

Modelagem de Vazamentos de Condensado a partir do Sistema de Produção e Escoamento do Campo de Mexilhão, Bacia de Santos



Revisão 01
Jan/2013



PETROBRAS

Modelagem de Vazamentos de Condensado a partir do Sistema de Produção e Escoamento do Campo de Mexilhão, Bacia de Santos

Revisão 01

Janeiro / 2013



E&P

A **ASA LatinAmerica** é responsável pelo conteúdo do presente relatório incluindo: tecnologias, metodologias, especificações técnicas, desenhos, figuras, cópias, diagramas, fórmulas, modelos, amostras, e fluxogramas.

A utilização deste material deverá ser compatível com o escopo do projeto/trabalho contratado, fazendo-se expressa menção ao nome da **ASA LatinAmerica** como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da **ASA** for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da **ASA LatinAmerica**”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a **ASA LatinAmerica**.

ASA (Applied Science Associates Latin America), 2013. Modelagem de Vazamentos de Condensado a partir do Sistema de Produção e Escoamento do Campo de Mexilhão, Bacia de Santos. Relatório Técnico, Revisão 01 (29 de janeiro de 2013). 115pp+Anexos.

ÍNDICE GERAL

I	INTRODUÇÃO	I-1
II	MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO.....	II-1
II.1	DADOS DE ENTRADA	II-1
II.1.1	CAMPOS DE CORRENTE.....	II-2
II.1.2	CAMPOS DE VENTO	II-3
II.1.3	PONTOS DE RISCO E VOLUMES DE DERRAME	II-10
II.1.4	CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS UTILIZADOS.....	II-11
II.2	CRITÉRIOS DE PARADA ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES	II-11
II.3	RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS	II-12
III	RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO	III-1
III.1	SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS	III-1
III.1.1	SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME PEQUENO	III-3
III.1.2	SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME MÉDIO	III-17
III.1.3	SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME PIOR CASO ...	III-30
III.2	SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS.....	III-44
III.2.1	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS - SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS.....	III-51
III.3	SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS PARA AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES..	III-58
III.3.1	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS - SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS PARA AS CONDIÇÕES MAIS FREQUENTES.....	III-64
IV	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	IV-1
V	BIBLIOGRAFIA.....	V-1
VI	EQUIPE TÉCNICA	VI-1
	ANEXO A - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OILMAP	A-1
	ANEXO B – ANÁLISE METEOROLÓGICA E OCEANOGRÁFICA DAS CONDIÇÕES MAIS FREQUENTES	B-1

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁG.
Tabela 1 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de verão de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica).	II-7
Tabela 2 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de inverno de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica).	II-7
Tabela II-3 - Coordenadas (SAD69) dos pontos de risco.....	II-10
Tabela II-4 - Características do condensado tipo 9-MXL-2HP-SPS-TRF-01A.	II-11
Tabela II-5 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas.....	II-12
Tabela III-1 - Extensão da costa com probabilidade de toque.	III-1
Tabela III-2 - Menor distância com relação à costa.....	III-2
Tabela III-3 - Resumo dos resultados da modelagem probabilística para os pontos do Polo Pré-Sal.	III-2
Tabela III-4 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno (8,0 m ³), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.....	III-16
Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio (200,0 m ³), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.....	III-29
Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso (640 m ³), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.	III-43
Tabela III-7 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa.	III-44
Tabela III-8 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.	III-44
Tabela III-9 - Resumo dos cenários determinísticos das condições mais frequentes sem probabilidade de toque na costa.....	III-58

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁG
Figura I-1 - Localização da região de estudo com zoom nos pontos de riscos.....	I-1
Figura II-1 - Grade definindo os contornos de terra (grade land-water) para a modelagem de deriva de óleo.	II-1
Figura 2 - Diagrama stick plot dos valores médios diários de dados de vento (CFSR) para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2004, na posição 24,2°S e 44,7° W, intervalo de amostragem dt=1h. A barra de cores lateral indica a intensidade dos vetores (convenção vetorial, em m/s).....	II-4
Figura 3 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de verão (janeiro a março) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).....	II-5
Figura 4 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de inverno (junho a agosto) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).....	II-6
Figura II-5 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição mais frequente).....	II-8
Figura II-6 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (passagem de sistema frontal).	II-9
Figura III-1 - Cenário MEX_P1_8_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-4
Figura III-2 - Cenário MEX_P1_8_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-5
Figura III-3 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-6

Figura III-4 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação. ...	III-7
Figura III-5 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-8
Figura III-6 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-9
Figura III-7 - Cenário MEX_P1_8_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-10
Figura III-8 - Cenário MEX_P1_8_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-11
Figura III-9 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-12
Figura III-10 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-13
Figura III-11 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-14
Figura III-12 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-15

Figura III-13 - Cenário MEX_P1_200_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-17
Figura III-14 - Cenário MEX_P1_200_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-18
Figura III-15 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-19
Figura III-16 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-20
Figura III-17 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-21
Figura III-18 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-22
Figura III-19 - Cenário MEX_P1_200_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-23
Figura III-20 - Cenário MEX_P1_200_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-24
Figura III-21 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-25

Figura III-22 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-26
Figura III-23 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-27
Figura III-24 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-28
Figura III-25 - Cenário MEX_P1_PC_VER_60D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	III-31
Figura III-26 - Cenário MEX_P1_PC_VER_60D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	III-32
Figura III-27 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-33
Figura III-28 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-34
Figura III-29 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-35
Figura III-30 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-36

Figura III-31 - Cenário MEX_P1_PC_INV_60D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.	III-37
Figura III-32 - Cenário MEX_P1_PC_INV_60D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.....	III-38
Figura III-33 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-39
Figura III-34 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-40
Figura III-35 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-41
Figura III-36 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-42
Figura III-37 - DET_MEX_P1_PC_VER_60D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 12.509,0 m ³ ocorrido durante o verão, a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.....	III-46
Figura III-38 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P1_PC_VER_60D.	III-46
Figura III-39 - DET_MEX_P1_PC_INV_60D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 12.509,0 m ³ ocorrido durante o inverno, a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.....	III-47
Figura III-40 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P1_PC_INV_60D.....	III-47
Figura III-41 - DET_MEX_P2_PC_VER_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 640,0 m ³ ocorrido durante o verão, a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.....	III-49

Figura III-42 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P2_PC_VER_30D.	III-49
Figura III-43 - DET_MEX_P2_PC_INV_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 640,0 m ³ ocorrido durante o inverno, a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.....	III-50
Figura III-44 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P2_PC_INV_30D.....	III-50
Figura III-45 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.	III-52
Figura III-46 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SSE.....	III-53
Figura III-47 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- NW; Vento- SSE.....	III-54
Figura III-48 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.....	III-55
Figura III-49 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.	III-56
Figura III-50 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- ESSE.	III-57
Figura III-51 - DET_MF_MEX_P1_PC_VER_60D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias, simulado por 60 dias) ocorrido durante o verão.....	III-60
Figura III-52 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P1_PC_VER_60D... 60	III-60
Figura III-53 - DET_MF_MEX_P1_PC_INV_60D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 12.509,0 m ³ (ao longo de 30 dias, simulado por 60 dias) ocorrido durante o inverno.	III-61

Figura III-54 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P1_PC_INV_60D. III-61
Figura III-55 - DET_MF_MEX_P2_PC_VER_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 640,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão. III-62
Figura III-56 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P2_PC_VER_30D... III-62
Figura III-57 - DET_MF_MEX_P2_PC_INV_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 640,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno..... III-63
Figura III-58 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P2_PC_INV_30D. III-63
Figura III-59 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-ENE..... III-65
Figura III-60 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-E. III-66
Figura III-61 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-WSW; Vento-E..... III-67
Figura III-62 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-ENE..... III-68
Figura III-63 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-NE..... III-69
Figura III-64 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-WSW; Vento-ENE..... III-70
Figura B-1 – Histogramas de ocorrência de direção da corrente (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de verão (janeiro a março). A direção segue a convenção oceanográfica..... B-2

Figura B-2 – Histogramas de ocorrência de direção da corrente (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de inverno (junho a agosto). A direção segue a convenção oceanográfica. B-2

Figura B-3 – Histogramas de ocorrência de direção do vento (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de verão (janeiro a março). A direção segue a convenção meteorológica. B-3

Figura B-4 – Histogramas de ocorrência de direção do vento (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de inverno (junho a agosto). A direção segue a convenção meteorológica. B-3

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	PAG
ANEXO A – DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OILMAP	A-1
ANEXO B – ANÁLISES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS DAS CONDIÇÕES MAIS FREQUENTES	B-1

RESUMO

Este relatório apresenta uma revisão da modelagem numérica do transporte e dispersão de condensado no mar para o Campo de Mexilhão, localizado na Bacia de Santos, em atendimento a condicionante de licença 2.16 da Licença de Operação nº 999/11. Esta condicionante de licença manifesta interesse que seja adotada nova Base Hidrodinâmica para a região da Bacia de Santos, a qual seria desenvolvida no âmbito Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO).

O sistema de modelos OILMAP da *Applied Science Associates (ASA), Inc.* foi utilizado para definir a área potencialmente ameaçada por derramamentos de condensado.

Foram conduzidas simulações probabilísticas para duas condições sazonais (verão e inverno), com o objetivo de determinar os intervalos de probabilidade de a mancha atingir a área de estudo a partir de três classes de derrame, como definido na Resolução CONAMA nº 398/08: pequeno ($8,0 \text{ m}^3$), médio ($200,0 \text{ m}^3$) e pior caso ($12.509,0 \text{ m}^3$, para o ponto P1 e $640,0 \text{ m}^3$ para o ponto P2, definidos de acordo com as diretrizes da CONAMA nº 398/08). O critério de parada adotado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento.

A partir dos resultados das simulações probabilísticas, foram selecionados os cenários determinísticos críticos para cada cenário probabilístico, utilizando como critério o menor tempo de toque na costa. Para os casos que não apresentaram toque de óleo na costa, foi utilizada como critério a menor distância do óleo em relação à costa. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes.

Os resultados das simulações probabilísticas demonstraram que a condição sazonal de verão, para o P2, proporciona mais o toque do óleo na costa. Observou-se também, para o P1, que a condição sazonal de inverno proporciona o transporte do óleo em direção à costa. O menor tempo de toque na costa foi de 7 horas no verão e 8 horas no inverno, resultantes dos cenários de pior caso do ponto de risco P2.

I INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte à PETROBRAS na elaboração dos estudos ambientais para a atividade de produção e escoamento de condensado do Campo de Mexilhão, localizado na Bacia de Santos, apresenta-se, neste estudo a revisão da modelagem numérica da trajetória e intemperismo de derrames de condensado no mar. Foram definidos dois pontos de risco para a avaliação de potenciais derrames de óleo na região.

A Figura I-1 apresenta a localização dos pontos de risco para a qual foram realizadas as simulações numéricas de potenciais acidentes com derrame de condensado.

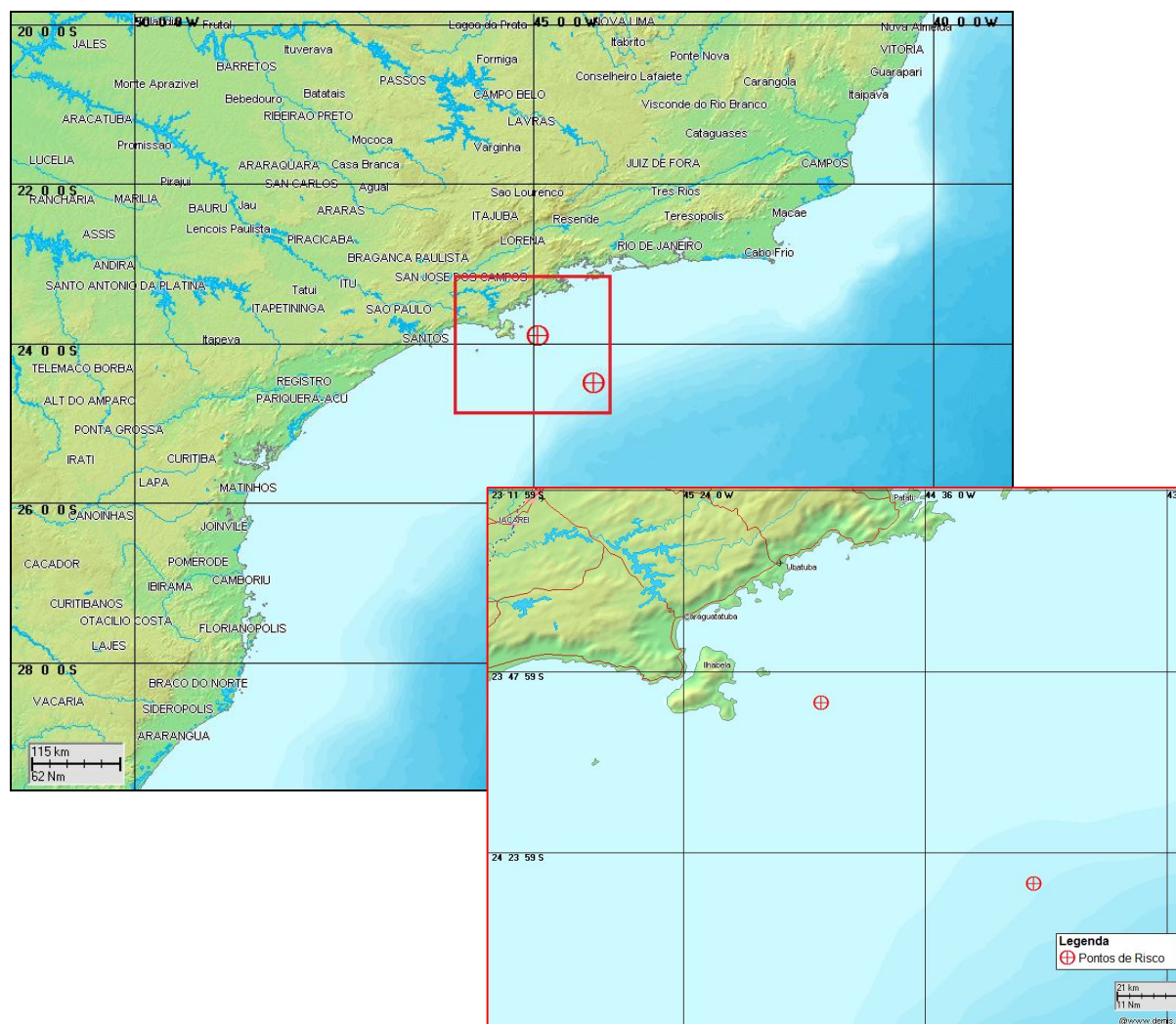


Figura I-1 - Localização da região de estudo com zoom nos pontos de riscos.

A modelagem de condensado foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OILMAP, desenvolvido pela **Applied Science Associates (ASA), Inc.** A ASA possui mais de 30 anos de experiência com utilização de ferramentas computacionais para estudos de impacto ambiental causado por acidentes com petróleo.

Para estudos de modelagem como o realizado neste trabalho, são necessários: (a) um conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (morfologia da linha de costa e fundo oceânico), (b) padrões de circulação local e em grande escala, (c) campos de vento variáveis no tempo e no espaço e (d) caracterização físico-química do produto.

Para a modelagem de transporte do óleo foi considerando um campo de ventos variável no tempo e no espaço, baseado em dados de Reanálise dos modelos meteorológicos do NCEP/NCAR¹.

O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região foi obtido a partir de um modelo numérico de mesoescala, baseado no *HYbrid Coordinate Ocean Model* (HYCOM), desenvolvido pela PETROBRAS através do projeto REMO (Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica).

As simulações de derrame de óleo consideraram: dois pontos de risco; três volumes de derrame (pequeno, médio e pior caso) e duas condições sazonais (verão e inverno). Como critério de parada nas simulações de derrame de óleo utilizou-se o tempo de 30 dias após o final do vazamento.

A partir dos resultados das simulações probabilísticas, foram selecionados os cenários determinísticos críticos utilizando como critério o menor tempo de toque na costa. Para os casos que não apresentaram toque de óleo na costa, a menor distância do óleo em relação à costa foi utilizada como critério de escolha. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes.

¹ *National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e National Center for Atmospheric Research (NCAR)*, disponibilizados pelo Climate Diagnostics Center (CDC) da *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Obtido em <<http://www.esrl.noaa.gov/psd>>. Último acesso em 018 de junho de 2012.

A seguir, o Capítulo II descreve os cenários acidentais de óleo, suas características e os dados de entrada. Os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas (críticas e mais frequentes) são apresentados no Capítulo III. Por fim, o Capítulo IV apresenta as considerações finais para o presente estudo. Em complementação, no Anexo A apresenta-se a descrição do modelo OILMAP e no Anexo B, a análise meteorológica e oceanográfica das condições mais frequentes.

II MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Na modelagem de derrame de petróleo foi utilizado o modelo OILMAP. Este modelo é uma ferramenta utilizada para o acompanhamento e previsão do deslocamento e intemperismo de qualquer tipo de óleo derramado em acidentes com petróleo. A descrição completa do modelo encontra-se no Anexo A.

II.1 DADOS DE ENTRADA

Para a elaboração dos cenários de deriva para acidentes com petróleo, a área de estudo foi definida a partir de uma grade *land-water*, com dimensões de 1000 x 1000 pontos.

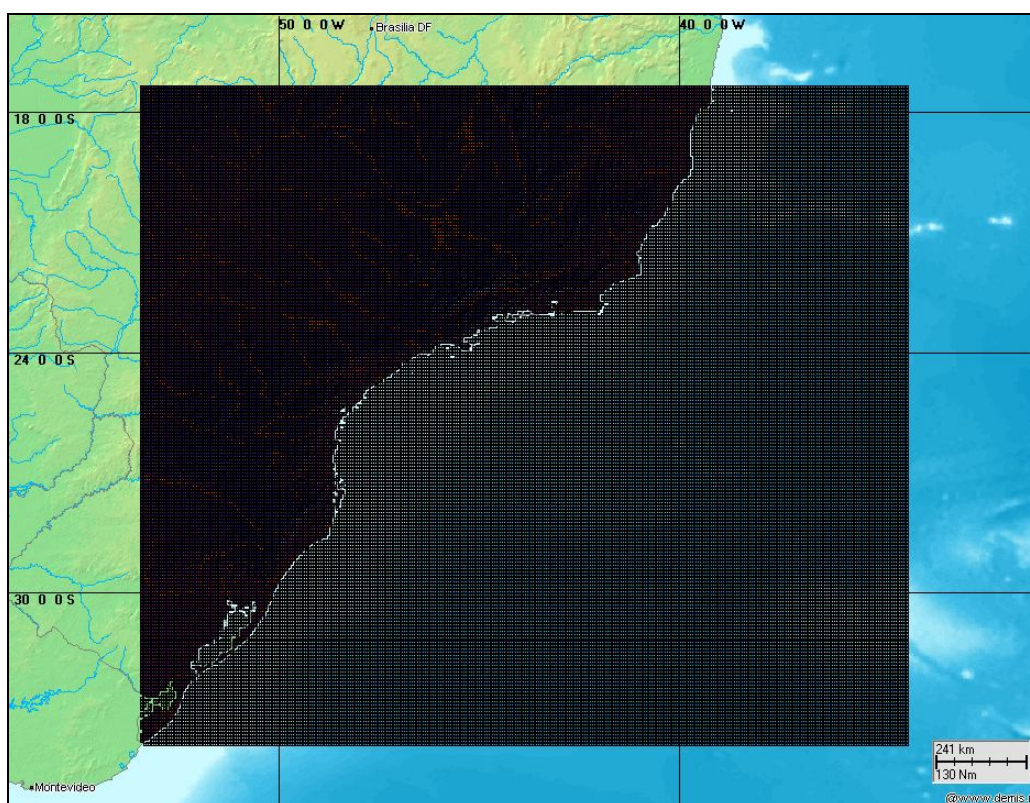


Figura II-1 - Grade definindo os contornos de terra (grade *land-water*) para a modelagem de deriva de óleo.

II.1.1 Campos de Corrente

Os campos de corrente utilizados na modelagem do transporte de óleo foram gerados a partir da modelagem hidrodinâmica apresentada no “Relatório Técnico Base Hidrodinâmica SSE” elaborado pelo Grupo de Estudos de Processos Oceânicos do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ no âmbito da Rede Temática de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO), cuja cópia digital encontra-se no CD anexo a este documento.

A base hidrodinâmica foi simulada por um período de 7 (sete) anos com o modelo oceânico HYCOM – *HYbrid Coordinate Ocean Model* (BLECK *et al.*, 2002 e WALLCRAFT *et al.*, 2009). A base representa a região compreendida entre as latitudes 14 e 30 Sul e longitudes 34 e 51 Oeste, correspondendo à região SSE do Brasil e incluindo as regiões das bacias do Espírito Santos, de Campos e de Santos. A região é discretizada em uma grade numérica de resolução horizontal nominal equivalente a $1/24^\circ$, correspondendo na região a um espaçamento de aproximadamente 4,0 a 4,5 km. O modelo é capaz, devido a sua alta resolução espacial, de representar fenômenos de larga e meso escalas no oceano e, em função das forçantes nos contornos, efeitos em escala sinótica e oscilações devidas à maré astronômica.

Para avaliar a sazonalidade das forçantes ambientais nos padrões de circulação e transporte, foram definidos dois campos hidrodinâmicos representativos dos períodos típicos de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto) de 2004.

A seleção do ano de 2004 para representar a hidrodinâmica da Bacia de Santos baseou-se em simulações probabilísticas de vazamento de óleo realizadas com os resultados obtidos pelo modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007. Estas simulações foram realizadas pela Petrobras e compiladas no Relatório Técnico ‘Modelagem de Derrame de Óleo na Bacia de Santos para Determinação do Ano que constituirá a Base Hidrodinâmica da Região Sudeste’ (RT-TEO 079/2012), e encontra-se em cópia digital no CD anexo a este documento. O ano de 2004 foi selecionado para constituir a base hidrodinâmica que será utilizada para as modelagens de óleo na

Bacia de Santos por ter proporcionado o menor tempo para a chegada do óleo na costa, tanto para o período de inverno quanto para o período de verão.

II.1.2 Campos de Vento

Na modelagem de deriva de óleo foi utilizado um conjunto de dados de vento variável no tempo e no espaço, proveniente da reanálise do modelo atmosférico CFSR². O CFSR é um produto de reanálise gerado pelo Centro Norte-Americano para Previsão Ambiental, NCEP, distribuído pela Central Norte-Americana de Dados Climáticos, NCDC. Trata-se de um conjunto de assimilação de dados que acopla os sistemas oceano-superfície-atmosfera e continente-gelo, em escala global e em alta resolução.

O CFSR difere de outros produtos de reanálise pelo acoplamento entre o oceano e a atmosfera, por ter um modelo interativo de gelo marinho e também por assimilar dados de satélites através de um esquema de interpolação estatística. Além disso, contém informações sobre variações nos níveis de dióxido de carbono, aerossóis atmosféricos e gases-traço, incluindo assim seus efeitos sobre o sistema climático terrestre. A resolução espacial do CFSR é de 0,3° enquanto a resolução temporal é horária.

Para apresentar a análise do campo de vento, definiu-se uma coordenada (24,2°S / 44,7°W) localizada na região central entre os pontos de risco. A análise compreende o período de 1º de janeiro de 2004 a 31 de dezembro de 2004.

A Figura 2, abaixo, apresenta o diagrama tipo *stick plot* referente aos dados de vento deste período, para valores médios diários. Observa-se que os ventos mais intensos foram, em geral, da direção NE, ocorrendo em especial nos meses de janeiro e setembro. Tal circulação está associada ao padrão médio da região, forçado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

² Climate Forecast System Reanalysis.

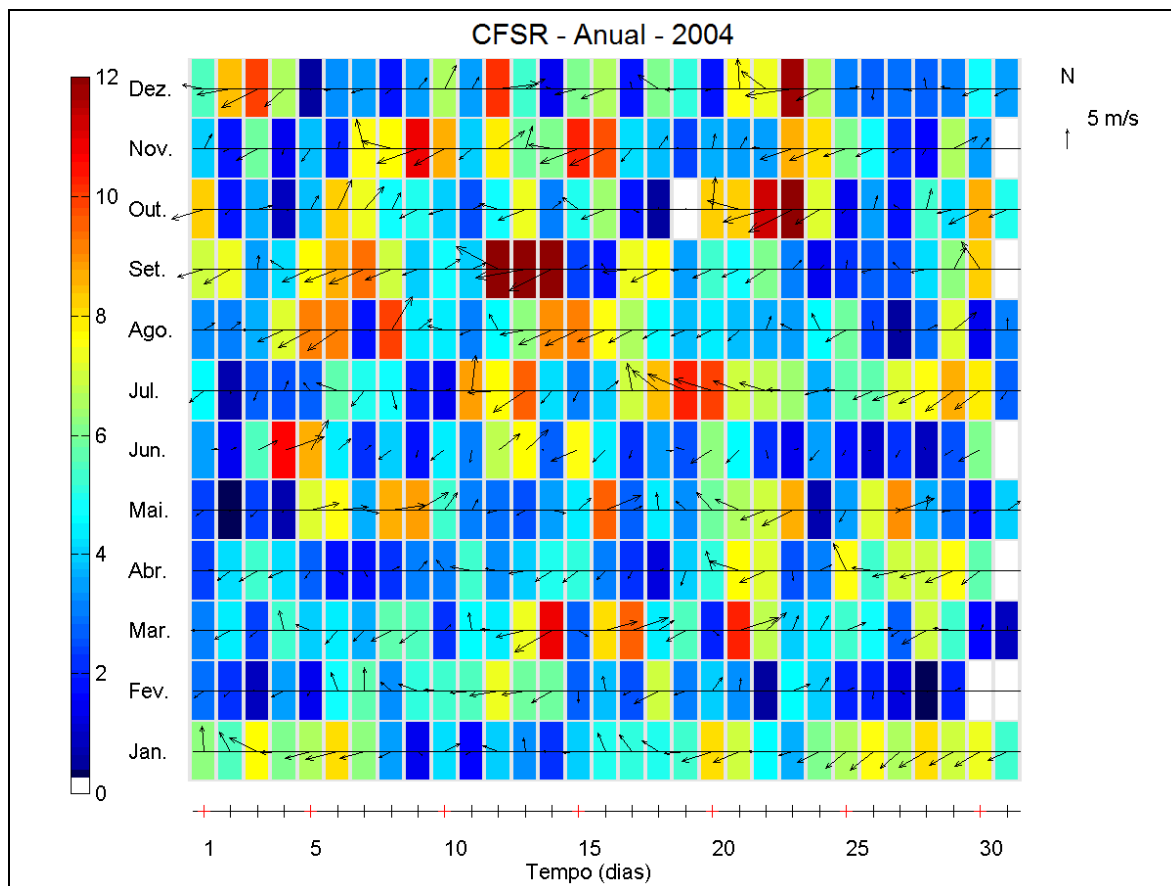


Figura 2 - Diagrama stick plot dos valores médios diários de dados de vento (CFSR) para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2004, na posição 24,2°S e 44,7° W, intervalo de amostragem $dt=1h$. A barra de cores lateral indica a intensidade dos vetores (convenção vetorial, em m/s).

Na Figura 3 e Figura 4 são apresentados os histogramas direcionais dos valores diários destes dados de vento para os períodos de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto) respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A intensidade é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (em relação ao total de amostras).

Os histogramas demonstram que tanto durante o verão quanto durante o inverno os ventos mais frequentes foram provenientes de ENE. Em ambos os períodos apresentados, existe um segundo núcleo de observações, provenientes de WSW, direção associada à passagem de sistemas frontais pela região, verifica-se que este núcleo é maior para o período de inverno.

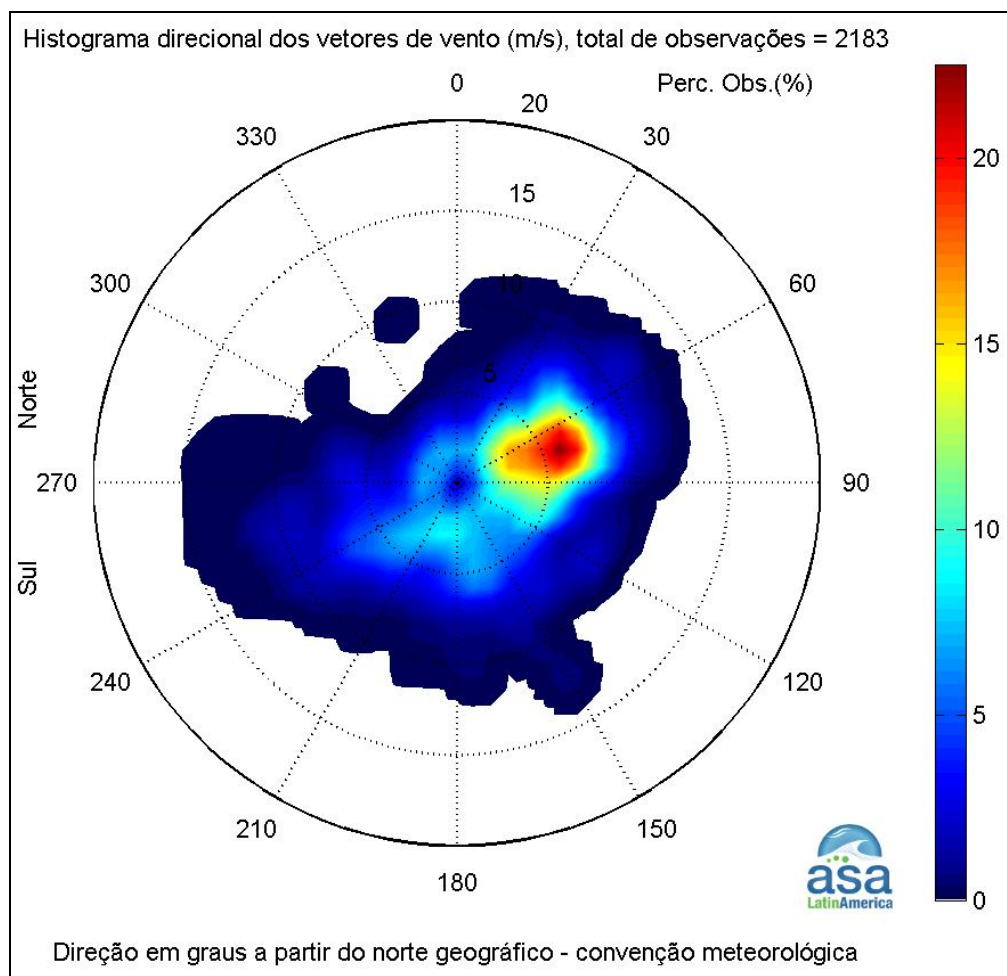


Figura 3 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de verão (janeiro a março) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).

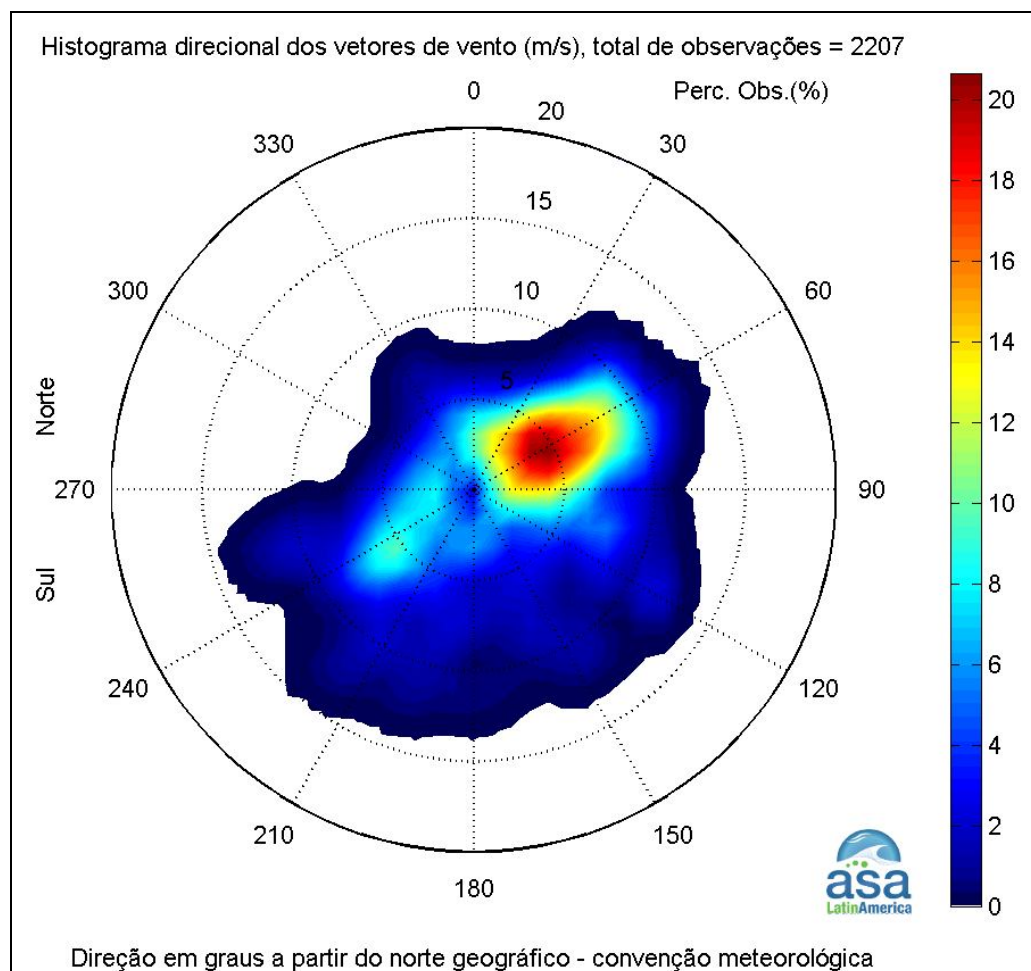


Figura 4 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de inverno (junho a agosto) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).

A Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam a frequência de ocorrência conjunta entre intensidade e direção dos ventos nos períodos de verão e de inverno, respectivamente. Em ambos os períodos, aproximadamente 50% das observações vem do quadrante NE (região composta pelas direções entre N e E), sendo estes ventos associados à influência da ASAS.

No período de verão (Tabela 1) os ventos mais frequentes vieram de ENE (22,5%) e E (12,3%). Os ventos com velocidade média máxima (6,0 m/s e 5,6 m/s) vieram dos quadrantes ENE e NE, respectivamente. Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de SSE (13,2 m/s) e ENE (12,0 m/s).

Tabela 1 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de verão de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica).

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0.0- 1.0	5	4	7	2	3	3	3	0	2	5	2	3	6	4	5	5	59	2.7	335
1.0- 2.0	9	8	17	6	5	8	12	10	10	2	8	13	14	6	13	7	148	6.8	325
2.0- 3.0	9	13	22	22	25	17	10	9	22	19	9	5	9	10	13	14	228	10.4	92
3.0- 4.0	9	8	35	54	30	20	12	21	17	17	25	9	4	6	3	6	276	12.6	101
4.0- 5.0	2	12	33	62	41	43	21	16	25	16	24	15	5	2	0	2	319	14.6	107
5.0- 6.0	4	8	26	85	64	27	16	30	20	11	21	13	17	2	0	0	344	15.8	102
6.0- 7.0	0	6	39	116	38	10	10	10	14	11	21	25	9	6	0	0	315	14.4	86
7.0- 8.0	1	9	39	74	32	8	8	10	4	1	12	11	3	2	0	0	214	9.8	76
8.0- 9.0	0	1	19	27	20	10	11	6	2	2	5	6	5	0	0	0	114	5.2	92
9.0-10.0	1	1	8	18	5	2	0	3	3	2	4	16	4	0	1	1	69	3.2	101
10.0-11.0	0	5	10	18	3	0	0	1	4	0	2	13	5	1	0	0	62	2.8	51
11.0-12.0	0	0	6	6	2	0	0	2	0	0	0	5	1	0	0	0	22	1.0	65
12.0-13.0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	5	0.2	182
13.0-14.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3	0	0	0	7	0.3	251
Total	40	75	261	491	268	148	103	121	123	86	133	138	86	39	35	35	2182		
Porc.	1.8	3.4	12.0	22.5	12.3	6.8	4.7	5.5	5.6	3.9	6.1	6.3	3.9	1.8	1.6	1.6			
Vel. méd.	2.9	4.6	5.6	6.0	5.5	4.7	4.7	5.2	4.6	4.2	5.1	6.5	5.2	3.6	2.0	2.6			
Vel. máx.	9.8	11.0	11.8	12.0	11.3	9.4	8.9	13.2	10.9	9.9	10.1	13.8	13.6	10.0	9.2	9.2			
Perct. (0.9)	5.0	7.0	8.0	8.0	8.0	7.0	8.0	8.0	7.0	6.0	7.0	10.0	10.0	6.0	3.0	3.0			

No período de inverno (Tabela 2) os ventos mais frequentes vieram de ENE (20,7%) e NE (15,8%). Os ventos com velocidade média máxima (6,6 m/s e 6,4 m/s) vieram dos quadrantes SSW e ESE, respectivamente. Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de SW (12,6 m/s) e WSW (12,2 m/s).

Tabela 2 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de inverno de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica).

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0.0- 1.0	4	5	6	7	2	1	3	1	2	2	7	3	8	6	5	4	66	3.0	346
1.0- 2.0	12	12	11	18	24	14	4	9	4	3	6	10	6	12	8	5	158	7.2	61
2.0- 3.0	17	13	21	20	21	7	6	7	10	5	11	11	12	12	4	12	189	8.6	35
3.0- 4.0	19	28	45	34	29	7	9	7	16	15	11	17	15	9	8	17	286	13.0	47
4.0- 5.0	17	23	48	67	27	29	6	8	4	6	18	25	6	8	5	11	308	14.0	61
5.0- 6.0	7	19	53	54	39	9	7	6	4	17	28	27	12	0	1	4	287	13.0	77
6.0- 7.0	2	4	49	66	26	16	7	11	8	10	31	19	0	0	2	6	257	11.6	87
7.0- 8.0	0	1	36	69	14	33	2	6	9	5	26	10	0	0	0	4	215	9.7	90
8.0- 9.0	0	0	37	51	11	10	3	8	2	6	14	10	1	0	0	0	153	6.9	84
9.0-10.0	0	0	26	38	22	6	8	7	4	12	9	5	3	0	0	0	140	6.3	93
10.0-11.0	0	0	16	24	1	9	0	4	4	9	5	11	0	0	0	0	83	3.8	104
11.0-12.0	0	0	1	7	0	14	7	3	4	3	2	5	0	0	0	0	46	2.1	139
12.0-13.0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	6	6	3	0	0	0	0	18	0.8	208
Total	78	105	349	456	216	156	63	77	71	99	174	156	63	47	33	63	2206		
Porc.	3.5	4.8	15.8	20.7	9.8	7.1	2.9	3.5	3.2	4.5	7.9	7.1	2.9	2.1	1.5	2.9			
Vel. méd.	3.2	3.7	5.8	6.3	5.1	6.4	5.8	5.8	5.5	6.6	6.1	5.8	3.6	2.5	2.8	3.8			
Vel. máx.	6.1	7.1	11.1	12.0	10.0	12.3	12.0	11.5	12.0	12.9	12.6	12.2	9.8	5.0	6.5	7.8			
Perct. (0.9)	5.0	5.0	9.0	9.0	9.0	10.0	11.0	9.0	10.0	10.0	9.0	10.0	5.0	4.0	4.2	6.0			

As figuras abaixo ilustram exemplos de instantâneos do campo de vento para a condição mais frequente, vento ENE (Figura II-5) e para a passagem de um sistema frontal (Figura II-6).

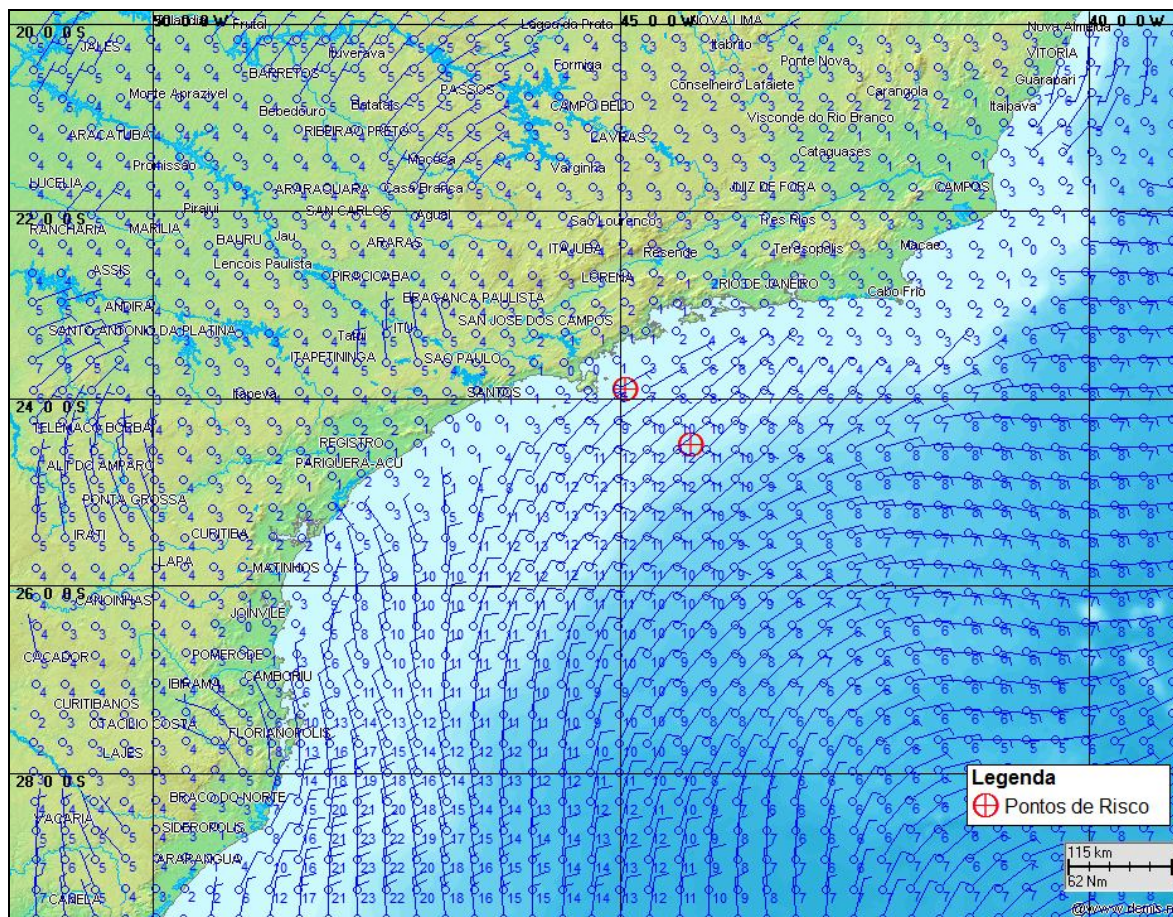


Figura II-5 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição mais frequente).

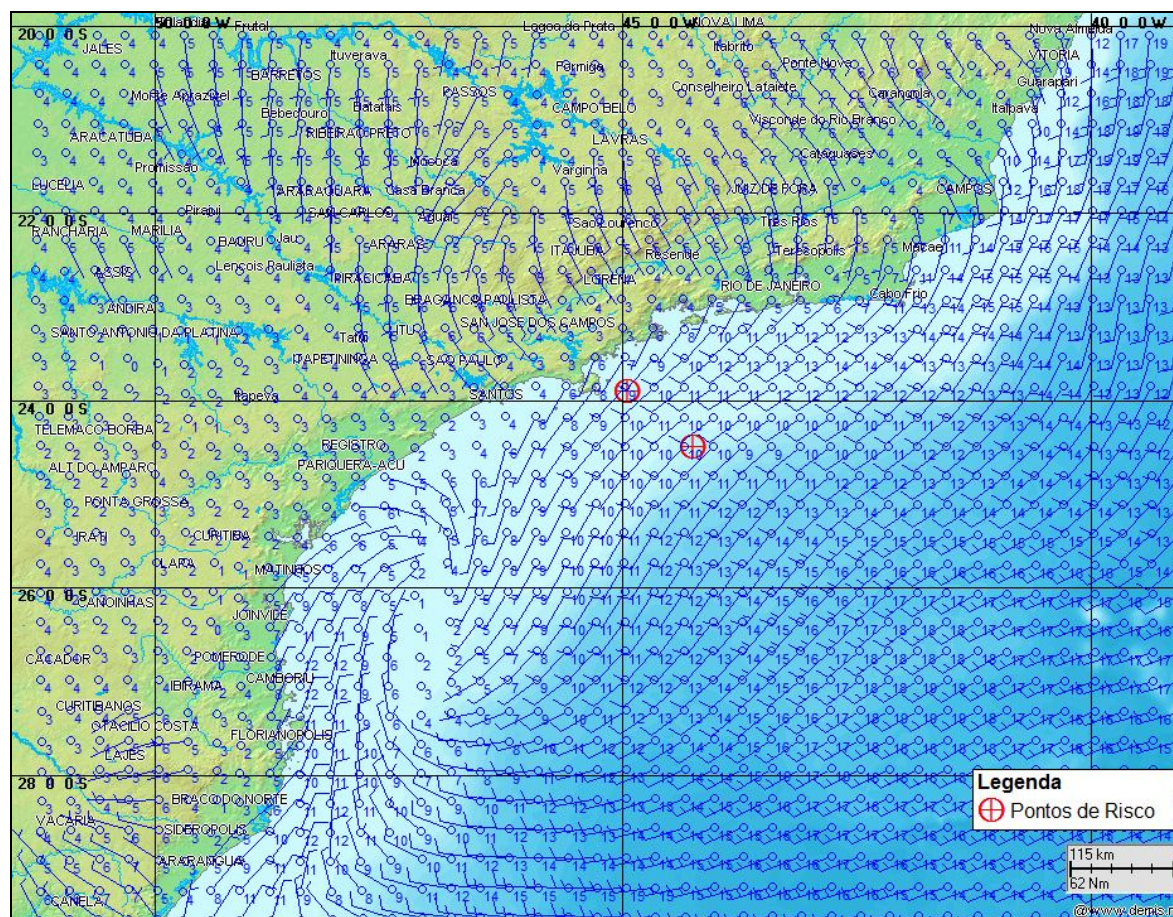


Figura II-6 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (passagem de sistema frontal).

II.1.3 Pontos de Risco e Volumes de Derrame

A posição geográfica dos pontos de risco foi especificada pela PETROBRAS, de modo a representar as atividades do Campo de Mexilhão. O Ponto P1 corresponde à localização da unidade de produção (plataforma). A escolha da localização do Ponto P2 (vazamento decorrente de uma eventual ruptura do duto de exportação de condensado) deve-se ao fato deste ser o ponto mais próximo da costa onde o duto estará exposto. A Tabela II-3 lista os pontos de modelagem, suas coordenadas geográficas (SAD69) e lâmina d'água local (m).

Tabela II-3 - Coordenadas (SAD69) dos pontos de risco.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	LÂMINA D'ÁGUA (m)
P1	24°30'14,00"S	44°14'17,00"W	468
P2	23°54'12,00"S	44°56'36,00"W	70

Fonte: PETROBRAS.

Os volumes utilizados nas simulações foram definidos segundo a Resolução CONAMA nº 398/08 (Brasil, 2008):

- Pequeno: 8,0 m³;
- Médio: 200,0 m³;
- Pior caso: 12.509,0 m³ (ponto de risco P1) e 640,0 m³ (ponto de risco P2).

O volume de pior caso no Ponto P1 foi definido como o volume resultante da perda de controle de um poço por 30 dias (17,37 m³/h), totalizando um derrame de 12.509,0 m³. Nas simulações realizadas para o Ponto P2 foi considerado o volume de pior caso de 640 m³, sendo este volume determinado através do Simulador de Escoamento OLGA, aplicado para o duto de exportação do Sistema de Mexilhão e descrito mais detalhadamente no Anexo E.

Nas simulações com volume de pior caso do ponto P1 (*blowout*), o derrame de todo o volume foi considerado contínuo ao longo de 30 dias. Enquanto que, nas simulações realizadas com os derrames: pequeno (8,0 m³), médio (200,0 m³), e de pior caso do ponto P2, considerou-se o vazamento de todo o volume de óleo instantaneamente, ou seja, no instante inicial da simulação.

II.1.4 Características dos Produtos Utilizados

Com base nas informações disponíveis para a área em estudo foram realizadas simulações com derrames do óleo condensado presente no Campo de Mexilhão. As características físico-químicas do condensado foram fornecidas pela PETROBRAS (tabela IV-2), sendo identificadas através de análises realizadas pelo CENPES no condensado encontrado no Campo de Mexilhão.

Tabela II-4 - Características do condensado tipo 9-MXL-2HP-SPS-TRF-01A.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do condensado	9-MXL-2HP-SPS-TRF-01A
Grau API	47,8
Densidade a 20°C (g/cm ³)	0,787
Viscosidade dinâmica a 25°C (cP)	1,93
Tensão interfacial (din/cm)	3,8
Ponto de ebulição inicial (K)	325,80
Gradiente da curva de evaporação	358,60
Constante de evaporação A	6,69
Constante de evaporação B	11,46

Fonte: PETROBRAS.

II.2 CRITÉRIOS DE PARADA ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES

O critério de parada adotado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento, conforme critérios definidos na Nota Técnica nº 02/2009/CGPEC/DILIC (IBAMA, 2009).

Nos casos de derrames com volume de pior caso do ponto P1 (*blowout*), a duração das simulações foi de 60 dias. Enquanto que as simulações com derrames pequeno, médio e de pior caso do ponto P2 (instantâneo), foram conduzidas por 30 dias.

II.3 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

As simulações para a determinação da dispersão de óleo foram realizadas utilizando-se o modelo OILMAP no modo probabilístico. Neste modo é considerada a variabilidade das forçantes ambientais. Logo, as simulações de comportamento da mancha são realizadas através da variação das condições meteorológicas e oceanográficas, divididas em dois períodos correspondendo ao verão (janeiro a março) e ao inverno (junho a agosto).

Para que se pudesse incorporar a variabilidade dessas forçantes, foi realizada, com o modelo OILMAP, uma série de 600 simulações determinísticas para cada cenário probabilístico. O número de simulações é definido, através de testes, para incorporar as variabilidades das forçantes oceanográficas e meteorológicas da área de estudo, considerando os recursos computacionais disponíveis e o tempo para execução do trabalho.

A Tabela II-5 apresenta um resumo dos cenários simulados neste estudo de derrame de condensado.

Tabela II-5 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas.

CENÁRIO	PRODUTO (ÓLEO)	VOLUME DE DERRAME (m ³)	DURAÇÃO DO DERRAME	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO DE SIMULAÇÃO
MEX_P1_8_VER_30D	Condensado	8,0	Instantâneo	Verão	30 dias
MEX_P1_200_VER_30D	Condensado	200,0	Instantâneo	Verão	30 dias
MEX_P1_PC_VER_60D	Condensado	12.509,0	30 dias	Verão	60 dias
MEX_P2_8_VER_30D	Condensado	8,0	Instantâneo	Verão	30 dias
MEX_P2_200_VER_30D	Condensado	200,0	Instantâneo	Verão	30 dias
MEX_P2_PC_VER_30D	Condensado	640,0	Instantâneo	Verão	30 dias
MEX_P1_8_INV_30D	Condensado	8,0	Instantâneo	Inverno	30 dias
MEX_P1_200_INV_30D	Condensado	200,0	Instantâneo	Inverno	30 dias
MEX_P1_PC_INV_60D	Condensado	12.509,0	30 dias	Inverno	60 dias
MEX_P2_8_INV_30D	Condensado	8,0	Instantâneo	Inverno	30 dias
MEX_P2_200_INV_30D	Condensado	200,0	Instantâneo	Inverno	30 dias
MEX_P2_PC_INV_30D	Condensado	640,0	Instantâneo	Inverno	30 dias

III RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações probabilísticas, determinísticas críticas e determinísticas das condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes para potenciais derrames de condensado no Campo de Mexilhão.

Cabe ressaltar que em nenhuma das simulações realizadas levou-se em consideração as ações provenientes de Planos de Contingência e Planos de Emergência.

III.1 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS

O modelo OILMAP foi utilizado para simular os cenários descritos no Item II.3 e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo.

A Tabela III-1 apresenta a extensão da costa com probabilidade de toque. Observa-se probabilidade de toque na costa somente para os cenários com derrames a partir do ponto de risco P2. Isto ocorreu devido à localização deste ser mais próxima da costa (19 km) em relação ao ponto de risco P1 (115 km). Ainda analisando estes resultados do ponto P2, os cenários de verão apresentam maiores extensões de costa atingidas pelo condensado.

Tabela III-1 - Extensão da costa com probabilidade de toque.

CENÁRIOS	EXTENSÃO DE TOQUE NA COSTA (km)
MEX_P2_8_VER_30D	136,2
MEX_P2_200_VER_30D	386,9
MEX_P2_PC_VER_30D	449,9
MEX_P2_8_INV_30D	44,6
MEX_P2_200_INV_30D	129,9
MEX_P2_PC_INV_30D	238,7

Para os cenários que não apresentaram toque na costa, é apresentado na Tabela III-2 a menor distância da mancha com relação à mesma. Analisando estes resultados do ponto P1, os cenários de inverno apresentaram menores distâncias com relação à costa.

Tabela III-2 - Menor distância com relação à costa.

CENÁRIOS	MENOR DISTANCIA COM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
MEX_P1_8_VER_30D	73,1	Ilhabela - SP
MEX_P1_200_VER_30D	65,2	Ilhabela - SP
MEX_P1_PC_VER_30D	54,9	Ilhabela - SP
MEX_P1_8_INV_30D	64,1	Ilhabela - SP
MEX_P1_200_INV_30D	31,8	Ilhabela - SP
MEX_P1_PC_INV_30D	26,8	Ilhabela - SP

Na Tabela III-3 apresentam-se o percentual de simulações que impactaram a linha de costa, o menor período de tempo e o tempo médio para o óleo atingir a costa, referente aos cenários probabilísticos do ponto P2. O menor tempo de toque calculado (7 horas – Ilha da Vitória – Ilhabela – SP) refere-se ao cenário de derrame de volume de pior caso do período de verão.

Tabela III-3 - Resumo dos resultados da modelagem probabilística para o ponto P2.

CENÁRIOS	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	TEMPO MÉDIO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	PERCENTAGEM DE SIMULAÇÕES COM TOQUE NA COSTA (%)	MUNICÍPIO DE PRIMEIRO TOQUE
MEX_P2_8_VER_30D	9	35,5	14,7	Ilha da Vitória Ilhabela – SP
MEX_P2_200_VER_30D	9	58,1	45,0	Ilha da Vitória Ilhabela – SP
MEX_P2_PC_VER_30D	7	59,8	49,8	Ilha da Vitória Ilhabela – SP
MEX_P2_8_INV_30D	15	53,3	3,0	Ilha da Vitória Ilhabela – SP
MEX_P2_200_INV_30D	9	40,9	13,2	Ilha da Vitória Ilhabela – SP
MEX_P2_PC_INV_30D	8	41,4	18,3	Ilha da Vitória Ilhabela – SP

Cabe aqui ressaltar que, em todas as ilustrações de intervalos de probabilidade de óleo na água e costa, apresentadas a seguir, 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%.

As ilustrações dos contornos de tempo correspondem ao tempo mínimo de deslocamento de óleo na água calculado (para cada posição da grade) entre todos os cenários determinísticos que compõem o cenário probabilístico. Nestas ilustrações são apresentados os tempos de 2, 6, 12, 36 e 60 horas após o início do derrame, selecionados de acordo com o tempo máximo para a disponibilização de recursos de contenção/limpeza no local da ocorrência da descarga especificados na Resolução do CONAMA no 398/08 (Brasil, 2008). Para tempos superiores a estes, foram selecionados intervalos que melhor se adequaram à visualização da evolução dos derrames na área de estudo.

As escalas de cores adotadas foram selecionadas de forma a permitir uma melhor diferenciação dos intervalos de probabilidade e tempo escolhidos.

III.1.1 Simulações Probabilísticas – Volume Pequeno

Para o P1, a menor distância do óleo com relação à costa foi obtida no cenário de inverno, 64,1 km em relação à Ilhabela, localizada no Estado de São Paulo. O menor tempo de toque na costa para o P2 foi de 9 horas, durante a simulação de verão, na Ilha da Vitória, pertencente ao Município de Ilhabela – SP. Da Figura III-1 a Figura III-6 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume pequeno ($8,0 \text{ m}^3$) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

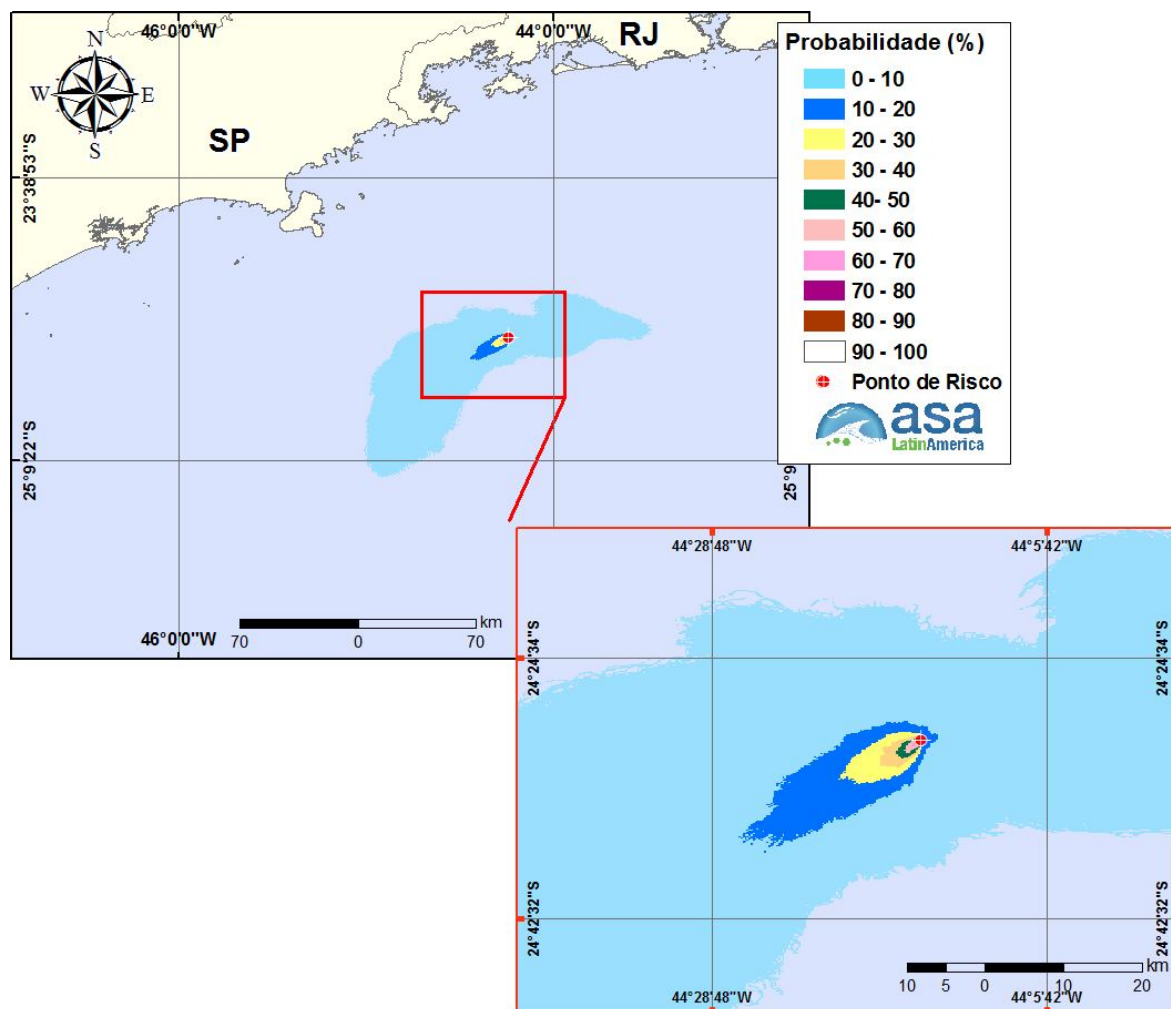


Figura III-1 - Cenário MEX_P1_8_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

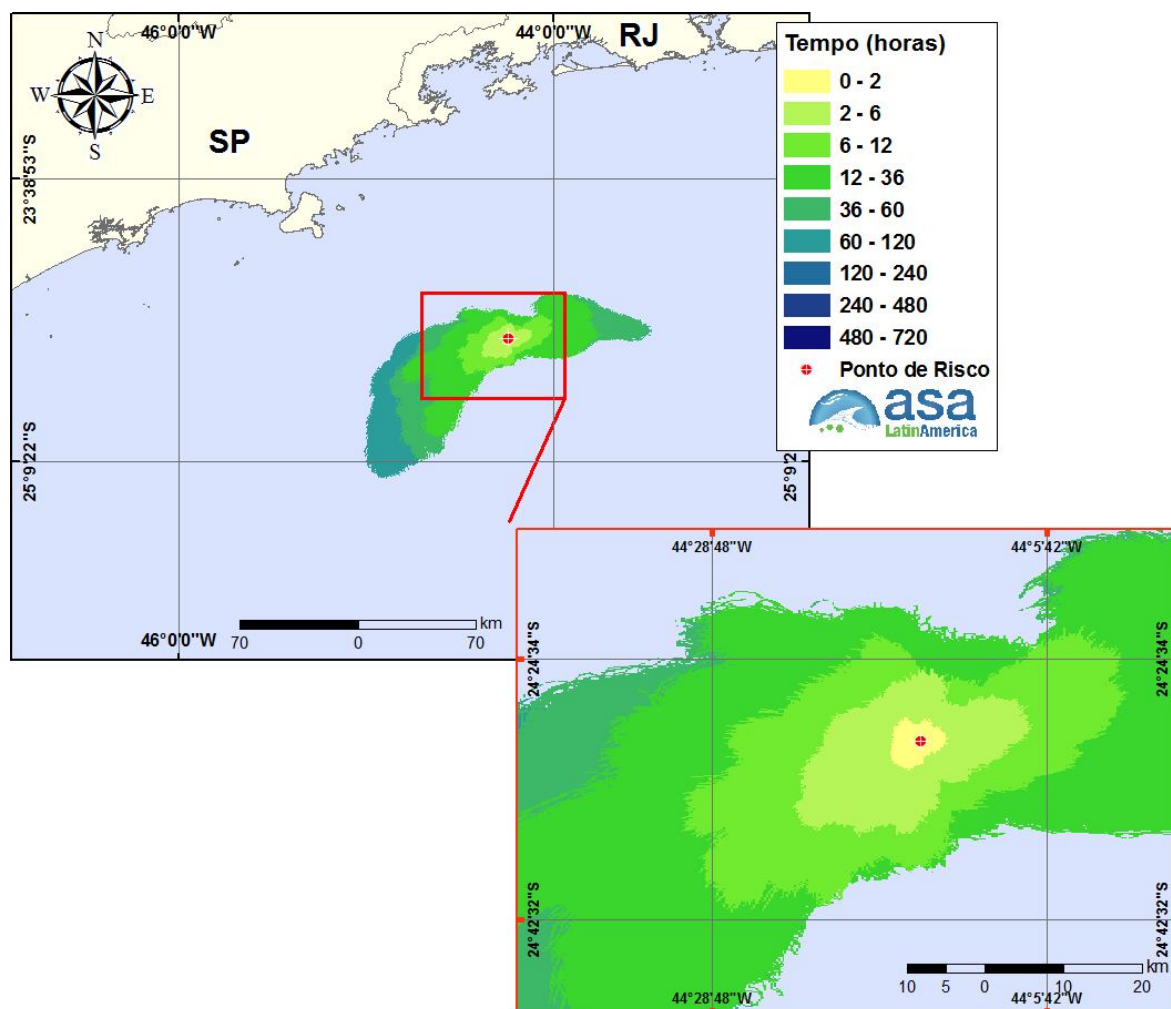


Figura III-2 - Cenário MEX_P1_8_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

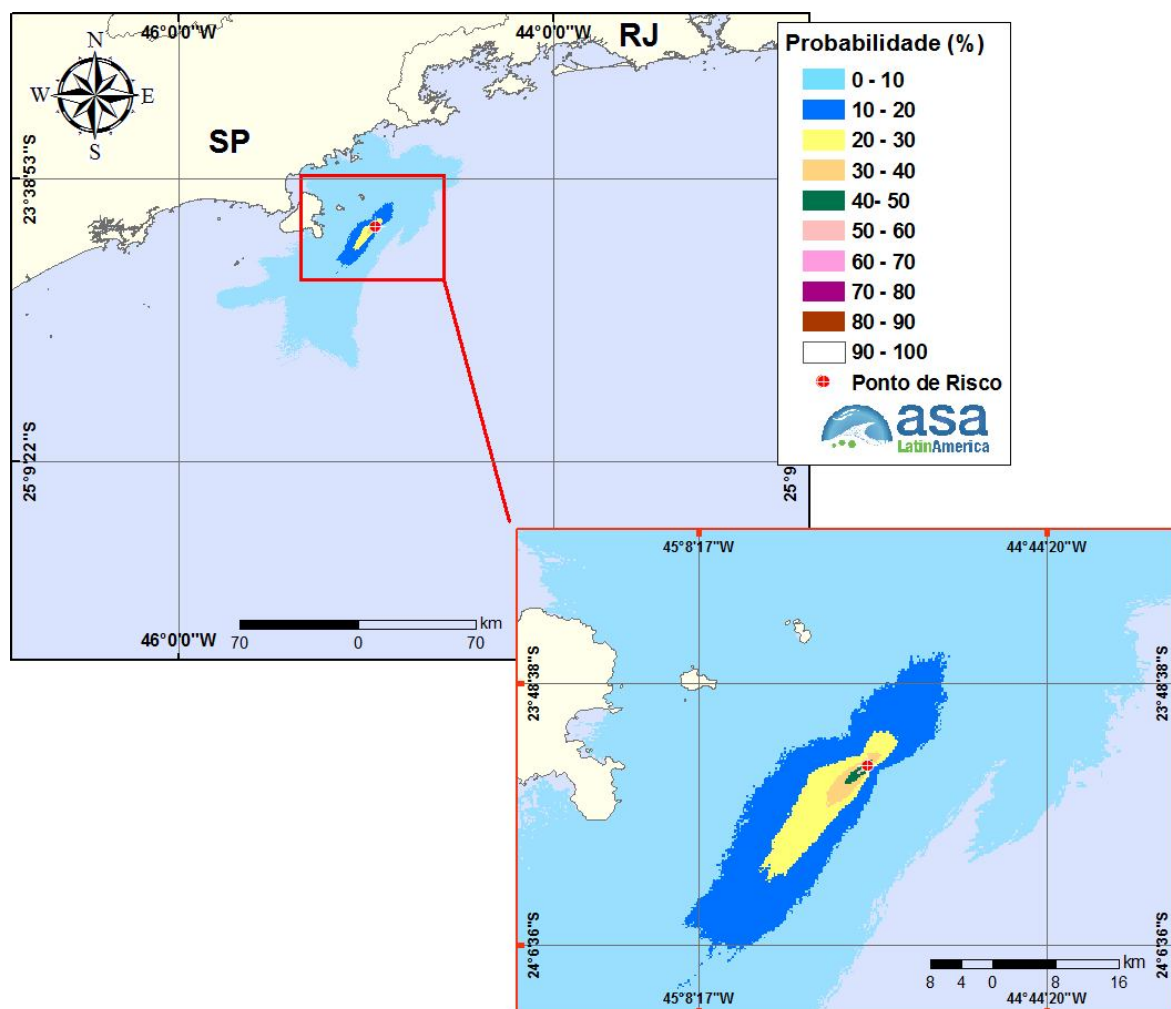


Figura III-3 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

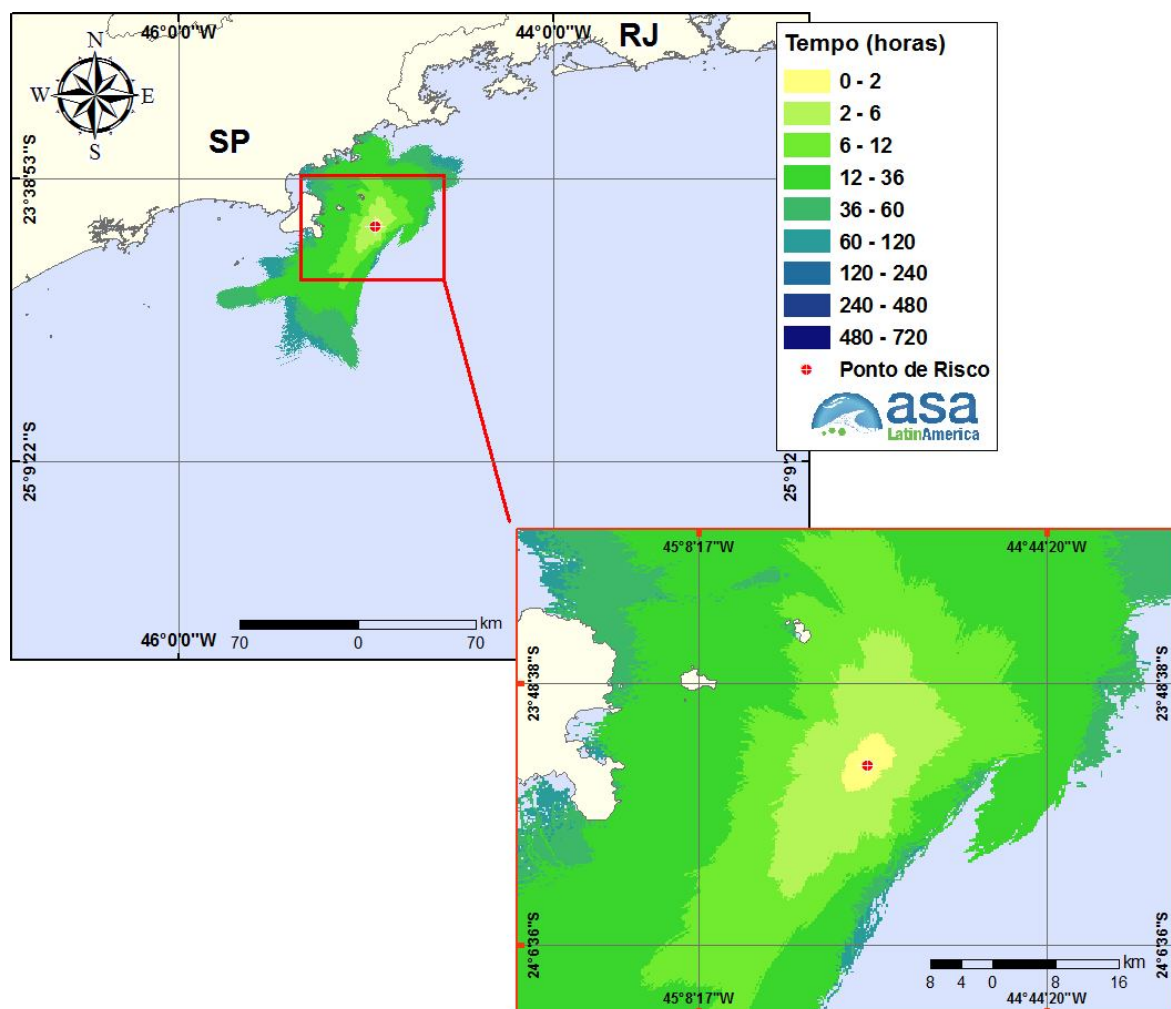


Figura III-4 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

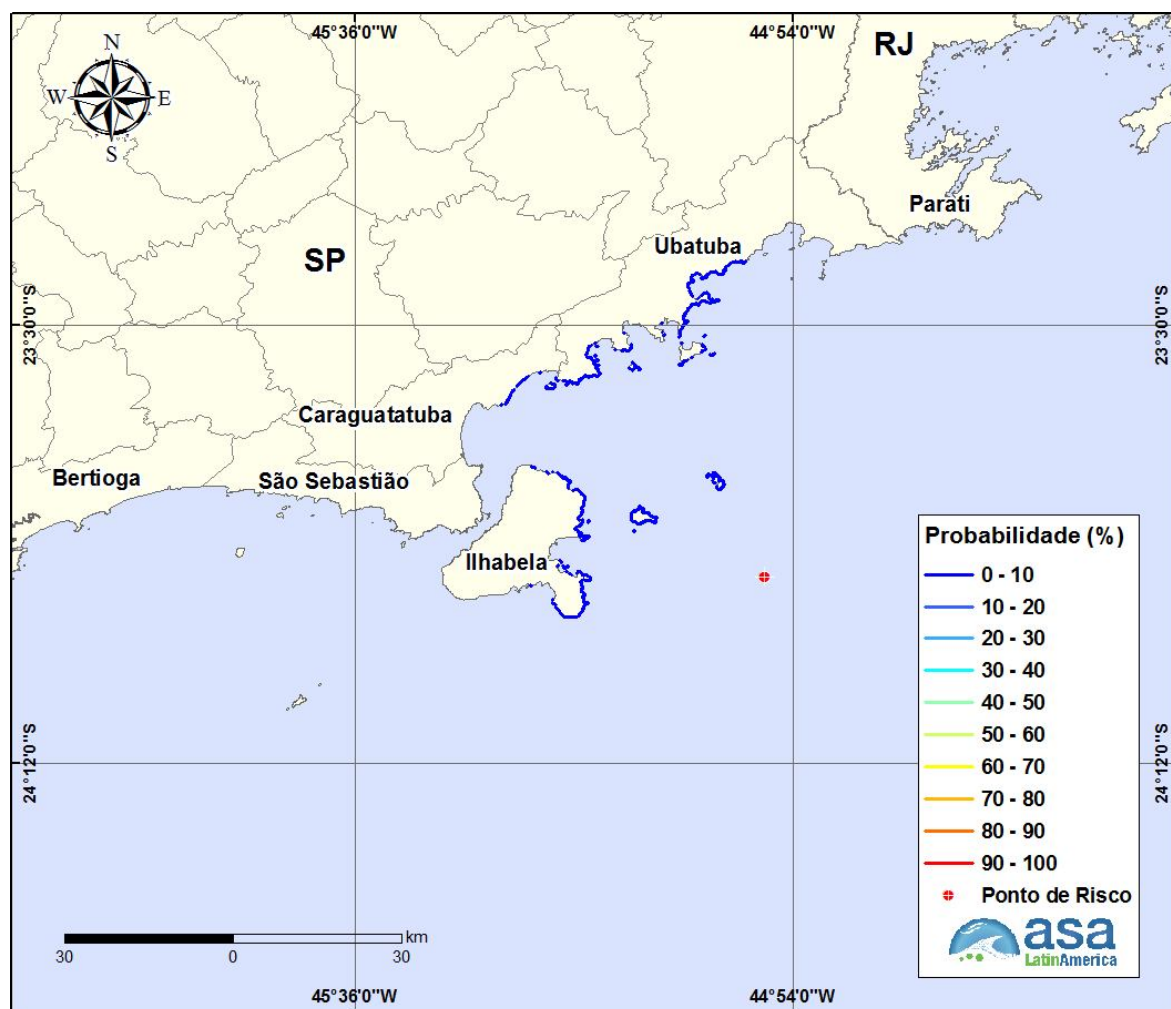


Figura III-5 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

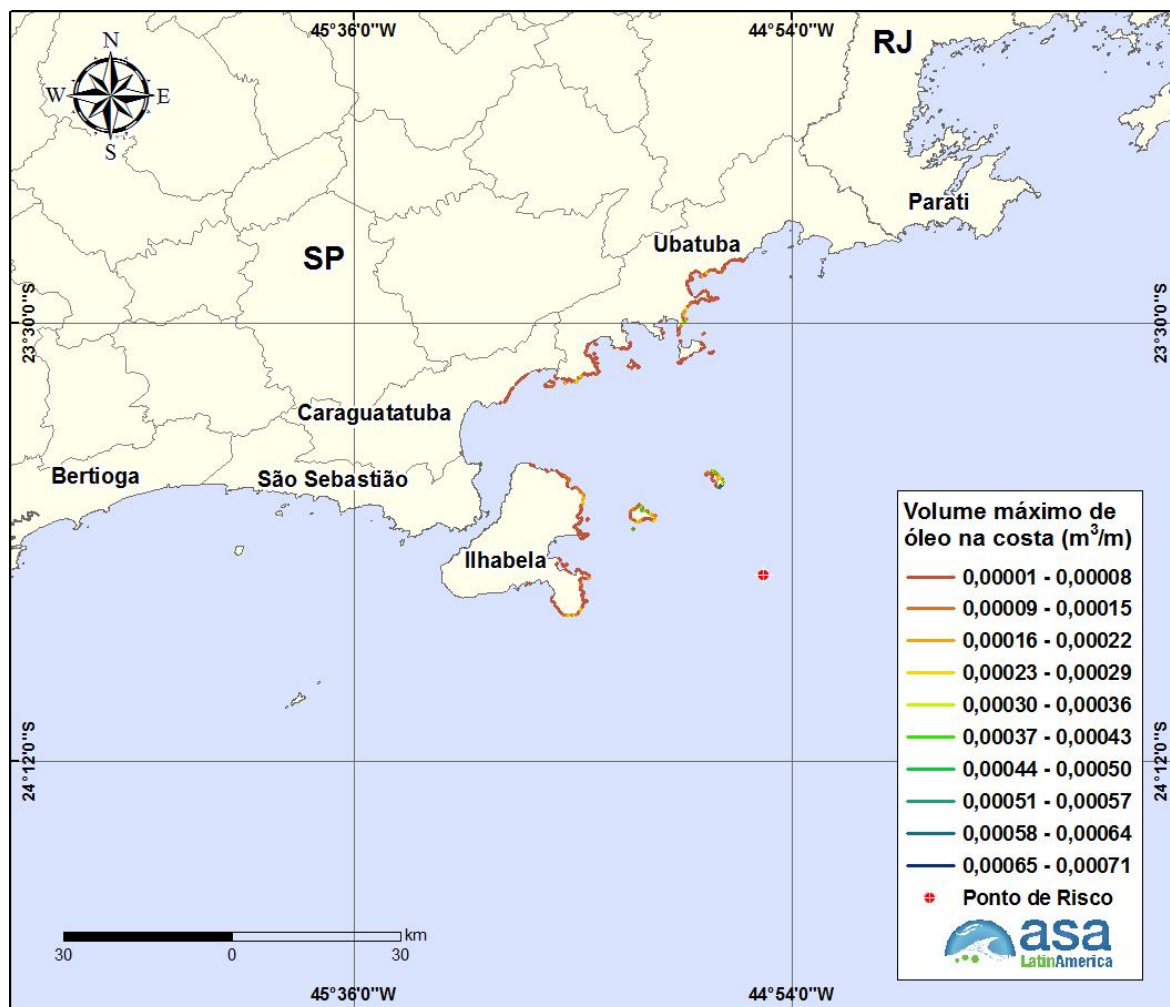


Figura III-6 - Cenário MEX_P2_8_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

Da Figura III-7 a Figura III-12 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de inverno, com derrame de volume pequeno (8,0 m³) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

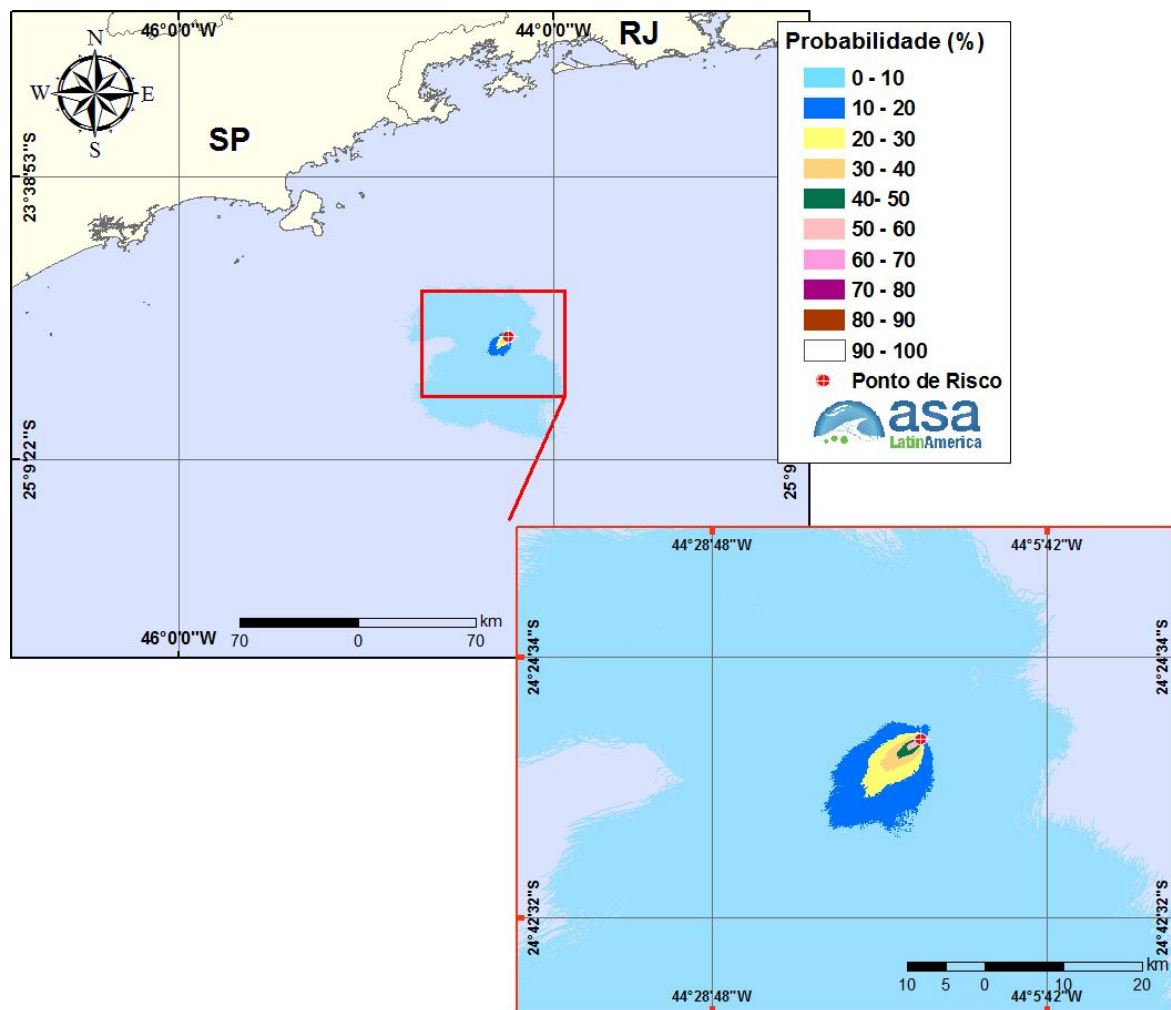


Figura III-7 - Cenário MEX_P1_8_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

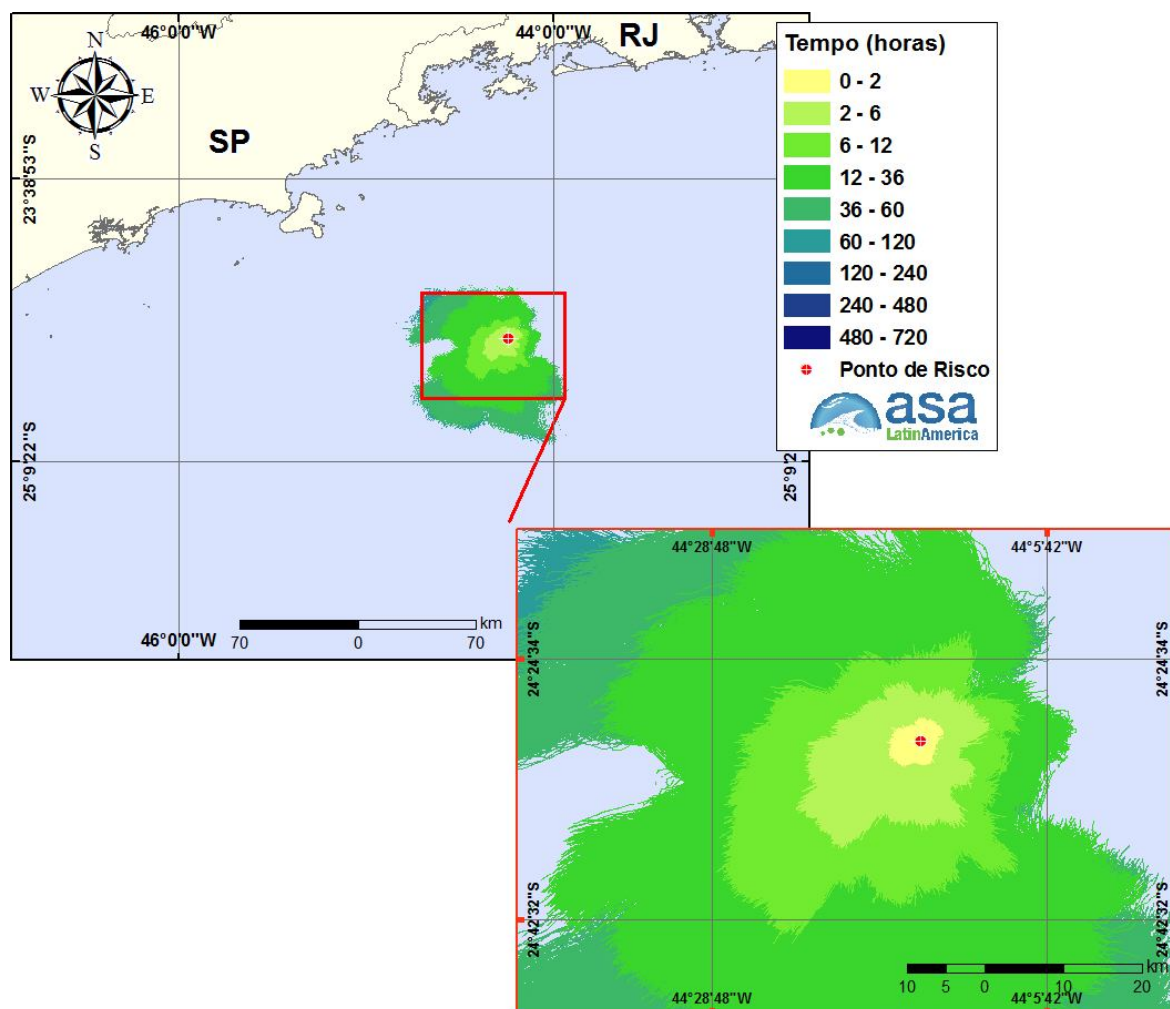


Figura III-8 - Cenário MEX_P1_8_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

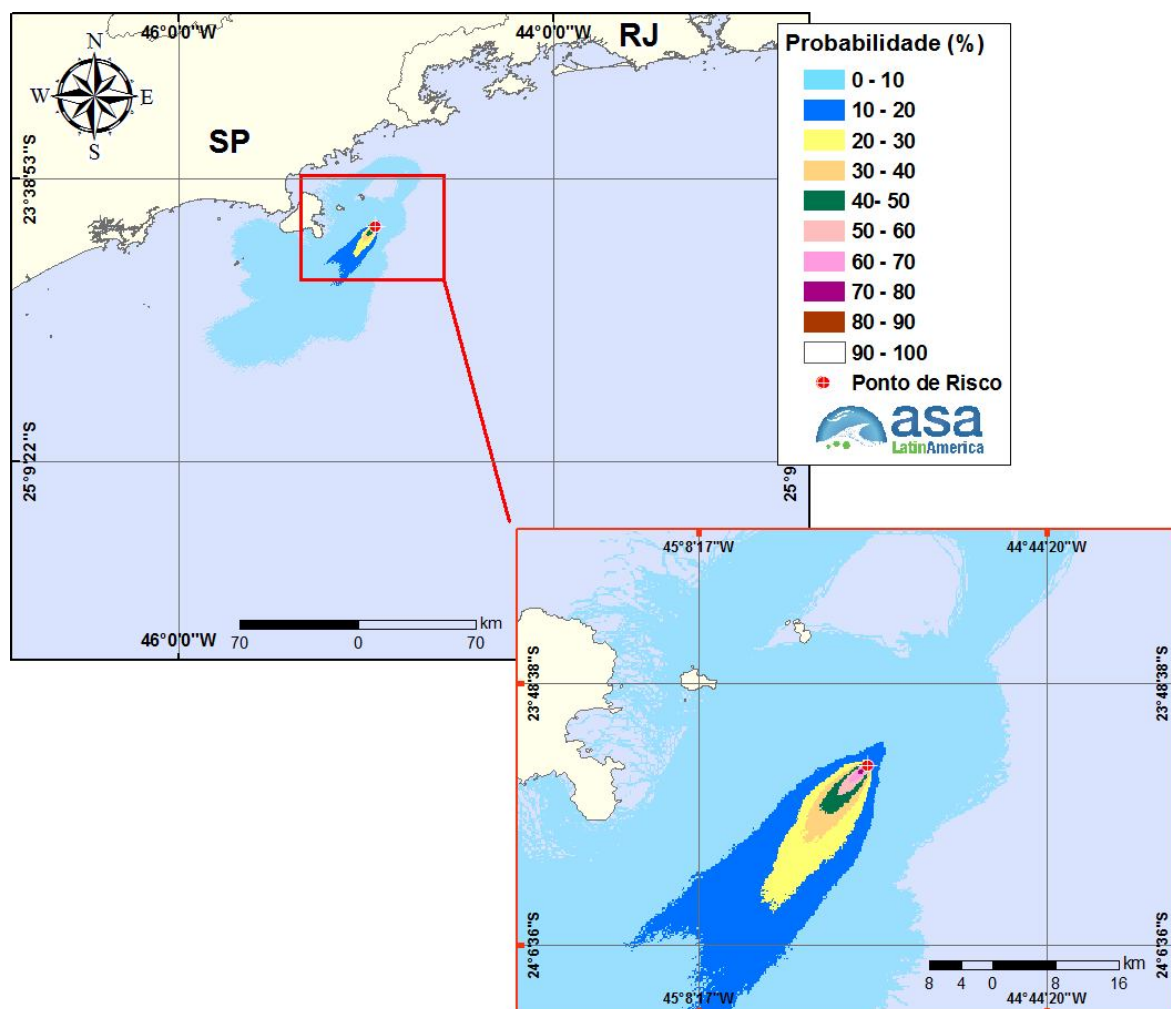


Figura III-9 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

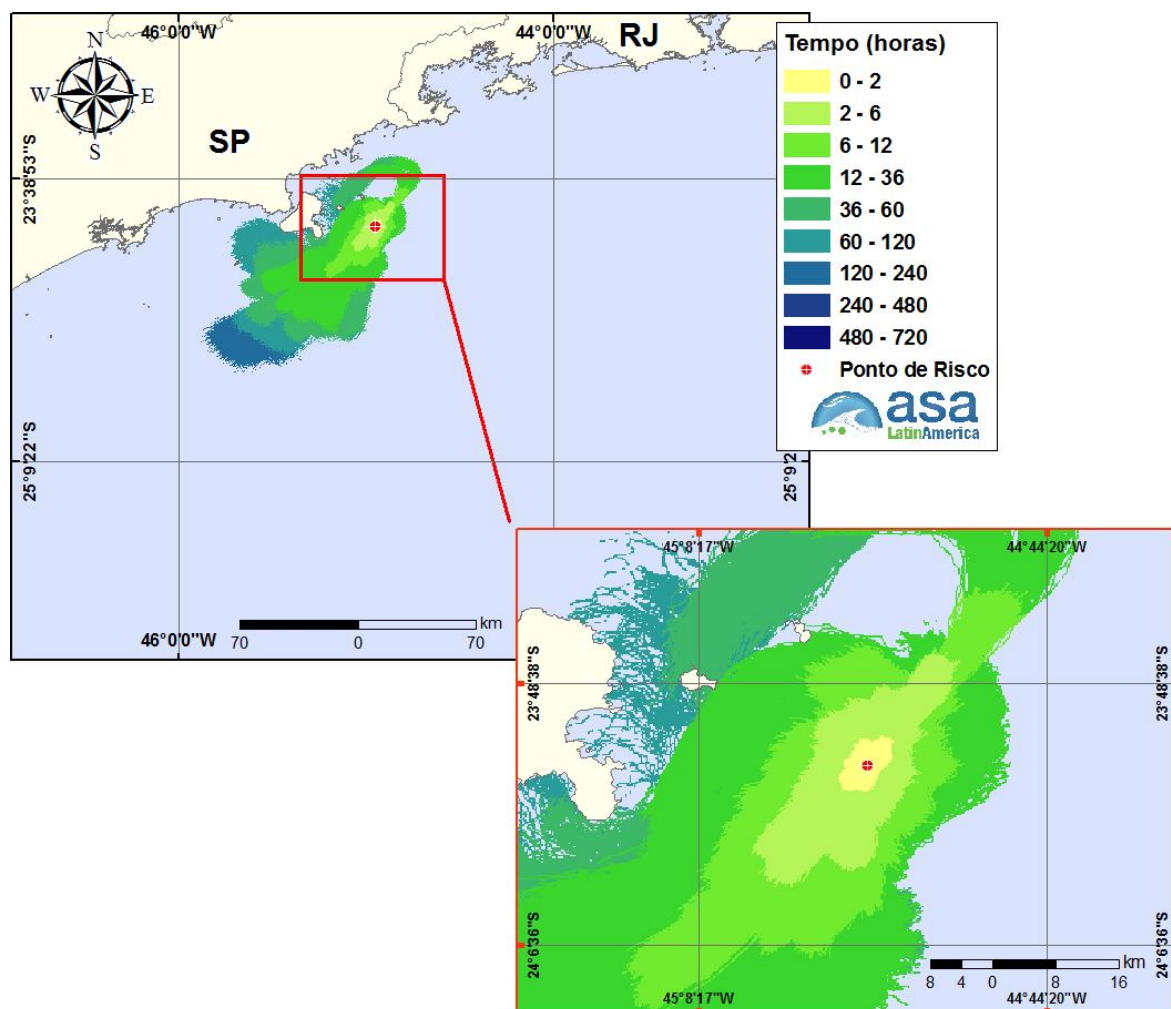


Figura III-10 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

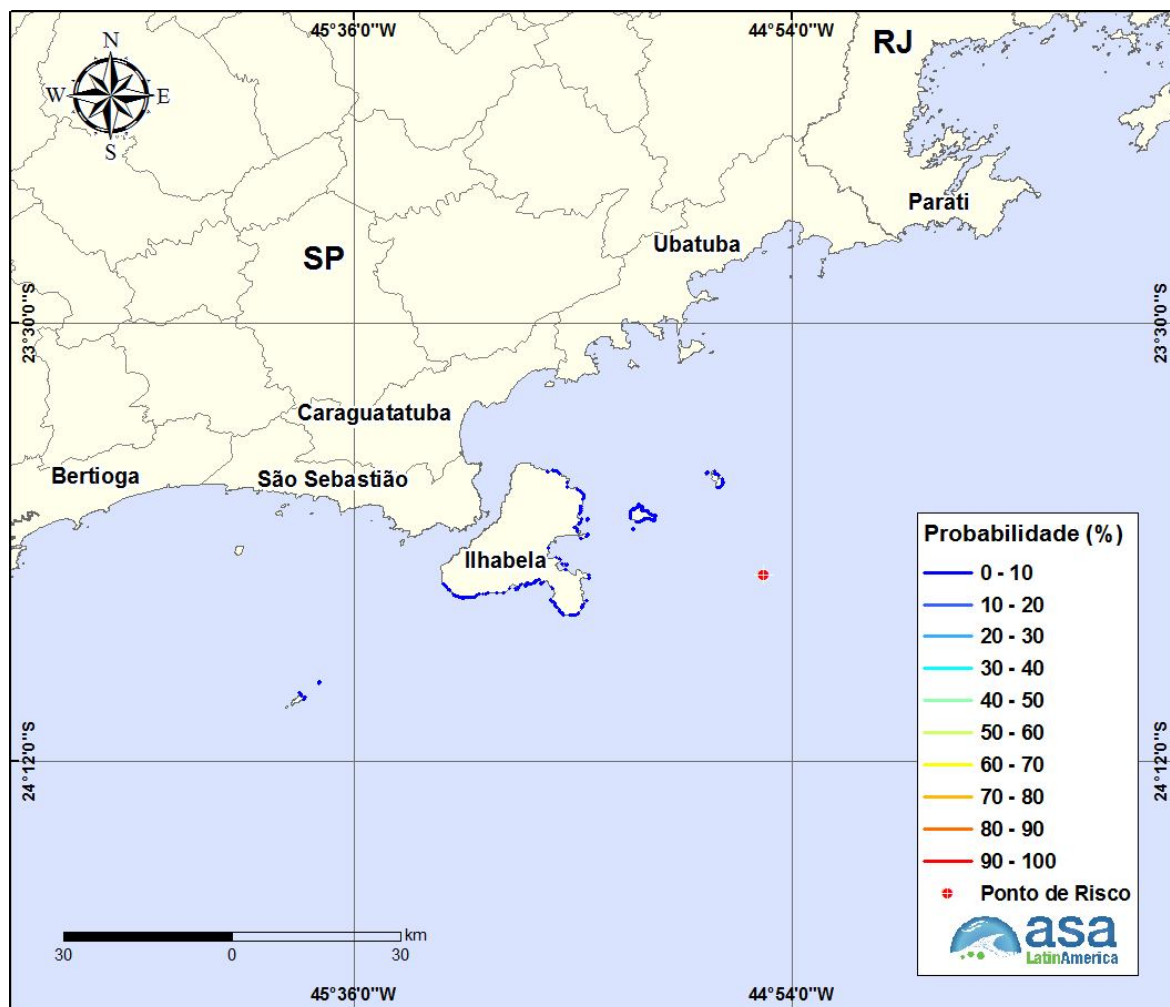


Figura III-11 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

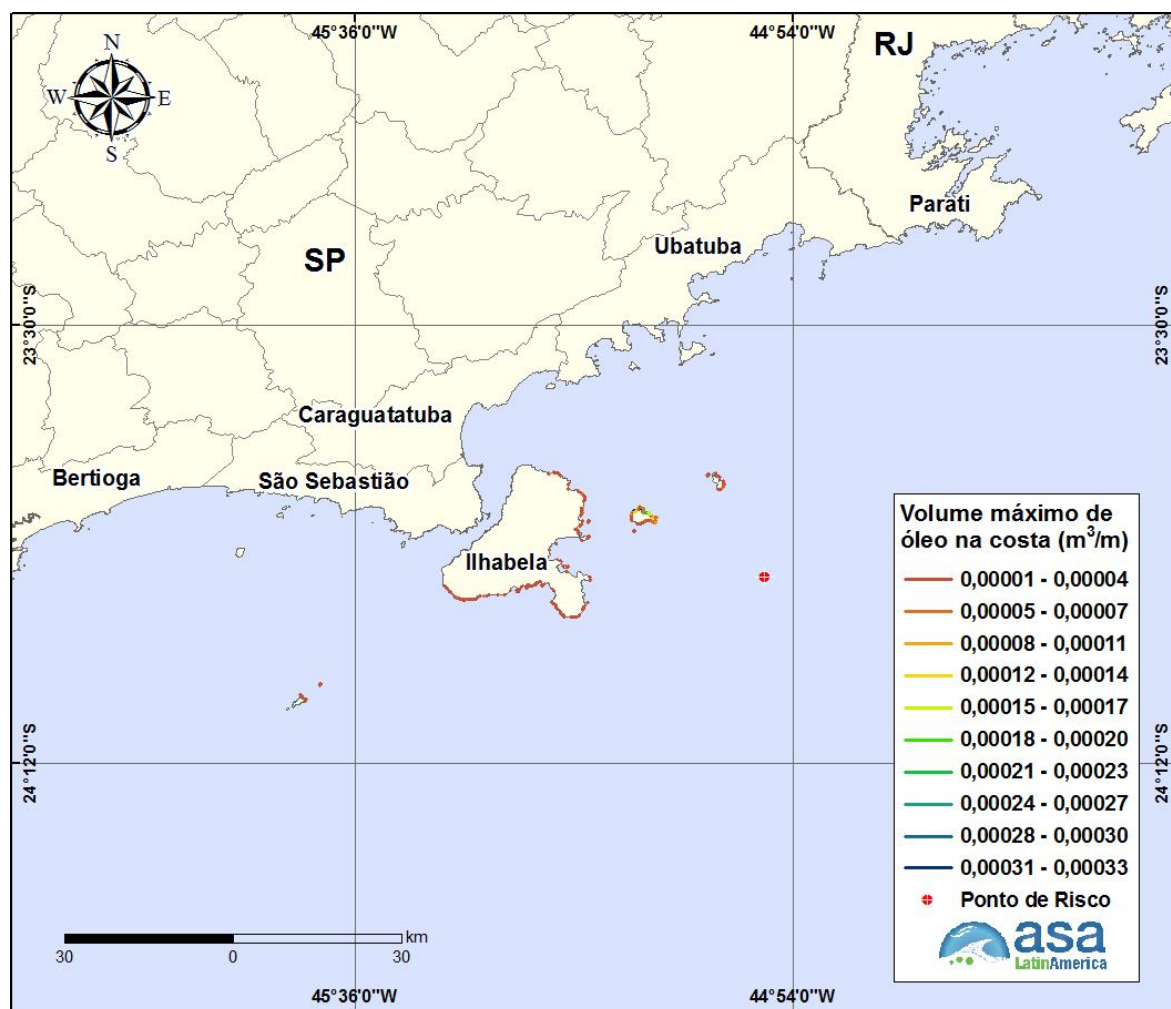


Figura III-12 - Cenário MEX_P2_8_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Tabela III-4 apresenta a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, para as simulações dos meses de verão e de inverno do ponto de risco P2, com derrame de volume pequeno ($8,0 \text{ m}^3$). Para ambas as condições sazonais simuladas, a Ilha da Vitória, pertencente o Município de Ilhabela (SP), destaca-se com o menor tempo de toque (9 horas para o verão e 15 horas para o inverno). A maior probabilidade (5%) e maior volume máximo de óleo por metro de costa ($0,00071 \text{ m}^3/\text{m}$) também foram obtidas para a Ilha da Vitória (Ilhabela – SP), durante a simulação de verão.

Tabela III-4 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno ($8,0 \text{ m}^3$), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)		TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)		MAXIMO VOLUME NA COSTA (m^3/m)	
		Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
SP	Ubatuba (Ilha não identificada)	1	N.A.	25	N.A.	0,00017	N.A.
	Ubatuba (Ilha Anchieta)	1	N.A.	26	N.A.	0,00004	N.A.
	Ubatuba (Ilha do Mar Virado)	1	N.A.	28	N.A.	0,00013	N.A.
	Ubatuba	1	N.A.	33	N.A.	0,00042	N.A.
	Caraguatatuba (Ilha Tamanduá)	1	N.A.	51	N.A.	0,00010	N.A.
	Caraguatatuba	1	N.A.	67	N.A.	0,00003	N.A.
	Ilhabela (Ilha da Vitória)	5	1	9	15	0,00071	0,00009
	Ilhabela (Ilha dos Búzios)	3	1	17	28	0,00057	0,00033
	Ilhabela (Ilha Sumitica)	1	1	21	73	0,00041	0,00001
	Ilhabela	1	1	27	43	0,00034	0,00006
	Ilhabela (Ilha não identificada)	1	1	65	67	0,00001	0,00003
	São Sebastião (Arquipélago de Alcatrazes)	N.A.	1	N.A.	69	N.A.	0,00005

N.A. = não aplicável (não há probabilidade de toque na costa).

III.1.2 Simulações Probabilísticas – Volume Médio

Para o P1, a menor distância do óleo com relação à costa foi obtida no cenário de inverno, 31,8 km em relação à Ilhabela, localizada no Estado de São Paulo. O menor tempo de toque na costa para o P2 foi de 9 horas, obtido para ambas as condições sazonais simuladas, na Ilha da Vitória pertencente ao Município de Ilhabela – SP. Da Figura III-13 a Figura III-18 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume médio ($200,0 \text{ m}^3$) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

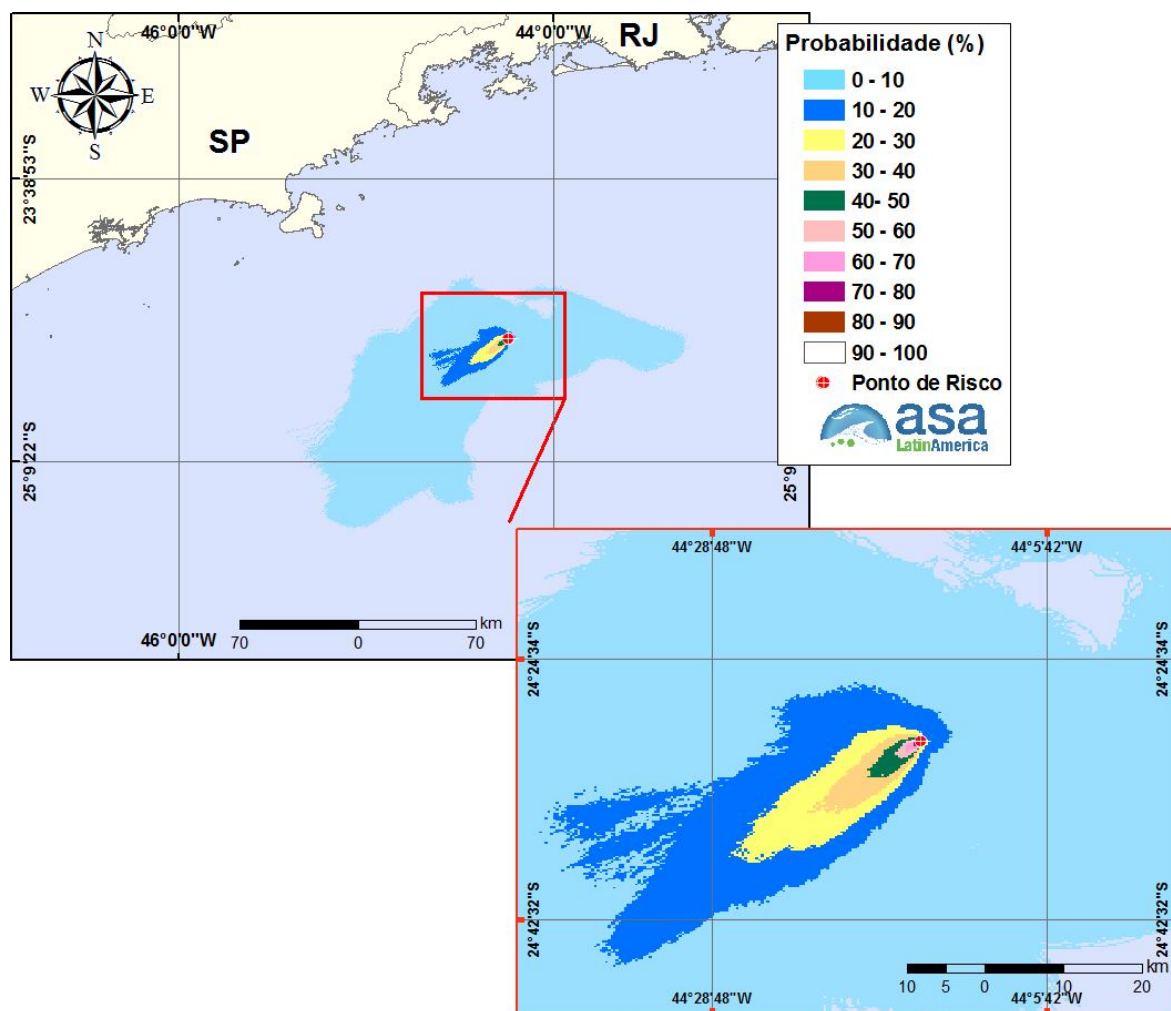


Figura III-13 - Cenário MEX_P1_200_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $200,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

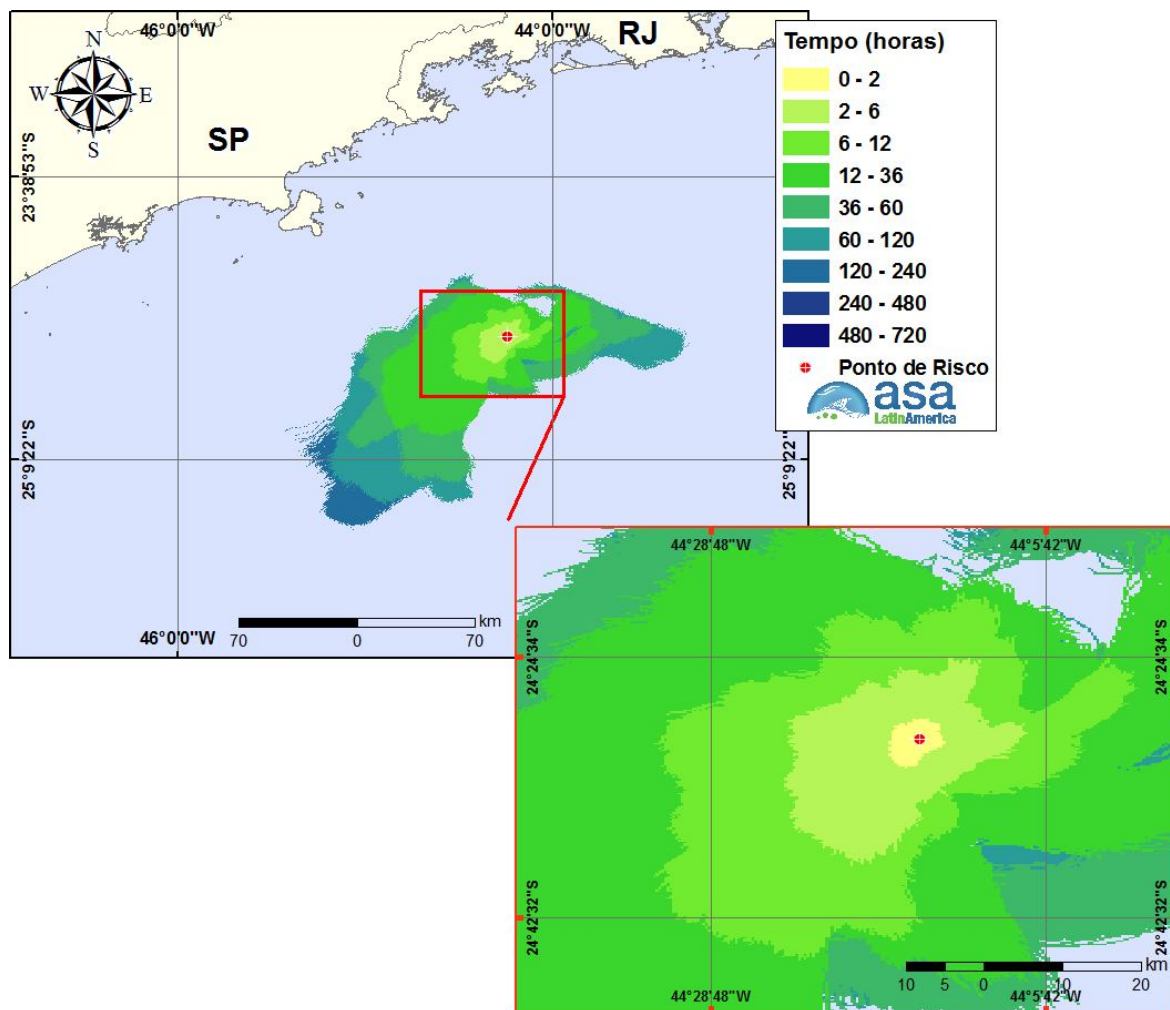


Figura III-14 - Cenário MEX_P1_200_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

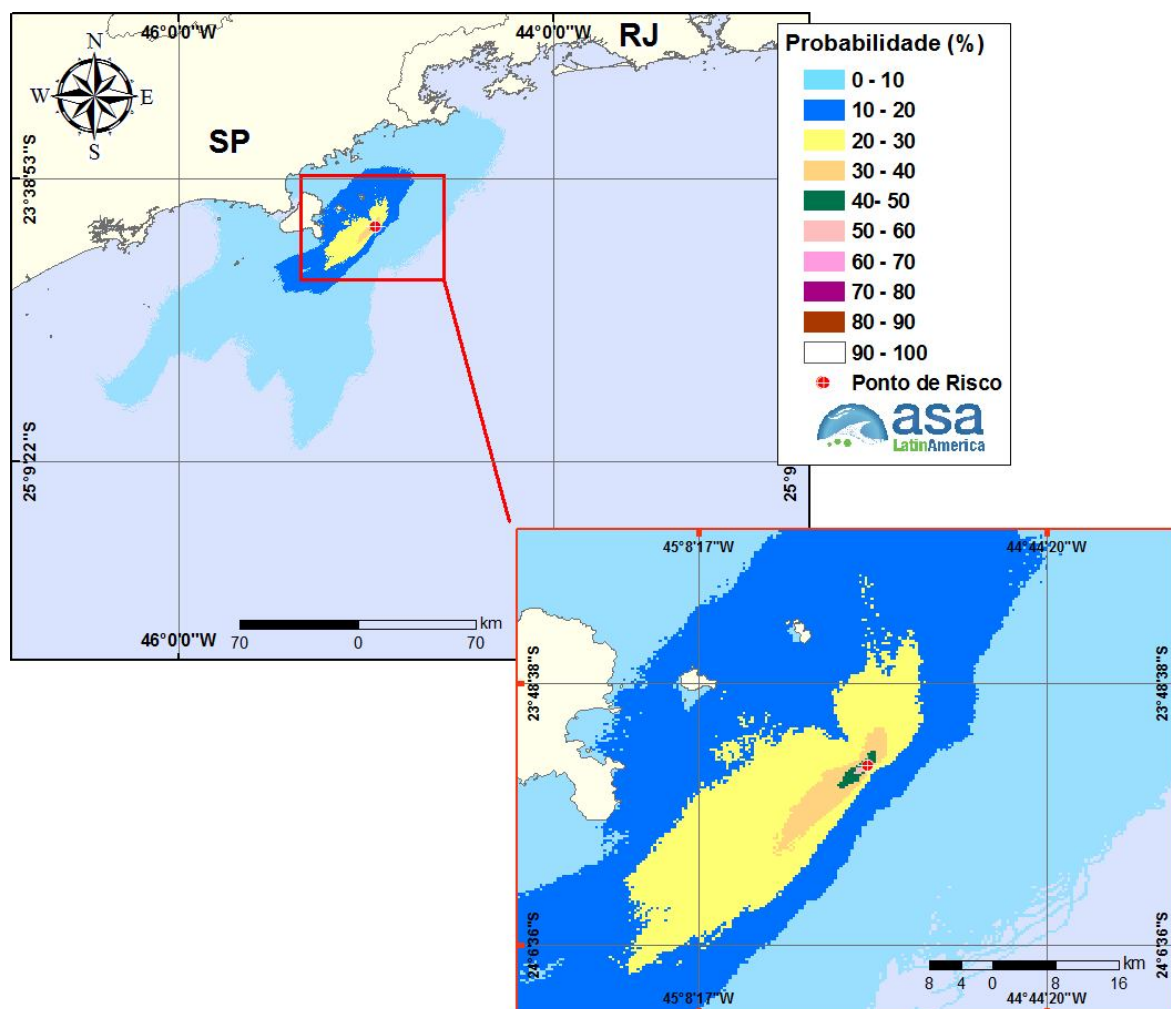


Figura III-15 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

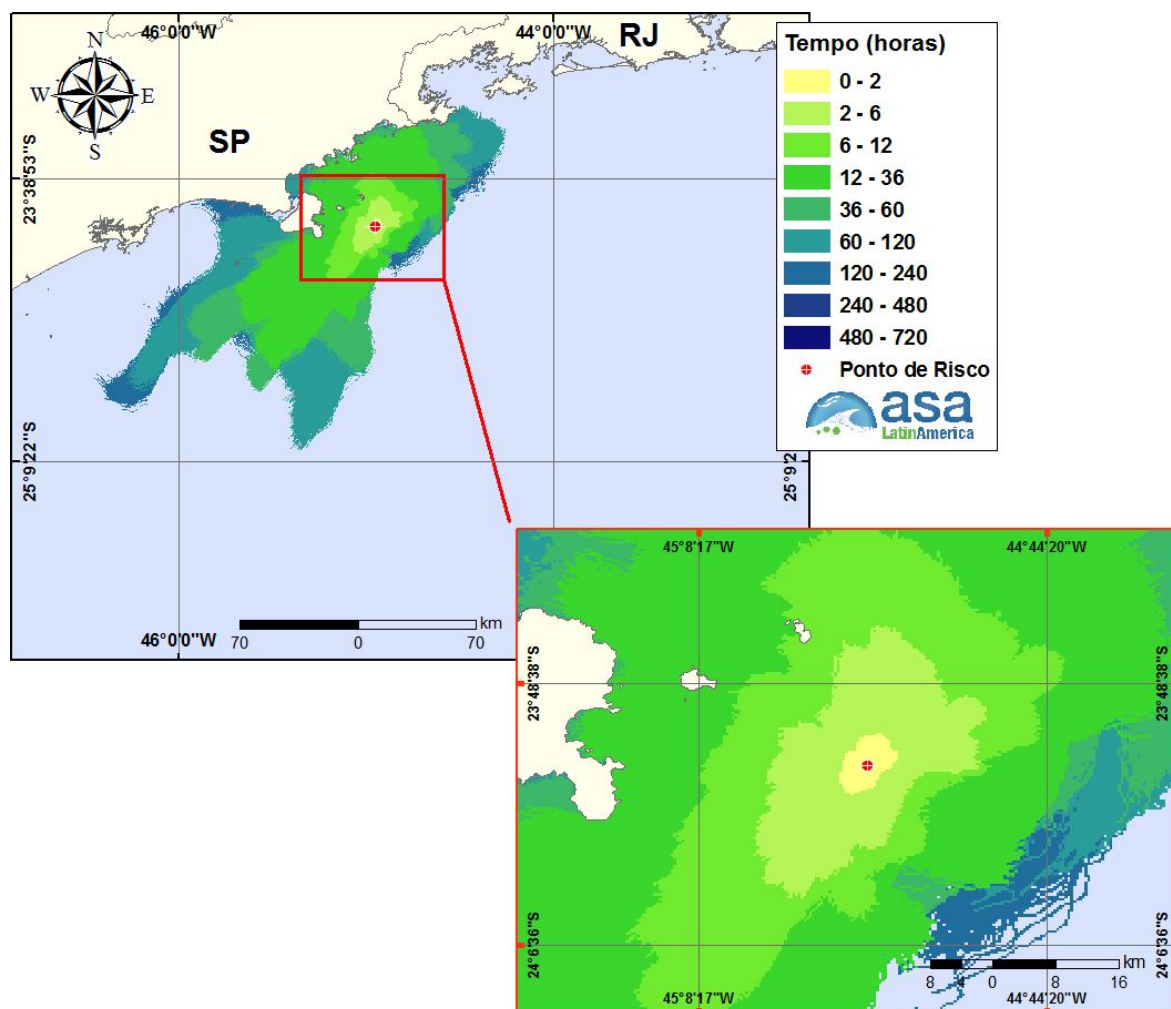


Figura III-16 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

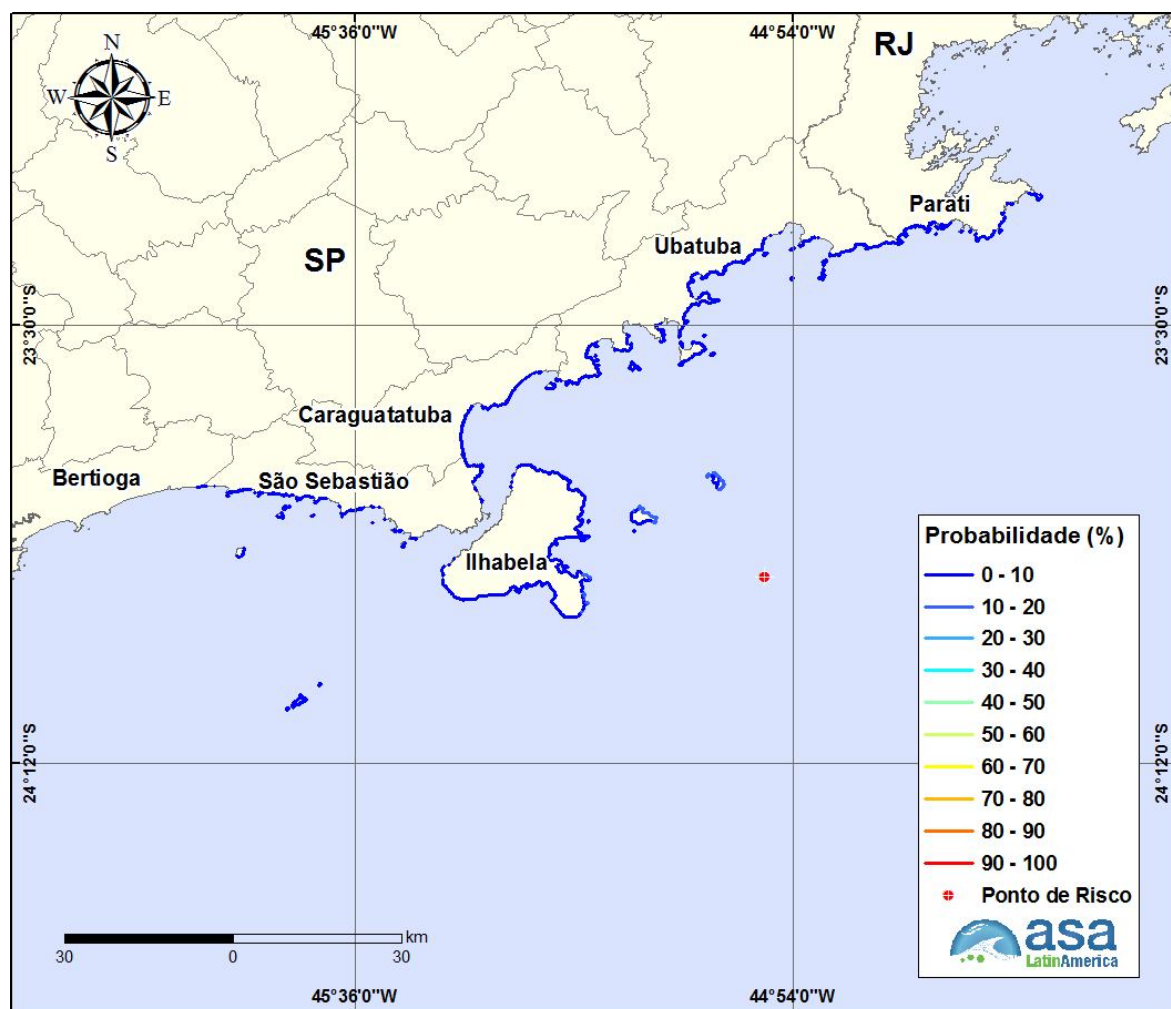


Figura III-17 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

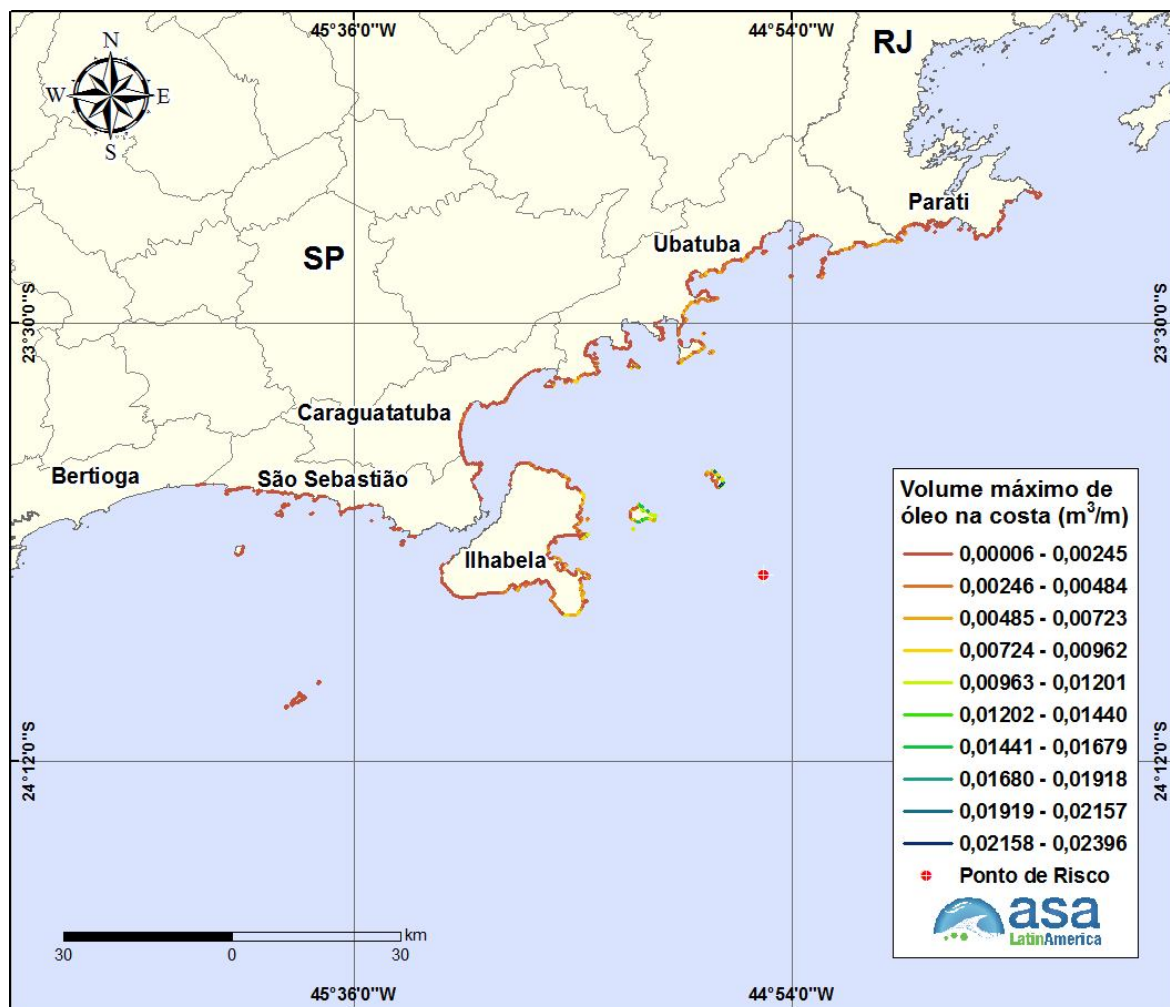


Figura III-18 - Cenário MEX_P2_200_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

Da Figura III-19 a Figura III-24 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de inverno, com derrame de volume médio (200,0 m³) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

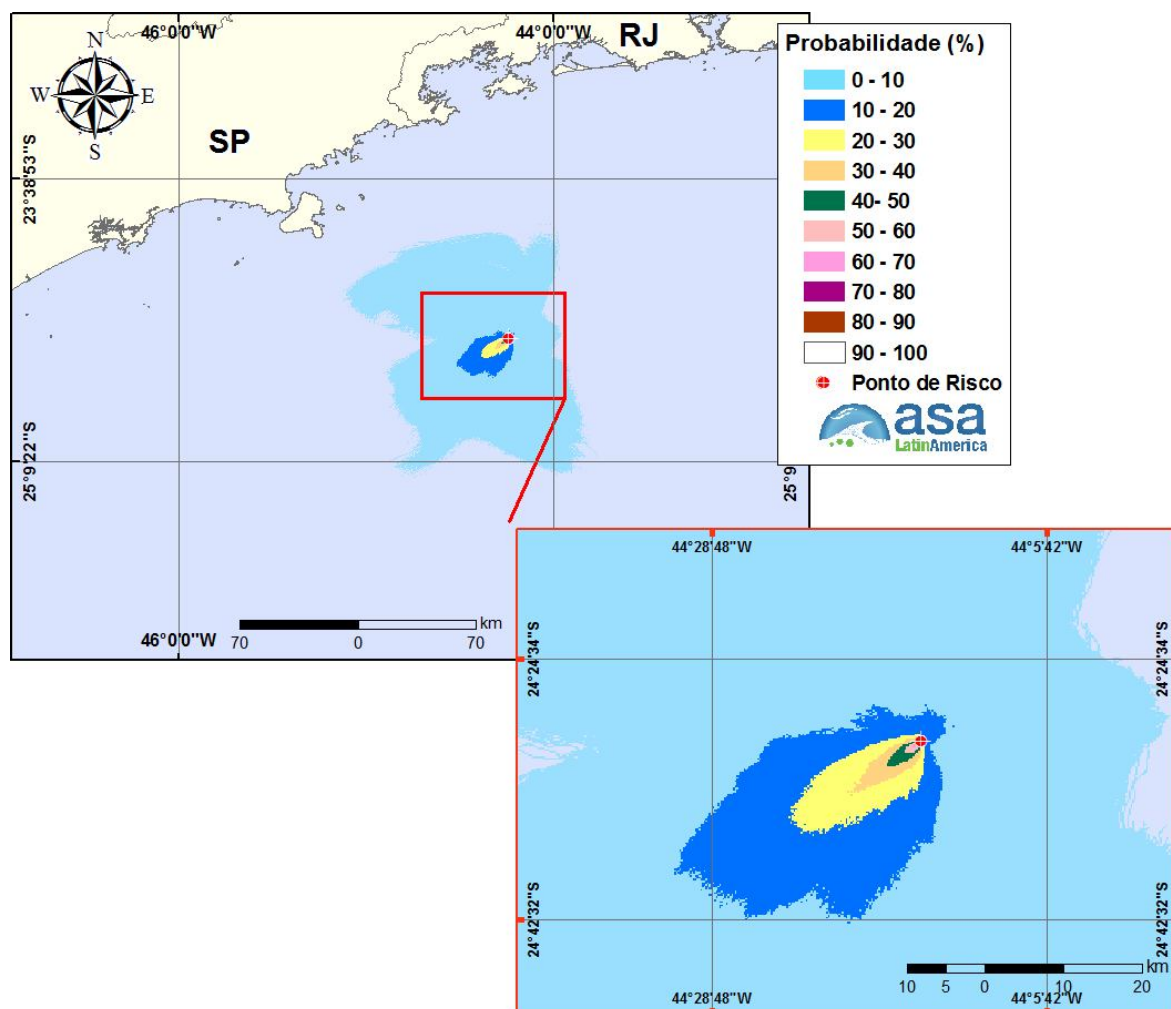


Figura III-19 - Cenário MEX_P1_200_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

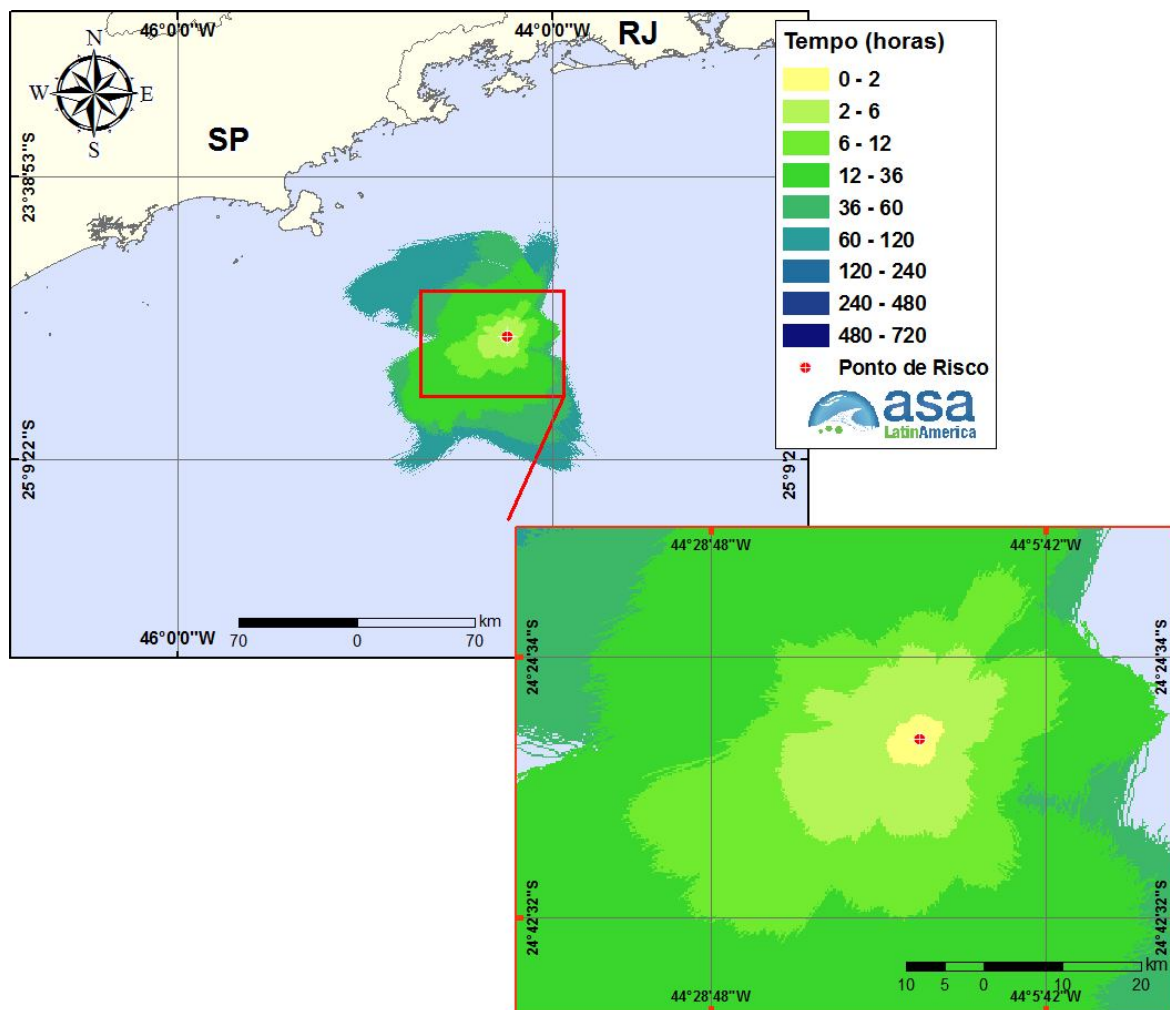


Figura III-20 - Cenário MEX_P1_200_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

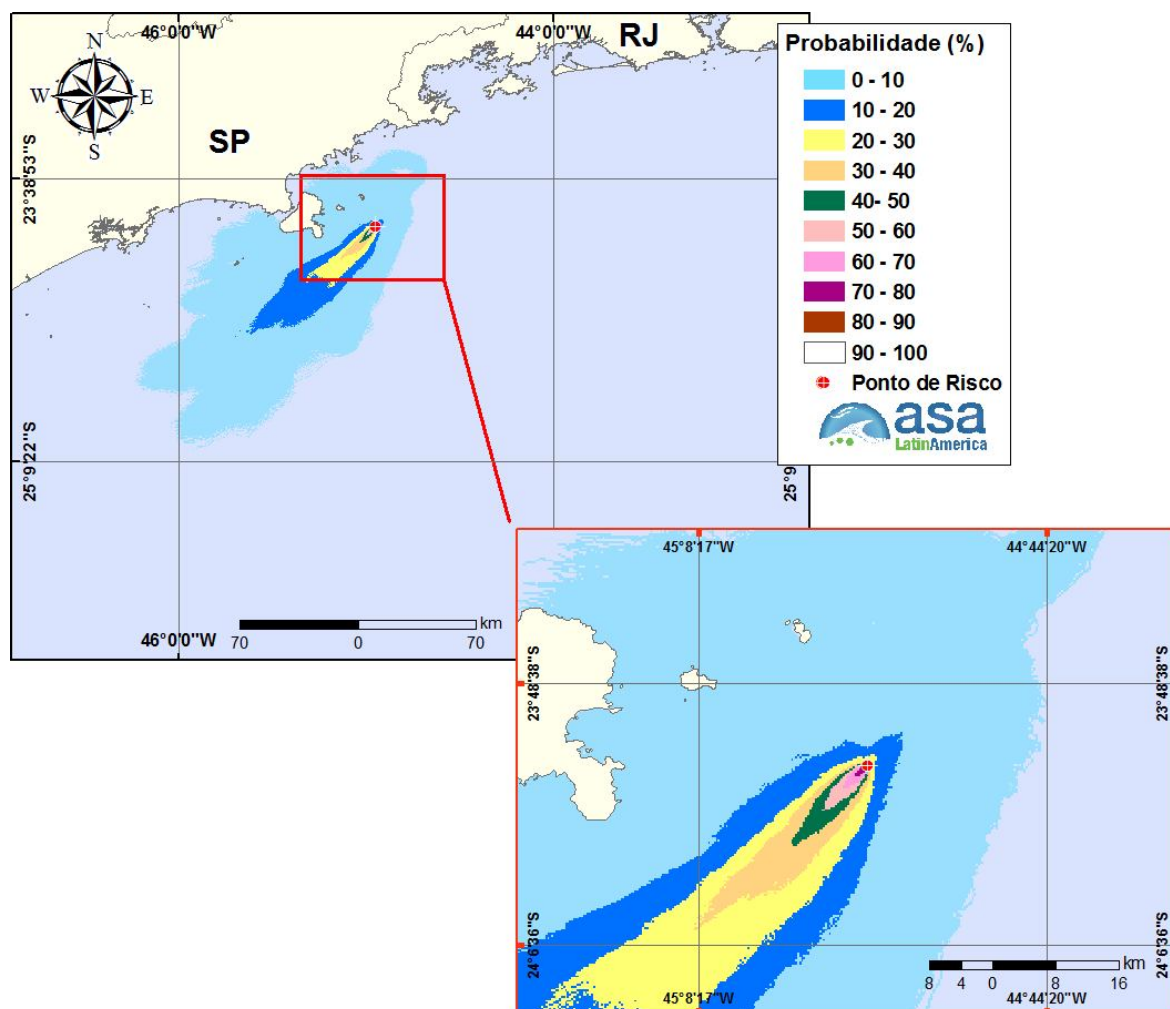


Figura III-21 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

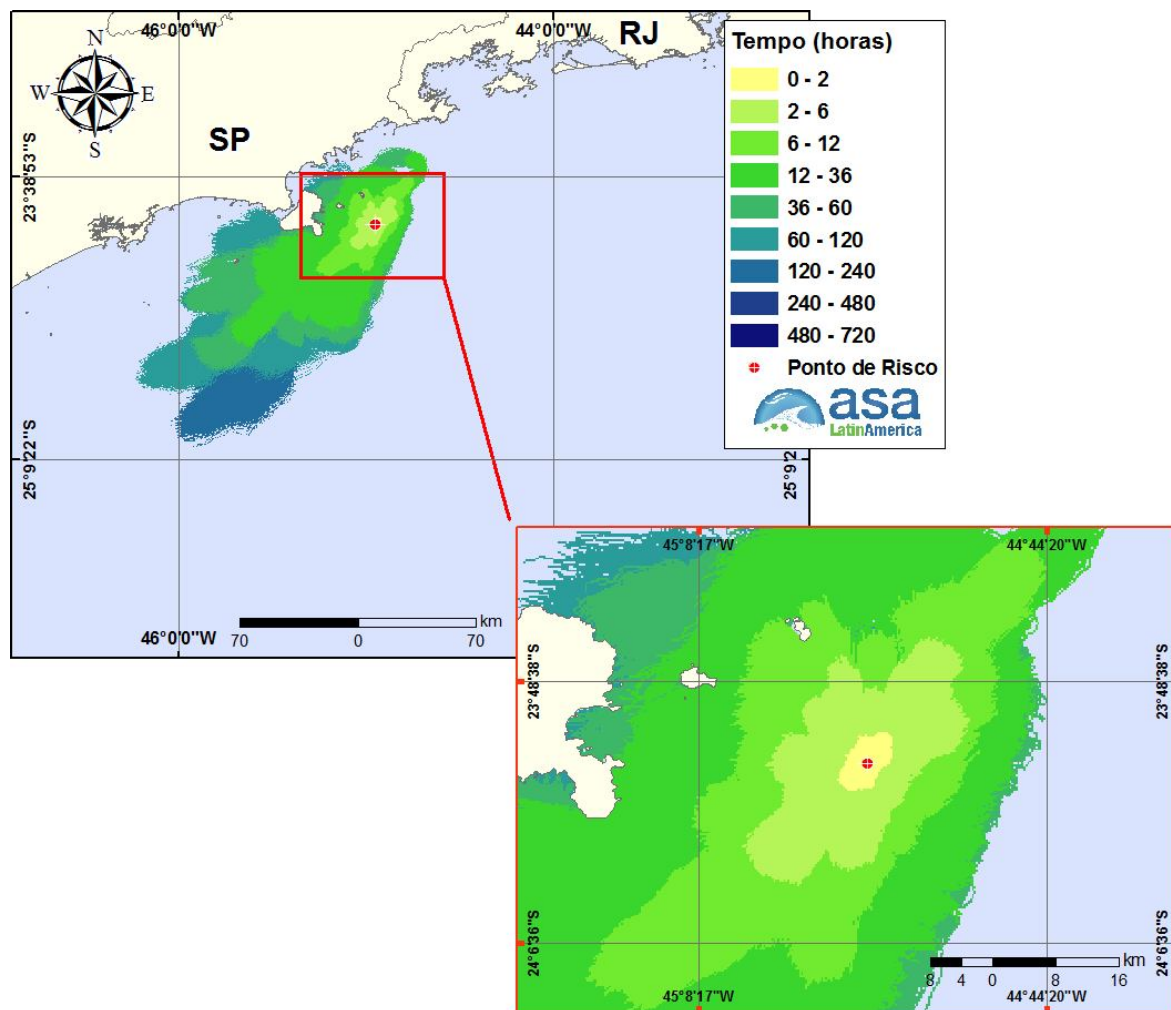


Figura III-22 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

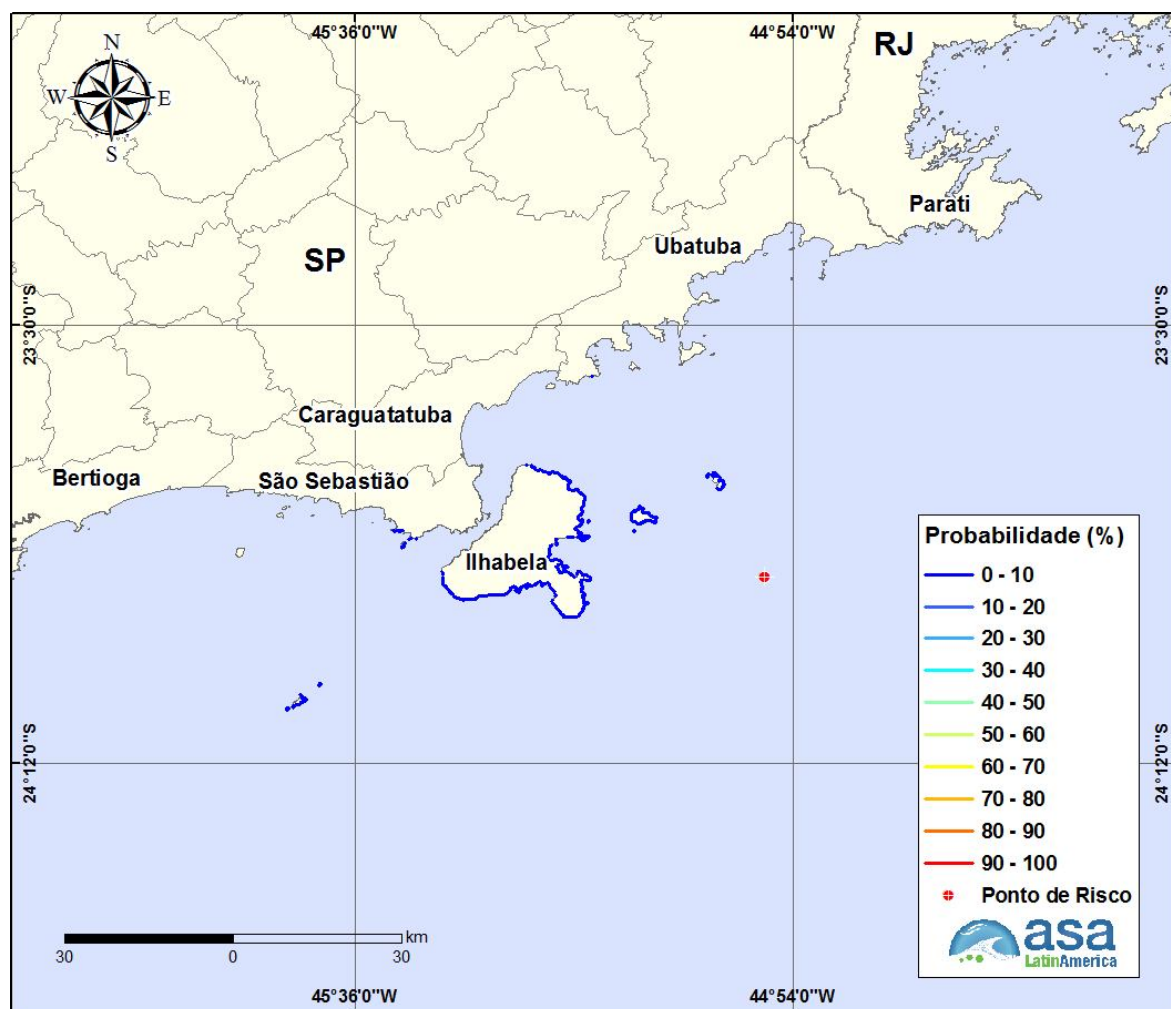


Figura III-23 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

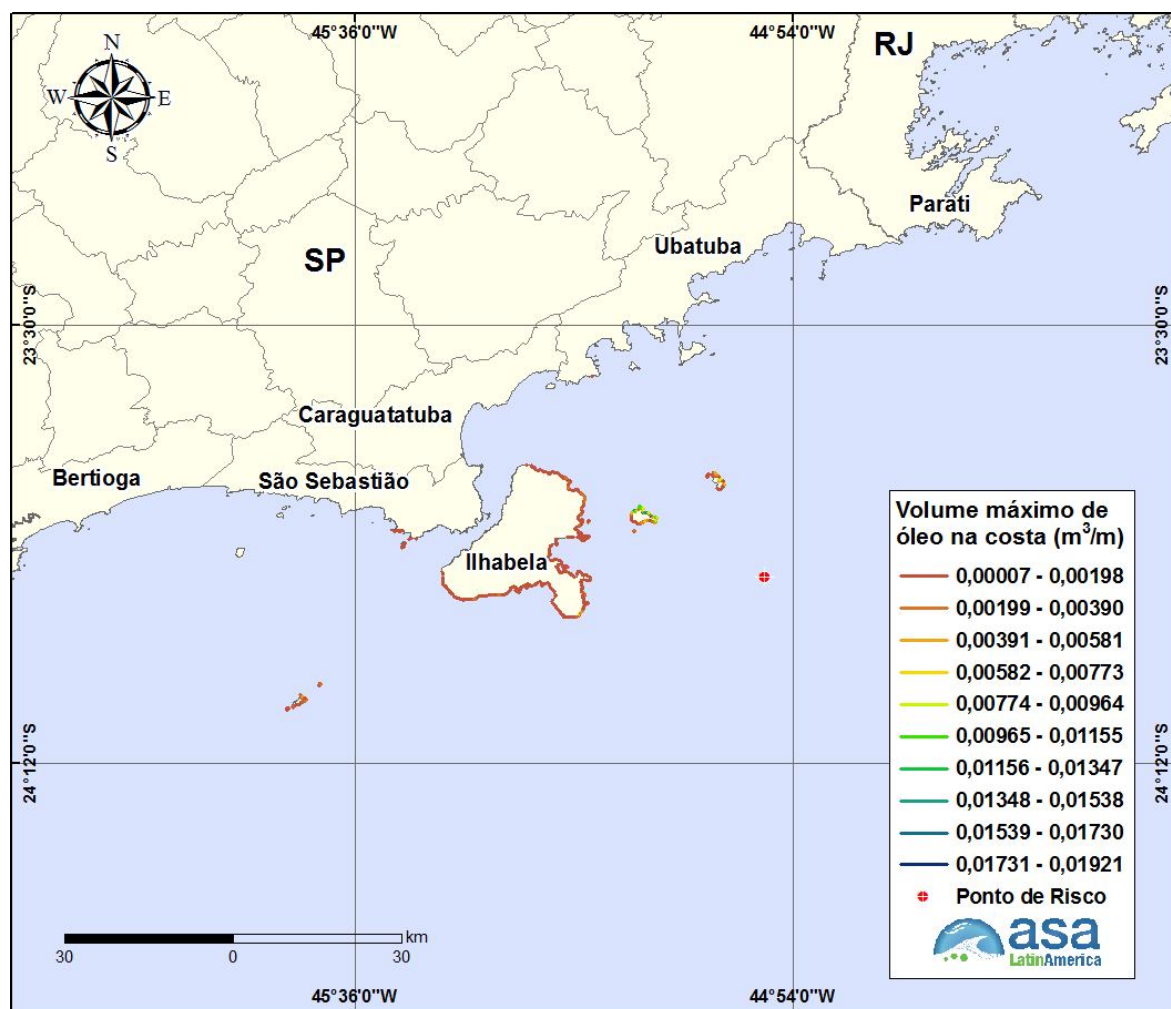


Figura III-24 - Cenário MEX_P2_200_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Tabela III-5 apresenta a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, para as simulações dos meses de verão e de inverno do ponto de risco P2, com derrame de volume médio (200,0 m³). Para ambas as condições sazonais simuladas, a Ilha da Vitória, pertencente ao Município de Ilhabela (SP), destaca-se com o menor tempo de toque (9 horas para o verão e inverno). A maior probabilidade de toque na costa (18%) foi encontrada para a Ilha dos Búzios, pertencente ao Município de Ilhabela (SP), e o maior volume

máximo de óleo por metro de costa (0,02396 m³/m) foi obtido para a Ilha da Vitória (Ilhabela – SP), durante a simulação de verão.

Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio (200,0 m³), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)		TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)		MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)	
		Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
RJ	Parati (Ilha não identificada)	1	N.A.	39	N.A.	0,00261	N.A.
	Parati	1	N.A.	37	N.A.	0,00776	N.A.
SP	Ubatuba (Ilha das Couves)	1	N.A.	28	N.A.	0,00575	N.A.
	Ubatuba (Ilha Comprida)	1	N.A.	41	N.A.	0,00173	N.A.
	Ubatuba (Ilha não identificada)	2	N.A.	20	N.A.	0,01199	N.A.
	Ubatuba (Ilha Anchieta)	2	N.A.	22	N.A.	0,00786	N.A.
	Ubatuba (Ilha do Mar Virado)	1	N.A.	27	N.A.	0,01350	N.A.
	Ubatuba	1	1	29	115	0,00819	0,00010
	Caraguatatuba (Ilha Tamanduá)	1	N.A.	36	N.A.	0,00685	N.A.
	Caraguatatuba	1	N.A.	42	N.A.	0,00383	N.A.
	Ilhabela (Ilha da Vitória)	17	1	9	9	0,02396	0,0082
	Ilhabela (Ilha dos Búzios)	18	5	15	15	0,01858	0,01921
	Ilhabela (Ilha Sumitica)	10	2	20	17	0,01082	0,00243
	Ilhabela (Ilha não identificada)	10	1	34	41	0,00677	0,00098
	Ilhabela	13	4	25	23	0,01178	0,00635
	São Sebastião (Arquipélago de Alcatrazes)	2	2	79	41	0,00211	0,00439
	São Sebastião (Ilha do Toque Toque)	1	1	121	86	0,00013	0,00016
	São Sebastião (Ilha não identificada)	1	N.A.	122	N.A.	0,00113	N.A.
	São Sebastião	1	1	66	86	0,00087	0,00016
	Bertioga	1	N.A.	145	N.A.	0,00006	N.A.

N.A. = não aplicável (não há probabilidade de toque na costa).

III.1.3 Simulações Probabilísticas – Volume Pior Caso

Para o P1, a menor distância do óleo com relação à costa foi obtida no cenário de inverno, 26,8 km em relação à Ilhabela, localizada no Estado de São Paulo. O menor tempo de toque na costa para o P2 foi de 7 horas, obtido durante o período de verão, na Ilha da Vitória pertencente ao Município de Ilhabela – SP. Da Figura III-25 a Figura III-30 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume de pior caso (12.509 m³ para o P1 e 640 m³ para o P2) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

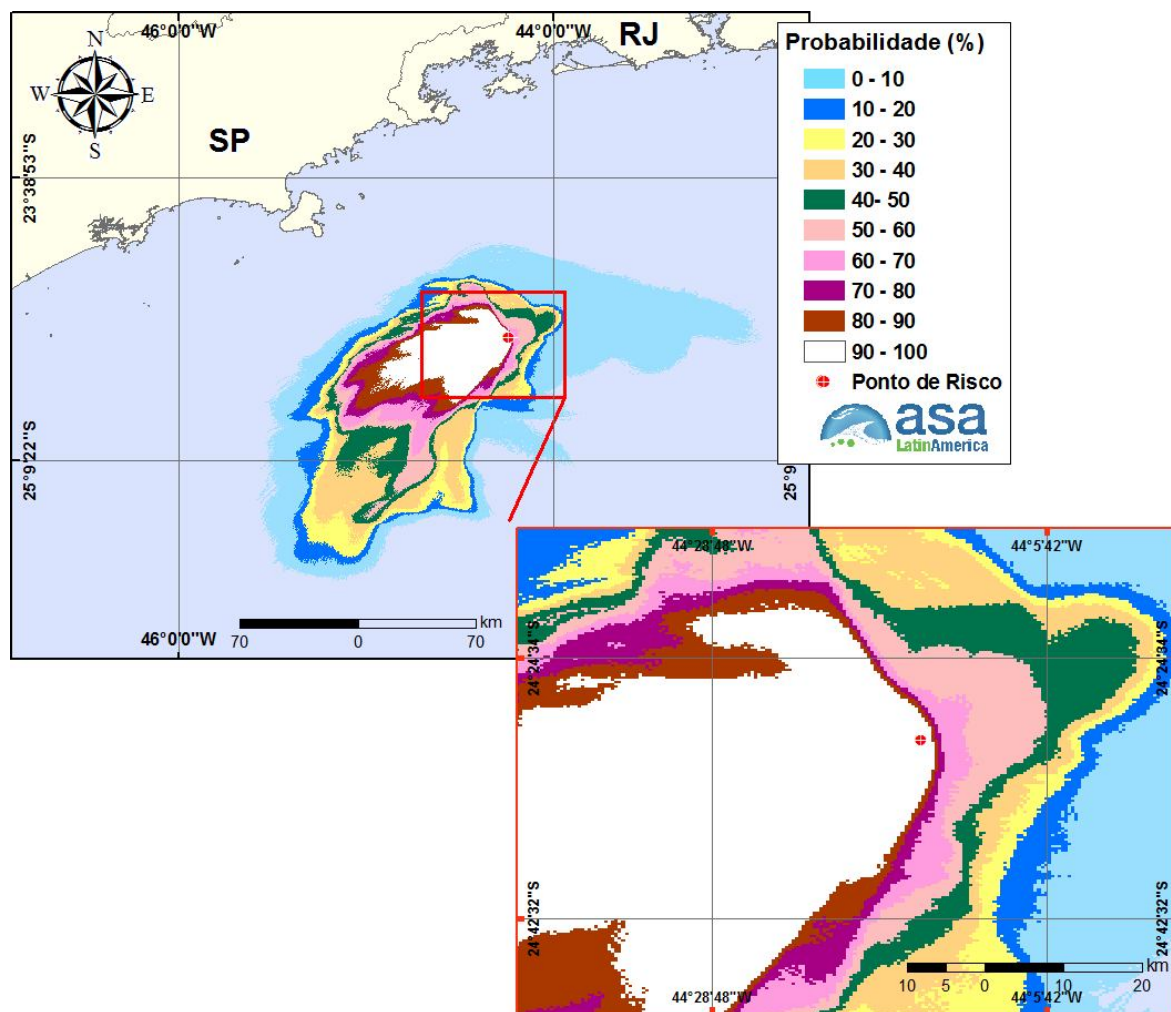


Figura III-25 - Cenário MEX_P1_PC_VER_60D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 12.509,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

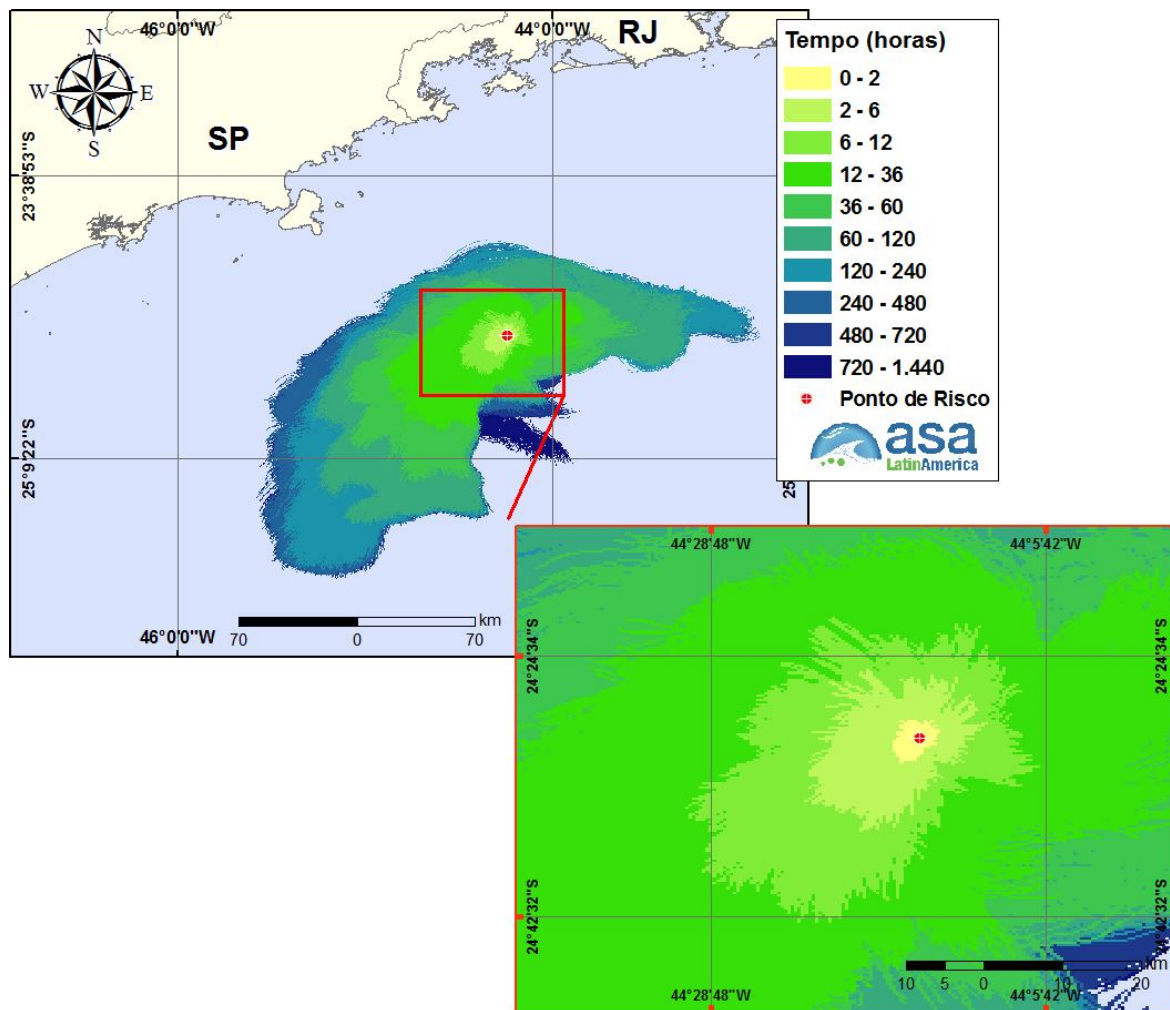


Figura III-26 - Cenário MEX_P1_PC_VER_60D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 12.509,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.

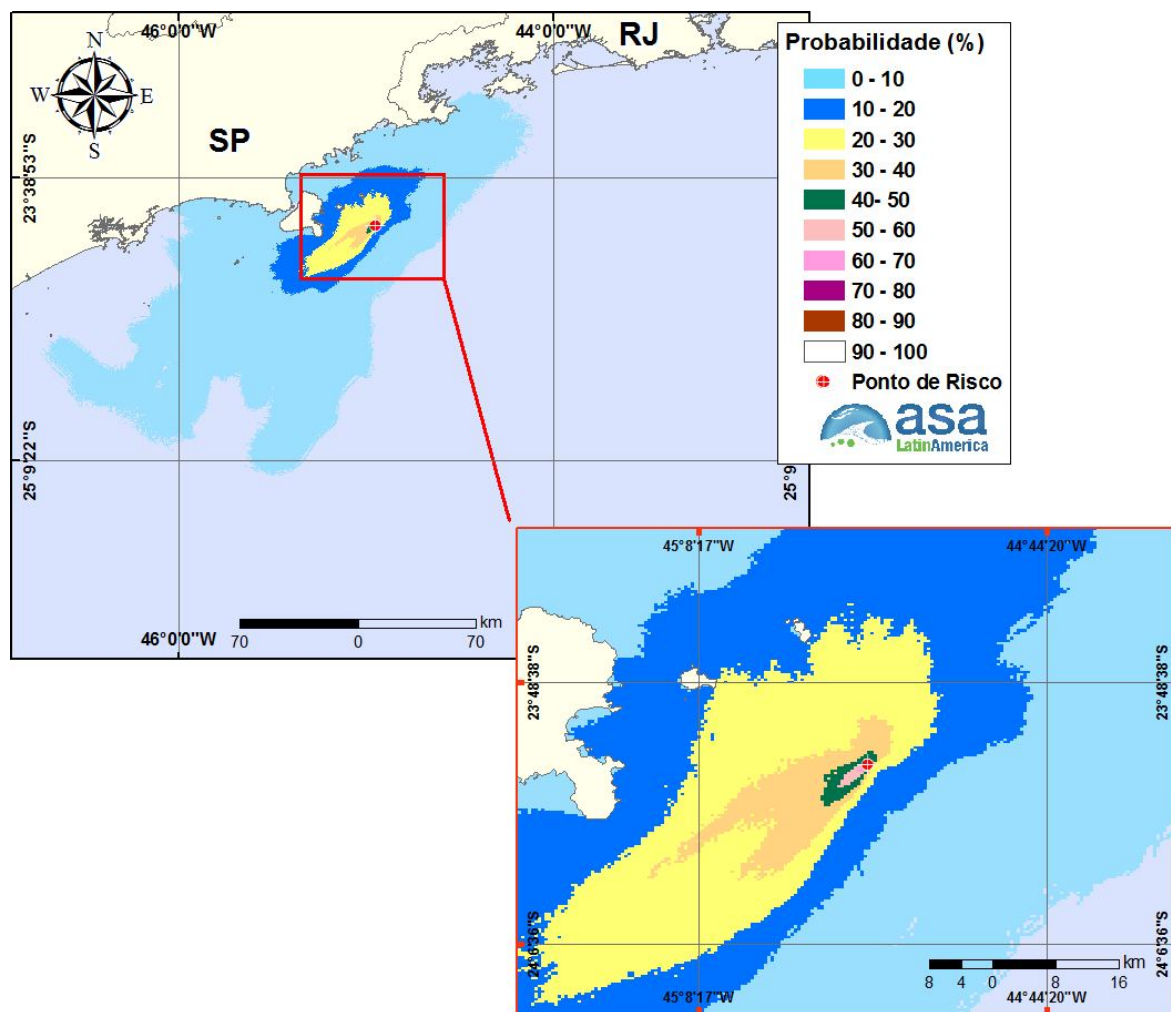


Figura III-27 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

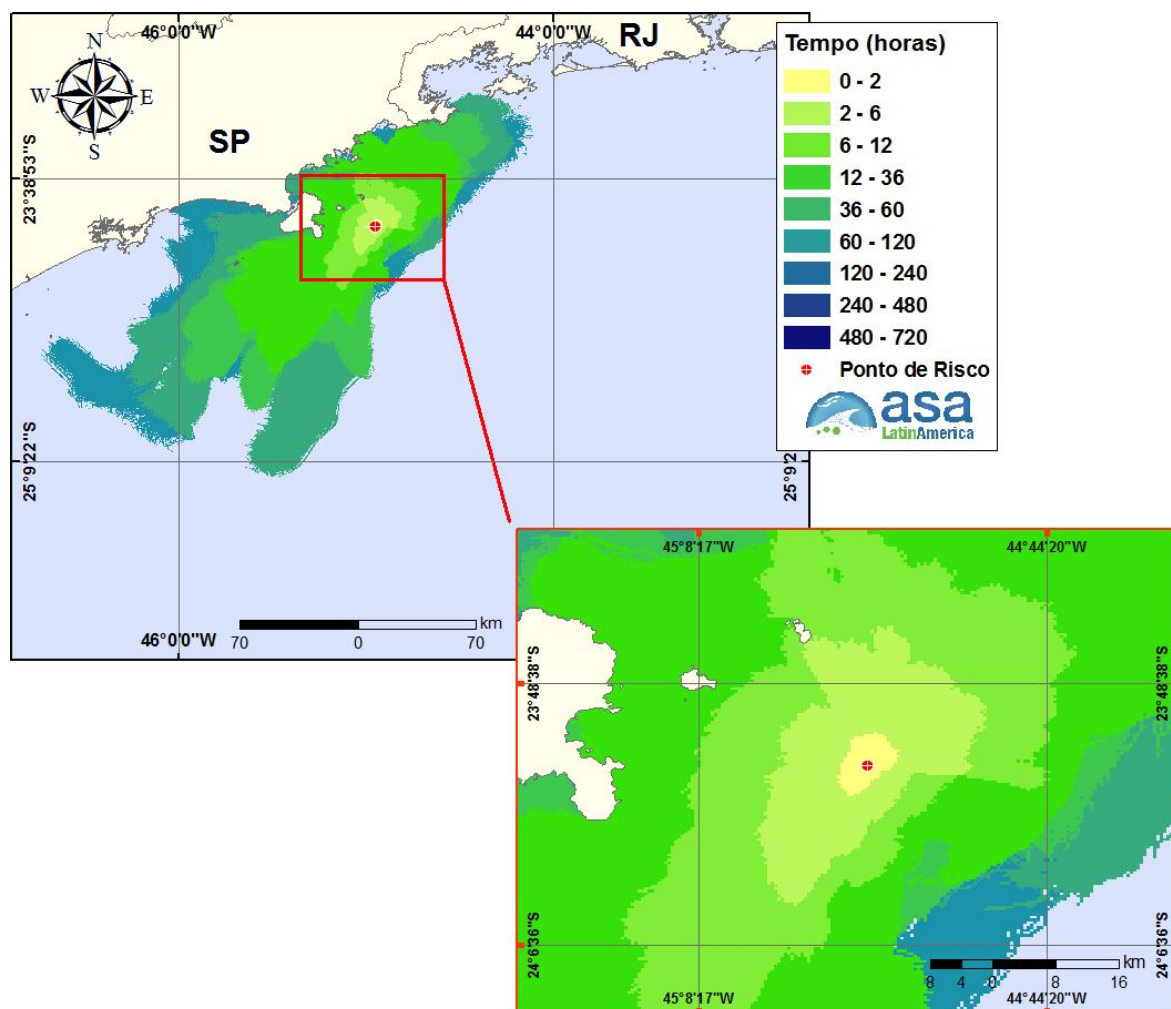


Figura III-28 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

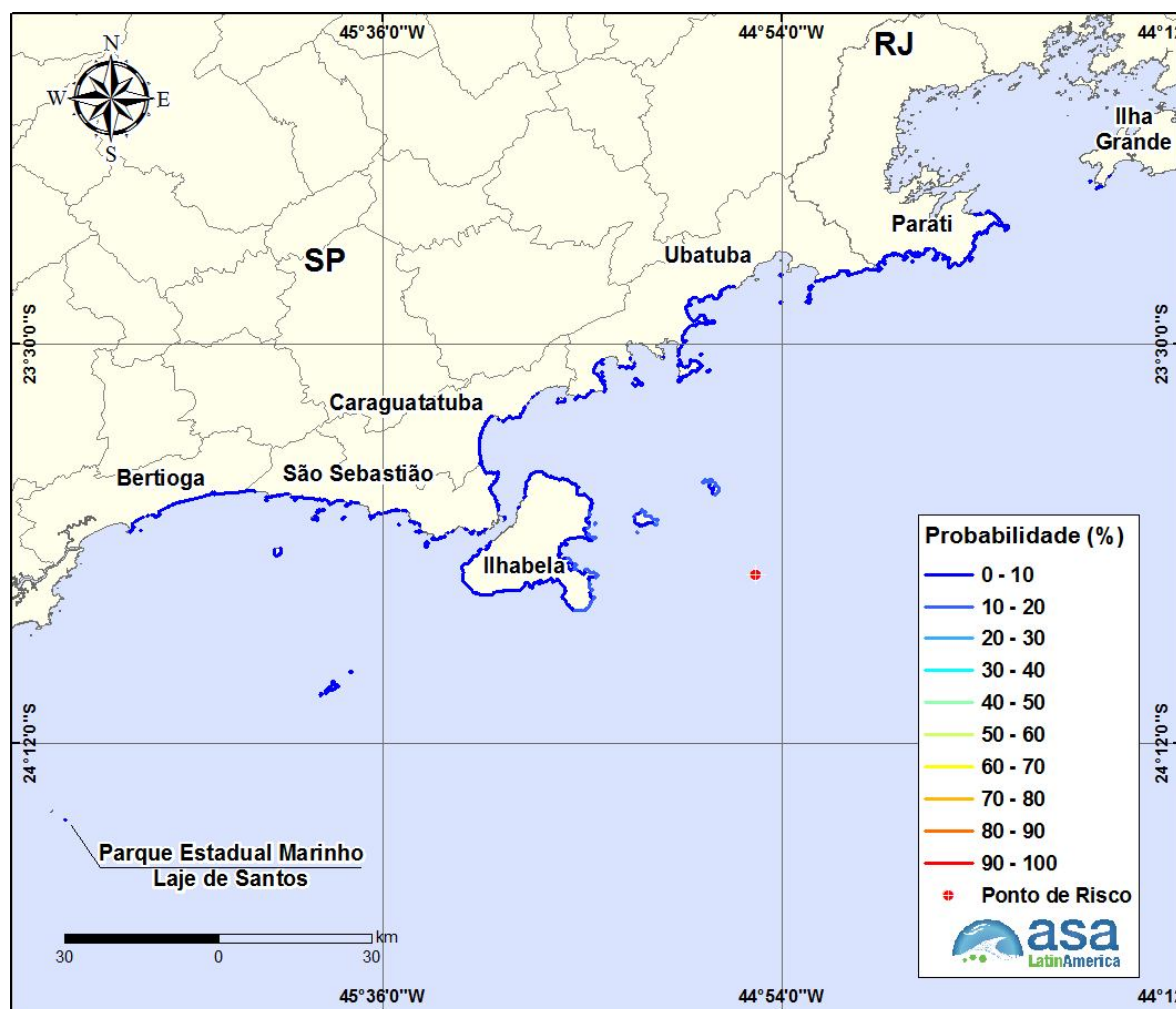


Figura III-29 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

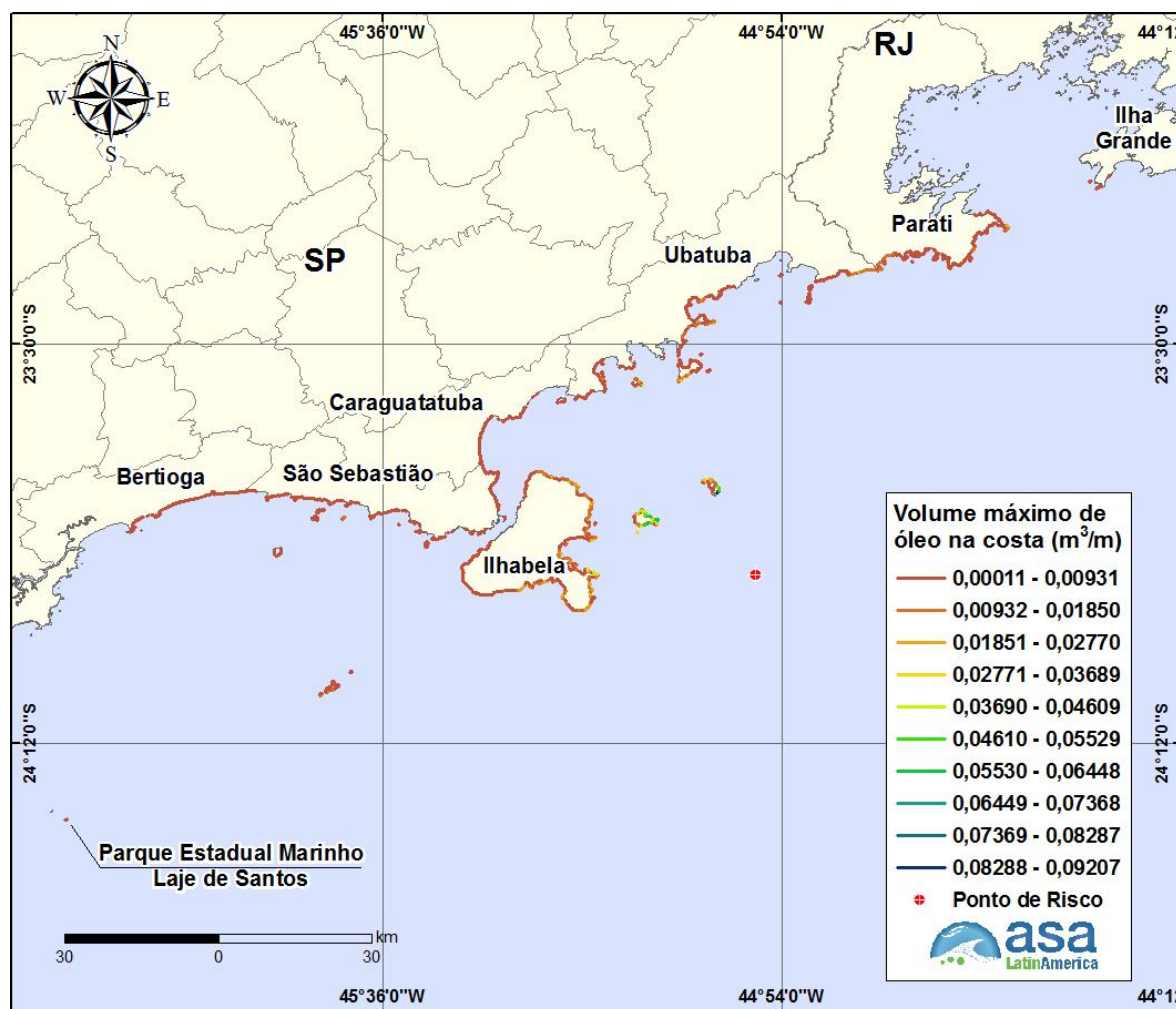


Figura III-30 - Cenário MEX_P2_PC_VER_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

Da Figura III-31 a Figura III-36 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume de pior caso (12.509 m³ para o P1 e 640 m³ para o P2) no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

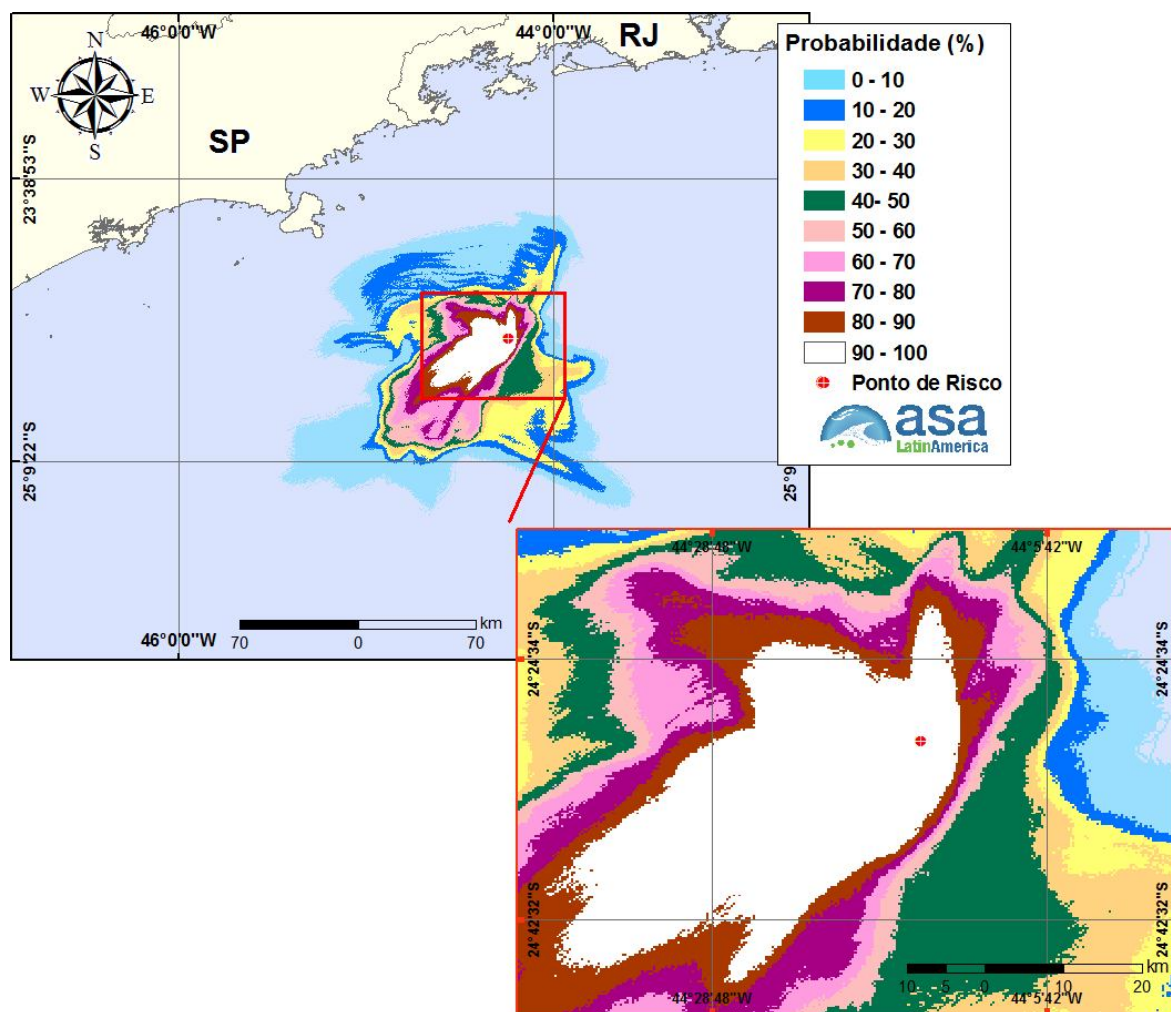
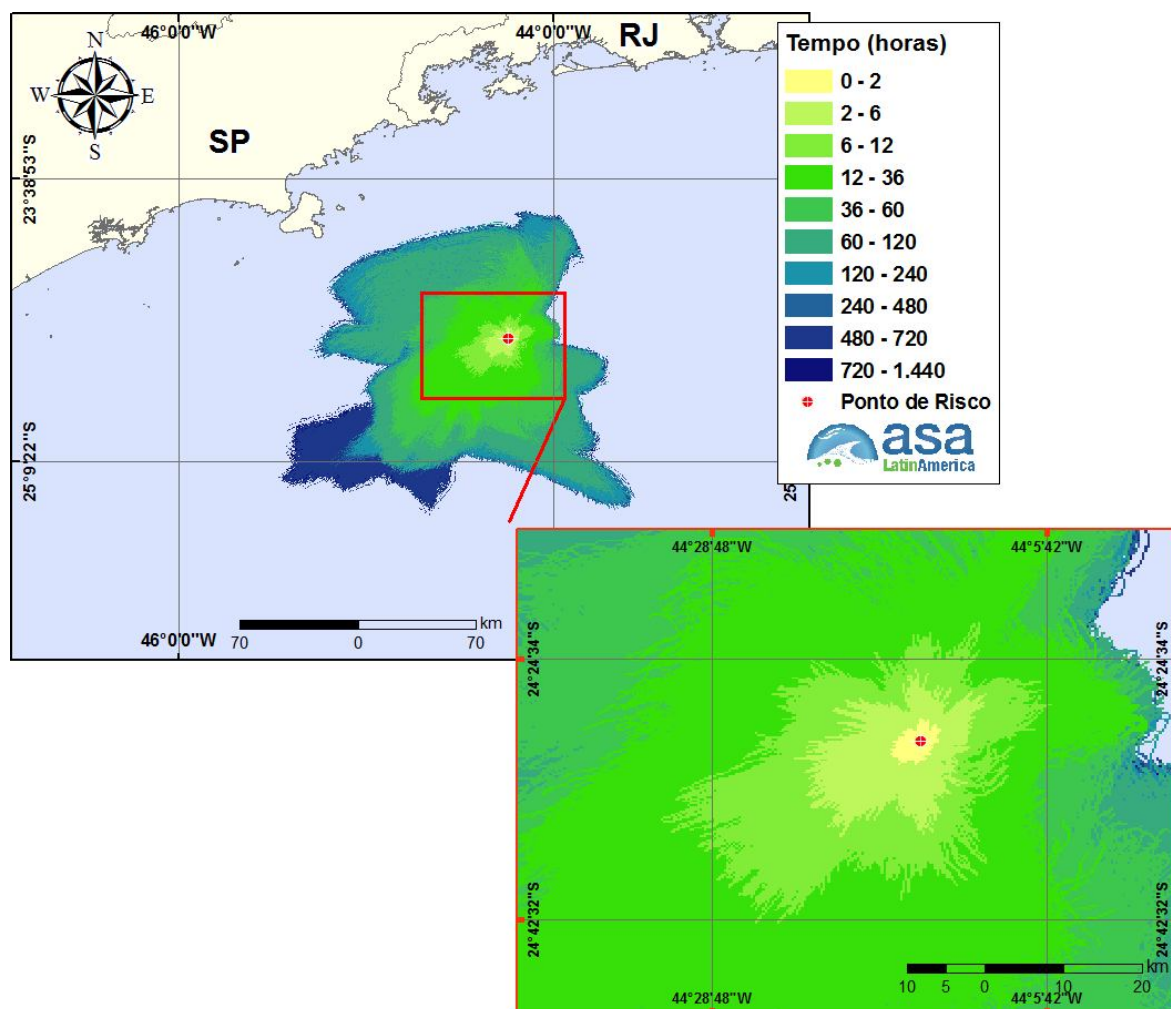


Figura III-31 - Cenário MEX_P1_PC_INV_60D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 12.509,0 m³ (ao longo de 30 dias), após 60 dias de simulação.



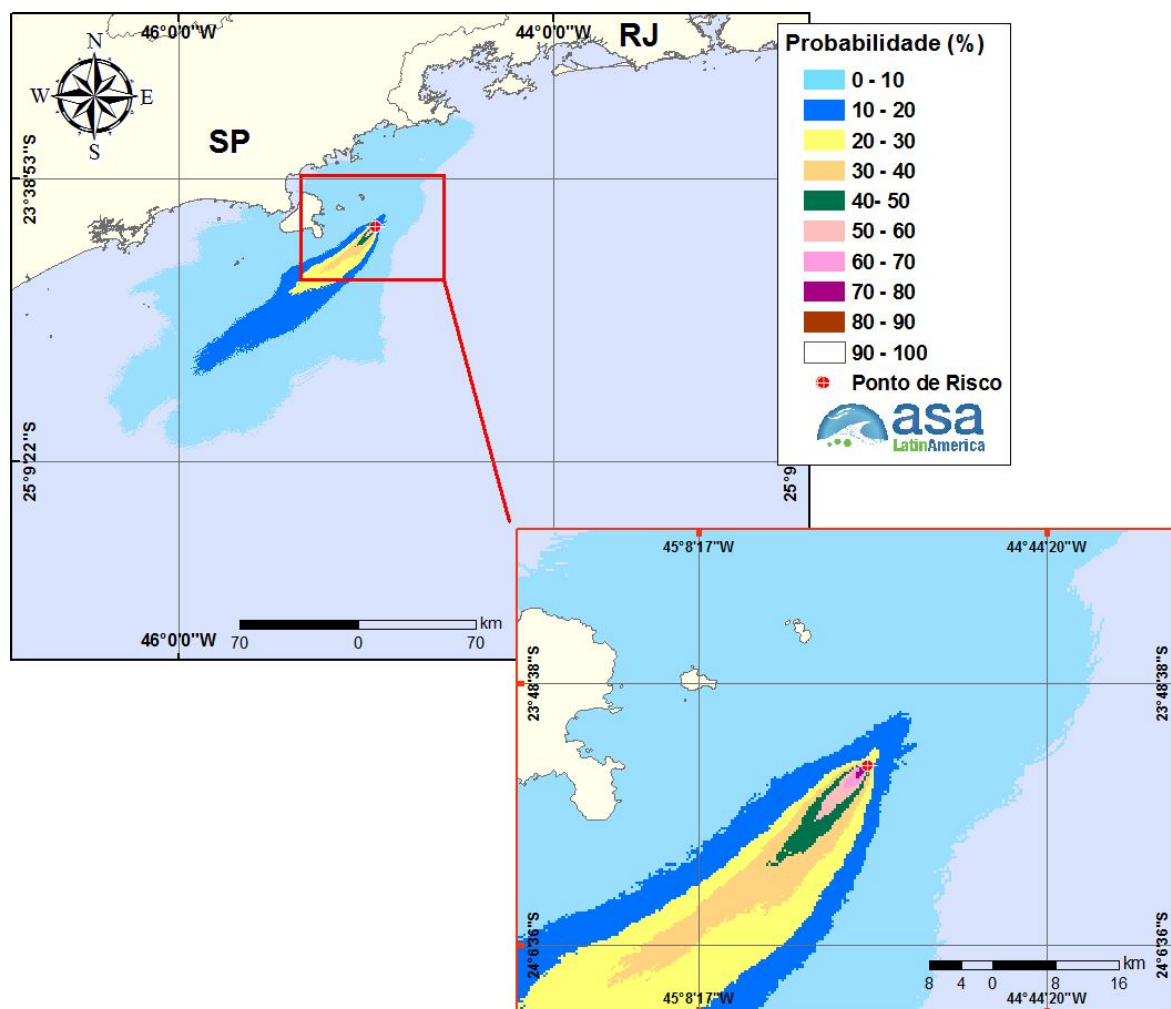


Figura III-33 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Contornos de probabilidade de condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

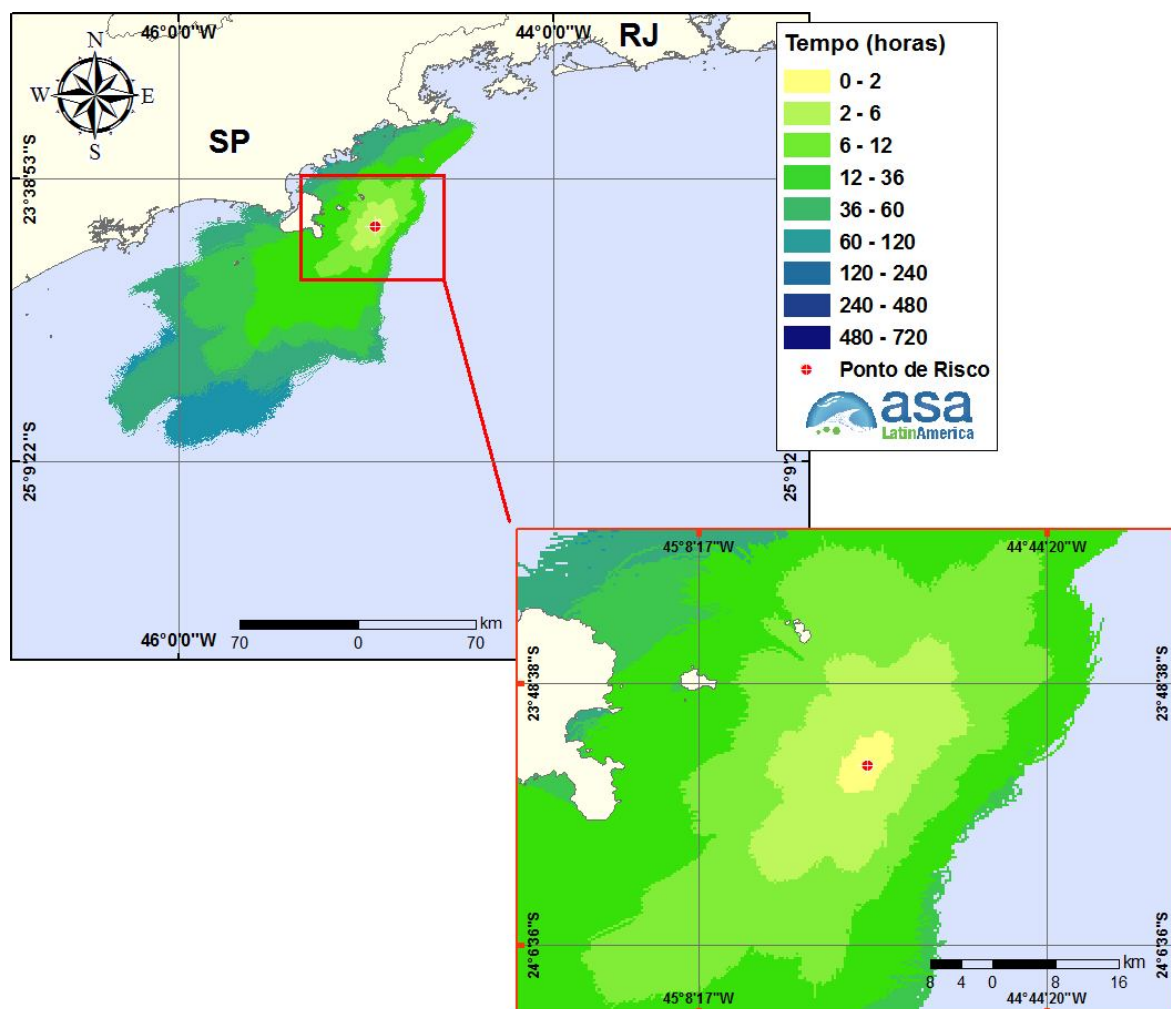


Figura III-34 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Contornos do tempo de deslocamento do condensado na água para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

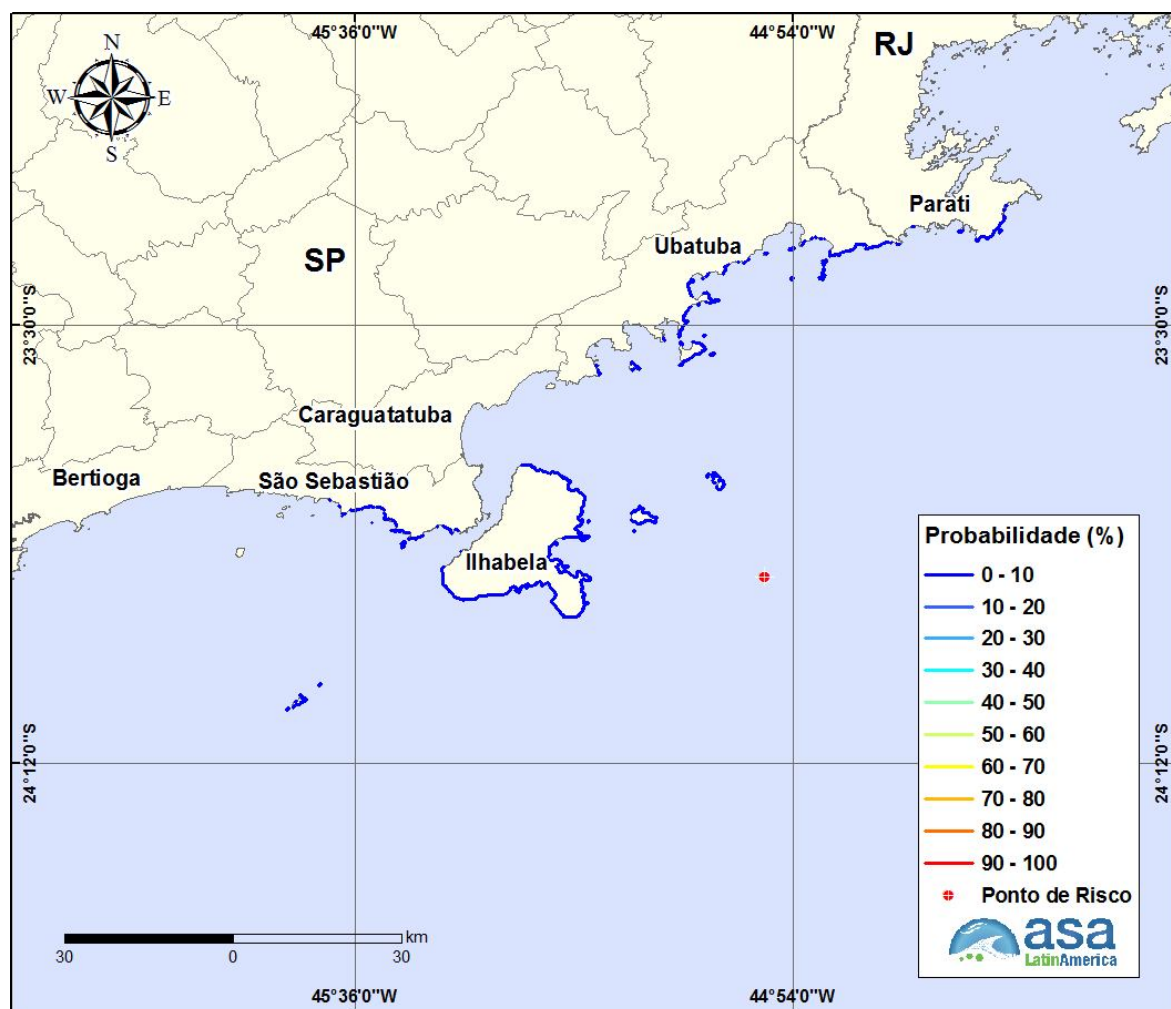


Figura III-35 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Probabilidade de toque de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

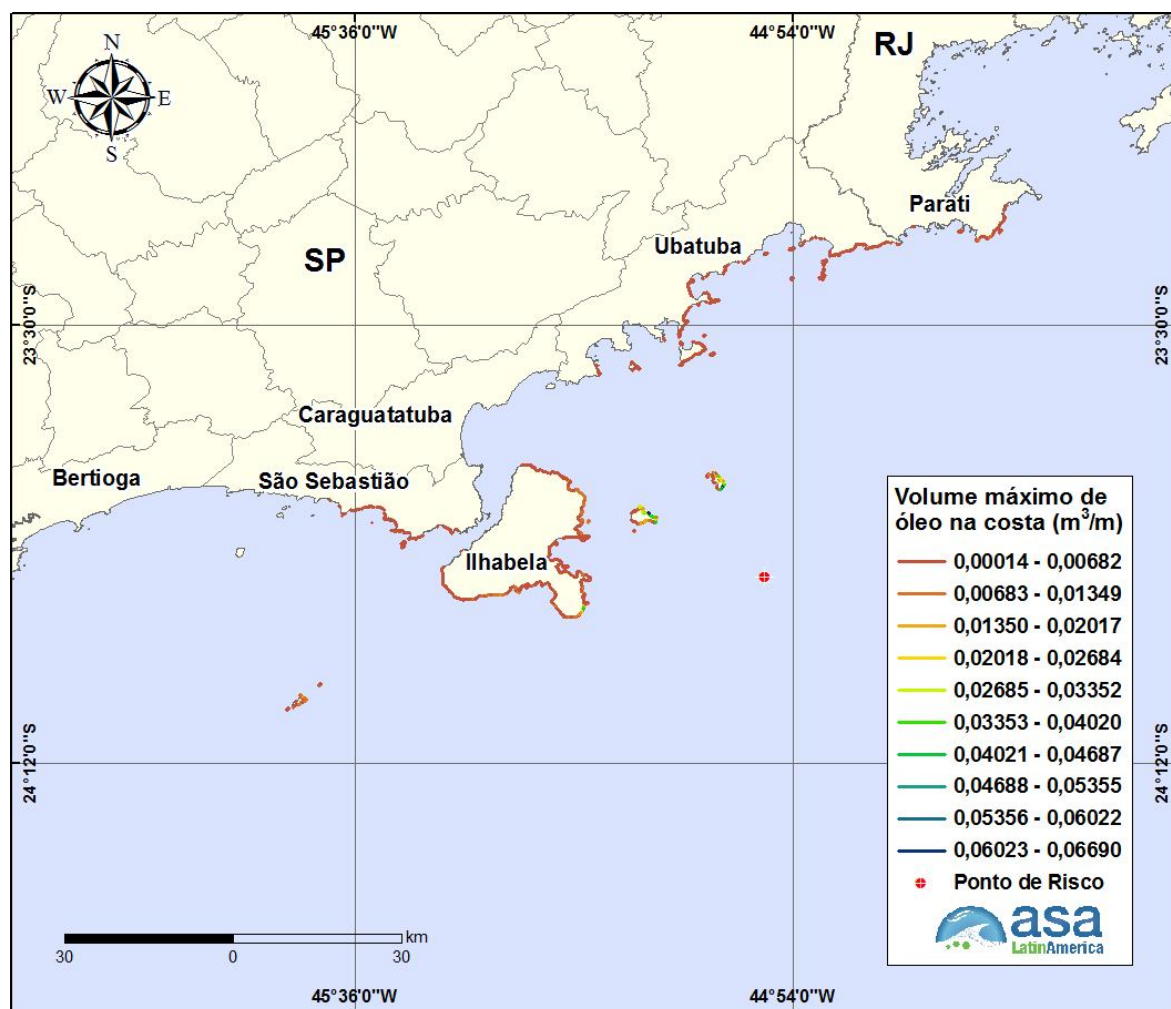


Figura III-36 - Cenário MEX_P2_PC_INV_30D. Volume máximo de condensado na costa para um acidente a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 640,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Tabela III-6 apresenta a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, para as simulações dos meses de verão e de inverno do ponto de risco P2, com derrame de volume de pior caso (640,0 m³). Para ambas as condições sazonais simuladas, a Ilha da Vitória, pertencente o Município de Ilhabela (SP), destaca-se com o menor tempo de toque (7 horas para o verão e 8 horas para o inverno). A maior probabilidade de toque na costa (21%) e o maior volume máximo de óleo por metro de costa (0,09207 m³/m) foram obtidos para a Ilha da Vitória (Ilhabela – SP), durante a simulação de verão.

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso (640 m^3), no ponto de risco P2 do Campo de Mexilhão, durante os períodos de verão e inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)		TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)		MAXIMO VOLUME NA COSTA (m^3/m)	
		Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
RJ	Angra dos Reis (Ilha Grande)	1	N.A.	104	N.A.	0,00027	N.A.
	Angra dos Reis (Ilha não identificada)	1	N.A.	105	N.A.	0,00014	N.A.
	Parati	1	1	34	48	0,01854	0,00785
	Parati (Ilha não identificada)	1	1	34	48	0,01803	0,00756
SP	Ubatuba (Ilha das Couves)	1	1	26	82	0,00575	0,00575
	Ubatuba (Ilha Comprida)	1	1	41	83	0,00070	0,00478
	Ubatuba (Ilha não identificada)	3	1	18	91	0,03778	0,00315
	Ubatuba (Ilha Anchieta)	2	1	20	99	0,03010	0,00445
	Ubatuba (Ilha do Mar Virado)	1	1	27	102	0,03949	0,00180
	Ubatuba	1	1	24	82	0,02915	0,00479
	Caraguatatuba (Ilha Tamanduá)	1	N.A.	36	N.A.	0,00078	N.A.
	Caraguatatuba	3	N.A.	42	N.A.	0,00903	N.A.
	Ilhabela (Ilha da Vitória)	20	3	7	8	0,09207	0,06690
	Ilhabela (Ilha dos Búzios)	21	6	15	14	0,06357	0,06507
	Ilhabela (Ilha Sumitica)	15	4	17	17	0,03660	0,00894
	Ilhabela (Ilha não identificada)	13	2	34	33	0,02339	0,00840
	Ilhabela	18	4	20	18	0,03967	0,04091
	São Sebastião (Arquipélago de Alcatrazes)	3	2	35	39	0,01162	0,01687
	São Sebastião (Ilha do Toque Toque)	1	1	112	84	0,00042	0,00048
	São Sebastião (Ilha não identificada)	2	1	113	103	0,01398	0,00042
	São Sebastião	3	1	66	85	0,00798	0,00086
	Bertioga (Ilha não identificada)	1	N.A.	164	N.A.	0,00011	N.A.
	Bertioga	1	N.A.	145	N.A.	0,00141	N.A.
	Santos (Parque Estadual Marinho da Laje de Santos)	1	N.A.	163	N.A.	0,00011	N.A.

N.A. = não aplicável (não há probabilidade de toque na costa).

III.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS

A análise dos resultados das simulações probabilísticas realizadas permitiu identificar os cenários determinísticos críticos de verão e inverno. Em cada período, de todas as 600 simulações realizadas para cada ponto de risco, foram considerados como mais críticos os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa ou a menor distância com relação à costa, para os cenários com volumes de pior caso. A Tabela III-7 apresenta um resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa. A Tabela III-8 apresenta um resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.

Tabela III-7 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE CONDENSADO NA COSTA (m³)
DET_MEX_P2_PC_VER_30D	01/01/2004 – 17:00 h	7	Ilha de Vitória – Ilhabela – SP	8,7
DET_MEX_P2_PC_INV_30D	18/07/2004 – 01:00 h	8	Ilha de Vitória – Ilhabela – SP	5,4

Tabela III-8 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO	MENOR DISTÂNCIA EM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
DET_MEX_P1_PC_VER_60D	07/01/2004 – 00:00 h	54,9	Ilhabela – SP
DET_MEX_P1_PC_INV_60D	20/07/2004 – 18:00 h	26,8	Ilhabela – SP

Os resultados das simulações determinísticas críticas são apresentados na forma de três figuras. Uma das figuras apresenta os contornos de espessura no instante do primeiro toque na linha de costa e a área varrida pela mancha ao longo dos 30 dias de simulação (ou ao longo de 60 dias). A cor cinza representa a região por onde a mancha se deslocou durante o período de duração da

simulação e, portanto, não está associada a uma espessura. A mancha no instante de primeiro toque ou instante mais próximo da costa é aquela representada pela escala de cores indicada nas legendas.

A outra figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água). Adicionalmente, no item III.2.1 são apresentadas figuras com as condições meteorológicas e oceanográficas atuantes nos cenários determinísticos críticos para os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa para cada condição sazonal simulada (verão e inverno).

Da Figura III-37 a Figura III-41 apresentam-se os resultados determinísticos críticos de verão e inverno para os derrames com volume de pior caso do ponto de risco P1 (12.509,0 m³). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que a evaporação e o entranhamento do condensado na coluna d'água foram os principais processos atuantes na redução da massa de condensado.

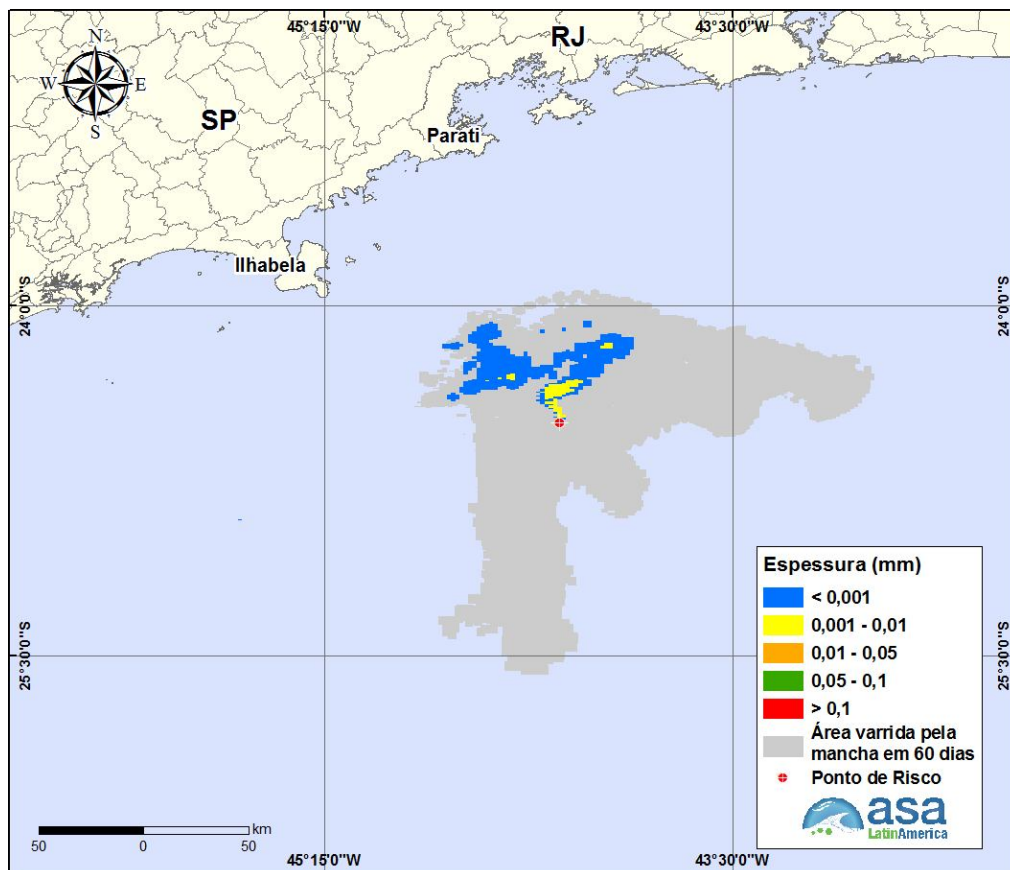


Figura III-37 - DET_MEX_P1_PC_VER_60D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 12.509,0 m³ ocorrido durante o verão, a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

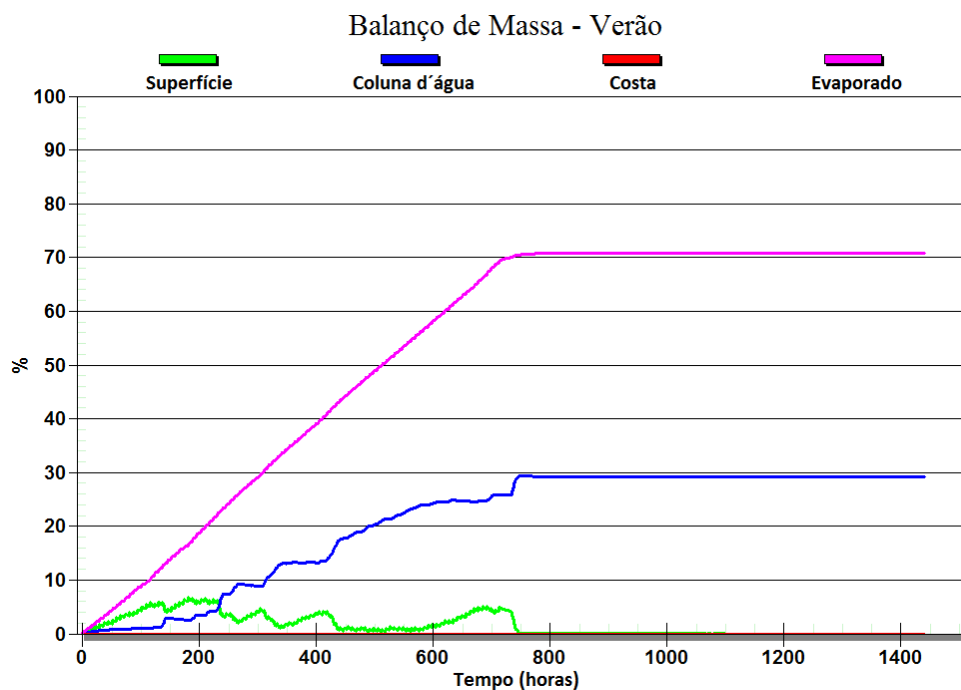


Figura III-38 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P1_PC_VER_60D.

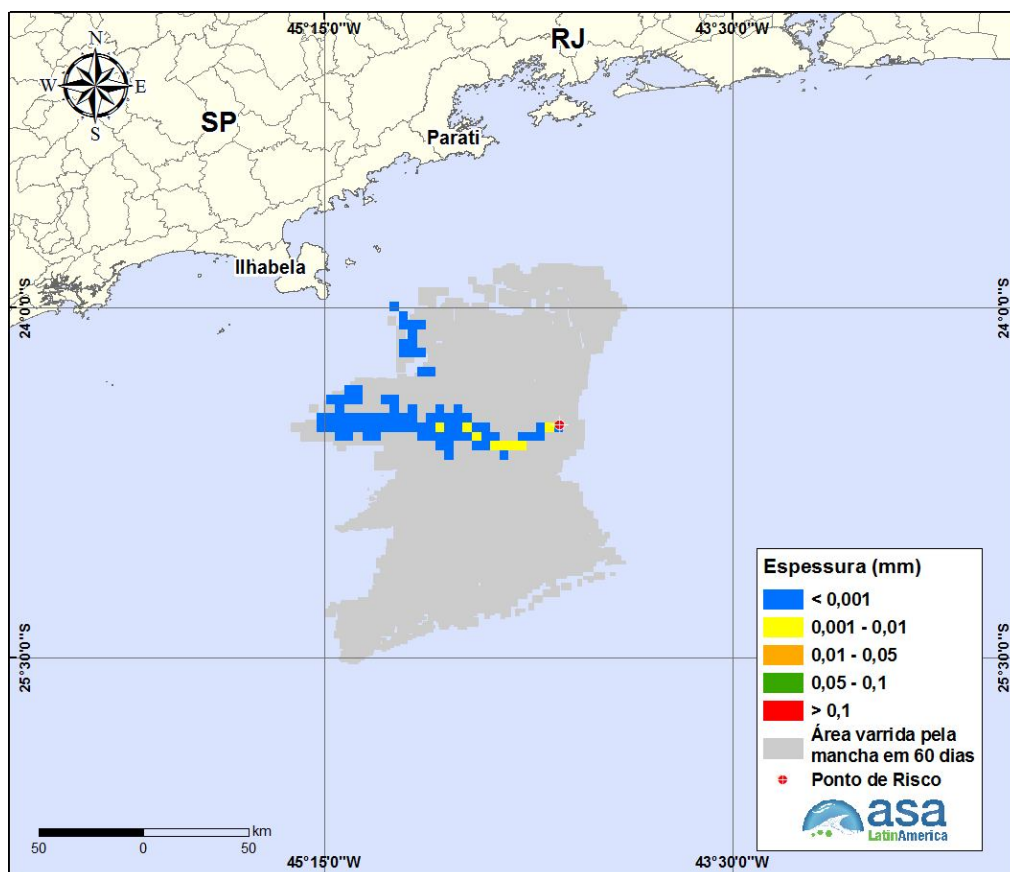


Figura III-39 - DET_MEX_P1_PC_INV_60D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 12.509,0 m³ ocorrido durante o inverno, a partir do ponto de risco P1 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

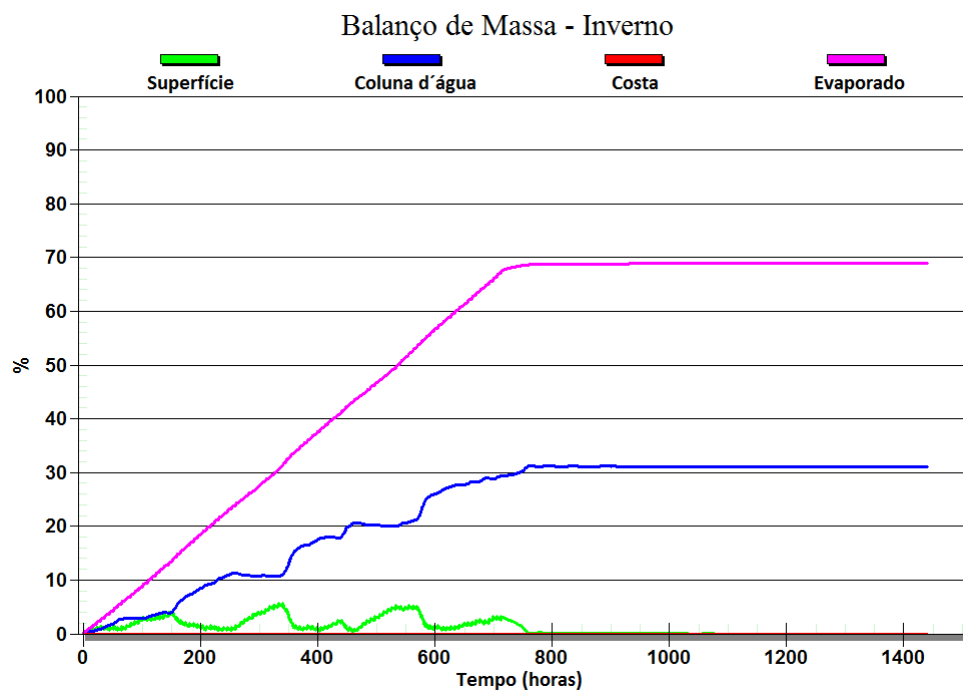


Figura III-40 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P1_PC_INV_60D.

Da Figura III-41 a Figura III-44 apresentam-se os resultados determinísticos críticos de verão e inverno para os derrames com volume de pior caso do ponto de risco P2 (640,0 m³). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que a evaporação e o entranhamento do condensado na coluna d'água foram os principais processos atuantes na redução da massa de condensado, e que ao final das simulações, encontra-se, aproximadamente menos de 5% do volume do condensado derramado, aderido a linha de costa.

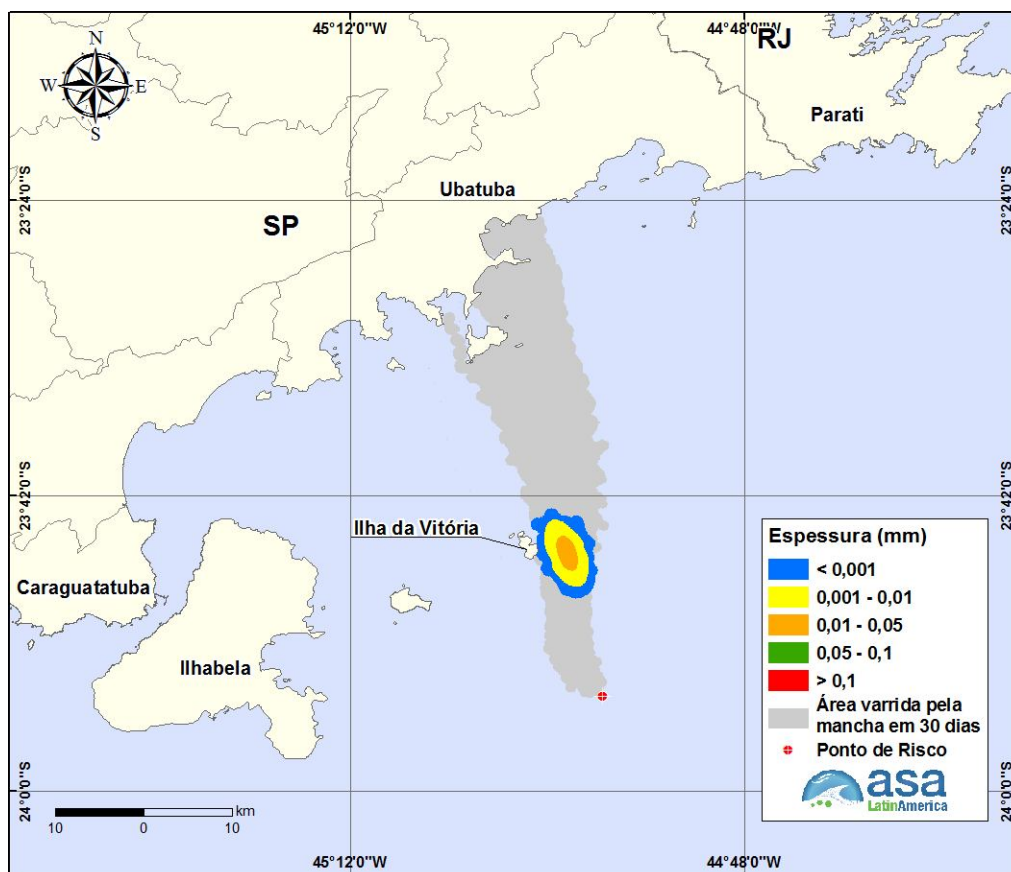


Figura III-41 - DET_MEX_P2_PC_VER_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 640,0 m³ ocorrido durante o verão, a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

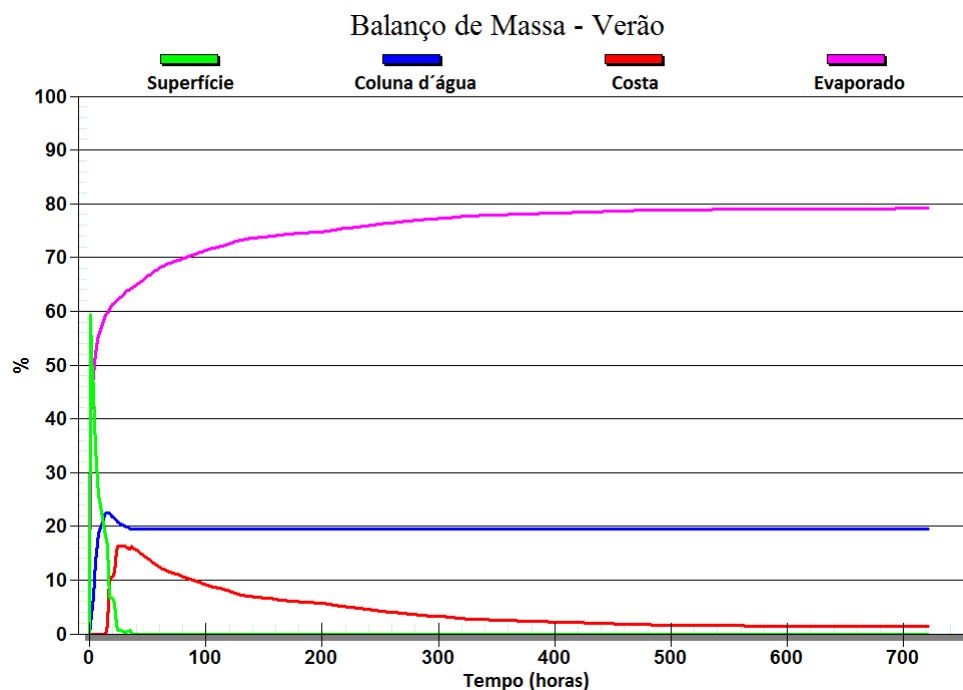


Figura III-42 - Balanco de massa do cenário DET_MEX_P2_PC_VER_30D.

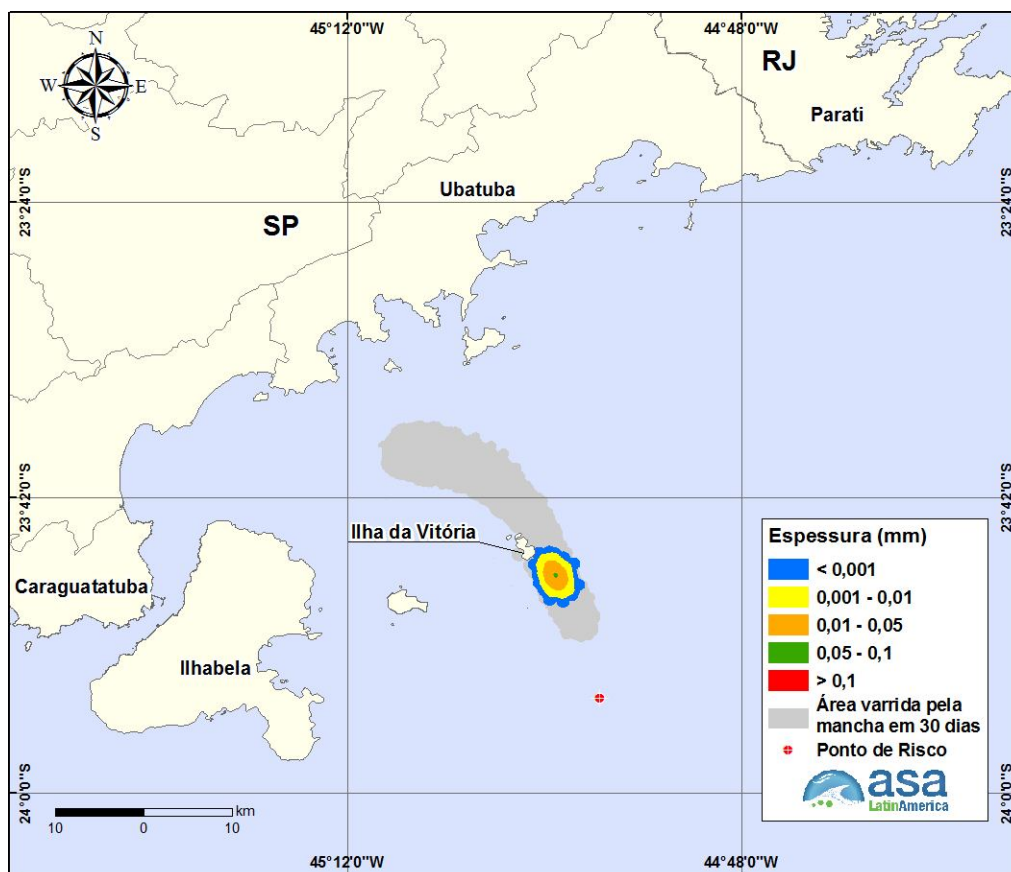


Figura III-43 - DET_MEX_P2_PC_INV_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 640,0 m³ ocorrido durante o inverno, a partir do ponto de risco P2 no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos.

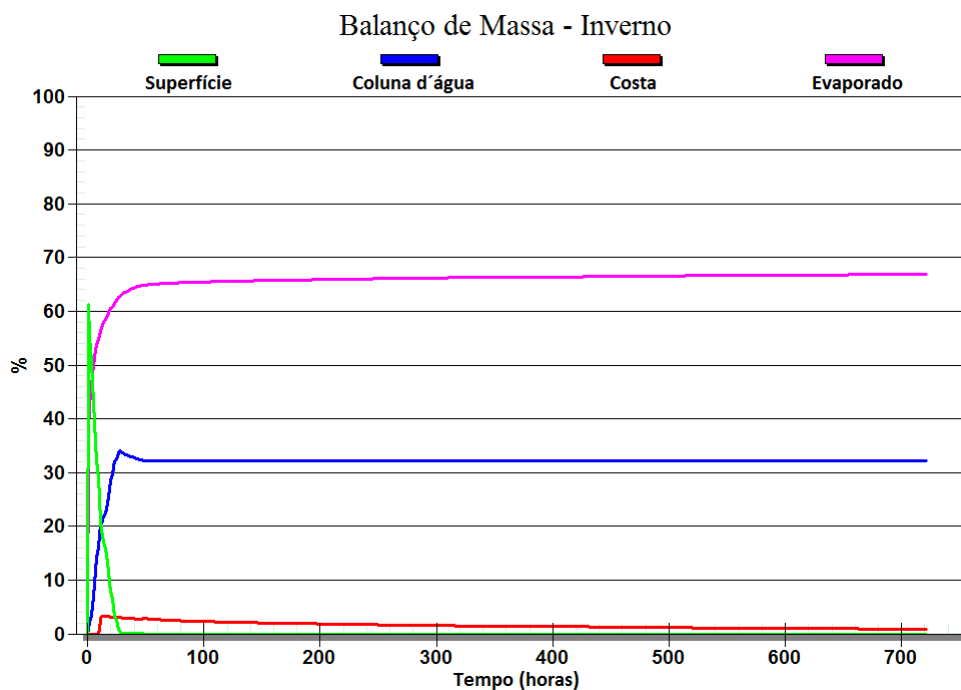


Figura III-44 - Balanço de massa do cenário DET_MEX_P2_PC_INV_30D.

III.2.1 Condições Meteorológicas e Oceanográficas - Simulações Determinísticas Críticas

A seguir, são apresentadas figuras das condições meteorológicas e oceanográficas que atuam nos cenários determinísticos críticos e que propiciaram a chegada do óleo na costa. Desta forma, são apresentadas as figuras para os cenários que apresentaram menor tempo de toque na costa, para ambas as condições sazonais simuladas (verão e inverno). Os cenários que apresentaram menor tempo de toque para ambos os períodos simulados são referentes ao ponto P2 com volume de pior caso.

Da Figura III-45 a Figura III-47 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso (ruptura do duto de exportação de condensado), de verão, a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, ocorrido na Ilha da Vitória, no Município de Ilhabela (SP), aproximadamente, 7 horas após o início da simulação.

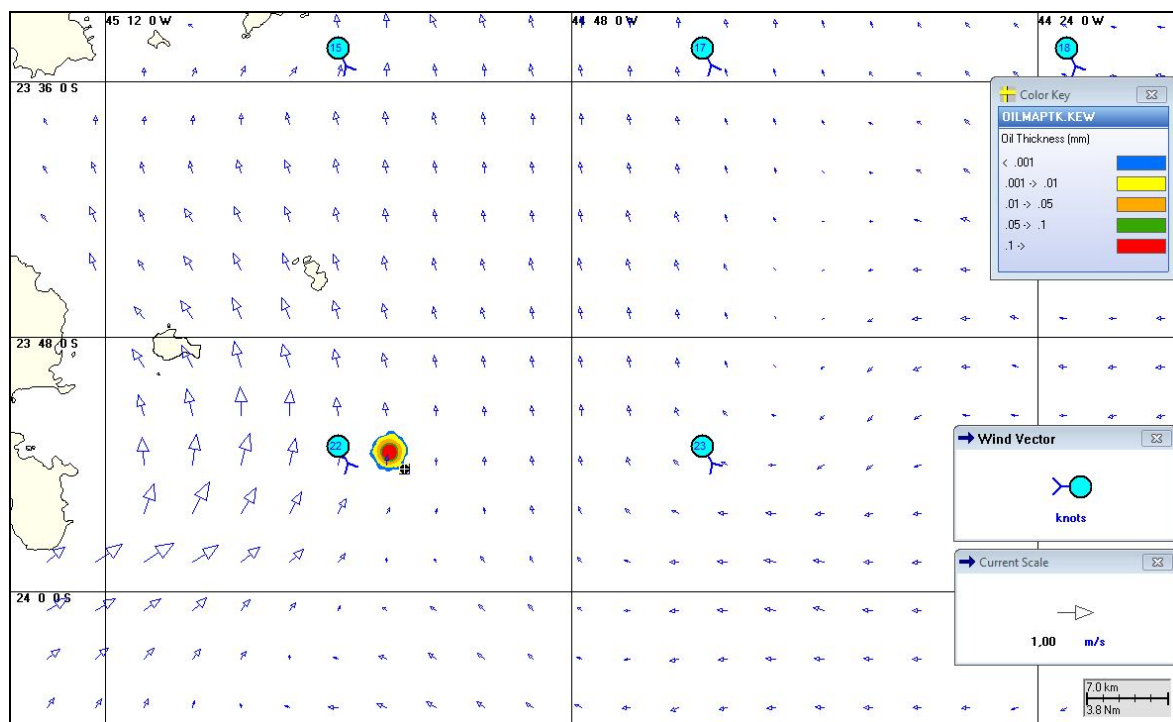


Figura III-45 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.

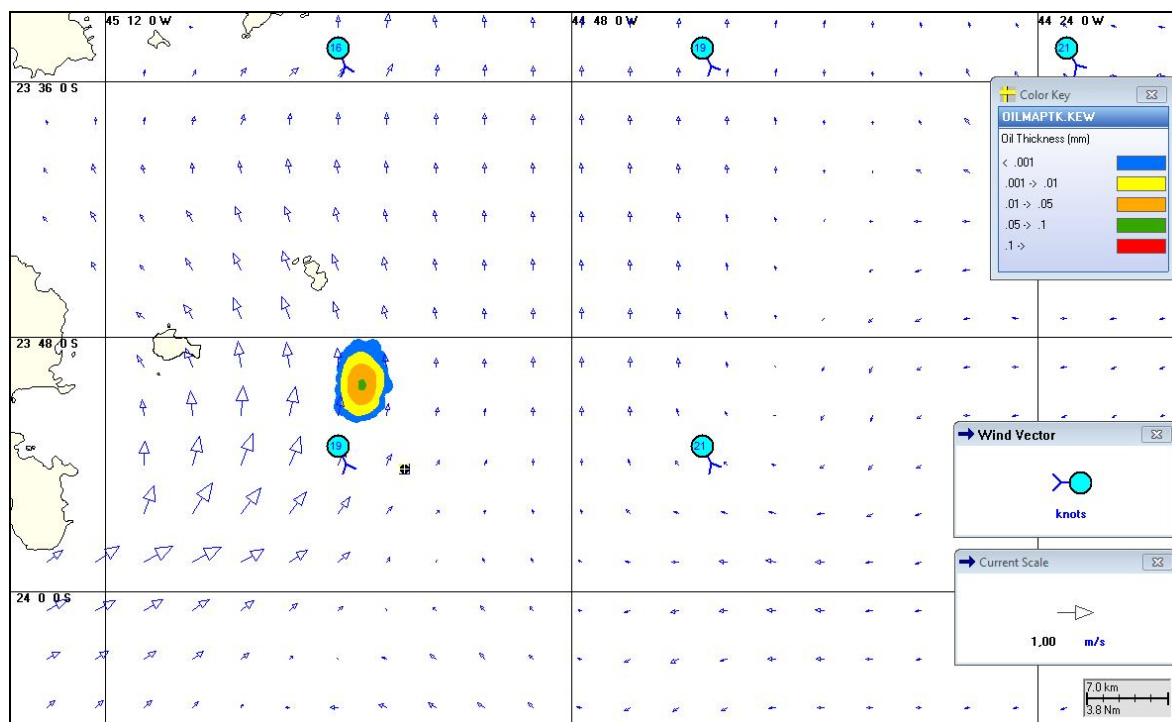


Figura III-46 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SSE.

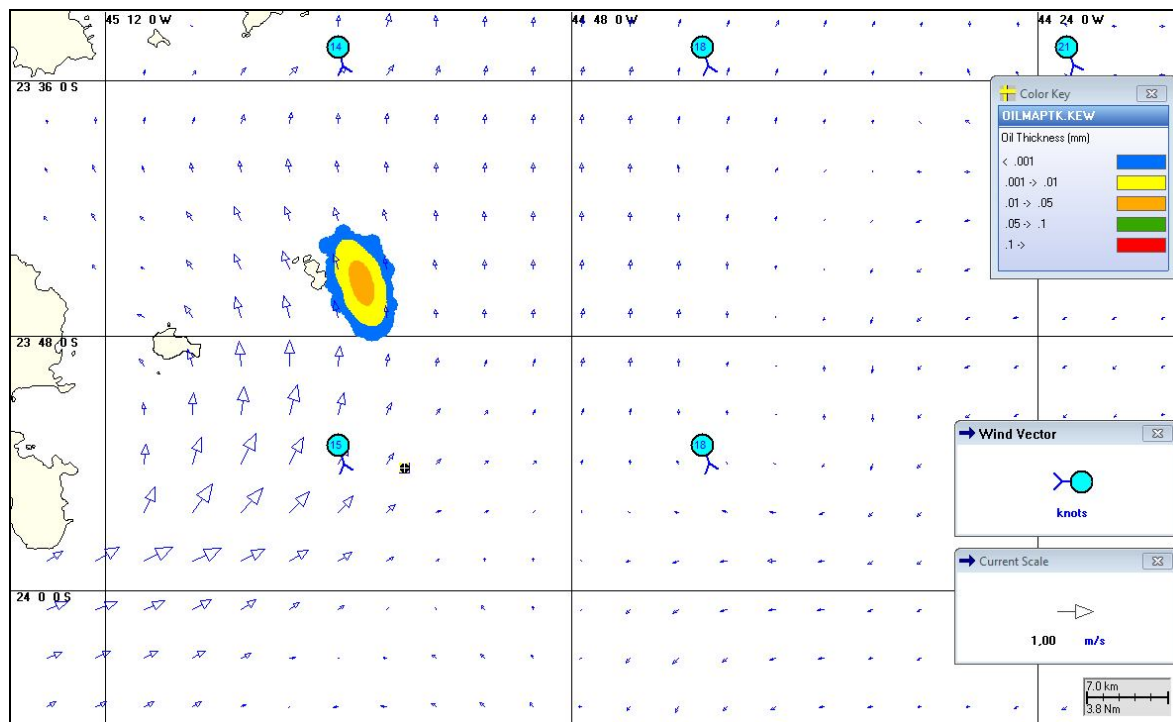


Figura III-47 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto de risco P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- NW; Vento- SSE.

A Figura III-48 a Figura III-50 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso de inverno, do ponto de risco P2, a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, ocorrido na Ilha de Vitória, Município de Ilhabela (SP), aproximadamente 8 horas após o início da simulação.

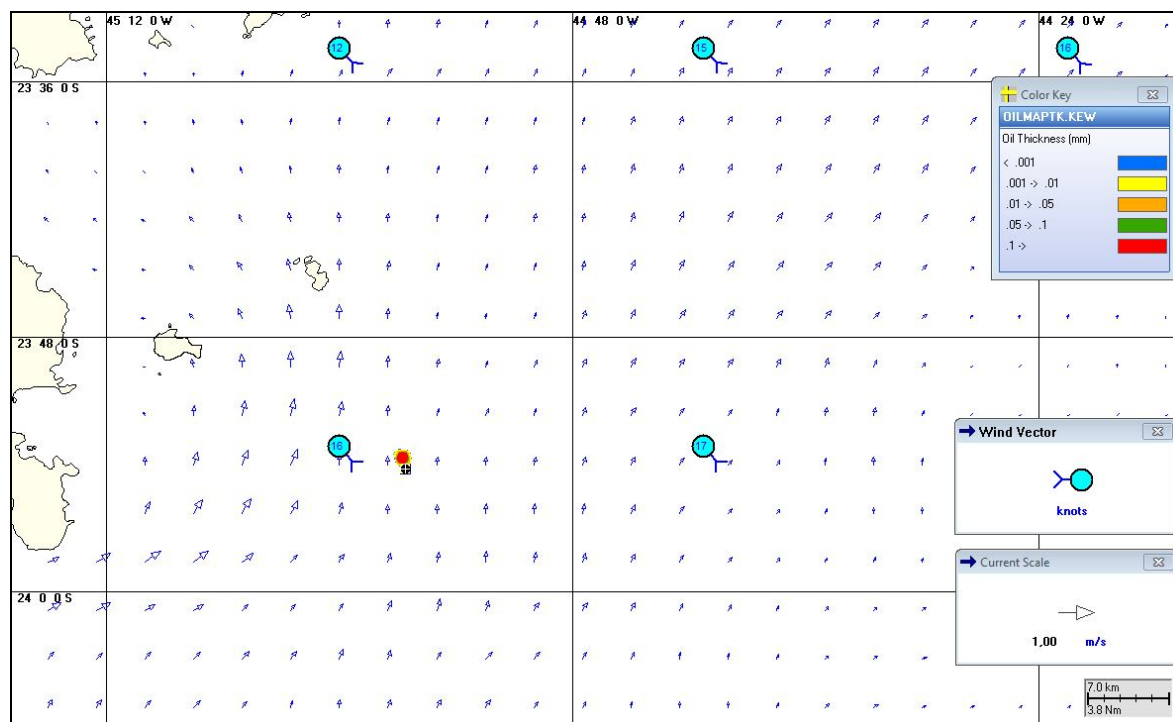


Figura III-48 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.

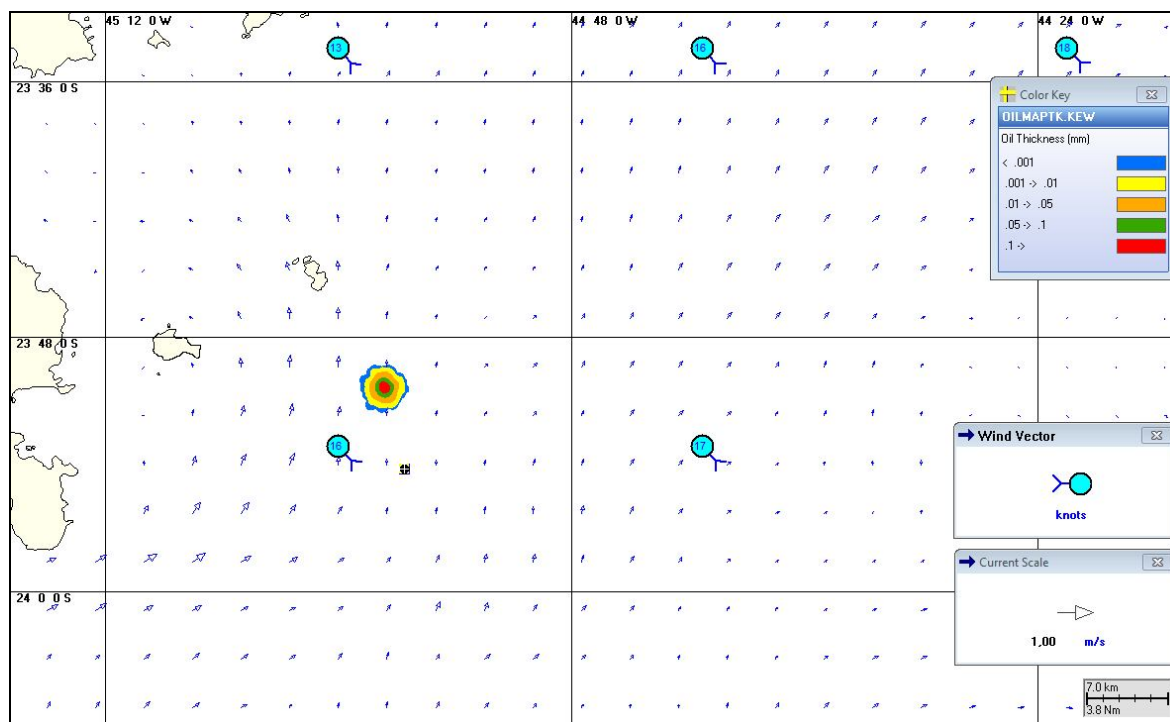


Figura III-49 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- SE.

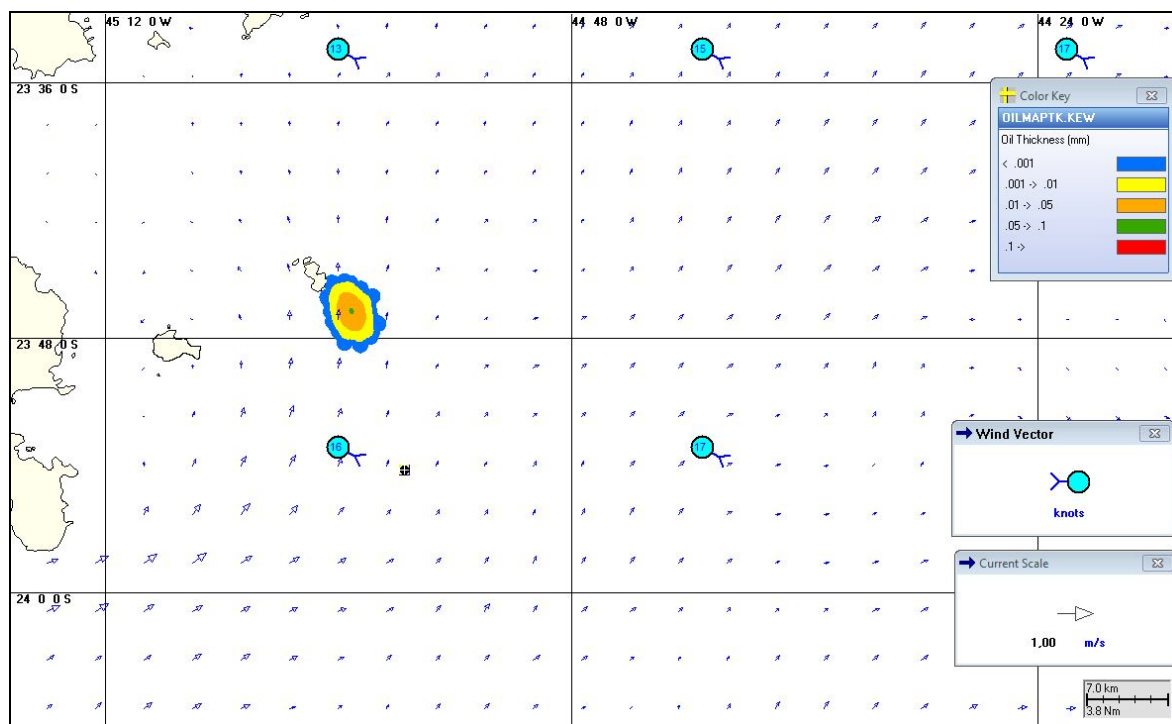


Figura III-50 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente- N; Vento- ESSE.

III.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS PARA AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES

Os resultados das análises das informações de vento e correntes (Anexo B) permitiram caracterizar e identificar as condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes atuantes sobre as localidades simuladas. Observou-se que o campo hidrodinâmico apresenta alta variabilidade espacial e temporal. No caso dos ventos, observou-se predominância de ventos oriundos do quadrante NE, no período de verão e inverno.

Ressalta-se que para o campo hidrodinâmico foi analisado o padrão de correntes atuante sobre a região de cada ponto de risco. Para analisar o padrão de ventos, optou-se por utilizar os dados de um ponto, localizado na região central dos pontos de risco, conforme apresentado no Item II.1.2.

Para estas condições (ventos e correntes mais frequentes) foram elaborados os cenários determinísticos cujo instante inicial corresponde a uma condição mais frequente no verão e uma no inverno, para os volumes de pior caso para os dois pontos de risco simulados.

Em todos os cenários determinísticos das condições mais frequentes não houve toque na costa. A Tabela III-9 apresenta um resumo dos cenários determinísticos das condições mais frequentes de verão e inverno.

Tabela III-9 - *Resumo dos cenários determinísticos das condições mais frequentes sem probabilidade de toque na costa.*

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO	MENOR DISTÂNCIA EM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
DET_MF_MEX_P1_PC_VER_60D	01/02/2004 – 00:00 h	64,3	Ilhabela – SP
DET_MF_MEX_P1_PC_INV_60D	16/08/2004 – 05:00 h	73,4	Ilhabela – SP
DET_MF_MEX_P2_PC_VER_30D	19/01/2004 – 02:00 h	11,7	Ilhabela – SP
DET_MF_MEX_P2_PC_INV_30D	13/08/2004 – 03:00 h	7,8	Ilhabela – SP

Os resultados gráficos apresentados, a seguir, seguem o mesmo padrão adotado nos cenários determinísticos críticos, onde são apresentadas três figuras. Uma das figuras apresenta os contornos de espessura no instante de menor distância da costa e a área varrida pela mancha ao longo dos 30 dias (ou ao longo dos 60 dias) de simulação. A cor cinza representa a região por onde a mancha se deslocou durante o período de duração da simulação e, portanto, não está associada a uma espessura. A mancha no instante de maior proximidade em relação à costa é aquela representada pela escala de cores indicada nas legendas.

A outra figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água). Adicionalmente, no item III.3.1 são apresentadas figuras com as condições meteorológicas e oceanográficas atuantes nos cenários determinísticos críticos para os cenários que apresentaram a menor distância com relação à costa para cada condição sazonal simulada (verão e inverno).

A seguir, as Figuras III-51 a III-54 apresentam os resultados determinísticos das condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes, para os cenários do ponto de risco P1 de verão e inverno, com derrame por 30 dias e simulados por 60 dias (*blowout*).

As Figuras III-55 a III-58 apresentam os resultados determinísticos das condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes, para os cenários do ponto de risco P2 de verão e inverno, com derrame instantâneo e simulados por 30 dias (ruptura do duto de exportação do condensado). Através dos gráficos de balanço de massa é possível verificar que a evaporação e o entranhamento do condensado na coluna d'água foram os principais processos atuantes na redução da massa de condensado.

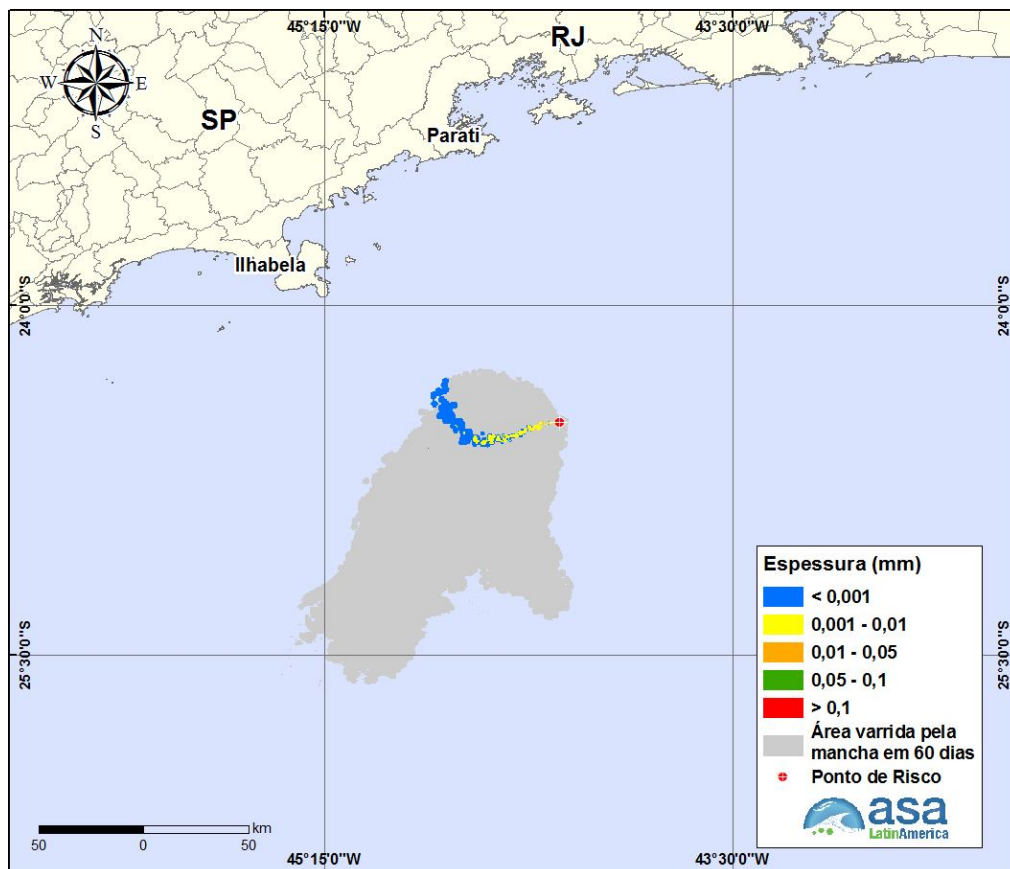


Figura III-51 - DET_MF_MEX_P1_PC_VER_60D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 12.509,0 m³ (ao longo de 30 dias, simulado por 60 dias) ocorrido durante o verão.

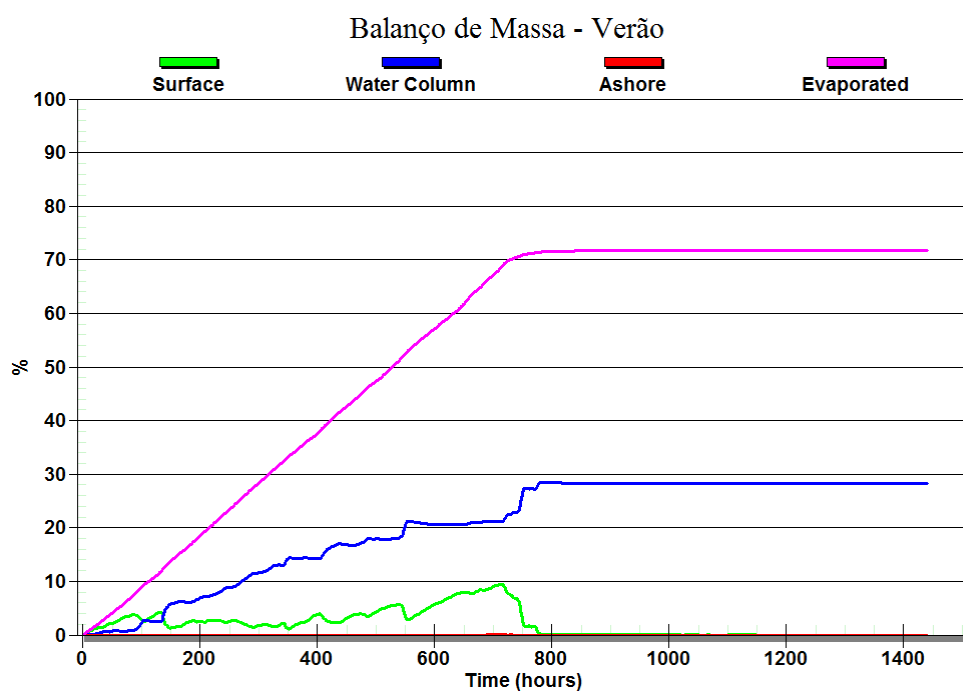


Figura III-52 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P1_PC_VER_60D.

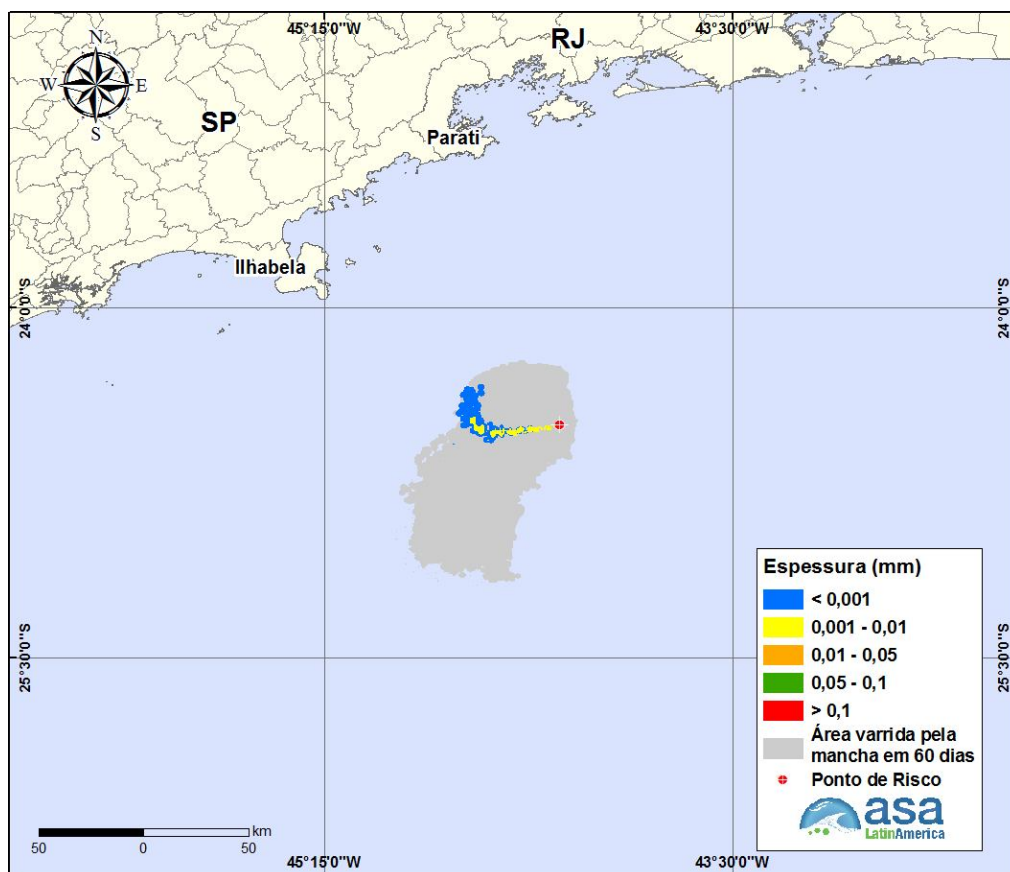


Figura III-53 - DET_MF_MEX_P1_PC_INV_60D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 12.509,0 m³ (ao longo de 30 dias, simulado por 60 dias) ocorrido durante o inverno.

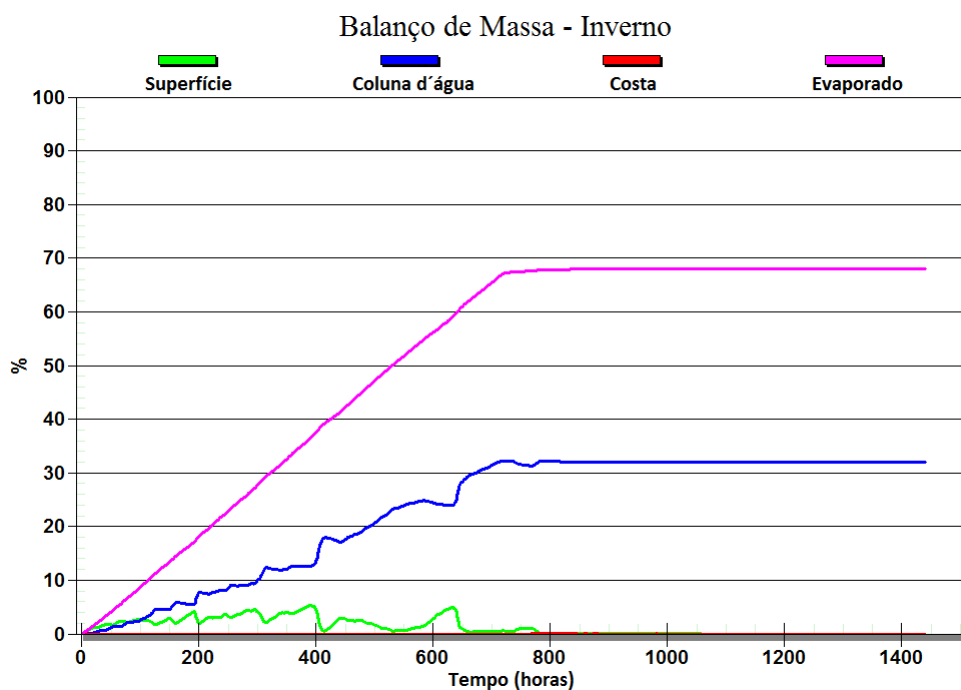


Figura III-54 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P1_PC_INV_60D.

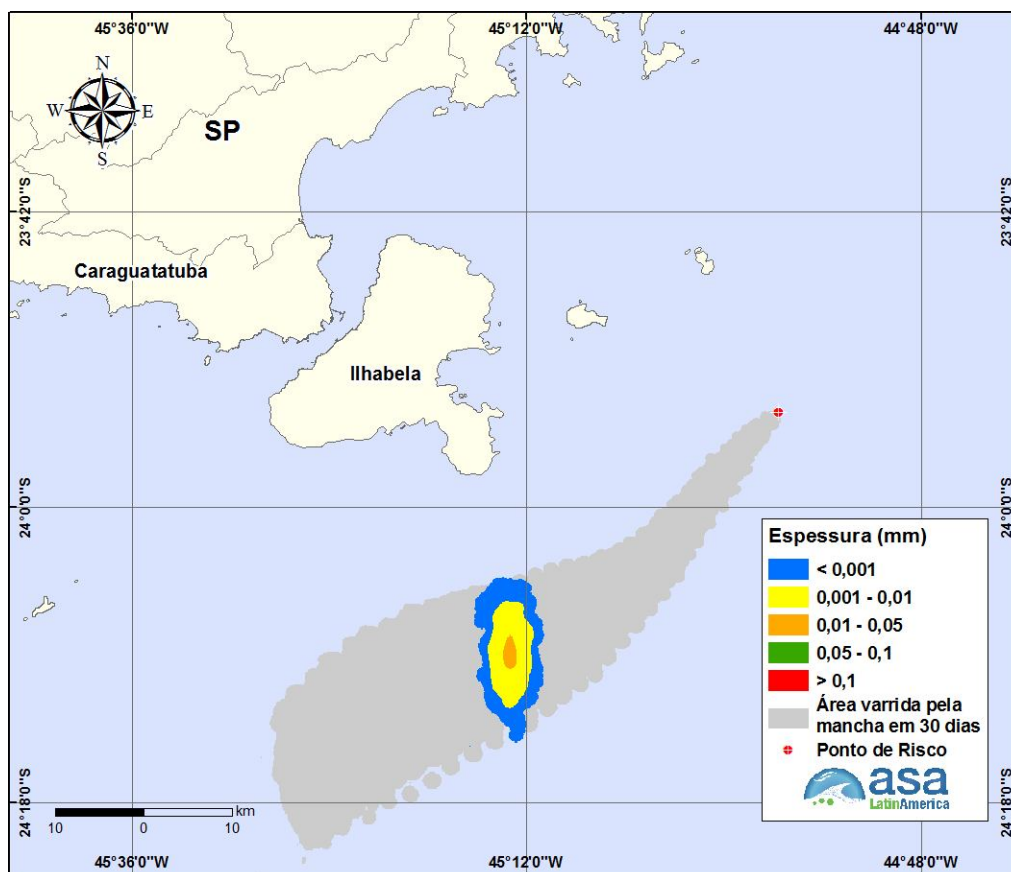


Figura III-55 - DET_MF_MEX_P2_PC_VER_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 640,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

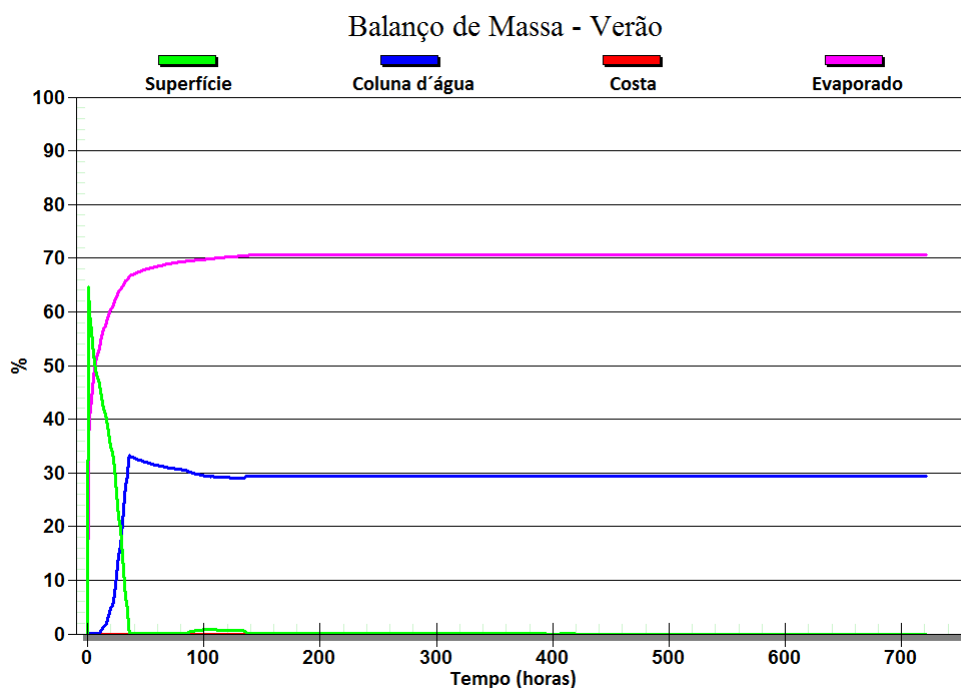


Figura III-56 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P2_PC_VER_30D.

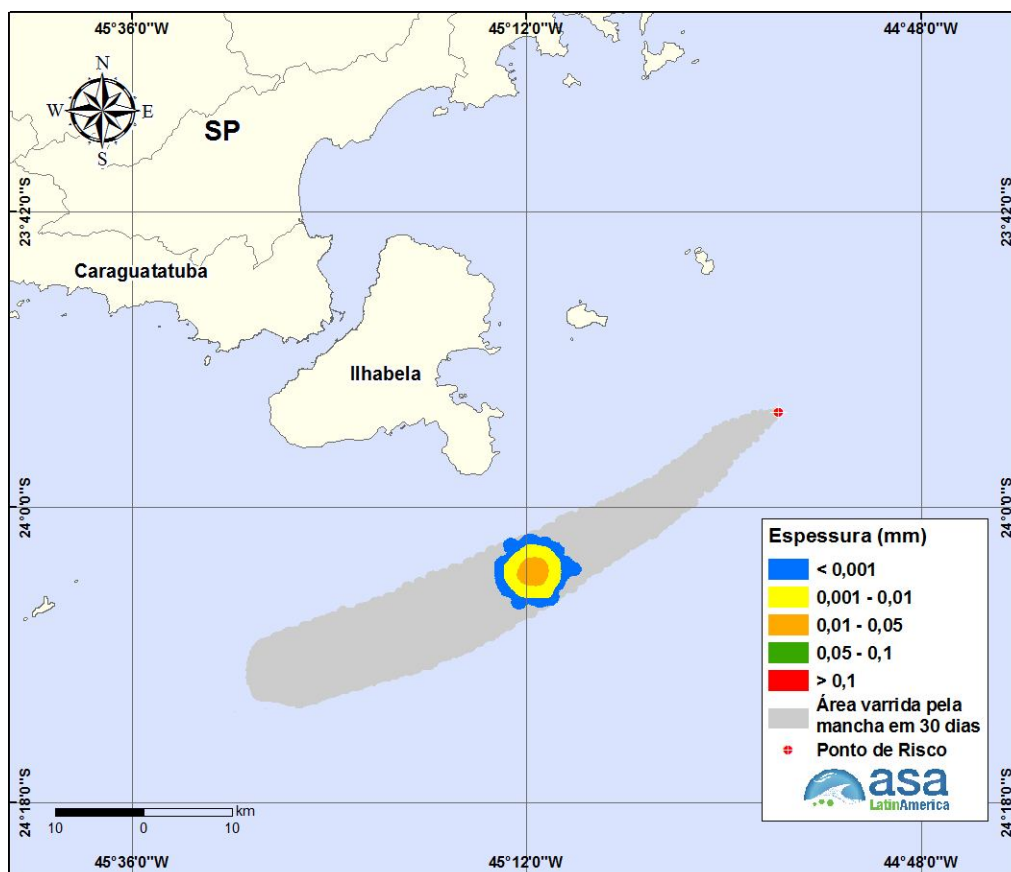


Figura III-57 - DET_MF_MEX_P2_PC_INV_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 640,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

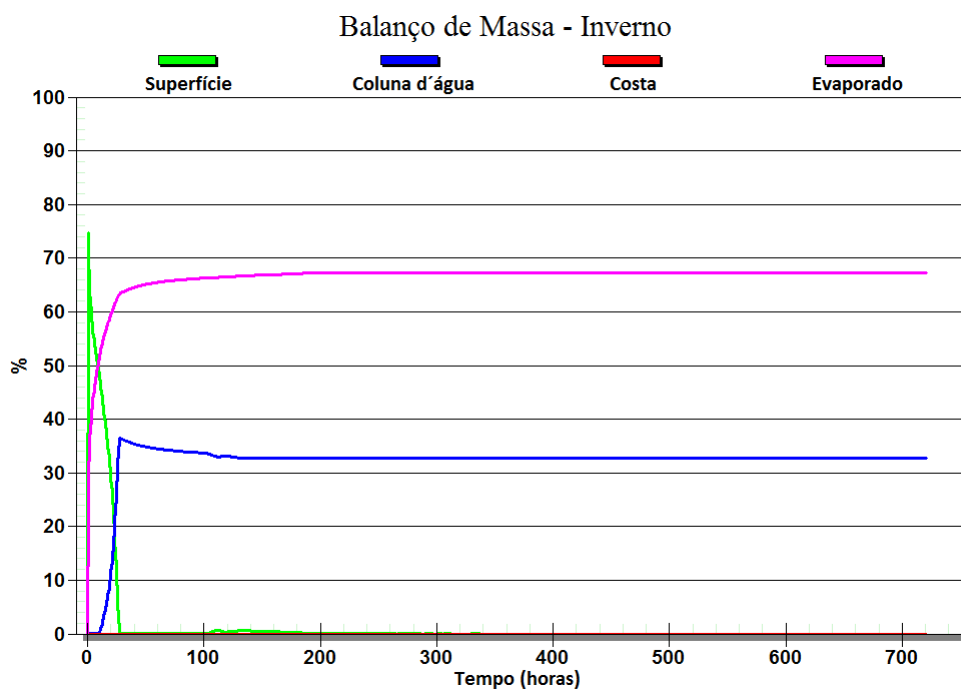


Figura III-58 - Balanço de massa do cenário DET_MF_MEX_P2_PC_INV_30D.

III.3.1 Condições Meteorológicas e Oceanográficas - Simulações Determinísticas Para as Condições Mais Frequentes

A seguir são apresentadas figuras das condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes que atuam nos cenários determinísticos para as condições mais frequentes para os cenários mais críticos de verão e de inverno. Visto que, em nenhum dos cenários houve toque na costa, foi utilizado o critério dos cenários que apresentaram a menor distância com relação à costa. Assim, serão apresentados os resultados dos cenários do ponto de risco P2 de verão e de inverno.

Da Figura III-59 a Figura III-61 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de pior caso do ponto P2, de verão, a partir do início do derrame até o instante mais próximo da costa, quando a mancha de condensado atinge 11,7 km de distância em relação ao Município de Ilhabela (SP), ocorrido cerca de 21 horas após o início da simulação.

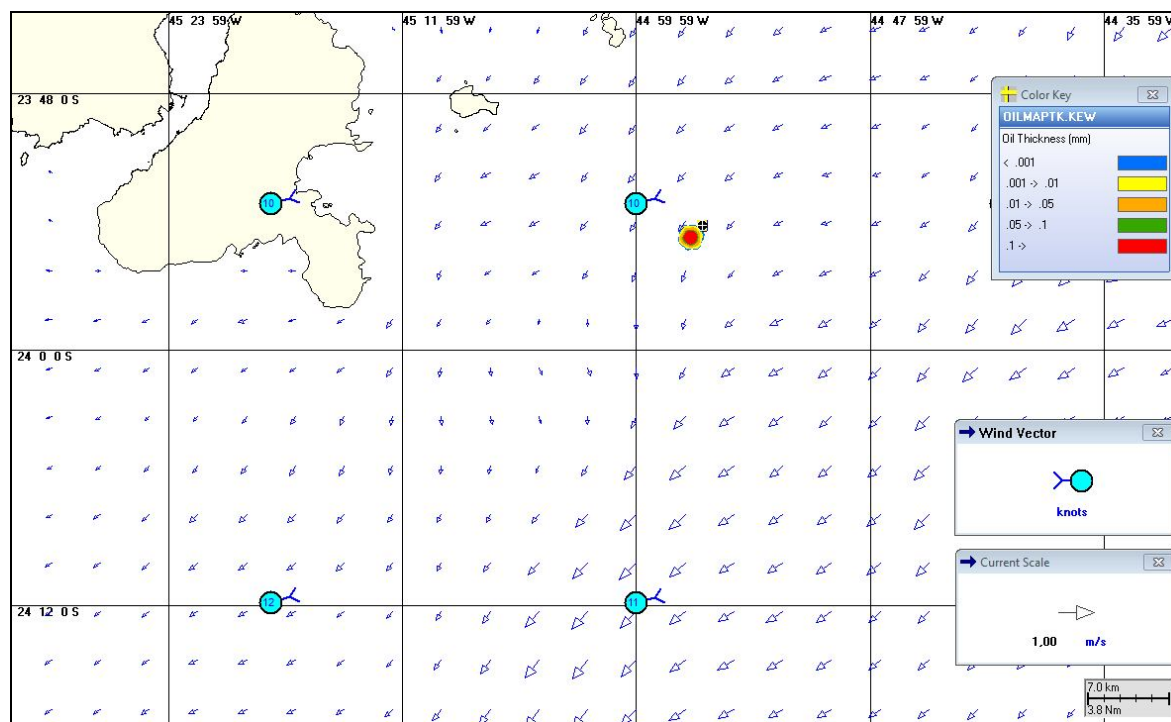


Figura III-59 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-ENE.

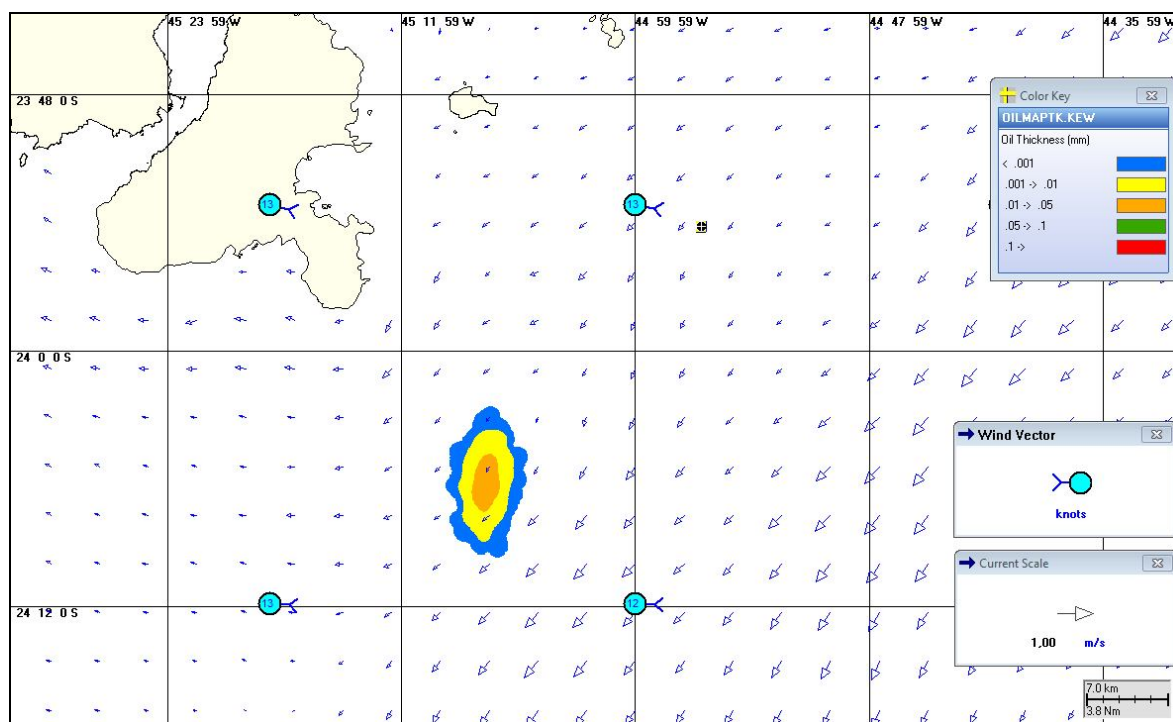


Figura III-60 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-E.

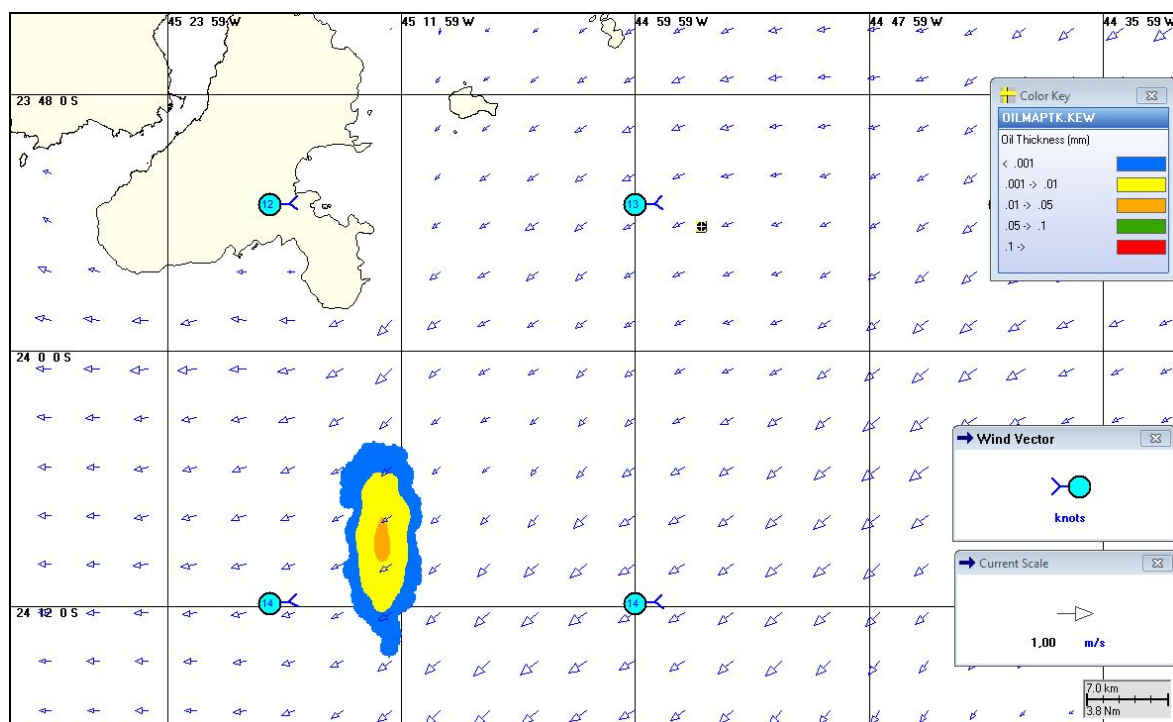


Figura III-61 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P2, no verão. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-WSW; Vento-E.

Da Figura III-62 a Figura III-64 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de pior caso do ponto P2, de inverno, a partir do início do derrame até o instante mais próximo da costa, quando a mancha de condensado atinge 7,8 km de distância em relação ao Município de Ilhabela (SP), ocorrido cerca de 15 horas após o início da simulação.

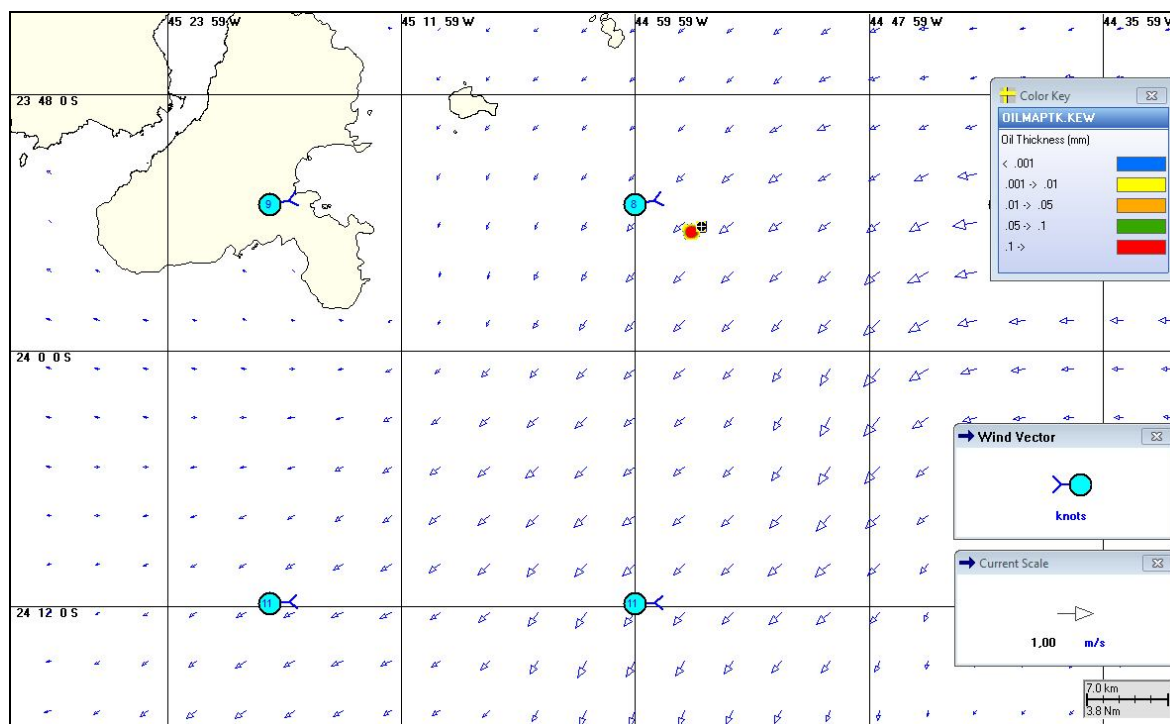


Figura III-62 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no início da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-ENE.

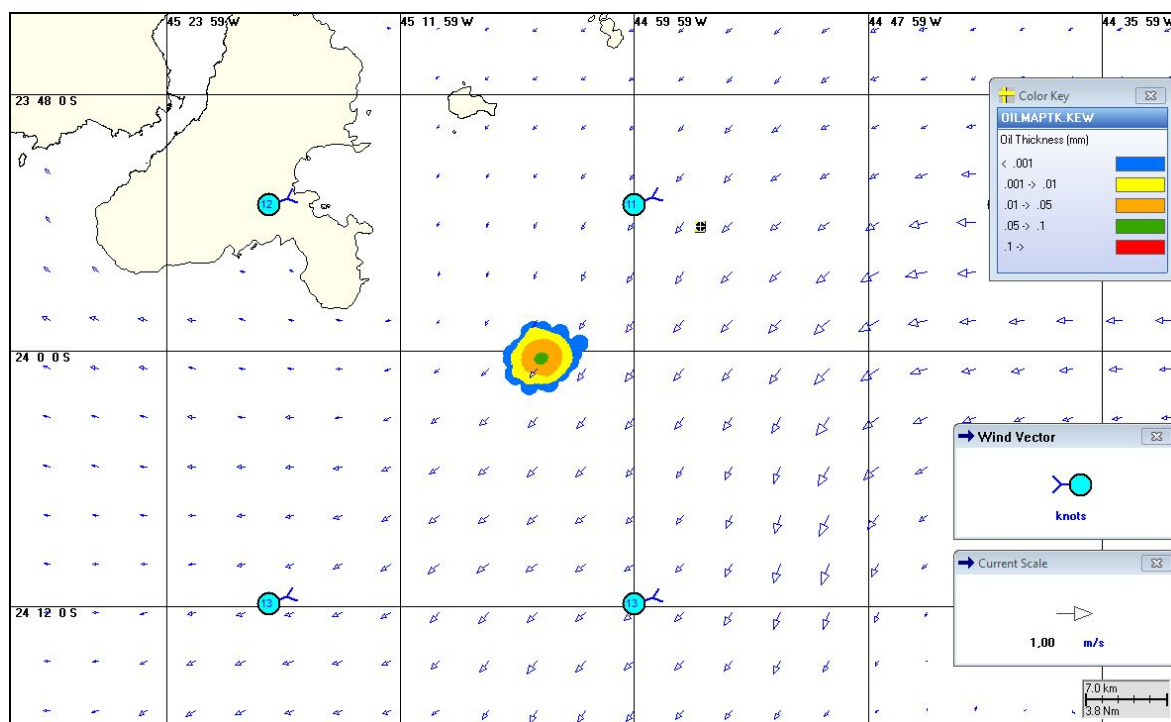


Figura III-63 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-SW; Vento-NE.

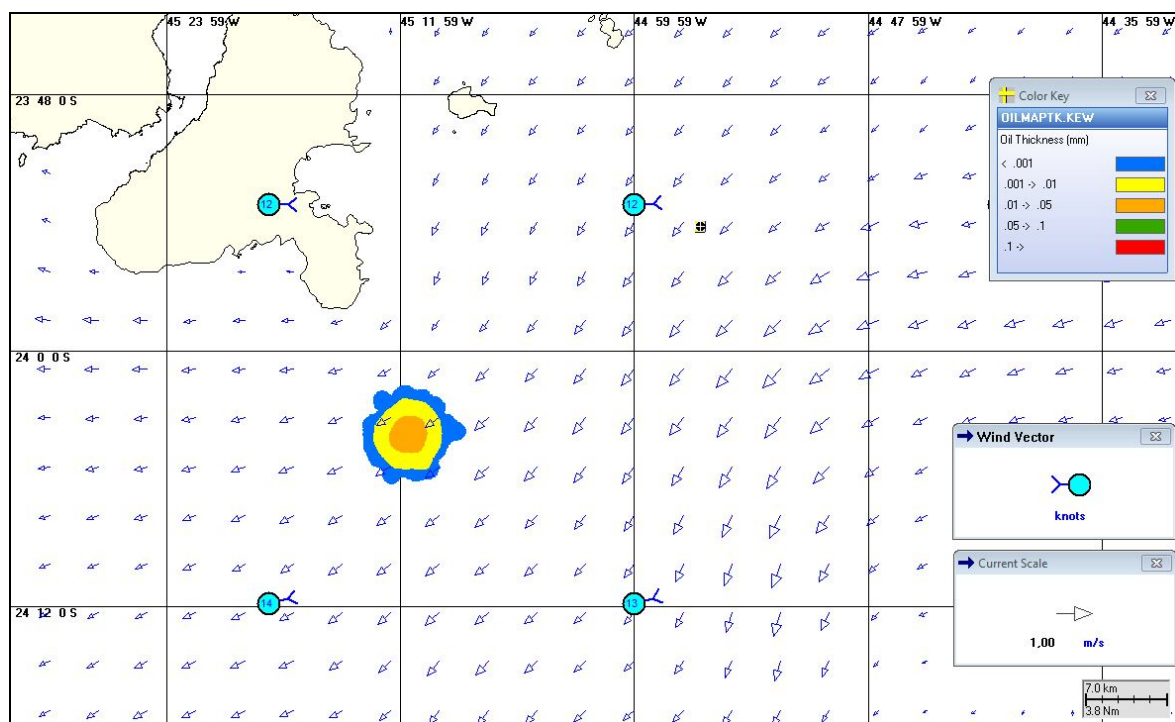


Figura III-64 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de condensado no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P2, no inverno. Direção Predominante na mancha de condensado: Corrente-WSW; Vento-ENE.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório são apresentados os estudos realizados para a determinação da trajetória e intemperismo de condensado decorrente de potenciais acidentes com derrame de petróleo no Campo de Mexilhão, localizado na Bacia de Santos.

Foram simulados cenários probabilísticos e determinísticos de derrames de condensado, considerando: 1) o maior volume correspondente ao *blowout* da unidade de produção (plataforma), referente ao ponto de risco P1: 12.509,0 m³ derramados por 30 dias, e a ruptura de duto de exportação do condensado, referente ao ponto de risco P2: 640 m³ derramados instantaneamente, calculado de acordo com a Resolução do CONAMA³ nº 398/08 (Brasil, 2008); 2) condições sazonais de verão e inverno; e 3) características do condensado que ocorre no Campo de Mexilhão.

O critério de parada utilizado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento, ou seja, as simulações de *blowout* (derrame ao longo de 30 dias) foram de 60 dias. A partir dos resultados das simulações probabilísticas foram selecionados os cenários determinísticos críticos para condições de verão e inverno, utilizando como critério o menor tempo de chegada do óleo na costa ou menor distância do óleo com relação à costa. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes.

O sistema de modelos OILMAP da **Applied Science Associates (ASA), Inc.** foi utilizado para definir a área potencialmente ameaçada por derramamentos de óleo.

O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região foi obtido a partir de um modelo numérico de mesoescala, baseado no HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM), desenvolvido pela PETROBRAS através do projeto REMO (Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica). Enquanto o campo de ventos foi baseado em dados de Reanálise dos modelos meteorológicos do NCEP/NCAR, utilizando os resultados do modelo CFSR.

³ Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Dentro dos cenários probabilísticos simulados neste estudo, observou-se que somente os derrames a partir do ponto de risco P2 apresentaram probabilidades de toque do condensado na costa. A maior extensão de costa atingida pelo condensado foi encontrada para o cenário de pior caso, durante o período de verão. Comparando ao período de inverno, o resultado de verão estende até uma região mais ao sul e mais ao norte, em um trecho de, de aproximadamente 449,9 km, compreendido entre os municípios costeiros de Angra dos Reis (RJ) e Santos (SP). Já no inverno, as simulações alcançaram um trecho de, aproximadamente, 238,7 km de Parati (RJ) até São Sebastião (SP).

Em todos os cenários de verão simulados, a probabilidade de toque de condensado na costa não foi nunca superior a 21% e, nos cenários de inverno, 6%, ou seja, durante o período de verão existe maior probabilidade de o óleo atingir a costa.

O menor tempo de toque do condensado na costa foi identificado para os derrames de pior caso, ocorrendo na Ilha de Vitória (pertencente ao Município de Ilhabela – SP), independentemente do período sazonal simulado. Para o período de verão, este tempo foi de 7 horas e, no período de inverno, de 8 horas.

Dentro dos cenários simulados que não atingiram a costa (ponto P1), os resultados demonstraram que os cenários de inverno apresentaram menores distâncias da mancha com relação à costa do que nos cenários de verão, sendo que a menor distância foi encontrada para o cenário de pior caso, de aproximadamente 26,8 km.

Os resultados das simulações dos cenários determinísticos críticos mostraram que o maior volume final de óleo que chega à costa foi de 8,7 m³ para o verão e 5,4 m³ para o inverno, volumes estes resultantes dos cenários de derrame a partir do ponto de risco P2, com derrame de volume de pior caso. Ainda com relação aos cenários determinísticos críticos, no geral, observa-se que a evaporação e o entranhamento do óleo na coluna d'água são os principais processos responsáveis pela redução da massa de óleo nas simulações realizadas.

Nos cenários determinísticos para as condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes, observa-se que, para ambos os pontos de risco, não apresentaram probabilidade de toque de óleo na costa. Verifica-se que, para

estes cenários, a menor distância atingida pelo óleo com relação à costa é do ponto P2, de aproximadamente 11,7 (verão) e 7,8 (inverno), em relação ao município de Ilhabela (SP).

Em conclusão, este trabalho mostrou a modelagem de derrames de condensado no Campo de Mexilhão, na Bacia de Santos, considerando em cada ponto as hipóteses mais conservativas em relação ao tipo de óleo e volume de pior caso, fornece uma visão abrangente e integrada das possíveis trajetórias de óleo hipoteticamente derramados na região.

Finalmente, nas simulações apresentadas neste estudo, não foram consideradas quaisquer medidas de resposta ou controle para os potenciais acidentes simulados.

V BIBLIOGRAFIA

BRASIL, 2008. Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 12 jun. 2008.

IBAMA, 2009. Nota Técnica Nº02/2009/CGPEG/DILIC. Síntese dos aspectos técnicos da modelagem de transporte de óleo no mar e suas aplicações aos processos de licenciamento em E&P. Rio de Janeiro, 02 de março de 2009.

REMO (Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica), 2012. Base Hidrodinâmica SSE. Relatório Técnico, (novembro de 2012). 116pp+Anexo.

VI EQUIPE TÉCNICA

Equipe da Empresa Consultora Applied Science Consultoria Ltda.

Profissional	Ana Carolina da Rocha Lammardo
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	1.689 (AOCEANO)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	325047
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	André Paim
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	325047
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Eduardo Yassuda
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	060.184.738.5 (CREA)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	94066
Responsável pela(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Gabriel Clauzet
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	1031373
Responsável pela(s) Capítulo (s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Gabriela Freire Cassiano
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	1031373
Responsável pela(s) Capítulo (s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Marco Antonio Corrêa
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	434236
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Maurício Person Lammardo
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	1.065 (AOCEANO)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	272165
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Pedro Fabiano M. Sarmento
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	1800416
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Vivian Martinho
Empresa	Applied Science Consultoria Ltda.
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5057041
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

ANEXO A - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OILMAP

Na modelagem da deriva de óleo foi utilizado o modelo OILMAP, uma ferramenta utilizada para o acompanhamento e previsão do deslocamento e intemperismo de qualquer tipo de óleo derramado em acidentes com petróleo.

O OILMAP é um sistema de modelos, utilizado em Planos de Contingência (Lima *et al.*, 2003, ASA 2003a,b,c), Planos de Emergência com acompanhamento em tempo real (Pereira *et al.*, 2005), Planos de Emergência Individuais (ASA, 2003d, 2004), Relatório de Controle Ambiental (ASA, 2005a) e Estudos de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) no Brasil (ASA, 2005b) e em várias regiões do mundo (Jayko & Howlett, 1992; Spaulding *et al.*, 1992a,b).

O OILMAP foi projetado em uma configuração modular de forma que diferentes tipos de modelos, bem como um conjunto de ferramentas sofisticadas de dados ambientais, podem ser acoplados dependendo do problema e da situação em estudo. Através de sua interface gráfica, o OILMAP permite ao usuário a especificação dos cenários; animação das trajetórias, correntes e vento; importar e exportar dados ambientais; a definição da grade computacional para qualquer área dentro do domínio; gerar correntes médias ou de maré; incluir ou editar as características dos óleos registrados no banco de dados; apresentar dados contidos em objetos georreferenciados (SIG); e determinar o impacto ambiental em recursos naturais. As funções do SIG permitem ao usuário a entrada, manipulação e exibição de objetos na tela através de pontos, linhas, e polígonos georreferenciados ao domínio definido pelo cenário. A cada objeto podem ser atribuídos dados em formato de texto, valores numéricos ou arquivos a partir de *links* externos.

O sistema OILMAP inclui os seguintes modelos: um modelo de deriva e intemperismo para óleo de superfície e subsuperfície, um modelo de resposta a derramamento de óleo, modelo probabilístico, e um modelo receptor que através do método reverso localiza a origem do derramamento a partir de informações da posição da mancha.

Para elaboração de cenários de deriva para acidentes com petróleo deve ser definido um conjunto de duas grades computacionais, sobrepostas ao mapa digital da área de estudo. Uma das grades, compreendendo apenas a região de água, define o campo de circulação, podendo neste caso ser baseada em resultados de um modelo hidrodinâmico implementado na região de estudo. A outra grade (*land-water*) define quais as células ou blocos correspondem à área de terra e quais à área de água, com a interface definida pela linha de costa. A linha de costa é representada por uma série de blocos que limita a extensão em que a mancha de óleo pode se movimentar em uma determinada direção, dependendo do tipo de costa (e.g. manguezais, costões rochosos, praias).

O modelo de deriva de óleo prevê o transporte e intemperismo do óleo a partir de derrames instantâneos e contínuos. As estimativas demonstram a localização e massa do óleo na superfície *versus* o tempo. O modelo estima a variação temporal da cobertura de área, espessura da mancha e viscosidade do óleo. O modelo também estima o balanço da massa de óleo ou a quantidade de óleo sobre a superfície do mar, na coluna de água, evaporado, na costa, e fora da área de estudo *versus* o tempo. Os processos de transformações biogeoquímicas no modelo incluem dispersão, evaporação, entranhamento, dispersão natural ou por suspensão e emulsificação. O OILMAP pode também calcular as interações do óleo com a camada de sedimentos e, no balanço de massa, a sedimentação associada a este processo.

A advecção e a dispersão são os processos físicos associados ao deslocamento e espalhamento do óleo, resultantes da ação combinada do vento, das ondas, da maré e dos fluxos induzidos por gradiente de densidade. O processo de advecção é modelado usando uma formulação lagrangiana e o processo de dispersão é modelado usando uma formulação do tipo deslocamento aleatório (*random walk*). A dispersão e o espalhamento da mancha são representados no modelo pela formulação espesso-fino de Mackay *et al.* (1980a, 1982), utilizando-se a abordagem de mancha espessa dos mesmos autores.

O processo de evaporação baseia-se na formulação analítica parametrizada em termos de exposição à evaporação (Mackay *et al.*, 1980b, 1982). O modelo de Exposição à Evaporação (Stiver & Mackay, 1984) é uma aproximação analítica para a previsão do volume evaporado. O modelo utiliza informações da curva de destilação para estimar os parâmetros necessários à equação analítica.

Os processos de entranhamento são modelados utilizando-se a formulação de Delvigne & Sweeney (1988) que, explicitamente, representa índices de injeção de óleo para dentro da coluna d'água por gotículas de óleo. O coeficiente de entranhamento, como uma função da viscosidade do óleo, baseia-se em Delvigne & Hulsen (1994).

O processo de emulsificação do óleo, em função de perdas de evaporação e alterações na porcentagem de água na mistura, baseia-se em Mackay *et al.* (1980a, 1982) e depende da composição do óleo e do estado do mar. O método de emulsificação de Mackay *et al.* (1982) é implementado através dos valores dos parâmetros de entrada do coeficiente de viscosidade do *mousse* e uma taxa de emulsificação que podem ser usados para diminuir a taxa em que a emulsificação está prevista para ocorrer.

A interação do óleo com o litoral e a linha de costa é modelada com base em uma versão simplificada de Reed *et al.* (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependendo do tipo da costa e de um índice de remoção exponencial.

Utilizando-se o OILMAP em modo probabilístico, é possível considerar a variabilidade das forçantes ambientais. As simulações de derrame são realizadas através da variação aleatória do início do mesmo dentro do período para o qual se dispõe de dados meteorológicos e oceanográficos. Tanto os ventos quanto as correntes, ou ambos, podem variar estocasticamente. As múltiplas trajetórias são, então, utilizadas para a produção de curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da grade computacional (área de estudo). As probabilidades de presença de óleo e tempo de deslocamento da mancha podem ser correlacionadas a recursos naturais armazenados no banco de dados (SIG), de forma a auxiliar na avaliação de impactos ambientais em termos da probabilidade da presença de óleo em recursos importantes.

A.1 FORMULAÇÃO DO MODELO

O sistema OILMAP inclui um modelo de trajetória e intemperismo para óleo de superfície que prevê o transporte e a degradação do óleo a partir de derrames instantâneos e contínuos.

No OILMAP, a mancha de óleo é considerada como um conjunto de partículas lagrangianas contendo, cada uma delas, massa conhecida. O vetor posição (\vec{X}_t) de uma dada partícula, num determinado instante t , é definido como:

$$\vec{X}_t = \vec{X}_{t-\Delta t} + \Delta t \vec{U}_{oil} \quad (1)$$

onde

Δt = passo de tempo (s);

$\vec{X}_{t-\Delta t}$ = posição em $t - \Delta t$;

\vec{U}_{oil} = velocidade da mancha (m/s).

A velocidade advectiva da partícula, \vec{U}_{oil} (m/s), é definida por:

$$\vec{U}_{oil} = \vec{U}_w + \vec{U}_t + \vec{U}_r + \alpha \vec{U}_e + \beta \vec{U}_p \quad (2)$$

onde

\vec{U}_w = componente da velocidade devido ao vento e às ondas (m/s);

\vec{U}_t = componente da velocidade devido às correntes de maré (m/s);

\vec{U}_r = componente da velocidade devido ao fluxo residual (m/s);

\vec{U}_e = componente da velocidade devido ao fluxo de Ekman (m/s);

\vec{U}_p = componente da velocidade devido ao *blowout* (m/s);

α = 0 para derrame de superfície, 1 para subsuperfície;

β = 0 para derrame sem *blowout*, 1 para *blowout*.

A componente da velocidade advectiva devida às correntes de maré, \vec{U}_t , e ao fluxo residual, \vec{U}_r , são provenientes do modelo hidrodinâmico. A velocidade de deriva devida ao vento, u_{wc} e v_{wc} (m/s), componentes Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente, são:

$$u_{wc} = C_1 u_w \quad (3)$$

$$v_{wc} = C_1 v_w \quad (4)$$

onde

u_w = componente Leste-Oeste da velocidade do vento (m/s);

v_w = componente Norte-Sul da velocidade do vento (m/s);

C_1 = fator de deriva (%).

O fator de deriva, C_1 , é constante (Lange & Hühnerfuss, 1978), podendo variar entre 1,0 e 4,5%, baseado em observações. Valores de 3 a 3,5% são mais frequentemente utilizados para ventos moderados em áreas de mar aberto. Valores menores são mais utilizados em zonas costeiras protegidas, como estuários e baías. O valor *default* no modelo é 3,5%. Se as correntes de superfície, fornecidas pelo modelo hidrodinâmico (ou dados observacionais), já são forçadas pelo vento, então o fator de deriva deve ser reduzido.

O ângulo de deriva é no sentido anti-horário da direção do vento (Hemisfério Sul). Assim, a velocidade de deriva devida ao vento, u_{wd} e v_{wd} (m/s), componentes Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente, são:

$$u_{wd} = u_{wc} \cos \theta + v_{wc} \sin \theta \quad (5)$$

$$v_{wd} = u_{wc} \sin \theta + v_{wc} \cos \theta \quad (6)$$

onde

u_{wd} = componente Leste-Oeste da velocidade devida à deriva do vento (m/s);

v_{wd} = componente Norte-Sul da velocidade devida à deriva do vento (m/s);

θ = ângulo de deriva ($^\circ$) constante ($\theta = C_c$). O valor *default* é zero.

Utilizando a formulação *random walk* para a dispersão horizontal, é possível simular os processos dispersivos que ocorrem numa escala de movimento inferior à escala de resolução do campo de corrente fornecido pelos dados e ou modelo hidrodinâmico (Okubo, 1971; Okubo & Ozmidov, 1970). As componentes da velocidade de dispersão da mancha, u_{dd} e v_{dd} , (m/s), são definidas (Bear & Verruijt, 1987) por:

$$u_{dd} = \gamma \sqrt{\frac{6D_x}{\Delta t}} \quad (7)$$

$$v_{dd} = \gamma \sqrt{\frac{6D_y}{\Delta t}} \quad (8)$$

onde

D_x = coeficiente de dispersão horizontal na direção Leste-Oeste (m²/s);

D_y = coeficiente de dispersão horizontal na direção Norte-Sul (m²/s);

Δt = passo de tempo (s);

γ = número aleatório entre (-1) e (1).

Os coeficientes de dispersão horizontal nas direções Leste-Oeste (D_x) e Norte-Sul (D_y) são, geralmente, iguais.

O processo de espalhamento da mancha é representado pela formulação espesso-fino de Mackay *et al.* (1980a,b, 1982), utilizando-se a abordagem de mancha espessa. O OILMAP modela apenas a mancha espessa que contém mais de 90% da massa associada à mancha. A taxa de mudança da área superficial para o espalhamento da mancha espessa (Mackay *et al.*, 1980a), \bar{A}_{tk} (m²/s), é definida por:

$$\tilde{A}_{tk} = \frac{dA_{tk}}{dt} = K_1 A_{tk}^{1/3} \left(\frac{V_m}{A_{tk}} \right)^{4/3} \quad (9)$$

onde

A_{tk} = área superficial da mancha (m²);

K_1 = taxa de espalhamento constante (s⁻¹);

V_m = volume da superfície da mancha (m³);

t = tempo (s).

A análise de sensibilidade deste algoritmo demonstrou que a solução é sensível ao número de partículas utilizadas. Com o objetivo de minimizar esta dependência, Kolluru (1992) derivou uma formulação, normalizando a solução para diferentes números de partículas superficiais.

A taxa de mudança da área superficial de uma única partícula (m^2/s) é dada por:

$$\tilde{A}_{tk} = \frac{dA_{tk}}{dt} = K_1 A_{tk}^{1/3} \left(\frac{V_m}{A_{tk}} \right)^{4/3} \left(\frac{R_s}{R_e} \right)^{4/3} \quad (10)$$

onde

A_{tk} = área superficial de uma partícula (m^2);

K_1 = taxa de espalhamento constante (s^{-1});

V_m = volume de óleo de uma partícula (m^3);

R_s = raio de uma partícula (m);

R_e = raio efetivo da superfície da mancha (m).

O raio efetivo da superfície da mancha R_e (m), (Kolluru, 1992) é dado por:

$$R_e \left[\left(\frac{1}{\pi} \right) \sum_{n=1}^N A_{tk} \right]^{1/2} \quad (11)$$

onde

A_{tk} = área superficial de uma partícula (m^2);

N = número de partículas usadas para representar a superfície da mancha.

O processo de evaporação baseia-se na formulação analítica parametrizada em termos de exposição à evaporação (Mackay et al., 1980b, 1982).

O modelo de Exposição à Evaporação (Stiver & Mackay, 1984) é uma aproximação analítica para a previsão do volume evaporado. O modelo utiliza informações da curva de destilação do óleo (curva PEV) para estimar os parâmetros necessários a esta equação analítica. A fração evaporada, F_v , é definida por:

$$F_v = \frac{\ln[1 + B(T_G / T)\theta \exp(A - BT_0 / T)]}{[T / BT_G]} \quad (12)$$

onde

T_0 = ponto de ebulição inicial (K);

T_G = gradiente da curva de destilação modificada;

T = temperatura do ambiente (K);

A, B = constantes adimensionais;

θ = exposição à evaporação.

A exposição à evaporação, θ , é definida por:

$$\theta = \left(\frac{K_m A_t}{V_0} \right) \quad (13)$$

onde

K_m = coeficiente de transferência de massa (m/s);

A = área da mancha (m²);

t = tempo (s);

V_0 = volume do derrame de óleo (m³).

Dados da curva de destilação (T_0 , T_G , A , B), para óleo cru, podem ser obtidos no *Environment Canada's Oil Catalog* (Whiticar et al., 1992), ou através dos seguintes procedimentos:

1. T_0 (ponto de ebulição inicial) e T_G (gradiente) são obtidos plotando-se a temperatura de ebulição (T_B) com a fração do volume destilado (F_v) para um determinado tipo de óleo, como se segue:

$$T_B = T_0 + T_G F_v \quad (14)$$

2. A (ponto de intersecção com o eixo y) e B (declividade) são obtidos plotando-se o logaritmo natural da constante da Lei de Henry, H , com a

temperatura de ebulição (T_B). A constante da Lei de Henry, H , é definida como a razão da concentração do óleo na fase de vapor com a fase líquida. É uma constante adimensional obtida através de experimentos em laboratórios e definida por:

$$H = PV / RT \quad (15)$$

onde

P = pressão do vapor do óleo (atm);

V = volume do óleo (m^3);

R = constante universal dos gases;

T = temperatura ambiente (K).

H é comumente fornecido em unidades de atm - m^3/mol , devendo ser dividido por RT para adimensionalizá-lo. A relação entre H e T_B é:

$$\ln H = A - B \left(\frac{T_B}{T} \right) \quad (16)$$

Os valores de A e B são fornecidos no banco de dados do OILMAP e variam de 1 a 20 e de 7 a 18, respectivamente.

Os processos de entranhamento são modelados utilizando-se a formulação de Delvigne & Sweeney (1988) que, explicitamente, representa índices de injeção de óleo para dentro da coluna de água por gotículas de óleo. O coeficiente de entranhamento, como uma função da viscosidade do óleo, baseia-se em Delvigne & Hulsen (1994).

Delvigne & Sweeney (1988) desenvolveram uma relação para a taxa de entranhamento do óleo como uma função do tamanho da partícula de óleo, Q_d (kg/m^2s), expressa como:

$$Q_d = C * D_d^{0,57} SFd^{0,7} \Delta d \quad (17)$$

onde

C^* = constante empírica de entranhamento que depende do tipo de óleo e do estado do tempo;

D_d = energia dissipada da arrebentação da onda por unidade de área superficial (J/m^2);

S = fração da superfície do mar coberta pelo óleo;

F = fração da superfície do mar atingida pela arrebentação das ondas;

d = diâmetro da partícula de óleo (m);

Δd = intervalo de diâmetro da partícula de óleo (m).

A constante de entranhamento, C^* , foi ajustada aos dados relatados em Delvigne & Hulsen (1994) como:

$$C^* = \exp(a \ln(\mu / \rho) + b) \quad (18)$$

onde

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm^3);

$a = -0,1023$, $b = 07,572$ para $(\mu / \rho) < 132$ cSt;

$a = -1,8927$, $b = 16,313$ para $(\mu / \rho) > 132$ cSt.

O diâmetro médio da partícula, d_{50} (μm), é definido por:

$$d_{50} = 1818(E)^{-0,5} \left(\frac{\mu}{\rho_0} \right)^{0,34} \quad (19)$$

onde

E = taxa de dissipação da energia da onda por unidade de volume ($\text{J/m}^3\text{s}$), com 10^3 a 10^4 para ondas em zona de arrebentação, 1 a 10 para camada superficial, 10^{-1} a 1 para estuários e 10^{-4} a 10^{-2} para oceano profundo;

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm^3).

O processo de entranhamento é muito sensível aos valores mínimo (d_{\min}) e máximo (d_{\max}) do diâmetro da partícula (μm), sendo:

$$d_{\min} = 0,1d_{50} \quad (20)$$

$$d_{\max} = 2,0d_{50} \quad (21)$$

A energia dissipada da onda, D_d (J/m^2), é:

$$D_d = 3,4 \times 10^{-3} \rho_w g H^2 \quad (22)$$

onde

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

H = raiz quadrada média da altura da arrebentação da onda (m).

A fração da superfície marinha impactada pela arrebentação das ondas por unidade de tempo, F , é:

$$F = 0,032(U_w - U_t)/T_w \quad (23)$$

onde

U_w = velocidade do vento 10 m acima da superfície do mar (m/s);

U_t = valor limite do vento para a quebra da onda ($\sim 5 \text{ m}/\text{s}$);

T_w = período de onda significativo (s).

O total da massa que sofre entranhamento na coluna d'água, M_e (kg), é:

$$M_e = A d t \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} Q_d dd \quad (24)$$

onde

A = área superficial da mancha (m^2);

dt = passo de tempo (s);

Q_d = taxa de entranhamento ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

A profundidade de intrusão, z_m (m), é:

$$z_m = 1,5H_b \quad (25)$$

onde

H_b = altura da quebra da onda (m).

A velocidade de ascensão para cada tamanho de gotícula, W_i (m/s), é:

$$W_i = d_i^2 g (1 - \rho_0 / \rho_w) / 18 \nu_w \quad (26)$$

onde

d_i = diâmetro da gotícula (m);

g = constante gravitacional (m/s^2);

ρ_0 = densidade do óleo (kg/m^3);

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

ν_w = viscosidade da água (m^2/s).

Esta relação usa a Lei de Stokes e é válida para baixos valores de números de Reynolds ($Re < 20$).

A profundidade de mistura para cada tamanho de partícula, Z_i (m), é:

$$Z_i = \max \left(\frac{D_v}{W_i}, Z_m \right) \quad (27)$$

onde

D_v = coeficiente de dispersão vertical (m^2/s).

O coeficiente de dispersão vertical, D_v (m^2/s), é definido como:

$$D_v = 0,0015W_{10} \quad (28)$$

onde

W_{10} = velocidade do vento a 10 m de altura (m/s).

A fração da massa que volta à superfície para cada tamanho de partícula, R_i , é dada por:

$$R_i = \frac{W_i dt}{Z_i} \quad (29)$$

onde

dt = passo de tempo (s).

O processo de emulsificação do óleo, em função de perdas de evaporação e alterações na porcentagem de água na mistura, baseia-se em Mackay *et al.* (1980a, 1982) e depende da composição do óleo e do estado do mar.

O método de emulsificação de Mackay *et al.* (1982) é implementado pelo usuário através dos valores dos parâmetros de entrada do coeficiente de viscosidade do *mousse* e uma taxa de emulsificação, que podem ser usados para diminuir a taxa em que a emulsificação está prevista para ocorrer.

O aumento exponencial do algoritmo da formação do *mousse* é apresentado em Mackay *et al.* (1980a, 1982). A taxa de água que é incorporada ao óleo, \tilde{F}_{wc} (s^{-1}), é dada por:

$$\tilde{F}_{wc} = \frac{dF_{wc}}{dt} = C_1 U_w^2 \left(1 - \frac{F_{wc}}{C_2} \right) \quad (30)$$

onde

U_w = velocidade do vento (m/s);

C_1 = constante empírica (2×10^{-6} para o óleo emulsificado; 0 para outros);

C_2 = constante que controla a quantidade máxima de água (0,7 para óleo combustível pesado e óleo cru);

F_{wc} = fração máxima de água no óleo (valor de entrada para caracterização do óleo) (s^{-1}).

A viscosidade do óleo emulsificado, μ (cP), é dada por:

$$\mu = \mu_0 \exp\left(\frac{2,5F_{wc}}{1 - C_0 F_{wc}}\right) \quad (31)$$

onde

μ_0 = viscosidade inicial do óleo (cP);

F_{wc} = fração máxima de água no óleo;

C_0 = constante de emulsificação ($\sim 0,65$).

O efeito da evaporação na viscosidade, μ (cP), é dada por:

$$\mu = \mu_0 \exp(C_4 F_v) \quad (32)$$

onde

μ_0 = viscosidade inicial do óleo (cP);

C_4 = constante (1 para óleo leve e 10 para óleo pesado);

F_v = fração evaporada da superfície da mancha.

A interação do óleo com o litoral e linha de costa é modelada com base em uma versão simplificada de Reed *et al.* (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependendo do tipo da costa e de um índice de remoção exponencial. Estes processos foram parametrizados no OILMAP da seguinte forma:

- A grade que representa a linha de costa do OILMAP (grade *land-water*) pode conter diferentes informações sobre as capacidades de retenção de óleo para cada elemento de grade. A deposição ocorre quando uma partícula de óleo cruza a linha de costa e termina quando a capacidade de absorção da superfície especificada é atingida. As partículas de óleo que posteriormente atingem um elemento de grade costeira já saturada não permanecem na superfície da costa;
- O óleo depositado na linha de costa é exponencialmente removido com o tempo, retornando à coluna d'água numa maré enchente suficientemente alta para umedecer a superfície com o óleo, aliada a ação do vento;
- A fração de massa disponível para deposição na linha de costa, F_{sh} , é:

$$F_{sh} = \frac{A_{lg}}{A_s} \quad (33)$$

onde

A_{lg} = área de um elemento de grade;

A_s = área de uma partícula na superfície.

- A massa é depositada na grade costeira apenas se o total de massa acumulada é menor do que a capacidade de absorção de determinado elemento de grade. Esta capacidade de absorção para um determinado tipo de costa i , $M_{h,i}$ (kg), é:

$$M_{h,i} = \rho_0 t_i W_i L_{gi} \quad (34)$$

onde

i = parâmetro do tipo de costa;

ρ_0 = densidade do óleo depositado (kg/m^3);

t_i = espessura máxima do óleo que pode ser depositada na costa (varia de acordo com o tipo de costa e viscosidade do óleo);

W_i = largura do elemento de grade atingido pelo óleo;

L_{gi} = comprimento do elemento de grade atingido pelo óleo.

- A massa de óleo restante na costa em qualquer instante, M_R (kg), é

$$M_R = M_0(1 - \exp[t/T]) \quad (35)$$

onde

M_0 = massa inicial do óleo depositado na costa (kg);

t = tempo (dias);

T = tempo de remoção dependente do tipo de costa (dias).

A.2 DADOS DE ENTRADA

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são:

- ✓ localização geográfica do ponto de derrame;
- ✓ data e horário;
- ✓ duração do derrame;
- ✓ volume derramado;
- ✓ tipo de óleo;
- ✓ duração da simulação;
- ✓ opções de resposta (e.g., barreiras, sobrevoo, dispersantes);
- ✓ campo de correntes;
- ✓ arquivo de dados meteorológicos;
- ✓ opções de saída;
- ✓ parâmetros de simulação:
 - número de partículas,
 - fator de vento,
 - coeficiente de dispersão horizontal,
 - passo de tempo do modelo,
 - passo de tempo do arquivo de saída.

Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros do modelo.

A.3 BIBLIOGRAFIA

ASA (Applied Science Associates South America), 2003a. Cenários de Acidentes com Petróleo no Terminal de Alemoa (SP). Relatório Técnico (janeiro de 2003). 57pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003b. Cenários de Acidentes com Petróleo no Terminal de Paranaguá (PR). Relatório Técnico (janeiro de 2003). 51pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003c. Cenários de Acidentes com Petróleo na Refinaria de Presidente Bernardes – RPBC (SP). Relatório Técnico (dezembro de 2003). 47pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2003d. Estudos de Deriva para Acidentes com Produtos Derivados de Petróleo no Terminal de São Luís (MA). Relatório Técnico (dezembro de 2003). 196pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2004. Estudos de Deriva para Acidentes com Produtos Derivados de Petróleo na Base Vila do Conde (PA). Relatório Técnico (janeiro de 2004). 207pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2005a. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o Bloco BM-CAL-6. Relatório Técnico, Revisão 01 (outubro de 2005). 212pp.

ASA (Applied Science Associates South America), 2005b. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o FPSO Capixaba, Campo de Golfinho, Bacia do Espírito Santo. Relatório Técnico (abril de 2005). 107pp.

BEAR, J. & A. VERRUIJT, 1987. Modeling groundwater flow and pollution with computer programs for sample cases. Kluwer Academic Publishers.

DELVIGNE G.A.L. & C.E. SWEENEY, 1988. Natural dispersion of oil. **Oil & Chemical Pollution**, 4 (1988): p. 281-310.

DELVIGNE G.A.L. & L.J.M. HULSEN, 1994. Simplified laboratory measurement of oil dispersion coefficient – Application in computations of natural oil dispersion. Proceedings of the Seventeenth Arctic and Marine Oil Spill Program, Technical Seminar, June 8-10, 1994, Vancouver, BC Canada, pp.173-187.

JAYKO K. & E. HOWLETT, 1992. OILMAP an interactive oil spill model. In: OCEANS 92, October 22-26, 1992, Newport, RI.

KOLLURU, V.S., 1992. Influence of Number of Spilllets on Spill Model Predictions. Applied Science Associates Internal Report, 1992.

LANGE, P. & H. HÜHNERFUSS, 1978. Drift response of mono-molecular slicks to wave and wind action. **Journal of Physical Oceanography**, v. 8, p. 142-150.

LIMA J.A., A. SARTORI, E.A. YASSUDA, J.E. PEREIRA & E. ANDERSON, 2003. Development of oil spill scenarios for contingency planning along the Brazilian coast. In: International Oil Spill Conference, 2003, Vancouver, BC, Canada.

MACKAY, D., S. PATERSON. & K. TRUDEL, 1980a. A mathematical model of oil spill behavior, Department of Chemical Engineering, University of Toronto, Canada, 39pp.

MACKAY D., S. PATERSON & K. TRUDEL, 1980b. Oil spill processes and models Report EE-8, Environmental Protection Service, Canada.

MACKAY D., W. SHUI, K. HOUSSAIN, W. STIVER, D. McCURDY & S. PATERSON, 1982. Development and calibration of an oil spill behavior model, Report No. CG-D027-83, US Coast Guard Research and Development Center, Groton, CT.

OKUBO A. & R.V. OZMIDOV, 1970. Empirical dependence of the coefficient of horizontal turbulent diffusion on the ocean in the scale of the phenomenon in question. **Atmospheric and Ocean Physics**, 6(5): p. 534-536.

OKUBO, A., 1971. Oceanic diffusion diagrams. **Deep Sea Research**, v. 8, p. 789-802.

PEREIRA J.E.; E.A. YASSUDA & E. CAMPOS, 2005. Development of an operational metocean modelling system, with applications in South America. In: 9th International Conference on Estuarine and Coastal Modelling, 2005. Charleston, SC, USA.

REED M., E. GUNDLACH, & T. KANA, 1989. A coastal zone oil spill model: development and sensitivity studies, **Oil and Chemical Pollution**, Vol. 5, p. 411-449.

SPAULDING, M. L., E. HOWLETT, E. ANDERSON & K. JAYKO, 1992a. OILMAP a global approach to spill modeling. 15th Arctic and Marine Oil Spill Program, Technical Seminar, June 9-11, 1992, Edmonton, Alberta, Canada, p. 15-21.

SPAULDING M.L., E. HOWLETT, E. ANDERSON & K. JAYKO, 1992b. Oil spill software with a shell approach. **Sea Technology**, April 1992, p. 33-40.

STIVER W. & D. MACKAY, 1984. Evaporation rate of spills of hydrocarbons and petroleum mixtures. **Environmental Science and Technology**, 18:834-840.

WHITICAR S., M. BOBRA, M. FINGAS, P. JOKUTY, P. LIUZZO, S. CALLAGHAN, S. ACKERMAN & J. CAO, 1992. A catalogue of crude oil and oil product properties 1992 (edition), Report #EE-144, Environment Canada, Ottawa, Canada

ANEXO B – ANÁLISE METEOROLÓGICA E OCEANOGRÁFICA DAS CONDIÇÕES MAIS FREQUENTES

De forma a determinar qual a direção mais frequente de corrente e vento para cada ponto de interesse dentro dos resultados utilizados como forçante para a modelagem da dispersão de óleo (HYCOM para correntes e CFSR para vento), foi produzido um histograma da direção da corrente para cada uma das posições. Tais histogramas apresentam o número de vezes em que se registrou o fluxo de corrente/vento para uma determinada direção ao longo da série de dados, entre 0 e 360° (a cada 5°). O eixo x apresenta as direções variando entre 0° e 360° a cada 5° e eixo Y apresenta a porcentagem de ocorrências da referida direção.

A Figura 1 abaixo apresenta os histogramas das direções da corrente para os pontos P1 e P2 durante o período de verão enquanto a Figura 2 apresenta os histogramas das direções da corrente para o período de inverno. As direções seguem a convenção oceanográfica, ou seja, indicam para onde vai a corrente.

O ponto P1 apresenta um padrão de correntes para SW bastante uniforme durante as duas estações, o qual é associado à presença do ramo mais persistente da Corrente do Brasil a norte do ponto.

Com relação ao ponto P2, ele apresenta diferentes comportamentos nas estações. Durante o inverno a corrente apresenta um fluxo predominante para SW, associado à ação da Corrente do Brasil na região, com a ocorrência de algumas inversões para NE devido à passagem de sistemas frontais. Durante o verão o padrão principal ainda é de correntes para SW, entretanto as inversões para NE se tornam mais frequentes. Esse aumento no número de inversões acontece devido à influência de sistemas frontais e também ao deslocamento da Corrente do Brasil para sul.

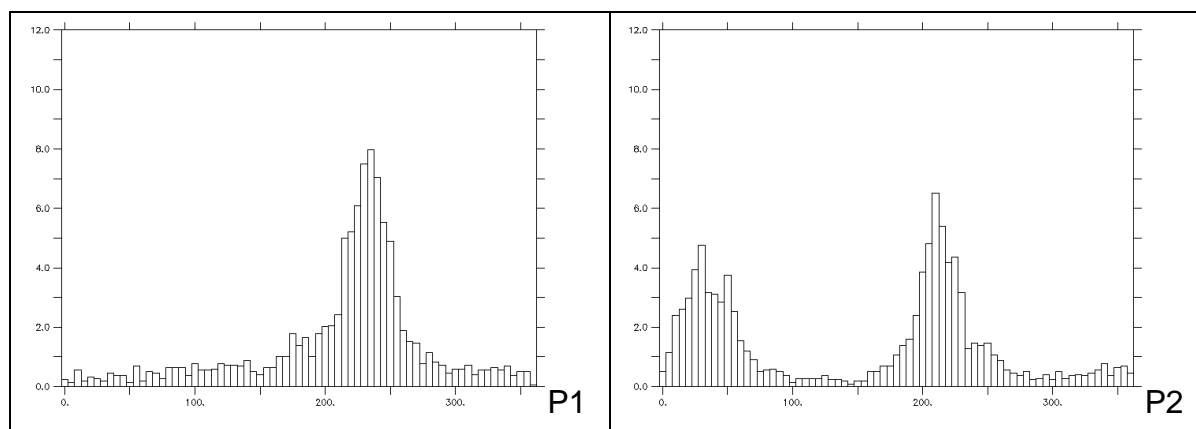


Figura 65 – Histogramas de ocorrência de direção da corrente (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de verão (janeiro a março). A direção segue a convenção oceanográfica.

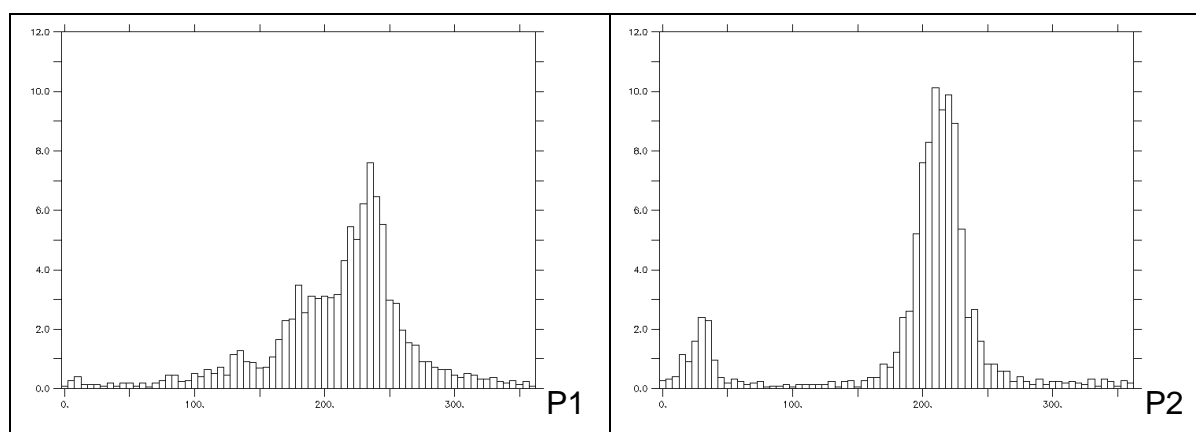


Figura 66 – Histogramas de ocorrência de direção da corrente (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de inverno (junho a agosto). A direção segue a convenção oceanográfica.

A Figura 3 abaixo apresenta os histogramas das direções da corrente para os pontos P1 e P2 durante o período de verão enquanto a Figura 4 apresenta os histogramas das direções da corrente para o período de inverno. As direções seguem a convenção meteorológica, ou seja, indicam de onde o vento vem.

Os pontos apresentam padrão bastante similar, com pouca variação sazonal. A maioria das observações são do quadrante NE, padrão associado à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Também é possível notar um segundo pico consideravelmente menor do que o primeiro para o quadrante SW, referente à passagem de sistemas frontais sobre a região.

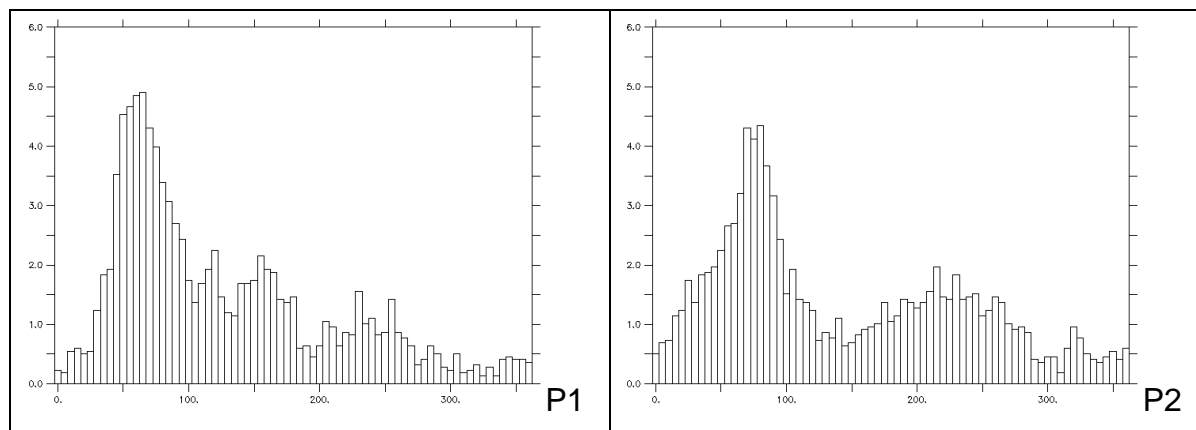


Figura 67 – Histogramas de ocorrência de direção do vento (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de verão (janeiro a março). A direção segue a convenção meteorológica.

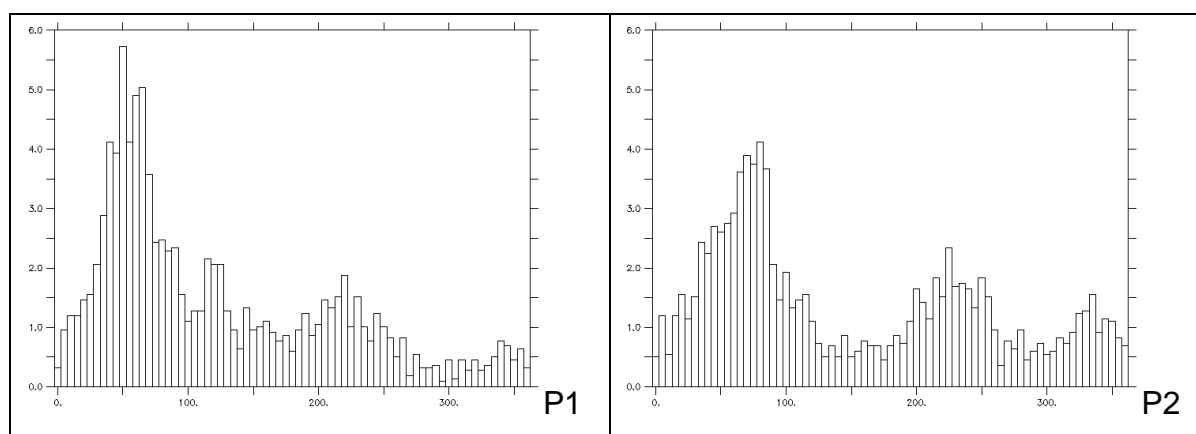






Figura 68 – Histogramas de ocorrência de direção do vento (considerando intervalo de 5°, valores em porcentagem) para o período de inverno (junho a agosto). A direção segue a convenção meteorológica.

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div>IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
325047	216.695.528-29	29/01/2013	29/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço Ana Carolina da Rocha Lammardo R. Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Controle da Poluição Gestão Ambiental			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação bc31.h1qh.2anu.s6gw	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div> IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
618096	313.553.798-65	19/12/2012	19/03/2013
Nome/Razão Social/Endereço André Paim Ferraz Rodrigues Rua Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Qualidade da Água Educação Ambiental Recursos Hídricos Controle da Poluição Recuperação de Áreas Gestão Ambiental Ecossistemas Terrestres e Aquáticos			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação ns3x.gg3e.4rs7.jjb6	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"><div style="text-align: center;">Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div></div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
94066	094.409.448-11	22/01/2013	22/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço EDUARDO AYRES YASSUDA Rua Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
<p>Este certificado comprova a regularidade no</p> <p style="text-align: center;">Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental</p> <p>Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0</p> <p>Qualidade da Água Recursos Hídricos Gestão Ambiental</p>			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. <div style="text-align: right;">Autenticação bkhi.bku8.cjxw.fhk3</div>	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div> IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
1031373	188.764.658-20	21/01/2013	21/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço Gabriel Clauzet Rua Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Educação Ambiental Recursos Hídricos Auditoria Ambiental Gestão Ambiental Ecossistemas Terrestres e Aquáticos			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação v8d3.elau.fpyf.nj88	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div>IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
4730645	040.782.699-82	28/11/2012	28/02/2013
Nome/Razão Social/Endereço Gabriela Freire Cassiano Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Educação Ambiental Controle da Poluição Gestão Ambiental			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação uxfx.h3cu.sgae.asxu	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div>IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
434236	096.540.398-00	21/01/2013	21/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço MARCO ANTONIO CORREA Rua Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Qualidade da Água Recursos Hídricos Controle da Poluição Ecossistemas Terrestres e Aquáticos			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação qwza.hrn timer.u3s1.71gl	



[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis </div>  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE </div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
272165	266.829.718-42	19/12/2012	19/03/2013
Nome/Razão Social/Endereço Maurício Person Lammardo R. Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental </div> Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Qualidade da Água Recursos Hídricos Controle da Poluição Gestão Ambiental Ecossistemas Terrestres e Aquáticos			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> Autenticação 2mqt.i7qw.ka5d.qvvy </div>	

[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div> IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
1800416	303.524.648-36	29/01/2013	29/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço Pedro Fabiano de Moraes Sarmento R. Fidalga, 711 Vila Madalena SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Qualidade da Água Educação Ambiental Auditoria Ambiental			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação bift.mvj7.dr3s.zi14	

[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

<div><div>Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis</div><div> IBAMA M M A</div></div> <div>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE</div>			
Nr. de Cadastro:	CPF/CNPJ:	Emitido em:	Válido até:
5057041	328.036.158-35	29/01/2013	29/04/2013
Nome/Razão Social/Endereço Vivian Martinho Rua Fidalga, 711 Vila Madalema SAO PAULO/SP 05432-070			
Este certificado comprova a regularidade no Cadastro de Instrumentos de Defesa Ambiental Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0 Qualidade da Água Controle da Poluição Ecossistemas Terrestres e Aquaticos			
Observações: 1 - Este certificado não habilita o interessado ao exercício da(s) atividade(s) descrita(s), sendo necessário, conforme o caso de obtenção de licença, permissão ou autorização específica após análise técnica do IBAMA, do programa ou projeto correspondente: 2 - No caso de encerramento de qualquer atividade especificada neste certificado, o interessado deverá comunicar ao IBAMA, obrigatoriamente, no prazo de 30 (trinta) dias, a ocorrência para atualização do sistema. 3 - Este certificado não substitui a necessária licença ambiental emitida pelo órgão competente. 4 - Este certificado não habilita o transporte de produtos ou subprodutos florestais e faunísticos.		A inclusão de Pessoas Físicas e Jurídicas no Cadastro Técnico Federal não implicará por parte do IBAMA e perante terceiros, em certificação de qualidade, nem juízo de valor de qualquer espécie. Autenticação 9laa.tb5a.9pgu.wmfl	

[Imprimir tela](#) [Fechar janela](#)

