuízo à armadura, foi necessária a incorporação de novas armaduras e revestimento com groutcimentício para uso subaquático (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Seguindo o processo recuperativo da estrutura de acostagem, Alfredini, Arasaki (2013), relatam que foi necessária a recuperação da inferior das lajes, pois havia várias armaduras expostas. Então foi aplicada massa epóxi a fim de proteger às armaduras, e em seguida foi realizado um serviço comumente utilizado em todo o

mundo, o jet-grouting, que se fundamenta injeção de calda de cimento no subsolo por meio de bicos que variam de 2 à 4 mm, que são penetrados no interior do solo e giram em alta velocidade em direção a superfície. O objetivo do jet-grouting não é preencher os espaços vazios do solo, mas formação de elementos geometrizados pela mistura da calda de cimento com o solo, obtendo colunas de jet-grouting. Consolidando uma coluna próxima a outra, propiciará a criação de um bloco único, com o objetivo que a obra atenda quais parâmetros técnicos. É fundamental que as estacas sejam cravadas de acordo com o projeto original. Após concluída as colunas de jet-grouting, é inserido um perfil metálico de modo à garantir sua continuidade, e garantindo a resistência quanto á tração.

Durante a fase executiva é fundamental mitigar os impactos causados pela obra no meio ambiente, como por exemplo o refluxo gerado durante a aplicação do jet-grouting. Como forma a diminuir o refluxo, os engenheiro optaram em penetrar dois metros no solo tubos metálicos de 40 cm de diâmetro até a cota de um metro acima da maré máxima, e que funcionam como camisas metálicas para a injeção do jet-grouting. O resido gerado por esse processo ficará confinado nesses tubos, e em seguida seriam descartados em local apropriado (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

## 8. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada consiste de uma pesquisa aplicada, qualitativa e exploratória.

Para não perder investidores e competitividade no cenário econômico, portos de todo o mundo têm procurado se adequar às novas disposições impostas pelo mercado de transporte aquaviário de cargas e empresas de navegação. Embarcações maiores com maiores consignações (carregamentos), são dois objetivos a serem seguidos, em função de gerarem grandes economias, resultando em menores custos unitários por toneladas movimentada. E para atender as tendências, os portos estão se esforçando. Dentre os esforços estão as obras de dragagem de aprofundamento de canais de acesso, bacias de evolução e berços de atracação (ALFREDINI, ARASAKI, 2013).

Para interagir com o tema escolhido e analisar a real necessidade de dragar o canal de acesso do Porto de Santos imposto pelas empresas portuárias, os autores dessa monografia realizou uma visita técnica no Terminal Exportador de Guarujá (TEG), com o objetivo de conhecer as instalações de um terminal e as áreas de atracação dos navios.

Com o aprofundamento do canal do Porto de Santos alguns reflexos foram notados, tais como ambientais e estruturais. E durante a visita, foi apresentado um breve escopo da obra de reforço estrutural dos berços de atracação entre os armazéns 12 A e 23.

Serão estudadas as obras de dragagem feitas no canal do porto de Santos, assim como os reflexos ambientais e os efeitos nas estruturas de acostagem.

Serão citadas e analisadas, partes da legislação brasileira (federal e estadual) relativa a serviços de dragagem em regiões portuárias e resolução 454 de 01 de novembro de 2012, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

## 9. RESULTADOS

Segundo o Guia Marítimo (2016), para o porto de Santos continuar competitivo e garantir a posição de principal hub port do País e da América Latina, “precisa continuar investindo não só na aquisição de equipamentos modernos como na ampliação e aperfeiçoamento de sua infraestrutura logística, interna e externamente”.

“A partir do aumento do calado, os navios podem aumentar sua capacidade de transporte, carregando mais carga num número menor de navios. A produtividade média, calculada pelo total de carga movimentada em relação à quantidade de embarcações atracadas para operação, apontou crescimento em torno de 7% ao longo do ano de 2015. Foi um crescimento significativo de mercadorias por navio, algo viabilizado pela garantia da profundidade ao longo do canal de navegação e berços de atracação” (CODESP, 2015).

Com base na figura abaixo, torna-se notório, justificável e necessário o aumento do calado do porto de Santos, para receber navios de maiores dimensões, trazendo por consequência aumento da produtividade do porto, garantindo que os navios possam carregar em plena carga, e diminuindo a quantidade de navios atracados.


EVOLUÇÃO NAS DIMENSÕES DAS EMBARCAÇÕES OPERADAS NOS ÚLTIMOS ANOS	Comprimento	Calado	TEU
 <p>PRIMEIRA GERAÇÃO - (1956 - 1970)</p>	135 m 200 m	< 9 m	500 800
 <p>SEGUNDA GERAÇÃO - (1970 - 1980)</p>	215 m	10 m	1.000 2.500
 <p>TERCEIRA GERAÇÃO - (1980-1988)</p>	250 m 290 m	11-12 m	3.000 4.000
 <p>QUARTA GERAÇÃO - (1988-2000)</p>	275 - 305 m	11-13 m	4.000 5.000
 <p>QUINTA GERAÇÃO - 2000 - ?)</p>	335 m	13-14 m	5.000 8.000

Figura 13: Evolução dos Navios (Fonte: ANTAQ, 2008)

Com advento da recepção de navios maiores, é fundamental a readequação das estruturas de acostagem, tais como reforço das estacas atuais, cravação de novas estacas, aplicação de jeting grout no solo através de métodos específicos, troca e redimensionamento dos cabeços de amarração e instalação de defensas apropriadas a receber maiores esforços.

Baseado no crescimento portuário, o processo de readequação e recuperação de 1700 metros de cais entre os armazéns 12A e 23, deixou comprovado a necessidade de realizar esse tipo de obra, pois garante o aprofundamento do trecho até – 15 metros, permitindo ampliar a produtividade dos embarques de açúcar pelos terminais localizados naquela área (CODESP, 2015).

De fato, todo processo de dragagem é rigorosamente monitorado pelos órgãos competentes conforme já abordado, para estar em sintonia com o meio ambiente, pois toda a atividade gera impactos significativos na biota marinha. Para garantir isso, a CODESP vem monitorando o processo de descarte, com o objetivo de manter todo o processo dentro dos parâmetros aceitos pelos órgãos reguladores, inclusive internacionalmente.

A necessidade pela busca constante do aprofundamento do canal de acesso de porto de Santos, tem levado o departamento de Tanque de Provas Numéricos da Universidade de São Paulo (2016) a realizar um estudo necessário para suportar os futuros projetos de dragagem de manutenção e aprofundamento.

Sendo assim, comprovado o nível de crescimento e competitividade no âmbito portuário, está cada vez mais associada concepção do desenvolvimento sustentável, pois é fundamental garantir a preservação do meio ambiente alinhado a cidadania.

## 10. CONCLUSÃO

De acordo com as informações colhidas no presente trabalho, torna-se óbvio entender que o crescimento do porto está diretamente ligado à questão da capacidade de carga dos navios, onde cada vez mais os navios estão operando em plena carga a fim de baratear o custo do transporte e da mercadoria e para manter-se competitivo no cenário econômico internacional.

O canal do Porto de Santos sofre com o assoreamento que é na sua maior parte natural, então daí surge a necessidade da contínua e infinita dragagem de manutenção, que tem como objetivo de manter o canal e os berços de atracação desassoreados, contribuindo para a operacionalidade e segurança da embarcação.

Atualmente o Porto de Santos tem recebido navios do tipo Post Panamax, que tem como características, grandes dimensões e calados profundos. Esses navios não podem estar carregados em plena carga devido a limitação da profundidade, entretanto para que trafeguem em condição de plena carga é necessária a dragagem de aprofundamento que possibilita a entrada desse tipo de embarcação, porém o aprofundamento traz consigo alterações na hidrodinâmica do canal e até mesmo do estuário.

Observamos também que para acompanhar o progresso da dragagem, muitos cais de acostagem precisam passar por reforços estruturais, pois não foram projetados a sofrer o aprofundamento e receber navios Post Panamax e Super Post Panamax, que irão produzir esforços acima do admitidos pelo projeto.

Outro fator determinante para o sucesso da dragagem é o monitoramento da qualidade da água e do sedimento que deve ser feito antes, durante, e depois das operações de dragagem, dentro das normas propostas na legislação brasileira para dragagens. Os custos com operações de dragagens devem ser considerados fatores determinantes para o sucesso das operações, visto que os principais pontos a serem considerados podem ser a escolha do tipo ideal de draga e método de manejo e descarte do sedimento dragado, monitoramento dos impactos na flora, fauna, e qualidade da água e sedimentos e ainda os custos operacionais referentes ao monitoramento.

O crescimento da preocupação ambiental alterou substancialmente a forma de gestão dos materiais dragados encontrados em fundo aquáticos.

É evidente que a dragagem do porto de Santos é fundamental para manter o porto competitivo, contribuir para o escoamento da produção agrícola brasileira e manter a segurança e à acessibilidade dos navios do tipo Post Panamax e Super Post Panamax.

## REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Engenharia Portuária**. São Paulo: Blucher, 2013.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Planejamento Ambiental: Caminho para Participação Popular e Gestão Ambiental para Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Thex Editora Ltda., 1999.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Porto de Santos**. 2007. Disponível em: <[www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2007/Pdf/Santos.pdf](http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2007/Pdf/Santos.pdf)>. Acesso em: 20 de março de 2016.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Dragagem no porto de Santos**. 2009. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/Palestras/XIXCooperaportos/DragagemnoPortodeSantosAlexandreGrotacODESP.pdf>>. Acesso em: 20 de abril 2009.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Dragagem por resultados**. 2008. Disponível em: - <<http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/Palestras/seminarioReformaPortuaria/DragemMarcosPagnoncelli.pdf>> Acesso em: 30 de Setembro de 2016.

BOLDRINI, Eliane Beê; SOARES, Carlos Roberto et Paula, Eduardo Vedor de. **Dragagens Portuárias no Brasil – Licenciamento e Monitoramento Ambiental**, antonina: Governo do Estado do Paraná, 2007.

BRAY, R.N., Bates, A.D e Land, J.M. **Dredging**, a Handbook for Engineers. John Wiley & Son, Inc. Second edition. New York, 1997.

BRASÍLIA – DF. DECRETO Nº4.333, de 12 de agosto de 2012. Publicado em: 12 de agosto de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4333.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4333.htm)>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

CLARK, R.B. **Marine Pollution**. 4<sup>a</sup>.ed. Oxford University Press Inc., New York, 1997.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>> Acesso em: 15 de março de 2016.

COSTA, Sandra Dias. **O uso da avaliação ambiental estratégica para definição de políticas portuárias: o caso do porto de Santos/SP**. Monografia apresentada ao Centro de Desenvolvimento Sustentável,

Universidade de Brasília, para obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento Sustentável e Direito Ambiental. Brasília, 2005.

CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo. **Regulamento de Exploração do Porto de Santos**. 2014. Disponível em : <<http://www.portodesantos.com.br/down/REPS.pdf?02122014>> Acesso em: 20 de março de 2016.

CODESP – Companhia Docas do Estado de São Paulo. **Procedimento para utilização do Polígono de Disposição Oceânica (PDO)**. 2014. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/8871111-Companhia-docas-do-estado-de-sao-paulo-codesp-autoridade-portuaria-de-santos-procedimentos-para-utilizacao-do-poligono-de-disposicao-oceanica-pdo.html>> Acesso em: 20 de março de 2016.

CODESP – Companhia Docas do Estado de São Paulo. **Panorama do Porto de Santos**. 2016. Disponível em : <[http://www.portodesantos.com.br/down/imprensa/panorama\\_porto\\_2015.pdf](http://www.portodesantos.com.br/down/imprensa/panorama_porto_2015.pdf)> Acesso em: 30 de Setembro de 2016.

CUNHA, Ícaro A. (org). **Conflitos Ambientais das Atividades Portuárias e política de gerenciamento costeira**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

FUNDESPA – Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. **Resumo dos Resultados de Monitoramento das Atividades de Dragagem do Porto de Santos**. 2012.

FUNDESPA – Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas. **Plano básico ambiental da dragagem de aprofundamento do porto de Santos**. 2010.

GUIA MARÍTIMO. **O porto de Santos precisa estar preparado se quiser continuar competitivo**. 2016. Disponível em: <<http://www.guiamaritimo.com.br/noticias/cenario/porto-de-santos-precisa-estar-preparado-se-quiser-continuar-competitivo>> Acesso em: 01 de Outubro de 2016.

LEINS, Victor et AMARAL, Sérgio Estanislau do, **Geologia Geral**, Editora Nacional, 1998.

LIMA, Lilian Rouse Silva. **Dragagem, transporte e disposição final de sedimentos de leito de rio – Estudo de caso: Calha do Rio Tietê – Fase II**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo.

PCE MEDIDORES. **Transdutores**. 2016. Disponível em: <<http://www.pce-medidores.com.pt/sistemas/transdutores.htm>> Acesso em: 20 de março de 2016.

PORTO GENTE. **Operações de dragagem – custos envolvidos.** 2016 . Disponível em: <<https://www.portogente.com.br/portopedia/73052-operacoes-de-dragagem-custos-envolvidos>> Acesso em: 20 de abril de 2016.

PORTO GENTE. **Batimetria realiza medição de profundidade marítima.** 2005 . Disponível em: <<https://portogente.com.br/noticias/transporte-logistica/5796-batimetria-realiza-medicao-de-profundidade-maritima>> Acesso em: 20 de abril de 2016.

PORTAL BRASIL. **Dragagem do Porto de Santos contará com R\$ 369 milhões.** 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/04/dragagem-do-porto-de-santos-contara-com-r-369-milhoes>> Acesso em: 20 de abril de 2016.

ROBERTS, W.J. **Economic value of dredged material.** Specialty Conferenc on Dredging and its Enviromental Effects. Alabama, 1996.

TORRES, Ronaldo José. **Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto de Rio Grande.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica. Rio Grande do Sul: FURG, 2000.

THE CONSTRUCTION INDEX. **Panama Canal board gives go-ahead for new port.** 2015. Disponível em: <<http://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/panama-canal-board-gives-go-ahead-for-new-port>> Acesso em: 01 de Outubro de 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Estudo e pesquisa de interação hidrodinâmica entre navios e definição dos limites operacionais de navegação no porto de santos para diferentes cenários.** 2016.

## ANEXOS

### **Anexo 1: Parte do Decreto nº 4.333, de 12 de agosto de 2002 Regulamenta a delimitação das áreas do Porto Organizado de Fortaleza, Santos e Vitória, suas instalações, infraestrutura e planta geográfica.**

DECRETO:

[...] Art. 2º A área do Porto Organizado de Santos, no Estado de São Paulo, é constituída:

I - pelas instalações portuárias terrestres existentes na margem direita do estuário formado pelas Ilhas de São Vicente e de Santo Amaro, desde a Ponta da Praia até a Alemoa e, na margem esquerda, desde as Ilhas de Barnabé até a embocadura do Rio Santo Amaro, abrangendo todos os cais, docas, pontes, piers de atracação e de acostagem, armazéns, pátios, edificações em geral, vias internas de circulação rodoviárias e ferroviárias e, ainda, os terrenos ao longo dessas faixas marginais e em suas adjacências, pertencentes à União, incorporados ou não ao patrimônio do Porto de Santos, ou sob sua guarda e responsabilidade, incluindo-se também a Usina Hidrelétrica de Itatinga e a faixa de domínio de suas linhas de transmissão;

II - pela infraestrutura de proteção e acesso aquaviário, tais como áreas de fundeio, bacias de evolução, canal de acesso até o paralelo 23º 54' 48"S e áreas adjacentes a este até as margens das instalações terrestres do porto organizado, conforme definido no inciso I deste artigo, existentes ou que venham a ser construídas e mantidas pela Administração do Porto ou por órgão do Poder Público. [...]