

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**JOANA PERALVA PARUOLO**

**O PROCESSO DE DRAGAGEM: Os equipamentos mais modernos e seus métodos de  
funcionamento**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**JOANA PERALVA PARUOLO**

**O PROCESSO DE DRAGAGEM: Os equipamentos mais modernos e seus métodos de funcionamento**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Mestre Hermann Regazzi Gerck

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**JOANA PERALVA PARUOLO**

**O PROCESSO DE DRAGAGEM: Os equipamentos mais modernos e seus métodos de funcionamento**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Mestre Hermann Regazzi Gerck

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial aos meus pais e minha irmã e aos meus amigos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família maravilhosa, os quais eu amo imensamente e que nunca me deixaram vacilar; aos meus amigos, sempre presentes quando eu precisei e companheiros nas maiores alegrias; à minha turma da EFOMM; ao meu amor, por sempre me fazer enxergar o melhor lado das situações e das pessoas; aos meus professores, pois cada um, em maior ou menor grau, exerceu influência em minha profissão, tornando possível tudo o que eu alcancei e ainda pretendo alcançar. E agradeço, também ao Prof. Mestre Hermann, por ter me auxiliado na realização desse trabalho, e por sua paciência durante as aulas de Hidrodinâmica que ministrou para os alunos do curso de Náutica.

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso objetiva destacar uma atividade de importância estratégica para o país e cuja necessidade nos portos é pouco conhecida no meio marítimo: a dragagem. No Brasil, esse processo ainda não possui a importância necessária, o que faz com que em muitos portos seja considerada secundária perante diversos projetos de investimento. Além disso, o trabalho procura relacionar os principais tipos de dragagem, implementação, manutenção, ambiental e mineração, e os equipamentos mais utilizados atualmente, explicando seu modo de funcionamento, (princípio físico – dragas mecânicas e seus tipos e dragas hidráulicas e seus tipos) e o ambiente de atuação de cada equipamento considerando o tipo de leito marítimo, a distância para o local de descarregamento dos sedimentos e a potência da draga. Ao final do trabalho, é possível perceber a variedade de equipamentos utilizados, e como são específicos, necessitando de um estudo prévio do local onde a draga irá atuar para evitar custos adicionais. Este é um trabalho de pesquisa, trabalhando com artigos e livros dedicados ao assunto.

**Palavras-chave:** Dragagem. Dragas. Sedimentos. Equipamentos. Dragas Mecânicas. Dragas Hidráulicas. Gerenciamento.

## **ABSTRACT**

This work aims to highlight an activity of strategic importance for the country and whose need to the ports is little known in the maritime environment: the dredging. In Brazil, this process still lacks the necessary weight, which means that in many ports it is considered secondary before several investment projects. Furthermore, the work seeks to relate the main types of dredging and the most widely used equipment, explaining its work method (capital dredging, maintenance dredging, environmental dredging, mining dredging and where each of them should be used, considering type of soil, distance to the discharging area and capacity of the dredge. At the end of the work, you can see the variety of equipment used, and how they are specific, requiring a prior study of where the dredge will act to avoid additional costs. This is a research, working with papers and books devoted to the subject.

**Key words:** Dredging. Dredge. Sediments. Equipment. Mechanical dredges. Hydraulic dredges. Management.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	9
<b>2. O Processo de Dragagem e seus Objetivos</b>	11
<b>2.1. Dragagem de Implementação</b>	11
<b>2.2. Dragagem de Manutenção</b>	11
<b>2.3. Dragagem de Remediação ou Ambiental</b>	11
<b>2.4. Dragagem de Mineração</b>	12
<b>3. Equipamentos utilizados no processo de Dragagem</b>	13
<b>3.1. Equipamentos Mecânicos</b>	13
<b>3.2. Equipamentos Hidráulicos</b>	16
3.2.1. Draga de Sucção e Recalque	16
3.2.1.1. Áreas de Aplicação	17
3.2.1.2. Método de Trabalho	17
3.2.1.3. A Profundidade Mínima de Dragagem	18
3.2.1.4. O Tipo de Solo	19
3.2.2. Dragas Autotransportadoras de Arrasto	19
3.2.2.1. Características	19
3.2.2.2. Principais Vantagens	20
3.2.2.3. Densidade da Draga	20
3.2.2.4. Aspectos Técnicos	21
a) Boca de Dragagem	21
b) Tubo de Sucção	22
c) Compensador de Arfagem	23
d) Tubulação de Descarga	24
e) A cisterna	25
i. Sistema de Carregamento	25
ii. Sistema de Descarga	26
f) Sistema de Propulsão	27
g) Manobrabilidade	28
3.2.3. Dragas Pneumáticas	28
<b>3.3. Critérios de Escolha da Draga</b>	29

<b>4. Gerenciamento dos Sedimentos Dragados</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Deposição de Materiais</b>	<b>30</b>
4.1.1. Despejo em Mar Aberto	30
4.1.2. Depósito de Sedimentos em Locais Confinados	33
<b>4.2. Tratamento do Material Contaminado</b>	<b>34</b>
4.2.1. Pré tratamento	35
4.2.2. Tratamento Físico-químico	35
4.2.3. Tratamento Biológico	35
4.2.4. Tratamento Eletro-cinético	36
<b>4.3. Utilização do Material Dragado para a Agricultura</b>	<b>36</b>
<b>4.4. Construção de Aterros</b>	<b>36</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>38</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em comparação com os outros modais da cadeia logística de transporte de mercadorias, o modal aquaviário possui diversas vantagens, como reduzido custo relativo de transporte, capacidade para grandes quantidades a grandes distâncias e menor custo de manutenção. Por essas razões, esse sistema é considerado estratégico a inúmeros países, como a Holanda, o Canadá e os EUA.

No Brasil, aproximadamente 95% das cargas são transportadas por navios. Desta informação, pode-se perceber a importância deste tipo de transporte para a economia nacional.

Atualmente, o constante desenvolvimento da indústria naval está projetando navios cada vez maiores, e conseqüentemente, com um calado mais profundo. Esse aumento significativo no porte das embarcações é justificada pela maior capacidade de carregamento, e então diminuição dos custos por viagem. Desta forma, surge a necessidade de preparar os canais e berços para o recebimento dessa frota renovada e que exige equipamentos e condições portuárias específicas.

Dentro dessas condições está a profundidade segura de navegação em todo o canal de acesso e no próprio píer, que em muitos lugares só é possível ser alcançada e mantida por intervenção humana, ou seja, por meio da atividade de dragagem. Na Lei No 11.610/07 define-se como dragagem uma obra ou serviço de engenharia que consiste na limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação de material no fundo de rios, lagos, mares, baías e canais. A dragagem não consiste no objetivo final, porém é uma importante ferramenta para o desenvolvimento do comércio marítimo.

Até a década de 90, essa atividade era executada por empresas estrangeiras. Durante o regime militar, tornou-se estratégica, assim como ocorreu nos Estados Unidos da América, e a intervenção governamental aconteceu em todas as etapas da atividade.

Em 1993, a Lei de Modernização dos Portos (Lei No 8.630) trouxe artifícios para conceber um programa de reestruturação da atividade portuária tais como desestatização, desregulamentação e leis de mercado.

Devido ao afastamento da União na obtenção dos recursos, as Autoridades Portuárias passaram então a ter dificuldades para manter os investimentos

necessários em dragagem no País. Na década de 90 as Companhias Docas passaram a executar os serviços de dragagem, assumindo as dragas de maior porte, operando-as de forma irregular.

A Lei No 9.277/96 permitiu que a União delegasse aos Estados e municípios, por intermédio do Ministério dos Transportes (MT), a administração e a exploração dos portos públicos. Sendo assim, as administrações estaduais e municipais puderam transferir serviços portuários para a iniciativa privada.

Sem novos investimentos em novos equipamentos de dragagem e manutenção dos que já existiam, o sistema de dragagem no País entra em crise. No final dos anos 90 empresas holandesas e belgas e algumas empresas brasileiras passaram a atuar em águas brasileiras. Todos os serviços de dragagem planejados e transferidos a iniciativa privada foram, desta forma, contratados por meio de licitação pública e custeados com recursos gerados pelas receitas das Administrações Portuárias.

Esse breve histórico do sistema de dragagem no Brasil mostra que existe uma deficiência da atividade. Estima-se que o serviço de dragagem realizados efetivamente correspondam a apenas 35% das metas anuais. Em um país que possui quase 8000 km de costa e 34 portos públicos marítimos é essencial manter as condições de acesso aos portos. Como exemplo prático, tem-se o Complexo Portuário do Maranhão, local com grandes variações de maré e conseqüentemente fortes correntes de maré que arrastam muito sedimento. Caso os navios de grande porte ficassem impedidos de demandar um porto maranhense devido a um possível assoreamento, as conseqüências na economia brasileira seriam grandes, pois o complexo portuário maranhense é responsável por grande parte das exportações nacionais, principalmente de minério de ferro e soja.

A cadeia logística de dragagem envolve a retirada dos sedimentos, o transporte e por fim o despejo. Para que essa dragagem seja feita de forma eficiente, é necessário grande estudo sobre a dinâmica do local e do material que será retirado, uma vez que isso define não só a escolha dos equipamentos a serem utilizados, como também qual será o melhor destino desses sedimentos, a fim de atender as legislações pertinentes. Assim será possível otimizar o processo, obter o maior lucro possível, minimizar os impactos ao meio ambiente e possivelmente utilizar de forma benéfica esses sedimentos.

## **2. O PROCESSO DE DRAGAGEM E SEUS OBJETIVOS**

### **2.1. Dragagem de Implementação**

Para que a economia de um país se desenvolva, é necessário que seus portos tenham capacidade físicas adequadas para a realização de trocas comerciais. Tendo em vista que as embarcações atuais estão ficando cada vez maiores, a exemplo dos ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*) e ULOC (*Ultra Large Ore Carrier*) que chegam a ter mais de 400.000 tpb e calado de 23 metros.

Por esses motivos, a dragagem de Implementação (*capital dredging*) assume significativa importância econômica, pois os portos já existentes são aprofundados, bacias portuárias são criadas ou ampliadas e áreas são aterradas para fins industriais.

Esse processo é classificados por grande movimentação de material.

### **2.2. Dragagem de Manutenção**

Apenas a construção e o aprofundamento dos canais talvez não seja suficiente devido a taxa de sedimentação no local. Assim, torna-se necessário um processo de dragagem contínuo para manter as características necessárias para a segurança da navegação nas proximidades do porto. Desta forma, é efetuada uma dragagem contínua, chamada de Manutenção.

### **2.3. Dragagem de Remediação ou Ambiental**

Sua principal meta é promover a reabilitação de uma área degradada através da retirada de sedimentos contaminados depositados de forma imprópria. Ela difere da draga de manutenção em vários aspectos. O primeiro deles é em relação ao

próprio objetivo do processo. Como dito antes, a dragagem de Manutenção está voltada para conservação de um local previamente aprofundado, portanto o material dragado não é tão relevante nesse tipo. Já a Dragagem Ambiental envolve uma maior rigidez durante a dragagem, no transporte dos sedimentos e na sua deposição. Segundo Goes Filho (2004), as principais dragas utilizadas nesse processo são as hidráulicas, que recebem acessórios especiais para evitar a suspensão do material contaminado.

Como esse tipo de dragagem atua em locais já degradados, geralmente seus efeitos são positivos.

#### **2.4. Dragagem de Mineração**

Este tipo de dragagem busca materiais destinados a comercialização. Dentre eles é possível citar a argila, areia e cascalho (destinados a construção civil), ou ainda diamante e outro em vias fluviais (Goes Filho, 2004).

### 3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE DRAGAGEM

Os equipamentos utilizados no processo variam em função de diversos fatores que serão explicados ao final do capítulo.

#### 3.1. Equipamentos Mecânicos

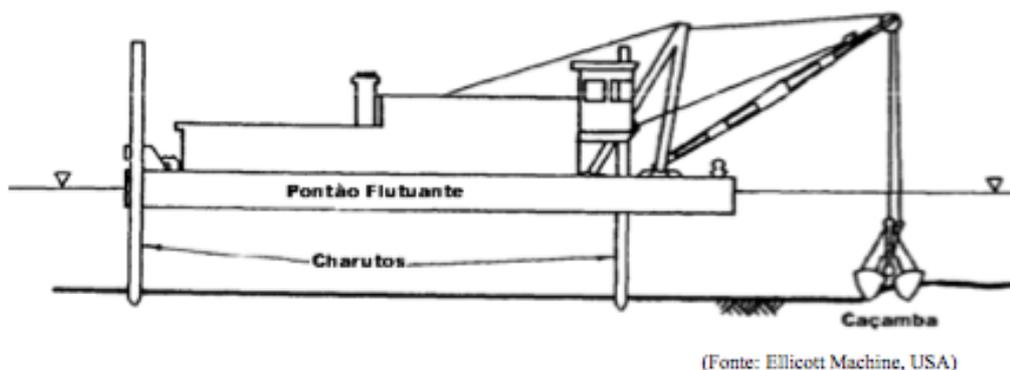
Podem ser classificados em 4 tipos (Goes Filho, 2004)

- Caçambas de Mandíbulas (*Grab dredges*)
- Escavadeiras frontais (*Dipper dredges*)
- Retroescavadeiras (*Hoes*)
- Pás de Arrasto (*Draglines*)
- Dragas de Alcatruzes (*Bucket Dredges*)



Figura 1- Draga Mecânica de Mandíbulas Articuladas

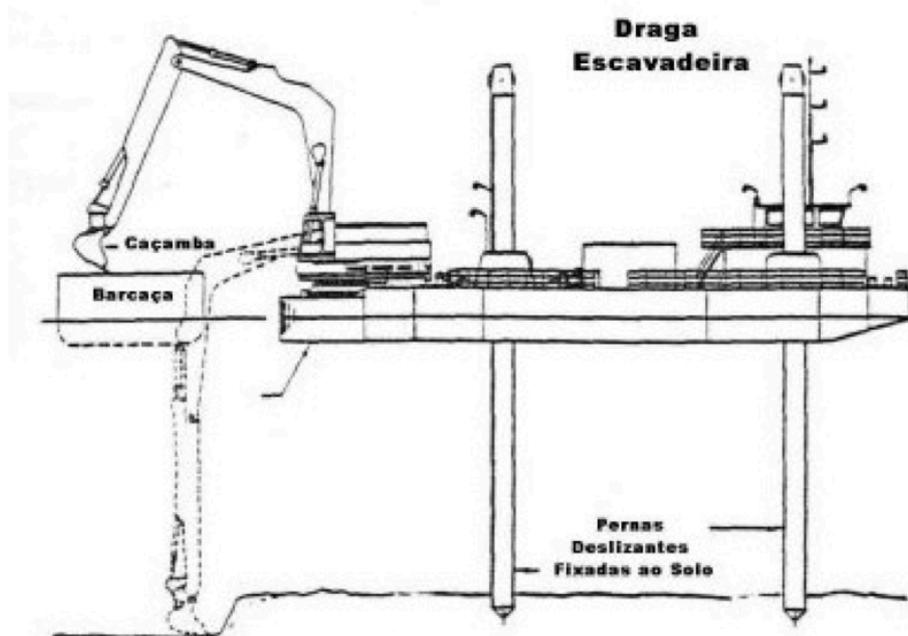
A Caçamba de Mandíbulas (Figura 1) é formada por um guindaste capaz de girar posicionado sobre uma superfície flutuante.



**Figura 2- Caçamba Mecânica**

Os charutos (*spuds*) observados na Figura 2 servem para manter a draga em posição enquanto ela está operando e permitem aumentar o torque da escavação.

As Escavadeiras Frontais ou Retroescavadeiras possuem uma grande semelhança com as escavadeiras terrestres, sendo basicamente adaptadas para o meio marítimo.



**Figura 3- Escavadeiras Frontais: braços articulados e charutos para mantê-la em posição**

As Dragas Alcatruzes são constituídas de uma corrente que possui vários baldes, os quais são responsáveis por fazerem a retirada dos sedimentos do fundo como mostra a Figura 4, a medida que a corrente sobe um plano inclinado. Elas foram a primeira tentativa de efetuar um processo de dragagem contínuo, tornando a operação mais eficiente graças a não necessidade de paralisação.

Esse tipo de draga é fixada por meio de ferros, e durante a dragagem ela pode se movimentar em torno da proa recolhendo ou liberando os guinchos de bordo que seguram os ferros.

As bucket dredgers foram, em sua grande maioria, substituídas pelas dragas de sucção e recalque, pelas retroescavadeiras e pelas autotransportadoras de arrasto, devido a sua dificuldade de locomoção (em virtude da grande quantidade de ferros), custo elevado de manutenção e necessidade de pessoas extremamente especializadas neste tipo de operação.

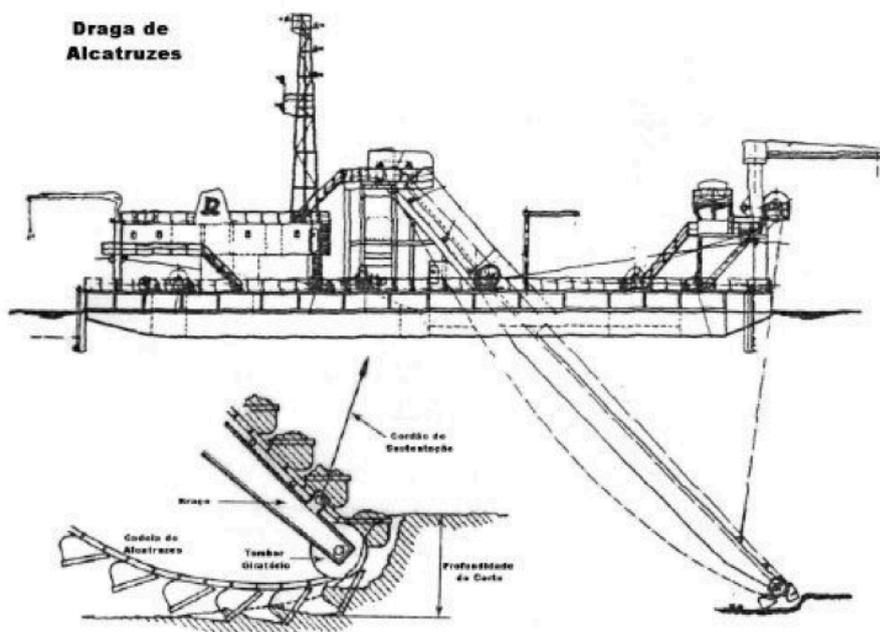


Figura 4- Dragas Alcatruzes: correntes e caçambas.

### 3.2. Equipamentos Hidráulicos

As Dragas Hidráulicas operam por meio de bombas centrífugas, as quais aspiram do fundo os sedimentos a serem dragados. Elas são classificadas em Dragas Autotransportadores de Arrasto e Dragas de Sucção e Recalque

#### 3.2.1. Draga de Sucção e Recalque (*Cutter Suction Dredge- CSD*)

São dragas estacionários, formadas por um desagregador mecânico (*cutter*) situado na ponta do aspirador. Ao girar, suas lâminas se encarregam de cortar o material do fundo, possibilitando, com isso, a aspiração das partículas desagregadas pela força das bombas centrífugas.

O desagregador Mecânico da draga foi construído para desagregar um material mais coeso. No entanto, é comum a utilização desse tipo de draga mesmo com materiais mais soltos, como siltes, argila e areia, o que ocasiona a dispersão dos sedimentos mais finos, e que podem estar contaminados. Com o objetivo de reduzir o possível impacto ambiental causado por essa dispersão, utiliza-se acessórios especiais, como tampas, capas e outros.

Durante a operação, a draga se movimenta ao redor dos charutos, puxando e folgando cabos laterais ligados a dois ferros. Em virtude desses ferros, os quais são necessários para a realização da dragagem, a draga pode obstruir a passagem de outras embarcações.

A escada é um equipamento sobre o qual o boca de corte, a tubulação de aspiração e o dispositivo de movimentação estão.



**Figura 5- Cutter Suction Dredger**

#### 3.2.1.1. Áreas de Aplicação

A CSD pode ser utilizada em praticamente todos os tipos de leitos marítimos, desde que a potência instalada seja suficiente. Normalmente são mais utilizadas perto da costa, em portos e vias navegáveis, ou para recuperação de áreas sujeitas a erosão. Por isso, de forma geral, a distância que percorre até a área de descarga é menor do que a distância percorrida por uma *Trailing Suction Hopper Dredger*.

#### 3.2.1.2. Método de Trabalho

Quando a escada é submersa, as bombas da draga são ativadas e o desagregador mecânico é colocado em funcionamento. A escada é então afundada até o calado máximo do local, e o movimento ao redor do charuto é iniciado, puxando o cabo do ferro de bombordo e folgando o cabo de boreste, e vice versa.

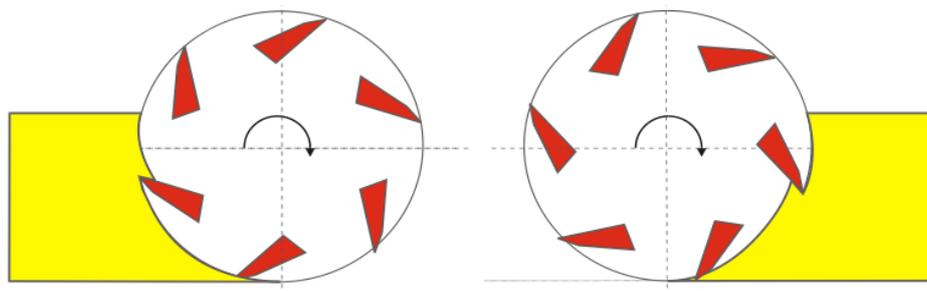


Figura 6- Métodos de corte

### 3.2.1.3. A profundidade mínima de dragagem

A profundidade mínima para trabalhar com uma CSD depende essencialmente de 3 fatores:

- Calado da draga;
- Posição do aspirador de água para resfriamento;
- Tipo de construção e formato da escada.

Mesmo quando dragando na profundidade mínima, deve existir um calado mínimo e para dragas destinadas a solos mais difíceis de dragar (mais pesadas), é necessário que o calado seja maior ou que a boca seja mais larga. A laseira mínima entre o fundo do casco e o leito marítimo é de 1 metro e o aspirador de água para resfriamento deve ser adaptado para prevenir que material do fundo seja sugado.

Quando dragando em locais rasos em comparação com o calado da embarcação, o formato da escada também deve sofrer modificação para evitar o arrasto da mesma no fundo do mar. Para evitar esse arrasto, o ângulo entre a parte inferior da escada e a horizontal deve ser de no mínimo  $5^\circ$  (Figura 7).

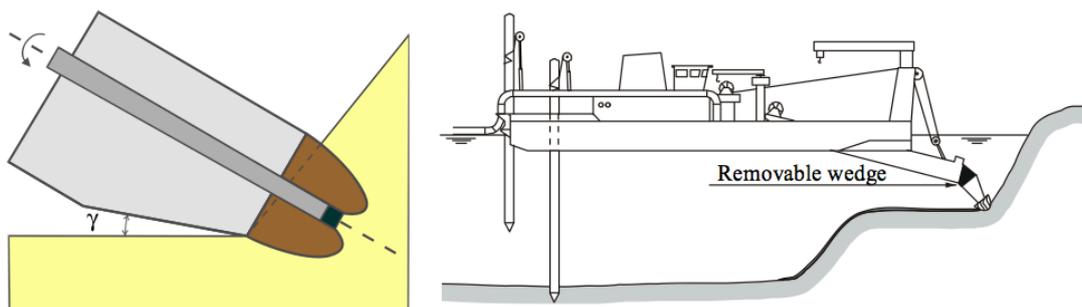


Figura 7

#### 3.2.1.4. O Tipo de Solo

O tipo de solo influencia bastante no modelo do desagregador mecânico, na potência dos guinchos que movimentam os ferros laterais, na resistência da escada e dos charutos. Com a mesma potência de dragagem, um CSD dragando pedra terá uma taxa de produção menor do que dragando areia. Em face disso, uma draga destinada a dragar pedra deve ter uma tubulação de sucção menor, por ser mais econômico dragar material mais concentrado.

#### 3.2.2. Dragas Autotransportadoras de Arrasto (Trailing Suction Hopper Dredger)

As dragas Autotransportadoras de Arrasto constituem o modelo mais utilizado nos EUA graças a sua versatilidade, pois podem ser utilizadas em áreas abrigadas ou não. Elas são responsáveis por cerca de 95% de todas as atividades de dragagem em território americano (Laurita Teixeira, 2009).

##### 3.2.2.1. Características

A Trailing Suction Hopper Dredger caracteriza-se por ser uma embarcação de propulsão própria, dotada de uma cisterna (hopper) que armazena o material dragado e de um equipamento de dragagem. Os principais sedimentos dragados por ela são areia e siltes. Utilizar essa draga em locais com pedra é normalmente não econômico, e exige bocas pesadas (*ripper-heads*)

Em linhas gerais, pode-se encontrar os seguintes elementos nesse tipo de draga:

- Tubos de aspiração, os quais possuem, em sua extremidades, *bocas*, que são arrastadas pelo fundo do mar enquanto a draga está em operação;

- Bombas centrífugas que irão aspirar o material suspenso através das bocas;
- Uma cisternas (*hopper*) onde os sedimentos serão armazenados;
- Um sistema (*overflow*) para descartar a água em excesso no porão;
- Portas de fundo para descarregar o material aspirado;
- Guinchos para içar os tubos de aspiração;
- Um sistema para compensar a arfagem e manter o navio em contato com o leito do oceano. (*swell compensator*).

#### 3.2.2.2. Principais vantagens

Sua mobilidade torna esse modelo de draga especialmente importante nos trabalhos executados em zonas portuárias, pois podem se mover livremente, não havendo necessidade de fixá-las com cabos e ferros. Assim, a economia do local não é afetada devido ao bloqueio do canal de acesso pela draga. Além disso, ela também pode ser utilizada em trabalhos mais afastados da costa (*offshore*) e o fato de possuir as cisternas com grande capacidade de armazenamento, permite que elas trabalhem afastadas do local de despejo da carga.

#### 3.2.2.3. Densidade da Dragagem

A capacidade da draga é indicada através do Porte Líquido (PL) e do Volume máximo de sua cisterna (Vm).

$$\text{Densidade de Carga} = \text{PL}/\text{Vm} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Esse valor expressa a quantidade de carga que se espera dragar durante a vida útil da embarcação.

### 3.2.2.4. Aspectos Técnicos

#### a) A Boca de Dragagem

A boca da draga é uma das partes mais importantes de toda a embarcação, junto com a bomba centrífuga. Ela deve possuir a capacidade de quebrar a coesão do fundo do mar e os métodos de escavação são feitos através de um processo erosivo, mecânico ou ambos.

As *dragheads* devem ser capazes de resistir às forças necessárias para aspirar o solo e aos impactos com objetos desconhecidos.

Ela é conectada ao tubo de aspiração e possui um ou dois pontos de articulação. A última parte é auto ajustável, para que ela esteja sempre em contato com o local a ser dragado. Existem vários tipos de boca de draga, porém os tipos mais conhecidos são a Holandesa (IHC) e a Californiana.



**Figura 8- Dutch draghead**



**Figura 9-Boca Californiana**

b) O Tubo de Sucção

Faz a conexão entre o fundo do mar e o navio, tornando possível retirar os sedimentos e outros materiais do local em que se pretende dragar. Para que isso seja possível, existe uma série de requisitos aos quais eles devem estar adequados:

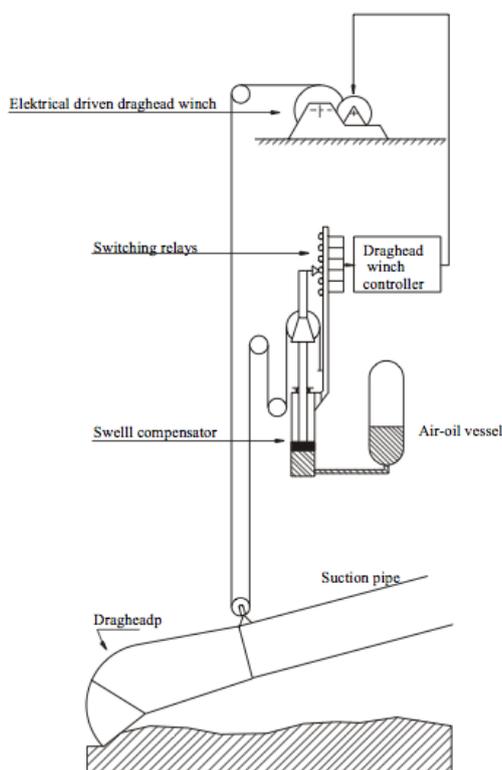
- A profundidade de dragagem deve estar ajustada;
- Deve haver liberdade de movimento suficiente para que ele consiga sempre se manter em contato com o fundo;
- Deve ser resistente ao impacto com outros objetos;
- Deve possuir pequena resistência de linha para o escoamento da mistura dragada.

### c) O compensador de arfagem

A principal função desse sistema é manter a boca de dragagem sempre em contato com o leito marítimo, e manter uma pressão constante entre eles.

Seus principais componentes são:

- Um cilindro hidráulico, no qual o pistão possui uma ou duas polias que guiam o cabo de sustentação da boca de dragagem;
- Um ou mais vasos de pressão nas quais a parte inferior é preenchida com óleo e a parte superior com ar;
- Uma bomba e um reservatório de óleo;
- Um compressor de ar;
- Uma tubulação que conecta o sistema hidráulico ou pneumático.



**Figura 10- Esquema de um Compensador de Arfagem**

Durante o movimento ascendente do navio a haste do pistão é empurrada para baixo, em virtude de um acréscimo da tensão no cabo. Durante o movimento descendente do navio o pistão é empurrada para fora em virtude de um acréscimo na pressão do vaso de pressão. Esse processo garante a pressão constante entre o fundo e a boca de dragagem durante toda a operação.

## d) A tubulação de descarga

Essa tubulação conecta a bomba de descarga com o sistema de carregamento da cisterna (*hopper*) ou da bomba de descarga com o as linhas de descarga terrestres. Todas as dragas autotransportadoras de arrasto possuem esse sistema, que inicialmente era realizado acima da linha d'água, mas atualmente é conectado com uma tubulação cuja extremidade está submersa.

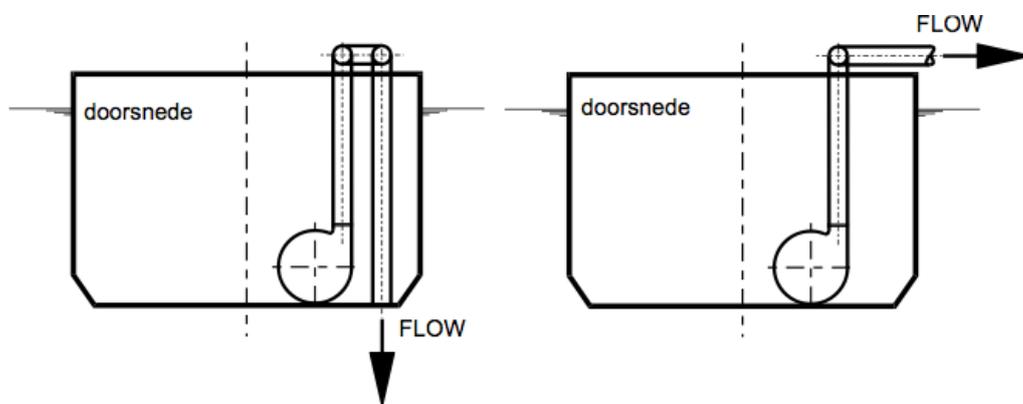


Figura 11-Tubulação descarregando a "mistura pobre"

e) A cisterna (*hopper*)

i. Sistema de Carregamento

Podem ser citados três tipos de sistemas de carregamentos distintos: o sistema difusor, o sistema de carregamento central e o *deep loading system*.

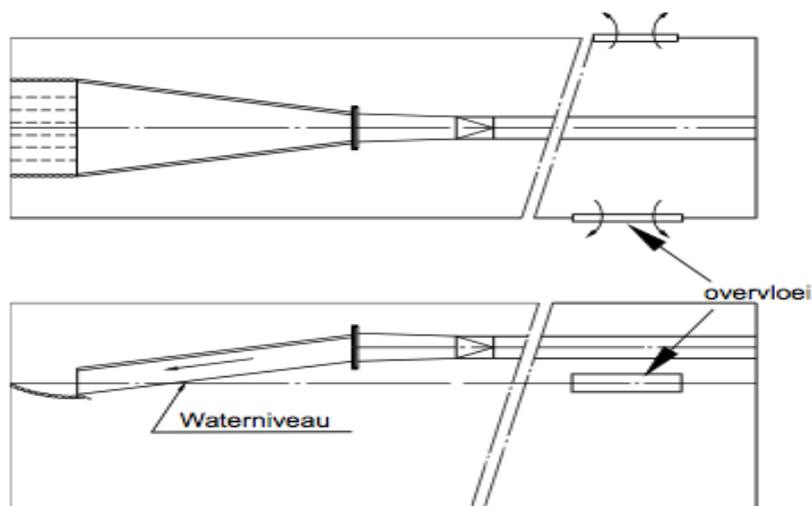


Figura 12-Sistema difusor

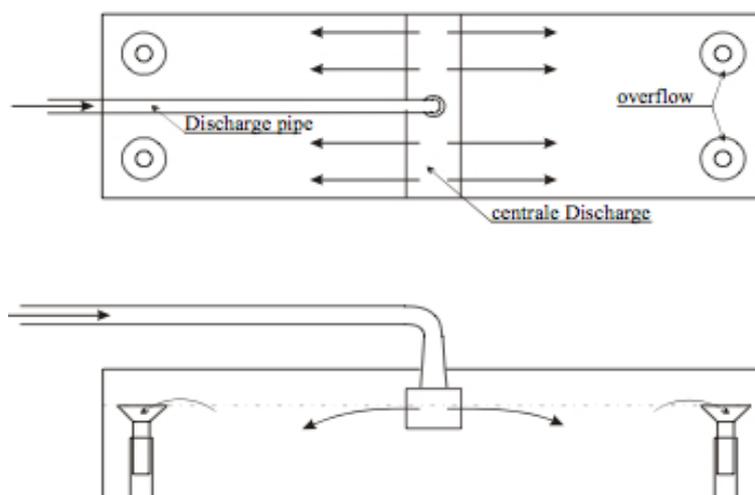
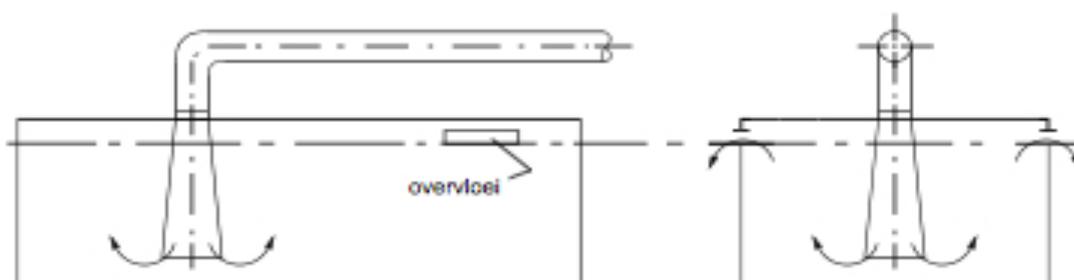


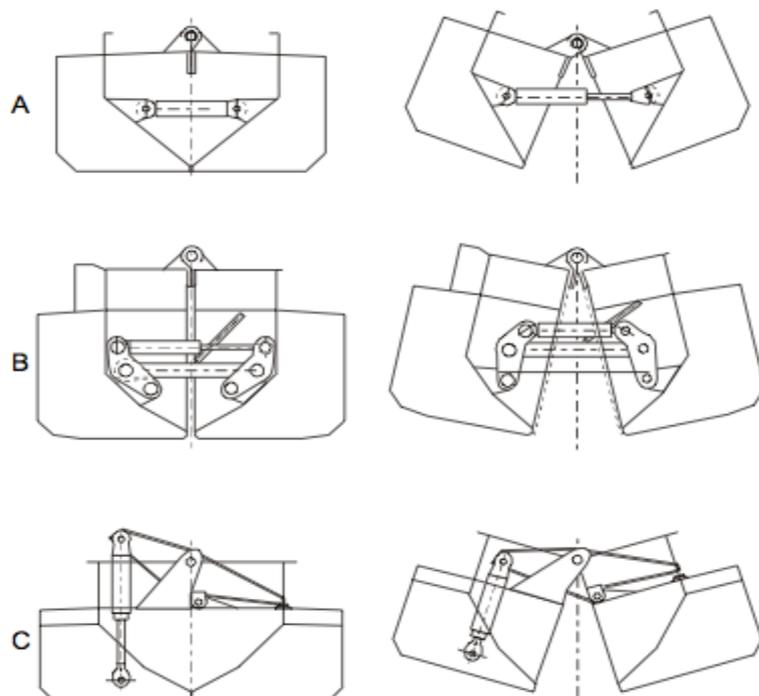
Figura 13-Sistema de carregamento central



**Figura 14- Deep loading system**

## ii. Sistemas de Descarga

A descarga pode ocorrer diretamente ao mar ou bombeando-a para algum lugar. A principal vantagem do sistema de descarga na água é o rápido descarregamento. Diversos tipos são utilizados, dentre eles as válvulas cônicas, as portas de fundo, as portas no fundo do navio que correm horizontalmente ou casco que se divide em dois. A descarga é de forma geral feita através de um sistema hidráulico. No sistema de divisão de casco, para efetuar a descarga, duas válvulas são conectadas a cilindros hidráulicos e articulações. A superestrutura permanece na vertical durante o processo, pois está conectada ao convés através de articulações e hastes articuladas.



**Figure 1- Diferentes métodos de descarga dividindo o casco.**

#### f) O Sistema de Propulsão

Em sua maioria, esse tipo de draga utiliza dois propulsores de passo controlável, sendo encontrada propulsão com apenas 1 hélice em dragas que operam em alto mar na parte de mineração.

A grande vantagem do passo controlável reside no método de trabalho da draga, uma vez que durante a operação ela precisa se locomover a baixas velocidades de aproximadamente dois ou três nós, porém, durante o deslocamento de e para o local de dragagem deve ser capaz de manter velocidade de cruzeiro de 12 a 15 nós. Para se enquadrar nesses requisitos tubulões são instalados nos propulsores.

### g) Manobrabilidade

É intuitivo afirmar que as dragas devem possuir grande manobrabilidade. As embarcações operam em locais restritos e a poucos metros de outras embarcações, boias instalações portuárias e a baixas velocidades. A presença de dois propulsores já proporciona significativo aumento na manobrabilidade do navio, porém as dragas também são equipadas com um ou mais *bow thrusters*. Se ela for equipada com sistema de Posicionamento Dinâmico, pode possuir , também, *stern thrusters*.

#### 3.2.3. Dragas Pneumáticas

Essas dragas são utilizadas em locais degradados, e que necessitam de uma atividade com pouca movimentação dos sedimentos, evitando aumentar os efeitos maléficos ao meio ambiente gerados pelos contaminantes do solo. No entanto, apenas podem ser aplicadas em locais onde não há necessidade de corte (material não coeso e bem diluído na água), visto que elas não possuem desagregadores mecânicos. Sendo assim, é considerada a draga que menos polui, mas o problema de manuseio dos sedimentos dragados é grande, pois o valor do descarte do material em áreas especiais é 3 a 6 vezes mais caro que o descarte direto no mar, e o tratamento desse material contaminado pode chegar a ser 100 vezes mais caro que o manuseio de material que não precisa de tratamento.

O princípio de funcionamento se baseia na sucção por ar comprimido, sendo bem eficiente com pouca potência.

Além de sua importância para a dragagem ambiental, esse tipo de draga também é utilizada em dragagem arqueológica.

### 3.3. Critérios para escolha da draga

Existem diferentes critérios para a escolha dos equipamentos a serem utilizados (Goes Filho, 2004):

1. Tipo de material a ser dragado;
2. Quantidade a ser dragada e profundidade de dragagem;
3. Distância até o local de deposição do material;
4. Se o material a ser dragado está contaminado;
5. Taxa de produtividade dos equipamentos e quais estão disponíveis.
6. Condições meteorológicas no local.

A profundidade no local é importante para a escolha do porte da draga a ser empregada. Grandes profundidades exigem dragas de maior porte, as quais já podem ter restrições de atuação em locais mais rasos.

É importante, durante a escolha, observar as condições locais no que se refere a ser abrigada ou não. As dragas autotransportadoras de arrasto são bastante versáteis, podendo atuar em quase todas as condições de mar. Porém, as dragas fixas, não podem atuar em mar muito agitado, uma vez que movimentos exagerados podem danificar os *spuds*.

## **4. GERENCIAMENTO DOS SEDIMENTOS DRAGADOS**

O gerenciamento de resíduos, em qualquer obra, é algo que desafia o planejamento, que busca sempre o método mais lucrativo, dentro dos regulamentos vigentes. Esse gerenciamento torna-se particularmente importante, em tratando-se de dragagem, quando os resíduos estão contaminados. Neste capítulo, o gerenciamento desses sedimentos será apresentado, evidenciando a variedade de destinos benéficos à projetos de engenharia, ao meio ambiente ou à sociedade, que muitas vezes podem contribuir de forma lucrativa para o projeto inicial de dragagem.

O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) estabelece diretrizes gerais para a avaliação do material a ser dragado, para o gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras, seja em locais abertos ou confinados.

Segundo a ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário), um aspecto positivo do uso deste material seria a economia da capacidade de disposição do material dragado, assim, diminuiria a necessidade de determinar novas áreas.

### **4.1. Deposição de Materiais**

#### **4.1.1. Despejo em Mar Aberto**

O despejo em mar aberto pode ser dividido em duas regiões distintas. Uma em águas profundas, após a plataforma continental, e onde o material depositado irá se manter, sem riscos para o ambiente. A outra região situa-se na plataforma continental, entre as isóbatas de 40 a 200 metros de profundidade. Essa segunda região apresenta forte incidência de ondas e correntes.

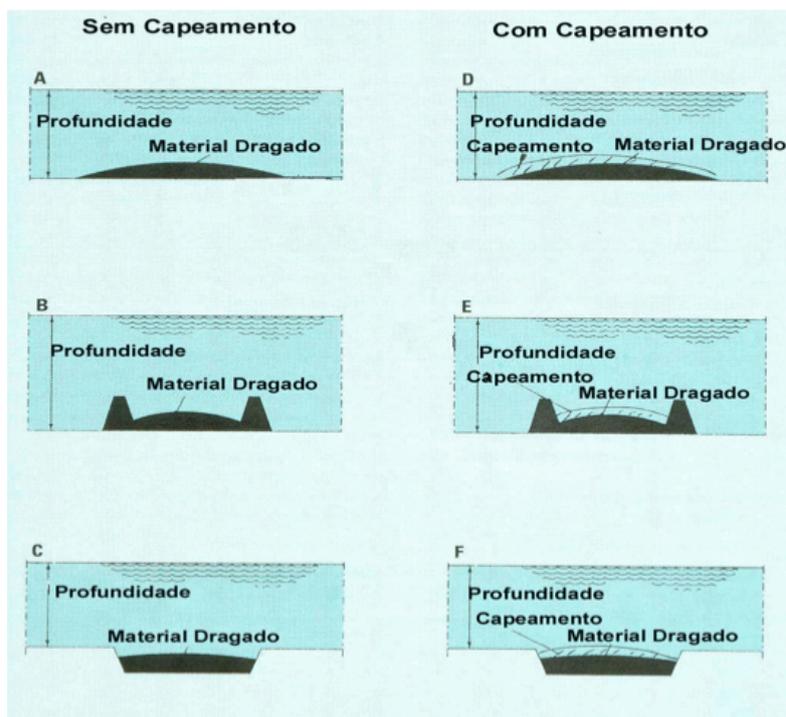


Figura 15- Despejo em locais abertos

A Resolução 344 do CONAMA, define dois Níveis de concentração de elementos nos materiais dragados e compostos contaminantes.

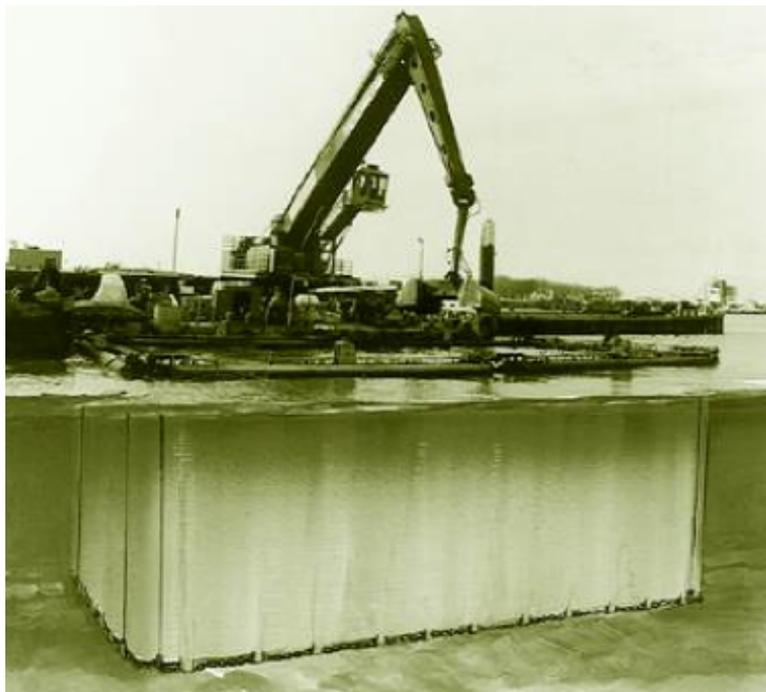
- Nível 1: limite inferior aquele que se espera baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.
- Nível 2: limite superior aquele que se espera um provável efeito adverso à biota.

POLUENTES		NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL A SER DRAGADO (em unidade de material seco)				
		ÁGUA DOCE		ÁGUA SALINA-SALOBRA		
		Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	
Metais Pesados e Arsênio (mg/kg)	Arsênio (As)	5,9 <sup>1</sup>	17 <sup>1</sup>	8,2 <sup>2</sup>	70 <sup>2</sup>	
	Cádmio (Cd)	0,6 <sup>1</sup>	3,5 <sup>1</sup>	1,2 <sup>2</sup>	9,6 <sup>2</sup>	
	Chumbo (Pb)	35 <sup>1</sup>	91,3 <sup>1</sup>	46,7 <sup>2</sup>	218 <sup>2</sup>	
	Cobre (Cu)	35,7 <sup>1</sup>	197 <sup>1</sup>	34 <sup>2</sup>	270 <sup>2</sup>	
	Cromo (Cr)	37,3 <sup>1</sup>	90 <sup>1</sup>	84 <sup>2</sup>	370 <sup>2</sup>	
	Mercurio (Hg)	0,17 <sup>1</sup>	0,486 <sup>1</sup>	0,15 <sup>2</sup>	0,71 <sup>2</sup>	
	Níquel (Ni)	18 <sup>3</sup>	35,9 <sup>3</sup>	20,9 <sup>2</sup>	51,6 <sup>2</sup>	
	Zinco (Zn)	123 <sup>1</sup>	315 <sup>1</sup>	150 <sup>2</sup>	410 <sup>2</sup>	
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	BHC (Alfa-BHC)	-	-	0,32 <sup>3</sup>	0,99 <sup>3</sup>	
	BHC (Beta-BHC)	-	-	0,32 <sup>3</sup>	0,99 <sup>3</sup>	
	BHC (Delta-BHC)	-	-	0,32 <sup>3</sup>	0,99 <sup>3</sup>	
	BHC (Gama-BHC/Lindano)	0,94 <sup>1</sup>	1,38 <sup>1</sup>	0,32 <sup>3</sup>	0,99 <sup>3</sup>	
	Clordano (Alfa)	-	-	2,26 <sup>3</sup>	4,79 <sup>3</sup>	
	Clordano (Gama)	-	-	2,26 <sup>3</sup>	4,79 <sup>3</sup>	
	DDD	3,54 <sup>1</sup>	8,51 <sup>1</sup>	1,22 <sup>3</sup>	7,81 <sup>3</sup>	
	DDE	1,42 <sup>1</sup>	6,75 <sup>1</sup>	2,07 <sup>3</sup>	374 <sup>3</sup>	
	DDT	1,19 <sup>1</sup>	4,77 <sup>1</sup>	1,19 <sup>3</sup>	4,77 <sup>3</sup>	
	Endrin	2,67 <sup>1</sup>	62,4 <sup>1</sup>	2,67 <sup>3</sup>	62,4 <sup>3</sup>	
PCBs (µg/kg)	Bifenilas Policloradas - Totais		34,1 <sup>1</sup>	277 <sup>1</sup>	22,7 <sup>2</sup>	180 <sup>2</sup>
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – PAHs (µg/kg)	Grupo A	Benzo(a)antraceno	31,7 <sup>1</sup>	385 <sup>1</sup>	74,8 <sup>1</sup>	693 <sup>1</sup>
		Benzo(a)pireno	31,9 <sup>1</sup>	782 <sup>1</sup>	88,8 <sup>1</sup>	763 <sup>1</sup>
		Criseno	57,1 <sup>1</sup>	862 <sup>1</sup>	108 <sup>1</sup>	846 <sup>1</sup>
		Dibenzo(a,h)antraceno	6,22 <sup>1</sup>	135 <sup>1</sup>	6,22 <sup>1</sup>	135 <sup>1</sup>
	Grupo B	Acenafteno	6,71 <sup>1</sup>	88,9 <sup>1</sup>	16 <sup>2</sup>	500 <sup>2</sup>
		Acenaftileno	5,87 <sup>1</sup>	128 <sup>1</sup>	44 <sup>2</sup>	640 <sup>2</sup>
		Antraceno	46,9 <sup>1</sup>	245 <sup>1</sup>	85,3 <sup>2</sup>	1100 <sup>2</sup>
		Fenantreno	41,9 <sup>1</sup>	515 <sup>1</sup>	240 <sup>2</sup>	1500 <sup>2</sup>
		Fluoranteno	111 <sup>1</sup>	2355 <sup>1</sup>	600 <sup>2</sup>	5100 <sup>2</sup>
		Fluoreno	21,2 <sup>1</sup>	144 <sup>1</sup>	19 <sup>2</sup>	540 <sup>2</sup>
		2-Metilnaftaleno	20,2 <sup>1</sup>	201 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	670 <sup>1</sup>
		Naftaleno	34,6 <sup>1</sup>	391 <sup>1</sup>	160 <sup>2</sup>	2100 <sup>2</sup>
	Pireno	53 <sup>1</sup>	875 <sup>1</sup>	665 <sup>2</sup>	2600 <sup>2</sup>	
	Soma (#) de PAHs			1000		3000

Figura 16 - Tabela de níveis

Ainda de acordo com essa resolução, o material só poderá ser depositado em Águas Jurisdicionais Brasileiras se a concentração de poluentes estiver abaixo do ou for igual ao nível 1, quando as concentrações de metais (exceto mercúrio, cádmio, chumbo e arsênio) estiver entre os níveis 1 e 2 e/ou quando a concentração de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAHs) do grupo B estiver entre os níveis 1 e 2 e a somatória das concentrações de todos os PAHs for inferior a soma de PAHs.

Com o intuito de reduzir impactos ambientais, alguns dragas são equipados durante o processo de dragagem, atuando, principalmente, na dispersão dos sedimentos contaminados como Janelas para Sedimentos (silt screen), difusor, e uma draga mecânica que permanece selada quando está fechada (CEDA).



**Figura 17- Silt Screen**

#### 4.1.2. Depósito de Sedimentos em Locais Confinados

CDF (*Confined Disposal Facility*) são construções de engenharia destinadas a armazenar materiais contaminados provenientes da atividade de dragagem, com o intuito de impedir que esses contaminantes entrem em contato com o meio ambiente.

Em *Report of Working Group 5 –EnviCom – PIANC (2002)*, tem-se a divisão das Áreas de Disposição Confinadas em áreas acima da Linha d'água, vizinhas à costa ou em ilhas e subaquáticas.

A introdução do material dragado nessas áreas ocorre através de bombas hidráulicas, por uma tubulação em terra ou por meio de dragas autotransportadoras e para que não haja risco de contaminação do solo, o local deve ser impermeabilizado (se possível, naturalmente, através de solos argilosos).

Apesar de impedir a contaminação do solo e da água, essas construções, em especial aquelas que possuem contato com o ar, podem provocar danos aos animais locais, como as aves. Além disso, o contato com o oxigênio desencadeia a

oxidação, e consequente formação de gases, predominantemente metano e dióxido de carbono. Cerca de 20% da camada superior do *Slufter* (localizado em Rotterdam) é formado por gases. O *Slufter* foi construído em 1987 e foi desenhado para comportar uma capacidade de  $m^3$ , no entanto, o tratamento do material dragado vem permitindo uma maior vida útil desta CDF.

#### 4.2. Tratamento do Material Contaminado

Dentre os diversos destinos do material dragados existe o tratamento desses resíduos. Um local confinado construído em Rotterdam, o *Slufter* foi construído em 1987 e foi desenhado para comportar uma capacidade de  $1,2 \times 10^6 m^3$ , no entanto, o tratamento do material dragado vem permitindo uma maior vida útil desta CDF.

A disposição dos dragados contaminados pode afetar uma grande cadeia biótica, podendo refletir inclusive na economia local, caso a contaminação provoque mortandade de animais na região. Por este motivo, muitas vezes o simples descarte do material não é legal, necessitando de outras alternativas como o tratamento.

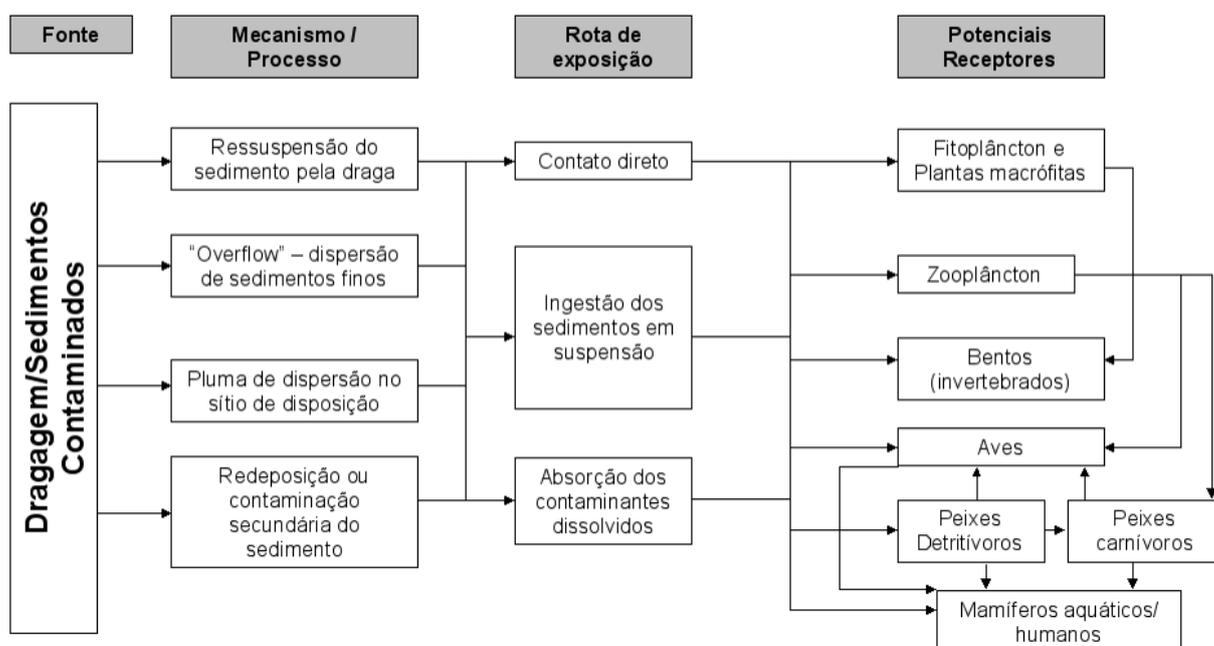


Figura 18- Fonte Workshop CPAE/FUNDESPA

Os processos de tratamento do material podem ser divididos da seguinte forma:

1. Pré tratamento
2. Tratamento físico-químico
3. Tratamento biológico
4. Tratamento térmico
5. Tratamento eletrocinético
6. Cimentação ou imobilização

#### 4.2.1. Pré tratamento

Esta primeira etapa tem como principal objetivo a separação dos materiais de diferentes dimensões. É um processo mecânico, e naqueles materiais onde existe pouco material grosseiro, o pré-tratamento tem pouca utilidade.

#### 4.2.2. Tratamento Físico-químico

São diversas técnicas que utilizam processos químicos para remoção, alteração ou imobilização dos contaminantes.

- A. Técnica de Extração
- B. Técnica de imobilização
- C. Oxidação através da umidade do ar
- D. Troca iônica

#### 4.2.3. Tratamento Biológico

Esse tratamento irá atuar somente nos compostos orgânicos, acelerando o processo de degradação natural através do uso de microrganismos.

#### 4.2.4. Tratamento Térmico

- A. Dissociação térmica
- B. Incineração
- C. Imobilização Térmica

#### 4.2.5. Tratamento Eletro-cinético

Seu principio de utilização é o processo de eletrolise, onde uma corrente impressa na mistura irá atrair os íons metálicos para o catodo e anodo formados.

- A. Advecção eletro-osmótica
- B. Advecção através de diferenças hidráulicas potenciais
- C. Difusão devido a gradientes de concentração
- D. Migração de ions através de gradientes elétricos

### **4.3. Utilização do Material Dragado para a Agricultura**

Os sedimentos retirados do solo, quando não estão contaminados, podem possuir minerais que são de grande utilidade na agricultura, como o potássio. O material oriundo de dragagem de vias fluviais é, de forma geral, excelente para o melhoramento do solo às margens dos rios. A utilização desse material na horticultura também é possível, sendo os solos mais recomendados os siltes-arenosos ou siltes misturados com solos arenosos já existentes.

#### **4.4. Construção de Aterros**

Esse tipo de obra de engenharia é realizada em uma área que, sem interferência humana, estaria periodicamente ou permanentemente submersa. Segundo Goes Filho (2004), a utilização das áreas próximas a costa envolve, de forma geral, a proteção da face externa da área a ser criada da ação de ondas e correntes. Tal proteção consiste na criação de uma barragem de terra, no qual o talude exposto ao mar seja protegido por enrocamento ou revestido por concreto. A base desta obra é o próprio material dragado, demonstrando uma boa utilização dos sedimentos retirados no processo de dragagem. Já em áreas mais abrigadas, essa proteção pode ser dispensada, quando o material empregado for grosseiro o bastante.

O material fino pode ser empregado para a realização dessas faixas de terra, porém seu tempo de drenagem e consolidação é maior, sendo sua resistência geralmente inferior.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da leitura desse trabalho é possível perceber que:

- o processo de dragagem é uma obra de engenharia civil que está inserida no meio marítimo e que necessita de estudos profundos, por um longo período, começando com a definição do tipo de dragagem que será executada no local;
- Os equipamentos não possuem uma regra para serem utilizados, e devem ser escolhidos não somente baseados no tipo de material encontrado no fundo do mar, e que a utilização de diversos tipos pode ser necessária para que a atividade seja mais eficiente;
- A disposição dos sedimentos é variada. Resoluções como a CONAMA – 344 e a *London Convention* regulamentam essa fase do processo de dragagem, porém a fiscalização é falha e não há padronização metodológica em relação a coleta, tratamento e análise das amostras;
- As alternativas benéficas de utilização dos sedimentos são pouco aproveitadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. Ed. Edgard Blücher. SP. 2005.

CESAR AMORIM, J. C.; NIEMEYER PINHEIRO LIMA, S.; DE FREITAS LOPES SOARES, F. **Monitoramento das Atividades de Dragagem em Portos Brasileiros**. Apresentação V Reunião da Comissão Interamericana de Portos da Organização dos Estados Americanos. IME/FRF; CPEA; FEEMA. BA. Set. 2007.

Cristino, L. **Investimento do Governo Federal nos Portos do Brasil e o Plano Nacional de Logística Portuária**. Apresentação I Seminário Portos no Brasil e no Maranhão – Secretaria de Portos da Presidência da República. MA. Abr. 2011.

DO AMARAL, R. F. **Caracterização hidrossedimentológica do Canal de Acesso do Complexo Portuário do Maranhão**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica/USP. SP Jan. 2006.

Dos Santos Teixeira, L.; **Estudo das propriedades químicas dos rejeitos de dragagem para utilização como solo fabricado para fins agrícolas**. Tese de Mestrado UFRGS. RS. Mai 2009.

GOES FILHO, H. A. **Dragagem e Gestão dos Sedimentos**. Tese de Mestrado. COPPE/UFRJ. RJ. Out. 2004.

IADC. **“Environmental Aspects of Dredging”**. Guide 4: Machines, Methods and Mitigation. Delft. The Netherlands. 1997.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 1972, *Convenção de Londres* (Convention On The Prevention Of Marine Pollution by Dumping of Wastes And Other Matter), 16 Pages.

INTERNATIONAL NAVIGATION ASSOCIATION (PIANC), 1992, **Beneficial Uses of Dredged Material**, Report of Working Group 19 of the Permanent Technical Committee II, Brussels, Belgium.

LIPS SOARES, C. R. **Avaliação do Processo de Dragagem por Injeção de Água**

**em Estuários.** Tese de Mestrado. COPPE/UFRJ. RJ. Mar 2006.

Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

RESOLUÇÃO N<sup>o</sup> 344, DE 25 DE MARÇO DE 2004.

Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA

ENCAMINHAMENTOS DA RESOLUÇÃO N<sup>o</sup> 421/2010. 8<sup>a</sup> Reunião. Considerações e Proposta de Texto da ANTAQ sobre o Uso Benéfico do Material Dragado. DF. Jan. 2012.

Ministério dos Transportes Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

**Boletim Anual de Movimentação de Cargas de 2012.**

Vlasblom W.J. *Designing Dredging Equipment.* 2005.