



SAMARCO MINERAÇÃO S.A

**ÁREA DE INFLUÊNCIA DO TERMINAL MARÍTIMO
PRIVATIVO DA PONTA DE UBU NA REGIÃO MARINHA**

Relatório Técnico

CPM RT 428/09

Dezembro/09 | Revisão 00

CEPEMAR – Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda
Av. Carlos Moreira Lima, 90, Bento Ferreira, CEP 29050-650 – Vitória – ES
PABX: (27) 2121-6500 – FAX: (27) 2121-6528
E-mail: cepemar@cepemar.com

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	OBJETIVO	03
3	ETAPAS DO ESTUDO	05
4	IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E DAS FONTES POLUIDORAS.....	07
4.1	INFORMAÇÕES GERAIS DO TERMINAL	08
4.2	PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS E FONTES POLUIDORAS.....	14
5	MODELAGEM MATEMÁTICA DE DISPERSÃO DE POLUENTES	17
5.1	MODELAGEM DE DISPERSÃO DE PARTICULADO	18
5.1.1	Modelagem de Dispersão Atmosférica	18
5.1.2	Modelagem de Dispersão no Mar	32
5.2	MODELAGEM DE DISPERSÃO DE ÓLEO	45
6	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	50
7	EQUIPE TÉCNICA	53
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

Listagem de Figuras

Figura 4.1-1:	Inserção do Empreendimento no Contexto Federal, Estadual e Municipal e vista aérea do Terminal Portuário de Ubu.....	08
Figura 4.1.-2:	Vista da estrutura dos cais de atracção do Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu.....	09
Figura 4.1-3:	Movimentação de minério de ferro e carvão nos últimos 4 anos.....	13
Figura 5.1.1-1:	Topografia em torno do Porto de Ubu obtida dos dados de topografia de 90 metros. A distância entre os receptores é de 30 metros.	20
Figura 5.1.1-2:	Domínio computacional utilizado nas simulações do Porto de Ubu.	21
Figura 5.1.1-3:	Padrões de vento em torno do Porto de Ubu para o ano de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2008.....	23
Figura 5.1.1-4:	Padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de janeiro a abril de 2008.	24
Figura 5.1.1-5:	Padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de maio a agosto de 2008.	25
Figura 5.1.1-6:	Padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de setembro a dezembro de 2008.....	26
Figura 5.1.1-7:	CENÁRIO I - Média mensal das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu, operando ininterruptamente todo o mês de Junho/2008. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.	28
Figura 5.1.1-8:	CENÁRIO I - Média das máximas de 24 horas das concentrações de PM10, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando ininterruptamente todo o mês de Junho/2008. Padrão Primário (24 horas) = 240,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.	29

Figura 5.1.1-9: CENÁRIO II - Média mensal das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando ininterruptamente todo o mês de Agosto/2008. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.	30
Figura 5.1.1-10: CENÁRIO II - Média das máximas de 24 horas das concentrações de PM10, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando interruptamente todo o mês de Agosto/2008. Padrão Primário (24 horas) = 240,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.	31
Figura 5.1.2-1: Localização das fronteiras oceânicas abertas do modelo hidrodinâmico (em vermelho).....	34
Figura 5.1.2-2: Localização dos pontos de sondagem batimétrica de alta resolução.....	36
Figura 5.1.2-3: Detalhe da curvilínea do domínio de cálculo das simulações hidrodinâmicas.	37
Figura 5.1.2-4: Batimetria referente ao domínio batimétrico das simulações numéricas.....	38
Figura 5.1.2-5: Pluma da concentração média de minério de ferro (em janeiro de 2008.	39
Figura 5.1.2-6: Pluma da concentração máxima de minério de ferro em janeiro de 2008.	40
Figura 5.1.2-7: Seções longitudinais e transversais de a) concentrações médias; b) concentrações máximas de material particulado.	41
Figura 5.1.2-8: Pluma da concentração média de minério de ferro em junho de 2008.	42
Figura 5.1.2-9: Pluma da concentração máxima de minério de ferro em junho de 2008.	43
Figura 5.1.2-10: Seções longitudinais e transversais de a) concentrações médias; b) concentrações máximas de material particulado.....	44
Figura 5.2-1: Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o verão, com derrame de 2.935 m ³ , após 60 horas de simulação.	47

Figura 5.2-2:	Probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o verão, com derrame de 2.935 MT, após 60 horas de simulação.	48
Figura 5.2-3:	Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o inverno, com derrame de 2.935 m ³ , após 60 horas de simulação.....	48
Figura 5.2-4:	Probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o inverno, com derrame de 2.935 m ³ , após 60 horas de simulação.	49
Figura 6-1:	Mapa da Área de Influência.	52

Listagem de Tabelas

Tabela 4.1-1:	Características operacionais do canal de aproximação do berço oeste.	09
Tabela 4.1-2:	Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço oeste.	10
Tabela 4.1-3:	Características operacionais da bacia do berço oeste.	10
Tabela 4.1-4:	Restrições referentes aos navios da bacia do berço oeste. ...	10
Tabela 4.1-5:	Características operacionais do canal de aproximação do berço leste.....	10
Tabela 4.1-6:	Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço leste.....	10
Tabela 4.1-7:	Características operacionais da bacia do berço leste.	11
Tabela 4.1-8:	Restrições referentes aos navios da bacia do berço leste. ...	11
Tabela 4.1-9:	Características operacionais do canal de aproximação do berço leste no cais dos rebocadores.....	11
Tabela 4.1-10:	Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço leste no cais dos rebocadores.....	11
Tabela 4.1-11:	Características operacionais da bacia do berço leste no cais dos rebocadores.	12
Tabela 4.1-12:	Restrições referentes aos navios da bacia do berço leste no cais dos rebocadores.	12
Tabela 4.1-13:	Características operacionais do canal de aproximação do TCD.	12
Tabela 4.1-14:	Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do TCD.....	12
Tabela 4.1-15:	Características operacionais da bacia do TCD.	13
Tabela 4.1-16:	Restrições referentes aos navios da bacia do TCD.	13
Tabela 4.2-1:	Taxas de emissão material particulado do Porto de Ubu.....	15
Tabela 4.2-2:	Somatório do volume dos tanques de combustível da maior embarcação capaz de atracar no terminal marítimo e de rebocadores.	16

Tabela 4.2-3:	Capacidade de armazenamento de caminhões-tanque.....	16
Tabela 4.2-4:	Capacidade de armazenamento de tambores.	16
Tabela 4.2-5:	Operações de transferência de combustível e resíduos oleosos.....	16
Tabela 5.1.1-1:	Distribuição de frequência, combinada entre a direção e a velocidade média do vento da estação meteorológica do Porto de Ubu para o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2008.	22
Tabela 5.1.1-2:	Comparação dos valores dos pontos de máximas concentrações das simulações de PTS com a Resolução CONAMA 03/1990. A média mensal não é contemplada na comparação, pois não há legislação específica para esse período.	27
Tabela 5.1.2-1:	Fontes dos levantamentos batimétricos.	36
Tabela 5.2-1:	Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrames do óleo.	46
Tabela 6-1:	Informações sobre as Áreas de Influência das atividades desenvolvidas no Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, sobre a região marinha, definidas a partir das modelagens de dispersão de poluentes.....	51



1


Introdução

O presente documento visa atender a Condicionante 65 da LO nº 029/2005 da SAMARCO e, nesse sentido, apresenta os limites da Área de Influência (AI) do Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, no ecossistema marinho, considerando a dispersão de poluentes a partir das atividades rotineiras desenvolvidas nesse terminal e em caso de hipóteses acidentais.

Os principais aspectos ambientais relacionados com o Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, e responsáveis pela emissão de poluentes, são os seguintes:

- i) dispersão de partículas de minério de ferro para o mar a partir de emissões difusas, durante as operações de transporte e carregamento de navios;*
- ii) derramamento de óleo no mar a partir de hipóteses acidentais;*

Os limites da Área de Influência foram definidos através de estudos de modelagem matemática tanto para avaliar a dispersão das partículas de minério de ferro no ar e, posteriormente, no mar, como para avaliar a dispersão de óleo no mar considerando-se os cenários críticos para as hipóteses acidentais identificadas. Os critérios estabelecidos nesses estudos são detalhados ao longo desse relatório.



2 **Objetivo**

O presente estudo teve por objetivo identificar as áreas na região marinha no em torno do Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, passíveis de serem afetadas pela emissão de poluentes a partir das atividades desenvolvidas no mesmo.

Cabe salientar, que neste estudo não foram considerados os aspectos ambientais relacionados às atividades de dragagem no Terminal, haja vista os mesmos estarem contemplados em processo de licenciamento distinto.



3

Etapas do Estudo

Este estudo foi desenvolvido segundo as seguintes etapas:

- i) Identificação dos Aspectos Ambientais da atividade portuária e inventário das fontes poluidoras;
- ii) Modelagem de dispersão de particulado (atmosférica e hídrica);
- iii) Modelagem de dispersão de óleo;
- iv) Delimitação das áreas de influência.

A identificação dos aspectos ambientais e do inventário das fontes foi realizada com base em estudos já realizados pela SAMARCO na área do Terminal portuário, tais como:

- *Análise Preliminar de Perigos – APP para o Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu (CPM RT 346-09 - CEPEMAR/OCEANPACT, 2009);*
- *EIA - Estudo de Impacto Ambiental do Projeto da Quarta Usina de Pelotização da Samarco, em Ponta de Ubu, ES. (CPM RT387-09 – CEPEMAR, 2009a).*

Os demais itens deste relatório foram desenvolvidos especificamente para o atendimento do objetivo deste estudo.



4

Identificação dos Aspectos Ambientais e das Fontes Poluidoras

4.1 INFORMAÇÕES GERAIS DO TERMINAL

O Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu, de propriedade da Samarco Mineração S.A., está localizado em Anchieta, litoral sul do Estado do Espírito Santo, a aproximadamente 70 km do município de Vitória, capital do Estado (Figura 4.1-1).

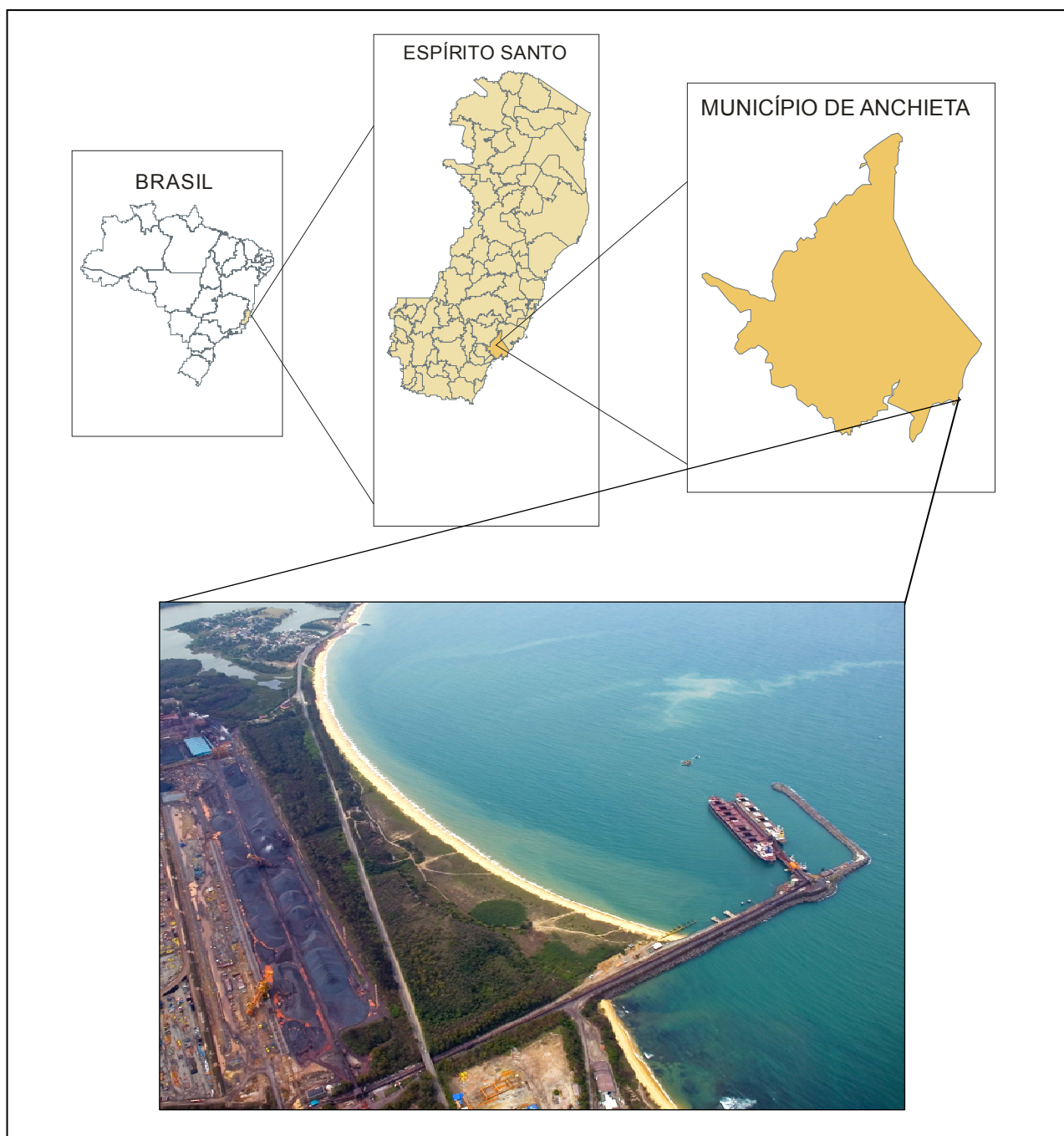


Figura 4.1-1: Inserção do Empreendimento no Contexto Federal, Estadual e Municipal e vista aérea do Terminal Portuário de Ubu.

As instalações portuárias do Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu (Figura 4.1-2) compreendem um píer com 313 metros de comprimento e 22 metros de largura, com dois berços de atracação (berço leste e berço oeste) no píer principal, um Cais de Rebocadores e um Terminal de Cargas Diversas (TCD), além de uma praça de manobra de veículos e um prédio administrativo, conforme detalhado a seguir:



Figura 4.1-2: Vista da estrutura dos cais de atracação do Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu.

PÍER - BERÇO LADO OESTE (LW)

Neste berço atracam navios com 170 metros de comprimento médio e 58 metros de largura média, sendo que o maior navio que já atracou neste berço possuía cerca de 300 metros de comprimento e registro máximo de 200.000 TMS (tonelada de métrica seca). As características operacionais e as restrições referentes aos navios do canal de aproximação podem ser consultadas na Tabela 4.1-1 e Tabela 4.1-2. As características operacionais e as restrições referentes aos navios da bacia do berço oeste podem ser consultadas na Tabela 4.1-3 e Tabela 4.1-4.

Tabela 4.1-1: Características operacionais do canal de aproximação do berço oeste.

Item	Descrição
Comprimento	309 metros
Largura de projeto	177 metros
Profundidade de projeto	18,70 metros

Tabela 4.1-2: Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço oeste.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	250.000 tons métricas
Comprimento total máximo	308,99 metros
Boca máxima	58,99 metros
Calado máximo	16,80 metros + altura da maré

Tabela 4.1-3: Características operacionais da bacia do berço oeste.

Item	Descrição
Comprimento operacional	313 metros
Largura de projeto	74 metros
Cais acostável	308 metros
Profundidade de projeto	18,70 metros

Tabela 4.1-4: Restrições referentes aos navios da bacia do berço oeste.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	250.000 tons
Comprimento total máximo	308,99 metros
Boca máxima	58,99 metros
Calado máximo	16,80 metros + altura da maré

PÍER - BERÇO LADO LESTE (LE)

As características operacionais e as restrições referentes aos navios do canal de aproximação podem ser consultadas na Tabela 4.1-5 e Tabela 4.1-6. As características operacionais e as restrições referentes aos navios da bacia do berço leste podem ser consultadas na Tabela 4.1-7 e Tabela 4.1-8.

Tabela 4.1-5: Características operacionais do canal de aproximação do berço leste.

Item	Descrição
Comprimento	241 metros
Largura de projeto	99 metros
Profundidade de projeto	15,00 metros

Tabela 4.1-6: Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço leste.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	150.000 tons métricas
Comprimento total máximo	240,99 metros
Boca máxima	32,99 metros
Calado máximo	13,00 metros + altura da maré

Tabela 4.1-7: Características operacionais da bacia do berço leste.

Item	Descrição
Comprimento operacional	313 metros
Largura de projeto	42 metros
Cais acostável	280 metros
Profundidade de projeto	15,00 metros

Tabela 4.1-8: Restrições referentes aos navios da bacia do berço leste.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	150.000 tons
Comprimento total máximo	240,99 metros
Boca máxima	32,99 metros
Calado máximo	13,00 metros + altura da maré

PÍER - BERÇO LADO LESTE (LE) - (CAIS DOS REBOCADORES)

A extremidade sul do píer lado leste é caracterizada por um cais destinado à atracação de embarcações de apoio marítimo (Rebocadores e Supply). As características operacionais e as restrições referentes aos navios do canal de aproximação podem ser consultadas na Tabela 4.1-9 e Tabela 4.1-10. As características operacionais e as restrições referentes aos navios da bacia do berço leste no cais dos rebocadores podem ser consultadas na Tabela 4.1-11 e Tabela 4.1-12.

Tabela 4.1-9: Características operacionais do canal de aproximação do berço leste no cais dos rebocadores.

Item	Descrição
Comprimento	309 metros
Largura de projeto	63 metros
Profundidade de projeto	8,50 metros

Tabela 4.1-10: Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do berço leste no cais dos rebocadores.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	15.000 tons métricas
Comprimento total máximo	100,99 metros
Boca máxima	20,99 metros
Calado máximo	07,50 metros + altura da maré

Tabela 4.1-11: Características operacionais da bacia do berço leste no cais dos rebocadores.

Item	Descrição
Comprimento operacional	100 metros
Largura de projeto	27 metros
Cais acostável	100 metros
Profundidade de projeto	08,50 metros

Tabela 4.1-12: Restrições referentes aos navios da bacia do berço leste no cais dos rebocadores.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	15.000 tons
Comprimento total máximo	100,99 metros
Boca máxima	20,99 metros
Calado máximo	07,50 metros + altura da maré

TERMINAL DE CARGAS DIVERSAS (TCD)

Junto ao enrocamento do Terminal, no eixo leste-oeste, está instalado o TCD. Atualmente, é utilizado pela empresa Subsea 7, que possui um PEI para suas operações. As características operacionais e as restrições referentes aos navios do canal de aproximação podem ser consultadas na Tabela 4.1-13 e Tabela 4.1-14. As características operacionais e as restrições referentes aos navios da bacia do TCD podem ser consultadas na Tabela 4.1-15 e Tabela 4.1-16.

Tabela 4.1-13: Características operacionais do canal de aproximação do TCD.

Item	Descrição
Comprimento	450 metros
Largura de projeto	86 metros
Profundidade de projeto	10,00 metros

Tabela 4.1-14: Restrições referentes aos navios do canal de aproximação do TCD.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	22.000 tons métricas
Comprimento total máximo	157,99 metros
Boca máxima	28,49 metros
Calado máximo	07,50 metros + altura da maré

Tabela 4.1-15: Características operacionais da bacia do TCD.

Item	Descrição
Comprimento operacional	120 metros
Largura de projeto	36 metros
Cais acostável	100 metros
Profundidade de projeto	10,00 metros

Tabela 4.1-16: Restrições referentes aos navios da bacia do TCD.

Item	Descrição
Porte bruto máximo	22.000 tons
Comprimento total máximo	157,99 metros
Boca máxima	28,49 metros
Calado máximo	07,50 metros + altura da maré

Em média, 15 a 19 navios atracam no terminal por mês para o desembarque de carvão e para o embarque de minério de ferro. O tempo médio de atracação para cada embarcação são 30 horas. Na Figura 4.1-3 pode ser consultada a movimentação de minério de ferro e carvão entre 2006 e 2009 (até agosto).

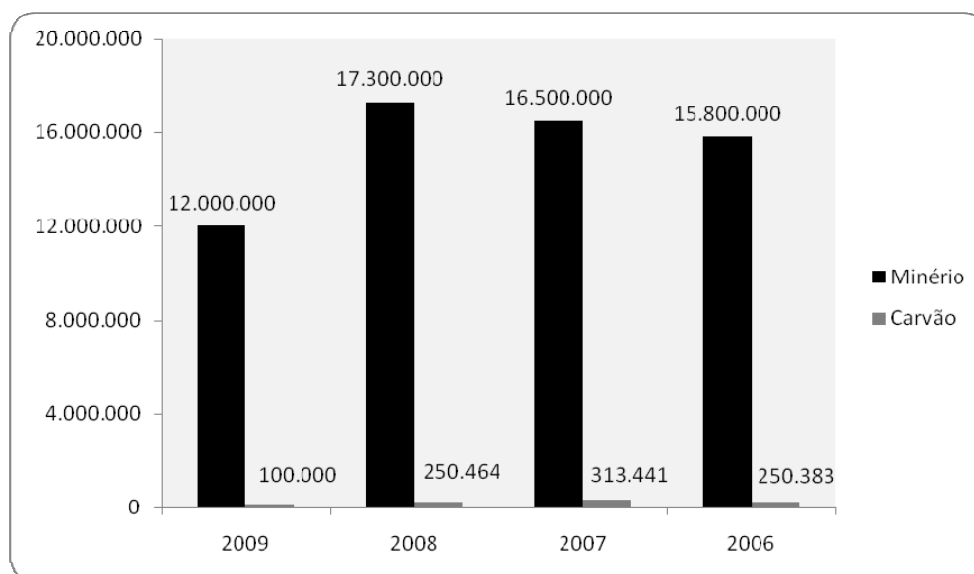


Figura 4.1-3: Movimentação de minério de ferro e carvão nos últimos 4 anos.

O terminal marítimo conta com toda a estrutura necessária para garantir a segurança e a eficiência das operações, incluindo:

- Carregador de navios (*ship loader* ANR-33), com capacidade nominal de 9.300 t/h;
- Correias transportadoras;
- Compressores de ar;
- Redes de suprimento de água potável e de incêndio; e
- Rebocadores e lanchas.

A energia é recebida da Samarco Mineração, através de 01 subestação elétrica, para alimentação das correias transportadoras. Existe um sistema de combate a incêndio ao longo do Pier.

O terminal marítimo ainda possui uma estação para medição de dados meteorológicos e oceanográficos localizados na ponta do quebra-mar.

Entre as atividades de suporte à operação no terminal marítimo destacam-se:

- Abastecimento de rebocadores e lanchas (30.000 l/mês);
- Carregamento de navios com tambores de graxa e óleo lubrificante; e
- Retirada de resíduos oleosos de rebocadores (aproximadamente 1,5 ton/mês).

Tanto o abastecimento de rebocadores e lanchas, como a retirada de resíduos oleosos de rebocadores são realizados por caminhões-tanque.

4.2 PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS E FONTES POLUIDORAS

Os principais aspectos ambientais relacionados com a atividade portuária no Terminal da Ponta de Ubu são a emissão de partículas de minério de ferro a partir das atividades de transporte e carregamento deste minério e o lançamento de óleo no mar decorrente de hipóteses acidentais.

A emissão de partículas de minério para a atmosfera se caracteriza por ser uma fonte real e extensa. Já o risco de derramamento de óleo no mar se caracteriza por ser uma fonte potencial, mas pontual.

A seguir são caracterizadas em detalhe as principais fontes poluidoras identificadas no Terminal.

- Emissão de Partículas de Minério

As fontes de emissões atmosféricas do Porto de Ubu são do tipo volume. Tais fontes são caracterizadas por uma variedade de fontes industriais, como emissões fugitivas, emissões em pilhas de areia, emissões em pilhas de carvão, emissões em tubulações, emissões em múltiplas aberturas, emissões em correias transportadoras e emissões em pontos de transferência. Também certos tipos de fontes linha podem ser descritas usando uma série de fontes de volume, ou como uma fonte área alongada.

Ademais, nesses tipos de fontes, o poluente é geralmente liberado para a atmosfera com temperatura próxima ou igual a do ambiente, o que inibe a ascensão da pluma pelo efeito de empuxo. Desta forma, o poluente tende a ser depositado mais rapidamente na superfície, do que quando liberado de uma fonte pontual com altas temperaturas na saída.

As taxas de emissões de material particulado do Porto de Ubu, provenientes das fontes do tipo volume são descritas na Tabela 4.2-1.

Tabela 4.2-1: Taxas de emissão material particulado do Porto de Ubu.

Número	Identificação da Fonte	Setor	Tipo	Controle	Material	Coord.X UTM (m)	Coord.Y UTM (m)	Alt. Fonte (m)	Alt. Solo (m)	PTS (t/ano)	PTS (Kg/h)	PTS (g/s)	Lateral (m)	Vertical (m)
1	Clamshell (Grabb)/ Moega de Desembarque	Porto	Descarregamento	1	Antracito	336552	7700797	7.0	8.0	0.030822	0.003648	0.001013	1.87	1.87
2	Moega de Desembarque/ Caminhão	Porto	Carregamento	1	Antracito	336552	7700797	3.0	8.0	0.030822	0.003648	0.001013	1.87	1.87
3	56CA00 - ShipLoader/ Navio	Estocagem e Embarque Porto	Carregamento	3	Pelota/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336519	7700835	15.0	8.0	5.938321	0.702926	0.195257	2.00	2.00
4	Transp.56TP01 (C1)/ Transp.56TP06 (C3) - [Torre de Transferência 3 - T3]	Estocagem e Embarque Pátios de Pelota A e B	Transferência	Lavador de Gás 10CT005	Pelotas/ Pellet Feed	335463	7700557	10.0	12.5	0.623921	0.073854	0.020515	1.80	1.80
5	Transp.56TP06 (C3)/ Transp.56TP07 (C4) - [Torre de Transferência 4 - T4]	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	Enclausuramento	Pelota/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336463	7700557	8.0	8.0	3.387521	0.400985	0.111385	1.80	1.80
6	Transp. 56TP07 (C4)/ 56CA00 - ShipLoader	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	3	Pelota/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336615	7700930	20.0	8.0	3.071353	0.363560	0.100989	1.90	1.90
7	Clamshell (Grabb)/ Moega de Desembarque	Porto	Descarregamento	1	Antracito	336550	7700822	7.0	8.0	0.017952	0.002125	0.000590	1.87	1.87
8	Moega de Desembarque/ Caminhão	Porto	Carregamento	1	Antracito	336550	7700822	3.0	8.0	0.017952	0.002125	0.000590	0.50	0.50
9	56CA00 - Shiploader/ Navio	Estocagem e Embarque Porto	Carregamento	2	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336519	7700835	15.0	8.0	3.492402	0.413400	0.114833	2.00	2.00
10	Transp.56TP06 (C3)/ Transp.56TP07 (C4) - [Torre de Transferência 4 - T4]	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	Enclausuramento	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336463	7700557	8.0	8.0	1.996168	0.236289	0.065636	1.80	1.80
11	Transp.56TP07 (C4)/ 56CA00 - Shiploader [Existente]	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	2	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336615	7700930	20.0	8.0	1.809859	0.214235	0.059510	1.90	1.90
12	Clamshell (Grabb)/ Moega de Desembarque	Porto	Descarregamento	1	Antracito	336244	7700881	7.0	8.0	0.017318	0.002050	0.000569	1.87	1.87
13	Moega de Desembarque/ Caminhão	Porto	Carregamento	1	Antracito	336244	7700881	3.0	8.0	0.017318	0.002050	0.000569	0.50	0.50
14	U04-09CA001 - Shiploader Novo/ Navio	Estocagem e Embarque Porto	Carregamento	2	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336233	7700803	15.0	8.0	3.492402	0.413400	0.114833	2.00	2.00
15	Transp. U04-09TP003 / Transp. U04-09TP004 - [Torre de Transferência T4B]	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	Enclausuramento	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336021	7700495	8.0	8.0	1.996168	0.236289	0.065636	2.14	2.14
16	Transp. U04-09TP004/ U04-09CA001 - Shiploader Novo	Estocagem e Embarque Porto	Transferência	2	Pelotas/ Pellet Feed/ Pellet Screen (Sinter Feed)	336193	7700793	20.0	8.0	1.809859	0.214235	0.059510	2.14	2.14

OBS: 1 - A umidade do antracito, pellet feed e pelota contribui para a redução da emissão de particulados nesta operação.

2 - A aspersão de água é realizada na correia C11 (56EM02 - Empilhadeira), contribuindo para a redução da emissão de particulados neste ponto.

3 - A aspersão de água é realizada na correia C4, além da adição do supressor de pó nas pelotas, no peneiramento das Usinas I e II.

Estas medidas contribuem para a redução da emissão de particulados nesta operação.

- Derramamento de Óleo

Com base na Análise Preliminar de Perigos desenvolvida para o Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu (CEPEMAR/OCEANPACT, 2009), nas Tabelas 4.2-2 a 4.2-5 podem ser consultadas as fontes potenciais de derramamentos de derivados do petróleo durante as operações desenvolvidas nesse Terminal.

Tabela 4.2-2: Somatório do volume dos tanques de combustível da maior embarcação capaz de atracar no terminal marítimo e de rebocadores.

Embarcação	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem	Capacidade Contenção Secundária	Data e Causas de Incidentes Anteriores
Navio	Combustível	MF-380	2.935 m ³	N/A	N/A
Rebocador	Combustível	Óleo diesel marítimo	20 m ³	N/A	N/A

Tabela 4.2-3: Capacidade de armazenamento de caminhões-tanque.

Caminhão	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem	Capacidade Contenção Secundária	Data e Causas de Incidentes Anteriores
-	Carga	Óleo Diesel Marítimo	30 m ³	N/A	N/A
-	Carga	Resíduo Oleoso	15 m ³	N/A	N/A

Tabela 4.2-4: Capacidade de armazenamento de tambores.

Tambor	Tipo de Tanque	Tipo de Óleo Estocado	Capacidade Máxima de Estocagem	Capacidade Contenção Secundária	Data e Causas de Incidentes Anteriores
-	N/A	Óleo Lubrificante	0,2 m ³	N/A	N/A
-	N/A	Graxa	0,2 m ³	N/A	N/A

Tabela 4.2-5: Operações de transferência de combustível e resíduos oleosos.

Tipo de Operação	Tipo de Óleo Transferido	Vazão Máxima de Transferência	Data e Causas de Incidentes Anteriores
Abastecimento de rebocadores	Óleo diesel marítimo	10 m ³ /h	N/A
Retirada de resíduo oleoso	Resíduo oleoso	10 m ³ /h	N/A

Portanto, conforme identificado acima, a descarga de pior caso para as operações da Samarco no Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu está associada a um acidente com navio, durante manobra de atracação ou desatracação, causando um derramamento de 2.935 m³ de MF-380 na água, tendo sido esse o cenário modelado no estudo de dispersão de óleo no mar (ver ESTUDO DE TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO, Item 5.2).



5

Modelagem Matemática de Dispersão de Poluentes

5.1 MODELAGEM DE DISPERSÃO DE PARTICULADO

5.1.1 MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

◆ O MODELO AERMOD

A avaliação das concentrações de contaminantes no ar ambiente foi realizada usando o modelo de dispersão em regime estacionário *American Meteorological Society (AMS)/U.S. Environmental Protection Agency Regulatory Model – AERMOD* (EPA, 2004a; 2004b; 2004g) desenvolvido e regulamentado pelo órgão ambiental americano (US-EPA) e pela sociedade americana de meteorologia *American Meteorological Society (AMS)*. A versão utilizada do AERMOD foi a 09292, disponibilizada pela EPA em 19/10/2009 (contida na versão comercial da *Lakes Environmental 6.4.0* - versão atual) que inclui também os algoritmos PRIME (*Plume Rise Model Enhancement*) que calcula os efeitos de *building downwash* sobre as plumas das chaminés (conforme EPA, 1995; SCHULMAN, 1997). O processador meteorológico, AERMET (EPA, 2004c; 2004d), e o processador de terreno, AERMAP (EPA, 2004e; 2004f), foram utilizados para tratar as informações meteorológicas e topográficas necessárias ao modelo AERMOD.

O AERMAP é um pré-processador que interpola a grade de receptores e elevações topográficas dentro do domínio computacional do modelo de dispersão. Ele usa os dados de topografia para calcular a área de influência de cada ponto de elevação associado a cada receptor local.

O AERMET é um pré-processador que utiliza dados meteorológicos de superfície para caracterizar os parâmetros relevantes e a estrutura vertical da Camada Limite Planetária (CLP) necessários ao modelo de dispersão. Os dados meteorológicos, medidos no local ou próximo ao empreendimento deverão ser representativos da meteorologia no domínio da modelagem.

Até o ano de 2005, os modelos de dispersão do tipo ISC3 (EPA, 2003) eram os mais utilizados, mas atualmente são considerados modelos alternativos por estarem defasados em relação às descobertas dos últimos anos a respeito da turbulência atmosférica. Tal fato pode ser visto no portal http://www.epa.gov/scram001/dispersion_alt.htm (acessado em setembro/ 2009). Atualmente AERMOD e CALPUFF são os modelos regulamentados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*U.S. Environmental Protection Agency, EPA*), ambos de uso gratuito e que podem ser acessados no portal http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm (acessado em setembro/ 2009). O AERMOD é utilizado para simulações de curtas distâncias, até 50 km, e o CALPUFF para distâncias até 200 km.

No desenvolvimento do AERMOD, foram adotados critérios para produzir um modelo com atributos desejáveis para a regulamentação, tais como: 1) fornecer estimativas razoáveis de concentração uma grande variedade de condições com o mínimo de descontinuidades; 2) ser de fácil uso e com poucos requisitos de tipo de computador, exigindo dados de entrada e de recursos computacionais como é modelo ISC3; 3) captar o essencial dos processos físicos ao mesmo tempo ser fundamentalmente simples; e, 4) acomodar modificações com facilidade como a ciência evolui.

Em comparação com o modelo ISC3 (*Industrial Complex Source*), o AERMOD atualmente contém novos e melhores algoritmos para: 1) dispersão em condições de estabilidade convectiva e estável; 2) pluma de ascensão e empuxo; 3) pluma de penetração em elevadas inversões térmicas; 4) cálculo dos perfis verticais de vento, turbulência e temperatura baseados na Teoria de Similaridade de Monin-Obukhov (STULL, 1988); 5) inclusão da camada limite urbana; e 6) tratamento de receptores em todos os tipos de terreno a partir da superfície até a altura da pluma. O AERMET contém uma melhor abordagem para caracterizar parâmetros fundamentais da CLP. Além disso, incluem itens novas formulações como os processos de deposições a úmido e a seco.

A aproximação utilizada neste estudo é conservadora, porque nenhuma transformação química ou captação (deposição por vias seca e úmida, absorção pela vegetação) é levada em consideração. Visto que se trata de um modelo em regime permanente (ventos invariáveis durante o transporte de poluentes sobre grandes distâncias), este modelo apresenta uma tendência a superestimar as concentrações mais distantes da fonte. Salienta-se também que devido à natureza gaussiana do AERMOD, as concentrações simuladas dentro do raio de 100 m de cada fonte não podem ser consideradas como válidas, pois tende a superestimar os níveis de concentração nesse raio.

O AERMOD determina diretamente as condições do pior caso de dispersão atmosférica através da simulação. O modelo avalia a concentração do poluente em todos os receptores para cada hora do período considerado para determinar a concentração máxima. A concentração média do poluente durante um período mais longo (por exemplo, 1 hora, 8 horas, 24 horas, vários meses e anual) é calculada por meio das médias aritméticas horárias em cada um dos receptores no período avaliado.

Maiores detalhes sobre a sua formulação e código computacional podem ser encontrados em EPA (2003, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2004e, 2004f, 2004g, 2008). Todos os documentos citados da EPA podem ser encontrados para *download* no portal http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm (acessado em novembro/2009).

◆ **PARÂMETROS DE ENTRADA DO MODELO AERMOD**

Os dados de entrada do modelo são:

- As taxas de emissões de PTS;
- As características das fontes de emissões (posição e largura do volume);
- Dados meteorológicos horários (temperatura, velocidade e direção do vento, altura da camada limite planetária e dos parâmetros relevante que descrevem a camada limite tais como: comprimento de Monin-Obukhov, escala de velocidade de fricção, escala de temperatura etc.);
- A posição e a elevação dos receptores, ou seja, os pontos onde se deseja avaliar a concentração do poluente estudado;
- Os parâmetros que controlam as opções do modelo e os cálculos estatísticos que devem ser efetuados sobre as concentrações calculadas pelo modelo;

- Dados de topografia da região de estudo.

Os parâmetros de emissões adotados para o cálculo das concentrações ambientes de PTS foram obtidos a partir do inventário de fontes de emissões atmosféricas realizados pela SAMARCO MINERAÇÃO e se encontram relacionados na Tabela 4.2-1.

Para efeitos de modelagem e minimização dos erros cometidos no inventário de fontes, foram consideradas as taxas de emissão como contínuas e com valores de máximo durante todo o período de modelagem.

Pelo fato das partículas inaláveis menores do que $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) terem a tendência de serem advectadas pelo vento, as simulações foram realizadas somente para PTS, pois trata-se de material particulado de rápida deposição. Além disso, cerca de 60% a 70% de PTS é constituído de PM_{10} .

Os dados de topografia da região de simulação com resolução de 90 metros foram tomados do portal <http://srtm.csi.cgiar.org/> de distribuição livre para todo o globo terrestre. Os receptores de concentração estão equidistantes de 30 metros um do outro (Figura 5.1.1-1).

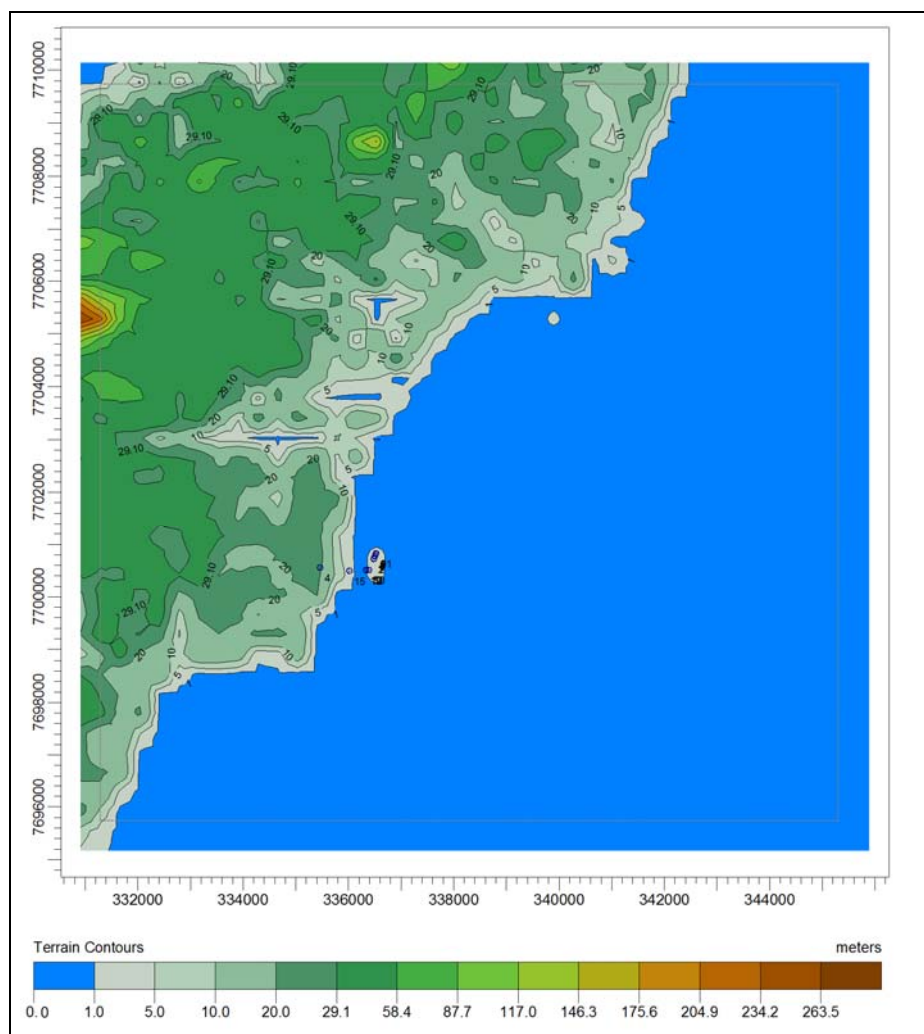


Figura 5.1.1-1: Topografia em torno do Porto de Ubu obtida dos dados de topografia de 90 metros. A distância entre os receptores é de 30 metros.

A região para a caracterização da qualidade do ar inclui parte dos municípios de Anchieta e Guarapari, numa área retangular de 196 km² (14 km × 14 km), tendo o Porto de Ubu localizado a Sudoeste do centro do domínio computacional, conforme mostra a Figura 5.1.1-2. Na direção vertical, o domínio estende-se até a altura da Camada Limite Planetária (CLP), que varia de 50m durante a noite até 2.000m durante o dia sobre a região.

Para o contexto deste estudo o AERMOD é plenamente aplicável, pois se trata de um domínio computacional de curta distância, ou seja, de raio de alcance menor ou igual a que 10 km de extensão, e de escala temporal em torno de 2 horas a partir da REMAM.



Figura 5.1.1-2: Domínio computacional utilizado nas simulações do Porto de Ubu.
Fonte Google Earth.

Na Tabela 5.1.1-1, são descritas a distribuição de frequência da direção e a velocidade do vento para o período de um ano, de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2008, com as respectivas faixas de velocidades. Na tabela pode-se observar que a predominância dos ventos ocorre com a faixa de velocidade de 5,7 – 8,8 m/s, e direção predominante de NNE.

Tabela 5.1.1-1: Distribuição de freqüência, combinada entre a direção e a velocidade média do vento da estação meteorológica do Porto de Ubu para o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2008.

		VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s)						Total
		0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,7	5,7 - 8,8	8,8 - 11,1	≥ 11,1	
DIREÇÃO DO VENTO	N	180	139	205	431	181	61	1197
	NNE	91	74	211	545	406	257	1584
	NE	92	103	136	243	81	61	716
	ENE	89	99	84	34	16	6	328
	E	86	86	60	22	14	3	271
	ESE	63	95	73	25	3	0	259
	SE	58	79	108	73	12	4	334
	SSE	50	105	132	120	28	6	441
	S	166	239	177	86	5	0	673
	SSW	122	229	233	34	0	0	618
	SW	268	294	120	2	0	0	684
	WSW	258	103	30	0	0	0	391
	W	173	56	19	0	0	0	248
	WNW	145	58	11	1	0	0	215
	NW	177	99	24	2	0	0	302
NNW	130	112	110	51	6	0	409	
CALMARIA								114
TOTAL								8784

Códigos computacionais em Fortran 95 foram escritos para completar as medidas inválidas/ausentes da estação meteorológica do Porto de Ubu ocasionadas por falta de energia, manutenções periódicas, calibrações de equipamentos, erros de leitura etc.. Para tanto, utilizou-se o método de interpolação sugerido por Goodin *et alii* (1979), tomando como base as estações meteorológicas de Carapina, da Enseada do Suá, Ibes, Cariacica-Ceasa, todas da Rede Automática da Qualidade do Ar, e da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Esses valores inválidos representam menos de 10% dos dados meteorológicos gerados para a região.

O resultado da interpolação realizada para preenchimento dos dados faltantes/ausentes é mostrado na Figura 5.1.1-3, que apresenta os padrões de vento para o respectivo para o ano de 2008. Observa-se que o vento predominante pertence ao quadrante N-E em decorrência da circulação anticiclônica do centro de Alta Pressão do Atlântico Sul, que atua de forma semi-estacionária sobre a costa leste do Brasil. O vento soprando desse setor significa que a maior parte do tempo transporta os poluentes gerados na direção de Ubu e Anchieta. As demais direções estão relacionadas a intrusões de frentes frias (S), sistemas pré-frontais (SW), brisas marítima (E) e terrestre (W), além das circulações anabáticas e catabáticas, em virtude da proximidade com a cadeia de montanhas localizada a oeste.

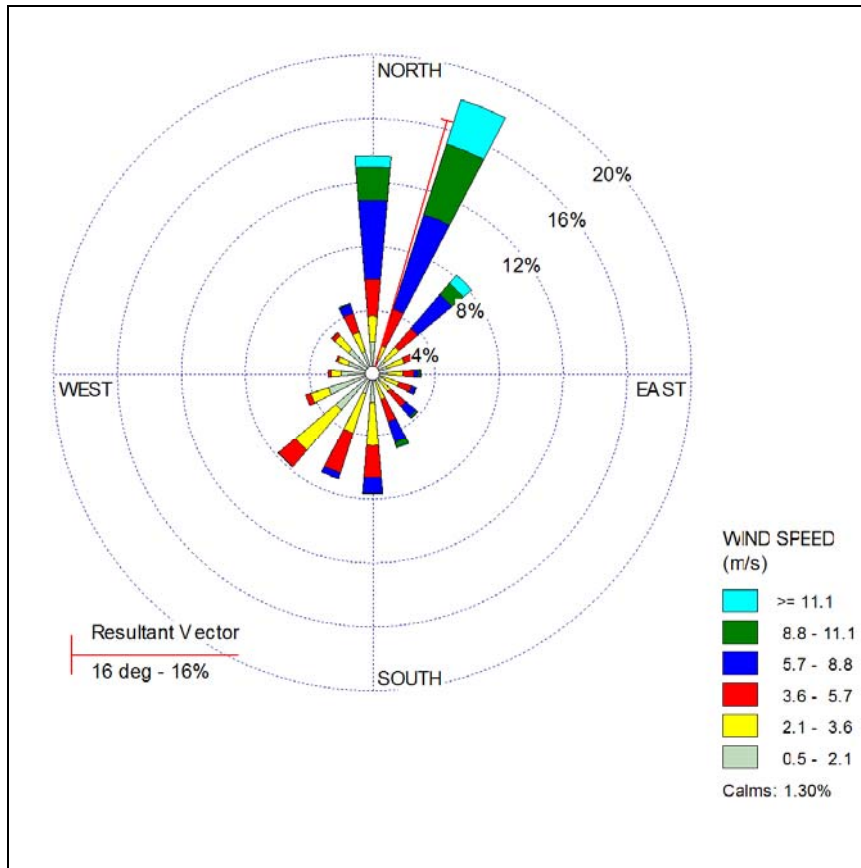


Figura 5.1.1-3: padrões de vento em torno do Porto de Ubu para o ano de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2008.

As Figuras 5.1.1-4 a 5.1.1-6 mostram a decomposição dos padrões de vento mês a mês para o ano de 2008.

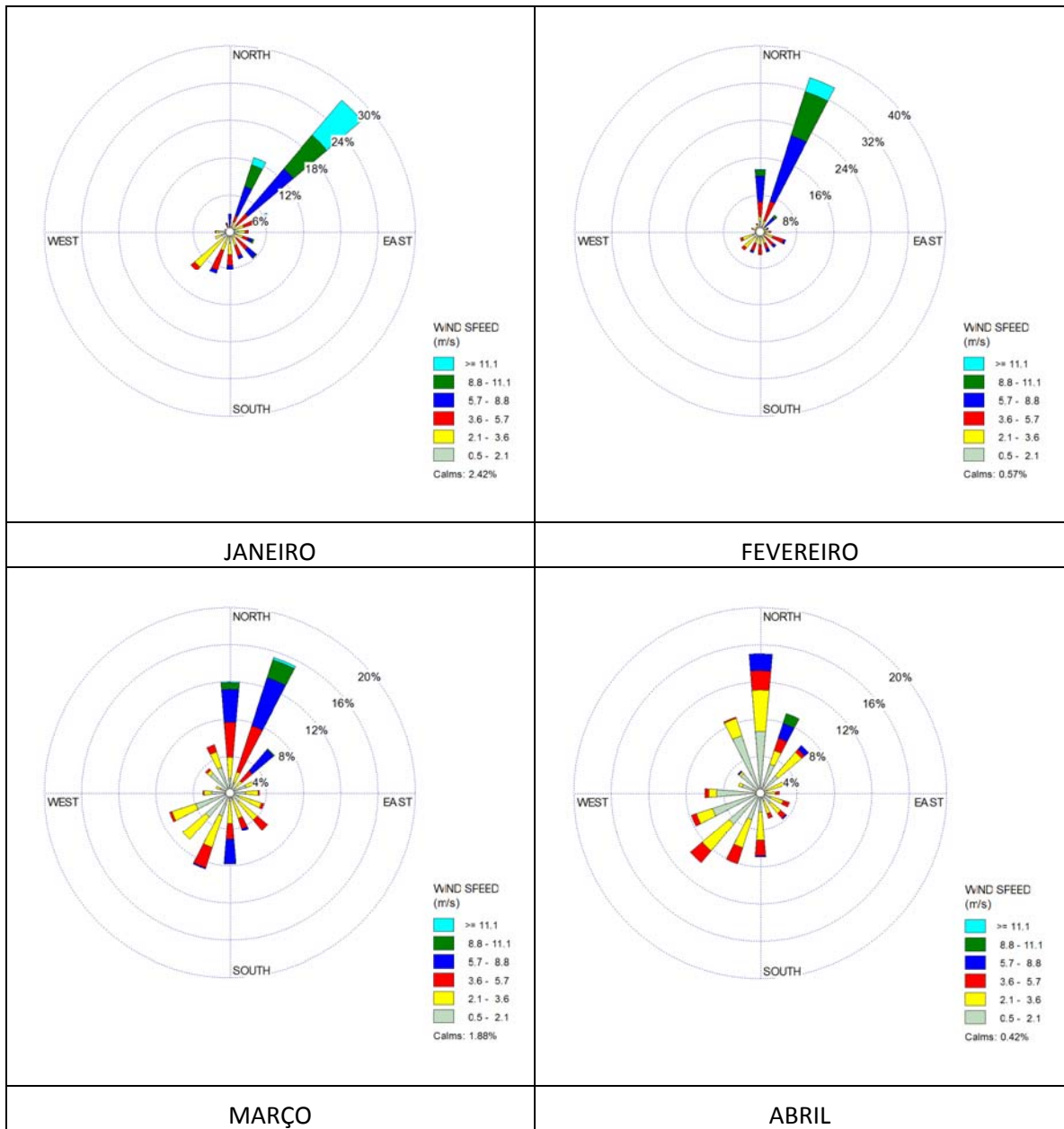


Figura 5.1.1-4: padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de janeiro a abril de 2008.

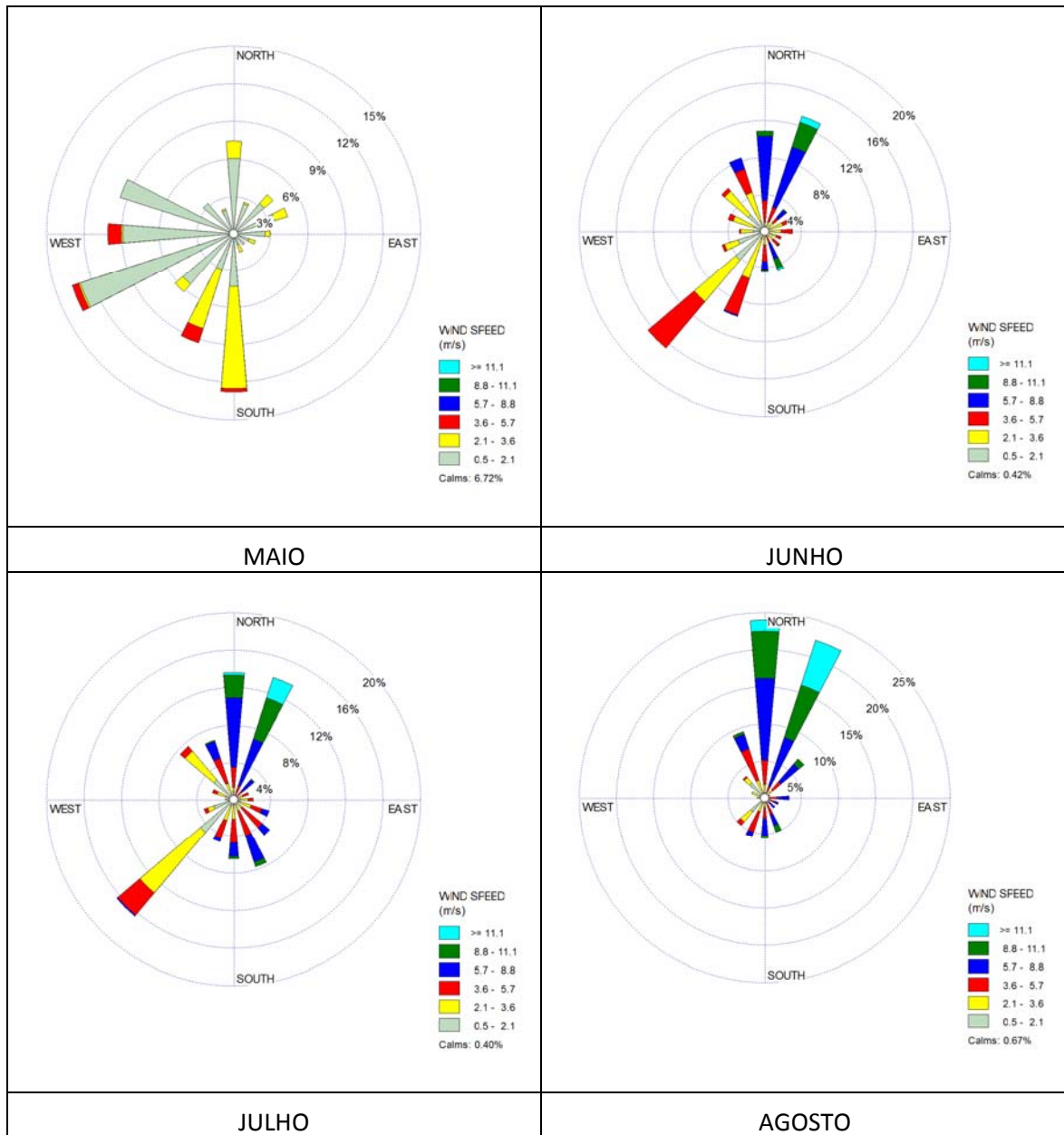


Figura 5.1.1-5: padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de maio a agosto de 2008.

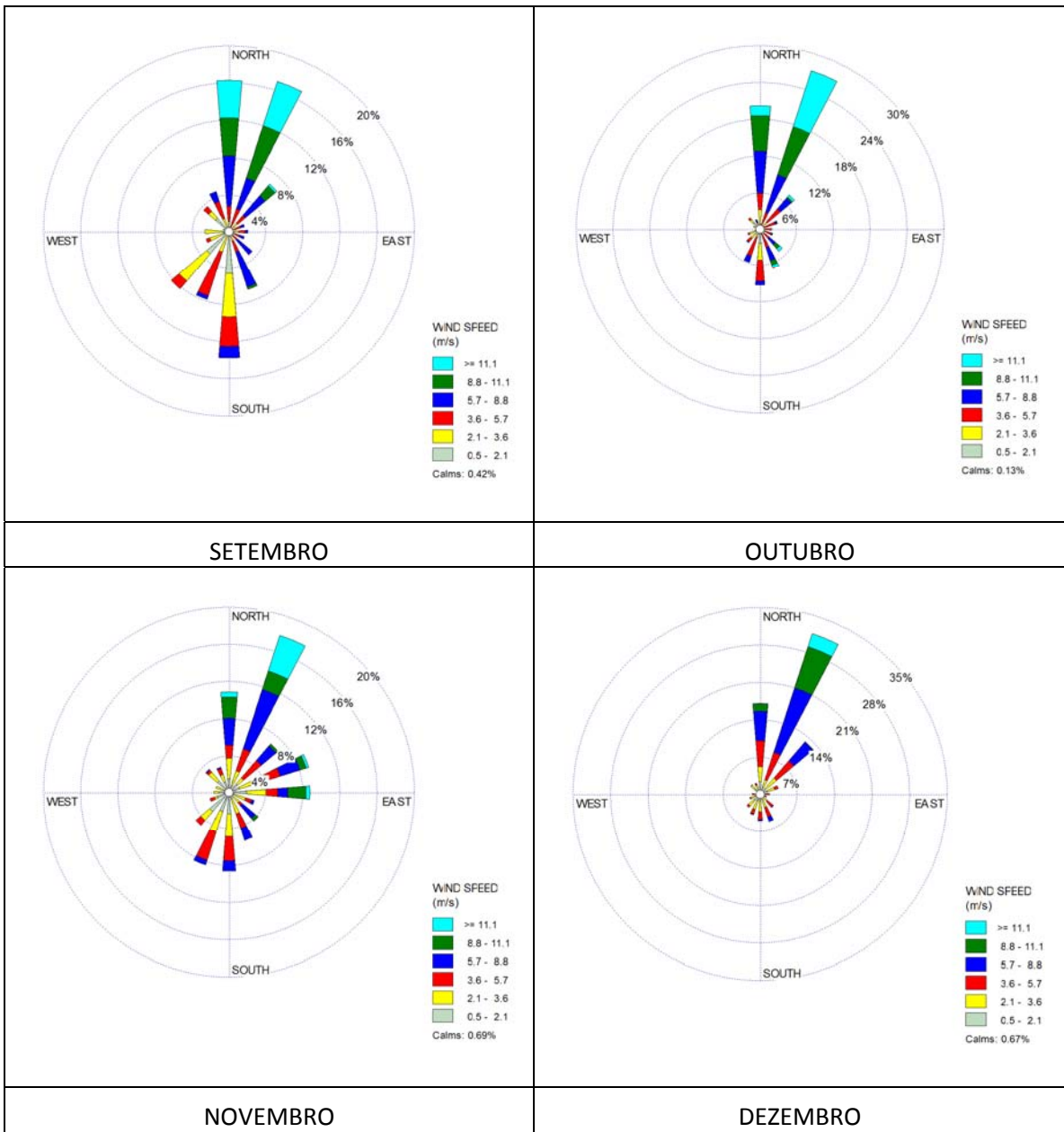


Figura 5.1.1-6: padrões de vento em torno do Porto de Ubu para os meses de setembro a dezembro de 2008.

◆ RESULTADOS

Com base na análise das Figuras 5.1.1-4 a 5.1.1-6, foram escolhidos dois cenários para o ano de 2008:

- Cenário I: mês de junho;
- Cenário II: mês de agosto.

Os cenários foram escolhidos porque se tratam dos piores cenários de dispersão, ou seja, aqueles que apresentam as piores condições meteorológicas, como as maiores velocidades dos ventos de direção terra-mar (setores SW, W, NW), favorecendo a dispersão de partículas em direção ao oceano.

As Figuras 5.1.1-7 a 5.1.1-10 mostram as contribuições de concentrações ambientais de PTS para a média mensal e média da máxima de 24 horas, para os cenários I e II, respectivamente.

Os resultados mostram que as áreas de maior impacto situam-se ao redor do Porto de Ubu. Neste local, apresentam-se os menores gradientes de concentração de poluentes. Em ambos cenários, não há a ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar da Resolução CONAMA 03/1990, para a média de 24 horas, que é a situação mais crítica.

A Tabela 5.1.1-2 mostra o resumo dos pontos de máximas concentrações das simulações realizadas em comparação com a Resolução CONAMA 03/1990. Cabe destacar ainda que os valores basais de PTS na atmosfera situam-se próximos a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 5.1.1-2: Comparação dos valores dos pontos de máximas concentrações das simulações de PTS com a Resolução CONAMA 03/1990. A média mensal não é contemplada na comparação, pois não há legislação específica para esse período.

	Média mensal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Média de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	SIMULADO	Resolução CONAMA 03/1990	SIMULADO	Resolução CONAMA 03/1990
CENÁRIO I	24,7	-	63,33	240
CENÁRIO II	15,54	-	66,08	240

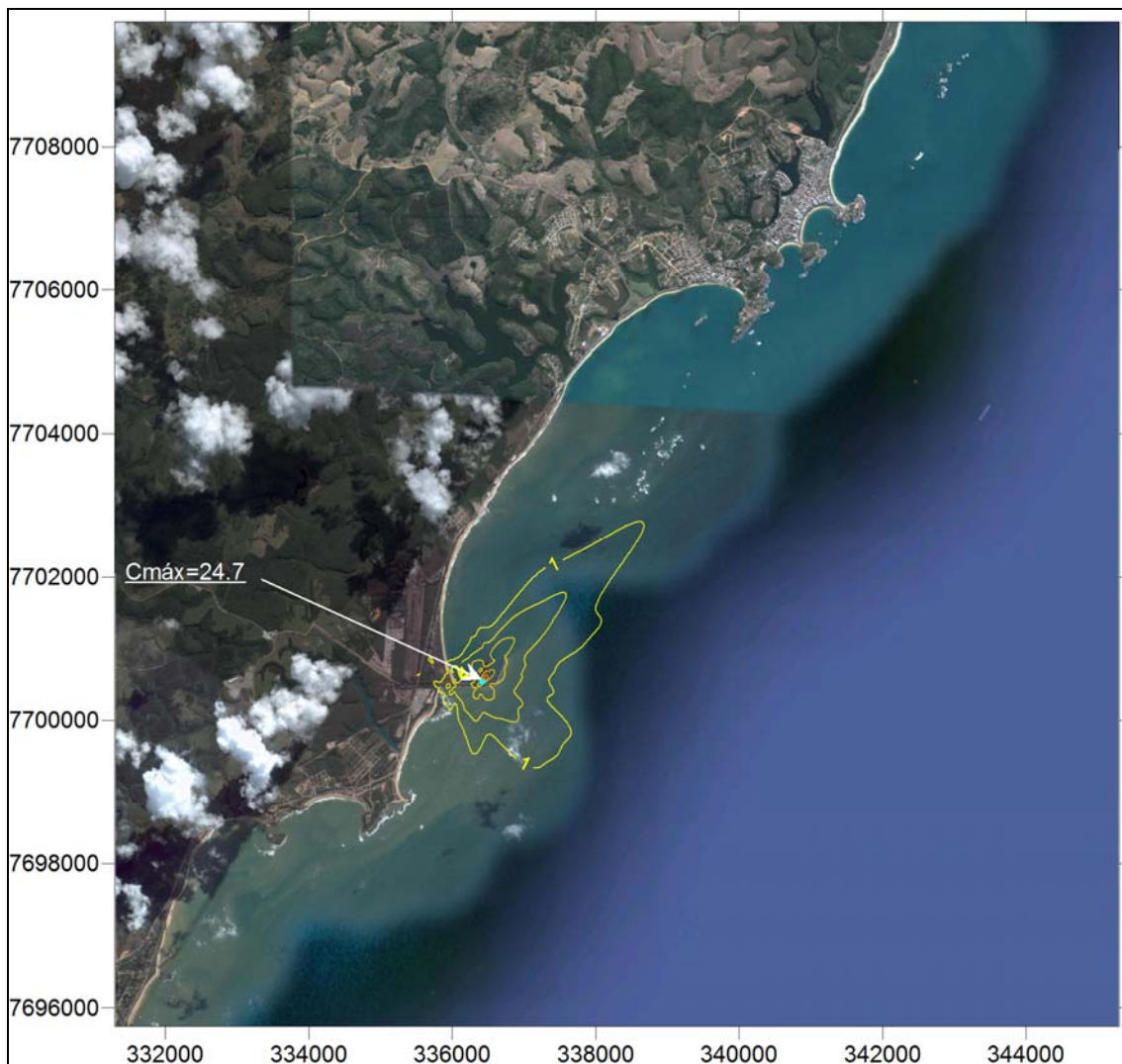


Figura 5.1.1-7: CENÁRIO I - Média mensal das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu, operando ininterruptamente todo o mês de Junho/2008. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.

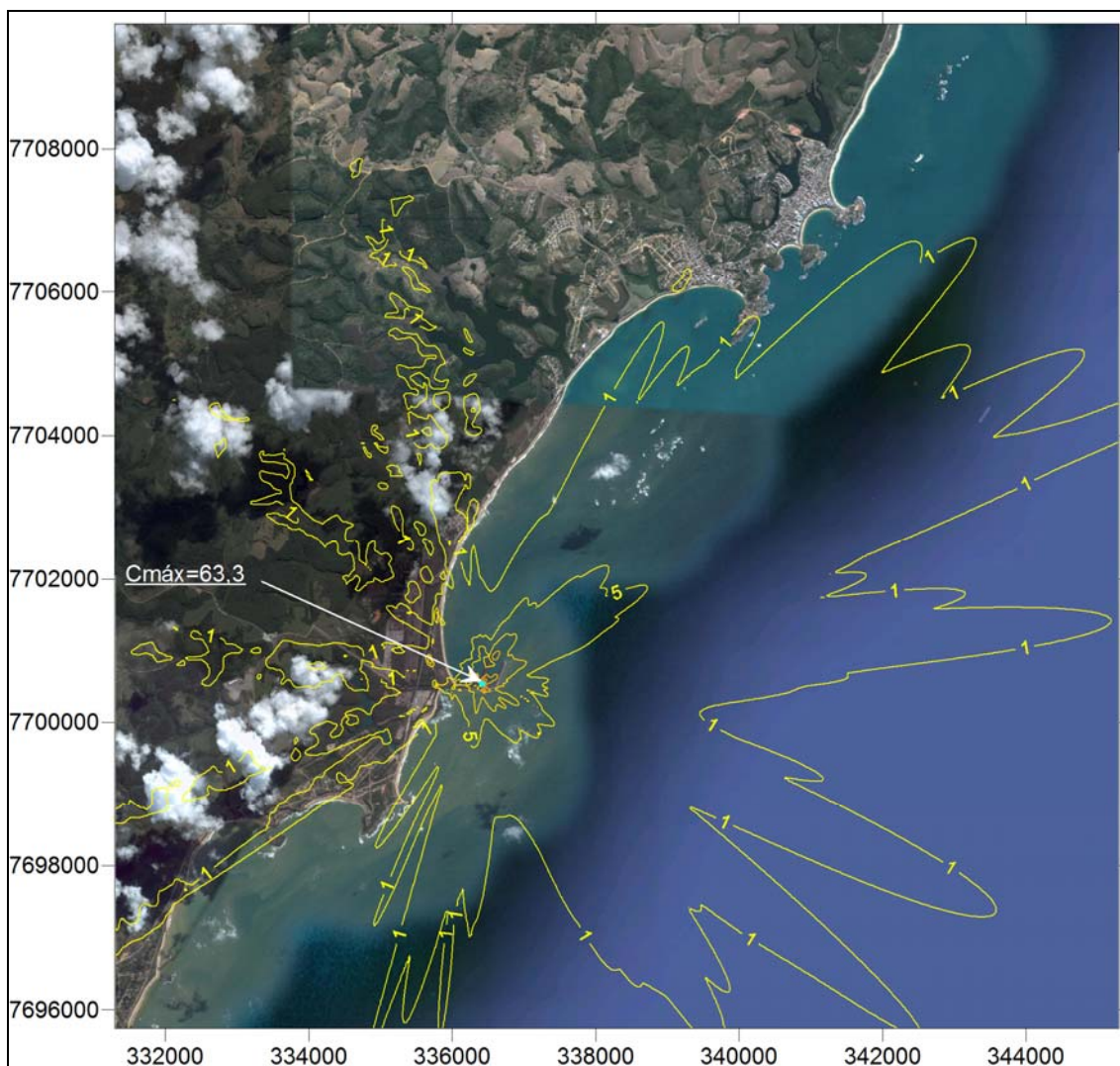


Figura 5.1.1-8: CENÁRIO I - Média das máximas de 24 horas das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando ininterruptamente todo o mês de Junho/2008. Padrão Primário (24 horas) = $240,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.

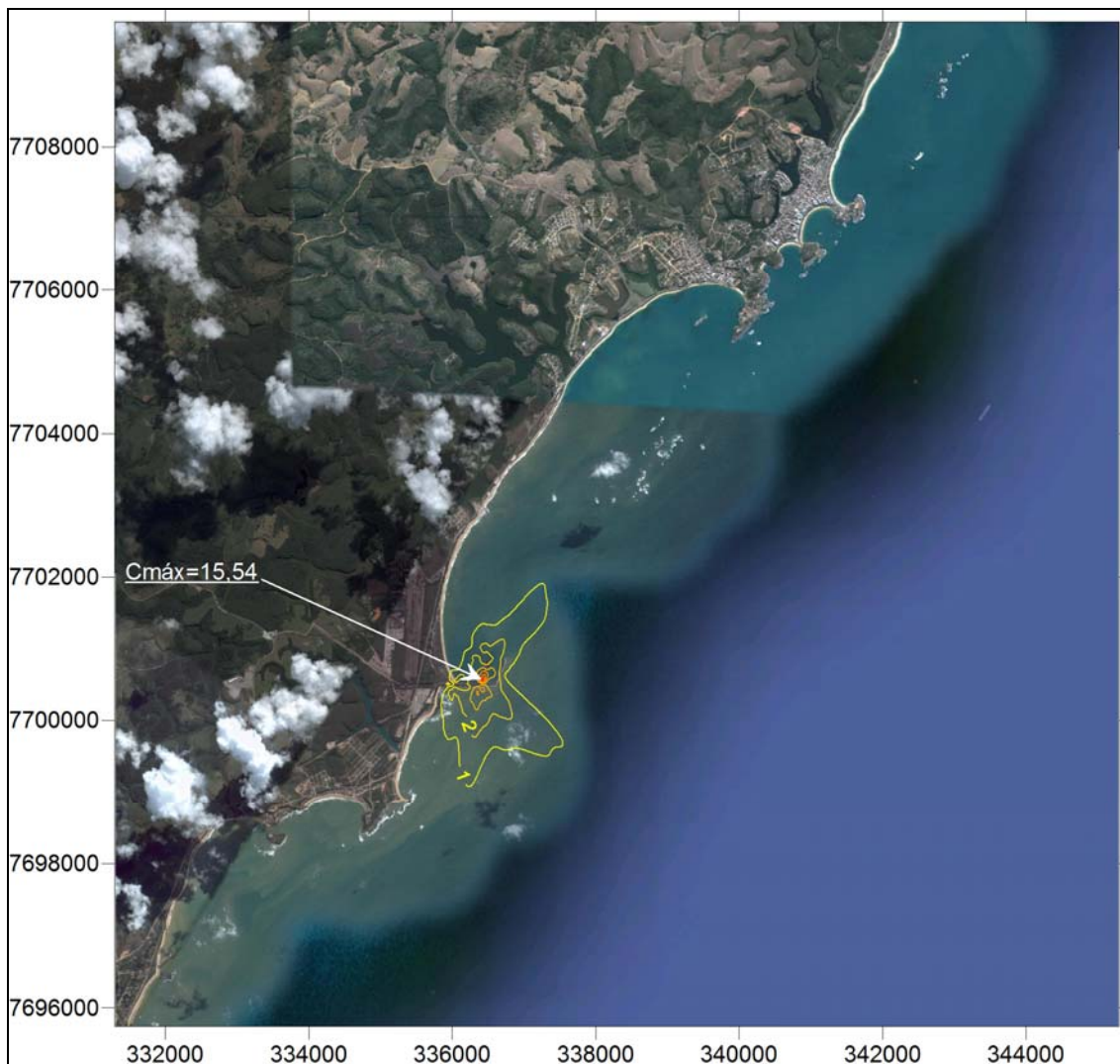


Figura 5.1.1-9: CENÁRIO II - Média mensal das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando ininterruptamente todo o mês de Agosto/2008. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.

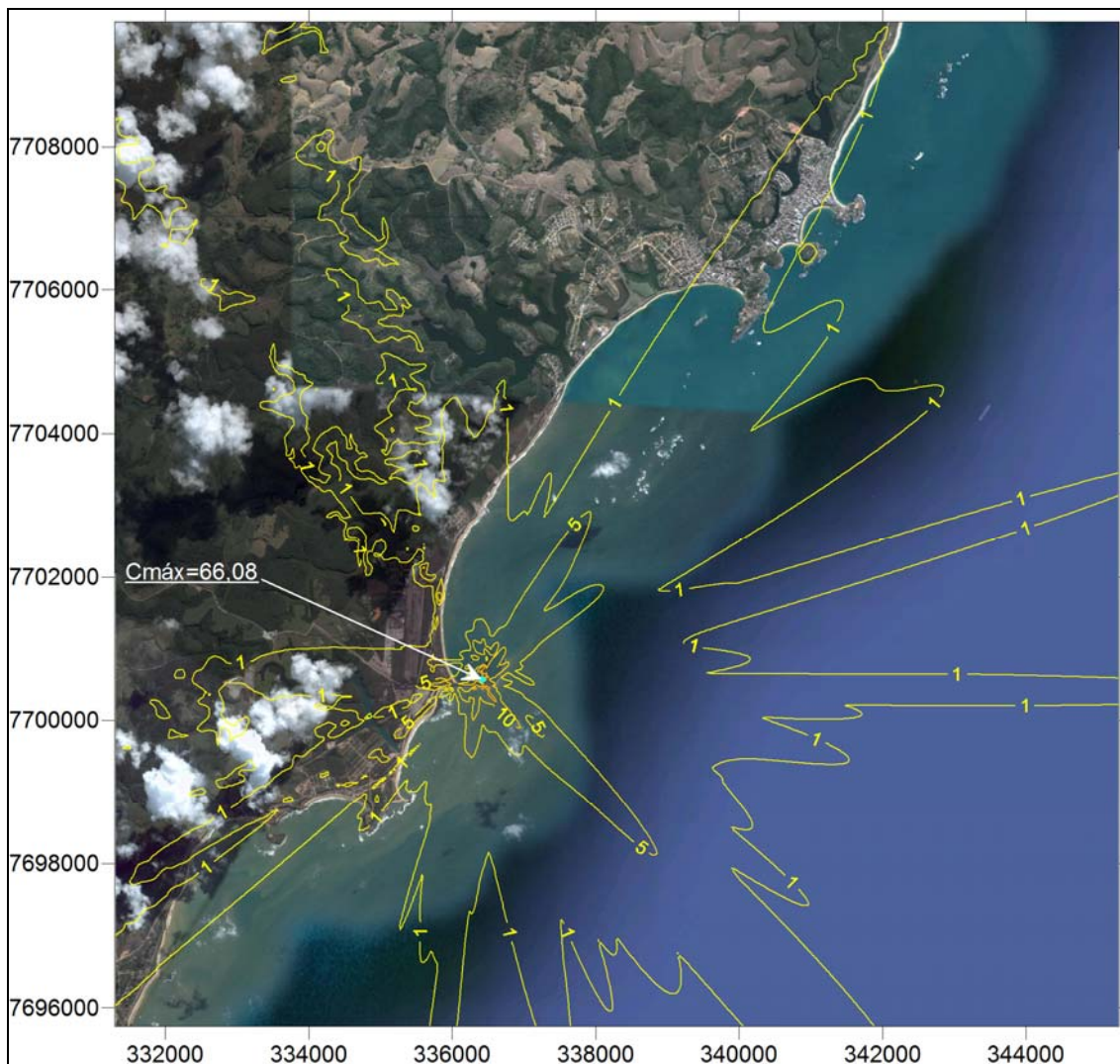


Figura 5.1.1-10: CENÁRIO II - Média das máximas de 24 horas das concentrações de PTS, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, representadas por isolinhas, com o Porto de Ubu operando intermitentemente todo o mês de Agosto/2008. Padrão Primário (24 horas) = $240,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O ponto em azul indicado pela seta representa o local de máxima concentração. Base do mapa: Google Earth.

◆ CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações de dispersão de PTS não apontam para características comprometedoras da qualidade do ar da região circunvizinha por parte do Porto de Ubu. Entretanto, deve-se observar, que eventos extremos e de curto período podem ocorrer, em virtude de rajadas de ventos. Nessas situações as operações de carregamento devem ser interrompidas imediatamente.

No caso das simulações do impacto de material particulado proveniente do Porto de Ubu, devem ser utilizado como entrada de dados do modelo de dispersão no oceano, a situação mais crítica, ou seja, a média das máximas concentrações de 24 horas, com o porto operando ininterruptamente no período de simulação. Ademais, todos os valores máximos determinados na modelagem são teóricos e conservadores, determinados com base no pior cenário de dispersão e no pior ponto localizado nos arredores do porto. Trata-se, portanto, de uma avaliação conservadora do pior cenário de geração de máxima concentração de PTS no ar ao redor do Porto de Ubu.

5.1.2 MODELAGEM DE DISPERSÃO NO MAR

O objetivo das simulações numéricas deste estudo é avaliar a região de abrangência de partículas de minério de ferro que são depositadas e transportadas pelo mar na região circundante ao Terminal Portuário de Ubu. Este material particulado advém de emissões difusas para a atmosfera durante as operações de transporte e carregamento de navios.

Para atingir este objetivo, as simulações consideraram dois meses separados, cada um contendo uma série de diferentes cenários de condições meteorológicas e oceanográficas medidos em 2008. Diferentemente da modelagem atmosférica, que escolheu os meses com base na situação mais grave do ponto de vista da dispersão de particulados no mar, ou seja, meses com maior ocorrência de ventos do setor Oeste, a modelagem da dispersão do material particulado no mar foi realizada para um mês de inverno e outro de verão.

Para este trabalho, foi utilizado o modelo numérico Delft3D, desenvolvido pela WL/ Delft Hydraulics, Holanda. Uma vez verificadas (validadas) as configurações do modelo com medições *in situ*, os cenários mensais contendo a hidrodinâmica, meteorologia e concentração de particulados na atmosfera foram simulados. Os resultados são apresentados na forma de médias e máximas mensais.

◆ REQUERIMENTOS DA MODELAGEM NUMÉRICA

Para que os resultados obtidos sejam realistas, a modelagem numérica deve ser abrangente, considerando os principais fenômenos meteoceanográficos em escalas compatíveis com os objetivos definidos e a solução numérica deve conter os efeitos hidrodinâmicos relevantes. Além disto, uma boa calibração dos coeficientes dos modelos numéricos garante a qualidade dos resultados.

As simulações numéricas foram conduzidas no sentido de caracterizar os processos costeiros hidrodinâmicos atuantes na região próxima à Ponta de Ubu e avaliar respostas do ambiente à ação dos ventos e marés, sendo o efeito das ondas incluído na forma de um coeficiente de dispersão do material particulado.

Neste capítulo são apresentadas as características gerais dos modelos numéricos utilizados, a estratégia empregada na modelagem, a compilação dos dados de batimetria da região e a definição das grades numéricas. As condições de contorno aberto, a calibração e a verificação do modelo utilizado e outras características comuns estão presentes no Estudo de Modelagem realizado para o Projeto de Expansão do Terminal Portuário de Ubu (CEPEMAR, 2009b), realizado para a Samarco Mineração.

◆ **MODELOS NUMÉRICOS HIDRODINÂMICO E DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO**

A simulação das correntes e do transporte do material particulado foi realizada utilizando-se o modelo numérico Delft3D, desenvolvido pela WL Delft Hydraulics, Holanda (WL DELFT HYDRAULICS, 2007a). O modelo Delft3D é um modelo de processos costeiros que contém vários modelos numéricos integrados e interativos entre si, com ampla aplicação no campo de dinâmica costeira e aceitação pela comunidade científica, nacional e internacional. Estruturalmente, para este estudo, os modelos numéricos utilizados foram o FLOW (hidrodinâmico) e o MOR (transporte de sedimentos e partículas e evolução morfológica). Cada um destes modelos, chamados também de *módulos do Delft3D*, contém outros modelos numéricos internos que tratam dos processos físicos relevantes da região costeira.

O Delft3D-FLOW é um modelo baseado em processos e resolve as equações de Navier-Stokes e Reynolds para um fluido incompressível. Essas equações são aplicáveis a águas rasas onde as escalas de comprimento são muito maiores que as escalas de profundidades. Baseado num esquema de diferenças finitas, esses modelos numéricos simulam escoamentos de superfície livre, ondas, transporte de sedimentos e mudanças morfológicas do fundo em condições estacionárias ou não estacionárias. O Delft3D-FLOW é o módulo central que fornece a base hidrodinâmica para os outros módulos e que recebe as atualizações morfológicas e os resultados da ação das ondas ao mesmo tempo de sua execução (*online updating*).

O modelo morfodinâmico DELFT3D-MOR calcula os gradientes de transporte de sedimentos ou partículas e, em conjunto com as condições de fronteira impostas, efetua modificações na batimetria. Este modelo possui várias fórmulas de transporte de sólidos, coesivos ou não-coesivos, que consideram a ação de ondas e dos fluxos resultantes do módulo hidrodinâmico. A característica essencial deste módulo é a realimentação (*online feedback*) do modelo hidrodinâmico, o que permite a evolução e previsão da evolução morfodinâmica de uma área definida em qualquer escala de tempo. O modelo MOR considera os transportes das partículas sólidas tanto em suspensão como carga de fundo.

Uma descrição mais detalhada dos módulos que compõem o Delft3D e das formulações utilizadas pelos modelos pode ser encontrada em Lesser *et al.* (2004) e nos manuais do Delft3D (WL | Delft Hydraulics, 2007a; WL | Delft Hydraulics, 2007b).

◆ **ESTRATÉGIA DE MODELAGEM**

As simulações numéricas envolveram a geração de 2 cenários mensais considerando ventos, marés, batimetria de detalhe e concentração de material particulado na atmosfera. Estes cenários serviram como condições de entrada e de contorno dos modelos numéricos do campo de correntes (Delft3D-FLOW) e do transporte de sólidos e evolução do fundo (Delft3D-MOR).

Em todos os casos, a correta definição das condições de contorno e dos cenários representativos implica previsões com maior confiança. As condições de contorno são ajustadas na etapa de Calibração e testadas na etapa de Verificação. Ambas etapas

estão descritas em detalhe no relatório técnico da CEPEMAR (2009b), realizado para a Samarco Mineração S.A.

Nessas etapas, os resultados da modelagem numérica dos processos oceanográficos foram comparados a dados medidos *in situ*. As comparações foram realizadas considerando medições correntes e nível de água. Somente após atingir bons resultados, traduzidos pelos erros relativos da verificação, os cenários meteoceanográficos respectivos de cada tipo de modelagem puderam ser definidos e aplicados. Para estas simulações, foram utilizados os ajustes do estudo referido da CEPEMAR (2009b), uma vez que a base hidrodinâmica permaneceu a mesma.

As condições de contorno aberto para a modelagem hidrodinâmica da região adjacente ao Terminal Marítimo da Ponta de Ubu resultam da modelagem da maré ao longo de toda a costa do Espírito Santo entre Barra do Riacho e Ubu. As componentes de maré foram obtidas de análises harmônicas de medições de maré de Ubu e Barra do Riacho, pertencentes ao banco de dados da CEPEMAR.

As condições de maré são impostas nas fronteiras oceânicas do modelo hidrodinâmico (Figura 5.1.2-1), sendo que as fronteiras laterais da grade numérica do modelo hidrodinâmico são do tipo Neumann (ROELVINK & WALSTRA, 2004).

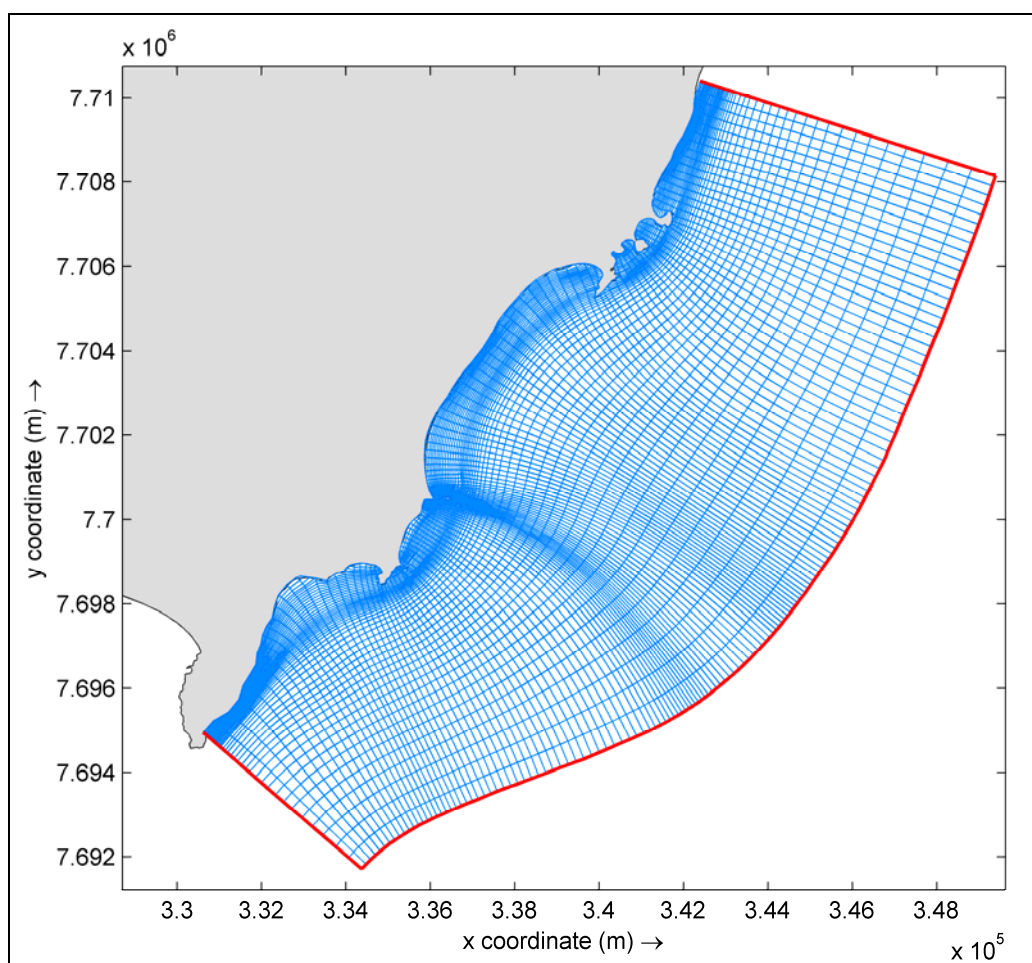


Figura 5.1.2-1: Localização das fronteiras oceânicas abertas do modelo hidrodinâmico (em vermelho).

O vento é distribuído uniformemente ao longo do domínio da grade. As velocidades e direções dos ventos derivam dos dados meteorológicos medidos no próprio Terminal Marítimo da Ponta de Ubu que foram enviados pela Samarco Mineração S.A. para este estudo. Para as simulações, a entrada das componentes dos ventos foi realizada numa frequência horária.

Os dados batimétricos da região do Terminal Marítimo da Ponta de Ubu foram obtidos a partir de levantamentos que pertencem ao banco de dados da CEPEMAR, enquanto a batimetria costeira foi obtida principalmente a partir de cartas náuticas da Marinha do Brasil. A definição da linha de costa também foi retirada do banco de dados da CEPEMAR.

As simulações numéricas da pluma de minério de ferro particulado na água foram realizadas considerando uma injeção contínua de material durante cada passo de tempo do mês simulado. O material particulado foi definido como sendo constituído totalmente por minério de ferro, com densidade da hematita (Fe_2O_3), ou seja, igual a $5,3 \text{ g/cm}^3$. O diâmetro utilizado foi de $10 \mu\text{m}$ (10^{-3} mm). A taxa do transporte de partículas foi considerada nula nas fronteiras oceânicas abertas assim como o atraso temporal (*time lag*) de Thatcher-Harleman, em acordo com WL Delft Hydraulics (2007a).

A concentração do material particulado foi obtida a partir dos resultados do modelo atmosférico AERMOD (ver item 5.1.1). Os resultados são as médias dos valores máximos obtidos dentro de um período de 24 horas, durante 1 mês, em cada ponto da grade do modelo. De modo condensado, pode-se dizer que são as médias mensais dos valores máximos diários de concentração de particulado na atmosfera.

◆ **CONVENÇÕES E DEFINIÇÕES**

O sistema de coordenadas utilizado nas simulações dos modelos numéricos é referido ao Datum WGS-84 em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 24K. O posicionamento do eixo-x aponta a direção Leste (E) e o eixo-y aponta a direção Norte (N). Para a referência vertical, eixo-z, as profundidades e a topografia estão em metros e referidos ao Nível Médio do Mar (NMM), que está a +0.82m do ZH da DHN.

◆ **BATIMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO**

Os conjuntos de dados batimétricos utilizados na construção das grades da modelagem hidrodinâmica estão presentes na Tabela 5.1.2-1 e dispostos na Figura 5.1.2-2. A Figura 5.1.2-2 ilustra as sondagens pertencentes ao banco de dados da CEPEMAR, obtidas de sondagens de alta resolução já efetuadas. Para a região costeira do Espírito Santo mais ao largo de Ubu, as sondagens batimétricas foram complementadas com a digitalização de cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), Tabela 5.1.2-1.

Tabela 5.1.2-1: Fontes dos levantamentos batimétricos.

Fonte dados de batimetria local	Data
Sondagem batimétrica realizada pela CEPEMAR	Julho de 2008
Sondagem batimétrica realizada pela CEPEMAR	Abril de 2008
Perfis de praia e topo-batimetria realizadas CEPEMAR	Julho/Abril de 2008
Carta n° 1400 - Do Rio Doce ao Cabo de São Tomé. Escala 1:296385	Edição de 1960.

Os contornos da linha de costa e ilhas foram obtidos a partir de fotografias aéreas e cartas náuticas. A localização das estruturas portuárias foi obtida a partir de plantas fornecidas pela Samarco (Figura 5.1.2-2).

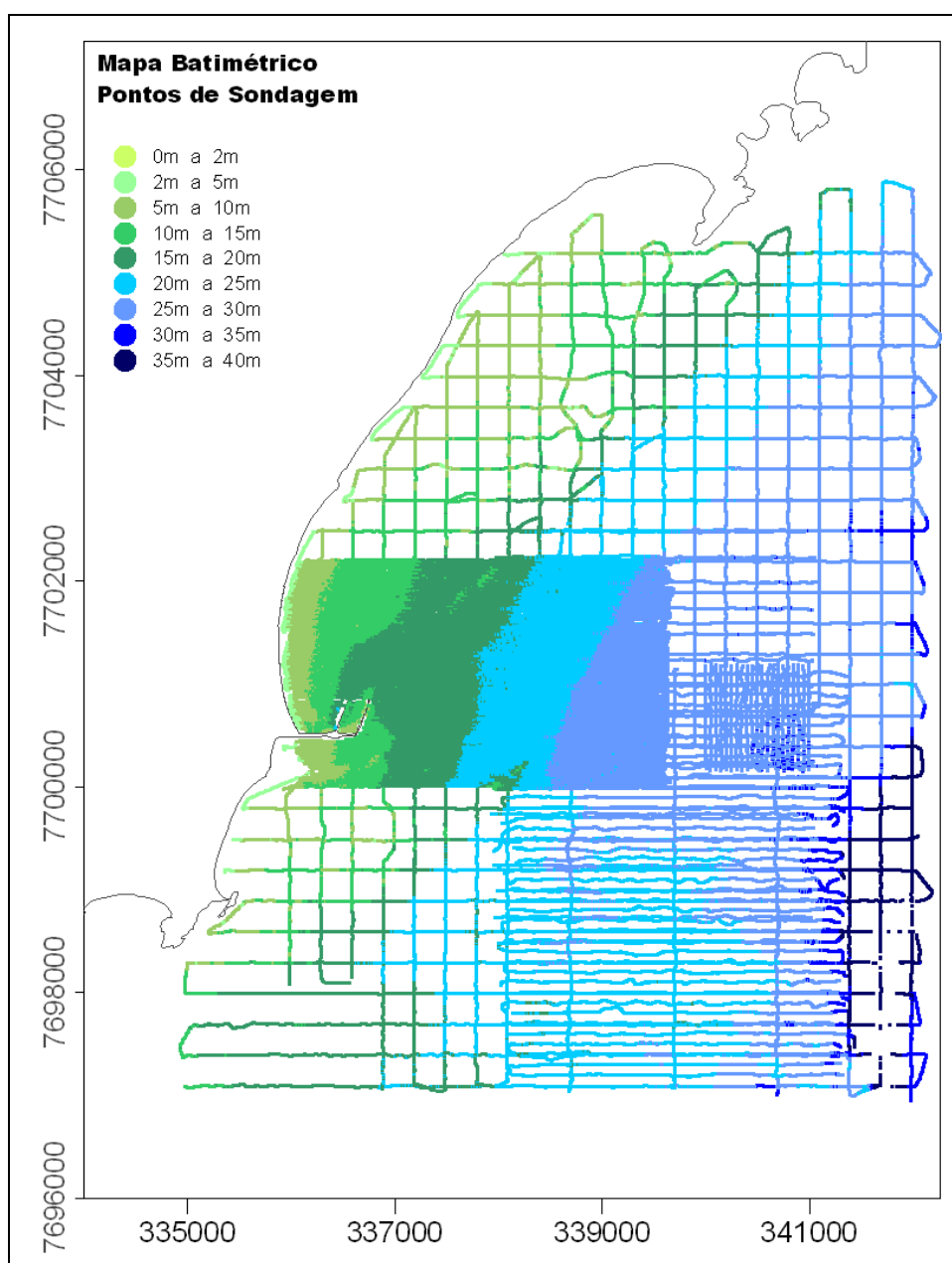


Figura 5.1.2-2: Localização dos pontos de sondagem batimétrica de alta resolução.

◆ **DOMÍNIO COMPUTACIONAL**

O domínio computacional utilizado nas simulações numéricas da região de Ubu foi definido como uma grade curvilínea com elementos de tamanho variável. A vantagem deste tipo de discretização é a possibilidade de um maior ajuste das fronteiras aos contornos da região a ser modelada. Na construção dessas grades, foram obedecidos todos os critérios de ortogonalidade, gradiente e número de Courant indicados em WL-Delft Hydraulics (2007a).

A grade dos domínios hidrodinâmico se estende 10,1 km em direção *offshore* e 21,7 km ao longo da costa (Figura 5.1.2-1 e detalhe na Figura 5.1.2-3). Os espaçamentos entre os elementos de grade variam de 4,8 m (próximo à área do Terminal Marítimo da Ponta de Ubu) até 696,7 metros na fronteira *offshore*, com um total de 6.621 elementos.

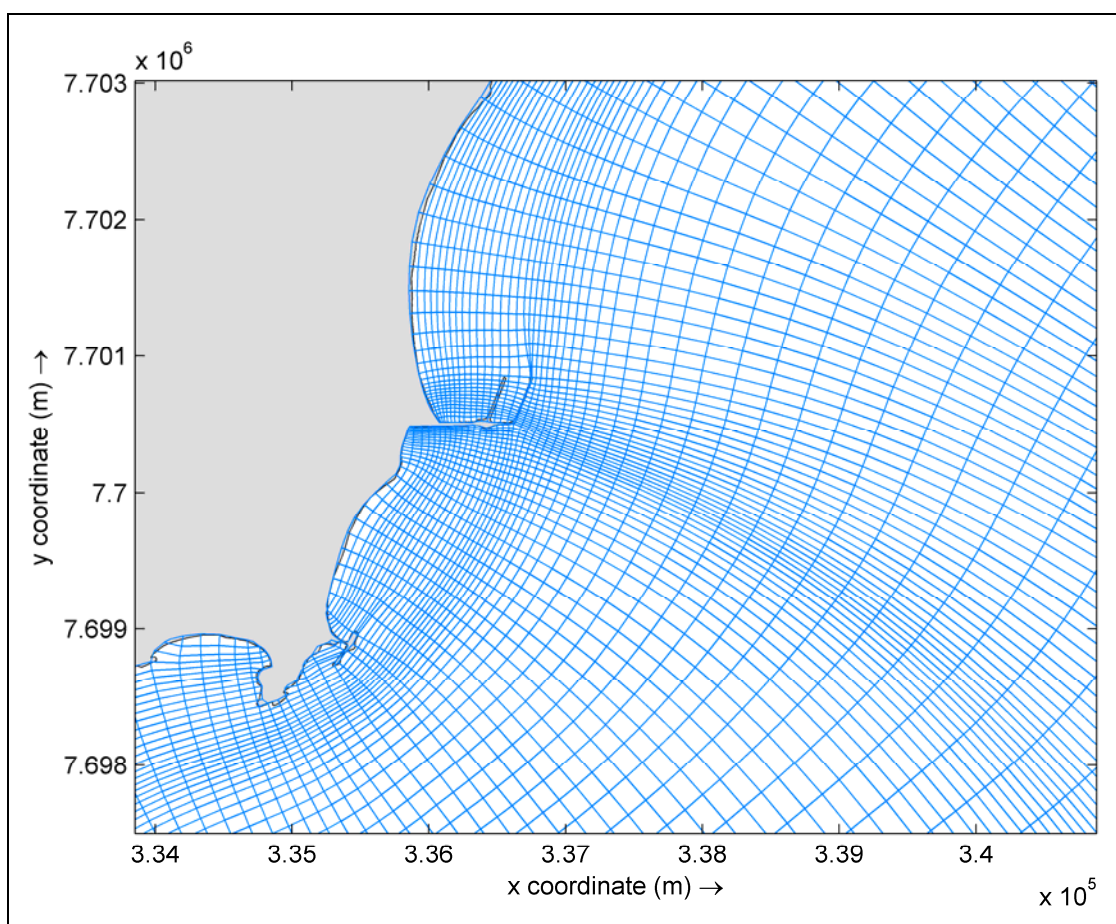


Figura 5.1.2-3: Detalhe da curvilínea do domínio de cálculo das simulações hidrodinâmicas.

A batimetria elaborada para o domínio do modelo hidrodinâmico é apresentada na Figura 5.1.2-4.

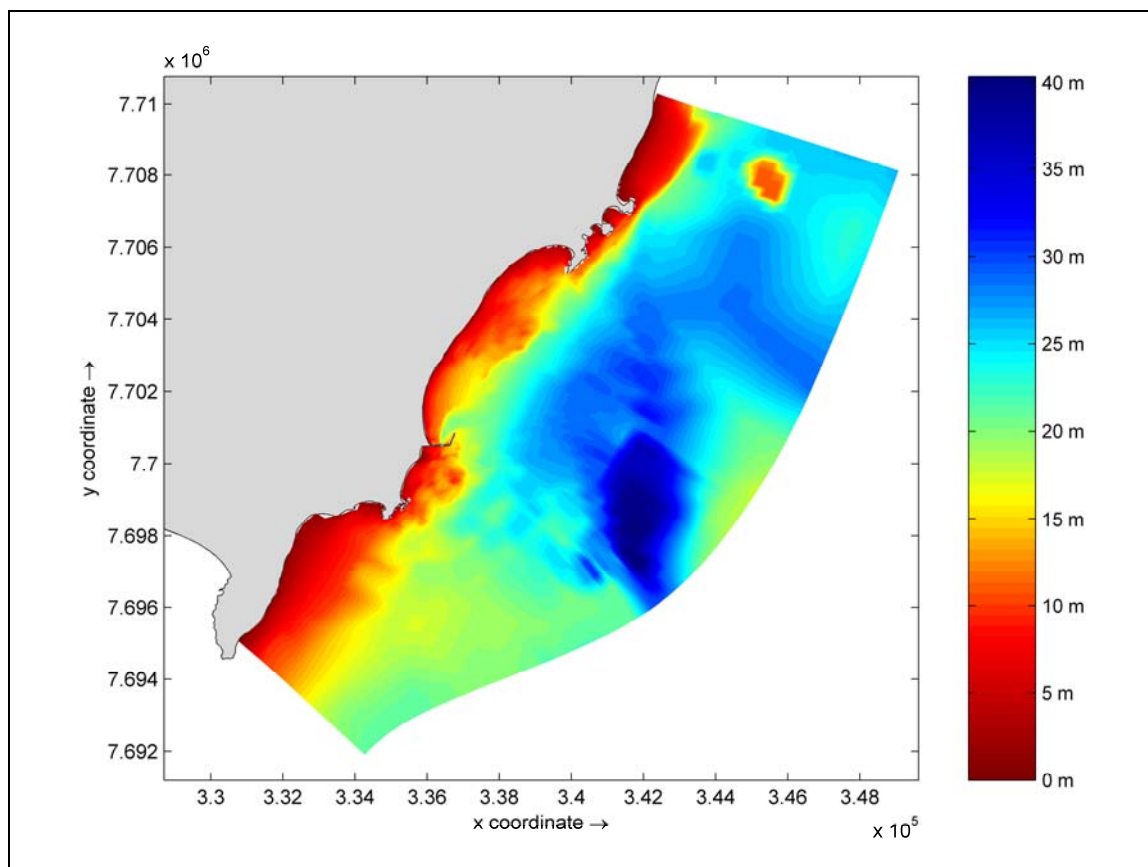


Figura 5.1.2-4: Batimetria referente ao domínio batimétrico das simulações numéricas

◆ RESULTADOS

Os resultados apresentados nesta seção referem-se à modelagem hidrodinâmica da pluma das partículas de minério referente aos meses de janeiro e junho de 2008. Ambos os meses foram escolhidos por conter as situações de vento mais severas do que os outros meses de verão ou inverno, respectivamente.

A modelagem hidrodinâmica do mês de junho utilizou os valores de concentração de particulado no ar resultantes da modelagem atmosférica de junho de 2008, ou seja, $63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A modelagem hidrodinâmica de janeiro utilizou a concentração obtida da modelagem atmosférica de agosto de 2008, ou seja, $66,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Como este valor de concentração é considerado mais alto que o valor de janeiro, os resultados da modelagem de janeiro tornam-se mais conservadores.

As simulações numéricas das plumas resultantes das partículas de minério presentes na atmosfera tiveram a premissa de que todo o material presente na atmosfera foi injetado no oceano. Deste modo, a concentração média mensal dos valores máximos diários de concentração de particulado na atmosfera foi imposta como uma injeção contínua de material durante cada passo de tempo do mês simulado.

Os resultados da simulação de cada mês (janeiro e junho) são apresentados na forma gráfica de mapas de concentração de partículas de minério de ferro média e máxima. As concentrações de material particulado (ou plumas) médias significam que numa determinada região, em média, serão encontrados os valores constantes naquele mapa em qualquer instante do mês simulado. Os mapas das plumas máximas, por outro lado, significam que em algum dia, numa situação particular, aquela concentração de material particulado foi encontrada e foi o valor máximo do mês.

▪ SITUAÇÃO DE VERÃO

O mês de janeiro representa a situação meteorológica de verão mais severa. A Figura 5.1.2-5 apresenta o resultado da pluma média de material particulado. O valor mais alto, próximo do cabeço do quebramar, foi de $0,064 \mu\text{g/l}$ e a área abrangida da pluma média foi de $3,39 \text{ km}^2$.

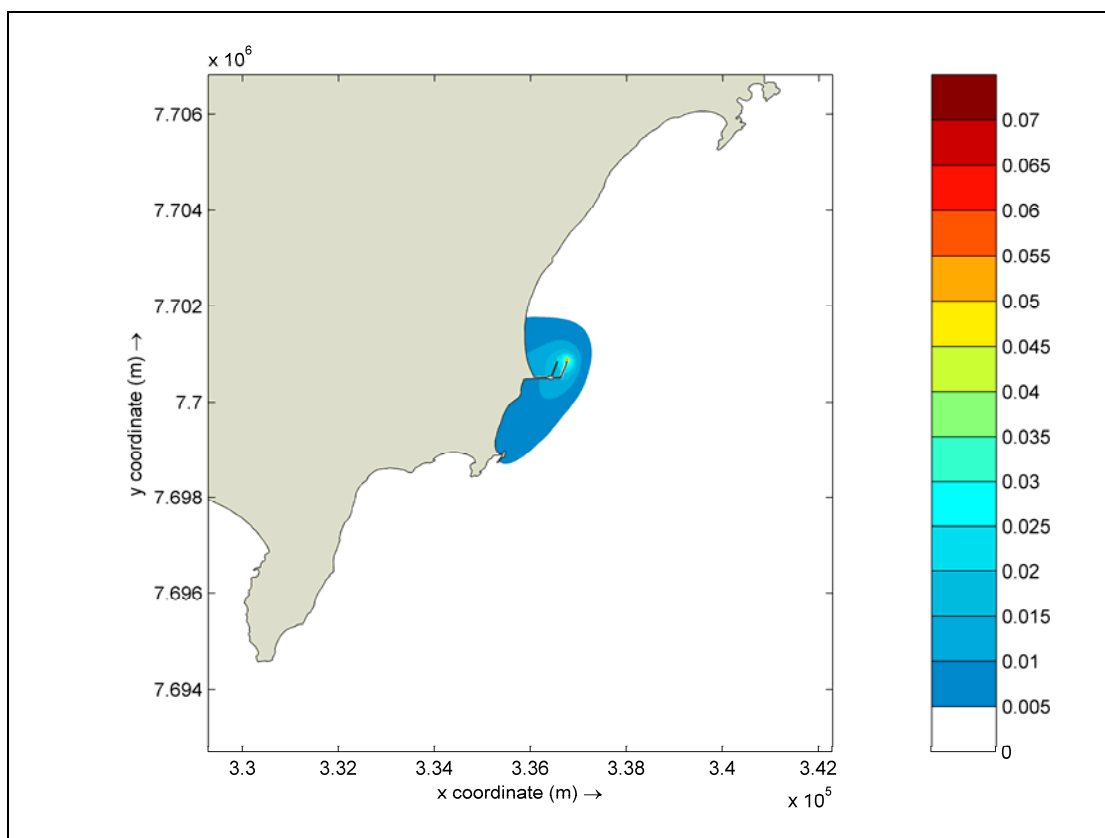


Figura 5.1.2-5: Pluma da concentração média de minério de ferro (em janeiro de 2008.

Na Figura 5.1.2-6 estão presentes as concentrações máximas obtidas em cada ponto da grade durante o mês de janeiro de 2008. O valor máximo encontrado foi de $0,094 \mu\text{g/l}$, próximo ao cabeço do quebramar do Terminal Marítimo da Ponta de Ubu, e a área de abrangência foi de $19,41 \text{ km}^2$.

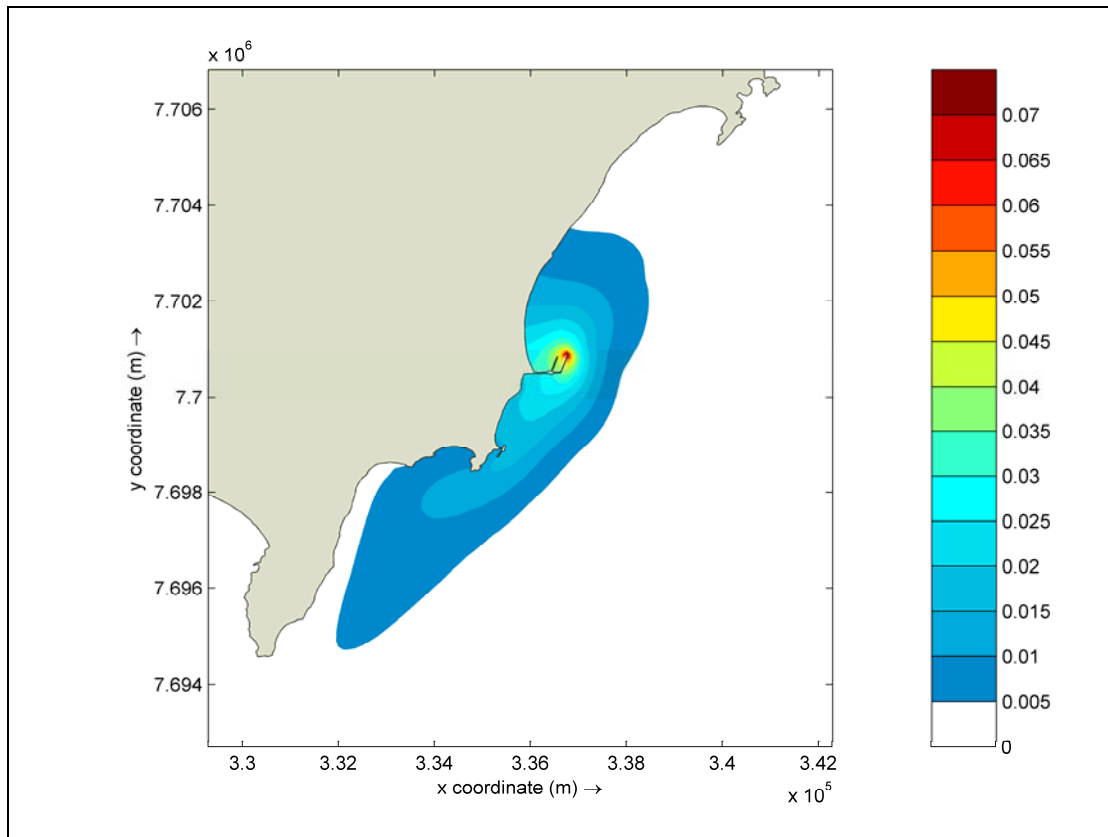


Figura 5.1.2-6: Pluma da concentração máxima de minério de ferro em janeiro de 2008.

Duas curvas de valores de concentração de minério particulado, uma longitudinal e outra transversal, foram extraídas dos resultados médios e máximos e estão presentes na Figura 5.1.2-7. O que se observa nestas Figuras é que a partir do ponto de máxima concentração, o decaimento nas concentrações é muito rápido (aproximadamente 90% a menos de 1.000 m)

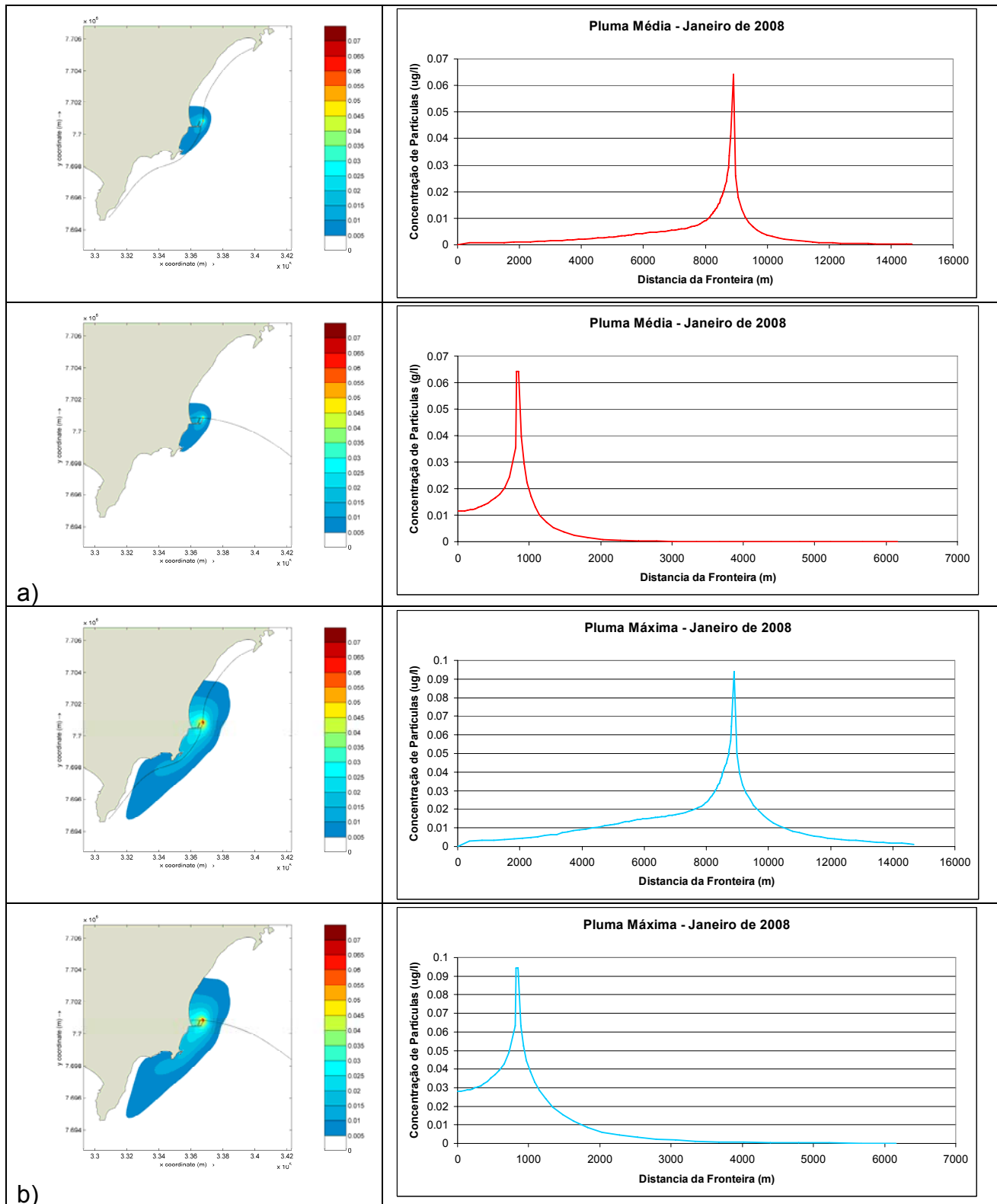


Figura 5.1.2-7: Seções longitudinais e transversais de a) concentrações médias; b) concentrações máximas de material particulado.

▪ SITUAÇÃO DE INVERNO

O mês de junho representa a situação meteorológica mais severa do inverno. O resultado da pluma média de material particulado é apresentado na Figura 5.1.2-8. O valor mais alto, próximo do cabeço do quebramar, foi de $0,123 \mu\text{g/l}$ e a área de abrangência da pluma média foi de $4,77 \text{ km}^2$. Este valor médio de $0,123 \mu\text{g/l}$, sendo aproximadamente o dobro do valor encontrado no verão, indica uma maior permanência de minério de ferro nas proximidades da área de lançamento no inverno comparativamente ao verão.

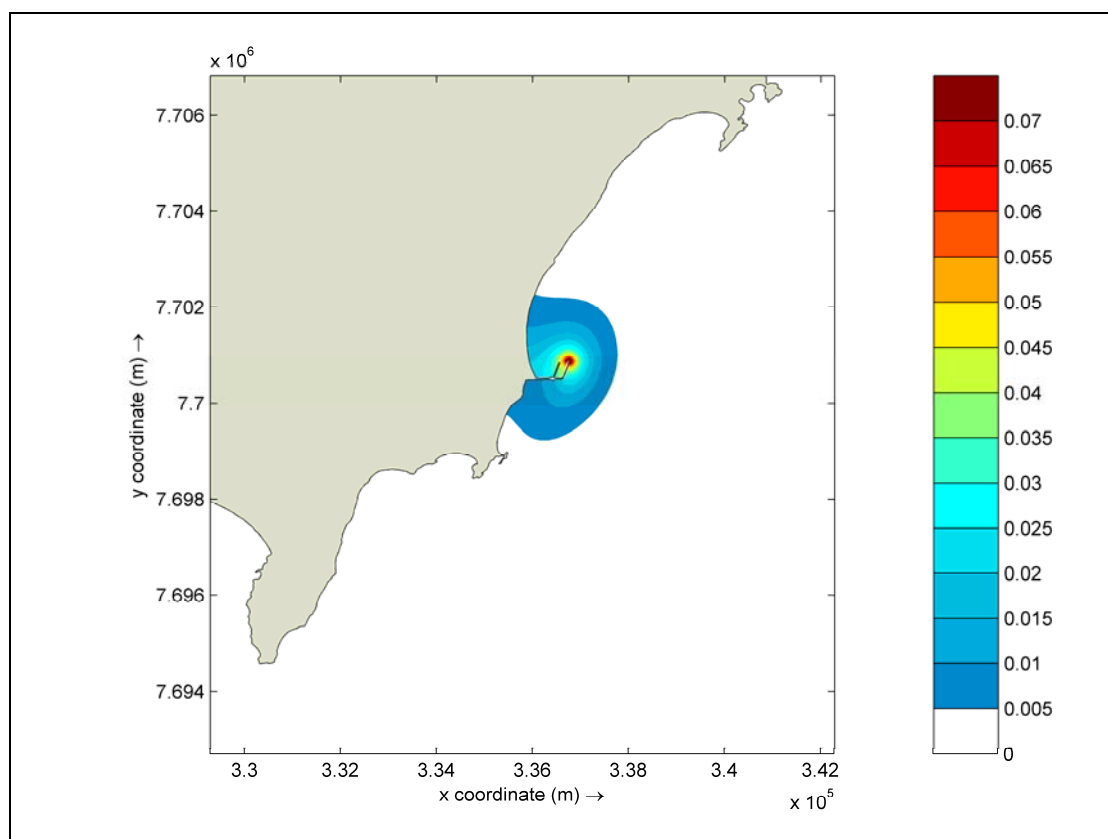


Figura 5.1.2-8: Pluma da concentração média de minério de ferro em junho de 2008.

Na Figura 5.1.2-9 estão presentes as concentrações máximas obtidas em cada ponto da grade durante o mês de junho de 2008. O valor máximo encontrado foi de $0,146 \mu\text{g/l}$, próximo ao cabeço do quebramar do Terminal Marítimo da Ponta de Ubu, numa área de abrangência de $15,96 \text{ km}^2$.

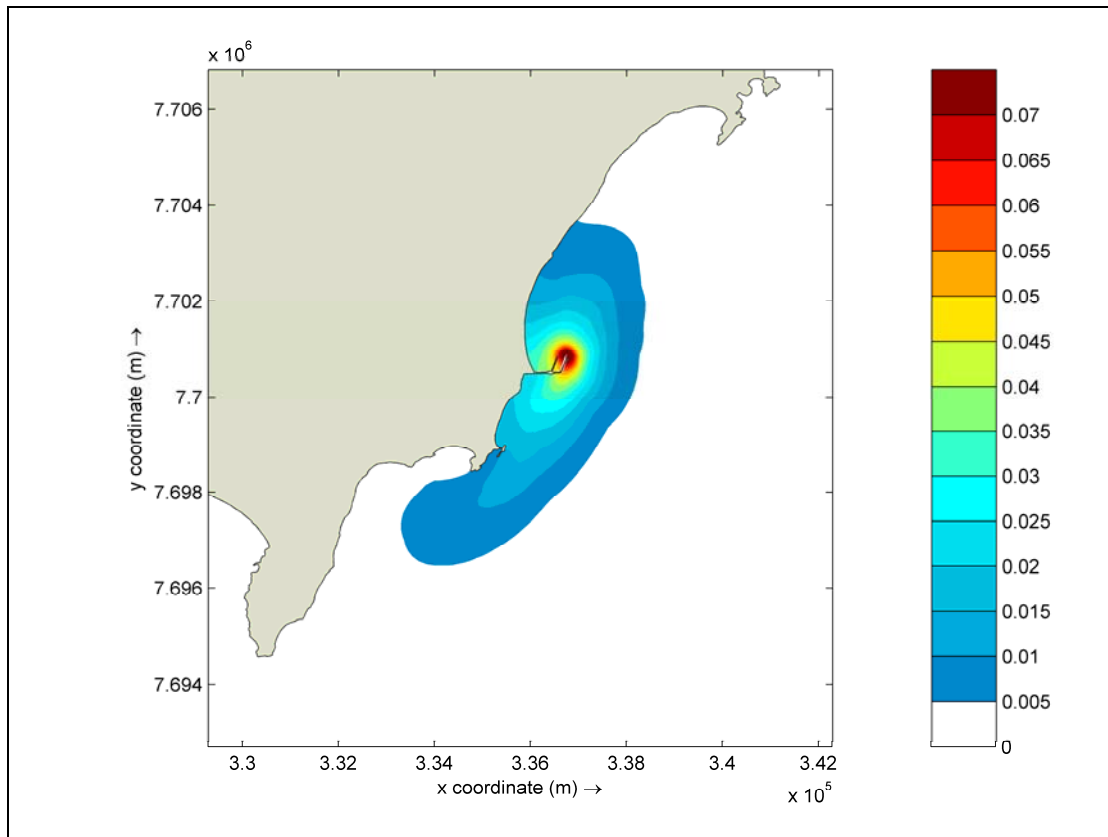


Figura 5.1.2-9: Pluma da concentração máxima de minério de ferro em junho de 2008.

As curvas de valores de concentração de minério particulado, uma longitudinal e outra transversal, foram igualmente extraídas dos resultados médios e máximos de inverno e estão presentes na Figura 5.1.2-10. Da mesma forma que para o verão, verifica-se um rápido decaimento nas concentrações de particulado a partir do ponto de máxima concentração.

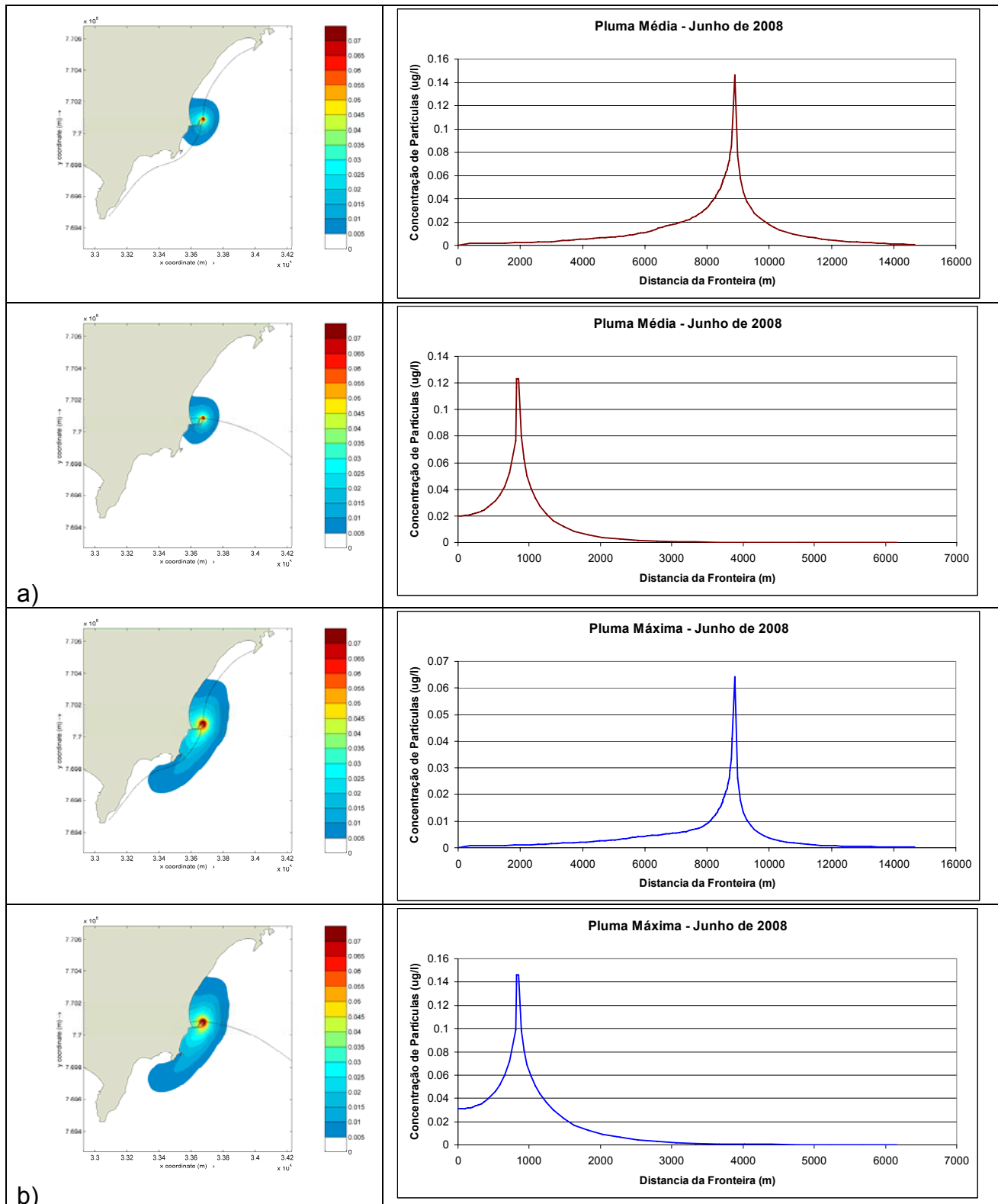


Figura 5.1.2-10: Seções longitudinais e transversais de a) concentrações médias; b) concentrações máximas de material particulado.

◆ CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações hidrodinâmicas da dispersão das partículas de minério de ferro na região próxima ao terminal Marítimo de Ubu foram realizadas para os meses de janeiro e junho de 2008. Ambos os meses foram escolhidos por conter as situações de vento mais severas do que os outros meses de verão ou inverno, respectivamente.

As simulações numéricas das plumas resultantes das partículas de minério presentes na atmosfera tiveram a premissa de que todo o material presente na atmosfera foi assimilado pelo oceano. As concentrações de minério na atmosfera utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir dos resultados da modelagem atmosférica. Para o mês de janeiro, utilizou-se o valor de $63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e, para o mês de junho, $66,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os resultados da simulação de cada mês (janeiro e junho) são apresentados na forma gráfica de mapas de concentração de partículas de minério de ferro média e máxima.

Os valores médios mais altos, próximos do cabeço do quebramar, foram de $0,064 \mu\text{g}/\text{l}$ e $0,123 \mu\text{g}/\text{l}$ para o verão e inverno, respectivamente. As áreas abrangidas pelas plumas médias foram de $3,39 \text{ m}^2$ e $4,77 \text{ m}^2$, respectivamente.

As plumas resultantes dos valores máximos atingidos em cada mês simulado abrangeram áreas maiores que as respectivas plumas médias. Para o verão, a área abrangida total foi de $19,41 \text{ km}^2$ e para o inverno foi de $15,96 \text{ m}^2$.

Enquanto a pluma média de minério de ferro particulado esteve circunscrita à região próxima do Terminal Marítimo da Ponta de Ubu, a pluma máxima atingiu aproximadamente metade da Praia de Mãe-Bá, ao Norte, e se estendeu até próximo da Praia de Castelhanos.

Deve-se ressaltar que toda a análise da pluma e sua extensão estão baseadas na concentração de corte de $0,005 \mu\text{g}/\text{l}$, ou seja, 5 milésimos de mg/l .

Neste estudo adotou-se a premissa de que todo material particulado é composto por minério de ferro. Nesse sentido, tomando-se como referência o monitoramento de Ferro Total nas águas oceânicas no entorno do Porto de Tubarão em Vitória, os valores médios encontrados naquela região variam entre $0,09$ e $0,36 \text{ mg}/\text{l}$, com os mínimos situados entre $0,01$ e $0,05 \text{ mg}/\text{l}$ (CEPEMAR, 2009c), ou seja, cerca de 100 a 500 vezes maiores do que os valores máximos observados através nestas simulações.

5.2 MODELAGEM DE DISPERSÃO DE ÓLEO

O estudo de modelagem para o cenário crítico de derramamento de óleo no mar teve como referência o Relatório Técnico CPM RT237-07 referente ao Estudo Hidrodinâmico da Área de Influência do Porto de Ubu (CEPEMAR, 2007).

Na ocasião, com o objetivo de dar suporte à avaliação do comportamento da dispersão de óleo combustível na região oceânica adjacente ao Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, um estudo de modelagem foi conduzido pela *ASA SOUTH AMERICA* utilizando o

modelo computacional OILMAP, desenvolvido pela *Applied Science Associates (ASA)*, Inc.

Para o estudo de modelagem foram necessários: (a) padrões de circulação local e em larga escala, (b) conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (morfologia da linha de costa e fundo oceânico), (c) características meteorológicas do local (d) caracterização do óleo.

Os campos de correntes, característicos dos padrões de circulação na plataforma continental do litoral do Espírito Santo, foram obtidos a partir de resultados de um modelo de mesoescala desenvolvido pela equipe da *ASA SOUTH AMERICA*, baseado no modelo numérico-computacional *Princeton Ocean Model (POM)*.

De modo a complementar análise dos padrões de circulação foram utilizadas informações provenientes de equipamentos meteoceanográficos (estação meteorológica, marégrafo e ADCP) instalados para o levantamento de informações meteorológicas e oceanográficas da região de estudo, durante o inverno de 2006 e verão de 2007.

Foram conduzidas então simulações probabilísticas contemplando situações de verão e inverno, para determinar contornos de probabilidade de a mancha atingir a área de estudo a partir de vazamentos de 2.935 m³ de óleo combustível. Essas simulações foram realizadas considerando os tempos de 12, 36 e 60 horas. Como critério de corte adotado nas simulações foi utilizada a espessura de 1 mm, baseado no comportamento deste tipo de óleo quando derramado no mar.

As simulações para a determinação da dispersão de óleo combustível foram realizadas utilizando-se o modelo OILMAP no modo **probabilístico**. Neste modo é considerada a variabilidade das forçantes ambientais, assim as simulações de comportamento da pluma são realizadas através da variação das condições meteorológicas e oceanográficas. Para que se pudesse incorporar a variabilidade dessas forçantes foi realizada com o modelo OILMAP uma série de simulações em cada cenário probabilístico (Tabela 5.2-1).

Tabela 5.2-1: Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrames do óleo.

CENÁRIOS	PRODUTO (Óleo combustível)	QUANTIDADE	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO DE SIMULAÇÃO
Verão	MF-380	2.935 m ³	Verão	12 horas
Verão	MF-380	2.935 m ³	Verão	36 horas
Verão	MF-380	2.935 m ³	Verão	60 horas
Inverno	MF-380	2.935 m ³	Inverno	12 horas
Inverno	MF-380	2.935 m ³	Inverno	36 horas
Inverno	MF-380	2.935 m ³	Inverno	60 horas

◆ RESULTADOS

O modelo OILMAP foi, portanto, utilizado para simular os cenários descritos na metodologia e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo.

As Figuras 5.2-1 a 5.2-4 apresentam os contornos de probabilidade da presença de óleo na água e na costa, para os cenários de pior caso de acidente proposto, ocorrendo durante os períodos de verão e inverno. Cabe aqui ressaltar que em todas as ilustrações de contornos de probabilidade de óleo na água/costa, o valor correspondente ao limite superior dos intervalos da escala de cores está incluído na classe. Assim, por exemplo, no intervalo de probabilidade de 10-20% estão incluídas as probabilidades superiores a 10% e menores ou iguais a 20%.

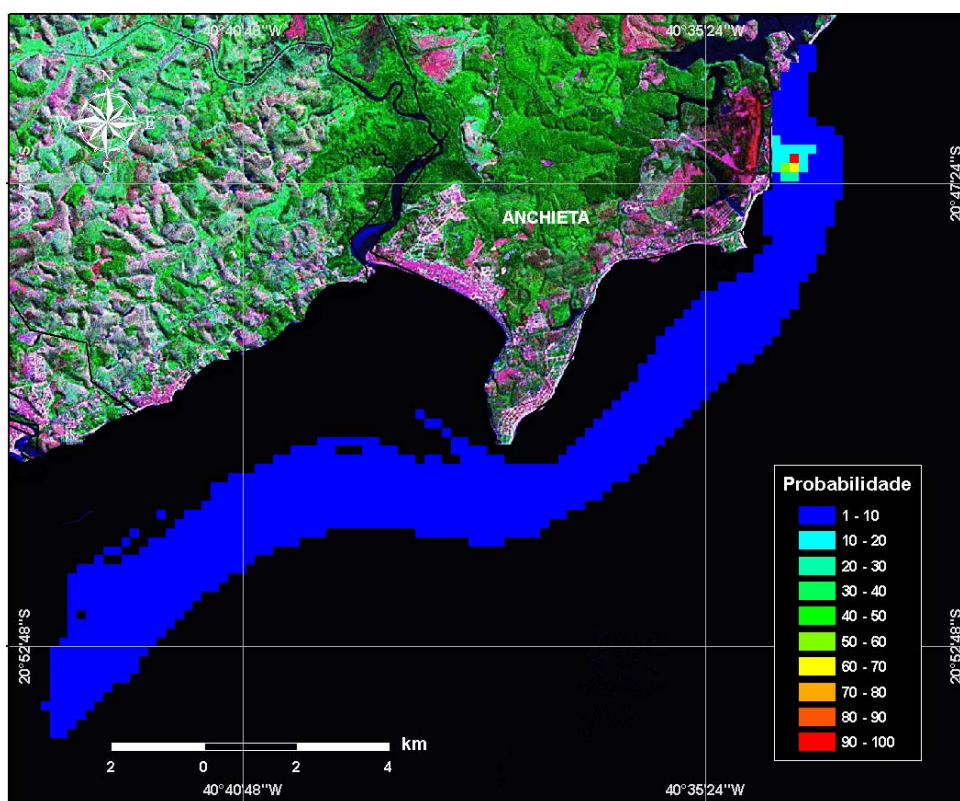


Figura 5.2-1: Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o verão, com derrame de 2.935 m³, após 60 horas de simulação.

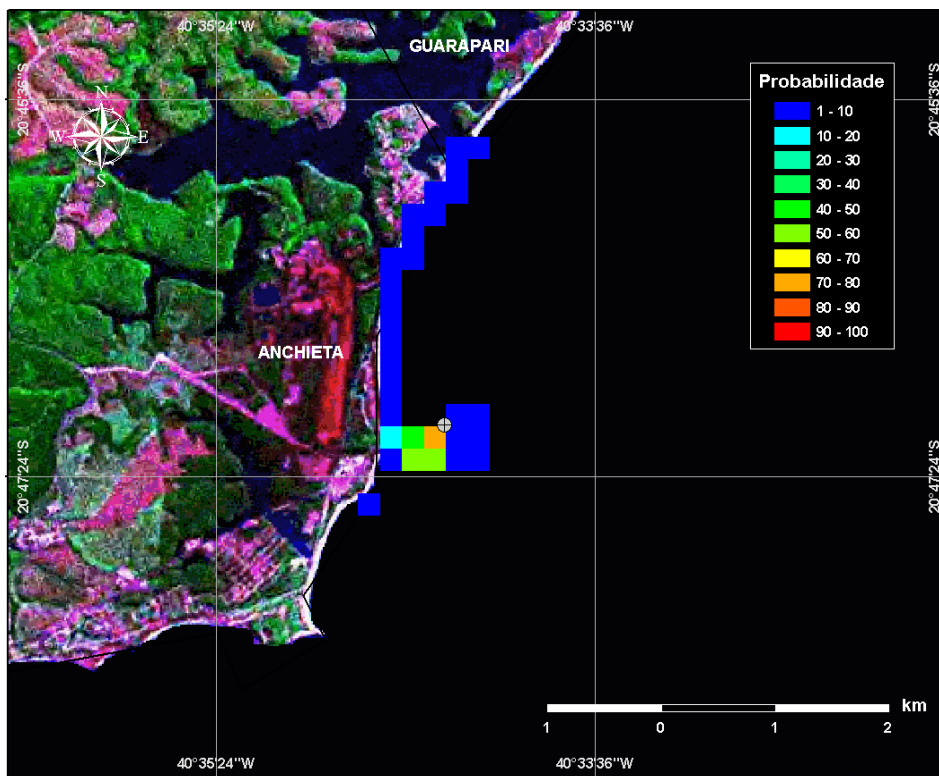


Figura 5.2-2: Probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o verão, com derrame de 2.935 MT, após 60 horas de simulação.

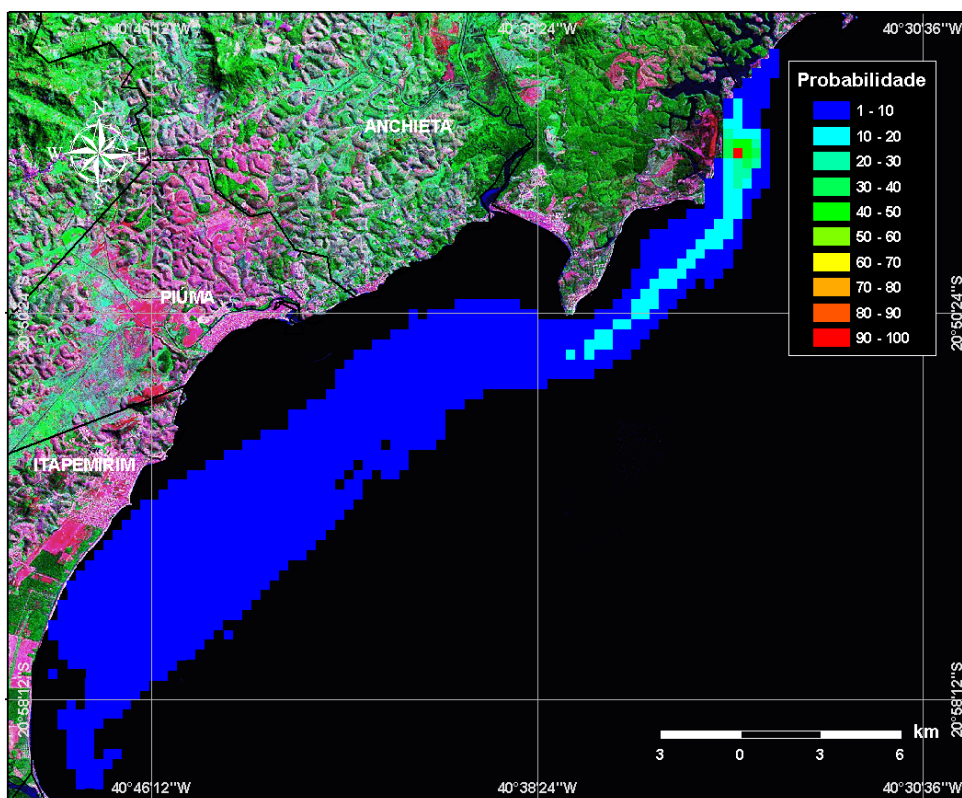


Figura 5.2-3: Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o inverno, com derrame de 2.935 m³, após 60 horas de simulação.

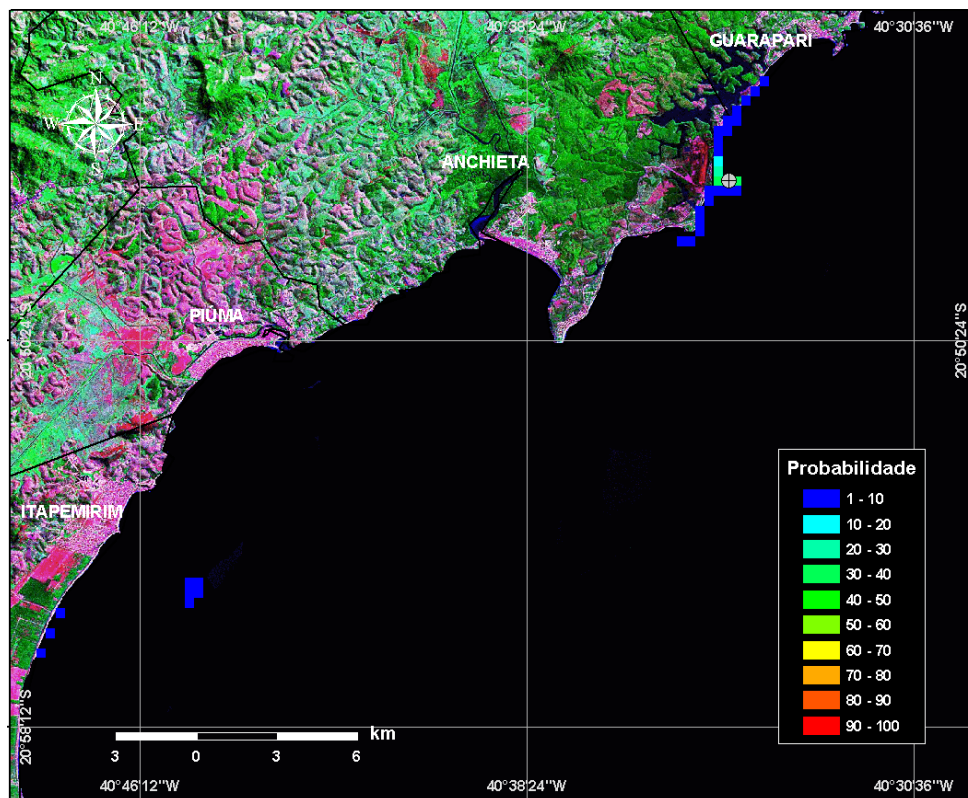


Figura 5.2-4: Probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no porto de Ubu, durante o inverno, com derrame de 2.935 m³, após 60 horas de simulação.

◆ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do Estudo de Transporte e Dispersão de Óleo demonstraram que a área com probabilidade de contaminação por óleo estende-se das proximidades do Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu, no Município de Anchieta, até a região costeira adjacente ao Município de Itapemirim. Estes resultados referem-se a um derramamento de 2.935 m³ de MF-380, em condições equivalentes às estações de verão e inverno, após 60 horas de simulação.

Em condições equivalentes à estação de verão, o trecho do litoral com probabilidade de impacto estende-se do enrocamento do terminal marítimo até a Praia de Mãe-bá ao norte. A exceção do enrocamento, a probabilidade de impacto nos demais trechos é pequena (1 -10%) (Figura 5.2-2). Em condições equivalentes à estação de inverno, o trecho do litoral com probabilidade de impacto estende-se da Ponta de Ubu até a Praia de Mãe-bá, com uma baixa probabilidade de toque também no litoral do município de Itapemirim. Igualmente, a exceção do enrocamento, a probabilidade de impacto nos demais trechos é pequena (1 – 10%) (Figura 5.2-4).

A região marinha sob influência da dispersão de óleo, tanto no verão como no inverno, compreende a região adjacente aos municípios de Anchieta, Piúma e Itapemirim, contudo as ocorrências com probabilidade >10% se restringem ao entorno do Terminal até a Ponta de Ubu (limite sul) (Figuras 5.2-1 e 5.2-3).



6

Definição da Área de Influência

Com base nos estudos de modelagem pôde-se criar um mapa com a delimitação das áreas de influência das emissões reais (partículas de minério) e potenciais (risco de derrame de óleo). Esse mapa é apresentado na Figura 6-1. Na Tabela 6-1 é apresentada uma síntese com as informações dessas áreas.

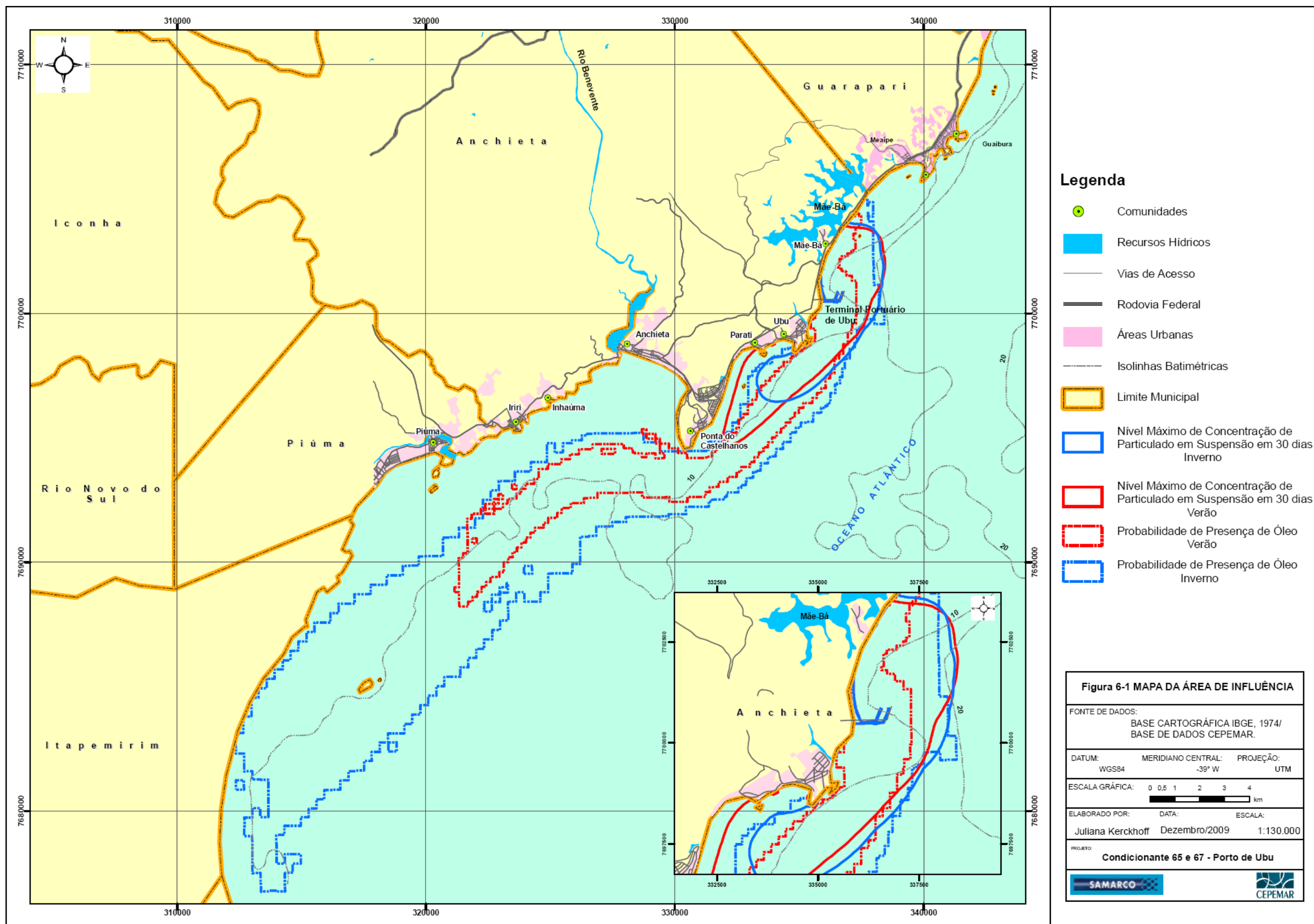
Tabela 6-1: Informações sobre as Áreas de Influência das atividades desenvolvidas no Terminal Marítimo Privativo da Ponta de Ubu, sobre a região marinha, definidas a partir das modelagens de dispersão de poluentes.

PERÍODO	ASPECTO AMBIENTAL	ÁREA DE INFLUÊNCIA	IMPACTO
VERÃO	Dispersão de particulados	19,41 km ²	REAL
	Derramamento de óleo	38,2 km ²	POTENCIAL
INVERNO	Dispersão de particulados	15,96 km ²	REAL
	Derramamento de óleo	127,5 km ²	POTENCIAL

Dois aspectos são importantes serem considerados quando da análise desses resultados. O primeiro diz respeito ao caráter conservador das simulações realizadas, quando consideraram-se como dados de entrada dos modelos, principalmente, emissões, tanto de particulado como de óleo, em valores acima dos valores esperados de ocorrer (naturalmente ou acidentalmente).

O segundo aspecto, é que tanto as concentrações máximas de particulado como as maiores probabilidades de óleo, se restringem ao entorno do Terminal Portuário, diminuindo significativamente e rapidamente à medida que se afastam das fontes (pontos de máxima concentração). Soma-se ainda, o fato de que as máximas concentrações de particulado observadas nas simulações são muito baixas frente às concentrações naturais do ambiente (CEPEMAR, 2009c).

Por fim, especificamente em relação ao óleo, cabe salientar, que em condições normais de operação do Terminal não se espera que ocorram impactos decorrentes dessa fonte. Contudo, no próprio Plano de Emergência do Terminal (CEPEMAR, 2009d), são previstas medidas de controle, recuperação e monitoramento do derrame de óleo.





7

Equipe Técnica

◆ **RESPONSÁVEIS TÉCNICOS**

Profissional	Marcelo Poças Travassos – Oceanógrafo, MSc.
Responsabilidade	Coordenador do Projeto e Relatório

Profissional	Alexandre Braga Coli – Oceanógrafo, Ph.D.
Responsabilidade	Modelagem Hidrodinâmica

Profissional	Maxsuel Marcos Rocha Pereira - Eng. Mecânico, Ph.D. (CREA 5.469/D)
Responsabilidade	Modelagem Atmosférica

Profissional	Sandra Fachin – Oceanógrafa, MSc.
Responsabilidade	Modelagem Hidrodinâmica

Profissional	Pedro Brant - Engenheiro
Responsabilidade	Apoio Técnico Modelagem



8

Referências Bibliográficas

- CEPEMAR, 2009a. EIA - **Estudo de Impacto Ambiental do Projeto da Quarta Usina de Pelotização da Samarco, em Ponta de Ubu, ES.** SAMARCO. CPM RT 387/09, Cap. 3, 705p.
- CEPEMAR, 2009b. **Estudo de Modelagem Numérica do Projeto de Expansão do Terminal de Ubu. Relatório Técnico Final.** SAMARCO. CPM RT 108/09, 101p.
- CEPEMAR, 2009c. **Monitoramento Marinho da Baía do Espírito Santo e da Região de Praia Mole.** VALE. CPM RT382/09, 183p.
- CEPEMAR, 2009d. PEI – Plano de Emergência Individual do Terminal Marítimo Privativo de Uso Misto da Ponta de Ubu. SAMARCO. CPM RT 345/09. 107p.
- CEPEMAR/OCEANPACT, 2009. **APP – Análise Preliminar de Perigos do Terminal Marítimo Privativo de Uso misto da Ponta de Ubu.** SAMARCO. CPM RT 346/09, 27pp.
- EPA, 2004a. **User's guide for the AMS/EPA regulatory model– AERMOD.** EPA-454/B-03-001. 256 p.
- EPA, 2004b. **User's guide for the AMS/EPA regulatory model– AERMOD - Addendum.** EPA-454/B-03-001. 40 p.
- EPA, 2004c. **User's guide for the AERMOD meteorological preprocessor (AERMET).** EPA-454/B-03-002, 271p.
- EPA, 2004d. **User's guide for the AERMOD meteorological preprocessor (AERMET) - Addendum.** EPA-454/B-03-002, 19p.
- EPA, 2004e. **User's guide for the AERMOD terrain preprocessor (AERMAP).** EPA-454/B-03-003, 129 p.
- EPA, 2004f. **User's guide for the AERMOD terrain preprocessor (AERMAP) - Addendum.** EPA-454/B-03-003. 23 p.
- EPA, 2004g. **AERMOD: Description of Model Formulation.** EPA-454/R-03-004, 91 p.
EPA, 2008. **AERMOD: Implementation guide.** 21p.
- EPA, 2003. **Comparison of regulatory design concentrations AERMOD versus ISCST3.** CTDMPPLUS, ISC-PRIME. EPA-454/R-03-002, 89p.
- LESSER, G.R., Roelvink, J.A., Van Kester, J.A.T.M. and Stelling, G.S. 2004. **Development and validation of a three-dimensional morphological model.** Coastal Engineering, 51(2004): 883-915.
- ROELVINK and Walstra, 2004 J.A. Roelvink and D.J. Walstra, **Keeping it simple by using complex models.** 6th International Conference on Hydroscience and Engineering, Advances in Hydro-Science and -Engineering, Brisbane, Australia (2004).

- SCHULMAN L. L.; STRIMAITIS D. G.; SCIRE J. S., 2000. **Development and evaluation of the PRIME plume rise and building downwash model**. Journal of the Air & Waste Management Association. Vol. 50, n.º 3, pp. 378-390.
- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N., 1998. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. Editora Wiley-Interscience Publication. 1326 p.
- STULL, R. B., 1988. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht: Kluwer. 666 p.
- VAN RIJN, L.C., Walstra, D.J. and Van Ormondt, M., 2004. **Description of TRANSPOR2004 and implementation in Delft3D-ONLINE**, WL | delft hydraulics, Delft.
- WL | Delft Hydraulics, 2007a. **Delft3D-FLOW: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments**. User Manual, WL | Delft Hydraulics, Delft.
- WL | Delft Hydraulics, 2007b. **Validation document Delft3D-FLOW: a software system for 3D flow simulation**. Report X0356, M3470. WL | Delft Hydraulics, Delft.