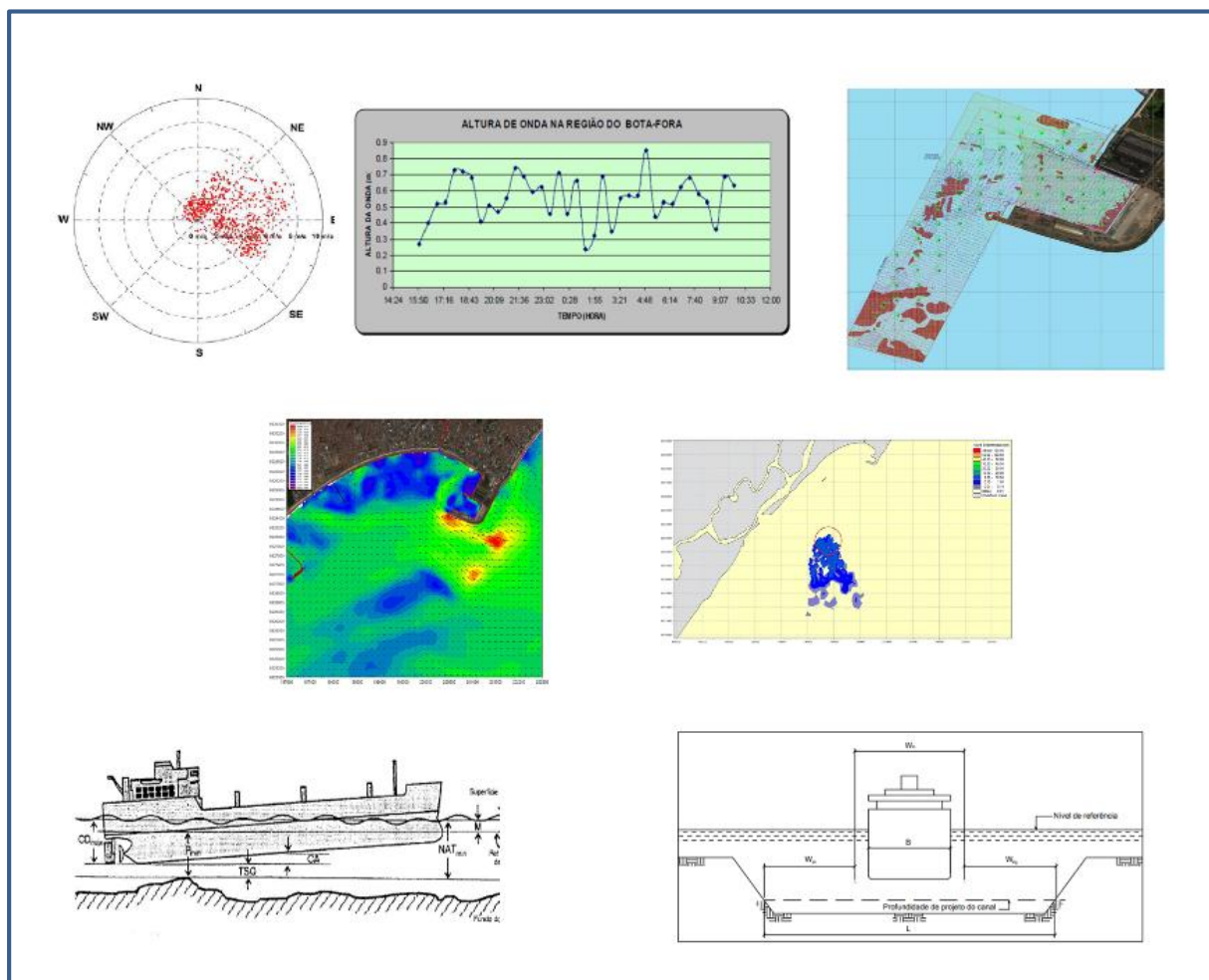




INPH : 003/ 2021

# **MANUAL DE ELABORAÇÃO DE ANTEPROJETO DE DRAGAGEM**



**INPH**  
**Rio de Janeiro**  
**Fevereiro/2021**



## APRESENTAÇÃO

O Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias – INPH apresenta este relatório intitulado MANUAL DE ELABORAÇÃO DE ANTEPROJETO DE DRAGAGEM, desenvolvido por este Instituto, subordinado a Diretoria de Planejamento e Pesquisa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes do Ministério da Infraestrutura, e elaborado com base em conceitos técnicos ambientais, hidrodinâmicos, batimétricos, geofísicos, geotécnicos e de engenharia de dragagem, tendo como objetivo geral apresentar, de modo simplificado, a elaboração de um anteprojeto de dragagem.

Atenciosamente,

**DOMENICO ACETTA**  
Coordenador Geral do INPH



## EQUIPE TÉCNICA

Engº Domenico Accetta

- Coordenação geral

Engº Luis Pedro F. Bicalho

- Elaboração

Raquel Reinoso Praseres

- Secretária



## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	7
2 – EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM.....	8
2.1 – Draga Autotransportadora – ( <i>Trailing Suction Hopper Dredger</i> ) .....	8
2.2 – Draga Backhoe ( <i>Backhoe Dredger – BHD</i> ) .....	8
2.3 – Dragas alternativas .....	9
2.3.1 – Draga de Sucção e Recalque.....	9
2.3.2 – Draga Clam Shell .....	10
3 – ETAPAS DE UM ANTEPROJETO DE DRAGAGEM .....	11
3.1 – DADOS AMBIENTAIS .....	11
3.1.1 – Maré e Níveis d’água.....	11
3.1.2 – Correntes de marés.....	12
3.1.3 – Ventos .....	13
3.1.4 – Ondas.....	14
3.2 – SONDAGENS GEOTÉCNICAS .....	16
3.3 – LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS - LH – (BATIMETRIA).....	17
3.4 – ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS/GEOFÍSICOS .....	18
3.5 – MODELOS MATEMÁTICOS .....	19
3.5.1 - Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 FM HD .....	19
3.5.2 - Circulação Hidrodinâmica .....	20
3.5.3 - Modelagem dos rejeitos de dragagem no bota-fora.....	21
3.6 – TAXA DE ASSOREAMENTO .....	22
3.7 – DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ACESSO.....	23
3.7.1 – Navio tipo de projeto: Navio Tanque .....	23
3.7.2 – Características gerais.....	23
3.7.3 – Determinação da profundidade do canal de acesso .....	24
3.7.4 – Movimentos verticais.....	24
3.7.5 - Folga sob a quilha devido à natureza do solo. ....	26
3.7.6 – Squat.....	26
3.7.7 – Cálculo da profundidade para o canal desabrigado (canal externo) ....	27
3.8 – DETERMINAÇÃO DA LARGURA DO CANAL DE ACESSO .....	29
3.8.1 – Largura necessária para um canal de acesso com via única .....	30
3.8.2 – Cálculo da largura para o canal desabrigado (Canal externo), considerando o Navio Tanque.....	31



3.9 – QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A SER DRAGADO.....	32
4 – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS – CPU.....	33
4.1 – Determinação do(s) equipamento(s) a ser(em) utilizado(s).....	33
4.2 – Etapas da elaboração de uma CPU .....	33
4.3 – Dados primários .....	34
4.4 – Características técnicas dos equipamentos e dados operacionais .....	34
4.4.1 – Draga Autotransportadora .....	34
4.4.2 – Draga Backhoe.....	35
4.4.2.1 – Batelão de Carga.....	35
4.5 – Custo da mão de obra .....	36
4.6 – Cálculo do consumo e do custo mensal de combustível .....	37
4.6.1 – Draga Autotransportadora .....	37
4.6.2 – Draga Backhoe.....	38
4.6.3 – Batelão de Carga .....	38
4.7 – Cálculo do custo estimado operacional mensal .....	39
4.8 – Cálculo do ciclo de dragagem e da produção mensal estimada “in situ”. 40	
4.8.1 – Draga Autotransportadora .....	41
4.8.2 – Draga Backhoe e Batelão de Carga.....	43
4.8 – Mobilização e Desmobilização .....	45
4.8.1 – Draga Autotrasnportadora – Mobilização e Desmobilização .....	46
4.8.2 – Draga Backhoe – Mobilização e Desmobilização.....	48
4.8.2.1 – Batelão de Carga.....	48
4.9 – Canteiro de obras.....	49
4.10 – Embarcação de apoio.....	49
4.11 – Benefícios e despesas indiretas – BDI .....	50
4.12 – Conclusão da CPU .....	51

## ILUSTRAÇÕES - FIGURAS

**Fig. 1:**Draga Autotransportadora

**Fig. 2:** Draga Backhoe

**Fig. 3:** Draga de sucção e Recalque

**Fig. 4:** Draga Clam shell

**Fig. 5:** Diagrama de dispersão de correntes (m/s)

**Fig. 6:** Diagrama de dispersão dos vetores de ventos

**Fig. 7:** Frequência relativa das alturas significativas ( $H_s$ ) dos dados de onda para a região do bota-fora do Porto de Maceió.

**Fig. 8:** Frequência relativa das alturas significativas ( $H_s$ ) dos dados de onda para a região da bacia de evolução do Porto de Maceió.

**Fig. 9:** Distribuição de espessuras das camadas de sedimentos lamosos e arenosos, em superfície e subsuperfície, até as profundidades de projeto de cada área, incluindo tolerância de 0,30m, com base nas sondagens executadas.

**Fig. 10:** Batimetria realizada pelo INPH em 2012

**Fig. 11:** Planta de integração de dados geológico-geofísicos.

**Fig. 12:** Padrão de circulação hidrodinâmica de uma maré de sizígia em uma situação de meia maré enchente para os meses representativos de verão. Para permitir uma boa visualização, a densidade de setas é muito inferior à dos pontos de cálculo. Note que as maiores intensidades estão por volta de 0.30 m/s junto ao Porto.

**Fig. 13:** Altura de sedimentação da fração de areia lançada na região do bota-fora.

**Fig. 14:** Altura de sedimentação da fração de finos lançado na região do bota-fora.

**Fig. 15:** Elementos da tolerância sob a quilha (Fonte: Parker e Huff – 1998)

**Fig. 16:** Canal de via única

**Fig. 17:** Tripulação padrão para Draga Autotransportadora

**Fig. 18:** Mão de obra administrativa padrão para Draga Autotransportadora

**Fig. 19:** Custos operacionais mensais

**Fig. 20:** Critérios iniciais

**Fig. 21:** Cálculo do ciclo de dragagem e da produção estimada mensal



**Fig. 22:** Produção mensal estimada “in situ”

**Fig. 23:** Produção efetiva mensal estimada do conjunto Draga Backhoe + Batelão

**Fig 24:** Mob/Desmob para Draga Autotransportadora

**Fig. 25:** Draga Autotransportadora - Custos de Mob/Desmob

**Fig. 26:** Draga Backhoe – Custos de Mob/Desmob

**Fig. 27:** Cálculo do BDI

**Fig. 28:** Quadro resumo

### **ILUSTRAÇÕES – TABELAS**

**Tabela 1:** Principais dimensões dos navios tipo

**Tabela 2:** Resumo dos valores dos dados ambientais

**Tabela 3:** Resultados obtidos no dimensionamento do canal de acesso

## 1 – INTRODUÇÃO

Este manual tem por objetivo sugerir as etapas, a serem seguidas, para a execução de um anteprojeto de dragagem.

As etapas listadas se referem aos estudos técnicos, levantamentos técnicos de campo e cálculos necessários na elaboração do anteprojeto de dragagem de um Porto Marítimo genérico, todavia em alguns trechos serão apresentadas, a título de ilustração, figuras ou tabelas referentes ao Porto de Maceió extraídas do Anteprojeto INPH 019/2016.

Estas etapas, em tese, seguem uma ordem cronológica, entretanto dependendo de dados pretéritos em relação ao Porto em estudo, algumas delas podem ser suprimidas ou simplesmente adequadas.

Há 02 (dois) tipos de dragagem que podem ser executadas em um Porto:

### 1- Dragagem de manutenção

Neste tipo de dragagem o objetivo é restaurar as profundidades definidas em um projeto já existente. O solo a ser dragado não apresenta índices elevados de *Standard Penetration Test* - SPT.

2 – Dragagem de aprofundamento ou de acréscimo de área  
Neste tipo de dragagem busca-se atingir novas cotas determinadas por um novo Projeto. O solo a ser dragado pode, ou não, ter elevados índices de *Standard Penetration Test* - SPT.

Este manual se refere a serviços de dragagem em portos marítimos que, por suas características, necessitam equipamentos de dragagem de médio a grande porte.



## 2 – EQUIPAMENTOS DE DRAGAGEM

Nos portos brasileiros são utilizados, basicamente, 02 (dois) tipos de equipamentos de dragagem.

### 2.1 – Draga Autotransportadora – AT (*Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*)

Draga hidráulica de sucção e arrasto, autopropelida que contém uma cisterna em seu casco capaz de transportar e descarregar o material dragado. Dependendo do seu porte consegue dragar solos com índices de SPT relativamente elevados. Sua capacidade de carga pode atingir a 45.000 m<sup>3</sup>.



**Fig. 1:**Draga Autotransportadora

### 2.2 – Draga Backhoe (*Backhoe Dredger – BHD*)

Draga mecânica que consiste em uma retroscavadeira sobre um pontão. Capaz de dragar solos com altos índices de SPT. Dependendo do seu porte pode ser autopropelida. Sua capacidade de caçamba pode chegar a 40 m<sup>3</sup>.



**Fig. 2:** Draga Backhoe

## 2.3 – Dragas alternativas

Em casos específicos poderão ser utilizadas os seguintes equipamentos:

### 2.3.1 – Draga de Sucção e Recalque

Este equipamento é capaz de dragar em “cotas positivas”, possui alta capacidade de dragar materiais com elevados índices de SPT, entretanto para efetuar a dragagem necessita de comprimento mínimo de tubulação de recalque que provoca interdição da navegação, na sua área de atuação. Há dragas de Sucção e Recalque que podem descarregar o material dragado em batelões atracados em seu costado, porém são raras e seu custo operacional é relativamente elevado.

Pelo seu método de dragagem e descarga, os batelões de carga necessitam de um grande tempo de “*over flow*” para encherem suas cisternas. Atualmente os órgãos ambientais não aceitam este procedimento, salvo em casos específicos.



**Fig. 3:** Draga de sucção e Recalque

### 2.3.2 – Draga Clam Shell

Equipamento recomendado, principalmente, para a dragagem de solos com baixo índice de SPT, sua produtividade é baixa em comparação com Dragas Backhoe do mesmo porte. Todavia seu custo operacional é menor.



**Fig. 4:** Draga Clam shell



### **3 – ETAPAS DE UM ANTEPROJETO DE DRAGAGEM**

Uma vez determinado que o serviço a ser executado em um Porto seja a Dragagem de Aprofundamento os procedimentos, listados a seguir, devem ser executados.

No caso de Dragagem de Manutenção alguns dados, aqui apresentados, já devem ter sido consolidados em serviços de dragagem anteriores.

#### **3.1 – Dados ambientais**

É fator essencial para o projeto de qualquer obra de dragagem, o conhecimento do comportamento da região de estudo. Com este objetivo, recorre-se à análise de alguns aspectos físicos, tais como o relevo de fundo da área, as marés, os ventos, as correntes e outros.

##### **3.1.1 – Maré e Níveis d'água**

Deve ser determinado tipo de maré, ou seja, se ela é semidiurna, diurna ou mista. As características da maré em relação ao Nível de Redução – NR da Diretoria de Hidrovia e Navegação DHN da Marinha do Brasil:

Preamar média de sizígia;

Preamar média de quadratura;

Baixamar de sizígia;

Baixamar média de quadratura.

### 3.1.2 – Correntes de marés

Nesta etapa são analisados os seguintes parâmetros físicos:

Altura de coluna d'água;

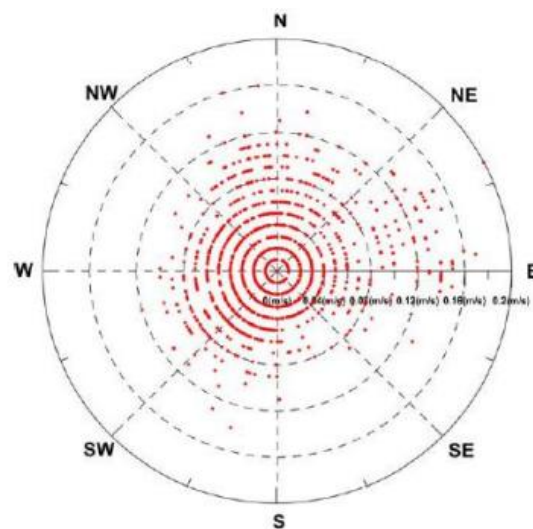
Temperatura da água;

Intensidade e direção das correntes;

Ondas e turbidez.

Estas medições são extraídas de estações próximas ao local dos serviços de dragagem.

A figura 5 exemplifica um diagrama de dispersão de correntes (m/s).



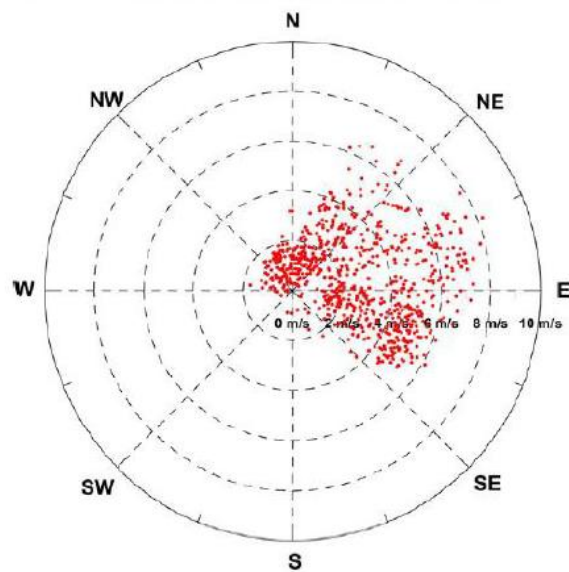
**Fig. 5:** Diagrama de dispersão de correntes (m/s)

### 3.1.3 – Ventos

Os ventos no Brasil possuem um regime bastante complexo. Sobressaem no país os sistemas de alta pressão do Atlântico Sul e Atlântico Norte, e faixas de baixas pressões da depressão equatorial. Por exemplo no sudeste, os ventos sopram de leste a nordeste, com origem no anticiclone subtropical que é semifixo, recebendo ainda a influência de diversos outros fatores como jato subtropical e o aquecimento continental.

Em serviços de dragagem o regime de ventos pode influenciar na produção dos equipamentos, portanto a caracterização deve ser apresentada.

A figura 6 exemplifica um diagrama de dispersão dos vetores de ventos.



**Fig. 6:** Diagrama de dispersão dos vetores de ventos

### 3.1.4 – Ondas

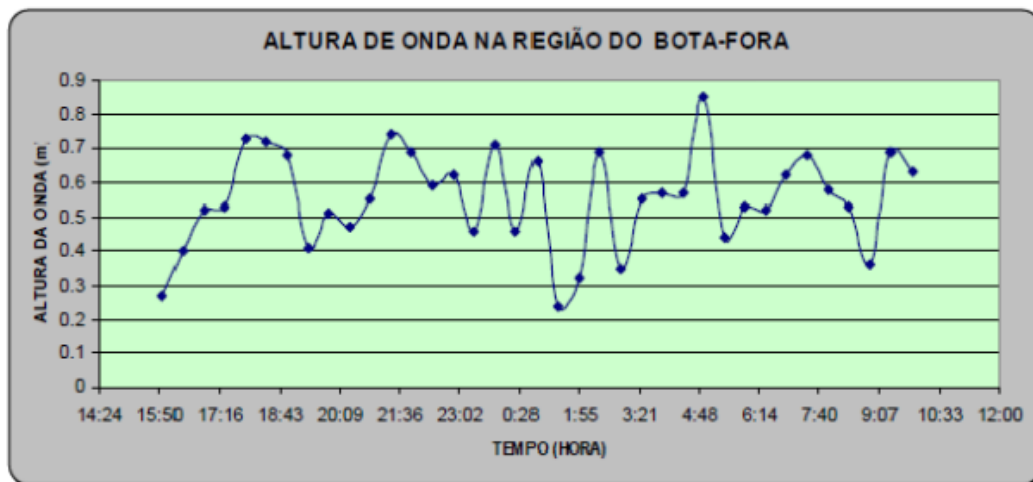
Devem ser observados os dados sinóticos de direção e altura significativa ( $H_s$ ) das ondas, na região dos serviços de dragagem.

Como exemplo transcreveremos, em parte, o estudo de ondas para o Porto de Maceió.

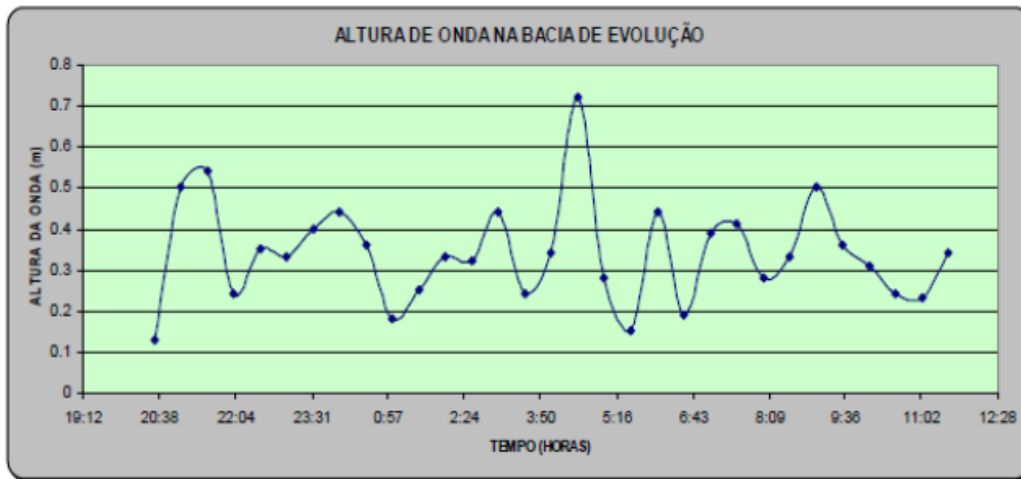
*“Foram analisados os dados sinóticos de direção e altura significativa ( $H_s$ ) das ondas, na região do bota-fora e na bacia de evolução do Porto de Maceió. Foram medidas a cada 0,5 s com ADCP da NORTEK fundeado nas duas estações fixas de medição.*

*De acordo com os dados (Fig. 7), foi observada a predominância de ondas com alturas significativas próximas a 0,55 metros e alturas máximas de 0,85 metros para a região do bota-fora.*

*Na bacia de evolução do Porto de Maceió ocorrem alturas mínimas de 0,13 metros, média de 0,34 metros e máximas de 0,72 metros (Fig. 8), evidenciando a situação de “bom tempo”, com predominância de mar local, durante todo o período amostrado.”*



**Fig. 7:** Frequência relativa das alturas significativas ( $H_s$ ) dos dados de onda para a região do bota-fora do Porto de Maceió.



**Fig. 8:** Frequência relativa das alturas significativas ( $H_s$ ) dos dados de onda para a região da bacia de evolução do Porto de Maceió.



### 3.2 – SONDAGENS GEOTÉCNICAS

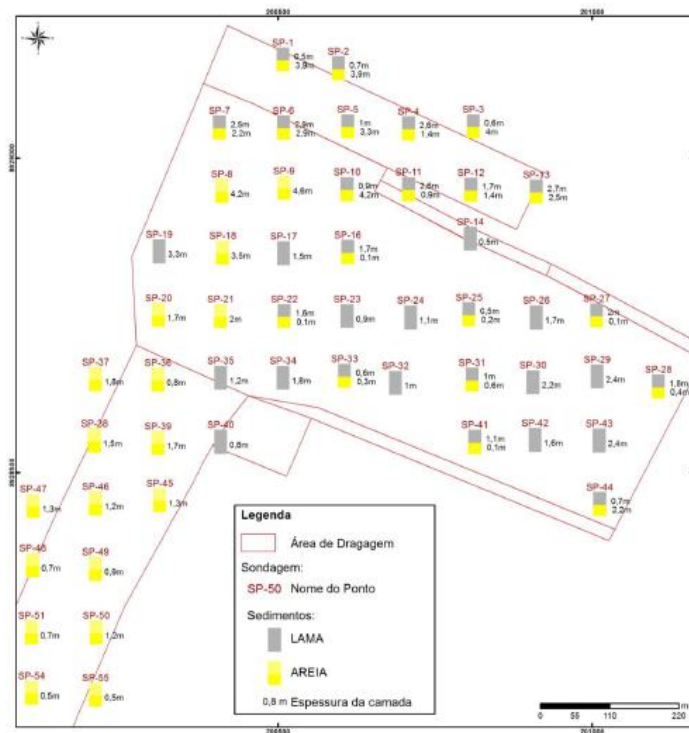
Em serviços de dragagem o pleno conhecimento do solo marinho a ser dragado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento.

Para a caracterização do solo marinho podemos utilizar dados sonográficos, dados sísmicos e dados geotécnicos.

A não ser em casos de substratos rochosos ou afloramento rochoso a técnica mais usual para a caracterização do solo é a sondagem geotécnica a percussão. Esta sondagem não só permite a identificação do índice de SPT, dado fundamental para a escolha do equipamento de dragagem, como também a identificação do tipo de material a ser dragado.

Somente quando a sondagem a percussão não atingir/ultrapassar a cota de projeto e sua tolerância é que outras técnicas devem ser utilizadas.

A figura abaixo ilustra uma campanha de furos SPT executada no Porto de Maceió.



**Fig. 9:** Distribuição de espessuras das camadas de sedimentos lamosos e arenosos, em superfície e subsuperfície, até as profundidades de projeto de cada área, incluindo tolerância de 0,30m, com base nas sondagens executadas.

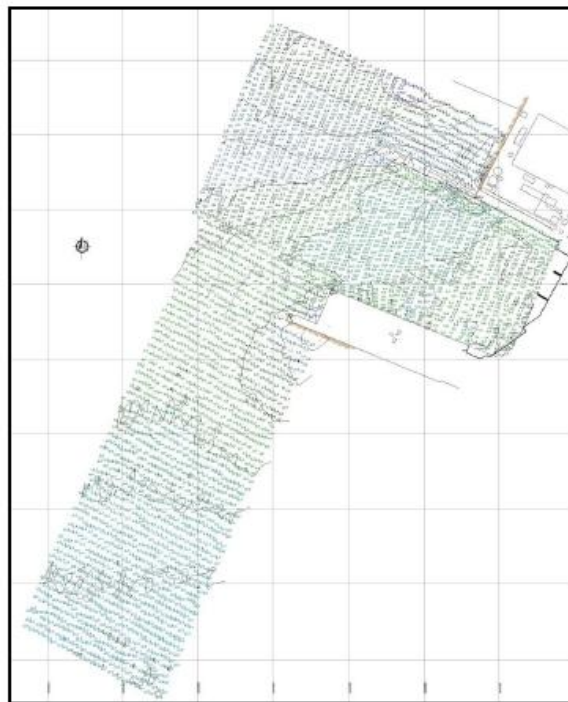
### 3.3 – LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS - LH – (BATIMETRIA)

A palavra BATIMETRIA origina-se no grego, decorrente da junção de *bathus* (profundo) e *metron* (medida). Simplificadamente, a batimetria define a profundidade dos corpos hídricos.

Em dragagem, tal procedimento é de fundamental relevância para a definição do projeto geométrico e a obtenção, mediante cálculos específicos, do volume a ser dragado.

Para a elaboração do cálculo de volume a ser dragado, em um determinado Porto, inicialmente executa-se, preferencialmente, o levantamento hidrográfico de categoria “A” (Normam 25/DHN).

A figura abaixo representa uma planta batimétrica referente ao Porto de Maceió.



**Fig. 10:** Batimetria realizada pelo INPH em 2012

### 3.4 – ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS GEOLÓGICOS/GEOFÍSICOS

Esta análise tem como objetivo principal subsidiar a adoção de critérios válidos, para a elaboração de cálculos de volumes, considerar eventuais variações na dificuldade de dragagem e, por conseguinte, no tipo de equipamento a ser empregado.

Como exemplo de uma análise integrada de dados geológicos/geofísicos apresentamos, de maneira resumida, a proposição extraída do Anteprojeto INPH 019/2016, referente ao Porto de Maceió.

*“Nesta análise, os dados foram analisados integradamente, com auxílio dos elementos técnicos, apresentados na planta de integração de dados geológicos/geofísicos.*



**Fig. 11:** Planta de integração de dados geológico-geofísicos.

*Tal procedimento permitiu estimar uma maior facilidade para dragagem com draga Hopper (draga Autotransportadora) em toda a área do canal de acesso e bacia de evolução, devido à resistência e natureza dos solos, como também pela facilidade de manobra e operação.*

*Da mesma forma, observou-se, como critério adicional de avaliação a maior dificuldade de operação com draga Hopper, em função do diminuto espaço para manobras junto aos berços de atracação, optando-se, nesse caso, por uma draga Backhoe, como equipamento mais apropriado a ser empregado nesses locais.”*

### **3.5 – MODELOS MATEMÁTICOS**

Apesar de se tratar de um anteprojeto, o INPH, devido a sua expertise, também executa a modelagem matemática das áreas de influência dos serviços de dragagem.

#### **3.5.1 - Modelo Hidrodinâmico - MIKE 21 FM HD**

O MIKE 21 FM HD é o módulo básico do Sistema Computacional MIKE 21. Ele fornece a base hidrodinâmica para os cálculos computacionais realizados na maioria dos outros módulos, como o módulo de Advecção - Dispersão de Poluentes e o módulo de Transporte de Sedimentos.

O modelo simula as variações dos níveis d'água e dos fluxos, em resposta aos diversos esforços atuantes em lagos, estuários, baías e áreas costeiras (marés, ventos, descargas fluviais, tensões de radiação geradas pela propagação das ondas, etc.).

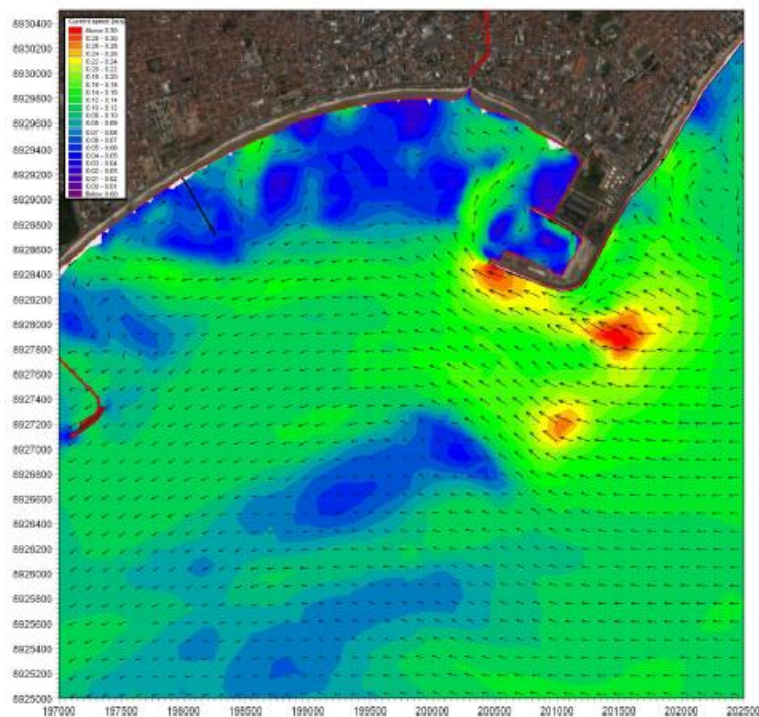
Os níveis d'água e os fluxos são resolvidos numa triangular não estruturada, de volumes finitos, cobrindo toda a área de interesse. As condições de contorno para o modelo matemático são a batimetria, os coeficientes de atrito no fundo, o clima de ventos, as condições hidrográficas no contorno do modelo, etc.

O MIKE 21 FM HD é aplicável à solução de uma vasta gama de fenômenos hidráulicos, tais como prismas e correntes de marés, redemoinhos e vórtices, seiches em portos, ondas de ruptura de barragens, tsunamis, correntes geradas pelas ondas (combinadas com correntes de maré e/ou correntes geradas pelos ventos, se relevantes), etc.

### 3.5.2 - Circulação Hidrodinâmica

Como exemplo apresentamos, em parte e editado, o contido no Anteprojeto INPH 019/2016, referente ao Porto de Maceió.

A figura a seguir apresenta os resultados obtidos através das simulações realizadas para a hidrodinâmica local mostrando os padrões de circulação nas proximidades do Porto de Maceió para a situação de enchente, respectivamente, nos meses representativos de verão.



**Fig. 12:** Padrão de circulação hidrodinâmica de uma maré de sizígia em uma situação de meia maré enchente para os meses representativos de verão. Para permitir uma boa visualização, a densidade de setas é muito inferior à dos pontos de cálculo. Note que as maiores intensidades estão por volta de 0.30 m/s junto ao Porto.

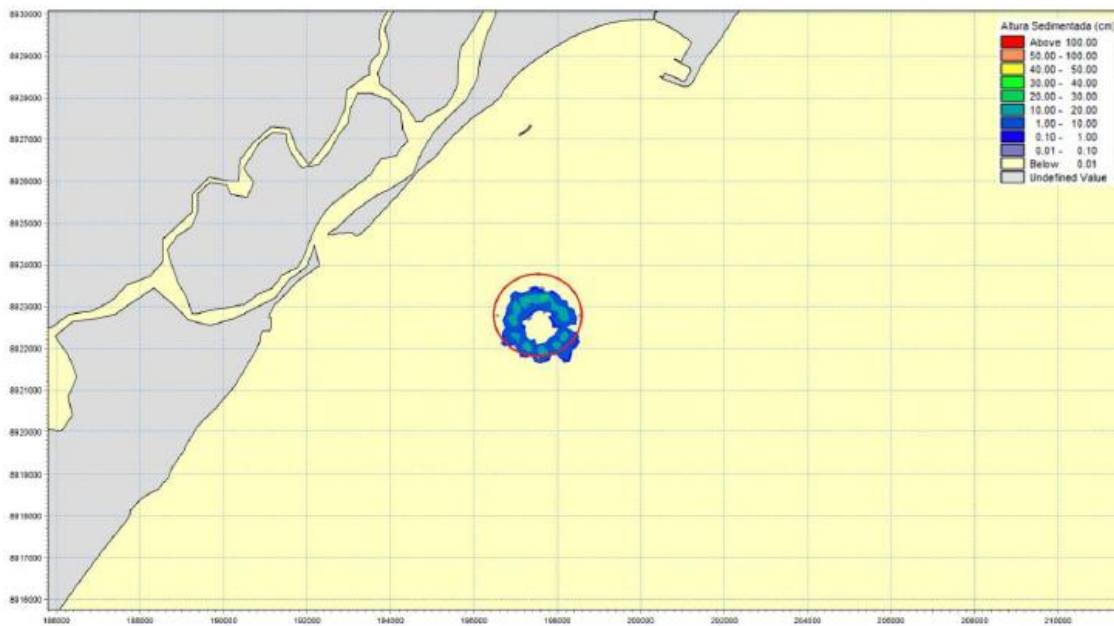


### 3.5.3 - Modelagem dos rejeitos de dragagem no bota-fora

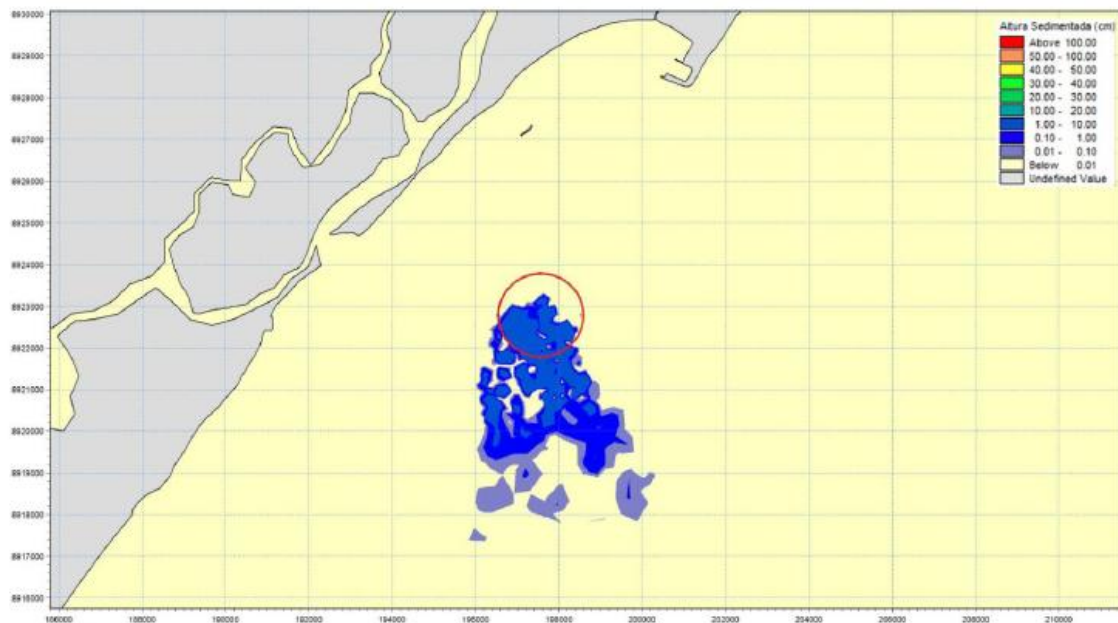
Este item é de vital importância para a obtenção, junto aos órgãos Ambientais, das licenças de instalação e operação dos serviços de dragagem.

São demonstrados os efeitos das correntes marinhas sobre os sedimentos a serem despejados na área de descarte autorizada.

Para entendimento e ilustração apresentamos 02 (duas) figuras que definem a dispersão de areias e sedimentos finos, no Porto de Maceió.



**Fig. 13:** Altura de sedimentação da fração de areia lançada na região do bota-fora.



**Fig. 14:** Altura de sedimentação da fração de finos lançado na região do bota-fora.



### **3.6 – TAXA DE ASSOREAMENTO**

Para calcular a estimativa da taxa de assoreamento o método mais eficiente consiste na comparação entre, no mínimo, duas sondagens batimétricas subsequentes.

Quanto mais sondagens batimétricas forem comparadas, mais acurado será o cálculo estimativo da taxa anual de assoreamento.

### 3.7 – DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ACESSO

Nesta etapa demonstraremos sequencialmente os cálculos deste dimensionamento.

Consideraremos o Porto de Maceió como exemplo.

#### 3.7.1 – Navio tipo de projeto: Navio Tanque

O dimensionamento geométrico, feito a partir dos critérios que serão apresentados a seguir, faz uso das dimensões dos navios-tipo como base para os cálculos.

As características (porte, LOA, boca e calado) dos navios-tipo foram obtidas no site da Empresa de Praticagem de Maceió, “Maceió Pilots”.

Navio	Porte (TPB)	Comprimento (m)		Boca (m)	Calado (m)	Cb
		LOA (m)	Lpp (m)			
Tanque (Celso Furtado)	50.000	183	173	32,2	8	0,8
Graneleiro (Celso DiFrancisco)	40.000	183	173	27	9,8	0,8

Tabela 1: Principais dimensões dos navios tipo

#### 3.7.2 – Características gerais

A Tabela 2 apresenta um resumo dos valores dos dados ambientais que foram utilizados para o dimensionamento do canal de acesso marítimo ao porto de Maceió.

Tipo de Dado	Resultado
Baixa Maré (Bm) (m)	- 0,2
Onda (m)	Hs = 1,25 e L = 46
Fundo	Arenoso
Forma	Laterais taludadas e com banco de areia
Tipo	Desabrigado
Vento Transversal (nós)	<= 30
Corrente Transversal (nós)	<=0,5
Corrente Longitudinal (nós)	<=1,5

Tabela 2: Resumo dos valores dos dados ambientais



### **3.7.3 – Determinação da profundidade do canal de acesso**

Segundo PIANC/IAPH o valor da profundidade requerida por um navio de projeto deve ser determinado pela adição ao calado do navio de projeto, de parcelas características, representativas da influência dos movimentos verticais das embarcações, do efeito *squat* e folga sob a quilha.

Cabe destacar que o calado do navio de projeto deve ser considerado com seu valor máximo.

### **3.7.4 – Movimentos verticais**

Considerando que em águas rasas os navios provocam uma superfície de abatimento sobre a água ao longo de seu perfil, acarretando aumento em sua imersão (*squat*) e que sob a ação das ondas movem-se também no plano vertical, tolerâncias devem ser observadas.

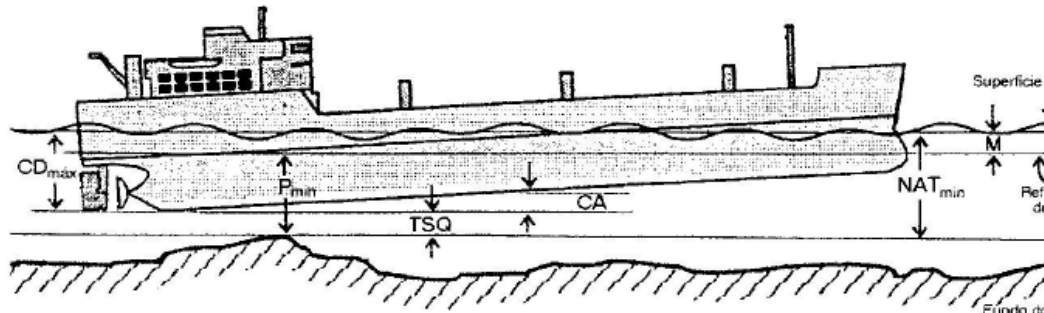
A tolerância sob a quilha (TSQ) se torna um fator crítico na navegação segura e eficiente, uma vez que a sua determinação imprecisa para navios de grande calado, entrando ou saindo de portos com profundidade limitada, pode ter sérias consequências econômicas e ambientais. Muitas empresas de navegação possuem normas claras regulando esta questão, podendo o comandante “gerenciar” a TSQ de seu navio de duas formas:

(1) tomando ações que afetam o calado dinâmico (ex.: mudando a velocidade do navio), e

(2) programando o horário da rota planejada de modo a assegurar que haverá lâmina d’água suficiente para uma passagem segura nos locais de profundidade restrita.

Ao fazer isto, o comandante deve dispor de informações precisas em tempo real e de previsão, o que justifica a implantação de sistema maregráfico no Porto, com moderna tecnologia de obtenção de dados na forma digital, ligado on-line com a área de programação/operação.

A tolerância sob a quilha é a diferença entre o nível d'água total mínimo (NATmin) no local menos o calado dinâmico máximo (CDmax) do navio. O calado dinâmico é a distância da superfície da água até o ponto mais baixo do navio (quilha ou hélice) quando em movimento. Cada um destes componentes tem vários elementos.



**Fig. 15:** Elementos da tolerância sob a quilha (Fonte: Parker e Huff – 1998)

$TSQ = \text{Nível d'água total mínimo (NATmin)} - \text{Calado dinâmico máximo (Cdmáx)}$

$TSQ = \{ P_{min} + M \} - \{ CE + S + CA \}$

Onde:

- Pmin: profundidade mínima da carta
- M: altura da maré sobre o nível de referência (maré astronômica + maré meteorológica)
- CE: calado estático (devido à carga e densidade da água)
- S: squat (devido à velocidade do navio)
- CA: calado adicional (devido a mudanças no trim/adernamento por curvas e/ou efeito das ondas)

### 3.7.5 - Folga sob a quilha devido à natureza do solo.

Quando o leito for constituído de material mole, como lama ou areia, de tal forma que um leve toque do navio não provoque avarias, a tolerância deve situar-se em valores inferiores aos de fundos rochosos, pois estes podem provocar avarias perigosas.

De acordo com a NBR nº 13.246/95 recomenda-se: até 0,3m para solo lodoso, de 0,3 a 0,5m para solo Arenoso, e no mínimo 1 m para solo rochoso.

### 3.7.6 – Squat

O Squat é a tendência de imersão do navio à velocidade, acompanhado por um trim seja pela proa ou pela popa. Este é um efeito que é mais pronunciado quando a profundidade da água é menor que 1,5 vezes o calado estático, resultando numa folga menor que a esperada.

Deverá ser acrescentado ao calado mais 1,0 m, nos projetos preliminares. Para os projetos definitivos, o acréscimo deverá ser calculado de acordo com o navio de projeto. O valor do squat aumenta aproximadamente com o quadrado da velocidade, de modo ser este um fator importante em sua determinação. Outros fatores que vão afetar o valor do squat incluem: o coeficiente de bloco do navio, a razão profundidade de água/calado do navio, e o trim estático.

Apesar de existirem inúmeras formulações teóricas e empíricas sobre a determinação do Squat, utilizaremos a recomendada por PIANC/IAPH.

$$\text{Squat (m)} = 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}}$$

Onde:

$\Delta$ :  $C_b \times L_{pp} \times B \times T$ : Volume de deslocamento

$L_{pp}$ : Comprimento da embarcação entre perpendiculares

B: Boca

T: Calado estático

$C_b$ : Coeficiente de Bloco



$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}}$$

Onde:

V: Velocidade da embarcação (m/s)

h: Profundidade do canal (T+10%)

g: Aceleração da gravidade local (9,81 m/s<sup>2</sup>)

### 3.7.7 – Cálculo da profundidade para o canal desabrigado (canal externo)

Sendo assim de acordo com PIANC o cálculo da profundidade do canal é obtido a partir da equação:

$$P = Bm + T + Squat + \text{efeito onda} + \text{folga quilha}$$

Onde:

P = Profundidade

Bm (baixamar) = 0,0 m

Squat

Efeito onda = Se o comprimento do navio for menor que o comprimento da onda (L) então efeito onda = (altura da onda (Hs))/2 caso contrário será zero.

Folga quilha = de acordo com a natureza do solo, no caso de solo arenoso o valor varia de 0,3 a 0,5 m. Como queremos a pior situação utilizaremos o valor de 0,5 m



Sendo assim, obteve-se:

$$\Delta = Cb \times Lpp \times B \times T = 0,80 \times 173 \times 27 \times 9,8 = 36.620,64$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{3,60}{\sqrt{9,81 \times (9,8 \times 1,1)}} = \frac{3,60}{\sqrt{105,7518}} = \frac{3,60}{10,2836} = 0,3501$$

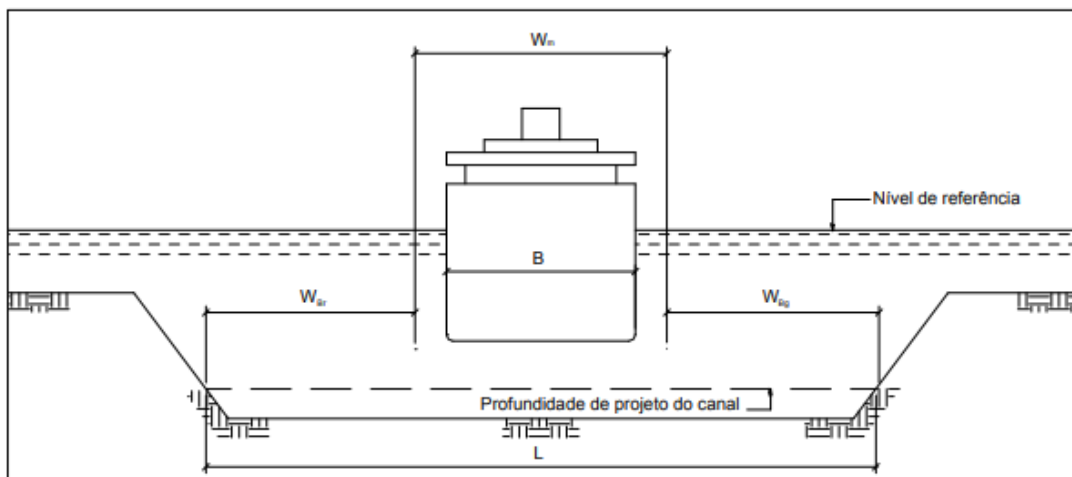
$$Squat = 2,4 \times \frac{\Delta}{Lpp^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{36620,64}{173^2} \times \frac{0,3501^2}{\sqrt{(1 - 0,3501^2)}} \cong 0,39$$

Substituindo os valores encontrados na equação, temos:

$$P = 0,0 + 9,8 + 0,39 + 0 + 0,5 = 10,69 \text{ m} \rightarrow \mathbf{11 \text{ m}}$$

### 3.8 – DETERMINAÇÃO DA LARGURA DO CANAL DE ACESSO

Como exemplo demonstraremos os cálculos efetuados para o Porto de Maceió. A publicação do PIANC/IAPH define a largura dos canais de acesso nos trechos retilíneos como um somatório da largura da faixa de navegação, mais as diversas larguras adicionais que dependem dos fatores que serão mencionados adiante. O valor da largura, então, varia em função de cada caso. A Figura 16 ilustra os elementos que determinam a largura de um canal de acesso em única via em função de um navio tipo de projeto.



**Fig. 16:** Canal de via única



### 3.8.1 – Largura necessária para um canal de acesso com via única

A seguinte equação determina o valor da largura do canal de acesso com via única:

$$\text{Largura do canal: } W = W_{bm} + \sum_{i=1} W_i + W_{br} + W_{bg}$$

Onde:

**W<sub>bm</sub>**: pista de manobra básica

**W<sub>br</sub> = W<sub>bg</sub>**: larguras adicionais por efeito dos taludes laterais, para uma velocidade da embarcação

**W<sub>i</sub>**: influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:

- ação da velocidade
- ventos transversais
- correntes transversais
- correntes longitudinais
- alturas de ondas - auxílios à navegação
- superfície de fundo
- profundidade da via navegável
- periculosidade da carga



### 3.8.2 – Cálculo da largura para o canal desabrigado (Canal externo), considerando o Navio Tanque.

W <sub>bm</sub> : pista de manobra básica, considerada boa	= 1,3 B
W <sub>br</sub> = W <sub>bg</sub> : larguras adicionais por efeito dos taludes laterais e com banco de areia, para uma velocidade da embarcação lenta (6 nós)	= 0,5 B
W <sub>i</sub> : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:	
- ação da velocidade da embarcação (lenta, de 5 a 8 nós)	= 0,0 B
- ventos transversais fracos e velocidade da embarcação lenta	= 0,4 B
- correntes transversais moderadas e velocidade da embarcação lenta	= 0,3 B
- correntes longitudinais fracas e velocidade da embarcação lenta	= 0,0 B
- alturas de ondas H <sub>s</sub> e comprimento da onda L	= 0,5 B
- auxílios à navegação (bons)	= 0,1 B
- superfície do canal (Profundidade < 1,5T e lisa e macia)	= 0,1 B
- profundidade do canal < 1,15 T	= 0,2 B
- periculosidade da carga (média – petróleo)	= <u>0,5 B</u>
	<b>2,1 B</b>

Substituindo-se os valores, teremos:

$$W = 1,3(32,2) + 2,1(32,2) + 0,5(32,2) + 0,5(32,2) \approx 142 \text{ m}$$



A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para o dimensionamento do canal de acesso em via única para os navios-tipo Tanque e Graneleiro, com boias com raio de giro de 10m, conforme a IALA:

**Argumentação IALA (Guideline 1078) para raio de giro.**

The AtoN should be surveyed and positioned with at least the same accuracy as the nautical chart. This is determined in the IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44) 5<sup>th</sup> Edition February 2008 with accuracies of:

- 2 m for fixed aids (5 m when depth more than 100m);
- 10 m for floating aids (20 m when depth more than 100m).

PROFUNDIDADE (m)	LARGURA CALCULADA (m)	GIRO DA BOIA	LARGURA MÍNIMA (m)
11,0	142,0	20,0	162,0

**Tabela 3:** Resultados obtidos no dimensionamento do canal de acesso

### 3.9 – QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME A SER DRAGADO

Com a interpretação da integração dos dados e cálculos apresentados, os volumes a serem dragados são calculados.

Os softwares mais específicos para este tipo de cálculo são o “Surfer” e o “Hypack”, entretanto há no mercado outros tipos de softwares capazes de executar cálculos de volumes.

#### **4 – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS – CPU**

Após a conclusão das etapas listadas torna-se possível determinação dos preços unitários do metro cúbico a ser dragado, bem como os prazos, os preços de mobilização e desmobilização dos equipamentos sugeridos e por consequência o preço global dos serviços de dragagem.

Este preço global será a base de dispêndios considerada na fase de licitação dos serviços.

A seguir indicaremos as etapas a serem seguidas para a elaboração de uma CPU de Dragagem.

##### **4.1 – Determinação do(s) equipamento(s) a ser(em) utilizado(s)**

Após análise do projeto geométrico, das condições de manobrabilidade, das condições climáticas, das profundidades existentes, das profundidades a serem atingidas, do tipo de material a ser dragado e do mercado de dragagem, o(s) equipamento(s) mais adequados, baseados na experiência do projetista, são determinados.

*Devemos ressaltar que esta determinação é válida para a elaboração do edital de licitação, todavia os licitantes podem ofertar outros tipos de equipamentos ou arranjos, desde que o preço e o prazo de suas propostas não sejam superiores àqueles determinados na CPU.*

##### **4.2 – Etapas da elaboração de uma CPU**

A partir deste item apresentaremos as etapas da CPU de Dragagem para uma obra que utilizará uma **Draga Autotransportadora** e uma **Draga Backhoe**.

### **4.3 – Dados primários**

Serão utilizados dois tipos de equipamentos para a execução dos serviços de dragagem: 01 Draga Autotransportadora e 01 Draga Backhoe. Para ambos equipamentos teremos dados em comum, tais como:

- Cotação do Euro (média do mês base, que deve ser o mês imediatamente anterior);
- Encargos Sociais;
- Salário Mínimo Federal;
- Valor do ISS (referente ao Município onde será executado o serviço);
- Valor do ICMS (referente ao Estado onde será executado o serviço);
- Preço Médio do Combustível (média do mês base, que deve ser o mês imediatamente anterior).

### **4.4 – Características técnicas dos equipamentos e dados operacionais**

Por possuírem características distintas individualizaremos as dragas. No caso da Draga Backhoe as características do Batelão de Carga também devem ser informadas.

#### **4.4.1 – Draga Autotransportadora**

Para este tipo de equipamento devemos obter os seguintes dados:

- ✓ Capacidade da cisterna;
- ✓ Preço de uma draga nova;
- ✓ Velocidade média de navegação para mobilização e desmobilização;
- ✓ Velocidade média entre a área de dragagem e a área de disposição do material dragado;
- ✓ Distância média de transporte (DMT);
- ✓ Volume a ser dragado;
- ✓ Potências da bomba de dragagem, do jet pump, da propulsão e potência total instalada;
- ✓ Distância de sua origem até o local dos serviços (Mob/Desmob);
- ✓ Volume a ser dragado,
- ✓ Volume de assoreamento anual estimado;

- ✓ Quantidade de equipamentos;
- ✓ Depreciação do equipamento (em anos);
- ✓ Tipo de material a ser dragado;
- ✓ Coeficiente de enchimento da cisterna;
- ✓ Empolamento estimado.

#### **4.4.2 – Draga Backhoe**

Para este tipo de equipamento devemos obter os seguintes dados:

- ✓ Potência de escavação;
- ✓ Capacidade da caçamba;
- ✓ Eficiência operacional (horas produtivas e horas improdutivas);
- ✓ Preço de uma Backhoe nova;
- ✓ Tipo de material a ser dragado;
- ✓ Volume a ser dragado;
- ✓ Volume de assoreamento anual estimado;
- ✓ Distância de sua origem até o local dos serviços (Mob/Desmob).

##### **4.4.2.1 – Batelão de Carga**

Para este tipo de equipamento devemos obter os seguintes dados:

- ✓ Capacidade da cisterna;
- ✓ Potência total instalada;
- ✓ Preço de um batelão novo;
- ✓ Velocidade média entre a área de dragagem e a área de disposição do material dragado;
- ✓ Distância média de transporte (DMT);
- ✓ Velocidade média de navegação para a mobilização e desmobilização;
- ✓ Distância de sua origem até o local dos serviços (Mob/Desmob).

#### 4.5 – Custo da mão de obra

Para cada equipamento devemos determinar a mão de obra operacional (tripulação) e a mão de obra administrativa (Engenheiro, Enc. Administrativo, Motorista e Sondador).

Consideramos que os equipamentos operam no regime de 24 horas contínuas e para tal especificamos duas tripulações que se revezam a cada 30 dias.

A quantidade de tripulantes de cada equipamento deve ser dimensionada conforme o seu porte e característica operacional.

Os salários atribuídos a cada categoria de trabalhadores marítimos seguem a metodologia utilizada pela extinta Secretaria Especial de Portos – SEP, através do Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN, acrescidos dos encargos sociais indicados na tabela do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices – SINAPI.

A figura 17 exemplifica a tripulação padrão de uma Draga Auto Transportadora de médio a grande porte e sua remuneração baseada no salário mínimo federal.

Comandante	30 SM
MCB imediato	22 SM
MCB	12 SM
Oficial de máquinas	22 SM
Cond. De máquinas	12 SM
Mar. Convés	4 SM
Draguista	12 SM
Mar. Máquinas	4 SM
Cozinheiro	7 SM
Taifeiro	4 SM
Mecânico	7 SM
Eletricista	12 SM
Soldador	7 SM

**Fig. 17:** Tripulação padrão para Draga Autotransportadora

A figura 18 exemplifica a mão de obra administrativa de uma Draga Auto Transportadora de médio a grande porte e sua remuneração baseada no salário mínimo federal.

Engenheiro	25 SM
Enc. Administrativo	12 SM
Motorista	3 SM
Sondador	7 SM

**Fig. 18:** Mão de obra administrativa padrão para Draga Autotransportadora

#### 4.6 – Cálculo do consumo e do custo mensal de combustível

Para cada equipamento definimos uma metodologia de cálculo.

##### 4.6.1 – Draga Autotransportadora

Para a Draga Autotransportadora adotamos a fórmula apresentada na publicação “Dredging / A Handbook for Engineers” de R. N. Bray et al., 2ª edição, item 10.5.1, subitem 1.

Assumindo-se que:

- O consumo de combustível é igual a 0,182 litros por HP/h
- Potência total instalada é igual a 1.000 HP (*exemplo*)
- A draga opera a plena potência durante 4 horas
- A draga opera a 75% de sua potência durante 14 horas
- A draga opera a 10% de sua potência durante 6 horas

Portanto:

$$\text{Litros/Dia} = 1000 \times 0,182 \times ((4 \times 1,0) + (14 \times 0,75) + (6 \times 0,10))$$



#### 4.6.2 – Draga Backhoe

Para a Draga Backhoe estimamos o percentual de horas produtivas e horas improdutivas de acordo com as condições operacionais locais. Nesta estimativa observa-se as condições climatológicas, o tráfego de embarcações no porto e as “janelas de operação” da draga.

Nas horas produtivas a BHD utilizará 80% da potência total instalada para escavação e traslado.

Nas horas improdutivas a BHD utilizará 10% da potência total instalada

*Exemplificando, o cálculo será assim efetuado:*

*Pot. total instalada = 1000 HP*

*Horas diárias produtivas = 70%*

*Horas diárias improdutivas = 30%*

*Portanto:*

$$\text{Litros/Dia} = 1000 \times 0,182 \times ((24 \times 0,70) \times 0,80) + ((24 \times 0,30) \times 0,10)$$

#### 4.6.3 – Batelão de Carga

Para o Batelão de Carga consideramos que a sua eficiência operacional será de 80% em todos os portos.

No cálculo do consumo de combustível estimado, consideramos que em 80% das horas disponíveis o Batelão de Carga utilizará 80% da sua potência total instalada e nas horas disponíveis restantes (20%) utilizará 10% da potência total instalada.

$$\text{Litros/Dia} = 1000 \times 0,182 \times ((24 \times 0,80) \times 0,80) + ((24 \times 0,20) \times 0,10)$$

#### 4.7 – Cálculo do custo estimado operacional mensal

Para efetuar este cálculo, com exceção do óleo lubrificante, os fatores indicados na Figura 19 são aplicados sobre o preço de uma draga nova.

No quesito “Depreciação” o valor adotado deve ser adequado ao tipo e porte do equipamento.

<b>Grandes reparos e "Overhauling"</b>	
Geralmente quantificado como um percentual em relação ao custo de aquisição do equipamento. Segundo (R.N.Bray et al., 2005) o fator mensal a ser aplicado é:	0,00825
<b>Manutenção preventiva</b>	
Geralmente quantificada como um percentual em relação ao custo de aquisição do equipamento. Segundo (R.N.Bray et al., 2005) o fator mensal a ser aplicado é:	0,00405
<b>Seguro</b>	
Segundo (R.N.Bray et al., 2005) assume-se um prêmio anual de 2,5% do valor do equipamento. Portanto o custo do seguro mensal será calculado pelo fator:	0,00208
<b>Juros</b>	
Considerado juros anuais de 6% do valor do equipamento. Portanto o custo mensal será calculado pelo fator: <span style="float: right;">Fonte: CENTRAN</span>	0,0045
<b>Depreciação</b>	
Segundo (R.N.Bray et al., 2005) para dragas autotransportadoras de médio a grande porte o prazo utilizado, em anos, é de:	30
<b>Óleo lubrificante</b>	
Segundo (R.N.Bray et al., 2005) o custo mensal do óleo lubrificante é de 10% em relação ao custo mensal do combustível.	10%

**Fig. 19:** Custos operacionais mensais

Aos custos, acima, calculados devemos acrescentar os custos de “Mão de Obra” e “Combustível”.





#### **4.8 – Cálculo do ciclo de dragagem e da produção mensal estimada “in situ”**

No caso da Draga Autotransportadora calculamos a quantidade de ciclos de dragagem mensais que multiplicados pela carga real estimada resultarão na produção estimada mensal.

No caso da Draga Backhoe definimos sua produção mensal e adequamos à capacidade de carga do Batelão. Na maioria dos casos são utilizados 02 (dois) Batelões.

### 4.8.1 – Draga Autotransportadora

Inicialmente são definidos os critérios, conforme indicados na Figura 20.

#### **Coeficiente de enchimento da cisterna**

O coeficiente de enchimento da cisterna é a relação entre o volume total da cisterna e o volume de sedimentos dragados depositados no seu interior a cada ciclo de dragagem. Esta relação é função do tipo de material dragado, das características do equipamento de dragagem e do tempo de enchimento e "overflow" de cada tipo de dragagem. Seu valor pode variar entre, cerca de 40% para sedimentos muito finos e 85% para areia grossa (R. N. Bray et. Al, 2005). Devido a heterogeneidade do material, consideraremos, para todo o trecho:

**Item 4.4.1**

#### **Empolamento estimado**

Pela tabela 9.1 (R. N. Bray et. Al, 2005), a mistura contendo areias, cascalhos e argilas possui um fator de empolamento variando de 1,05 a 1,35.

Consideraremos:

**Item 4.4.1**

#### **Tempo médio de carregamento**

As dragas autotransportadoras, independentemente de seu porte, geralmente são projetadas para encher suas cisternas em tempos similares. Variações no tempo de carregamento ocorrem em função do tipo de material a ser dragado, perdas pelo "overflow", concentração de material na mistura, etc. Devido as características desta dragagem consideraremos:

1 h

#### **Tempo médio de manobras (posicionamento e descarga)**

Este tempo geralmente é constante podendo sofrer pequenas variações devido as condições de mar, durante as manobras, portanto consideraremos:

0,2 h

#### **Horas de operação mensal estimadas**

Das horas disponíveis mensais para operação de dragagem devemos diminuir as horas relativas a eventos da própria operação de dragagem, tais como: paralizações para abastecimento, para recebimento de rancho, manutenção corretiva, condições adversas de clima, tráfego de navios, realização de batimetria, paralização para troca de tripulação e imprevistos. Devido a estes

fatores, as empresas de dragagem buscam obter uma eficiência operacional da ordem de 80%.

Para as horas de operação mensal estimadas, consideraremos:

576 h

**Fig. 20:** Critérios iniciais

Em prosseguimento os cálculos dos ciclos de dragagem mensais e a produção mensal estimada são definidos de acordo com os dados de projeto descritos no item 4.4.1.

A sequência de cálculo é demonstrada na Figura 21.

Capacidade da cisterna	Item 4.4.1	m <sup>3</sup>
Coeficiente de enchimento da cisterna	Item 4.4.1	fator
Empolamento estimado	Item 4.4.1	fator
Carga real estimada	Calcular	m <sup>3</sup>
Distância média de transporte - DMT	Item 4.4.1	MN
Velocidade média de navegação	Item 4.4.1	Mn/h
Tempo médio de viagem até a área de disposição (ida e volta)	Calcular	h
Tempo médio de carregamento	Fig. 20	h
Tempo médio de manobras (posicionamento e descarga)	Fig. 20	h
Ciclo de dragagem estimado	Calcular	h
Horas de operação mensais estimadas	Fig. 20	h
Número estimado de ciclos mensais	Calcular	cicl/mês
Produção mensal estimada ("in situ")	<b>Calcular</b>	<b>m<sup>3</sup>/mês</b>

**Fig. 21:** Cálculo do ciclo de dragagem e da produção estimada mensal

### 4.8.2 – Draga Backhoe e Batelão de Carga

O cálculo da produção mensal estimada, da Draga Backhoe, é definido conforme demonstrado na Figura 22.

**Horas de operação mensal estimadas**

Das horas disponíveis mensais para a operação de dragagem, com escavadeira hidráulica, devemos diminuir as horas de paralisação referentes aos eventos listados a seguir:

disponibilidade de acesso às áreas; paralisações para abastecimento; paralisações para recebimento de rancho; paralisações devido a manutenção corretiva; paralisações por tráfego de navios; paralisações para troca de tripulação; paralisações para efetuar batimetrias e imprevistos.

Nesta CPU, adotaremos a eficiência operacional em:

Nesta CPU, estimaremos as horas de operação mensal em:  h/mês

**Ciclos de carga estimados**

Uma Draga Backhoe operando sob condições de mar executa seu ciclo de carga em um período de tempo muito maior que uma retroescavadeira operando em terra firme, pois o posicionamento de sua caçamba no solo marinho é muito mais complexo do que em terra. A profundidade de dragagem a ser alcançada também influencia no tempo de contato com o solo a ser removido.

Nesta CPU, levando-se em consideração a coesão e compacidade do solo e acrescentando o tempo de avanço da Draga estimaremos a quantidade de ciclos de dragagem em:

**Cálculo da produção horária**

Através do site: [www.dnit.gov.br/servicos/sicro](http://www.dnit.gov.br/servicos/sicro), acessamos a seguinte fórmula:

$$P = 60 \times B \times G \times H \times I / S$$

onde:

B = capacidade da caçamba em m <sup>3</sup>	<input type="text" value="Item 4.4.2"/>	m <sup>3</sup>
G = fator de carga	<input type="text" value="Definir"/>	fator
H = fator de conversão	<input type="text" value="Definir"/>	fator
I = fator de eficiência	<input type="text" value="Definir"/>	fator
S = tempo total do ciclo de dragagem	<input type="text" value="Calcular"/>	min

Produção horária estimada  m<sup>3</sup>/h

**PRODUÇÃO MENSAL ESTIMADA "IN SITU"**  m<sup>3</sup>/mês

Fig. 22: Produção mensal estimada "in situ"

Após o cálculo da produção mensal estimada “in situ” devemos definir a produção mensal do conjunto Draga Backhoe + Batelão de Carga. A Figura 23 demonstra a sequência do cálculo.

Para calcularmos a produção estimada mensal do conjunto devemos primeiro calcular o "ciclo" do Batelão de Carga, pois a capacidade de carregamento mensal do Batelão é a que será efetivamente executada.	
Distância média de transporte	Item 4.4.2.1
Velocidade média de transporte	Item 4.4.2.1
Tempo de carregamento estimado	Calcular
Tempo de transporte (ida e volta)	Calcular
Tempo de manobras (descarga e atracação/desatracação)	Definir
<b>CICLO DE CARREGAMENTO ESTIMADO</b>	<b>Calcular</b>
<b>CAPACIDADE ESTIMADA DE CARGA MENSAL DE 01 (UM) BATELÃO DE CARGA</b>	
Consideramos que o Batelão poderá trabalhar por 80% das horas mensais	576
Consideramos que o Batelão poderá transportar 90% de sua carga total	Calcular
O número de viagens estimadas será de	Calcular
<b>PRODUÇÃO MENSAL DE 01 (UM) BATELÃO DE CARGA</b>	<b>Calcular</b>
<b>PRODUÇÃO MENSAL DE 02 (DOIS) BATELÕES DE CARGA</b>	<b>Calcular</b>
<b>CAPACIDADE DE PRODUÇÃO MENSAL DA BACKHOE</b>	<b>Fig. 22</b>
COMPARANDO-SE AS CAPACIDADES DE PRODUÇÃO MENSAL DA DRAGA BACKHOE E DO BATELÃO DE CARGA E LEVANDO-SE EM CONSIDERAÇÃO O ARRANJO MAIS ECONÔMICO, DEFINIMOS QUE A	
QUANTIDADE DE BATELÕES ALOCADOS À OBRA SERÁ DE:	Definir
<b>PORTANTO A PRODUÇÃO EFETIVA MENSAL ESTIMADA SERÁ DE</b>	<b>Definir</b>

**Fig. 23:** Produção efetiva mensal estimada do conjunto Draga Backhoe + Batelão



#### **4.8 – Mobilização e Desmobilização**

As grandes empresas de dragagem situam-se no continente europeu e no continente asiático. Em dragagens portuárias geralmente os volumes a serem dragados são significativos e demandam dragas de médio a grande porte.

Na maioria das vezes as distâncias de mobilização são superiores a 4.000 MN, o que significa que os equipamentos executarão viagens transoceânicas.

A Draga Autotransportadora executarà a viagem por meios próprios.

A Draga Backhoe necessitarà ser transportada através de navios semi submersíveis.

Os Batelões de Carga, dependendo do seu porte e sua classificação, executarão a viagem por meios próprios.

As diferentes metodologias de cálculo são apresentadas a seguir.

#### 4.8.1 – Draga Autotransportadora – Mobilização e Desmobilização

Para este cálculo a Figura 24 demonstra o procedimento adotado.

Os custos de mobilização e desmobilização serão calculados considerando uma fração do custo mensal da Draga Autotransportadora (descontando-se o custo da mão de obra administrativa). O custo será proporcional ao tempo necessário para o deslocamento da draga até o local dos serviços e acrescido de 02 (dois) dias, a título de instalação, no caso da mobilização. Para a desmobilização a instalação não será considerada. Para a desmobilização será considerada uma distância de navegação igual a 50% da distância de mobilização.

Para determinarmos este custo consideraremos os seguintes conceitos:

##### **1-Tripulação de segurança, na navegação de longo curso, definida na NORMAM 13/DPC**

A tripulação será composta por um comandante, um imediato, dois encarregados de serviço de quarto de navegação, um oficial de radiocomunicações, um chefe de máquinas, um subchefe de máquinas, dois encarregados do serviço de quarto de máquinas, um cozinheiro e um taifeiro. Neste modelo adaptaremos as funções de acordo com o quadro de lotação da Draga AT.

##### **2-Consumo de combustível em relação a potência, durante a mobilização**

Ao navegar para o local dos serviços de dragagem, a Draga AT comporta-se como um navio. Portanto não utiliza a potência dos seus motores bomba nem dos seus "jet pumps". No cálculo do seu consumo de combustível devemos, somente, levar em consideração a potência de seus motores propulsores, como também, somente o consumo durante os dias de navegação. Para o nosso cálculo do consumo de combustível da Draga AT, durante sua Mob/Desmob, consideraremos que será utilizada, em média, 80% de sua potência nominal de propulsão.

**Fig 24:** Mob/Desmob para Draga Autotransportadora

## Utilizando os conceitos descritos obtemos os custos de Mob/Desmob

Efetuada os cálculos, o novo custo operacional mensal será de:	Calcular	R\$
Percurso médio adotado (calculado por estudo de mercado)	Item 4.4.1	MN
Velocidade média de deslocamento	Item 4.4.1	MN/h
Tempo médio de deslocamento	Calcular	dias
Tempo médio de instalação	2	dias
Mobilização	Calcular	dias
Desmobilização	Calcular	dias
Percentual equivalente ao custo mensal - Mobilização	Calcular	%
Percentual equivalente ao custo mensal - Desmobilização	Calcular	%
Custo de Mobilização	<b>Calcular</b>	<b>R\$</b>
Custo de Desmobilização	<b>Calcular</b>	<b>R\$</b>

**Fig. 25:** Draga Autotransportadora - Custos de Mob/Desmob



#### 4.8.2 – Draga Backhoe – Mobilização e Desmobilização

Para este cálculo a Figura 26 demonstra o procedimento adotado.

Considerando que as Dragas Backhoe não são mobilizadas por propulsão própria, o INPH realizou estudos técnicos, baseado em licitações pretéritas, que resultaram em efetivas contratações. Para tal foram considerados os custos por milha náutica navegada, para dragas de porte distintos, e calculada a mediana desses valores em Euros, que foram atualizados para a data base desta CPU.

Efetuados os cálculos obtivemos o valor de custo para a mobilização,  
de:

160 Euros/MN

Este valor será multiplicado pelo percurso estimado e será a verba estimada para mobilização. De acordo com determinação vigente do TCU, a verba para desmobilização será 50% da verba para mobilização.

Percurso estimado de acordo com estudo do INPH	Item 4.4.2
Tempo médio de deslocamento	Calcular
VERBA PARA MOBILIZAÇÃO	Calcular
VERBA PARA DESMOBILIZAÇÃO	Calcular

**Fig. 26:** Draga Backhoe – Custos de Mob/Desmob

##### 4.8.2.1 – Batelão de Carga

São utilizados os mesmos critérios adotados para a Draga Autotransportadora, item 4.8.1.



#### **4.9 – Canteiro de obras**

Neste manual nos referimos a dragagens portuárias, geralmente situadas em cidades com boa infraestrutura.

Uma Draga Autotransportadora, de médio a grande porte, possui acomodações para a sua tripulação.

Na quase totalidade dos casos uma Draga Backhoe opera em conjunto com a Draga Autotransportadora.

O pessoal administrativo trabalha a bordo e também possui acomodações.

Devemos ressaltar que na determinação do BDI a taxa de rateio da administração central é de 5,52%.

Por estes motivos o INPH não quantifica os custos de Canteiro de Obra.

#### **4.10 – Embarcação de apoio.**

Este equipamento será utilizado no transporte da tripulação, transporte de rancho, transporte de pequenas cargas e nas sondagens batimétricas.

Sua cotação pode ser efetuada utilizando-se a tabela 840 – CIRIA, ou ser efetuada no local dos serviços.

#### 4.11 – Benefícios e despesas indiretas – BDI

Adotamos a fórmula indicada no Acórdão 2.369/2011-TCU-Plenário. Os valores referenciais das taxas componentes do BDI correspondem as médias indicadas no Acórdão nº 2.622/2013-TCU-Plenário para o setor de obras portuárias, marítimas e fluviais.

$$BDI = \frac{(1 + TAC + TS + TR + TG)(1 + TDF)(1 + TL)}{1 - (ISS + CPRB + PIS + COFINS)} - 1$$

TAXA	DESCRIÇÃO	VALOR
TAC	Taxa de rateio da Administração Central	5,52%
TS	Taxa de seguros	1,22%
TR	Taxa de riscos imprevistos	2,32%
TG	Taxa de garantias	inclusa na TS
TDF	Taxa de despesas financeiras	1,02%
TL	Taxa de Lucro/remuneração	8,40%
ISS	Imposto sobre serviços de qualquer natureza	*indicado abaixo
COFINS	Contribuição Previdenciária sobre a Renda Bruta	0,65%
PIS	Programa de Integração Social	3%
CPRB	Contribuição Social para financiamento da Seguridade social	0%

\*\* Ainda segundo a Nota Técnica, para definição do percentual correspondente ao Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza, o Acórdão nº 2.622/2013 – TCU – Plenário estabelece que deve ser considerado a alíquota correspondente à legislação municipal do local da obra. No caso da arrecadação por mais de um município, deve-se aplicar percentual ponderado, considerando-se:

- Prioritariamente, a existência de acordo entre os municípios sobre a forma de arrecadação do tributo;
- A divisão proporcional entre os municípios com base na fração volumétrica de dragagem existente no interior do limite territorial de cada município. No caso do canal externo, considerar-se-á os municípios localizados na foz do canal.

Para este serviço, o valor correspondente é de:

Definir

**BDI calculado para obras portuárias, marítimas e fluviais**

Calcular

fator

**BDI para Mob/Desmob - Acórdão 2.622/2013-Plenário TCU**

Calcular

fator

Fig. 27: Cálculo do BDI



#### 4.12 – Conclusão da CPU

Após a execução dos cálculos e a inserção do BDI, definimos os preços unitários do metro cúbico dragado, os preços de mobilização e desmobilização, o prazo total e o preço global dos serviços de dragagem.

<b>TOTAL DOS SERVIÇOS DE DRAGAGEM COM DRAGA AUTOTRANSPORTADORA</b>		
<b>PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO</b>		
Local dos serviços		<b>Calcular R\$/m<sup>3</sup></b>
<b>TOTAIS</b>		
Volume total estimado	<b>Definir</b>	m <sup>3</sup>
Prazo totalestimado	<b>Calcular</b>	dias
Preço total da dragagem		<b>Calcular</b>
Preço total da Mob/Desmob		<b>Calcular</b>
	<b>PREÇO TOTAL</b>	<b>Calcular</b>
<b>TOTAL DOS SERVIÇOS DE DRAGAGEM COM DRAGA BACKHOE</b>		
<b>PREÇO DO METRO CÚBICO DRAGADO</b>		
Local dos serviços		<b>Calcular R\$/m<sup>3</sup></b>
<b>TOTAIS</b>		
Volume total estimado	<b>Definir</b>	m <sup>3</sup>
Prazo totalestimado	<b>Calcular</b>	dias
Preço total da dragagem		<b>Calcular</b>
Preço total da Mob/Desmob		<b>Calcular</b>
	<b>PREÇO TOTAL</b>	<b>Calcular</b>
<b>VOLUME, PRAZO E PREÇOS GLOBAIS</b>		
Volume global estimado	<b>Definir</b>	m <sup>3</sup>
Prazo global estimado	<b>Calcular</b>	dias
Preço global da dragagem		<b>Calcular</b>
Preço global da Mob/Desmob		<b>Calcular</b>
Preço global da Derrocagem		<b>Calcular</b>
	<b>PREÇO TOTAL GLOBAL</b>	<b>Calcular</b>

Fig. 28: Quadro resumo



## BIBLIOGRAFIA

BRAY, R.N., BATES, A.D., LAND, J.M. – Dredging / A Handbook for Engineers, 2ª edição, Butterworth Heinemann, 2005

BRAY, R.N. – A guide to cost standards for dredging equipment 2009 – CIRIA C 684, London, UK, 2009

INPH – arquivo técnico