

# **Parecer Técnico sobre a viabilidade Operacional para um novo terminal de contêineres no porto de Salvador - BA**

## **Índice**

- .A questão náutica da nova concepção do porto de Salvador**
- .Cálculo da profundidade mínima para a operação marítima**
- .Validação da largura do canal de acesso ao porto de salvador , a partir da norma PIANC Report 121 - 2014**
- . Projeto da Bacia de Evolução**
- .Ocupação da linha de acostagem**
- .Canal projetado e fluxo de transito esperado**
- .Áreas de Dragagem**
- .Estimativa do volume de dragagem**
- .Conclusão**

## A questão náutica da nova concepção do porto de Salvador

O presente parecer tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da operação marítima e portuária em uma nova concepção para o porto de Salvador. A demanda apresentada diz respeito a utilização do porto como grande terminal de contêineres. Como principais atrativos para esta nova concepção temos duas características marcantes

- o acesso marítimo da baía de Todos os Santos, apresentando como principais vantagens naturais profundidades excepcionais para o acesso, correntes marinhas longitudinais ao fluxo principal dos navios e pouco ou nenhum movimento de sedimentos de fundo, e

- o acesso terrestre, associado a inauguração da via Expressa, com entrada exclusiva para o porto a partir da BR 324, retirando todo o tráfego de caminhões da zona urbana, que poderia inviabilizar tal proposta. Este talvez seja o parâmetro mais importante na justificativa dessa alteração proposta, com seu melhor aproveitamento possível, justificando plenamente o investimento.

Assim sendo, a concepção inicial do referido projeto e a apresentada na figura 3.



Fig. 1 - Porto de Salvador, atual configuração.



Fig.2 - Via Expressa , acesso a zona portuária do porto de Salvador

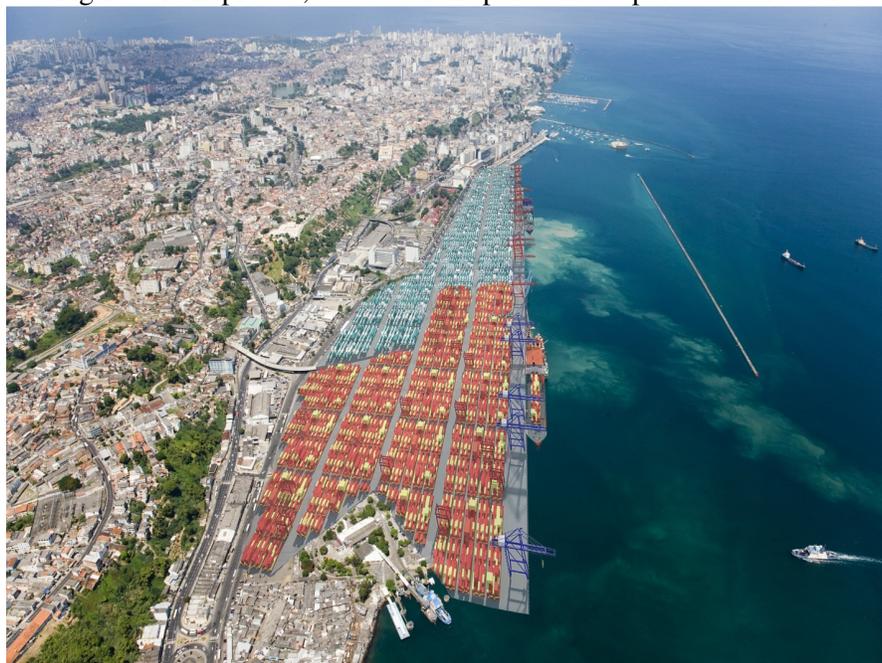


Fig.3 - Concepção do novo porto de Salvador

Para definição do maior navio de projeto possível de transitar na área no do novo terminal de contêineres proposto pelo contratante , foi então realizado o primeiro calculo , com parâmetros da norma ABNT 13246 . Posteriormente , após a definição deste navio de projeto , o canal e dimensionado novamente , agora pela norma PIANC Report 121 - 2014 , norma internacional.

Para a definição da largura do canal disponível na área interna do porto na sua nova concepção, foram observados os seguintes critérios de segurança

- 1 - distancia de segurança entre a margem do canal e o quebra mar  $1B$  (  $b$ = boca hipotética do maior navio de projeto)
- 2 - distancia da margem a linha de acostagem ( cais )  $2B$  , sendo uma boca correspondente a um navio atracado e uma boca como margem de segurança
- 3 - canal em mão única ( critério ABNT 13246 ) -  $4,2B$

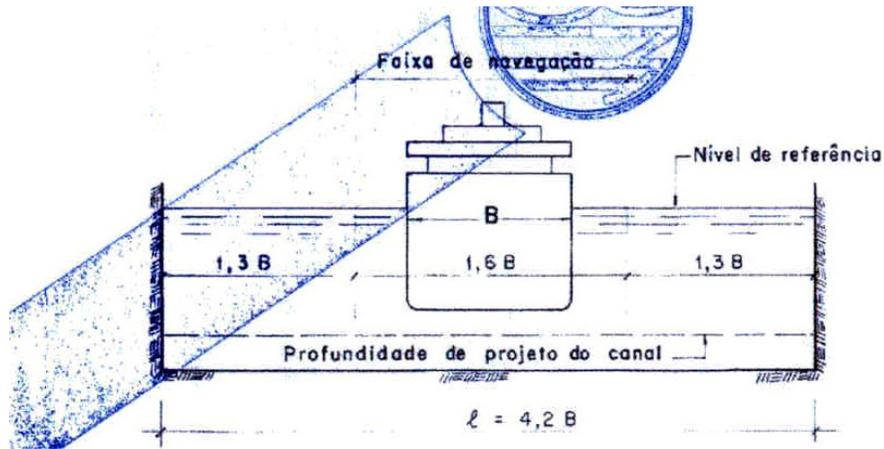


Fig. 4 - Opção eleita a partir do tipo de margem assumida para o projeto (Margens de canal Penhascos, barragens, estruturas com paredes verticais)

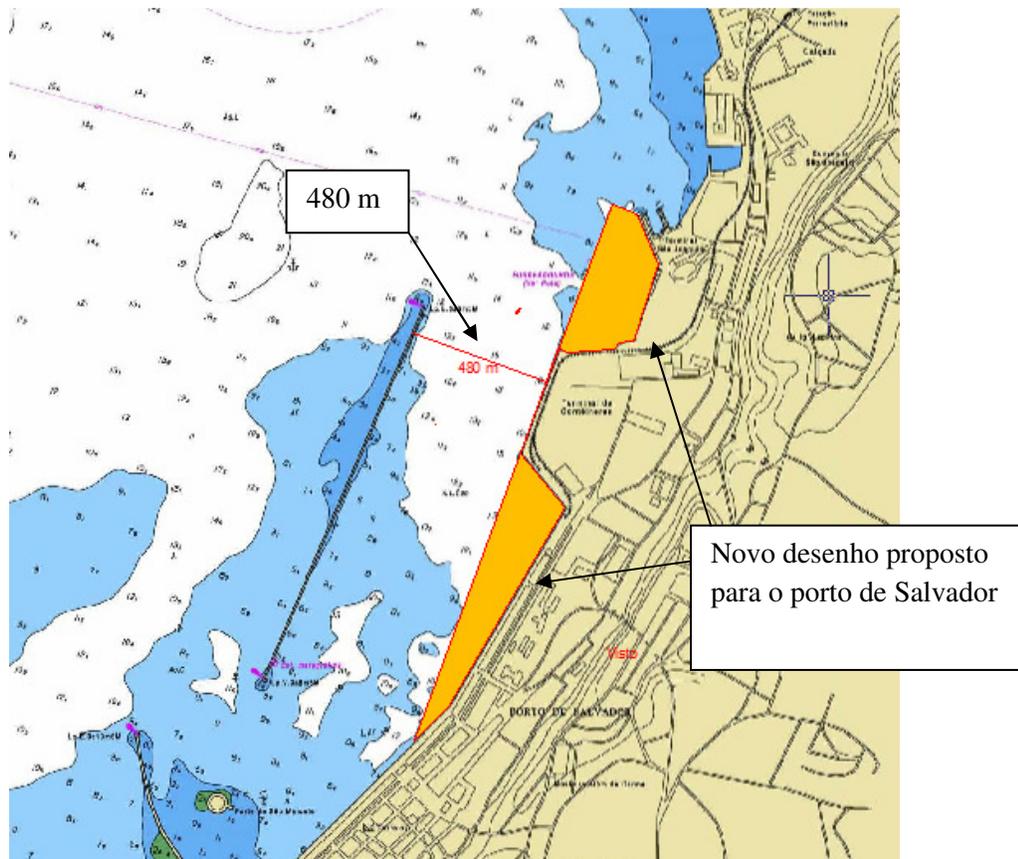


Fig. 5 -Distancia entre o quebra mar existente e a linha de acostagem da nova concepção do porto de Salvador

A distancia disponível entre a linha de acostagem (cais) e o quebra mar na nova concepção de porto de contêineres e de 480 m. Logo,  $7,2 B = 480 \text{ m}$ , onde  $B = 66,7 \text{ m}$ . Este valor de boca para a ser o limite admissível para o transito no canal de acesso ao novo porto de Salvador.

Consultando a tabela de dimensões típicas de navios a plena carga, da publicação internacional PIANC Report 121-2014, tendo como elemento de entrada a maior boca admitida para o transito no porto de Salvador, obtemos o seguinte resultado

DWT (tonnes)	$\Delta$ (t)	$L_{oa}$ (m)	$L_{pp}$ (m)	B (m)	T (m)	$C_B$ (-)	Min. Lateral Windage: Fully Loaded (m <sup>2</sup> )	Max. Lateral Windage: In Ballast (m <sup>2</sup> )	Appro Capaci TEU / C
Container Ships (Post-Panamax)									TEU
245,000	340,000	470.0	446.0	60.0	16.0	0.69	11,000	12,500	22,00
200,000	260,000	400.0	385.0	59.0	16.5	0.68	10,700	12,000	18,00
195,000	250,000	418.0	395.0	56.4	16.0	0.68	10,100	11,300	14,50
165,000	215,000	398.0	376.0	56.4	15.0	0.66	9,500	10,500	12,20
125,000	174,000	370.0	351.0	45.8	15.0	0.70	8,700	9,500	10,00
120,000	158,000	352.0	335.0	45.6	14.8	0.68	8,000	8,700	9,000
110,000	145,000	340.0	323.0	43.2	14.5	0.70	7,200	7,800	8,000

Tabela 1 - Tabela PIANC Report 121 - 2014 ( ultima edição). Maior boca listada 60,0 m

A partir da informação da boca do maior navio de projeto compatível com a largura de espelho d'água existente , são então obtidos , na referida tabela , as demais dimensões típicas do navio de projeto.

Comp. Total (Loa)	Comp. entre Perpendiculares (Lpp)	Boca ( B )	Calado ( T )
470,0 m	446,0 m	60 m	18,0 m

Tabela 2 - Dimensões típicas do maior navio de projeto navio aplicável ao projeto

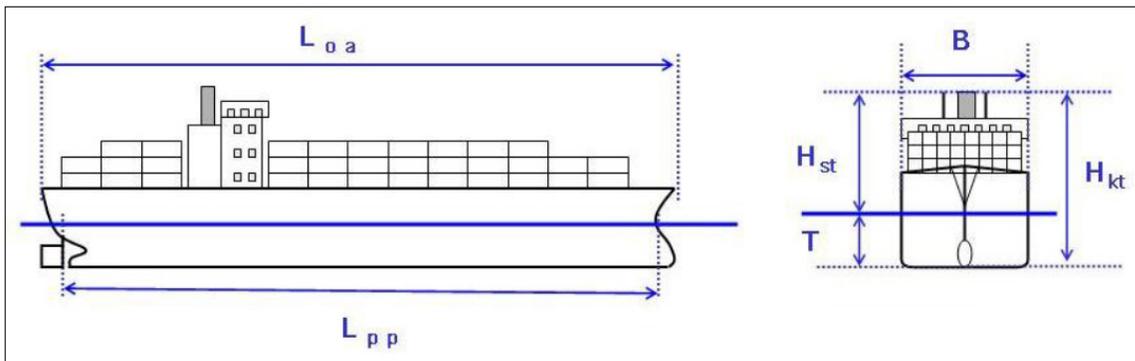


Fig. 6- Dimensões típicas de navio

Com as dimensões típicas obtidas na tabela PIANC, será então apresentada a validação da largura do canal , agora a partir da memória de calculo pela referida publicação ( PIANC ). Não devemos esquecer que a primeira análise numérica foi realizada pela norma nacional , e agora a validação será efetuada por norma internacional , de maneira a ser abrangente em relação aos futuros usuários.

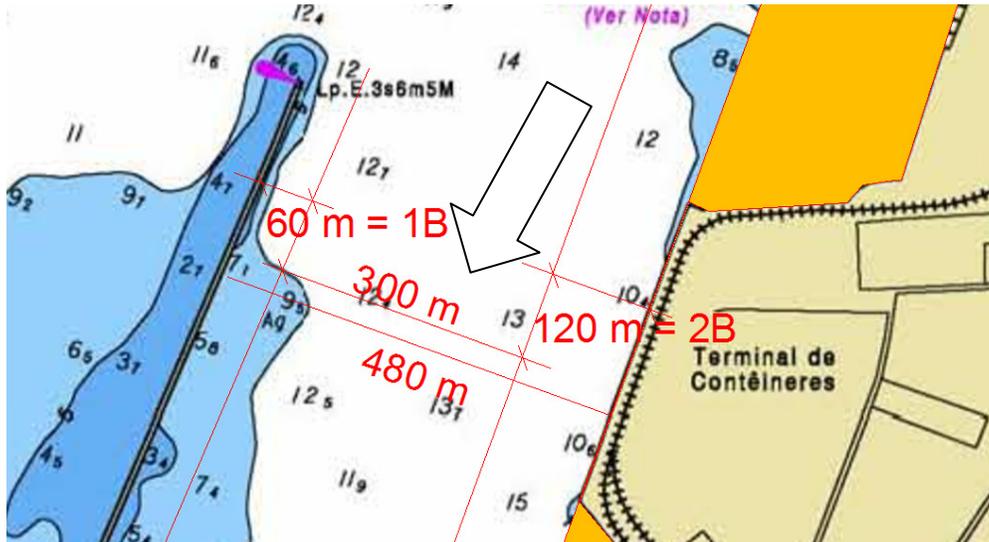


Fig. 7 - Largura disponível para transito do navio de projeto , a partir da inserção das distancias de segurança

Porem , antes será feita a analise da profundidade mínima necessária para o transito do navio de projeto , dimensão essa que pode ser corrida em relação a profundidade existente com a realização de obra de dragagem de aprofundamento.

## Cálculo da profundidade mínima para a operação marítima

### Marés / profundidade segura / calados de projeto.

A questão que se apresenta logo a seguir é como definir uma profundidade segura para o maior navio de projeto, de maneira que o mesmo opere sem restrições de horário, ou seja, sem necessidade de conjugação com a maré para giro e atracação, para um calado definido.

– Croqui básico da equação nível de redução – altura da maré – trânsito do navio

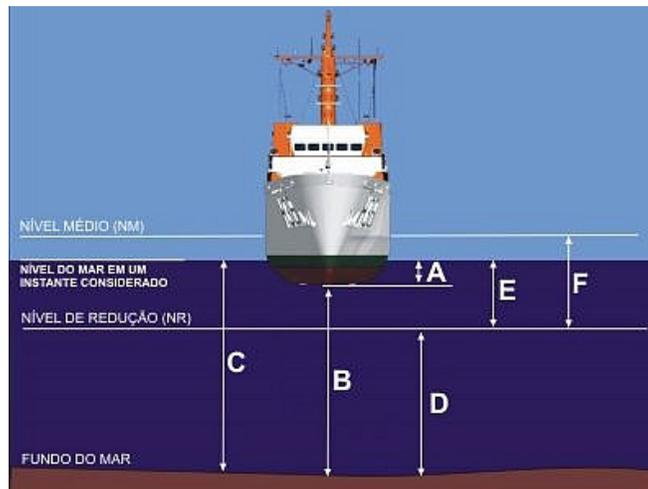


Fig. 8 - Elementos componentes do calculo da profundidade segura

Para decidir quanto aos aspectos da possibilidade de passar em certo local, datas e horários mais convenientes, é preciso que se observe que (fig. 8):

Em qualquer instante, a profundidade (C) é igual à sondagem apresentada na Carta Náutica (D) mais a altura da maré (E):

$$C = D + E$$

Nos ecobatímetros, é normalmente medida a distância vertical (B) entre a quilha do navio e o fundo do mar que, somada ao calado (A) dará a profundidade (C):

$$C = B + A$$

O cálculo a seguir apresentado, tem como finalidade definir uma profundidade para a maior embarcação de projeto possível de transito e atracação no novo terminal, sem dependência de horário de maré para tal, ou seja, que a operação marítima possa ocorrer a qualquer tempo. São apresentadas três modalidades de cálculo, de maneira a definir um valor que atenda todas as normas relativas ao assunto.

Comp. Total Loa	Comp. entre Perpendiculares Lpp	Boca B	Calado T
470,0m	446,0 m	60 m	18,0 m

Tabela 3 – Dimensões típicas de navio de projeto

## 1. Profundidade definida a partir do critério PIANC

Evidentemente, os efeitos de profundidade/calado têm que ser levados em conta em certas considerações sobre a largura do canal projetado. Alguns deles são aqui vistos, conforme segue:

### - Relação Velocidade/Calado

A resistência hidrodinâmica ao movimento de um navio em águas rasas é regida pelo Número Froude de Profundidade Fnh, que é de modo geral a razão não dimensional entre velocidade e profundidade. Ele é definido como:

$$F_{nh} = V / (\sqrt{gh})$$

Onde: V é a velocidade através da água em metros/segundo

H é a profundidade de águas tranqüilas em metros

g é a aceleração da gravidade (cerca de 9,81 m/s<sup>2</sup>)

Quando Fnh se aproxima ou se iguala à unidade, a resistência ao movimento atinge valores muito altos, que navios de maior deslocamento não têm potência suficiente para superar. De fato, é improvável que tais navios sejam capazes de superar valores de Fnh de 0,6 ou 0,7, os quais constituem verdadeiras barreiras à velocidade.

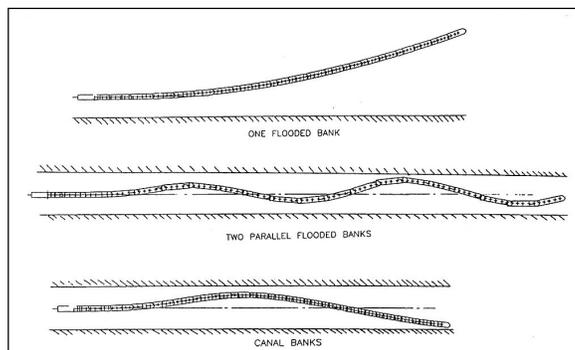


Fig. 9 - Guinadas Devido aos Efeitos de Margens

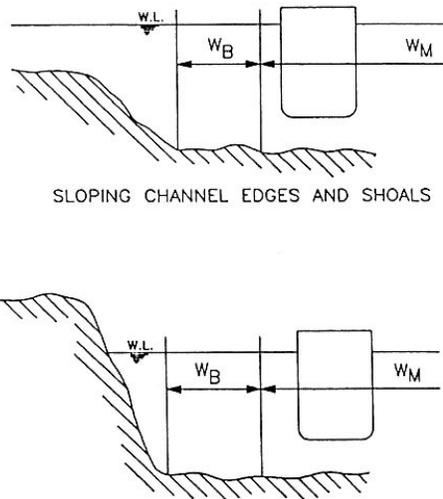


Fig.10 – Distâncias de Margens Distância à Margem WB deve ser suficiente para reduzir os Efeitos de Margem a um Mínimo Controlável

Assim, antes de decidir sobre a velocidade em função da qual serão efetuados os cálculos de largura de canal, é aconselhável que se verifique se ela é compatível com a profundidade sob consideração. Alternativamente, o Número de Froude limite pode ser utilizado com uma velocidade escolhida para determinar um limite mínimo de profundidade.

- *Squat*, Ondas e Relação Profundidade/Calado

*Squat* é a tendência de um navio a afundar e adquirir trim quando em movimento, dessa maneira reduzindo a lâmina d'água sob sua quilha. O *squat* depende muito da velocidade e é acentuado (podendo se tornar crítico) em águas rasas. Assim, é prudente verificar se o calado do canal é suficiente para permitir qualquer *squat* conseqüente da velocidade que o navio em trânsito necessite desenvolver para não perder a maré e manter sua manobrabilidade. Para uma rápida estimativa inicial, pode-se empregar a expressão ICORELS para águas abertas:

$$Squat (m) = 2.4 \frac{V}{L_{pp}} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{(1-F_{nh}^2)}}$$

Onde

- V=volume de deslocamento (m<sup>3</sup>)=C<sub>B</sub>.L<sub>pp</sub>.B.T
- L<sub>pp</sub>=comprimento entre perpendiculares do navio (m)
- B=boca do navio (m)
- T=calado do navio (m)
- C<sub>B</sub>=coeficiente de bloco

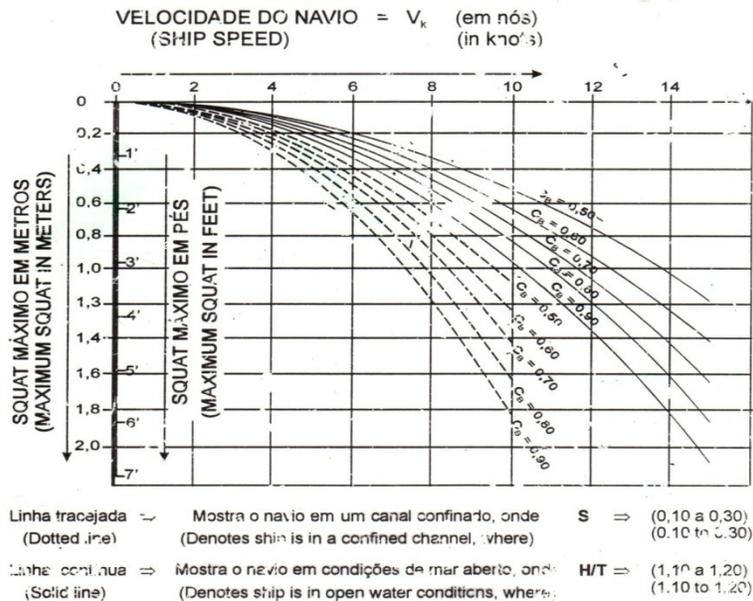


Fig. 11 – Ábaco squat máximo X velocidade do navio

$F_{nh}$  = Número de Froude de Profundidade

Uma maneira simples de levar em consideração *squat*, calado e incertezas de sondagem (e também proporcionar uma margem de segurança) é estabelecer um valor mínimo para a proporção profundidade/calado. Em muitos portos do mundo, o valor de 1,10 tornou-se aceito embora possa ser encontrado o valor de 1,15. Tais valores são para águas tranquilas somente, e valores maiores serão necessários se o canal estiver sujeito à ação de ondas, quando então valores de 1,3 ou mais devem ser usados. Quanto mais próxima da unidade estiver essa proporção, mais direcionalmente estável ficará o navio e, conseqüentemente, mais lentas suas respostas. É usual contornar esse efeito aumentando a largura do canal – outra situação em que largura e profundidade estão ligadas.

Em face das características de águas interiores, foi aplicado o coeficiente de 1,1, o que nos apresenta os seguintes resultados;

NAVIO TIPO	CALADO	COEFICIENTE	PROF DE PROJETO
Container	18,0 m	1,15	20,7 m

Tabela 4 – Profundidade mínima de operação calculada pelo PIANC

## 2. Profundidade definida a partir do critério NPCP - BA (Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da Bahia)

Uma segunda análise para definição da profundidade adequada para transito de navio de projeto, a partir de calado a plena carga, é a aplicação do conceito constante nas NPCP da Capitania dos Portos da Bahia, capítulo 4, onde temos;

### “0401 – PROPÓSITO

Estabelecer os diversos procedimentos para as restrições na área de jurisdição da CPBA, para a manutenção do controle da navegação com segurança.

## **0402 – COORDENAÇÃO**

Cabe ao Capitão dos Portos da Bahia, ao Delegado em Ilhéus e ao Agente em Porto Seguro coordenar as atividades das autoridades responsáveis pela administração dos portos e dos terminais, quanto ao estabelecimento das limitações operacionais, nas respectivas áreas de jurisdição.

## **0403 – CALADOS MÁXIMOS RECOMENDADOS**

### **a) Introdução**

Conduzir uma embarcação com um determinado calado em local cuja profundidade é conhecida é, fundamentalmente, um problema de navegação, cuja resolução cabe ao seu Comandante. Para tal, deve ele munir-se de todas as informações e auxílios possíveis, bem como, adotar os procedimentos que a boa técnica recomenda.

Dessa forma, não é suficiente apenas estar com um calado menor que a profundidade local para navegar com segurança. Há que ser considerada a velocidade, a largura do canal, a tença, o estado do mar, as possíveis alterações de densidade da água, regime de ventos, correntes e marés que podem causar variações de calado ou alterações na manobrabilidade do navio.

### **b) Variáveis a Considerar**

No estabelecimento de um Fator de Segurança (FS), a ser introduzido no cálculo do calado máximo para os canais de acesso e para cada porto e terminal, são consideradas as variáveis empíricas listadas a seguir;

### **Variáveis empíricas que deverão ser consideradas no estudo para o estabelecimento de um fator de segurança**

#### **Natureza do Fundo**

Fundos sólidos, como rocha e coral, tendem a causar maiores danos aos navios, bem como, a tornar mais difíceis os desencalhes. Em compensação, fundos de lama fluida podem até admitir calados maiores que a profundidade, na ausência de outros fatores de risco (normalmente, camadas de lama fluida de densidade inferior a 1.2 kg/l não são consideradas nas batimetrias).

Os fatores de segurança (% da profundidade) recomendados em função do fundo são:

- lama macia 2,6%;
- areia 5,0%;
- pedra 8,0%.

#### **Incertezas da Área**

Informações de batimetria desatualizadas, variações de densidade da água, seja em razão de chuvas, seja por predominância de rios ou marés e movimento dos sedimentos no leito, são fatores que, com base no conhecimento local, devem ser considerados, e a eles atribuídos um percentual equivalente à incerteza.

#### **Movimentos Provocados pelo Mar**

As vagas causam movimentos verticais nos navios, que devem ser levados em conta.

Para um estado do mar três (3) na escala Beaufort, os seguintes valores devem ser considerados:

- área abrigada (águas interiores protegidas de vagas e vento dominantes): 3,3%;
- área normal (águas interiores que sofrem alguns efeitos do mar alto): 6,6%; e
- área desabrigada (águas submetidas ao embate direto do mar): 13,3%.

Normalmente, a presença de condições de mar acima de três (3), na escala Beaufort, deve resultar em cuidados adicionais do navegante, onde a altura das vagas deve ser considerada.

Designação Beaufort	Intensidade em Nós	Nomenclatura em Português	Nomenclatura em Inglês
0	Menor que 1	Calmaria	Calm
1	1 a 3	Bafagem	Light Air
2	4 a 6	Aragem	Light Breeze
3	7 a 10	Fraço	

Tabela 5 – Escala de ventos Beaufort ( Fonte : NPCP - Ba)

Para efeito de projeto, foi utilizado a situação de águas abrigadas protegida de vagas.( 3,3%)

#### Efeito “squat”

O deslocamento do navio em águas rasas (até 1,5% do seu calado abaixo da quilha) causa variações de pressão na massa líquida, que podem derrubar o navio, além de afetar seriamente a capacidade de governo. Esse fenômeno, denominado efeito “squat”, é importante para o estabelecimento de fatores de segurança e deve ser considerado em conjunto com a velocidade. Os seguintes valores aproximados de fator de segurança devem ser considerados:

- velocidade até 4 nós: 1,5%
- velocidade até 6 nós: 3,3%
- velocidade até 8 nós: 6,0%
- velocidade até 10 nós: 9,3%

Dessa maneira, a recomendação de um fator de segurança para compensar o efeito “**squat**” deverá estar relacionada com uma velocidade de segurança.

Para o cálculo foi utilizada a velocidade de 5 nós , hoje praticada nas manobras realizadas na área, com respectivo coeficiente de 2,4%.

#### **Integração das Variáveis**

Dificilmente, ainda que em um mesmo porto e seus acessos, poder-se-á estabelecer um fator único de segurança, sem que isso resulte em limitações exageradas por um lado, ou subdimensionadas por outro. Dessa forma, os fatores de segurança e, conseqüentemente, os calados máximos recomendados, devem referir-se a pontos específicos dos portos e seus acessos ("tais recomendações serão sempre apresentadas na seqüência em que o navegante encontrará, quando vier do mar para terra" , NPCP - BA).

Obviamente, os fatores de segurança avaliados para cada trecho significativo da derrota do navio, quando evoluindo para o porto, não serão necessariamente somados, mas, integrados de modo a dar ao navegante uma margem de segurança entre o seu calado e a profundidade local, a ser considerada na solução de seu problema de navegação. Nessa integração, devem ser consideradas a experiência local, as normas existentes e a estatística de acidentes.

#### **Calado Máximo Recomendado (CMR)**

O calado máximo recomendado do navio, para acesso e permanência nos portos e terminais da área de jurisdição da CPBA ( Capitania dos Portos da Bahia), considerará a aplicação de um fator de segurança à profundidade do local e deve ser calculado com base na seguinte fórmula:

$$\text{CMr} = (P + M) - [(P + M) \times \text{FS}]$$

Onde:

CMr = calado máximo recomendado  
P = profundidade do local reduzida ao nível de redução  
M = altura da maré no momento, obtida da tábua de marés  
F = percentual de fator de segurança (natureza do fundo)

Os fatores de segurança (% da profundidade) recomendados em função da natureza do fundo são:

- lama macia - 2,6%;
- areia - 5,0%;
- pedra - 8,0%.

Sua divulgação é feita pela administração do porto ou terminal responsável pelo trecho em questão e consta dos Apêndices ao Anexo 1-D das NPCP, na parte correspondente a cada porto ou terminal.

### Responsabilidade

O calado máximo recomendado não se constitui em uma limitação operacional no trecho navegado, não sendo, portanto, uma imposição formal. Entretanto, sua não observância será considerada no julgamento de eventuais acidentes marítimos, da mesma forma que qualquer outro ato de imperícia, imprudência ou negligência.

Aplicando o fator de segurança referente à pior situação (pedra), encontramos;

$$\text{CMr} = (P + M) - [(P + M) \times \text{FS}]$$

CMr ( Calado máximo rec. igual ao calado a plena carga do maior navio de projeto) = 18,0 m

M = - 0,10 m (menor leitura de maré verificada na área Salvador)

FS = 5,0% (considerado fundo areia), acrescidos de 3,3%, para movimentos do mar, e 1,5% de squat. ( FS = 9,8%)

$$\text{CMr} = (P + (- 0, 10)) - [(P + (-0, 10)) \times 0,098]$$

$$P = \text{CMr} + 0, 0902 / 0, 902$$

NAVIO TIPO	CMr (m)	COEFICIENTE	PROF DE PROJETO
Contêiner	18,0	P = CMr+0,0902/0,902	20,05 m

Tabela 6 – Profundidades mínimas de operação calculadas pela NPCP

### 3. Profundidade definida a partir do critério ABNT 13246

Como terceira opção de análise para definição da profundidade para transito eficaz do navio de projeto, foi observado o definido na norma NBR ABNT 13246.

#### Canal de acesso

Para o dimensionamento do canal de acesso exclusivo, foram aplicados os conceitos da norma ABNT NBR 13246 Planejamento Portuário, aspectos náuticos, com as seguintes definições básicas (fig.12);

Profundidade do canal; A profundidade mínima deve ser igual ao calado máximo (C) do maior navio de projeto, de acordo com a função do porto para o horizonte do projeto, incluindo a ocorrência de fatores e folgas mínimas ou 10% do calado máximo, devendo ser adotado o que for maior.

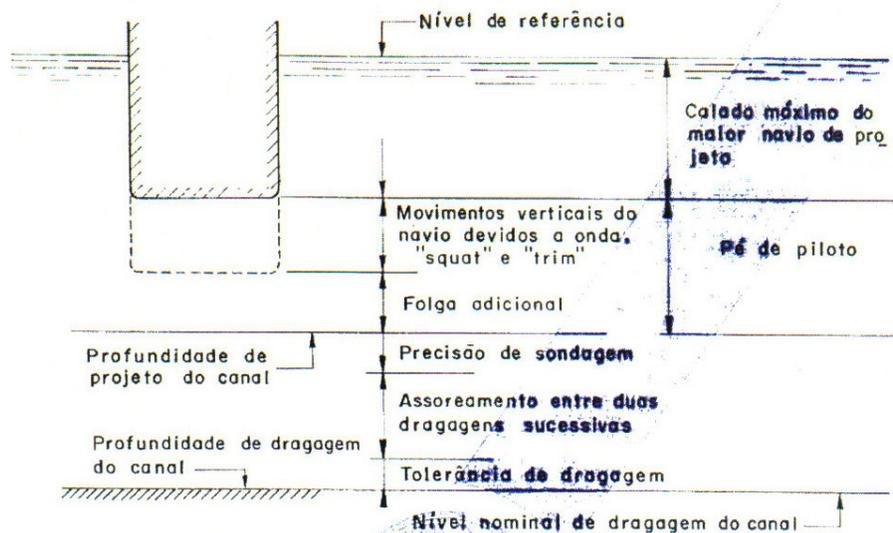


Fig.12 - Caracterização da profundidade e folgas

Profundidade Mínima = C Max. + Folga Squat/trim + Tolerância dragagem + Folga adicional tipo de fundo

Squat e trim: 0,015 do calado maximo = 0,27 m

Precisão da sondagem batimétrica; submétrica 0,1m

Tolerância para dragagem; 0,075 m ( draga hopper , aguas abrigadas)

Águas tranquilas até 0.3 m.

Folgas adicionais variáveis de acordo com a natureza do solo submarino;

Lodoso – até 0, 3 m

Arenoso – de 0, 3 m a 0, 5 m

Rochoso – no mínimo 1, 0 m

(aplicado 0,5 m, a exemplo do cálculo anterior)

Prof. Mínima = C Max. + Folga Squat/trim + Tolerância dragagem + Folga adicional tipo de fundo

NAVIO TIPO	CMr (m)	FOLGAS	PROF DE PROJETO
Contêiner	18,0 m	1,245	19,245

Tabela 7 – Profundidades mínimas de operação calculadas pela ABNT (folgas mínimas)

Ou

Prof. mínima = Calado Max. +10% Calado Max.

NAVIO TIPO	CMr (m)	FOLGAS	PROF DE PROJETO
Contêiner	18,0 m	1,80	19,8

Tabela 8 – Profundidades mínimas de operação calculadas pela ABNT (% de calado)

Será assumido , por recomendação da norma , o resultado maior.

## . Conclusão

Valores encontrados nos diferentes critérios aplicados;

NAVIO TIPO	PIANC	NPCP	ABNT
Contêiner	20,7 m	20,05 m	19,8m

Tabela 9 – Resultados encontrados pelos diferentes métodos

Como fator de segurança foi assumido o maior resultado para a profundidade mínima de operação para o navio de projeto, como **20,0 m.**

## Validação da largura do canal de acesso ao porto de Salvador , a partir da norma PIANC Report 121 - 2014

. Canal de acesso porto de Salvador (mão única)

. Valor final para largura da seção reta do canal Cotegipe em mão única

NAVIO TIPO	LOA (Comp. Total em m)	BOCA (m)	CALADO (m)
Container	470	60	18,0

Tabela 10 – Dimensões típicas dos navios tipo de projeto

Para canal de tráfego em sentido único;

$$W = w_{Bm} + \sum_{i=1}^n E w_i + w_{br} + w_{bg}$$

Onde;

-  $w_{Bm}$  = largura básica de manobra, resultante da manobrabilidade do navio

Manobrabilidade do navio	Boa	Moderada	Fraca
Faixa básica de manobra	1,3 B	1,5B	1,8B

Tabela 11 – Grau de manobrabilidade do navio

Mantendo o princípio de segurança, estabelecemos que nosso navio conceito tenha uma manobrabilidade de fraca para moderada . Estabelecemos assim uma faixa básica de manobra de 1,65B. Logo teremos

$$W = 1,65B$$

$w_{Bm}$

–  $W(i)$  = larguras adicionais para seções retas, resultantes da compensação de efeitos de ventos, correntes, tipo de carga, etc. paramos aqui

Largura $W(i)$	Vel do navio	Canal interno água abrigadas
Velocidade do navio baixa 5 - 8		0,0
Vento pelo través até 15 nós	Baixa	0,3B
Corrente pelo través desprezível (menor 0,2 nós)	Qualquer	0,0
Corrente longitudinal moderada (menor que 1,5 nós )	Qualquer	0,0B
Altura significativa de onda H (s) menor que 3m	Qualquer	0,0B
Auxílios a navegação BOM		0,2B
Tipo de Fundo		
Profundidade menor que 1,5 T (calado de projeto), Fundo liso e mole		0,1B
Profundidade da hidrovia(menor que 1,25T)		0,4B
Nível de periculosidade da carga baixo		0,0
<b>TOTAL DOS ADICIONAIS (<math>W(i)</math>)</b>		<b>1,0B</b>

Tabela 12 – Quadro de cálculo das larguras adicionais

– W ( br ) ; W ( bg ) – Distância a margem

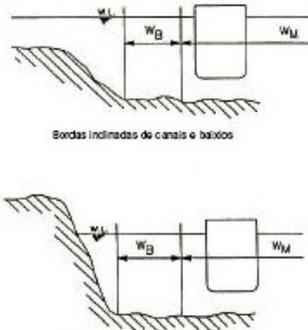


Fig. 13 – Distância a margem padrão

	ADICIONAL
Largura para distancia de margens	Velocidade do navio baixa em canal interno
Margens de canal Penhascos, barragens, estruturas com paredes verticais	0,5B

Obs:Aplicar para as duas margens .

$$W = W_{BM} + \sum_i^n w_i + W_{Br} + W_{Bg}$$

NAVIO TIPO B= 60 m	WBm (m)	Σ Wi (m)	Wbr (m)	Wbg (m)	TOTAL (m)
Container	99	60	30	30	219

Tabela 13 - Quadro de cálculo das larguras adicionais e largura total da seção reta do canal

.Valor final para largura da seção curva do canal prot de Salvador em mão única

.Cálculo do adicional de Largura

No.	Ship Type	R <sub>c</sub>
1	Cargo ship	5 L <sub>oa</sub>
2	Small cargo ship	6 L <sub>oa</sub>
3	Container ship (over Panamax)	7 L <sub>oa</sub>
4	Container ship (Panamax)	6 L <sub>oa</sub>
5	Very Large Bulk Carrier	6 L <sub>oa</sub>
6	Large Bulk Carrier (Panamax)	6 L <sub>oa</sub>
7	Small Bulk Carrier	5 L <sub>oa</sub>
8	VLCC	5 L <sub>oa</sub>
9	Small Tanker	5 L <sub>oa</sub>
10	LNG ship	4 L <sub>oa</sub>
11	Refrigerated Cargo Carrier	5 L <sub>oa</sub>
12	Passenger Ship	4 L <sub>oa</sub>
13	Ferry Boat	5 L <sub>oa</sub>

Tabela 14 - Raio de giro de navios tipo ( Fonte ; PIANC)

Para o navio de projeto (contêiner) o raio de giro será igual a 7 X L<sub>oa</sub> ( Comprimento total ) , totalizando 3290 m.

### Largura da Faixa de Trajetória Varrida em uma Curva em Função do Ângulo de Leme e Profundidade da Água (Com Base em Navio Porta Container de Um Hélice/Um Leme)

- 1 - Seguindo o critério inicial de extrema segurança foi adotado para entrada no gráfico, ângulo de leme de 15 graus
- 2 - Razão profundidade / calado = 1,11
- 2 – Resultados obtidos;  $\frac{W(s)}{B}$  - largura de faixa varrida = 1,18  
B - boca do navio de projeto

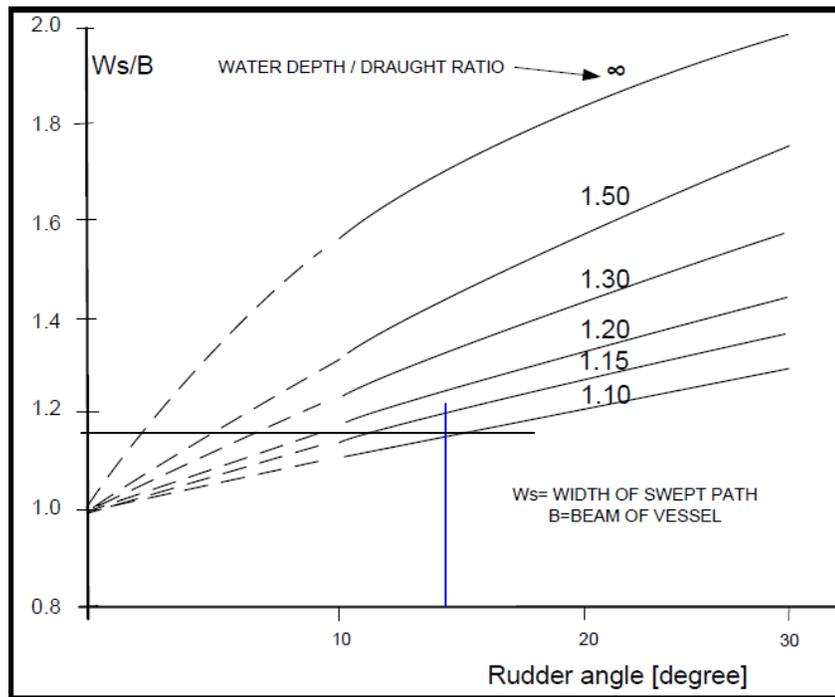


Fig.14 – Gráfico de cálculo de adicional de curva

NAVIO TIPO	Boca (m)	Calado (m)	Profundidade (m)	P/C	Ws/B	Ws
container	60	18,0	18,0	1,11	1,18	70,8

Tabela 15 - Quadro de cálculo das larguras da faixa varrida para navios tipo, critério PIANC

O valor final da largura do canal na seção curva será o somatório da largura na seção reta mais o adicional de faixa varrida.

NAVIO TIPO	Largura seção reta (m)	Adicional de faixa varrida (m)	Largura na seção curva (m)
container	219,0	70,8	289,8

Tabela 16 – Quadro de cálculo da largura da seção curva do canal projetado

## . Projeto da Bacia de Evolução

### . Aplicação do critério ABNT

Áreas de atracação e giro são normalmente dimensionadas de acordo com as manobras a serem efetuadas. Se estas (como frequentemente ocorre) envolverem o giro do navio a 180°, então a área de giro é dimensionada como um círculo que tem por diâmetro entre 1,8 e 2,0 vezes o comprimento do navio.

- Navio efetuando o giro só com seus próprios meios:

$$D > 4L$$

- Navio efetuando giro com auxílio do rebocador:

$$D > 2L$$

- Com utilização de um dolfim de manobra:

$$D > L + 40$$

NAVIO TIPO	LOA (Comp. Total em m)	Critério 2 X LOA ( giro com rebocador)
Container	470 m	940 m

Tabela 17 - Quadro de cálculo do diâmetro da bacia de evolução (ABNT)

**. Aplicação do critério USACE, norma “SHIP CHANNEL AND DESIGN OPERATION – Manuals and Reports on Engineering Practice -American Society of Civil Engineers**

O USACE define o diâmetro mínimo para a bacia de evolução em função do comprimento do navio, considerando que existam rebocadores de assistência

.Para os casos em que a correnteza seja menor que 0.3 m/s, aproximadamente 0.5 nós, o valor mínimo de  $D > 1.2L$  é recomendado.

Para os casos em que a correnteza seja maior que 0.3 m/s e menor que 0.8 m/s, ou seja, entre 0.5 nós e 1.5 nós, o valor mínimo de  $D > 1.5L$  é recomendado em conjunto com um acréscimo de largura transversal da curva dado em função do abatimento em sway que o navio vai ter em função da corrente.

Para o caso de correntezas fortes tornam-se necessários estudos mais aprofundados em simuladores de manobra.

Na figura 20, abaixo, pode-se acompanhar a recomendação prescrita e também a utilização de rebocadores de apoio.

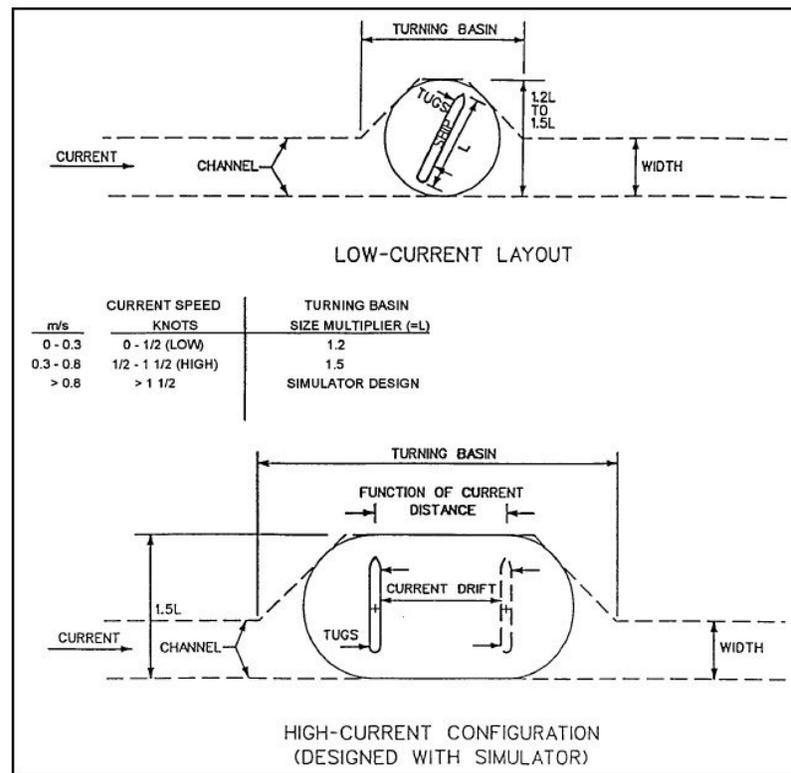


Fig. 15 – Desenho final da bacia de evolução (USACE)

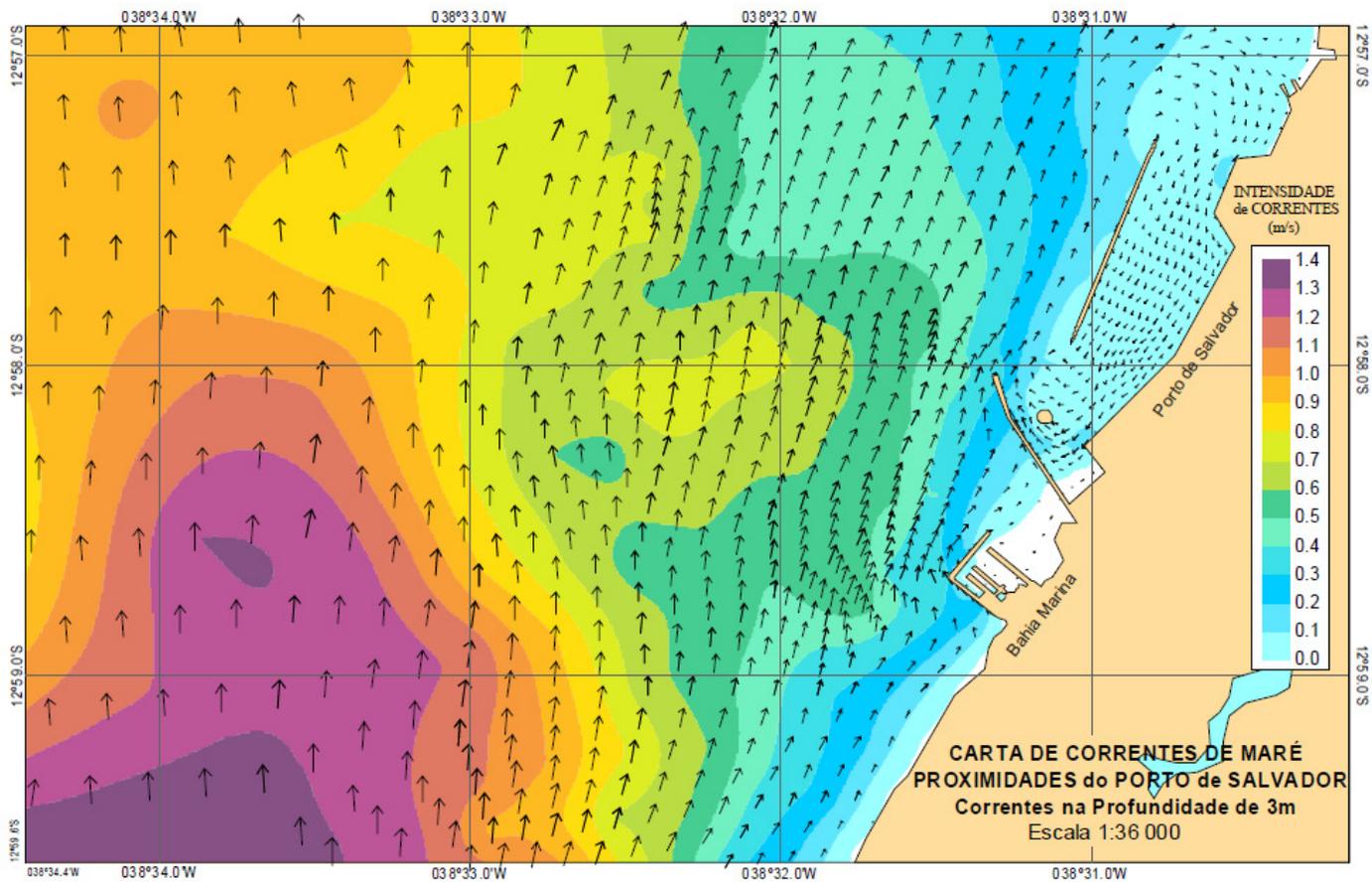


Fig. 16 - Correntes no porto de Salvador , 1 h após a meia maré de sizígia. Velocidades inferiores a 0,5 m/s

Aplicado para a análise técnica a dimensão de 1,6 Loa , ou seja , bacia de evolução com diâmetro de 752 m. ( Este parâmetro tem sido plicado em outros projetos , estando inclusive operacional a bacia de evolução do canal de Cotegipe nestas condições.)

### Ocupação da linha de acostagem

A ocupação da linha de acostagem se fará atendendo ao preconizado na publicação ROM 3.1 - 99 (Recomendaciones de Obras Marítimas - Proyecto de la configuracion maritima de los puertos).

Representative scheme of the quay	Values of the variables as a function of the length overall (L in m) fo the largest vessel affecting the calculation of the dimension being analysed				
	Over 300	300-201	200-151	150-100	Less 100 <sup>(1)</sup>
I. Distance « $l_0$ » between vessels berthed in the same alignment (m) 	30	25	20	15	10

Fig. 17 - Distancias padrão para navios atracados em uma mesma linha de acostagem

Para uma nova linha de acostagem , com 1930 m ,utilizando como referencia o maior navio de projeto , a ocupação do cais ira permitir a atracação de 3 navios com 470 m de Loa ( comprimento total ) e 1 navio com 400 m de Loa ( comprimento total).

## Canal projetado e fluxo de transito esperado

São apresentadas duas opções para o tráfego marítimo no acesso ao porto de Salvador. O primeiro , seguindo um fluxo norte - sul , sem utilização de bacia de evolução para o giro de saída . O segundo , com a utilização de bacia de evolução.

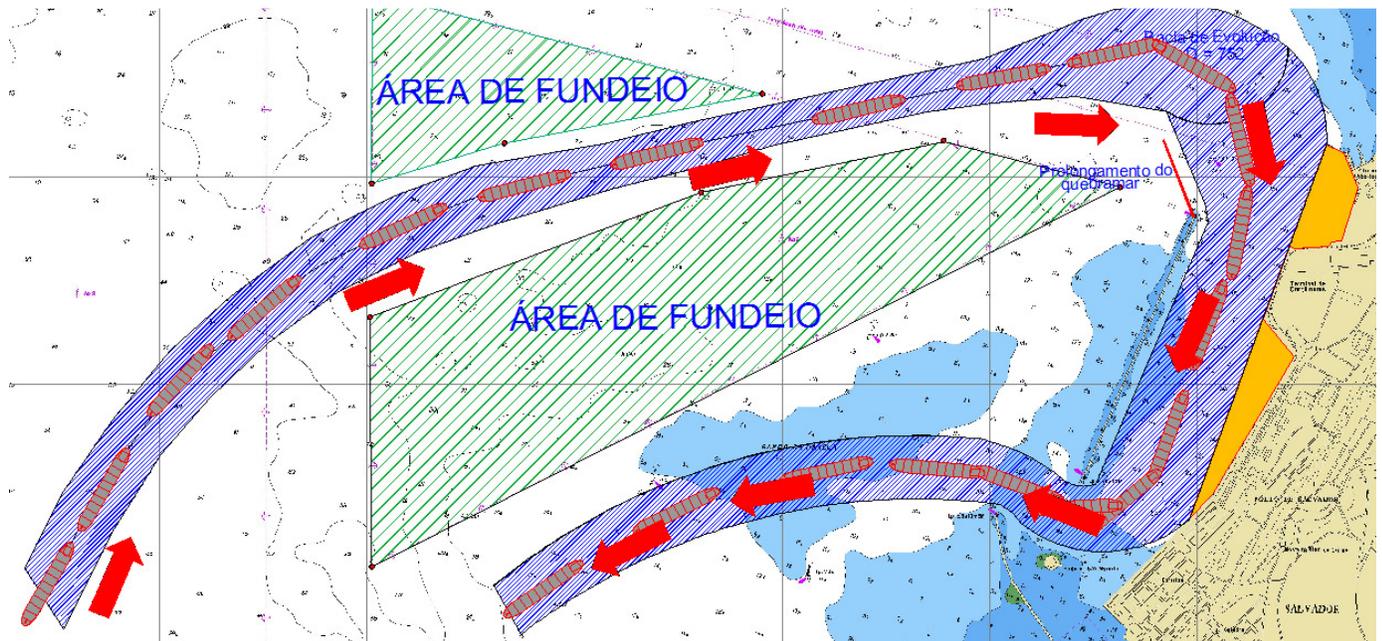


Fig. 18 - Opção 1 da configuração de canal de acesso e fluxo de navios em demanda ao porto de Salvador

Nesta opção o transito de acesso se dará em mão única , seguindo a derrota apresentada na figura , com entrada pelo norte ( observar que já consta na figura a obra de prolongamento do quebra mar norte ) , e saída pelo sul do quebra mar norte.

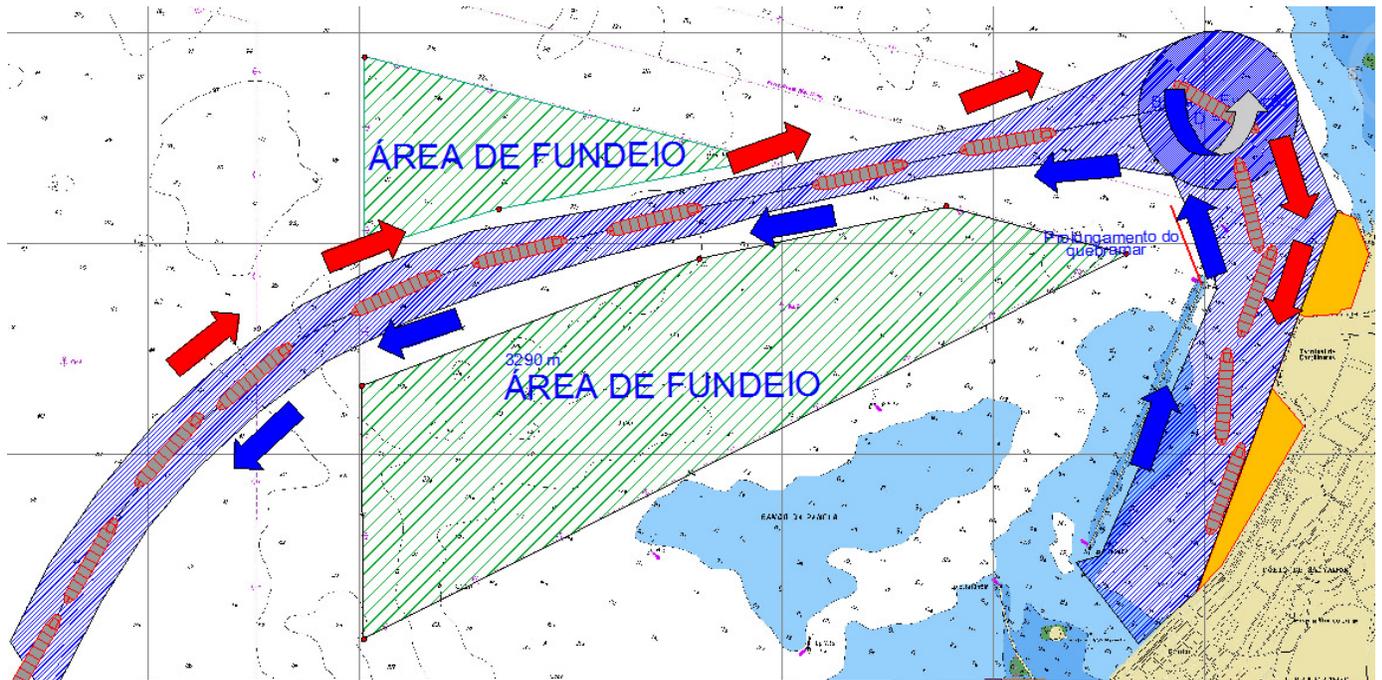


Fig. 19 - Opção 2 da configuração de canal de acesso e fluxo de navios em demanda ao porto de Salvador

Já nesta opção de trânsito marítimo, a operação se dará com a seguinte dinâmica. O navio de projeto acessa o porto pelo norte do quebra-mar norte, adentra o canal de acesso já na área do cais e atraca. Para sua saída, é rebocado pela popa para a bacia de evolução ao norte do quebra-mar norte, gira com o auxílio de rebocadores, e demanda o canal. O trânsito também se dará em mão única.

## Áreas de Dragagem

Definidas a profundidade mínima de operação, para trânsito e manobra a qualquer tempo, independente de maré, bem como as dimensões do canal de navegação para o maior navio de projeto proposto, e então apresentada as correções de dragagem de aprofundamento necessárias, bem como o desenho das novas áreas de navegação para atender o novo conceito do porto de Salvador.

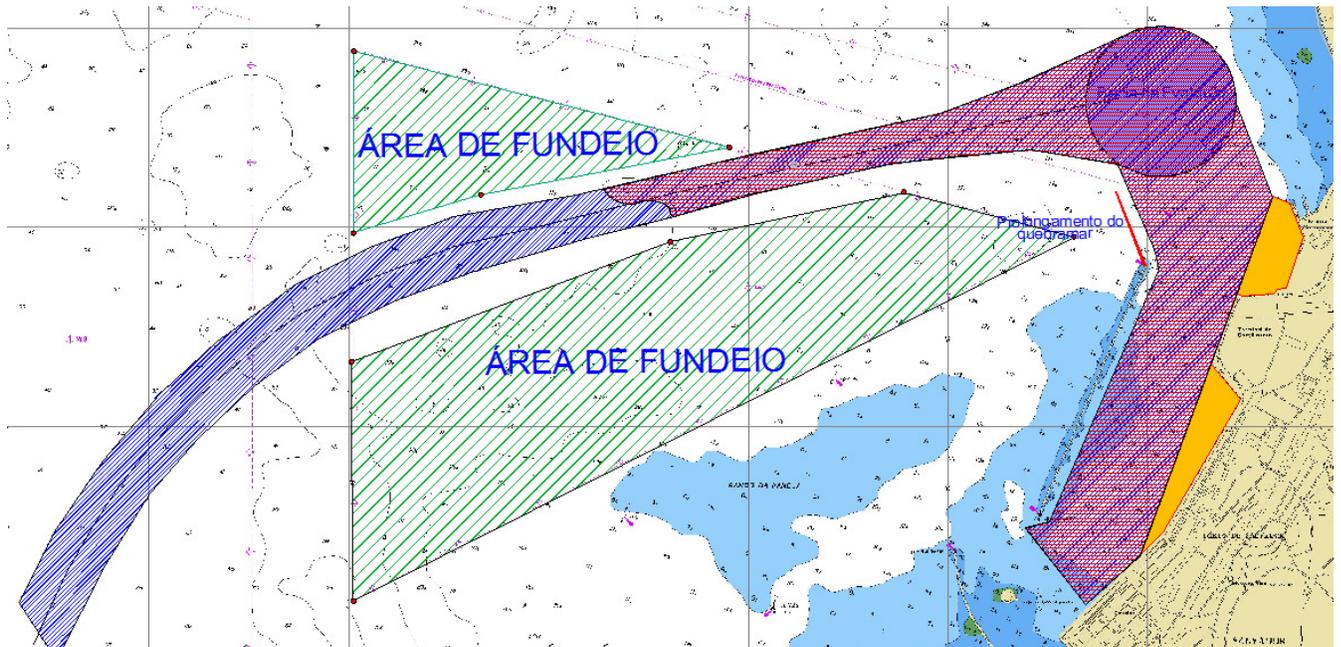


Fig. 20 - Áreas de intervenção de dragagem de aprofundamento referente a opção 1 de canal de acesso ao porto de Salvador

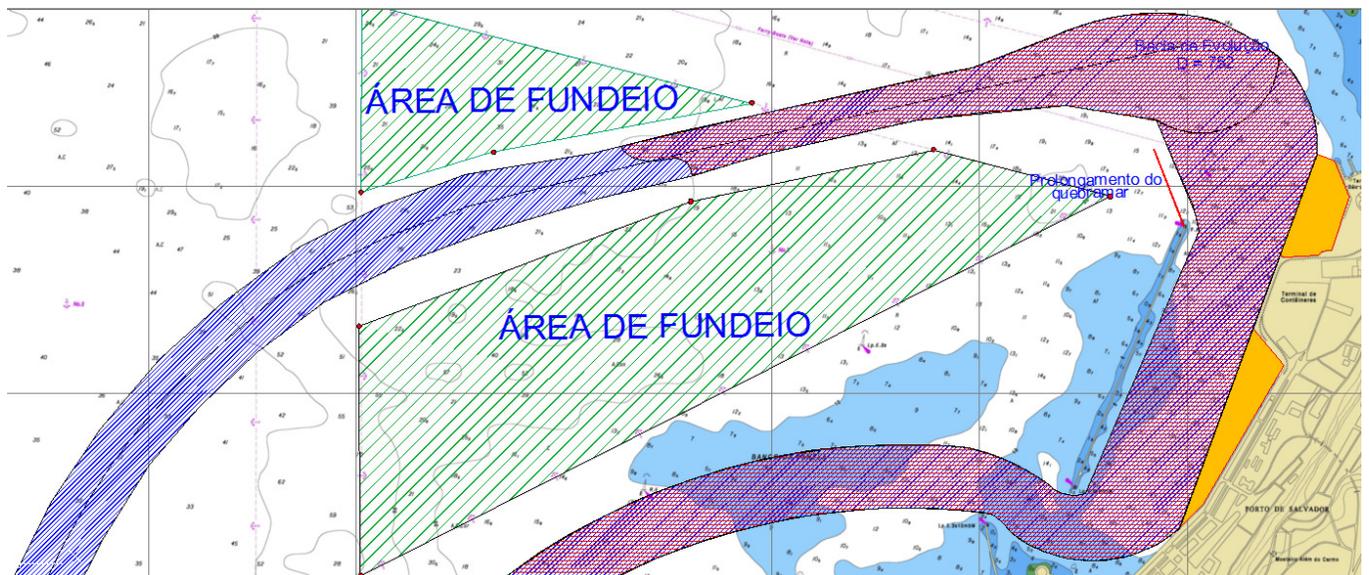


Fig. 21 - Áreas de intervenção de dragagem de aprofundamento referente a opção 2 de canal de acesso ao porto de Salvador

## Estimativa do volume de dragagem

Foi estimado um volume de dragagem para a profundidade de 20 m ,para as opções apresentadas , com os seguintes resultados

opção 1 - 6.881.718,56 m<sup>3</sup>

opção 2 - 11.577.471,60 m<sup>3</sup>

## Conclusão

Em vista dos resultados obtidos após a aplicação das normas técnicas de projetos portuários e áreas de navegação e manobra , concluímos que a nova concepção do porto de Salvador é plenamente viável. É importante frisar que os valores utilizados neste trabalho se referem ao maior navio porta contêiner existente na atualidade , ou seja , representa um elemento impar na importância deste novo desenho.

Não foram encontradas quaisquer obstáculos técnicos para a efetivação dos resultados de projeto sobre a carta náutica. As intervenções de dragagem de aprofundamento são obras corriqueiras neste tipo de obra , representando porem o maior custo na concretização do novo conceito. Aliado a isso , e sem ter relação direta com as obras marítimas , a existência da via Expressa viabiliza e garante nesse novo conceito toda a carga esperada de movimentação.



Alceu F. Sparano Fontoura  
Hidrógrafo  
CREA BA 35364D