



**ESTUDO DE ÁREAS DE DESPEJO DE MATERIAL DRAGADO  
NA BAÍA DE GUANABARA**

**MODELAGEM MATEMÁTICA**

**(Rel. INPH - 021/02)**



## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS .....</b>	<b>4</b>
2.1 – Modelo Hidrodinâmico – MIKE 21 HD .....	4
2.2 – Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em Suspensão – MIKE 21 PA .....	6
<b>3. DADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM MATEMÁTICA .....</b>	<b>9</b>
3.1 – Batimetria .....	9
3.2 – Níveis d'água .....	10
3.3 – Ventos .....	11
<b>4. MODELAGEM HIDRODINÂMICA .....</b>	<b>12</b>
4.1 – Parâmetros de Calibração .....	12
4.2 – Resultados das Simulações .....	12
4.2.1 – Maré de Quadratura .....	13
4.2.2 – Maré de Sizígia .....	15
<b>5. MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS FINOS .....</b>	<b>17</b>
5.1 – Parâmetros Numéricos Utilizados .....	17
5.2 – Resultados das Simulações .....	17
5.2.1 – Atual Área de Bota Fora (Área A) .....	18
5.2.2 – Nova Área de Bota Fora Proposta (Área B) .....	24
5.2.3 – Nova Área de Bota Fora Proposta (Área C) .....	26
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De 07/03 a 20/04/1995 a Companhia Docas do Rio de Janeiro, através do Instituto de Pesquisas Hidroviárias – INPH, executou medições com flutuadores nas proximidades da Baía de Guanabara, com o propósito de indicar uma nova área de bota fora para o Porto do Rio de Janeiro. O estudo, descrito no Relatório INPH – 55 / 95, foi realizado nos seguintes locais, mostrados na Figura 1.1:

- Na barra da Baía de Guanabara.
- Na atual área de bota fora, localizada próxima às ilhas do Pai e da Mãe (Área A).
- Nas duas novas áreas de bota fora propostas, a primeira localizada a aproximadamente 3 Km à ENE da Ilha Rasa (Área B) e a segunda localizada entre esta e a atual área de bota fora (Área C). As Áreas B e C são circulares, com raio de 1,0 Km. A primeira está centrada no ponto de coordenadas Lat. 23° 03' 00" S e Long. 43° 06' 30" W, e a segunda está centrada no ponto de coordenadas 43° 05' 30" W e 23° 1' 30" S, a 1,5 milhas ao Norte da Área B.

As principais conclusões desse estudo foram:

- Os despejos das dragagens não devem ser lançados nas imediações da barra da Baía de Guanabara, pois o material em suspensão poderá retornar para a baía na maré enchente, ou ser carregado para a Enseada de Piratininga / Itaipu, na maré vazante.
- Na atual área de bota fora (Área A), o despejo das dragagens, quando efetuado na maré vazante, não deverá acarretar problemas para a região costeira, porém quando o despejo for efetuado na maré enchente, e o material for muito siltooso, poderá dar origem a uma nuvem poluidora temporária, direcionada para a costa, que deverá sedimentar-se na Enseada de Piratininga / Itaipu.
- Na nova área de bota fora proposta (Área B), verificou-se que a pluma dos sedimentos finos não deverá atingir as áreas costeiras, nem tão pouco a Ilha Rasa, devido às baixas intensidades das correntes medidas.
- Levando-se em conta as medições efetuadas numa área intermediária, localizada entre as duas áreas de bota fora anteriormente descritas, concluiu-se que se a nova área de bota fora (Área C) fosse demarcada a 1,5 milhas a Norte e a 1,0 milha a Este da Área B (ver Figura 1.1), onde as condições oceanográficas e hidrográficas são similares, também não haveria problemas de poluição e a dragagem sofreria uma redução substancial de custo.

O estudo apresentado no presente relatório constitui-se numa extensão do trabalho iniciado em 1995 pela CDRJ. Através de modelagem matemática será simulada a dispersão da pluma dos sedimentos finos, postos em suspensão em cada uma das áreas de bota fora acima citadas. Com os resultados obtidos, poderão ser avaliados os possíveis riscos de impactos ambientais de cada uma das alternativas.

A modelagem hidrodinâmica e a modelagem do transporte de sedimentos finos em suspensão foram feitas com os modelos matemáticos MIKE 21 HD e MIKE 21 PA, desenvolvidos pelo DHI Water & Environment, da Dinamarca. A descrição teórica desses modelos está apresentada no Capítulo 2 deste relatório.



Para a modelagem dos níveis d'água e das velocidades das correntes na área do projeto só foram levados em conta os ventos e as marés. As vazões dos rios que desembocam na Baía de Guanabara não foram incluídas nas simulações, por não serem relevantes ao projeto.

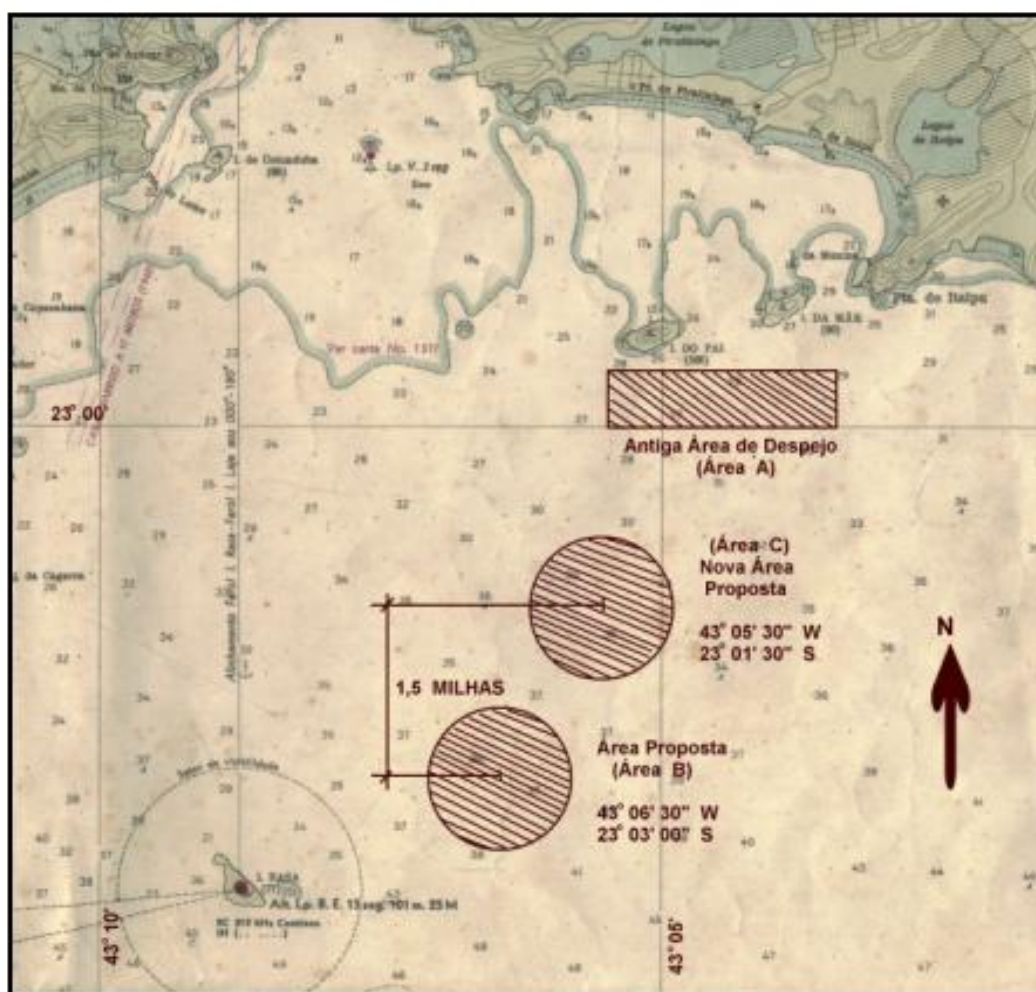


Fig. 1.1 – Planta de localização das áreas de bota fora estudadas.

## 2. DESCRIÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

### 2.1 – Modelo Hidrodinâmico – MIKE 21 HD

O MIKE 21 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, tais como, por exemplo, no módulo de Advecção – Dispersão de Poluentes e no 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 malha retangular, ou quadrada, cobrindo toda a área de interesse. Os dados de entrada 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 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.

O módulo hidrodinâmico do MIKE 21 resolve as equações, integradas na vertical, da continuidade e da conservação da quantidade de movimento em duas dimensões horizontais, aplicando o mundialmente conhecido esquema implícito de diferenças finitas ADI, com precisão de segunda ordem. Os efeitos abaixo são levados em conta no modelo:

- Termo convectivo e transversal da quantidade de movimento
- Tensão cisalhante no fundo
- Tensão cisalhante do vento na superfície
- Gradientes de pressão barométrica
- Tensões de radiação provenientes de campo de ondas
- Forças de Coriolis
- Dispersão da quantidade de movimento (viscosidade turbulenta)
- Fontes e sumidouros (de massa e de quantidade de movimento)
- Evaporação / precipitação
- Áreas que tanto podem ficar alagadas, quanto secas, durante a simulação

Os níveis d'água e os fluxos instantâneos são obtidos a partir da solução das equações de continuidade e de momento. Variáveis tais como a elevação da superfície, velocidade e direção das correntes, e as componentes da velocidade nos eixos dos x e dos y, podem ser obtidas a partir dos dados de saída básicos do programa, mediante a utilização dos recursos de pré e de pós-processamento do MIKE 21.

O MIKE 21 HD foi desenvolvido para trabalhar com números de Courant até 5, sem problemas de estabilidade. No entanto, dependendo das características do corpo d'água, esse valor pode chegar até 20. As equações básicas do modelo são dadas por:



➤ **Continuidade:**

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em x:**

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ & + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q \\ & - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

➤ **Conservação da Quantidade de Movimento em y:**

$$\begin{aligned} & \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ & + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] + \Omega p \\ & - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \end{aligned}$$

onde:

$h(x,y,t)$  - profundidade

$\zeta(x,y,t)$  - elevação da superfície livre

$p,q(x,y,t)$  - densidades do escoamento nas direções x e y

$C(x,y)$  - coeficiente de Chezy

$g$  - aceleração da gravidade

$f(V)$  - fator de atrito do vento

$V, V_x, V_y(x,y,t)$  - velocidade do vento e de suas componentes nas direções x e y

$\Omega(x,y)$  - parâmetro de Coriolis

$p_a(x,y,t)$  - pressão atmosférica

$\rho_w$  - densidade da água

$x,y$  - coordenadas espaciais

$t$  - tempo

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$  - componentes da tensão de cisalhamento



## 2.2 – Modelo de Transporte de Sedimentos Finos em Suspensão – MIKE 21 PA

O MIKE 21 PA (Advecção de Partículas) pertence ao grupo de módulos ambientais do Sistema Computacional MIKE 21. Ele simula o transporte e o destino final de substâncias em suspensão ou dissolvidas na água, quando elas são despejadas acidentalmente ou não em lagos, estuários, áreas costeiras ou no mar aberto.

No MIKE 21 PA o transporte da substância pode ser simulado a duas ou a três dimensões. A substância simulada pode ser um poluente de qualquer tipo, conservativo ou não conservativo. A pluma do poluente é tratada como sendo formada por partículas. A cada uma das partículas é associada uma massa, a qual pode mudar durante a simulação, como resultado do decaimento ou da deposição.

Os movimentos das partículas são definidos como a soma dos deslocamentos advectivos e dispersivos. A componente advectiva é determinada através do campo hidrodinâmico do escoamento (correntes) e a componente de dispersão como o resultado de processos randômicos (turbulência da água). A componente de dispersão está dividida em três categorias, chamadas de dispersão longitudinal (  $\Delta D_L$  ), dispersão transversal (  $\Delta D_T$  ) e dispersão induzida por efeitos de gravidade (  $\Delta D_o$  ).

Processos de deposição, de decaimento e de re-suspensão estão incluídos no modelo. O módulo 3D inclui formulações de sedimentação e de re-suspensão tanto para sedimentos coesivos (silte e argila), quanto para sedimentos não coesivos (areia).

O modelo emprega uma formulação Lagrangiana, o que significa que a resolução da pluma do poluente não fica restrita ao tamanho da célula computacional imposta pelo modelo hidrodinâmico.

Para o instante de tempo  $i$ , a equação do transporte da partícula pode ser expressa como:

$$X_{i+1} = X_i + V \cdot \Delta t + \underline{D} \cdot V + \gamma$$

onde

$$V = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ V_{sett} \end{bmatrix}, \quad U = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$\underline{D} = \frac{1}{U} \begin{bmatrix} \Delta D_L & -\Delta D_T & 0 \\ \Delta D_L & \Delta D_T & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\gamma = \begin{bmatrix} \Delta D_o \\ \Delta D_o \end{bmatrix}$$



$$\Delta D_{ow}$$

Os deslocamentos devidos à dispersão são dados por:

- $\Delta D_L$  , dispersão longitudinal causada pela turbulência da água
- $\Delta D_T$  , dispersão transversal causada pela turbulência da água
- $\Delta D_o$  , dispersão induzida por efeitos de gravidade
- $\Delta D_{ow}$  , dispersão causada pela ação do vento sobre a superfície d'água

onde

$$\Delta D_L = \sqrt{6 \cdot D_L \cdot \Delta t} \cdot ([RND_1] - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_T = \sqrt{6 \cdot D_T \cdot \Delta t} \cdot ([RND_2] - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_o = \sqrt{6 \cdot D_o \cdot \Delta t} \cdot ([RND_3] - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

$$\Delta D_{ow} = \sqrt{6 \cdot (D_o + D_v) \cdot \Delta t} \cdot ([RND_4] - \frac{1}{2}) \cdot 2$$

O campo hidrodinâmico do escoamento é considerado como sendo uma função da profundidade, de acordo com a lei logarítmica de Nikuradse.

$$\left| \frac{U_{HD}(x,y)}{U_f} \right| = 8.6 + 2.45 \cdot \ln \left[ \frac{h}{k/30} \right]$$

O campo do escoamento inclui a ação do vento através de

$$U(x,y,z) = U_{HD}(x,y,z) - \frac{1}{h_w} \int_0^{h_w} U_w(z) dz + U_w(z)$$

onde a distribuição de velocidades devida às tensões cisalhantes do vento na superfície livre é considerada como sendo dada por

$$U_w(z) = C_w \cdot W \cdot \exp(-k_o z) \quad , \quad k_o = 3/h_w$$





Os símbolos que aparecem nas equações anteriores correspondem a:

$X_i$	: coordenadas tridimensionais da partícula no instante $i$ (m)
$x, y, z$	: coordenadas da partícula (m)
$\Delta t$	: incremento de tempo (s)
$u_x, u_y$	: componentes horizontais da velocidade da corrente (m/s)
$V_{sett}$	: velocidade de queda (m/s)
$D_L$	: coeficiente de dispersão longitudinal (m <sup>2</sup> /s)
$D_T$	: coeficiente de dispersão transversal (m <sup>2</sup> /s)
$D_o$	: coeficiente de dispersão induzida por efeitos de gravidade (m <sup>2</sup> /s)
$D_w$	: dispersão devida ao vento (m <sup>2</sup> /s)
$[RND]$	: um número randômico uniformemente distribuído [0;1]
$U_f$	: velocidade de fricção (m/s)
$k$	: rugosidade do fundo (m)
$h_w$	: profundidade de influência do vento (m)
$h$	: lâmina d'água (m)
$C_w$	: coeficiente de fricção do vento (-)
$W$	: velocidade do vento (m/s)
$U_{HD}(x,y)$	: campo das velocidades das correntes integrado na vertical (m/s)



### **3. DADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM MATEMÁTICA**

#### **3.1- Batimetria**

A área representada no modelo matemático está mostrada na Figura 3.1. As informações batimétricas foram extraídas da Carta Náutica DHN no. 1501 (Escala 1:50000), e de levantamentos recentes, feitos pelo INPH no Porto do Rio de Janeiro, na Enseada de Botafogo, no Porto de Niterói e em outros locais da Baía de Guanabara.

O espaçamento adotado para a malha batimétrica foi de 200 m, tanto na direção x quanto na direção y. A referência de níveis adotada foi o Zero da DHN.

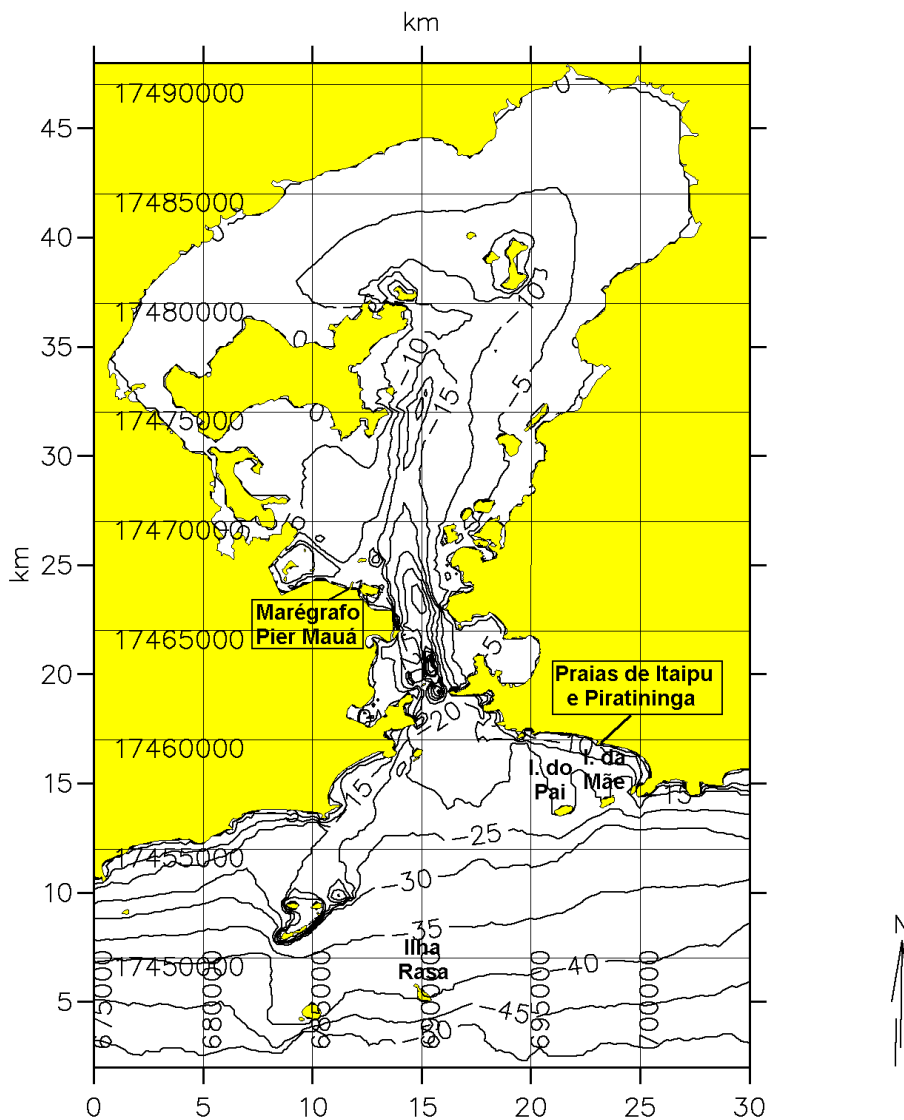


Fig. 3.1 – Batimetria representada no modelo matemático.

### 3.2 – Níveis d'água

Os níveis d'água nos contornos abertos do modelo foram determinados com base nas constantes harmônicas das marés medidas em Copacabana, no Píer do Salvarmar do Posto Seis, entre 23/06/93 e 06/03/94, conforme consta do “Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras”, elaborado pela Fundação de Estudos do Mar - FEMAR. Essas constantes harmônicas estão apresentadas na Tabela 3.1.

#### Tabela 3.1 - LISTAGEM DAS CONSTANTES HARMÔNICAS

Nome da Estação: Copacabana – RJ (Píer do Salvarmar – Posto Seis)

Coordenadas: Lat. 22° 59,1' S Long. 43° 11,2' W

Classificação da Maré: Maré de Desigualdades Diurnas



Componente Harmônica	Semi-Amplitude H ( cm )	Fase g (graus)	Componente Harmônica	Semi-Amplitude H ( cm )	Fase g (graus)
Q1	2,8	58	S2	17,2	87
O1	10,7	86	MO3	0,5	38
M1	0,9	126	M3	0,5	196
K1	6,3	152	MN4	1,5	351
MU2	1,5	83	M4	3,4	34
N2	3,8	121	MS4	1,5	126
M2	30,3	79			

Na Figura 3.2 está mostrada a série histórica de 12 dias de marés, usada nas simulações (06 a 18/03/95). Essa série foi gerada utilizando-se o programa de serviço MIKE 21 TIDHPC e as constantes harmônicas apresentadas na Tabela 3.1. Ela abrange marés de quadratura, assim como marés de sizígia.

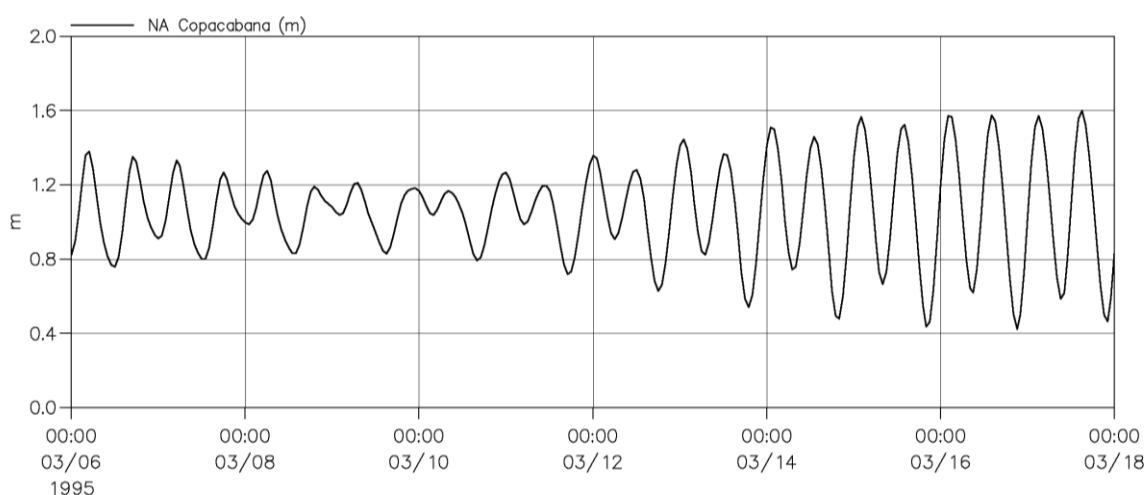


Fig. 3.2 – Série histórica das marés em Copacabana, usada nas simulações.

### 3.3 – Ventos

Os ventos utilizados nas simulações foram medidos a cada 6 horas na Estação Meteorológica da Ilha Rasa, controlada pela DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação, do Ministério da Marinha. A Figura 3.3 mostra a intensidade e a direção dos ventos registrados durante o período de 06 a 18/03/95.

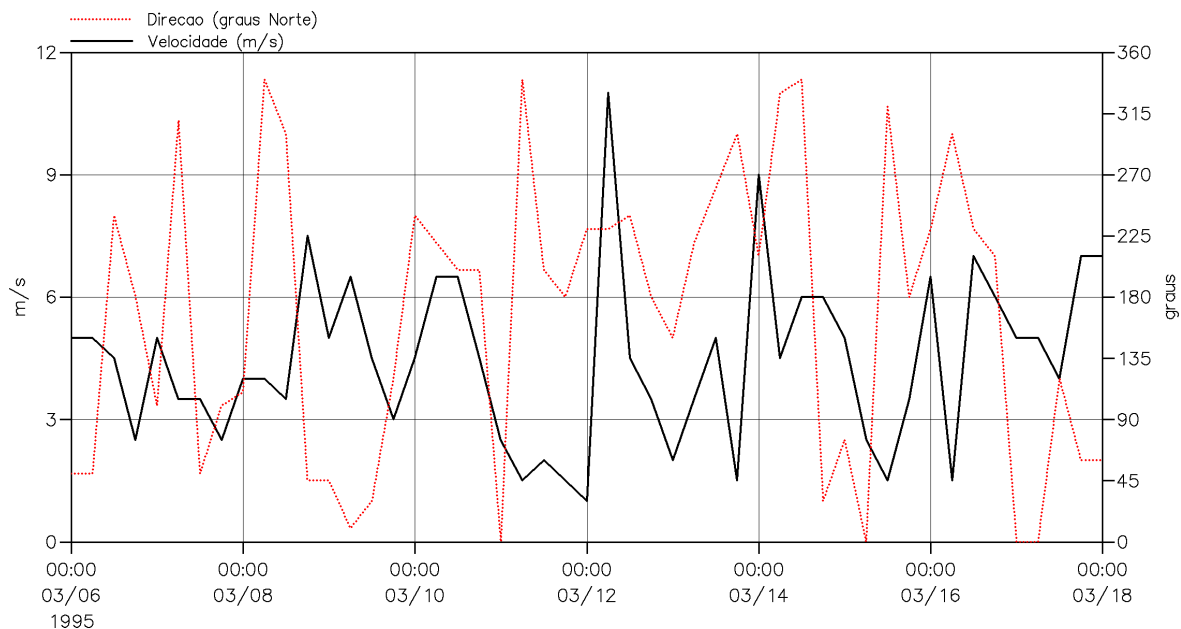


Fig. 3.3 – Características dos ventos medidos de 06 a 18/03/95 na Estação Meteorológica da Ilha Rasa, controlada pela DHN.

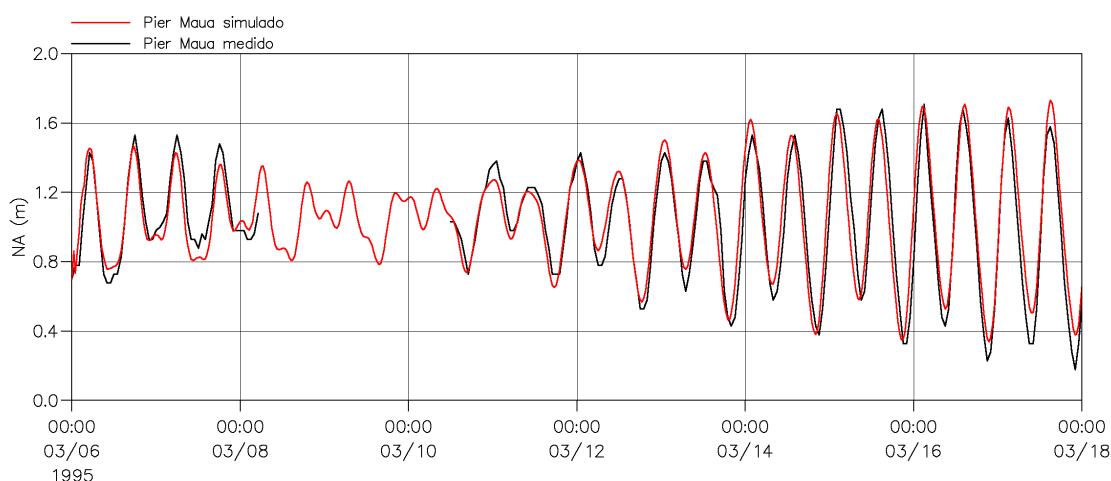
## 4. MODELAGEM HIDRODINÂMICA

### 4.1 – Parâmetros de Calibração

A Tabela 4.1 mostra os parâmetros usados na calibração do modelo hidrodinâmico e a Figura 4.1 a comparação entre os níveis d'água medidos e os níveis d'água simulados na Estação Maregráfica do Pier Mauá, cuja localização acha-se indicada na Figura 3.1.

**Tabela 4.1 - Parâmetros de calibração**

Nº de Manning	32 m <sup>1/3</sup> /s
Viscosidade turbulenta	5 m <sup>2</sup> /s
$\Delta t$ dos cálculos	10 s
Coef. de fricção do vento	0,0026



**Fig. 4.1 – Estação Maregráfica do Pier Mauá - Comparação entre os níveis d'água medidos e os simulados.**

## **4.2 – Resultados das Simulações**

Nos itens que se seguem estão apresentadas as correntes de maré de quadratura e de maré de sizígia, que foram simuladas na área do projeto durante o período de tempo analisado.

### **4.2.1 – Maré de Quadratura**

As correntes de maré simuladas estão mostradas nas Figuras 4.2 e 4.3, para uma situação de maré vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente.

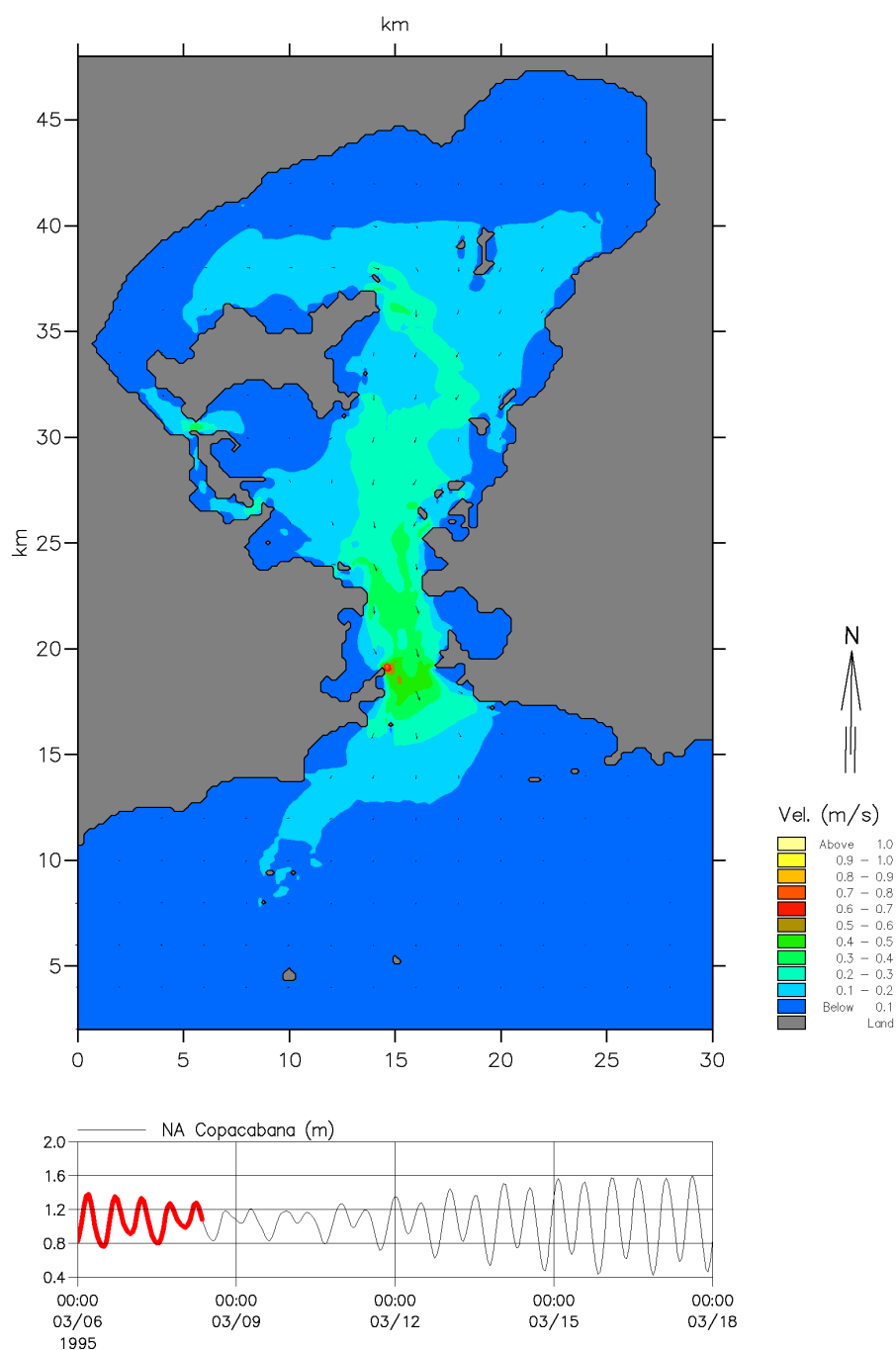


Fig. 4.2 – Maré de Quadratura – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

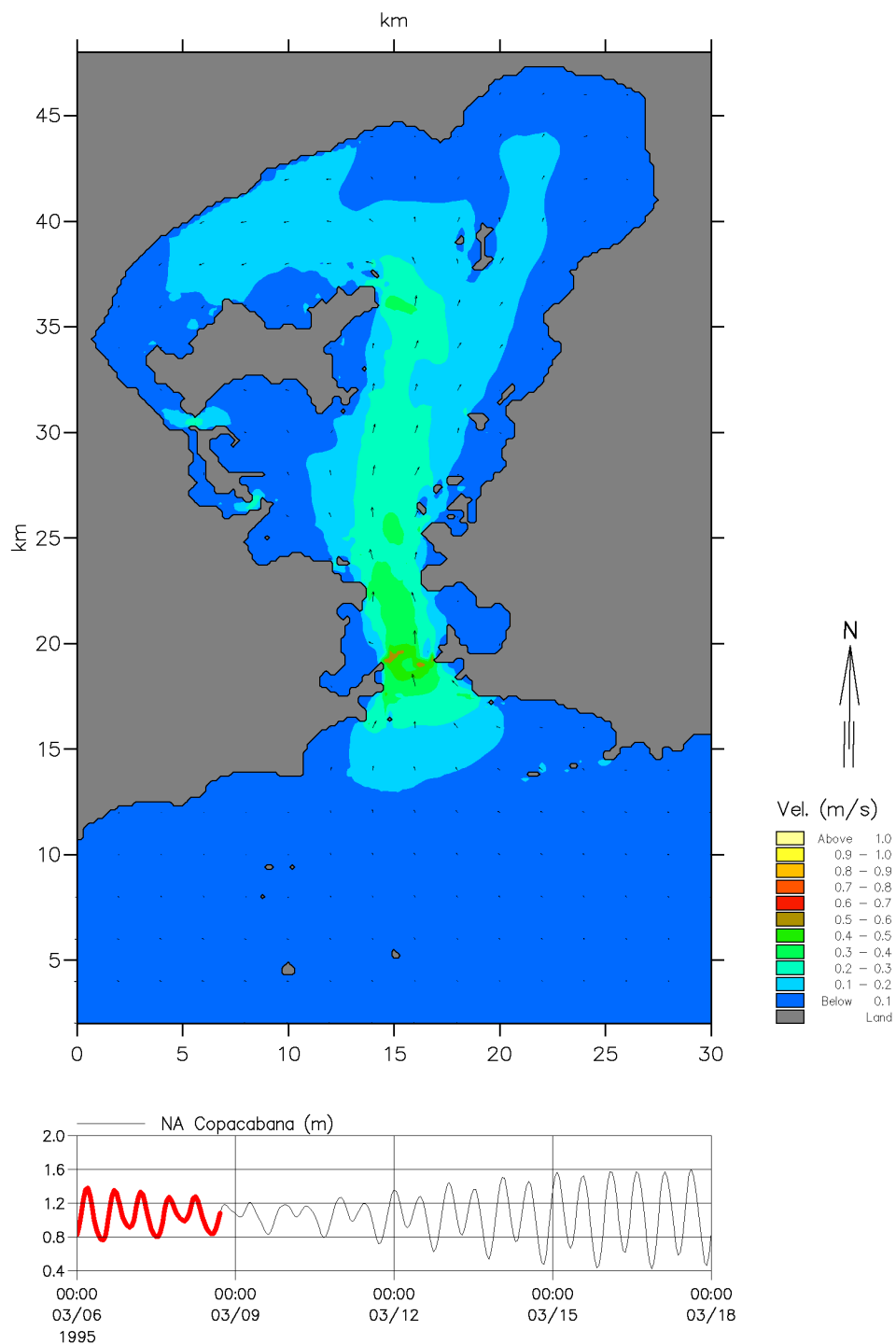


Fig. 4.3 – Maré de Quadratura – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

#### 4.2.2 – Maré de Sizígia





As correntes de maré simuladas estão mostradas nas Figuras 4.4 e 4.5 para uma situação de maré vazante e para uma situação de maré enchente, respectivamente.

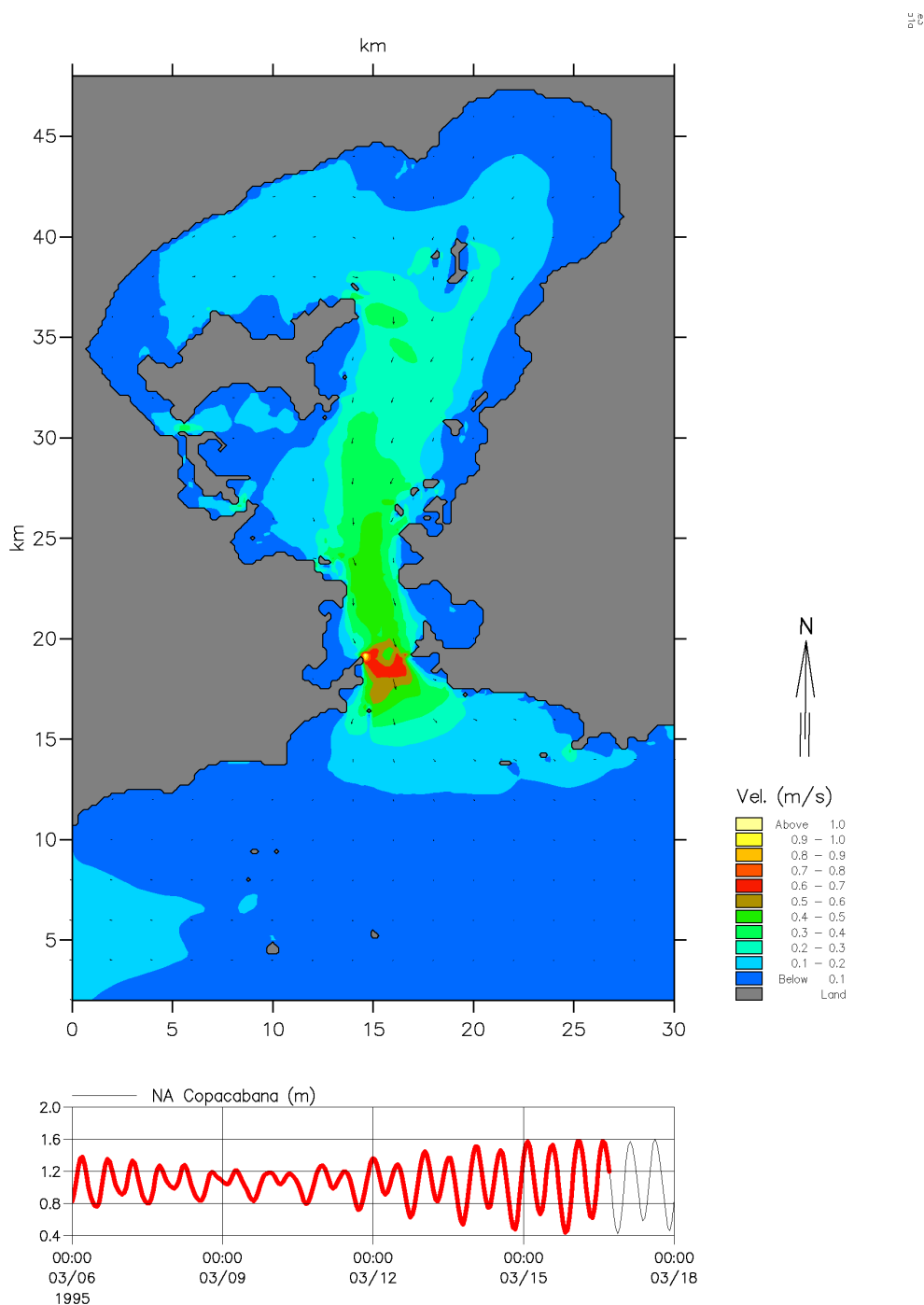


Fig. 4.4 – Maré de Sizígia – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré vazante.

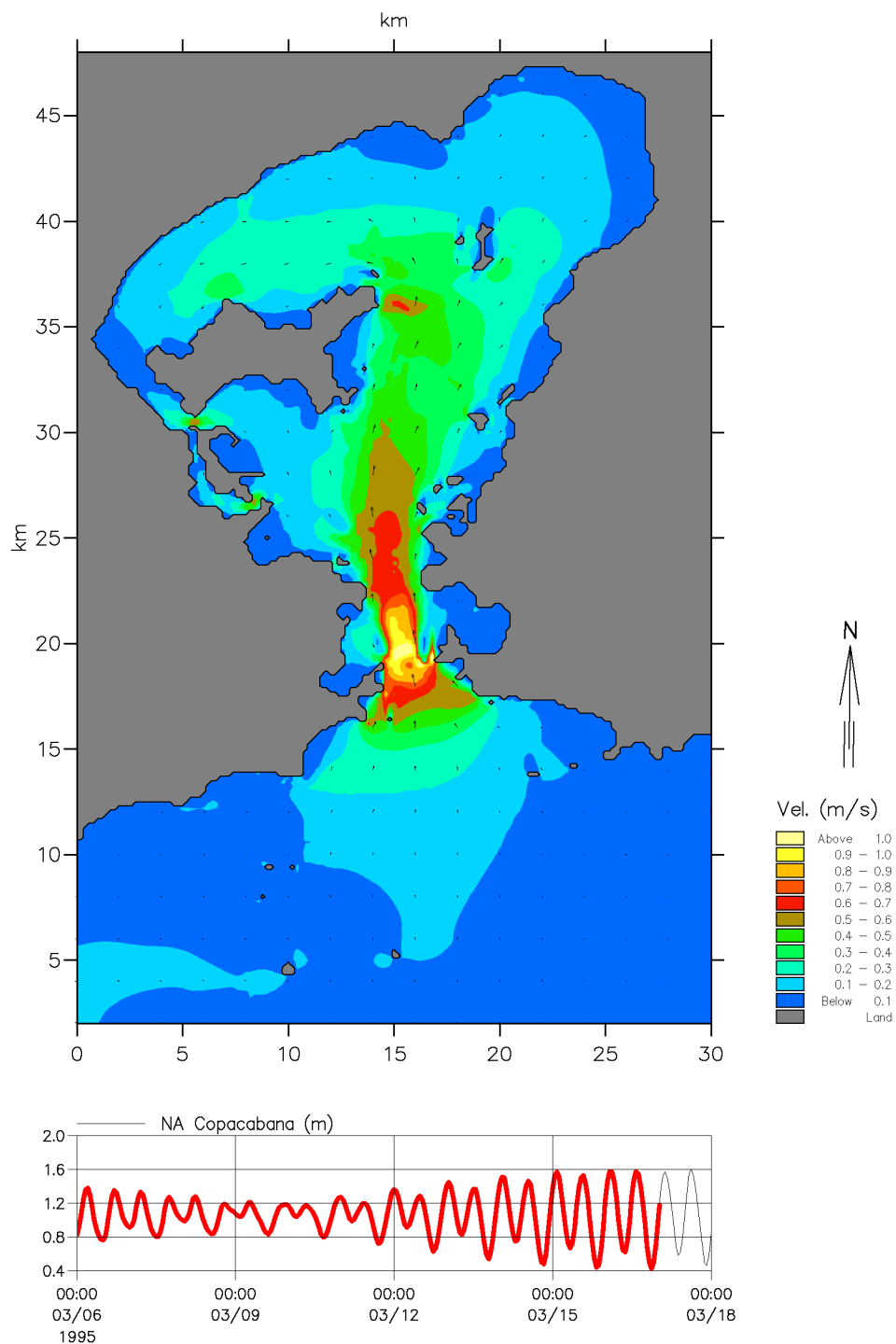


Fig. 4.5 – Maré de Sizígia – Representação vetorial das correntes para uma situação típica de maré enchente.

## 5. MODELAGEM DA PLUMA DE SEDIMENTOS FINOS

### 5.1 – Parâmetros Numéricos Utilizados

A cada viagem da draga deverão ser lançados no bota fora cerca de 6.000 ton de material. Assumimos que um terço desse material, ou seja, 2.000 ton, possam entrar em suspensão na coluna d'água e serem carregados pelas correntes geradas pelos ventos e pelas marés.

O diâmetro médio dos sedimentos em suspensão foi considerado igual a 0,062 mm, o qual corresponde à transição entre a areia muito fina e o silte grosso, segundo a classificação adotada pela American Geophysical Union,. A velocidade de queda desse sedimento, igual a 0,0035 m/s, foi calculada pela Lei de Stokes, dada por:

$$W = \frac{\Delta g D^2}{18 \eta}$$

onde:

W = velocidade de queda

$\Delta$  = densidade relativa

$\eta$  = viscosidade dinâmica

g = aceleração da gravidade

D = diâmetro médio do sedimento

O material em suspensão na coluna d'água foi representado no modelo matemático através de 500 partículas, cada uma delas com massa igual a 4,0 ton e velocidade de queda igual a 0,0035 m/s. Para os coeficientes de dispersão adotamos os valores recomendados na literatura, tendo por base estudos similares já realizados. Esses valores foram:

Dispersão horizontal:

- longitudinal: 1,0 m<sup>2</sup>/s

- transversal: 0,1 m<sup>2</sup>/s

### 5.2 – Resultados das Simulações

O modelo hidrodinâmico (ver item 4), assim como as medições feitas com flutuadores pelo INPH, mostraram que a situação mais desfavorável para o lançamento do material no bota fora é durante a fase de maré enchente de sizígia, pois além das correntes serem direcionadas para a costa, elas têm intensidades muito altas, podendo, por este motivo, transportar a pluma dos sedimentos finos a maiores distâncias.

Levando-se em conta esses resultados, nas simulações para caracterização da movimentação da pluma dos sedimentos finos consideramos que o material fino entrou em suspensão na coluna d'água no dia 13/03/95, às 20:00 h, durante o início de uma fase de maré enchente de sizígia.

Nos itens que se seguem estão apresentados os resultados das simulações realizadas em cada uma das áreas de bota fora estudadas.

#### 5.2.1 – Atual Área de Bota Fora (Área A)

Foram escolhidos três pontos, um no início, outro no meio, e outro no final da Área A, para ser feito o lançamento, em cada um deles, das 2.000 ton de material fino em suspensão.

### ➤ Trecho Inicial

As Figuras 5.1 e 5.2 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 5 horas e 10 horas após o lançamento do material fino no trecho inicial da Área A.

Após 10 horas do lançamento, o material já se encontrava quase todo sedimentado. A Figura 5.3 mostra os locais onde o material em suspensão tendeu a se depositar.

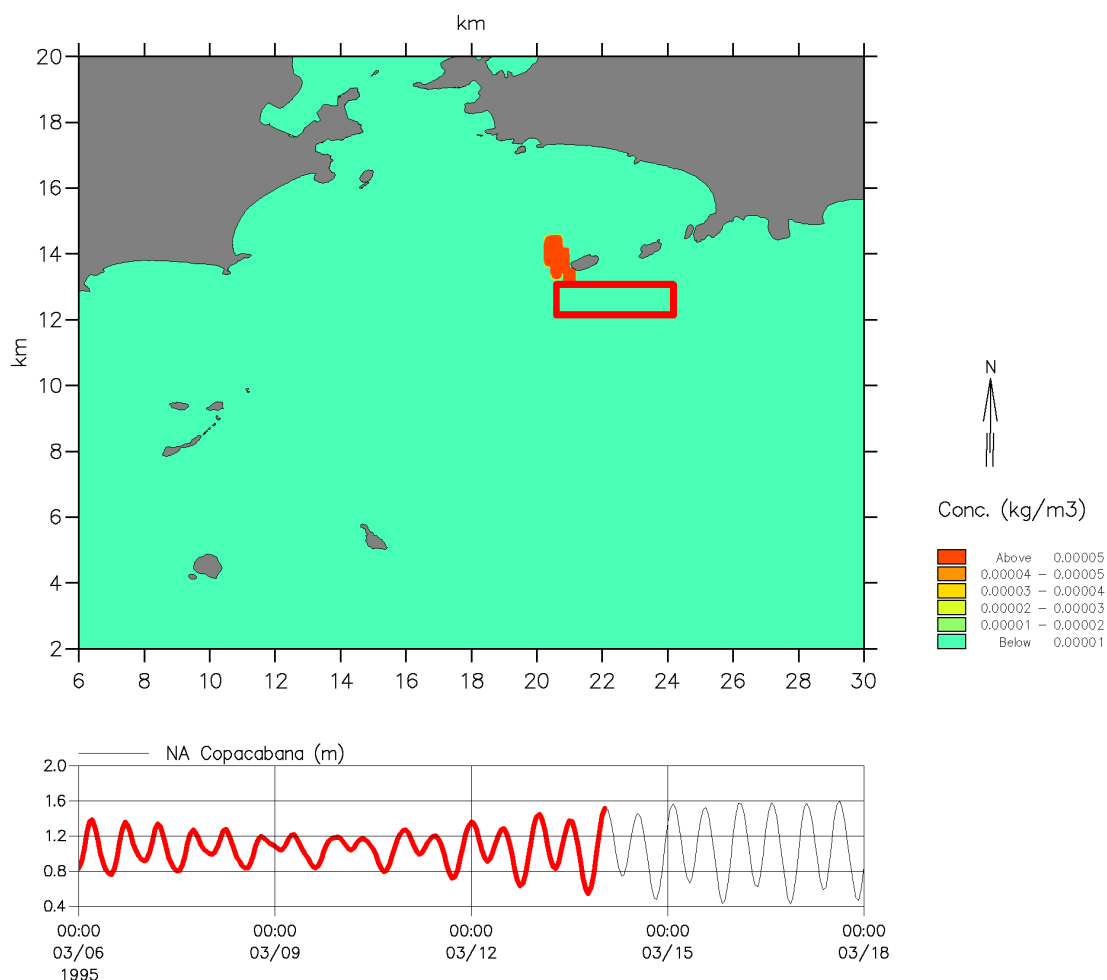


Fig. 5.1 – Concentrações do material fino em suspensão 5 horas após o lançamento no trecho inicial da Área A

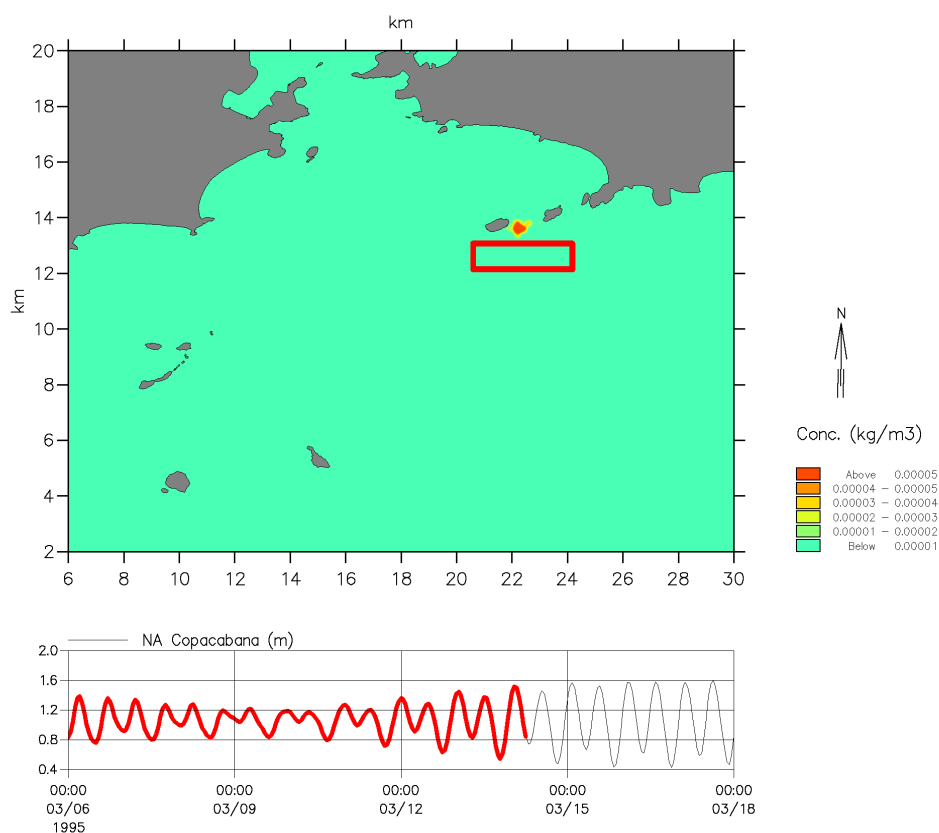


Fig. 5.2 – Concentrações do material fino em suspensão 10 horas após o lançamento no trecho inicial da Área A

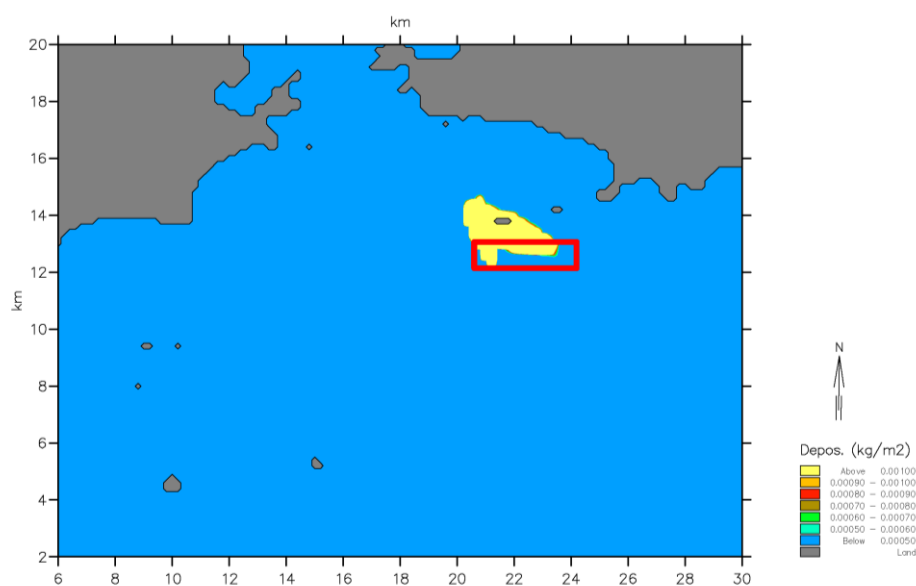


Fig. 5.3 – Local de deposição do material fino em suspensão lançado no trecho inicial da Área A



### ➤ Trecho Central

O mesmo procedimento descrito anteriormente foi adotado para um ponto localizado no centro da Área A.

As Figuras 5.4 e 5.5 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 5 horas e 9 horas após o lançamento do material fino no trecho central da Área A.

Após 9 horas do lançamento, o material já se encontrava quase todo sedimentado. A Figura 5.6 mostra os locais onde o material em suspensão tendeu a se depositar.

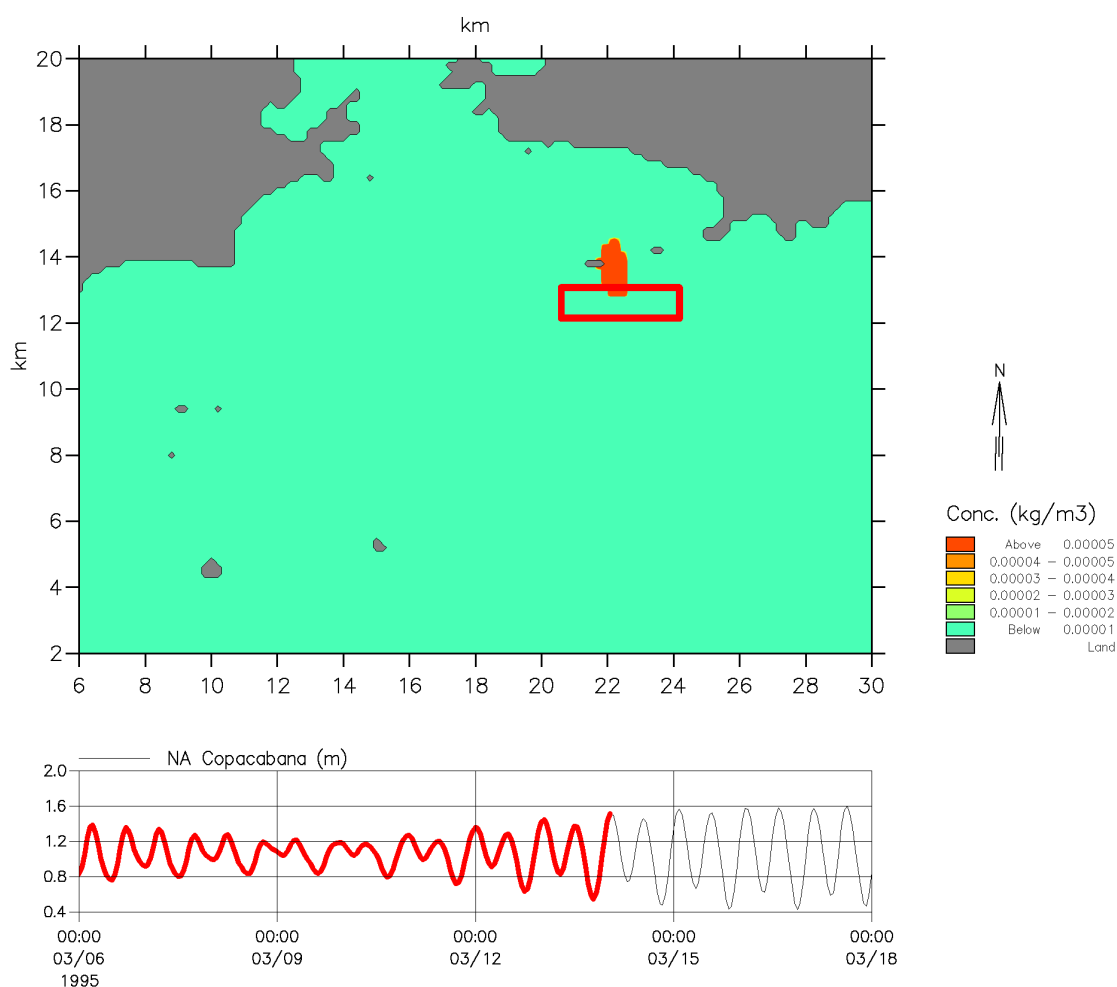


Fig. 5.4 – Concentrações do material fino em suspensão 5 horas após o lançamento no trecho central da Área A

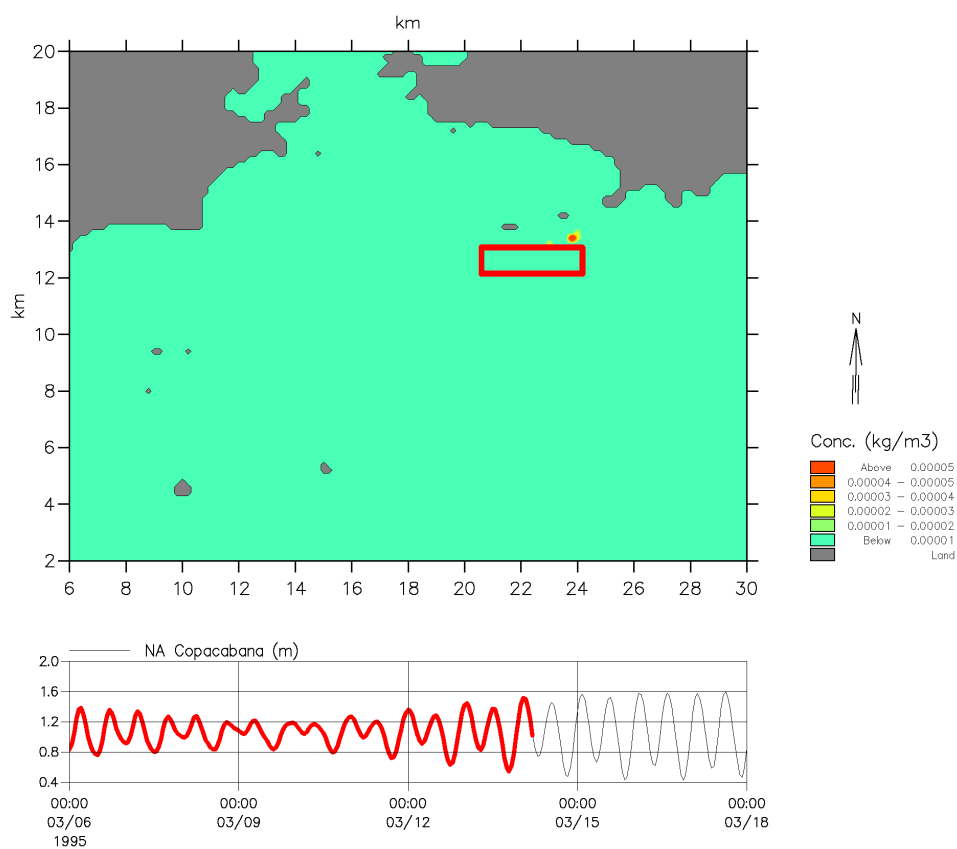


Fig. 5.5 – Concentrações do material fino em suspensão 9 horas após o lançamento no trecho central da Área A

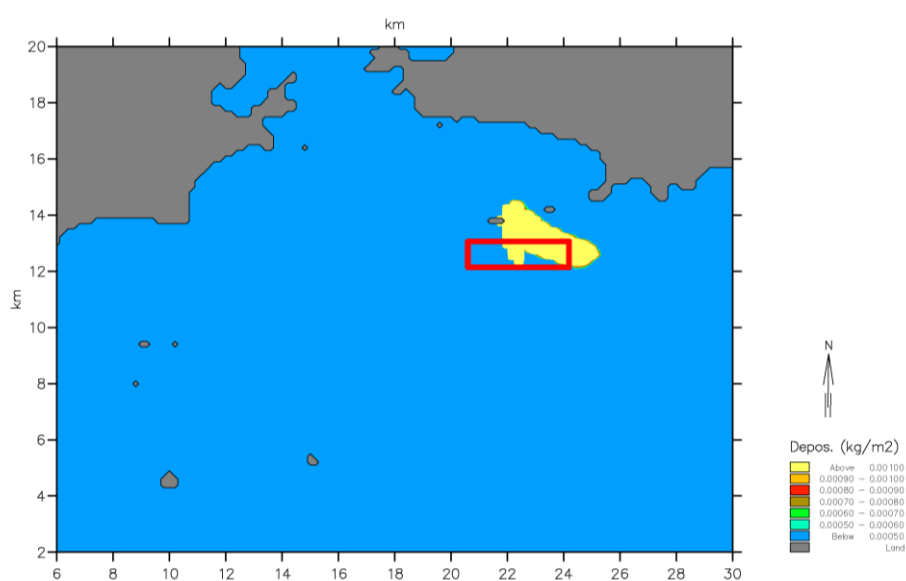


Fig. 5.6 – Local de deposição do material fino em suspensão lançado no trecho central da Área A

### ➤ Trecho Final

O mesmo procedimento descrito anteriormente foi adotado para um ponto localizado no final da Área A.

As Figuras 5.7 e 5.8 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 5 horas e 9 horas após o lançamento do material fino no trecho final da Área A.

Após 9 horas do lançamento, o material já se encontrava quase todo sedimentado. A Figura 5.9 mostra os locais onde o material em suspensão tendeu a se depositar.

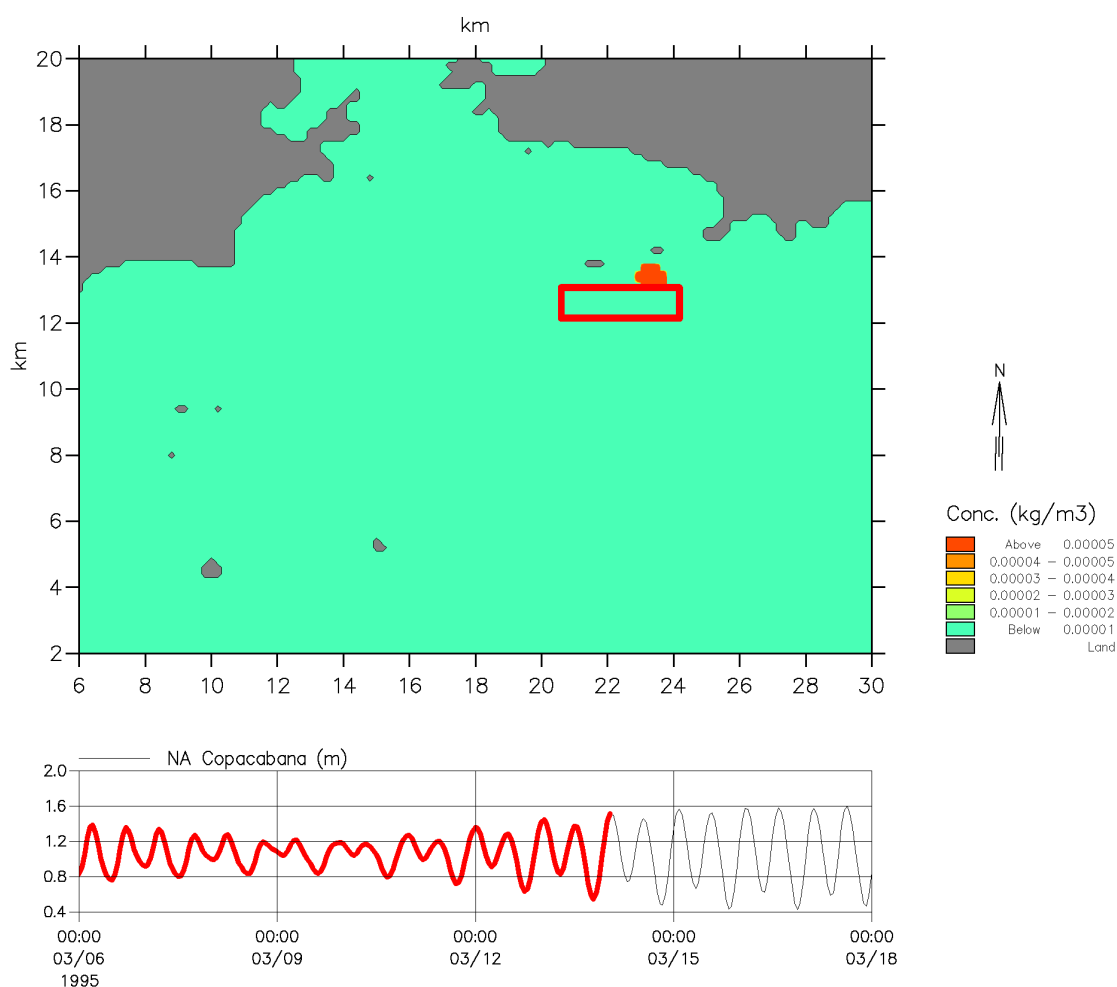


Fig. 5.7 – Concentrações do material fino em suspensão 5 horas após o lançamento no trecho final da Área A



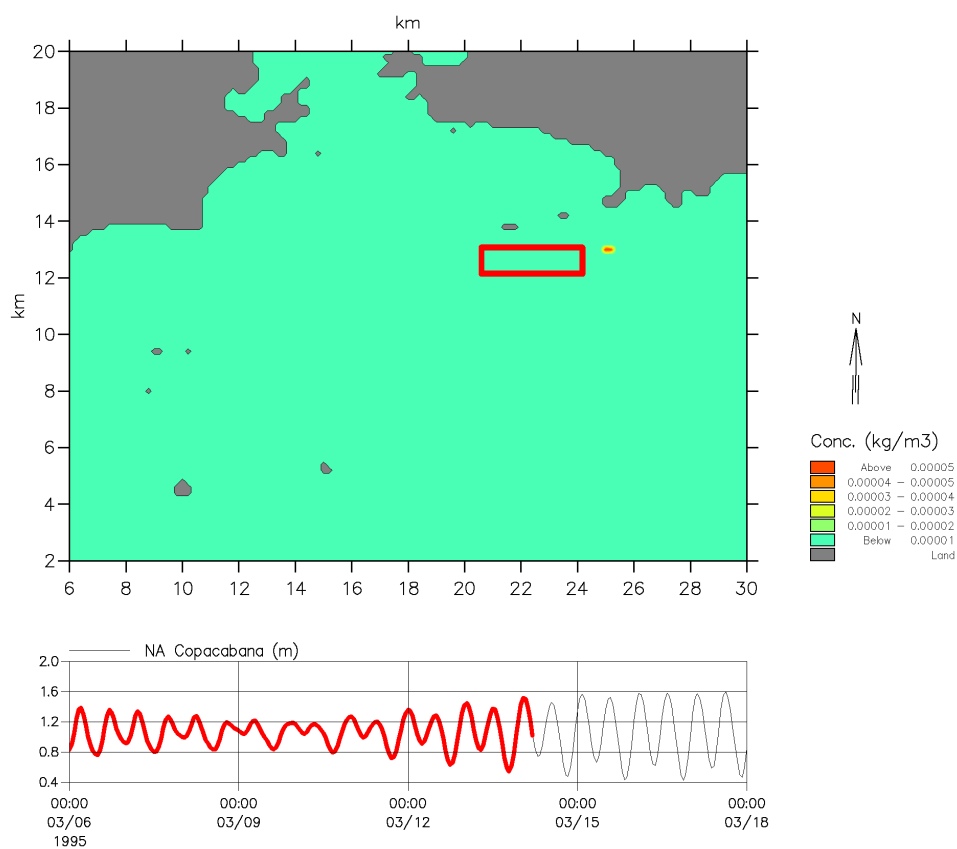


Fig. 5.8 – Concentrações do material fino em suspensão 9 horas após o lançamento no trecho final da Área A

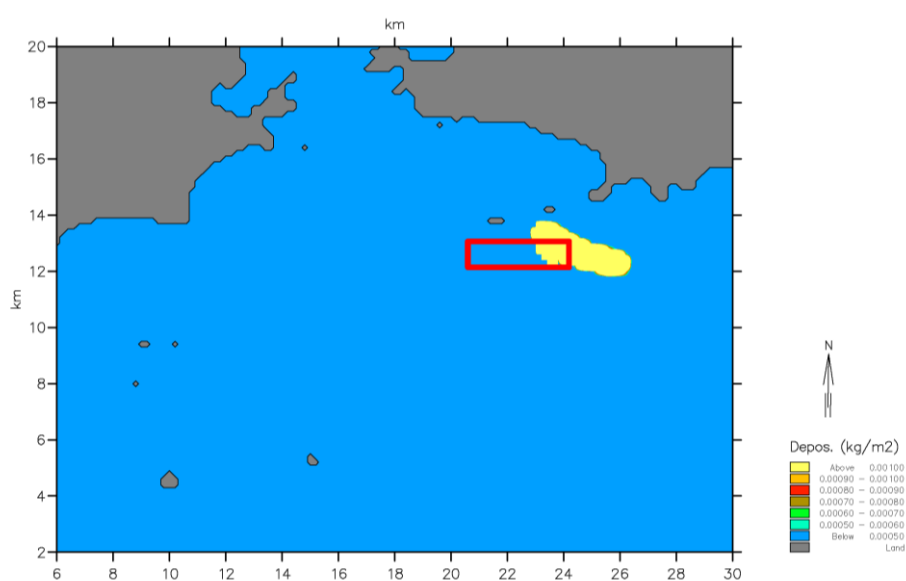


Fig. 5.9 – Local de deposição do material fino em suspensão lançado no trecho final da Área A

### 5.2.2 – Nova Área de Bota Fora Proposta (Área B)

O lançamento das 2.000 ton de material fino na Área C seguiu o mesmo procedimento adotado nas demais simulações.

As Figuras 5.10 e 5.11 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 10 horas e 23 horas após o lançamento do material fino na nova área de bota fora proposta.

Após cerca de 23 horas do lançamento, o material já se encontrava quase todo sedimentado. A Figura 5.12 mostra os locais onde o material tendeu a se depositar.

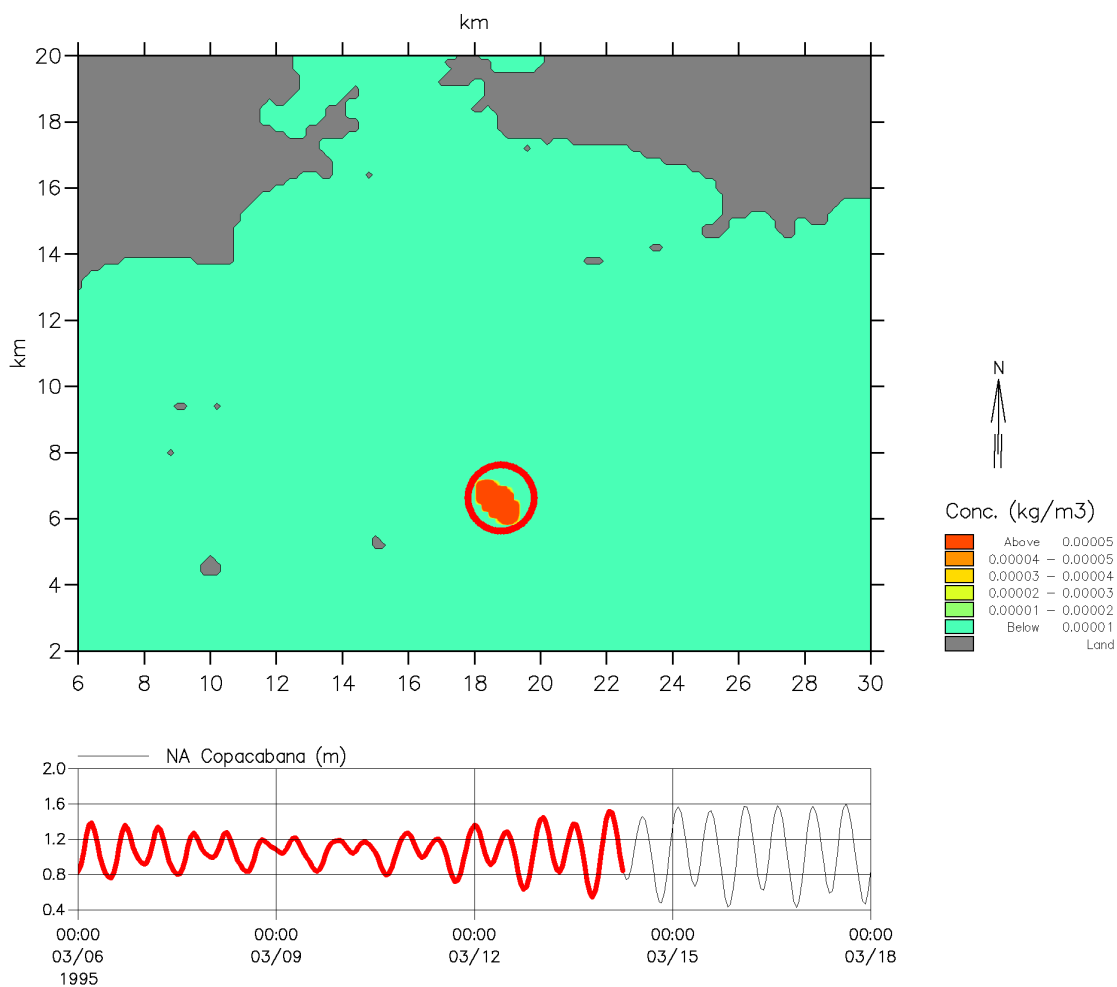


Fig. 5.10 – Concentrações do material fino em suspensão 10 horas após o lançamento na Área B

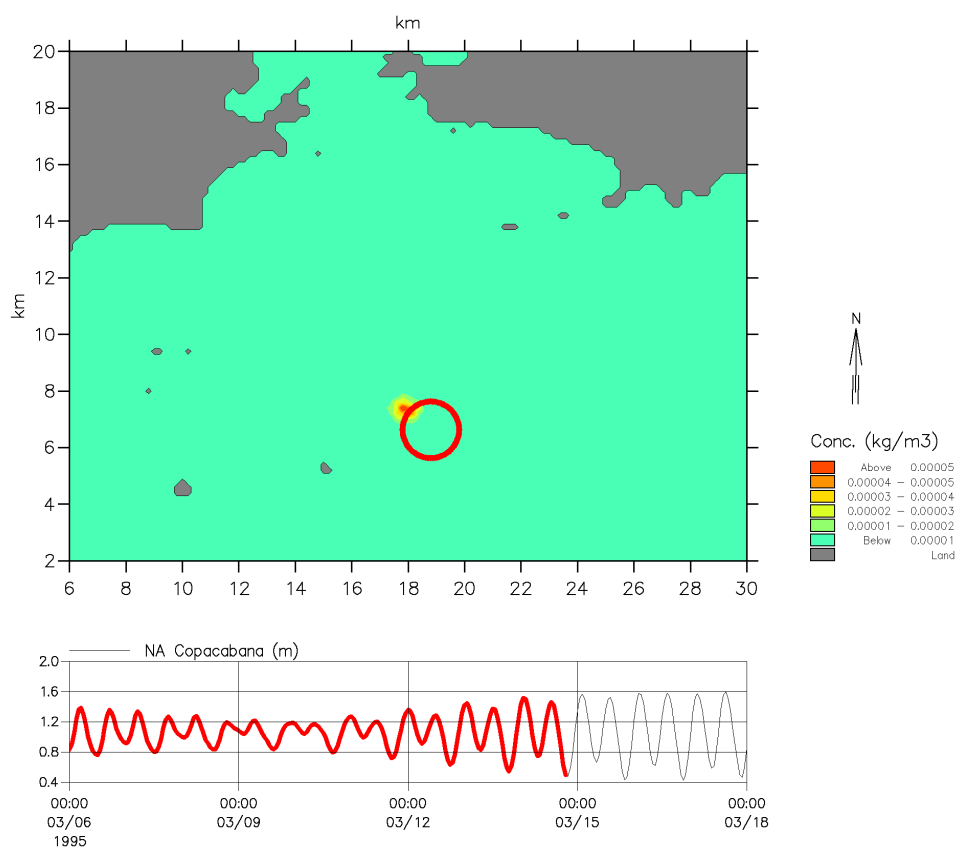


Fig. 5.11 – Concentrações do material fino em suspensão  
23 horas após o lançamento na Área B

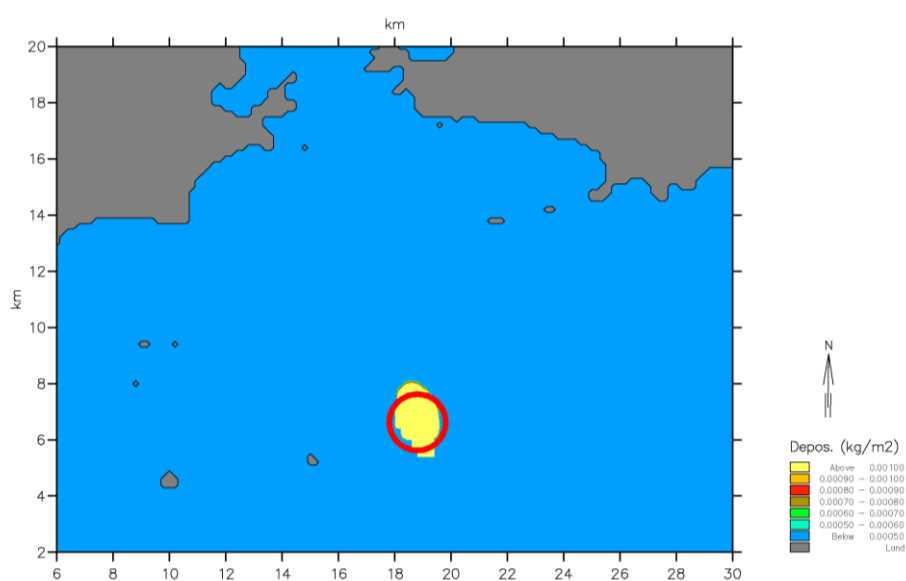


Fig. 5.12 – Local de deposição do material fino  
em suspensão lançado na Área B



### 5.2.3 – Nova Área de Bota Fora Proposta (Área C)

O lançamento das 2.000 ton de material fino na Área C seguiu o mesmo procedimento adotado nas demais simulações.

As Figuras 5.13 e 5.14 mostram, respectivamente, os valores das concentrações 10 horas e 21 horas após o lançamento do material fino na nova área de bota fora proposta.

Após cerca de 21 horas do lançamento, o material já se encontrava quase todo sedimentado. A Figura 5.15 mostra os locais onde o material tendeu a se depositar.

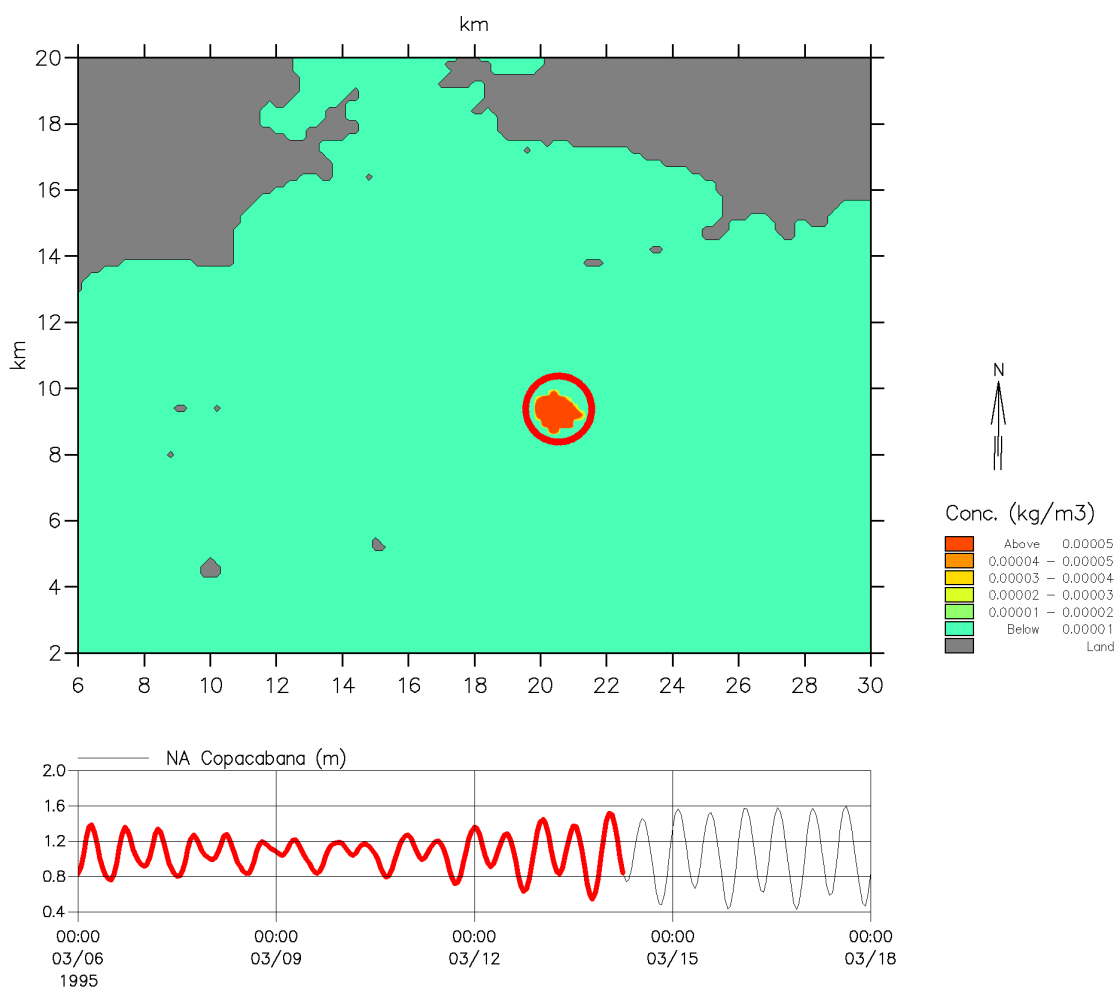


Fig. 5.13 – Concentrações do material fino em suspensão 10 horas após o lançamento na Área C

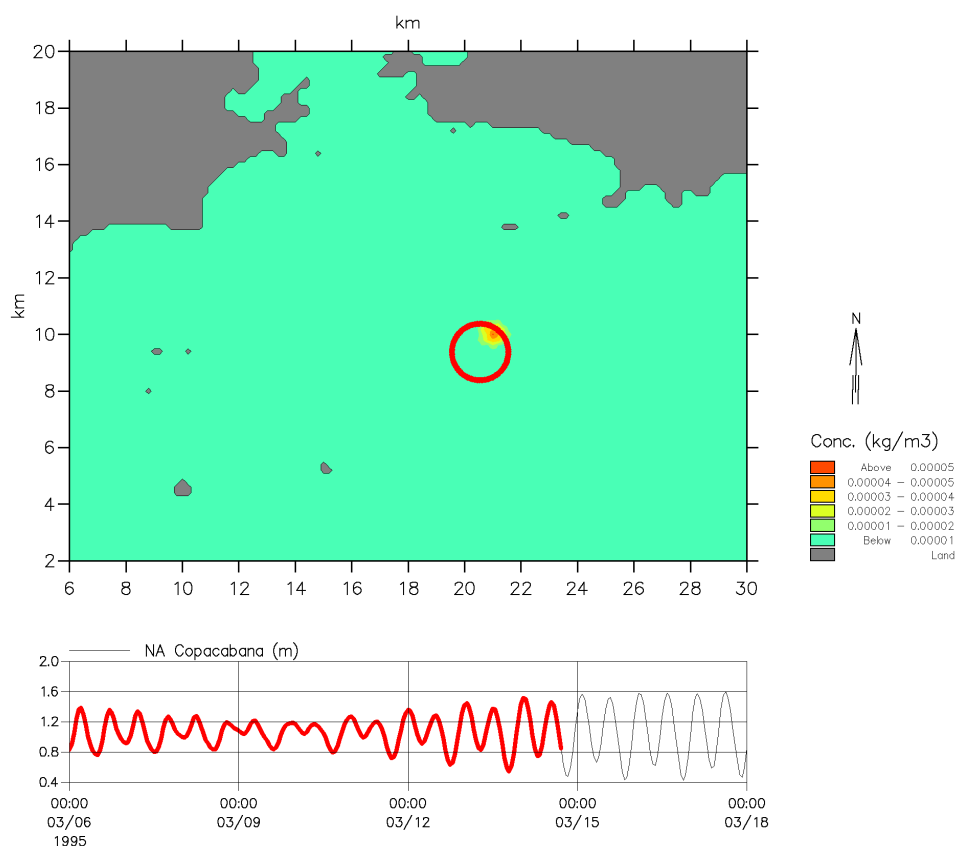


Fig. 5.14 – Concentrações do material fino em suspensão  
21 horas após o lançamento na Área C

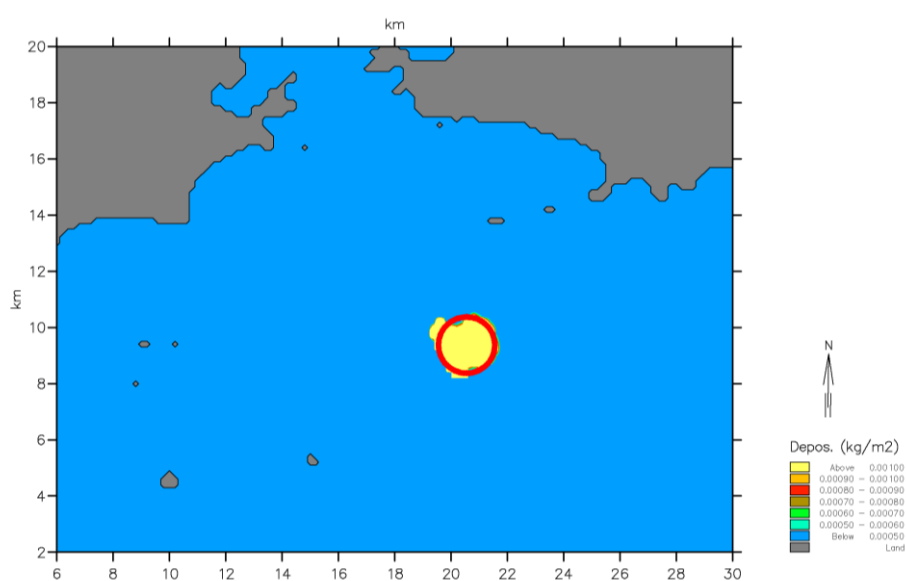


Fig. 5.15 – Local de deposição do material fino  
em suspensão lançado na Área C

## 6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados das simulações realizadas, pode-se chegar às seguintes conclusões:

1. Área A - O material fino lançado no trecho inicial e no trecho central da atual área de bota fora tendeu a se movimentar em direção à costa, depositando-se nas proximidades da Ilha do Pai. Já o material lançado no trecho final do bota fora apresentou um deslocamento menor, não chegando a atingir a Ilha da Mãe, com o material tendendo a se depositar mais para o largo do que para a costa.
2. Área B - O material fino lançado nessa área não se afastou muito do local de lançamento, tendendo a se depositar dentro da área delimitada para o bota fora.
3. Área C – O material fino lançado nessa área não se afastou muito do local de lançamento, tendendo a se depositar dentro da área delimitada para o bota fora.

Tanto a Área B, quanto a Área C, apresentaram boas condições para o despejo do material dragado, pois a pluma dos sedimentos finos permaneceu o tempo todo próxima da área de bota fora.