



Dragagem do acesso ao Canal do Tomba - Caravelas/BA

## **PLANO DE DRAGAGEM 2015/2016**

Agosto 2015

# 1 Introdução

Este texto aborda os principais aspectos da dragagem do Canal do Tomba planejada para a campanha 2015/2016, no que concerne ao Plano de Dragagem, atendendo ao conteúdo mínimo exigido pela condicionante 2.1 da Licença de Operação Nº 898/2009, renovada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA em 16 de março de 2015.

O Canal do Tomba dá acesso ao Estuário do Rio Caravelas, onde está localizado o Terminal Marítimo de Barcaças da Fibria Celulose S.A., em Caravelas/BA.

A dragagem anual faz-se necessária para a manutenção de profundidades seguras para a navegação dos navios-barcaças que transportam madeira em toras de Caravelas/BA para Aracruz/ES.

A licença operacional autoriza a dragagem anual de 250.000 m<sup>3</sup> de sedimentos.

## **2 Descrição do Canal de Acesso**

### **2.1 Traçado**

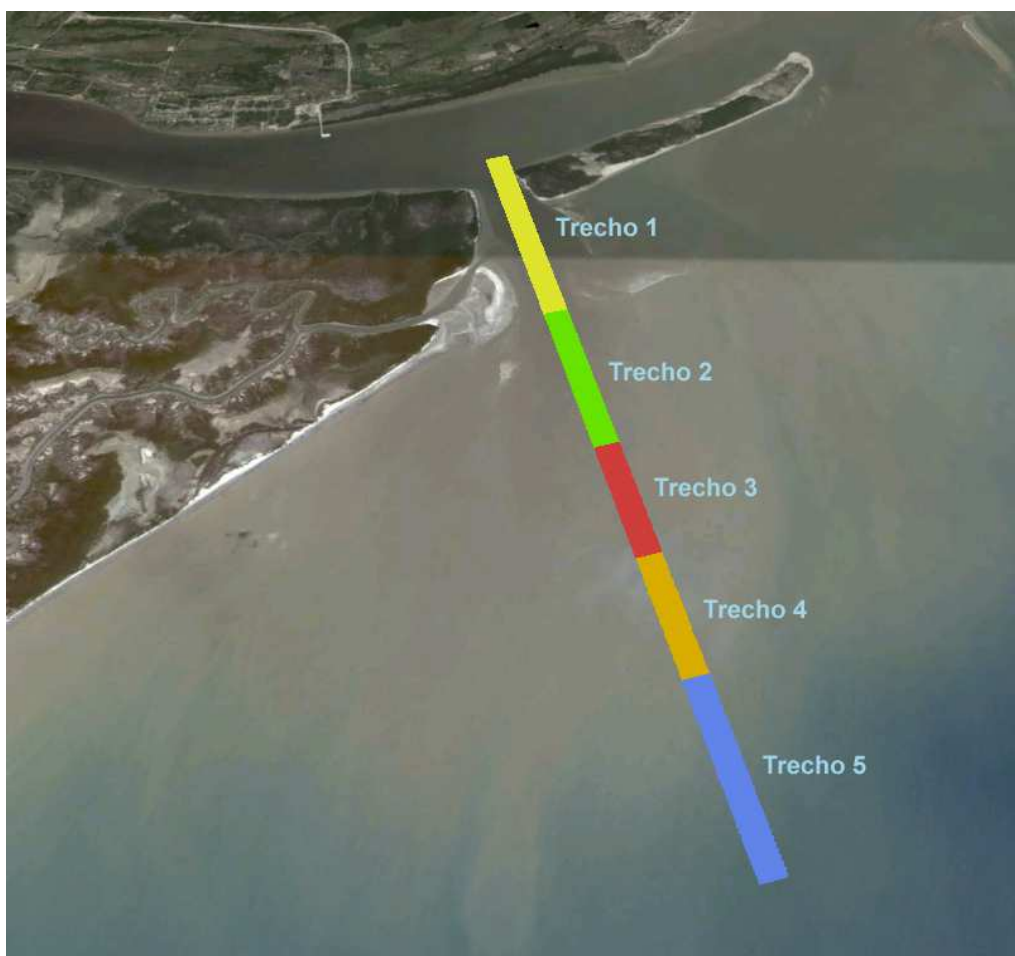
Atualmente, o Canal de Acesso apresenta traçado retilíneo com 6.500 metros de extensão (veja Anexo 1). Tal traçado retilíneo tem nos últimos anos se apresentado cada vez mais discordante do talvegue natural da desembocadura. De fato, tem havido um aumento da sinuosidade do talvegue da desembocadura do rio Caravelas, o que tem causado aparecimento de áreas rasas arenosas no interior do Canal de Acesso com maior intensidade.

Assim, com objetivo de reduzir os esforços de dragagem e impactos associados, está em processo de homologação na Marinha do Brasil, um novo traçado de canal de navegação, que procura acompanhar o talvegue atual, aproveitando-se das boas profundidades naturais existentes (veja Anexo 2). Vale ressaltar que, em termos locais, a mudança entre o traçado proposto e o atual é pequena. Observa-se no traçado proposto a inclusão de três curvas, que procuram amoldar o traçado do canal com as regiões naturais mais profundas e afastadas dos taludes arenosos. O trecho inicial do canal, mais externo, é mantido exatamente conforme o do traçado já existente.

A alteração do traçado de navegação segue os trâmites da Norma Marítima 17 da Marinha do Brasil. Espera-se que até o início da próxima campanha de dragagem, o processo já esteja concluído, e que a dragagem seja executada conforme o novo traçado proposto.

Desta forma, o presente documento aborda os volumes de sedimentos a serem dragados em ambas as opções.

De forma a facilitar o controle da dragagem e execução do Plano de Dragagem, dividiu-se o Canal de Acesso em 5 trechos. Os critérios usados para a divisão dos trechos fundamentam-se no tipo de sedimento e morfologia do fundo encontrados ao longo do Canal de Acesso. A Figura 2-1 apresenta as divisões em trechos convencionadas.



**Figura 2-1 – Seções e trechos do canal de Acesso**

Nos trechos 1, 2 e 3, o sedimento predominante é areia e a dragagem ocorre principalmente em áreas de talude, enquanto que nos trechos 4 e 5 se encontra predominantemente lama, com a dragagem ocorrendo principalmente no fundo plano do canal.

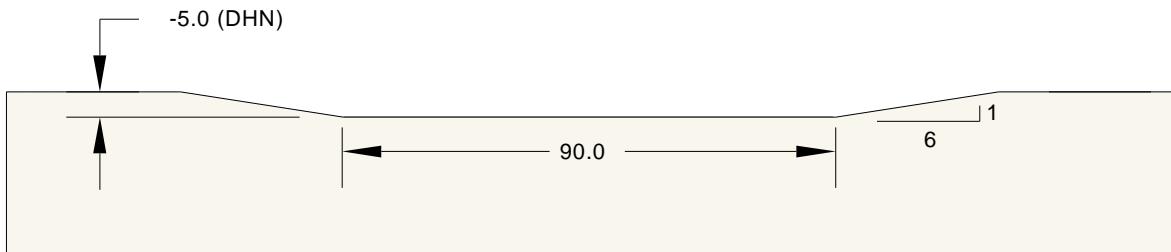
## **2.2 Gabarito Geométrico**

O gabarito geométrico de navegação (veja Figura 2-2) foi definido de acordo com as características locais e das embarcações, calculando-se necessários uma largura de fundo de 90,0 m e cota de profundidade de - 5,0 metros (cota referida ao nível de redução da DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil), para que as barcaças possam navegar seguramente entre o terminal e o mar aberto. A cota de fundo de -5,0 m DHN permite a navegação independentemente da condição de maré, isto é, pode-se navegar pelo canal com segurança em condições de baixa-mar de sizígia. O gabarito geométrico é o mesmo tanto para o traçado atual quanto para o novo proposto.

Assim, o Canal de Acesso, pretendido após a dragagem, tem gabarito geométrico de navegação com as seguintes características principais:

- Largura do Fundo: 90 m;

- Largura Total: 150 m;
- Taludes: 1V : 6H;
- Cota do Fundo: -5.0 m (Nível de Redução da DHN).



**Figura 2-2 – Gabarito geométrico de navegação**

### 3 Descrição da Área de Descarte

A Figura 3-1 apresenta a localização da Área de Descarte. A área de descarte autorizada para a disposição dos sedimentos oriundos da operação de dragagem tem dimensões de 2 x 2 km. Esta área é dividida nos quadrantes: NW, NE, SW e SE, cada um com 1 x 1 km. O centro da área de descarte está distante de aproximadamente 2 km da extremidade S do canal de acesso. A Tabela 3-1 apresenta as coordenadas geográficas limites da área de descarte.

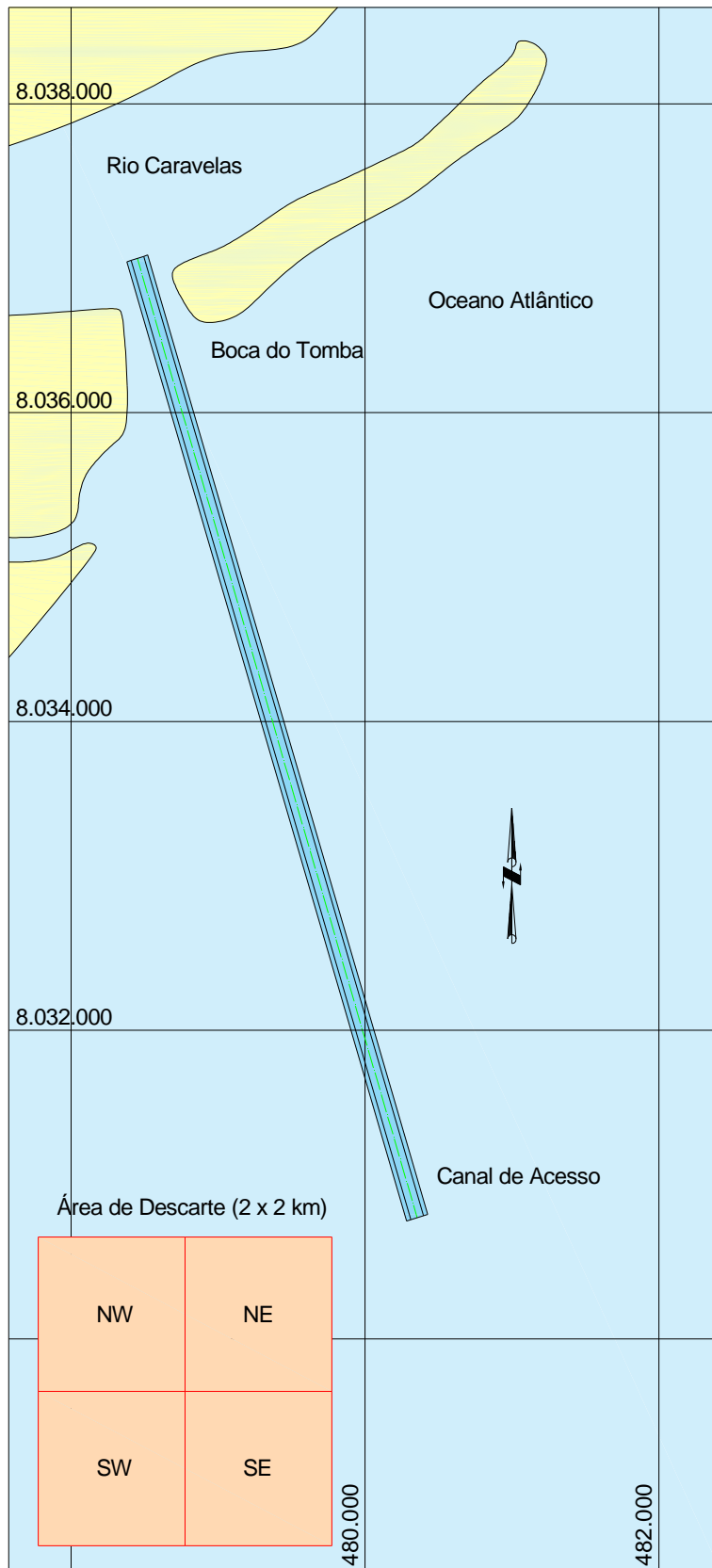
Na atualidade, as profundidades da Área de Descarte variam aproximadamente entre -3,00 a -7,00 metros, referidas ao nível de redução da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha do Brasil.

**Tabela 3-1 – Coordenadas limites dos quadrantes constituintes da Área de Descarte – UTM-WGS84**

Quadrante	NW	NE	SW	SE
Limite Norte (Coord. Norte)	8.030.660	8.030.660	8.029.660	8.029.660
Limite Sul (Coord. Norte)	8.029.660	8.029.660	8.028.660	8.028.660
Limite Oeste (Coord. Este)	477.775	478.775	477.775	478.775
Limite Leste (Coord. Este)	478.775	479.775	478.775	479.775

Nas últimas dragagens realizadas, procurou-se evitar o descarte de sedimentos de forma localizada no interior da área de descarte. Sabe-se que o descarte repetitivo no mesmo lugar pode gerar problemas com profundidades e levar à saturação prematura da área. Assim, na dragagem a ser realizada em 2015/2016, os descartes deverão ser realizados somente na região mais profunda dos quadrantes SW e SE e de forma distribuída, como nas últimas campanhas de dragagem. De acordo com a batimetria pré-dragagem a ser realizada na área de descarte, serão definidos um total de aproximadamente 10 sub-áreas, em que os descartes serão executados de forma alternada.

O Anexo 4 apresenta a última batimetria disponível da área de descarte, realizada em abril de 2015. Os resultados do monitoramento da área de descarte disponíveis até o momento foram apresentados no relatório HM RT 67/15 encaminhado ao Ibama em abril/2015.



**Figura 3-1 – Localização do Canal e da Área de Descarte**

## 4 Descrição dos Equipamentos de Dragagem

O processo de contratação da empresa que realizará a campanha de dragagem 2015/2016 já foi iniciado, porém até o momento não se encontra concluído.

Nesta campanha de dragagem, deverá ser utilizada uma draga auto-transportadora de sucção e arrasto e uma draga tipo escavadeira em conjunto com um batelão. O uso de draga escavadeira tem sido necessário para remoção de taludes arenosos que se encontram avançados para o interior do canal (trechos 1, 2 e 3). Eventualmente, poderão também ser utilizados um flutuante com bomba desagregadora para auxiliar da dragagem dos trechos arenosos e lâmina niveladora para acabamento dos trechos lamosos.

Como ainda não há definição da empresa de dragagem que realizará a obra, também não se conhece qual equipamento específico estará sendo empregado.

Os próximos itens apresentam as características de equipamentos de dragagem compatíveis com os previstos para a obra.

### 4.1 *Draga Autotransportadora - Rio Ibicuí*

A draga Rio Ibicuí é do tipo autotransportadora de sucção e arrasto, veja Figura 4-1.



Figura 4-1 – Draga Autotransportadora Rio Ibicuí



A draga autotransportadora de sucção e arrasto (trailing suction hopper dredger) consiste em uma embarcação marítima autopropelida em que os sedimentos dragados são armazenados na cisterna para despejo posterior.

A draga Rio Ibicuí dispõe de uma tubulação articulada próxima do bordo do casco, que em sua extremidade possui uma boca de dragagem, a qual entra em contato com o fundo durante a operação de dragagem. A tubulação é ligada a uma potente bomba de sucção, que suga o material dragado e o distribui na cisterna embarcação.

A draga Rio Ibicuí possui comportas de fundo, que são abertas para o descarregamento do material dragado no local de despejo e permitem a operação de dragagem com descarga de água por transbordamento da cisterna (overflow).

A Tabela 4-1 apresenta as características técnicas da draga Rio Ibicuí.

**Tabela 4-1 - Características técnicas - draga Rio Ibicuí**

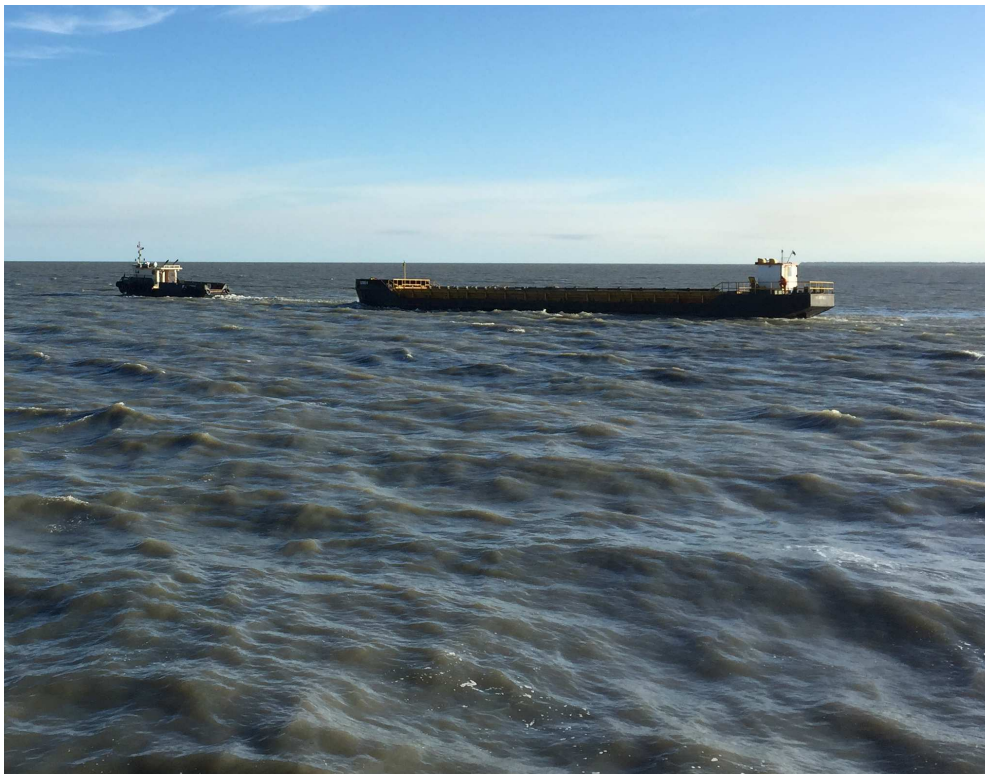
Draga Rio Ibicuí	
Ano de fabricação e reforma	1972 e 2013
Sistema de posicionamento da embarcação	Tempo real através de equipamento DGPS com precisão submétrica
Comprimento	76,40 m
Boca	11,10 m
Pontal	3,10 m
Calado Carregado	2,50 m
Calado Leve	1,70 m
Potência dos motores	700 hp
Capacidade da cisterna	1.198,20 m <sup>3</sup>
Capacidade de carga	1.880 ton

## **4.2 Dragagem Escavadeira - Balsa Spot e Batelão Tucuruí**

A dragagem por escavadeira deverá ser executada por um conjunto de equipamentos como já empregados na última campanha de dragagem (2014/2015). A balsa Spot foi utilizada como base para operação de uma escavadeira Caterpillar 374D, responsável por carregar o batelão Tucuruí com os sedimentos dragados (veja Figura 4-2 e Figura 4-3).



**Figura 4-2 – Escavadeira a bordo da balsa Spot realizando carregamento no batelão Tucuruí**



**Figura 4-3 – Batelão Tucuruí sendo rebocado para a área e descarte**

A Tabela 4-2, Tabela 4-3 e Tabela 4-4 apresentam as características técnicas da balsa Spot, escavadeira 374 e batelão Tucuruí, respectivamente.

**Tabela 4-2 - Características técnicas – Balsa Spot**

<b>Balsa Spot</b>	
Comprimento	35,9 m
Boca	13,8 m
Capacidade	600 toneladas

**Tabela 4-3 - Características técnicas - Escavadeira 374**

<b>Draga Escavadeira 374</b>	
Ano de fabricação	2014
Marca e modelo	Escavadeira Hidráulica Caterpillar (374D L)
Modelo do Motor	Cat® C15 ACERT® (ATAAC), 355 KW / 476 HP
Sistema Hidráulico	Fluxo máximo (total) 880 l/min Pressão máxima (normal) 35,000 kPa
Profundidade de Escavação	Até 10,0 m
Altura Cabinada	3,54 m
Caçamba	2,4 m <sup>3</sup> (adaptado)

**Tabela 4-4 - Características técnicas – batelão Tucuruí**

Batelão Tucuruí	
Comprimento	54,0 m
Boca	12,0 m
Pontal	2,3 m
Calado Carregado	2,40 m
Capacidade da cisterna	480 m <sup>3</sup>

### **4.3 Equipamento de Nivelamento - Rebocador Tthora e Balsa Tereza**

O equipamento de nivelamento de fundo deverá ser composto por conjunto similar ao já empregado na última campanha de dragagem (2014/2015), ou seja, pelo rebocador Tthora e a balsa Teresa. Um laminador preso à balsa, ao ser arrastada pelo fundo, na cota de projeto, proporcionará acabamento, minimizados as irregularidades dos fundos dragados. A Figura 4-4 apresenta o rebocador Tthora e a balsa Tereza em operação. A Figura 4-5 apresenta o laminador.

A Tabela 4-5, Tabela 4-6 e Tabela 4-7 apresentam as características técnicas do rebocador Tthora, balsa Tereza e laminador, respectivamente.



**Figura 4-4 – Rebocador Tthora e a balsa Tereza**



**Figura 4-5 – Laminador**

**Tabela 4-5 - Características técnicas – rebocador Tthora**

Rebocador Tthora	
Comprimento	14,0 m
Boca	4,5 m
Calado	1,5 m
Potência dos motores	1.200 hp

**Tabela 4-6 - Características técnicas – balsa Tereza**

Balsa Tereza	
Comprimento	18,0 m
Boca	9,0 m
Calado	1,0 m
Potência dos motores	Sem propulsão

**Tabela 4-7 - Características técnicas – Laminador**

Laminador de aço	
Comprimento	8,0 m
Altura	1,45 m
Peso	10 toneladas

## **5 Estimativa do Volume a ser Dragado**

### **5.1 Volumes Planejados de Dragagem**

O volume a dragar necessário foi estimado a partir de sondagem batimétrica realizada em junho/2015 (veja Anexo 3). Tal levantamento batimétrico foi realizado em seções espaçadas de 20 metros. Os dados brutos de batimetria foram tratados estatisticamente com raio “sort” de apenas 1 metro. A partir destes dados foi criado um modelo digital de terreno – DTM – Digital Terrain Model.

O modelo digital de terreno empregou a forma de superfície TIN – Triangulated Irregular Network (Rede irregular de triângulos). Para a criação das linhas TIN, os pontos da batimetria são conectados e a superfície é criada considerando a triangulação Delaunay.

A estimativa do cálculo de volumes a dragar foi realizada através de seções transversais obtidas da superfície DTM criada para a batimetria, e das características do gabarito projetado de navegação. O cálculo foi realizado através do método de volume Philadelphia Pre-Dredge do programa de computador Hypack 2015. Adicionalmente, foram usadas bordas construídas a partir das características conhecidas do sedimento, profundidade e morfologia, que permitiram dividir os volumes entre areias e lamas.

A Tabela 5-1 apresenta os volumes a dragar calculados referentes à batimetria de junho/2015. Além do volume de projeto, calculou-se o volume a ser dragado na Tolerância. A dragagem em profundidade superior ao projeto é inevitável, uma vez que para atingir a profundidade de projeto com segurança, em algumas áreas ocorre um maior aprofundamento que a cota de projeto. Foi considerada uma tolerância vertical de apenas 20 cm, ou seja, o total de volume a dragar considera um gabarito com até 5,20 m de profundidade. O valor reduzido de tolerância tem a função de propiciar controle, evitando dragagens não uniformes e desnecessárias por parte da empresa de dragagem contratada para a obra, uma vez que todo volume dragado além da tolerância não é pago.

Até o início da dragagem, espera-se um aumento destes valores devido ao assoreamento.

Tabela 5-1 - Volumes a dragar calculados em Junho/2015 – Traçados Atual e Proposto

**VOLUMES - JUNHO/2015 - CANAL ORIGINAL RETO – Volumes em m<sup>3</sup>**

TRECHOS	Areia Projeto	Lama Projeto	Areia Tolerância	Lama Tolerância	Subtotal
TRECHO 1	46.552	3.944	10.240	2.530	63.266
TRECHO 2	19.403	21.134	5.150	13.967	59.654
TRECHO 3	17.866	29.628	8.308	17.391	73.193
TRECHO 4	0	45.482	0	21.873	67.355
TRECHO 5	0	35.129	0	25.679	60.808
<b>Total</b>	<b>83.821</b>	<b>135.317</b>	<b>23.698</b>	<b>81.440</b>	<b>324.276</b>

**VOLUMES - JUNHO/2015 - CANAL TRAÇADO CURVO – Volumes em m<sup>3</sup>**

TRECHOS	Areia Projeto	Lama Projeto	Areia Tolerância	Lama Tolerância	Subtotal
TRECHO 1	0	0	0	0	0
TRECHO 2	13.903	18.062	2.991	3.972	38.928
TRECHO 3	46.168	16.379	13.886	11.785	88.218
TRECHO 4	0	45.482	0	21.873	67.355
TRECHO 5	0	35.129	0	25.679	60.808
<b>Total</b>	<b>60.071</b>	<b>115.052</b>	<b>16.877</b>	<b>63.309</b>	<b>255.309</b>

Assim, dados os volumes expostos a dragar, o volume planejado de dragagem em ambas as opções se limitará ao volume autorizado na Licença de Operação nº 898/2009(250.000 m<sup>3</sup>).

É importante ressaltar que a alteração no traçado, caso seja aprovada, trará melhores resultados à navegação tendo em vista o menor volume a ser dragado para atingimento do gabarito no canal.

## **5.2 Cronograma Físico da Dragagem**

Considerando-se as produtividades obtidas nas últimas campanhas de dragagem, estima-se em 90 dias o período mínimo de dragagem. Porém, por segurança, solicita-se um período de dragagem, entre 15 de novembro de 2015 a 31 de março de 2016, mesmo período concedido para a última campanha realizada. Ressalta-se que este período cobre parte da primavera e todo o verão, épocas recomendadas para a execução da obra, como também não abrange o período do defeso do camarão.

## **5.3 Diretrizes do Plano de Dragagem**

Os Trechos 2 e 4 serão os primeiros a serem dragados, pelas dragas escavadeira e autotransportadora, respectivamente. As operações de dragagem com ambas as dragas deverão ser iniciadas simultaneamente em 15/nov/2014.

Diariamente serão realizadas batimetrias de controle de dragagem na área atacada pela draga escadeira. Na área de trabalho da draga autotransportadora serão realizadas batimetrias três vezes por semana. A partir dos resultados batimétricos, o plano de dragagem a seguir será constantemente atualizado, visando a assertividade da operação.

Com o término da dragagem dos taludes arenosos do Trecho 2, o Trecho 3 e o Trecho 1 serão liberados para a dragagem pela draga escavadeira em sequência.

No momento em que o Trecho 4, dragado pela draga autotransportadora, atinja o mesmo patamar de cotas de profundidade do Trecho 5, o Trecho 5 será liberado para dragagem em conjunto com o Trecho 4, buscando-se a uniformidade do resultado de dragagem em ambos os trechos. A seguir, a draga autotransportadora deverá operar nas regiões planas que são necessárias a dragar dos trechos 3, 2 e 1.

Caso haja dragagem considerando o novo traçado (canal curvo), não haverá dragagem no trecho 1. A dragagem dos trechos 4 e 5 permanece idêntica, porém ocorre alteração nos trechos 2 e 3. Com o novo traçado haverá maior dragagem no trecho 3 e redução no trecho 2.



## 6 Método de Medição do Volume de Dragagem

Os volumes medidos em cisterna deverão seguir a metodologia consagrada pela Companhia Brasileira de Dragagem – CBD. A composição do volume de sedimentos dragados/escavados despejados na cisterna é dada pela soma do volume sedimentado e do volume em suspensão. No caso da dragagem de areia por escavadeira depositada em batelão, que impossibilita o uso do método, o volume será estimado pelo arqueamento da embarcação, ou seja, pela alteração de calado leve para carregado.

O volume de sedimento decantado no fundo da cisterna é medido através de um prumo aferido para uma densidade aproximada entre 1,35 e 1,70 g/cm<sup>3</sup>, para contemplar carregamentos de lamas e areias adequadamente. Na Figura 6-1 é possível visualizar o Prumo de Medição e na Figura 6-2 a utilização deste instrumento.



Figura 6-1 – Prumo de medição



**Figura 6-2 – Utilização de prumo de medição**

Uma vez determinado o volume de material decantado no fundo da cisterna, deve-se calcular qual o volume de sedimento presente na mistura água/sedimento que preenche o restante da cisterna. Para tanto, amostras deste sobrenadante são coletadas em provetas graduadas que deverão ser deixadas em repouso por 48 horas, para permitir a separação da água do sedimento e determinação do percentual de sedimento presente. Com este percentual conhecido calcula-se o volume de sedimentos em suspensão. A Figura 6-3 apresenta três provetas com diferentes amostras após decantação.



**Figura 6-3 – Provetas após decantação**

– ANEXO 1 –

**HM-FIBRIA-03-2015**

**TRAÇADO ATUAL DO CANAL DE ACESSO**

– ANEXO 2 –

**HM-FIBRIA-04-2015**

**TRAÇADO PROPOSTO DO CANAL DE ACESSO**

– ANEXO 3 –

**NORSUL-11-2015**

**BATIMETRIA – Junho/2015**

**CANAL DE ACESSO**

**– ANEXO 4 –**

**HM-FIBRIA-ABR-2015**

**BATIMETRIA – Abril/2015**

**ÁREA DE DESCARTE**