

Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para o FPSO Cidade de Ilhabela



Revisão 00
Set/2014



PETROBRAS

Modelagem do Derrame de Óleo no Mar para o FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos

**Revisão 00
Setembro / 2014**



TETRA TECH 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 TETRA TECH como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da TETRA TECH for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da TETRA TECH”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a TETRA TECH.

TETRA TECH, 2014. Modelagem do Derrame de Óleo no Mar para o FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos. Relatório Técnico, Revisão 00 (23 de setembro de 2014). 116pp+Anexos.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	1
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-4
II.1.3 DOMÍNIO MODELADO	II-6
II.1.4 PONTO DE MODELAGEM E VOLUMES DE DERRAME	II-8
II.1.5 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO UTILIZADO	II-9
II.2 CRITÉRIOS DE PARADA ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES	II-9
II.3 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS	II-10
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-13
III.1.3 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS - VOLUME PIOR CASO	III-24
III.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS	III-36
III.2.1 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS - VOLUME	
PEQUENO	III-37
III.2.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS - VOLUME	
MÉDIO	III-40
III.2.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS - VOLUME PIOR	
CASO	III-42
III.2.4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS -	
SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS	III-45
III.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS PARA AS CONDIÇÕES	
METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES	III-50
III.3.1 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS MAIS FREQUENTES -	
VOLUME PEQUENO	III-52
III.3.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS MAIS FREQUENTES -	
VOLUME MÉDIO	III-54

III.3.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS MAIS FREQUENTES - VOLUME PIOR CASO	III-57
III.3.4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS - SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS MAIS FREQUENTES.....	III-59
III.4 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE MAIOR MASSA NA COSTA	III-65
III.4.1 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE MAIOR MASSA NA COSTA - VOLUME PEQUENO	III-67
III.4.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE MAIOR MASSA NA COSTA - VOLUME MÉDIO.....	III-69
III.4.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE MAIOR MASSA NA COSTA - VOLUME PIOR CASO	III-72
IV CONSIDERAÇÕES FINAIS	IV-1
V BIBLIOGRAFIA	V-1
VI EQUIPE TÉCNICA.....	VI-1
ANEXO A – DESCRIÇÃO DO MODELO OSCAR	A-1
ANEXO B – ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES	B-1

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁG.
Tabela II-1 - Parâmetros numéricos utilizados como input na modelagem de óleo.	II-2
Tabela II-2 - Coordenadas (SIRGAS 2000) do ponto de modelagem referente ao FPSO Cidade de Ilhabela.	II-8
Tabela II-3 - Características do óleo.	II-9
Tabela II-4 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrame de óleo.	II-10
Tabela III-1 - Extensão de costa atingida e tempo mínimo de toque na costa para as simulações probabilísticas.	III-2
Tabela III-2 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.	III-11
Tabela III-3 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.	III-13
Tabela III-4 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume médio, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.	III-22
Tabela III-5 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume médio, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.	III-24
Tabela III-6 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.	III-33
Tabela III-7 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.	III-35
Tabela III-8 - Resumo dos cenários determinísticos críticos.	III-36
Tabela III-9 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes.	III-51
Tabela III-10 - Resumo dos cenários determinísticos de maior massa/volume na costa.	III-66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁG.
Figura I-1 - Localização do ponto de modelagem considerado nas simulações (datum SIRGAS2000).	I-1
Figura II-1 - Domínio e batimetria (metros) da simulação 1/24 ^o	II-3
Figura II-1 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição típica de verão).	II-5
Figura II-2 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição típica de inverno).....	II-6
Figura II-4 - Grade definindo os contornos de terra (grade habitat) para a modelagem de deriva de óleo: 1.000 x 1.000 ponto (2.210 km x 1.550 km), resolução de, aproximadamente, 2,1 km no eixo X e 1,8 km no eixo Y.	II-7
Figura III-1 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-3
Figura III-2 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-4
Figura III-3 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-5
Figura III-4 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-6
Figura III-5 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-7

FIGURA	PÁG.
Figura III-6 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-8
Figura III-7 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-9
Figura III-8 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-10
Figura III-9 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-14
Figura III-10 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-15
Figura III-11 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-16
Figura III-12 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-17
Figura III-13 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-18

FIGURA	PÁG.
Figura III-14 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-19
Figura III-15 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-20
Figura III-16 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-21
Figura III-17 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-25
Figura III-18 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-26
Figura III-19 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-27
Figura III-20 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-28
Figura III-21 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-29

FIGURA	PÁG.
Figura III-22 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-30
Figura III-23 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-31
Figura III-24 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-32
Figura III-21 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.	III-38
Figura III-22 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.....	III-38
Figura III-23 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.....	III-39
Figura III-24 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.....	III-39
Figura III-25 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.	III-40
Figura III-26 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.....	III-41
Figura III-27 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.....	III-41
Figura III-28 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.....	III-42

FIGURA	PÁG.
Figura III-29 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.	III-43
Figura III-30 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.....	III-43
Figura III-31 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-44
Figura III-32 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.....	III-44
Figura III-33 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-NW; Vento-SSE.	III-45
Figura III-34 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW; Vento-SE.....	III-46
Figura III-35 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante do primeiro toque de óleo na costa da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW; Vento-E.....	III-47
Figura III-36 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NNE; Vento-S.	III-48
Figura III-37 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S-SW; Vento-NE.	III-49

FIGURA	PÁG.
Figura III-38 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NE; Vento-WSW.....	III-50
Figura III-43 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.	III-52
Figura III-44 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.	III-53
Figura III-45 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.....	III-53
Figura III-46 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.	III-54
Figura III-47 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.	III-55
Figura III-48 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.	III-55
Figura III-49 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.....	III-56
Figura III-50 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.	III-56
Figura III-51 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.	III-57
Figura III-52 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.	III-58
Figura III-53 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-58

FIGURA	PÁG.
Figura III-54 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.	III-59
Figura III-55 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-NNW; Vento-ENE.	III-60
Figura III-56 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW/NE; Vento-SE.....	III-61
Figura III-57 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante do primeiro toque de óleo na costa da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW/NE; Vento-E.....	III-62
Figura III-58 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NW/S; Vento-NW.....	III-63
Figura III-59 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S-SW; Vento-W.	III-64
Figura III-60 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S/NE; Vento-E.	III-65
Figura III-61 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.	III-67
Figura III-22 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.....	III-68

FIGURA	PÁG.
Figura III-23 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.	III-68
Figura III-24 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.	III-69
Figura III-25 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.	III-70
Figura III-26 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.	III-70
Figura III-27 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.	III-71
Figura III-28 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.	III-71
Figura III-29 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.	III-72
Figura III-30 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.	III-73
Figura III-31 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 420.323,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-73
Figura III-32 - Balanço de massa do cenário DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.	III-74

RESUMO

Este relatório apresenta os resultados da modelagem numérica do derrame de óleo decorrentes das atividades de produção no FPSO Cidade de Ilhabela, localizado na Bacia de Santos.

O sistema de modelos OSCAR 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 da nova Base Hidrodinâmica desenvolvida no âmbito da Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO). O campo de ventos foi proveniente de dados de reanálise de modelo meteorológico.

Em atendimento às solicitações feitas pelo CGPEG/IBAMA nos Pareceres Técnicos nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15, foram conduzidas simulações probabilísticas para dois períodos sazonais de 5 meses (janeiro a maio e junho outubro), 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 do CONAMA nº 398/08: pequeno ($8,0 \text{ m}^3$), médio ($200,0 \text{ m}^3$) e pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$, derramados ao longo de 24 horas, correspondente ao afundamento da unidade). Ainda em atendimento aos Pareceres Técnicos acima citados, foram realizadas 1.000 simulações para cada cenário probabilístico.

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. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes bem como aquelas associadas aos cenários que propiciaram a chegada da maior massa de óleo à costa.

Os resultados probabilísticos mostraram que há probabilidade de toque na costa em todos os cenários simulados, tanto no período de verão quanto no inverno. Os menores tempos de toque na costa calculados foram de 515 horas no período de janeiro a maio (Ilha Moleques do Norte, Florianópolis - SC) e 541 horas no período de junho a outubro (Maricá - RJ), ambos referente aos cenários com derrame de pior caso.

I INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte à PETROBRAS na elaboração dos estudos ambientais para a atividade de produção do FPSO¹ Cidade de Ilhabela, no Campo Sapinhoá, localizado na Bacia de Santos, apresenta-se, neste estudo, a modelagem numérica da trajetória e intemperismo de derrames de óleo no mar.

A Figura I-1 apresenta a localização do ponto de modelagem (FPSO Cidade de Ilhabela) para o qual foram realizadas as simulações numéricas de potenciais acidentes com derrame de óleo.

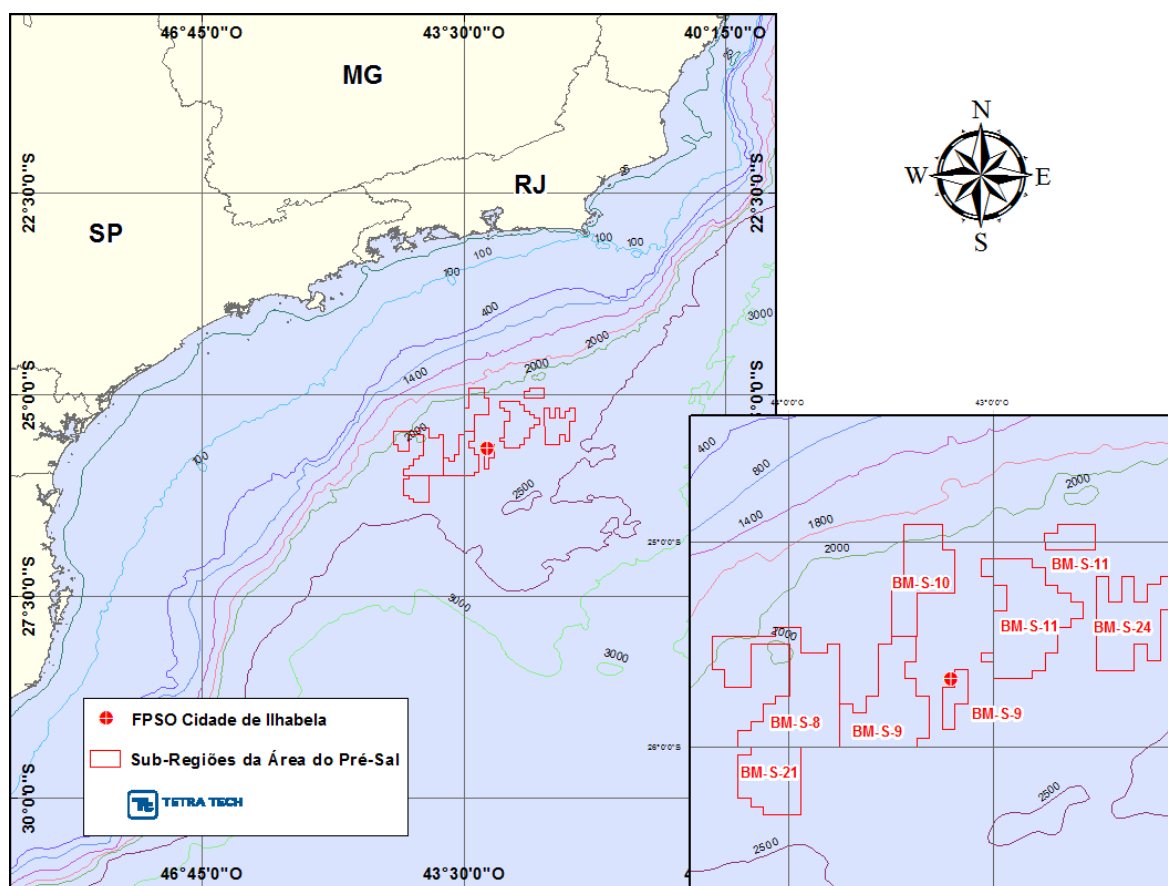


Figura I-1 - Localização do ponto de modelagem considerado nas simulações (datum SIRGAS2000).

¹ Floating Production, Storage and Offloading.

A modelagem foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*), desenvolvido pela SINTEF. Ressalta-se que este modelo foi selecionado de forma a viabilizar as solicitações do CGPEG/IBAMA (Pareceres Técnicos nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15) para a realização de simulações por um período mais longo, utilizando um maior número de simulações para cada cenário probabilístico e um maior número de partículas.

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 do NCEP/NCAR². 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 um ponto de modelagem; três volumes de derrame (pequeno, médio e pior caso) e dois períodos sazonais (janeiro a maio e junho a outubro). 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. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes, assim como para os cenários que levaram as maiores massas de óleo para a costa.

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, mais frequentes e maior massa na

² *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 05 de outubro de 2013.

costa) são apresentados no Capítulo III. O Capítulo IV apresenta as considerações finais para o presente estudo.

Em complementação, no Anexo A apresenta-se a descrição do modelo OSCAR e no Anexo B, a análise detalhada do vento e corrente no ponto de modelagem.

No CD e DVDs anexos a este documento são encaminhados os arquivos digitais: relatório em pdf, relatórios da base hidrodinâmica em pdf (REMO, 2012; TETRA TECH, 2013), arquivos *shapefile* das simulações probabilísticas e determinísticas, e animações das simulações determinísticas.

Em função da utilização de um novo modelo, como supracitado, alguns arquivos solicitados através do Parecer Técnico CGPEG/IBAMA nº 02022.000409/2014-15 serão enviados posteriormente, visto que está sendo avaliada a melhor forma de confecção dos mesmos para que sejam similares aos arquivos fornecidos pelo modelo de óleo antigo, sendo eles: gráficos de espessura e viscosidade com arquivos *.txt, e arquivos de saída das simulações probabilísticas.

II MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Na modelagem de derrame de óleo cru foi utilizado o modelo OSCAR, desenvolvido pela SINTEF. A descrição mais detalhada deste modelo encontra-se no Anexo A.

II.1 DADOS DE ENTRADA

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

- ✓ Localização geográfica do ponto de derrame;
- ✓ Taxa de derrame;
- ✓ Duração da simulação;
- ✓ Tipo de óleo;
- ✓ Linha de costa;
- ✓ Batimetria;
- ✓ Grade *habitat* / tipo de ambiente (e.g., manguezais, áreas alagáveis, praias);
- ✓ Campo de corrente;
- ✓ Campo de vento;
- ✓ Temperatura do mar;
- ✓ Parâmetros de simulação.

Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros do modelo. A Tabela II-1 apresenta os valores dos parâmetros utilizados como input na modelagem de derrame de óleo.

Tabela II-1 - Parâmetros numéricos utilizados como input na modelagem de óleo.

PARÂMETROS	VALOR UTILIZADO NO MODELO (OSCAR)	
Passo de Tempo	60 minutos	
Intervalo de Saída (<i>Output</i>)	60 minutos	
Número de Partículas (Superfície)	720 (8 m ³)	
	1.500 (200 m ³)	
	6.000 (pior caso)	
Temperatura da água (°C)*	Janeiro a Maio	Junho a Outubro
	25,80	22,44
Temperatura do ar (°C)**	Janeiro a Maio	Junho a Outubro
	21,0	17,5
Fator de deriva do vento (%)	3,5	

* valores médios de temperatura da superfície do mar para a área de estudo, obtidos a partir de dados do NOAA³.

** valores médios para a área de estudo, obtidos a partir do CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*); produto do centro norte-americano NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) com resolução espacial de 0,3° e temporal de 1 hora.

Os subitens seguintes apresentam detalhes sobre os dados de entrada como campos de corrente e vento, batimetria, domínio modelado, localização dos pontos de modelagem, volumes de derrame e características dos produtos utilizados.

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 DVD anexo a este documento (REMO, 2012).

³ National Oceanographic Data Center. Conjunto de dados fornecidos pela NOAA. Disponível em: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/qd_ts01.html>. Último acesso em: 05 de maio de 2014.

A base hidrodinâmica foi simulada por um período de sete anos com o modelo oceânico HYCOM (BLECK *et al.*, 2002; WALLCRAFT *et al.*, 2009). O domínio de simulação se estendeu de 12°S a 34°S e 54°W a 32°W, incluindo as regiões das bacias do Espírito Santo, de Campos, Santos e Pelotas, além da região costeira do Uruguai. A região é discretizada em uma grade numérica de resolução horizontal nominal equivalente a 1/24° (Figura II-1), correspondendo a um espaçamento de, aproximadamente, 4,0 a 4,5 km, e no eixo vertical foi discretizado em 21 camadas de densidade sigma theta. 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.

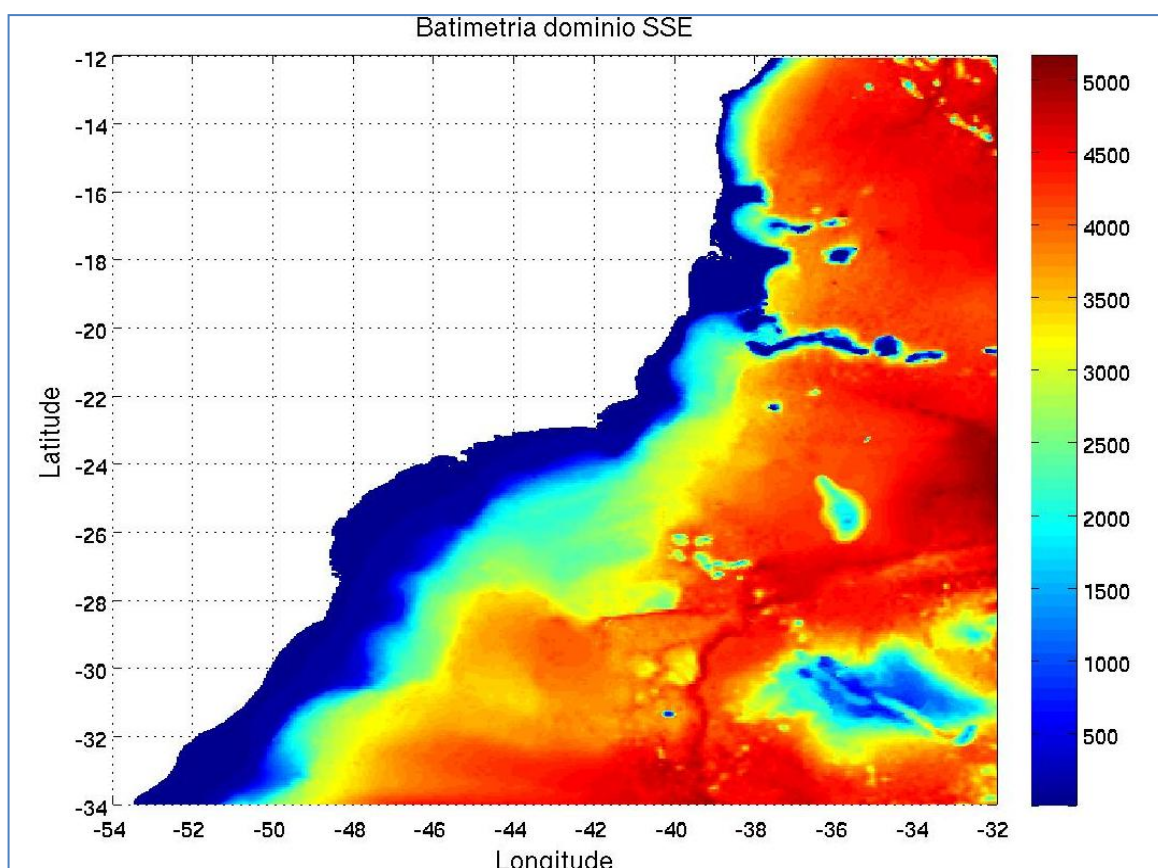


Figura II-1 - Domínio e batimetria (metros) da simulação 1/24°.

Segundo os esclarecimentos do Prof. Afonso de Moraes Paiva apresentados ao final do documento digital REMO (2012), a profundidade mínima adotada na modelagem hidrodinâmica foi de 5 metros.

Foi selecionado o ano de 2004 para representar a hidrodinâmica da Bacia de Santos baseado no estudo de simulações probabilísticas de vazamento de óleo realizado com os resultados obtidos pelo modelo HYCOM para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007. Estas simulações foram realizadas pela TETRA TECH e compiladas no Relatório Técnico “Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para a Determinação do ano Base da Hidrodinâmica e Análise de Abrangência da Área Geográfica Bacia de Campos” (TETRA TECH, 2013); este relatório encontra-se em cópia digital no DVD 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.

Para avaliar a sazonalidade das forçantes ambientais nos padrões de circulação e transporte para derrames de óleo foram definidos dois períodos sazonais conforme discutido e solicitado nos Pareceres Técnicos CGPEG/IBAMA nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15, sendo janeiro a maio de 2004 e junho a outubro de 2004⁴.

Uma análise mais detalhada das condições hidrodinâmicas no ponto de modelagem é apresentada no Anexo B.

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 do conjunto Reanálise-II do NCEP/NCAR (KANAMITSU *et al.*, 2002). Trata-se de um conjunto de assimilação de dados em escala global, com resolução espacial de 2,5° e temporal de 6 horas. Este produto é gerado pelos centros norte-americanos NCEP e NCAR (Centro Nacional para Previsão Ambiental e Centro Nacional para Pesquisa Atmosférica) e distribuído pela Central Norte-Americana de Dados Climáticos, NCDC⁵. Neste estudo foi utilizado um recorte no domínio espacial estendendo-se

⁴ Como os cenários são simulados por 31 dias, o primeiro período inclui, também, o mês de junho. Da mesma forma, o segundo período inclui o mês de novembro.

⁵ *National Climatic Data Center.*

de 53°W a 38°W e 35°S a 20°S e não foi realizado nenhum tipo de pós-tratamento sobre os dados (como interpolações, filtros ou médias).

A análise dos dados de vento no local de modelagem é apresentada em maior detalhe no Anexo B. As figuras abaixo ilustram exemplos de instantâneos do campo de vento resultante do tratamento acima descrito. A Figura II-2 ilustra um instante típico de verão, já a Figura II-3 ilustra a chegada de um sistema frontal à região, mais frequente no inverno.

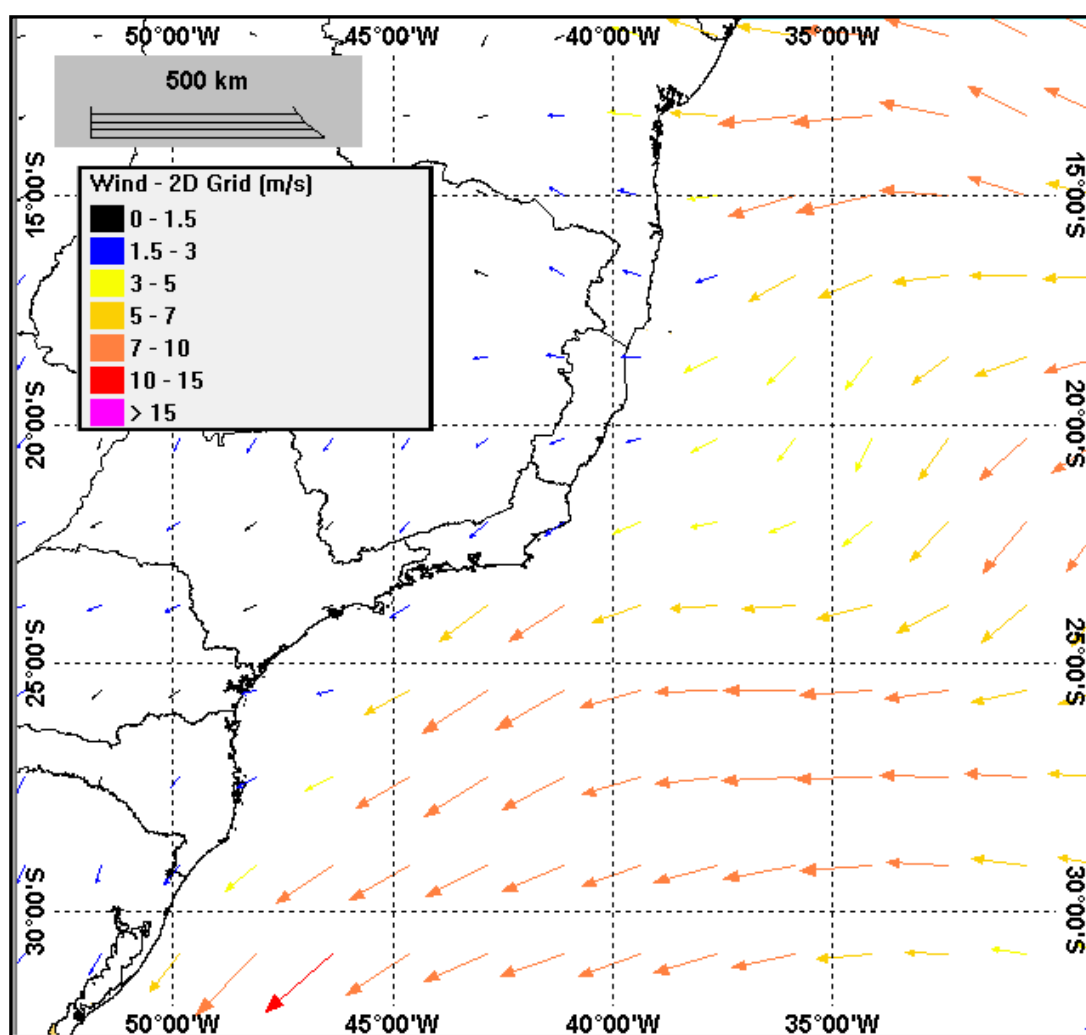


Figura II-2 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição típica de verão).

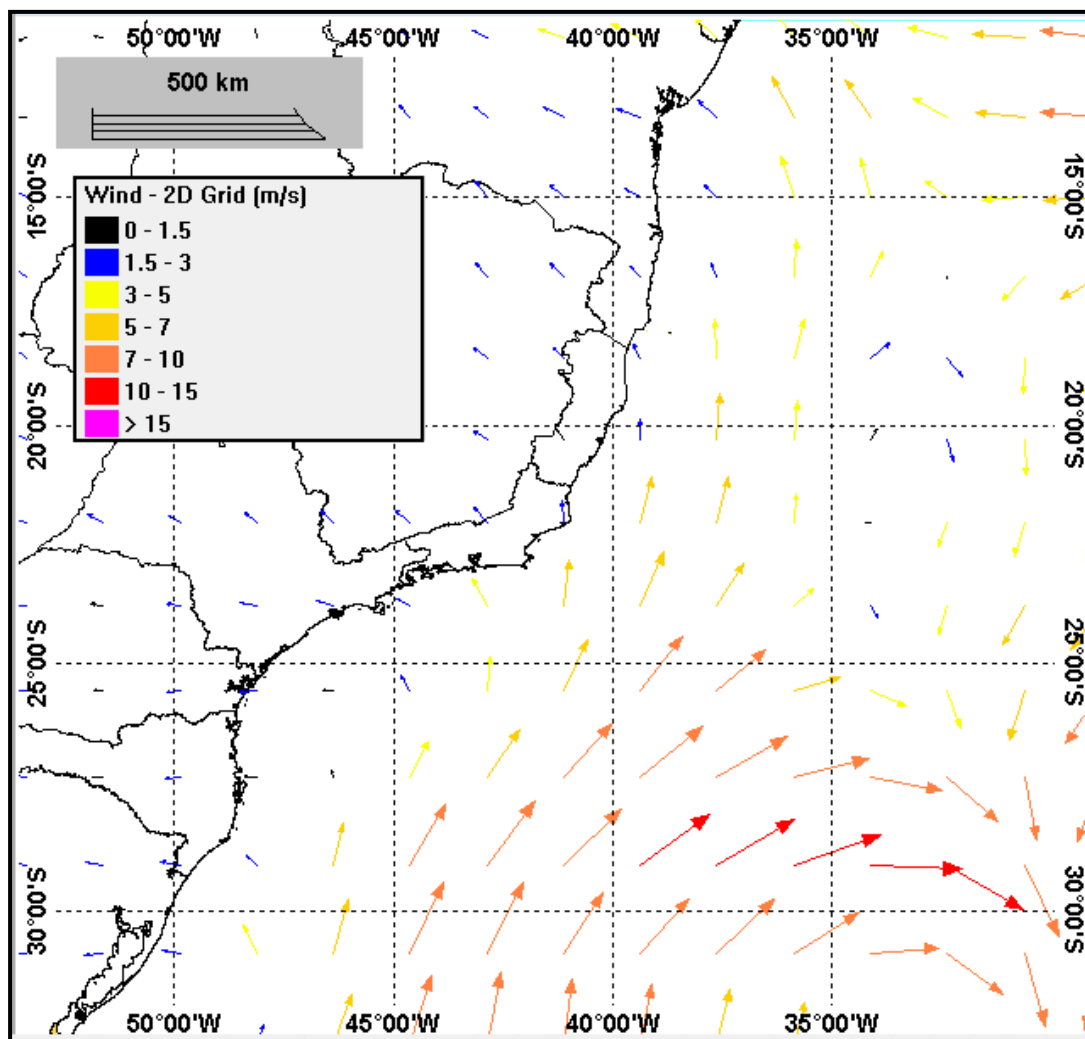


Figura II-3 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição típica de inverno).

II.1.3 Domínio Modelado

Na modelagem de óleo foram utilizados dados batimétricos extraídos do ETOPO 2 obtido no NGDC⁶. Vale ressaltar que, apesar da profundidade de corte do modelo numérico hidrodinâmico ser 5 metros (ver Item II.1.1), a grade da REMO é ajustada à linha de costa, cobrindo satisfatoriamente toda a região costeira.

A grade do modelo de óleo, como informado acima, utiliza a informação de batimetria proveniente do ETOPO2, com uma discretização de metro em metro

⁶ National Geophysical Data Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

até a profundidade 0 metro. Assim, para a modelagem de óleo em regiões próximas à costa, o modelo de óleo utiliza informações de batimetria do ETOPO2 e correntes do modelo hidrodinâmico da célula representativa do local de interesse. Desta forma, frente à resolução espacial da grade REMO (~4 km), em regiões mais rasas que 5 metros, acaba-se por utilizar a informação de corrente da isóbata de 5 metros.

Para os cenários simulados neste estudo foi definida uma grade *habitat*⁷, considerando a quantidade máxima de pontos permitida pelo modelo de óleo (1.000 x 1.000 pontos), com dimensões de 2.210 km (y) X 1.550 (x). A Figura II-4 apresenta a grade *habitat* utilizada.

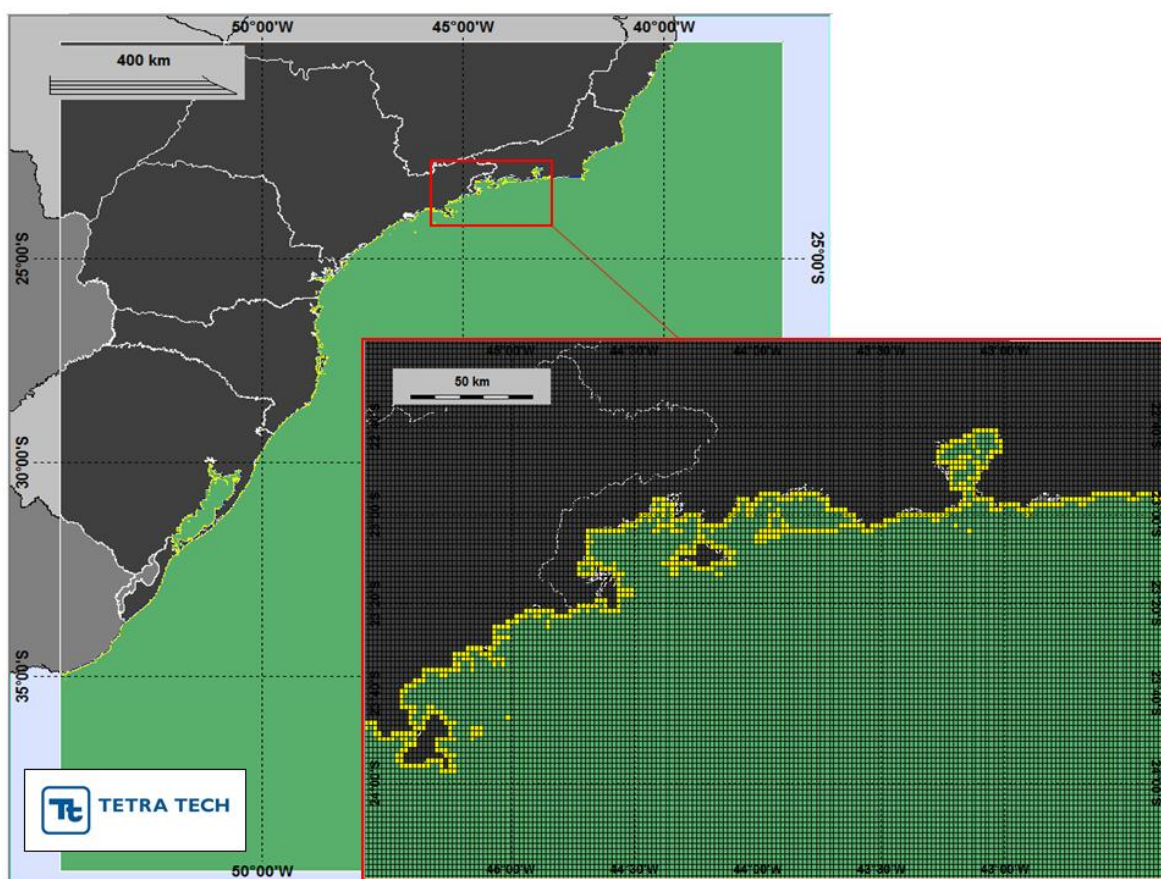


Figura II-4 - Grade definindo os contornos de terra (grade *habitat*) para a modelagem de deriva de óleo: 1.000 x 1.000 ponto (2.210 km x 1.550 km), resolução de, aproximadamente, 2,1 km no eixo X e 1,8 km no eixo Y.

⁷ Grade que 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.

Para a definição dos tipos de costa adotados, inicialmente foi realizado um levantamento dos possíveis tipos de costa encontrados na região (praias arenosas, mangues e costões rochosos) com base nos mapas de sensibilidade elaborados para o PEVO-BS. Posteriormente, foi realizado um balizamento destas informações levantadas com os tipos de costa disponíveis no modelo de óleo⁸.

II.1.4 Ponto de Modelagem e Volumes de Derrame

A Tabela II-2 lista o ponto considerado na modelagem, suas coordenadas geográficas (SIRGAS 2000) e a lâmina d'água local (em metros).

Tabela II-2 - Coordenadas (SIRGAS 2000) do ponto de modelagem referente ao FPSO Cidade de Ilhabela.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	LÂMINA D'ÁGUA* (m)
FPSO Cidade de Ilhabela	25°40'22,08"S	43°12'22,28"W	~ 2.140

Fonte: PETROBRAS.

Os volumes utilizados nas simulações foram definidos segundo a Resolução do CONAMA⁹ nº 398/08 (BRASIL, 2008):

- Pequeno: 8,0 m³;
- Médio: 200,0 m³;
- Pior caso: 420.323,0 m³.

O volume de pior caso utilizado nas simulações foi definido como o volume correspondente ao afundamento do FPSO Cidade de Ilhabela (soma dos tanques de carga, *slop*, óleo combustível, óleo lubrificante e drenagem - DUM).

Nas simulações com volume de pior caso, o derrame de todo o volume foi considerado contínuo ao longo de 24 horas (*i.e.* afundamento de unidade).

⁸ Praias arenosas: *seaward sandbeach* / Mangues: *seaward subtidal silt-mud* / Costão rochoso: *seaward rocky shore*.

⁹ Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Enquanto nas simulações realizadas com os volumes pequeno ($8,0 \text{ m}^3$) e médio ($200,0 \text{ m}^3$), considerou-se o vazamento de todo o volume de óleo instantaneamente, ou seja, no instante inicial da simulação.

II.1.5 Características do Produto Utilizado

Com base nas informações disponíveis para a área em estudo foram realizadas simulações com o óleo que ocorre na região do FPSO Cidade de Ilhabela (BMS-9 – Sapinhoá Norte).

As características do óleo adotadas nas simulações são apresentadas na Tabela II-3. As informações apresentadas foram fornecidas pela PETROBRAS.

Tabela II-3 - Características do óleo.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	BMS-9 – SAPINHOÁ NORTE
Grau API	29,26
Densidade (g/cm^3) a 30°C	0,8686*
Viscosidade dinâmica (cP) a 30°C	18,04*

* Análise PVT do fluido do Poço 3-SPS-069 (CT TR 011/11).

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), não tendo sido adotado qualquer tipo de corte de espessura.

Nos casos de derrames com volume de pior caso (afundamento da unidade ao longo de 24 horas), a duração das simulações foi de 31 dias. Enquanto as simulações com derrames pequeno e médio (instantâneo) foram conduzidas por 30 dias.

II.3 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

As simulações probabilísticas foram realizadas considerando dois períodos sazonais: janeiro a maio e junho a outubro¹⁰, conforme discutido e solicitado nos Pareceres Técnicos CGPEG/IBAMA nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15.

Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, foi realizada uma série de 1.000 simulações em cada cenário probabilístico. O número de simulações foi adotado conforme solicitações dos Pareceres Técnicos CGPEG/IBAMA supracitados.

A Tabela II-4 apresenta um resumo dos cenários simulados neste estudo.

Tabela II-4 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrame de óleo.

CENÁRIOS	PETRÓLEO	VOLUME (m ³)	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO
FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	8,0	Instantâneo	30 dias	Verão
FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	200,0	Instantâneo	30 dias	Verão
FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	420.323,0	24 horas	31 dias	Verão
FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	8,0	Instantâneo	30 dias	Inverno
FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	200,0	Instantâneo	30 dias	Inverno
FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D	BMS-9 – Sapinhoá Norte	420.323,0	24 horas	31 dias	Inverno

¹⁰ Como os cenários são simulados por 31 dias, o primeiro período inclui, também, o mês de junho. Da mesma forma, o segundo período inclui o mês de novembro.

III RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações probabilísticas, determinísticas críticas, determinísticas das condições mais frequentes e determinísticas que levaram a maior massa de óleo à costa para potenciais derrames de óleo a partir do FPSO Cidade de Ilhabela, localizado na Bacia de Santos.

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

III.1 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS

O modelo OSCAR foi utilizado para simular os cenários descritos no Item 0 e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo.

A Tabela III-1 mostra um resumo dos resultados probabilísticos, incluindo a extensão de costa com probabilidade de toque, o menor tempo de toque na costa e o município de primeiro toque. Observa-se que as maiores extensões de óleo na costa foram calculadas para o volume de pior caso, sendo de 765,55 km no período de janeiro a maio e de 131,25 km no período de junho a outubro. Os menores tempos de toque na costa também foram calculados para o volume de pior caso: 515 horas no período de janeiro a maio (Ilha Moleques do Norte - Florianópolis - SC) e 541 horas no período de junho a outubro (Maricá - RJ).

Tabela III-1 - Extensão de costa atingida e tempo mínimo de toque na costa para as simulações probabilísticas.

CENÁRIO	EXTENSÃO DE TOQUE NA	MENOR TEMPO DE TOQUE NA COSTA	MUNICÍPIO DE PRIMEIRO TOQUE
FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D	428,25	535	Ilha Moleques do Sul - Florianópolis - SC
FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D	25,231	587	Maricá - RJ
FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D	453,51	587	Florianópolis - SC
FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D	50,65	583	Maricá - RJ
FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D	765,55	515	Ilha Moleques do Norte - Florianópolis - SC
FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D	131,25	541	Maricá - RJ

A seguir, são apresentados os resultados das simulações de forma gráfica, com os intervalos de probabilidade da presença de óleo na água, na costa e de tempos de deslocamento do óleo na superfície da água, separados pelo volume de óleo derramado.

Em todas as ilustrações de intervalos de probabilidade de óleo na água e na 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

Da Figura III-1 até a Figura III-8 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas com derrame de volume pequeno (8 m³). Os menores tempos de toque na costa ocorreram em 535 horas no período de janeiro a maio (Ilha Moleques do Sul, pertencente ao Município de Florianópolis, SC) e 587 horas no período de junho a outubro (Município de Maricá, RJ).

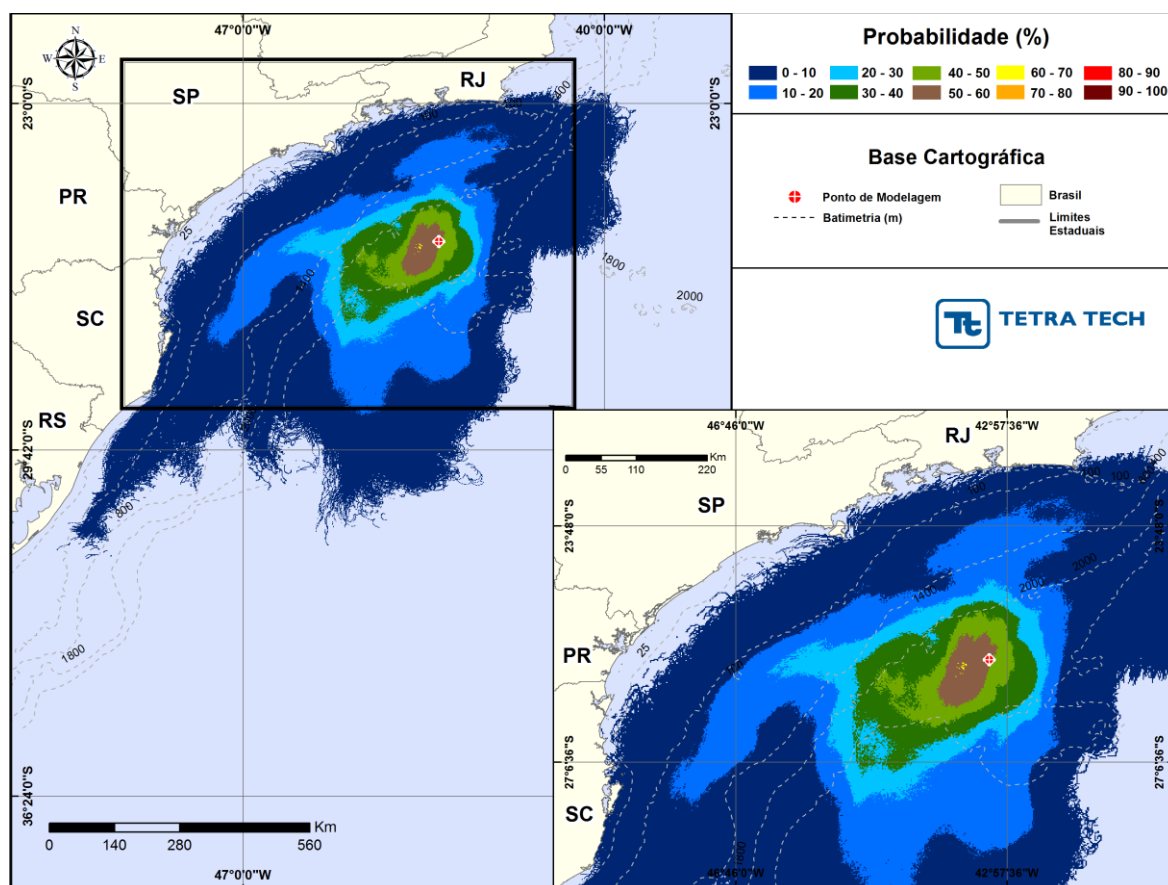


Figura III-1 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

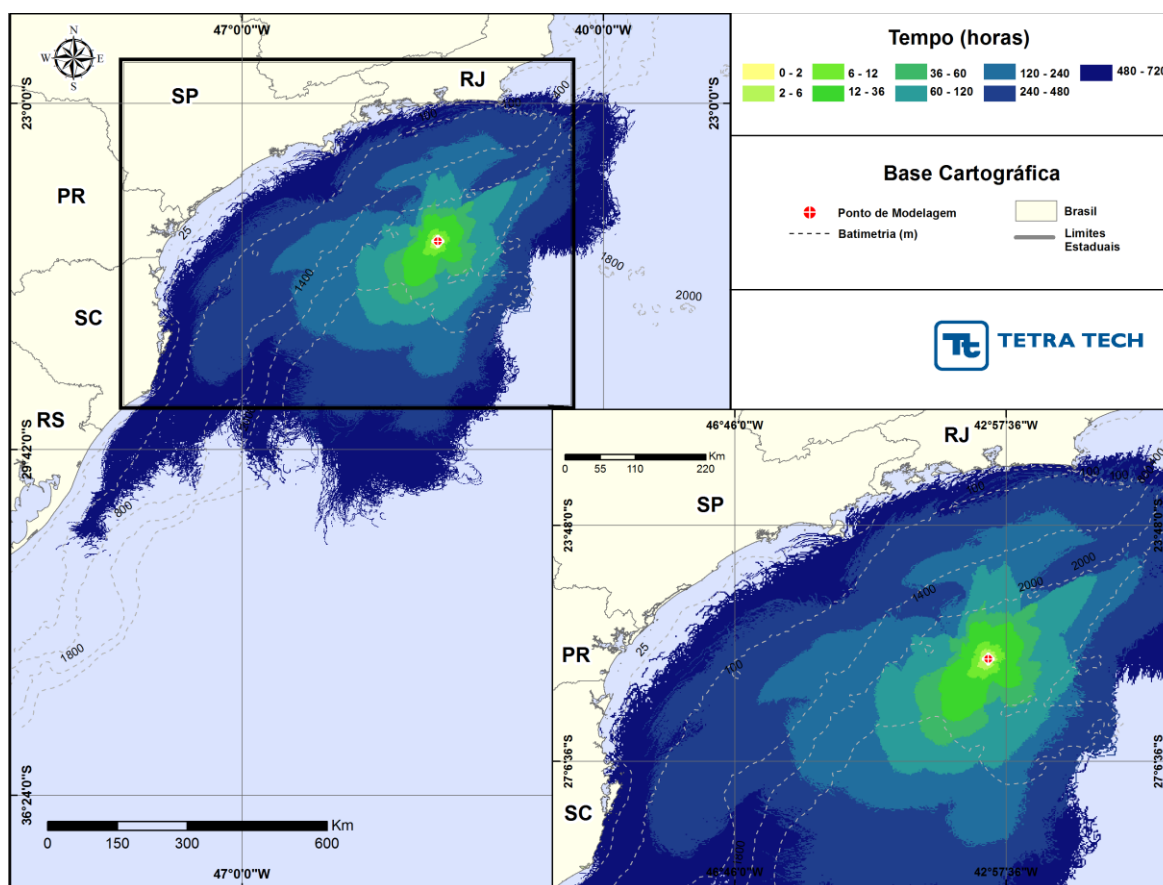


Figura III-2 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

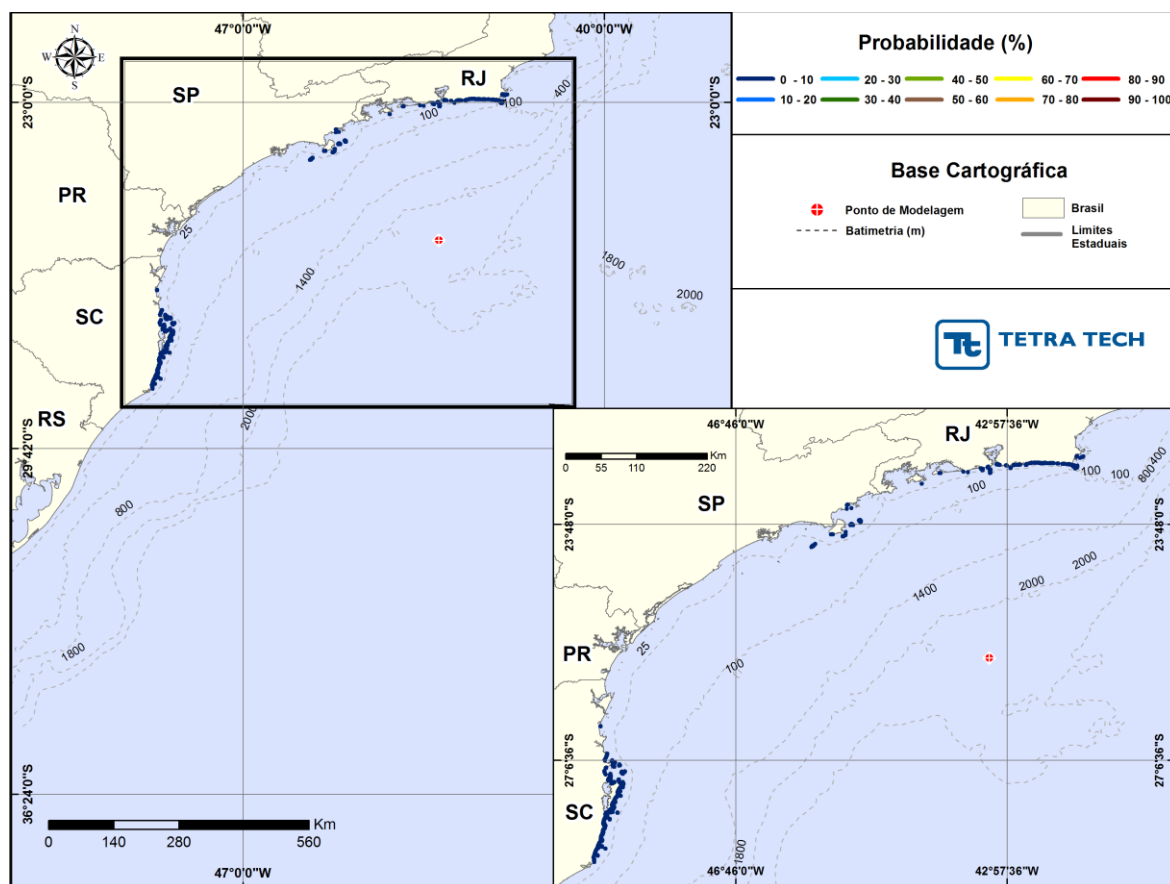


Figura III-3 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

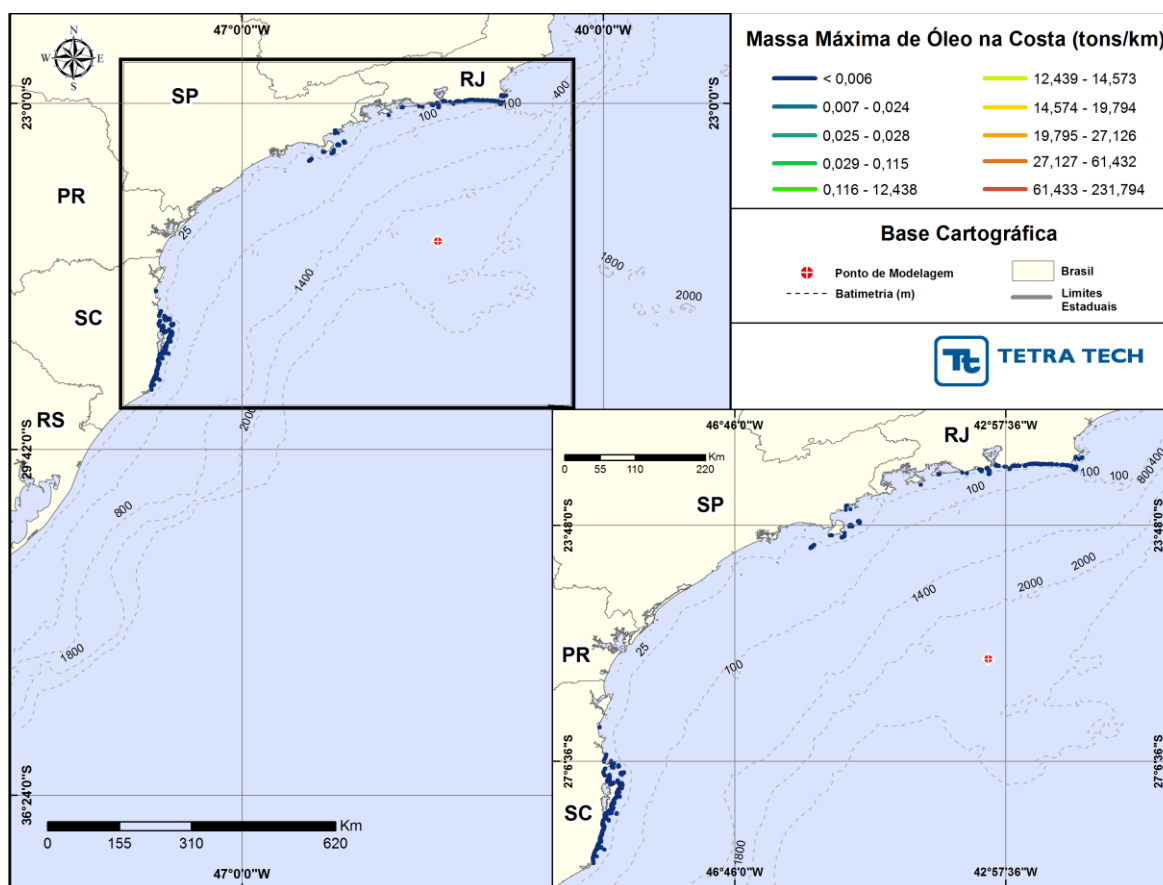


Figura III-4 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

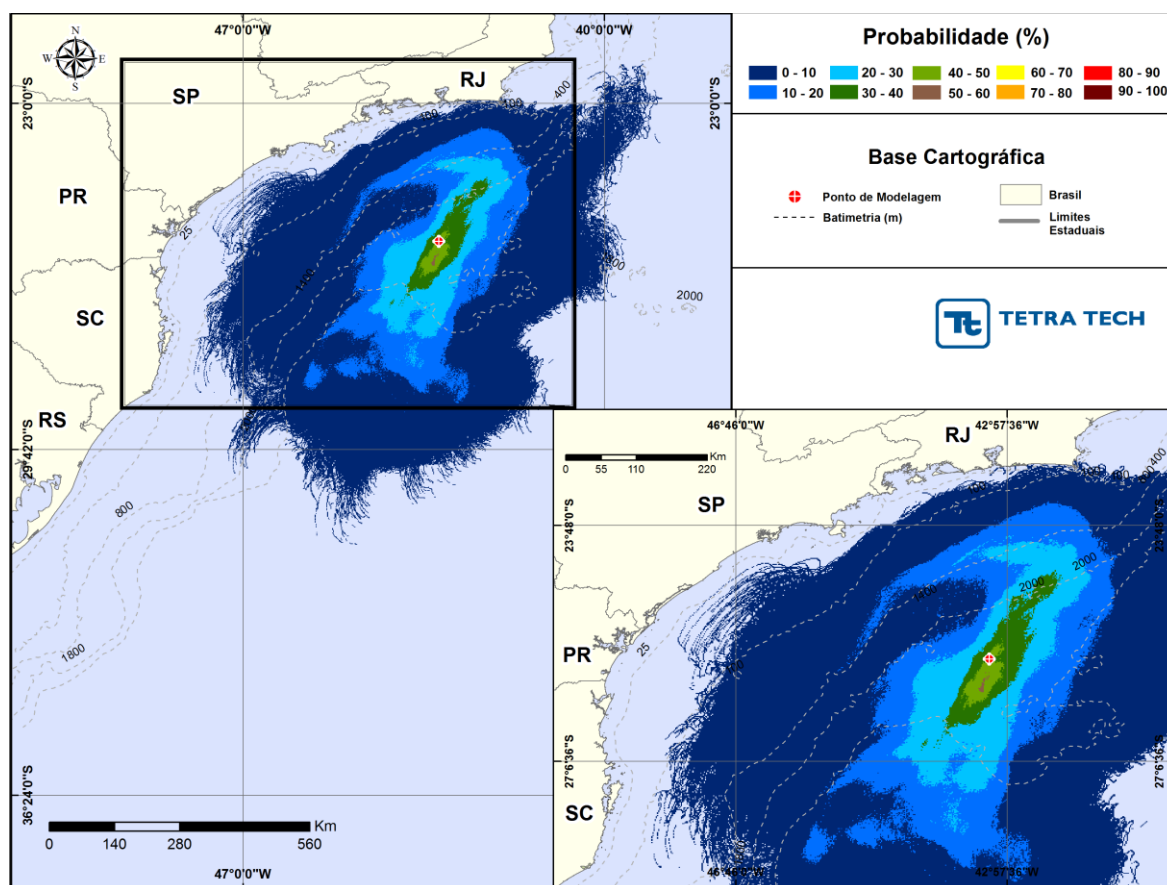


Figura III-5 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

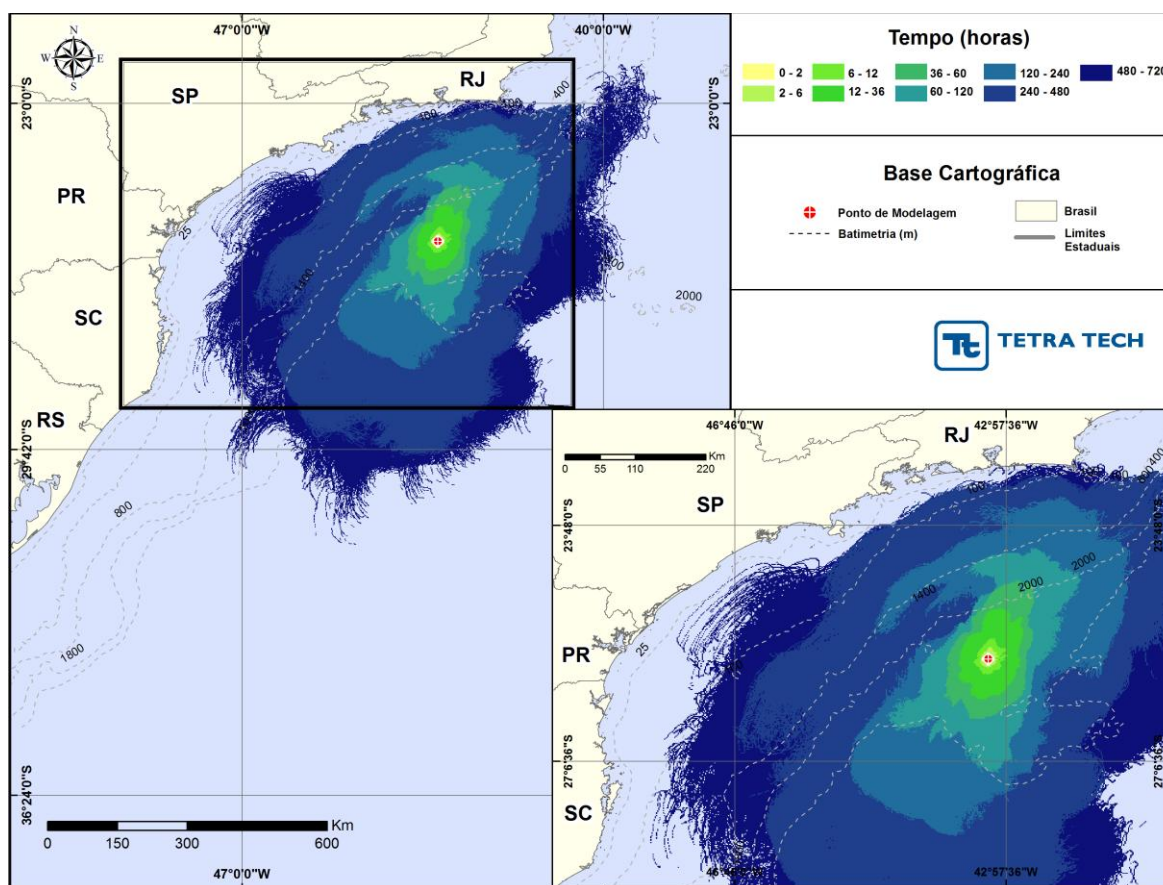


Figura III-6 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

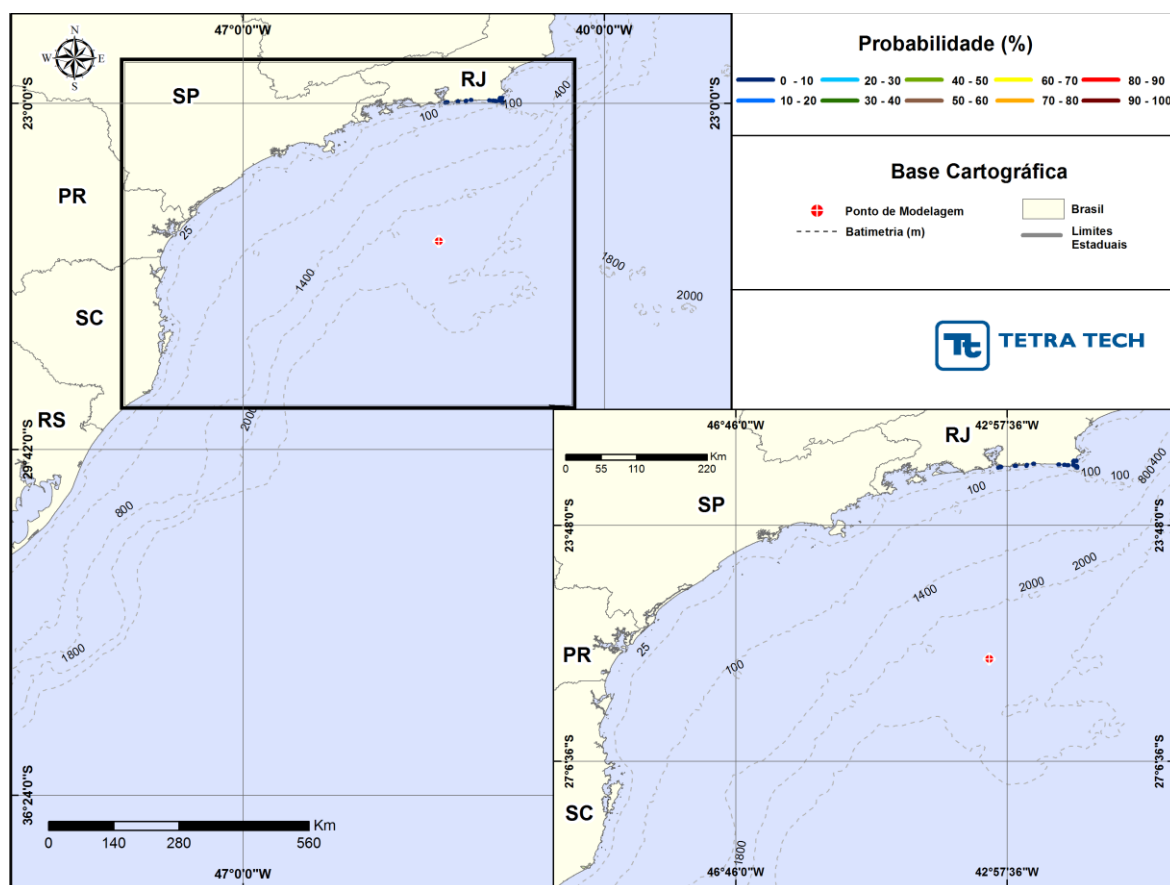


Figura III-7 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

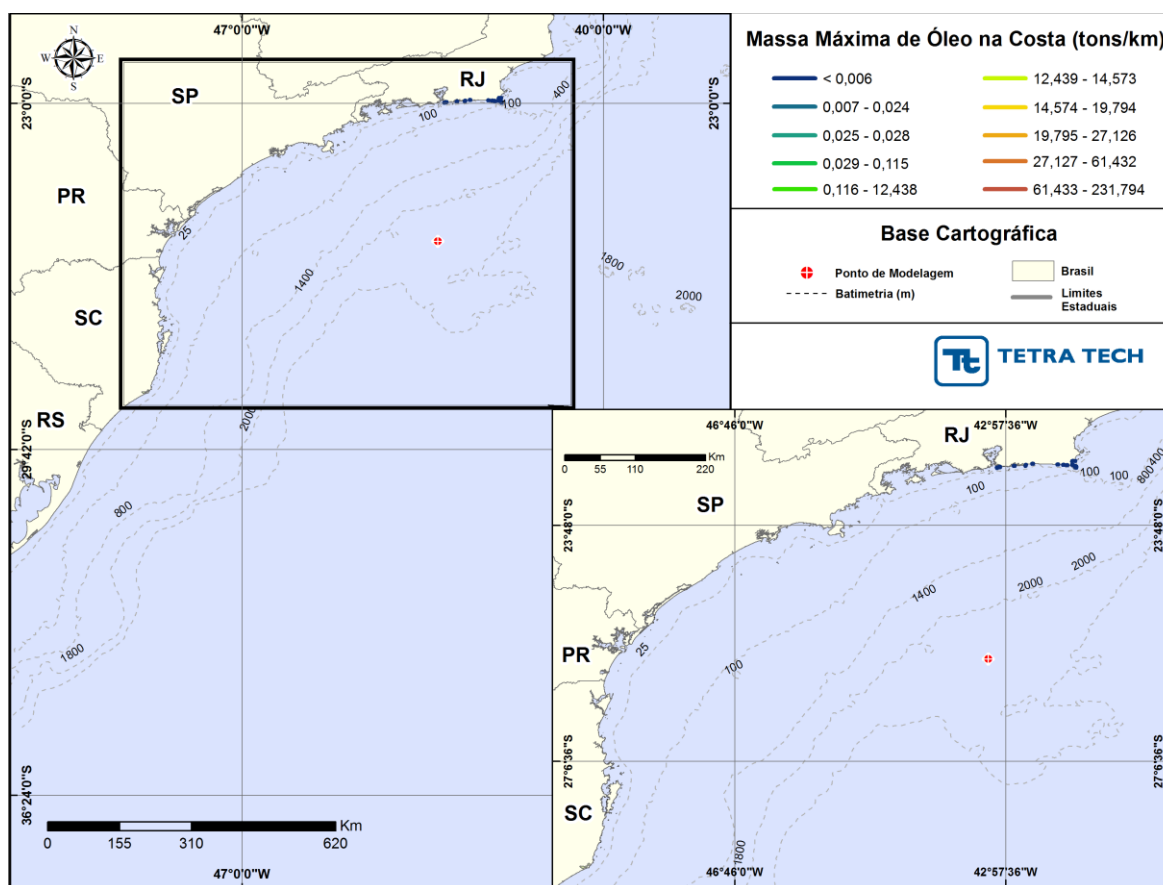


Figura III-8 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume pequeno durante o período de janeiro a maio. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa ocorreu na Ilha Moleques do Sul, pertencente ao Município de Florianópolis (SC), sendo de 535 horas. A maior massa observada (0,006 ton./km) também ocorreu no mesmo local. A maior probabilidade (1,4%) foi calculada para Paulo Lopes (SC).

Tabela III-2 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹¹
RJ	Armação dos Búzios / Ilha do Breu	673	0,1	0,0009
	Armação dos Búzios / Ilha Pargos	670	0,1	0,0009
	Cabo Frio / Ilha Comprida	668	0,1	0,0009
	Cabo Frio	712	0,1	0,0009
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	578	0,5	0,0018
	Arraial do Cabo	585	0,7	0,0009
	Araruama	596	0,1	0,0009
	Saquarema	576	0,5	0,0011
	Maricá / Ilhas Maricas	706	0,1	0,0009
	Maricá	586	0,5	0,0011
	Niterói	703	0,1	0,0009
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	638	0,3	0,0009
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagaras	641	0,3	0,0009
	Rio de Janeiro / Ilha das Palmas	688	0,2	0,0009
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	691	0,2	0,0009
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	698	0,1	0,0009
	Rio de Janeiro	589	0,1	0,0010
	Mangaratiba / Restinga Marambaia	633	0,1	0,0010
	Angra dos Reis / Ilha Jorge Grego	558	0,1	0,0009
	Angra dos Reis	558	0,1	0,0009
SP	Ubatuba / Ilha do Mar Virado	711	0,1	0,0009
	Ubatuba	692	0,1	0,0009
	Ilhabela / Ilha de Vitória	567	0,5	0,0018
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	699	0,4	0,0018
	Ilhabela	634	0,3	0,0009
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	658	0,1	0,0009
SC	Balneário Camboriú	606	0,3	0,0009
	Itapema	688	0,1	0,0009
	Bombinhas	682	0,3	0,0018
	Bombinhas / Ilha da Galé	563	0,4	0,0009
	Bombinhas / Ilha Deserta	544	0,5	0,0027
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	550	0,4	0,0009
	Porto Belo	716	0,1	0,0009
	Tijucas	554	0,3	0,0009
	Florianópolis	536	1,1	0,0028
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	545	0,7	0,0037

(continua)

¹¹ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

Tabela III-2 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maior (conclusão).

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹²
SC	Florianópolis / Ilha do Francês	588	0,2	0,0009
	Florianópolis / Ilha Mata Fome	545	0,7	0,0037
	Florianópolis / Ilha do Badejo	546	0,8	0,0009
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	545	0,9	0,0028
	Florianópolis / Ilha do Xavier	544	0,9	0,0018
	Florianópolis / Ilha do Campeche	552	0,5	0,0018
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	703	0,2	0,0009
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	540	0,4	0,0009
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	535	0,8	0,0055
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	675	0,4	0,0009
	Governador Celso Ramos	558	0,5	0,0009
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	676	0,3	0,0009
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	704	0,2	0,0009
	Palhoça	537	0,6	0,0027
	Paulo Lopes	551	1,4	0,0027
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	541	0,6	0,0019
	Garopaba	550	1,1	0,0027
	Garopaba / Ilhota do Siriú	690	0,4	0,0009
	Imbituba	552	0,9	0,0018
	Imbituba / Ilha do Batuta	691	1,2	0,0018
	Imbituba / Ilha Santana de Norte	556	0,8	0,0009
	Imbituba / Ilha Santana de Sul	556	0,6	0,0009
	Imbituba / Ilha das Araras	718	0,1	0,0009
	Imbituba / Ilha Tacami	565	0,6	0,0028
	Laguna	556	0,4	0,0028
	Laguna / Ilha dos Lobos	560	0,2	0,0013

A tabela abaixo apresenta com os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume pequeno durante o período de junho a outubro. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa (587 horas) e maior probabilidade (0,2%) ocorreram no Município de Maricá (RJ).

¹² Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

A maior massa observada (0,004 ton./km) ocorreu na Ilha de Cabo Frio, pertencente ao Município de Arraial do Cabo (RJ).

Tabela III-3 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹³
RJ	Cabo Frio / Ilha do Papagaio	659	0,1	0,0019
	Cabo Frio	656	0,2	0,0019
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	598	0,1	0,0019
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	664	0,1	0,0038
	Arraial do Cabo	597	0,1	0,0020
	Saquarema	593	0,1	0,0020
	Maricá	587	0,2	0,0021
	Niterói / Ilha do Pai	597	0,1	0,0019

III.1.2 Simulações Probabilísticas - Volume Médio

Da Figura III-9 até a Figura III-16 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas com derrame de volume médio (200 m³). Os menores tempos de toque na costa ocorreram em 531 horas no período de janeiro a maio (Município de Florianópolis, SC) e 583 horas no período de junho a outubro (Município de Maricá, RJ).

¹³ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

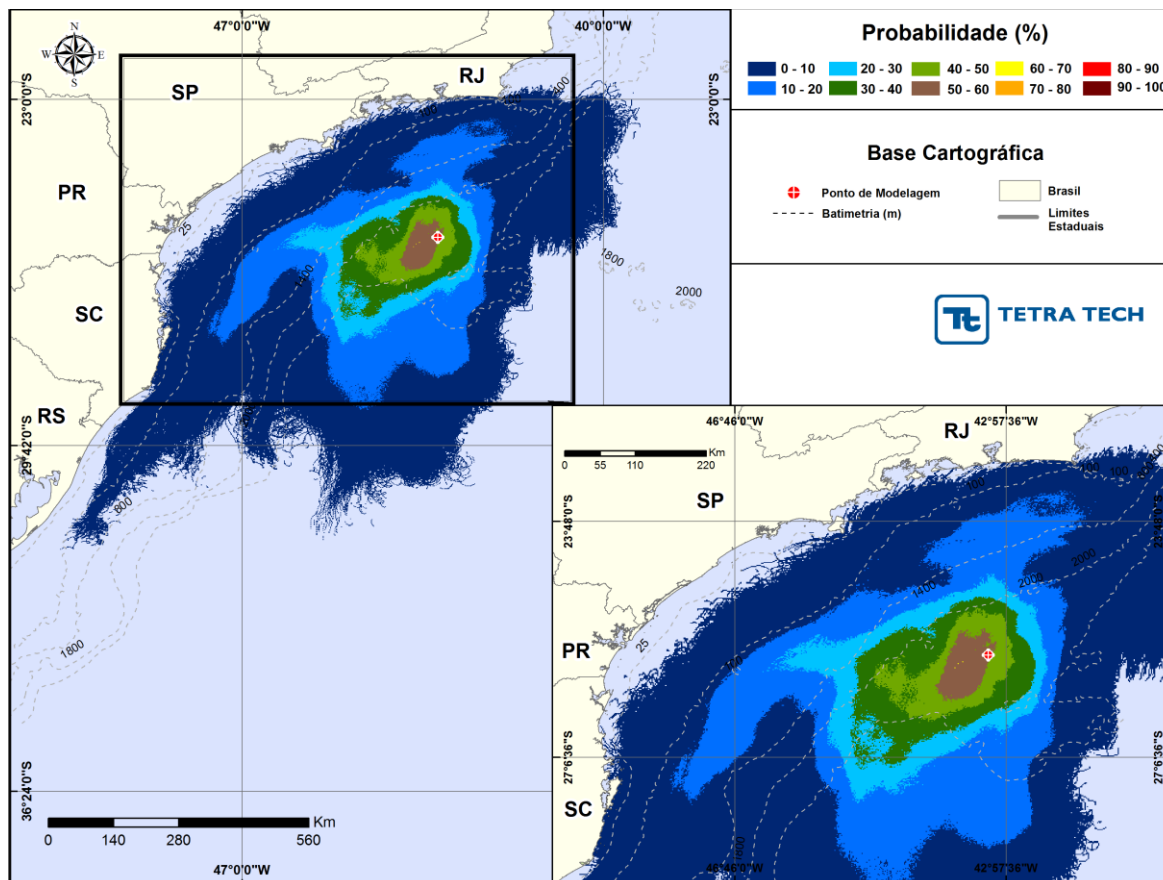


Figura III-9 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFAMAM_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

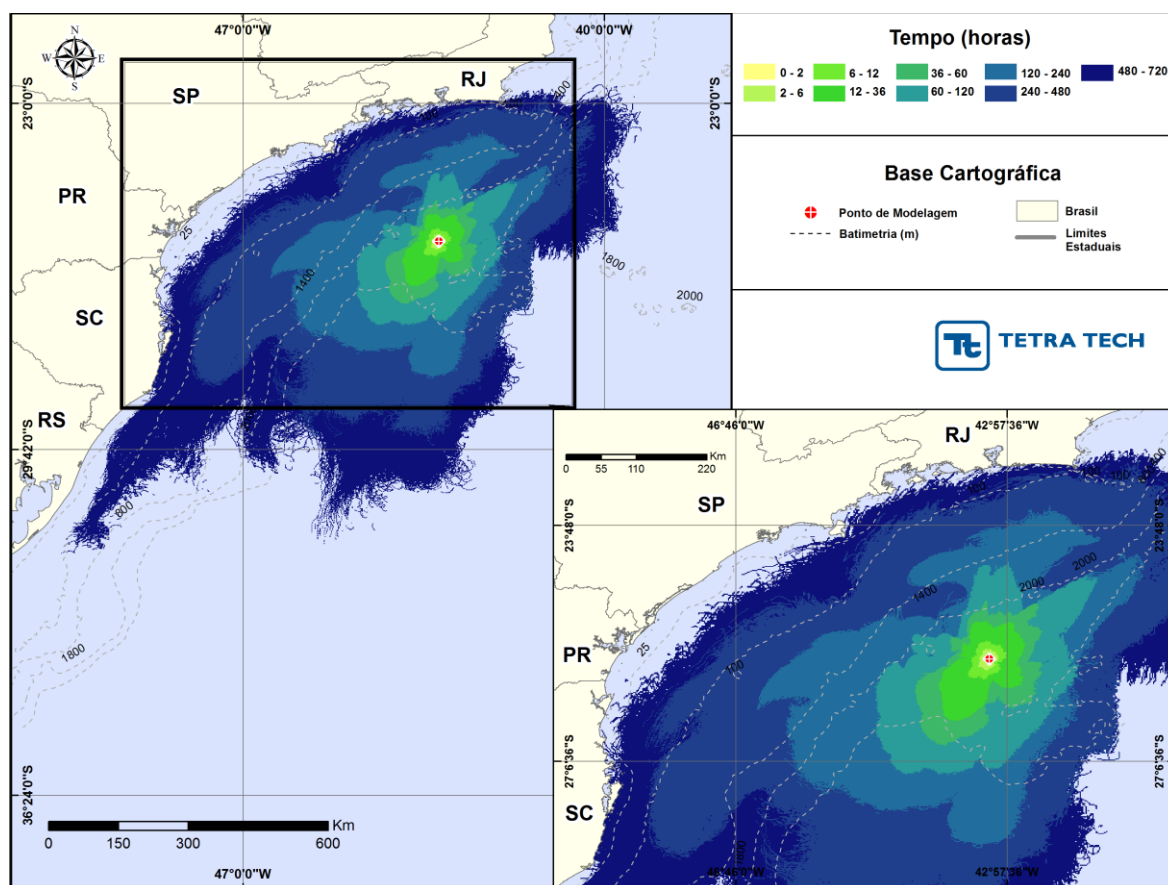


Figura III-10 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

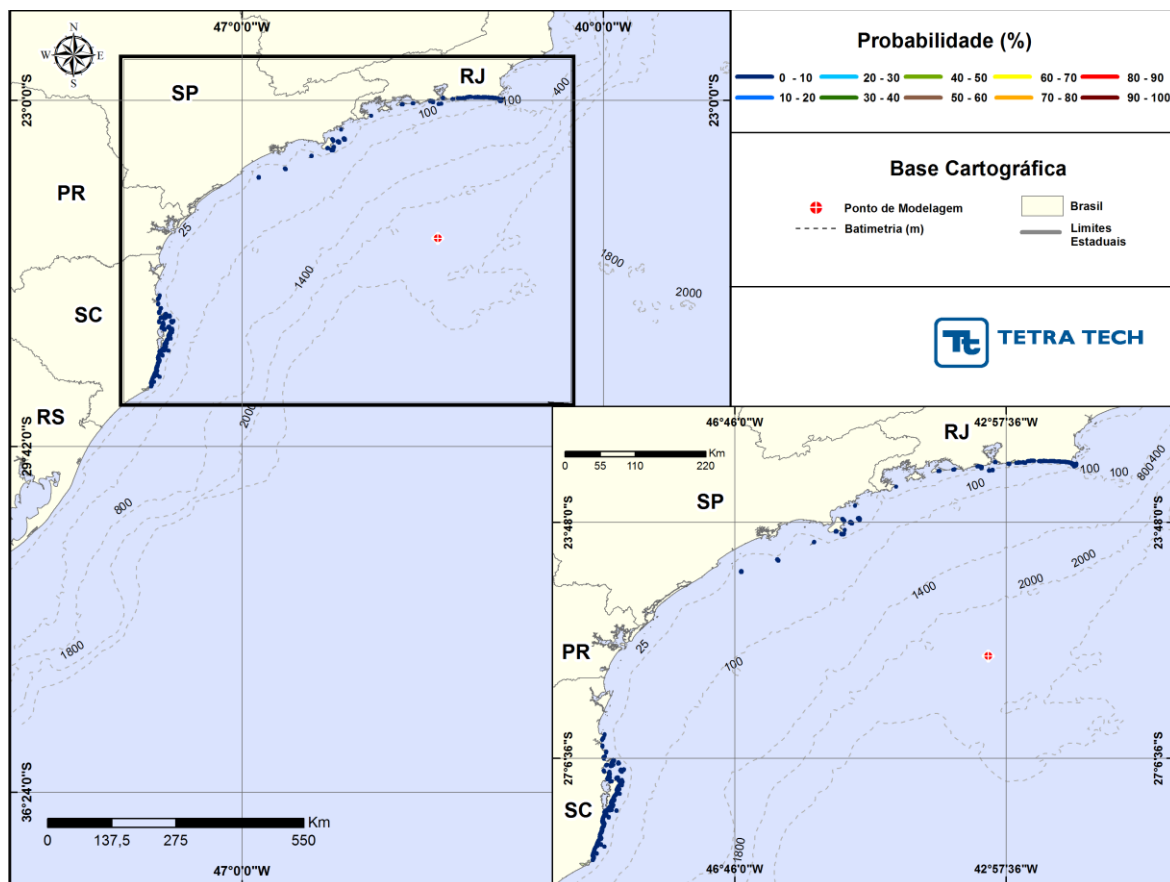


Figura III-11 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

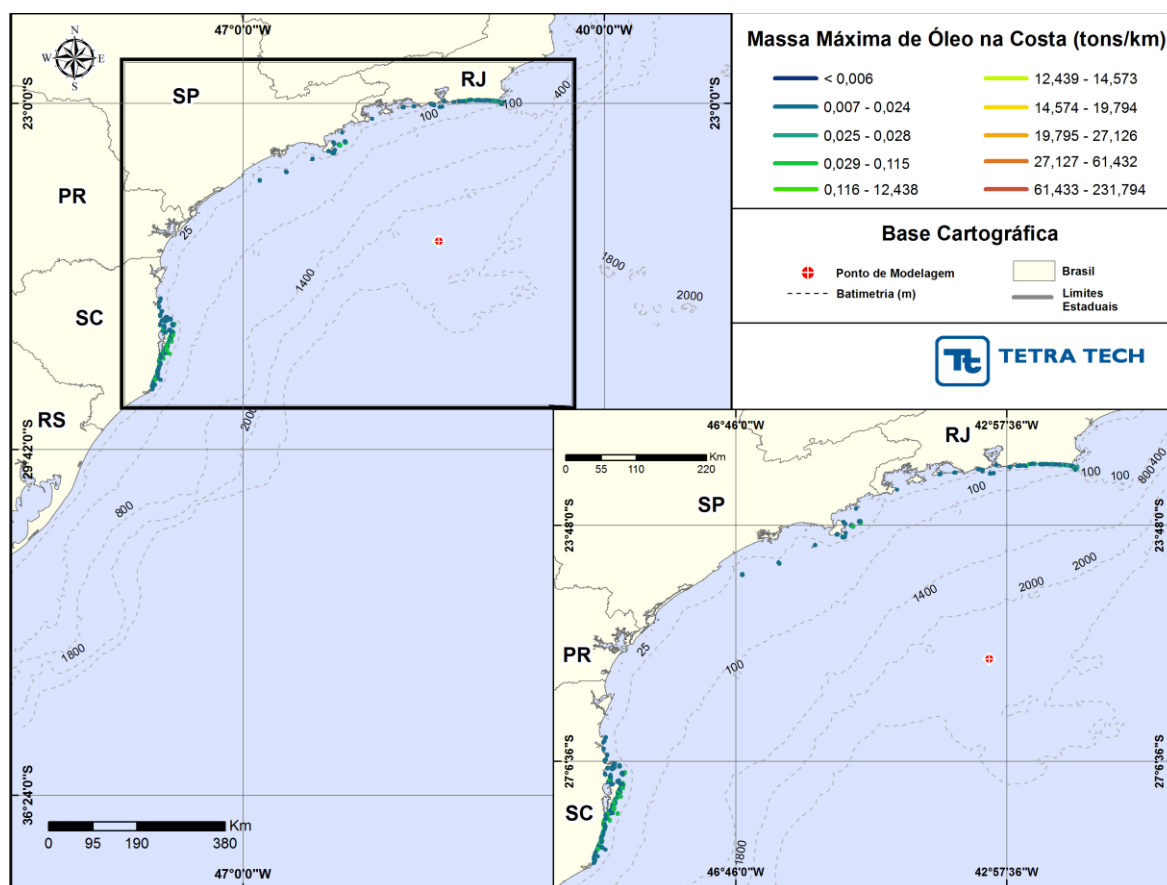


Figura III-12 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFAMAM_200_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

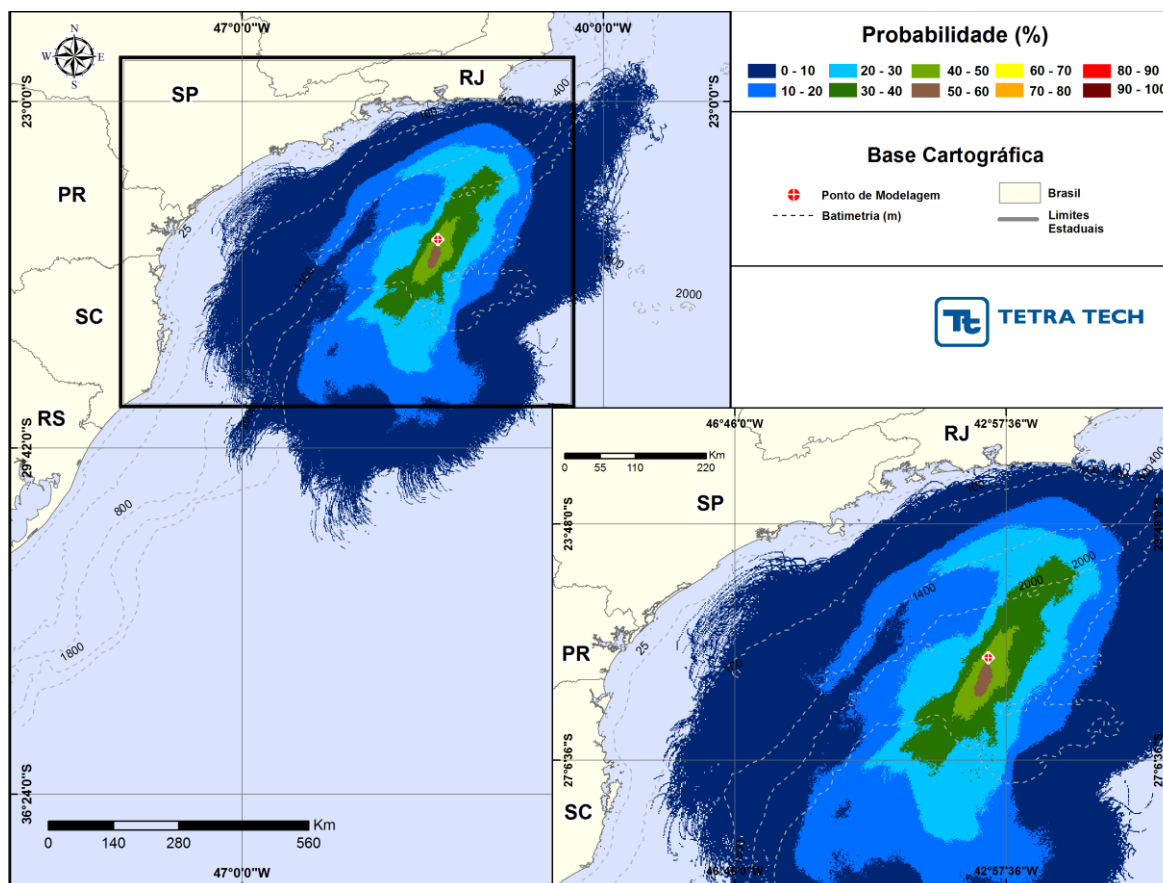


Figura III-13 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

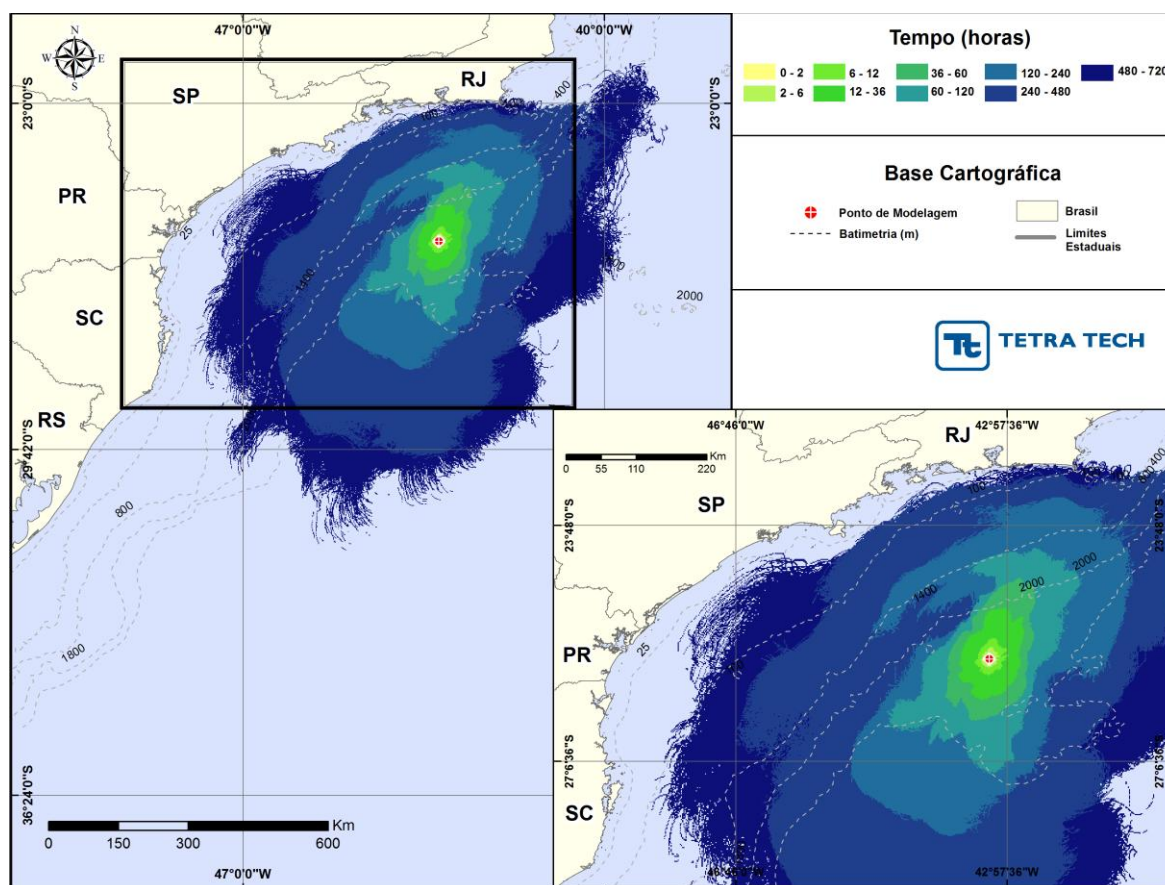


Figura III-14 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

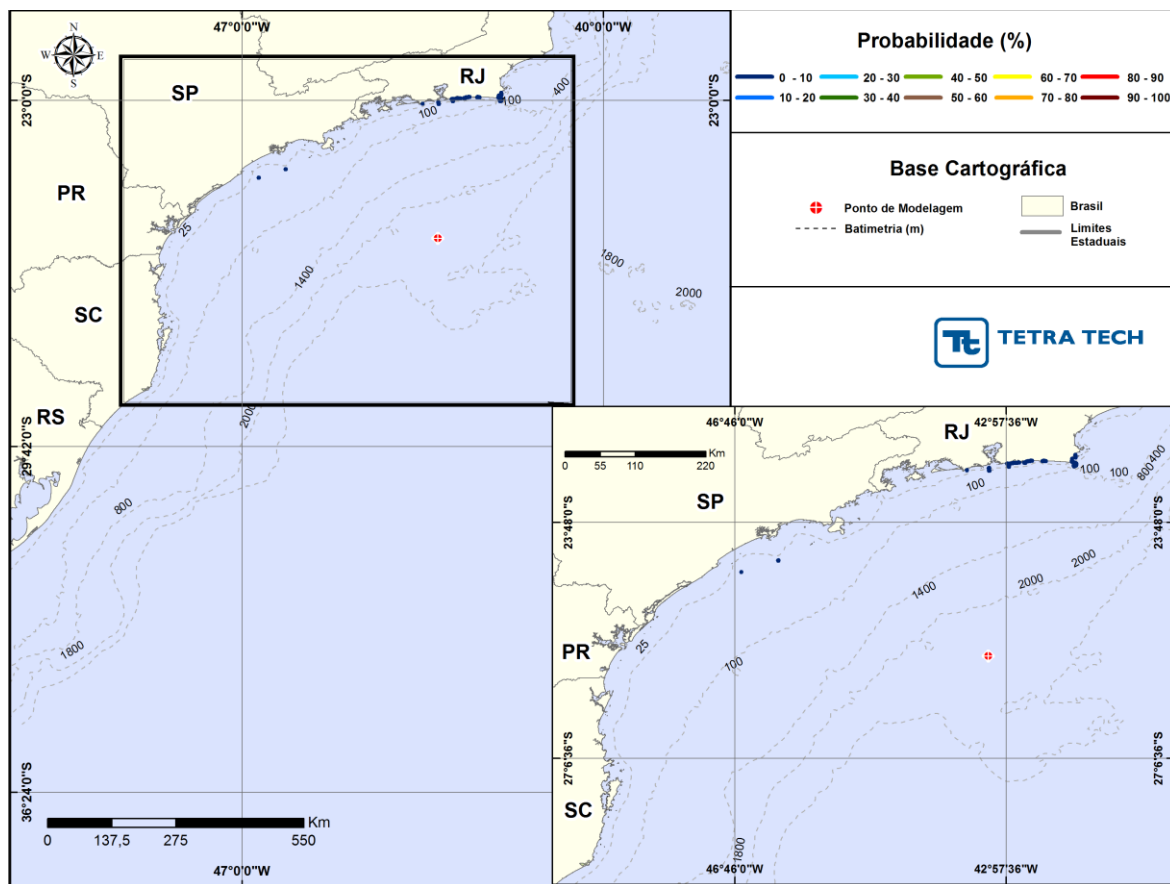


Figura III-15 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Intervalos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

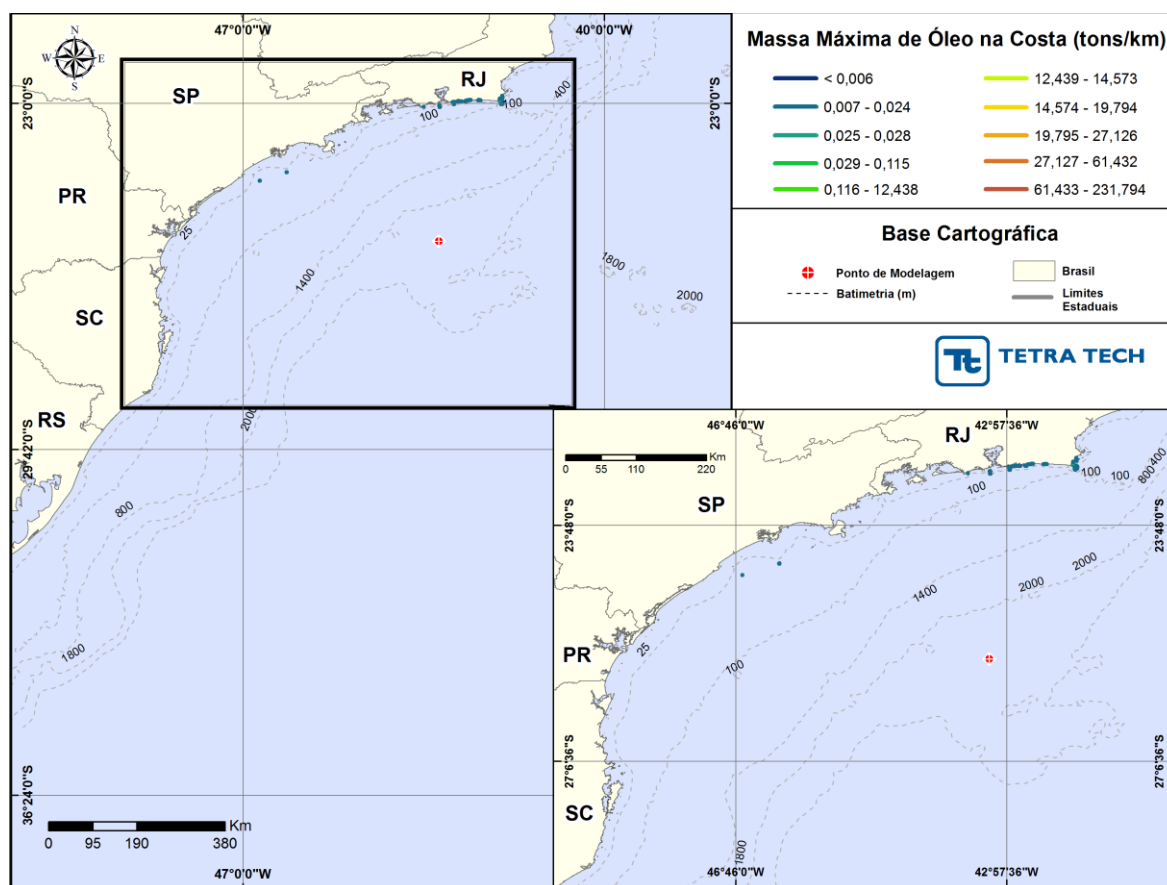


Figura III-16 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume médio durante o período de janeiro a maio. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa ocorreu no Município de Florianópolis (SC), sendo de 531 horas. A maior massa observada (0,11 ton./km) ocorreu no mesmo município, na Ilha Moleques do Norte. A maior probabilidade (1,1%) foi calculada para a Ilha do Xavier, localizada em Florianópolis (SC).

Tabela III-4 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume médio, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁴
RJ	Arraial do Cabo	561	0,7	0,0445
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	571	0,6	0,0445
	Araruama	601	0,2	0,0243
	Saquarema	616	0,3	0,0266
	Maricá	545	0,3	0,0445
	Niterói	705	0,1	0,0221
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	627	0,1	0,0224
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	710	0,1	0,0224
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	561	0,2	0,0231
	Rio de Janeiro	711	0,1	0,0223
	Itaguaí / Restinga da Marambaia	676	0,1	0,0222
	Mangaratiba / Restinga Marambaia	664	0,1	0,0229
	Parati	576	0,1	0,0228
SP	Ilhabela / Ilha de Vitória	557	0,5	0,0453
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	656	0,2	0,0452
	Ilhabela	586	0,2	0,0229
	São Sebastião / Arq Alcatrazes	688	0,1	0,0224
	Parq Est. Marinho Laje de Santos	671	0,1	0,0224
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	701	0,1	0,0225
SC	Penha	696	0,1	0,0221
	Navegantes	696	0,1	0,0220
	Itajaí	701	0,1	0,0220
	Balneário Camboriú	714	0,1	0,0221
	Itapema	706	0,2	0,0223
	Bombinhas	615	0,3	0,0233
	Bombinhas / Ilha da Galé	612	0,6	0,0226
	Bombinhas / Ilha Deserta	550	0,4	0,0455
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	538	1	0,0231
	Porto Belo	712	0,1	0,0219
	Tijucas	559	0,1	0,0230
	Florianópolis	531	1	0,0692
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	539	0,6	0,1149
	Florianópolis / Ilha Mata Fome	536	0,5	0,0691
	Florianópolis / Ilha do Badejo	537	0,7	0,0278
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	547	0,9	0,0460
	Florianópolis / Ilha do Xavier	536	1,1	0,0462
	Florianópolis / Ilha do Campeche	612	0,7	0,0226

(continua)

¹⁴ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

Tabela III-4 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume médio, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio (conclusão).

	MUNICÍPIO	TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁵
SC	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	544	0,7	0,0231
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	549	1,1	0,0460
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	544	0,6	0,0232
	Governador Celso Ramos	610	0,4	0,0447
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	694	0,1	0,0223
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	690	0,2	0,0221
	Palhoça	570	0,7	0,0444
	Paulo Lopes	541	0,9	0,0460
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	540	0,7	0,0689
	Garopaba	546	1	0,0460
	Garopaba / Ilhota do Siriú	683	0,3	0,0223
	Imbituba	543	1	0,0666
	Imbituba / Ilha do Batuta	545	0,5	0,0231
	Imbituba / Ilha Santana de Norte	551	0,4	0,0666
	Imbituba / Ilha Santana de Sul	555	0,8	0,0229
	Imbituba / Ilha das Araras	555	0,2	0,0230
	Imbituba / Ilha Tacami	563	0,7	0,0230
	Laguna	552	0,5	0,0443
	Laguna / Ilha dos Lobos	591	0,3	0,0228

A tabela abaixo apresenta os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume médio durante o período de junho a outubro. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa (583 horas) e maior probabilidade (0,2%) ocorreram no Município de Maricá (RJ). A maior massa observada (0,025 ton./km) ocorreu no Município de Arraial do Cabo (RJ).

¹⁵ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

Tabela III-5 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume médio, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁶
RJ	Cabo Frio / Ilha do Papagaio	612	0,1	0,0234
	Cabo Frio	613	0,2	0,0248
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	589	0,2	0,0234
	Arraial do Cabo	589	0,2	0,0248
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	603	0,2	0,0236
	Saquarema	586	0,2	0,0238
	Maricá / Ilhas Maricas	587	0,1	0,0228
	Maricá	583	0,2	0,0232
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	702	0,1	0,0223
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagaras	603	0,1	0,0230
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	646	0,1	0,0228
SP	Parq Est. Marinho Laje de Santos	667	0,1	0,0226
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	657	0,1	0,0227

III.1.3 Simulações Probabilísticas - Volume Pior Caso

Da Figura III-17 até a Figura III-24 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas com derrame de volume de pior caso (420.323,0 m³). Para o período de janeiro a maio o menor tempo de toque observado foi de 515 horas na Ilha Moleques do Norte, pertencente ao Município de Florianópolis (SC), e a extensão total de toque na costa foi de 765,55 km. Já durante o período de junho a outubro o menor tempo de toque na costa foi de 541 horas no Município de Maricá (RJ), e a extensão total de toque na costa foi de 131,25 km.

¹⁶ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km).

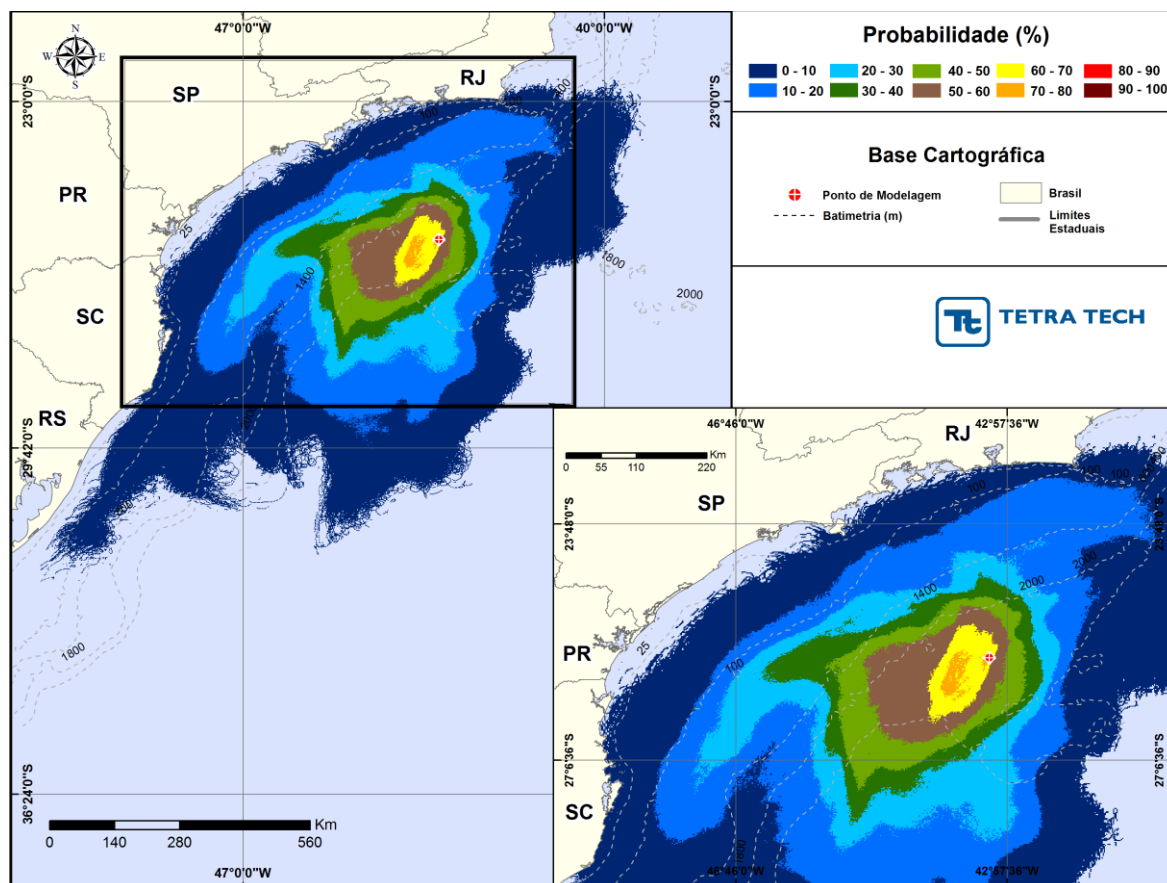


Figura III-17 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

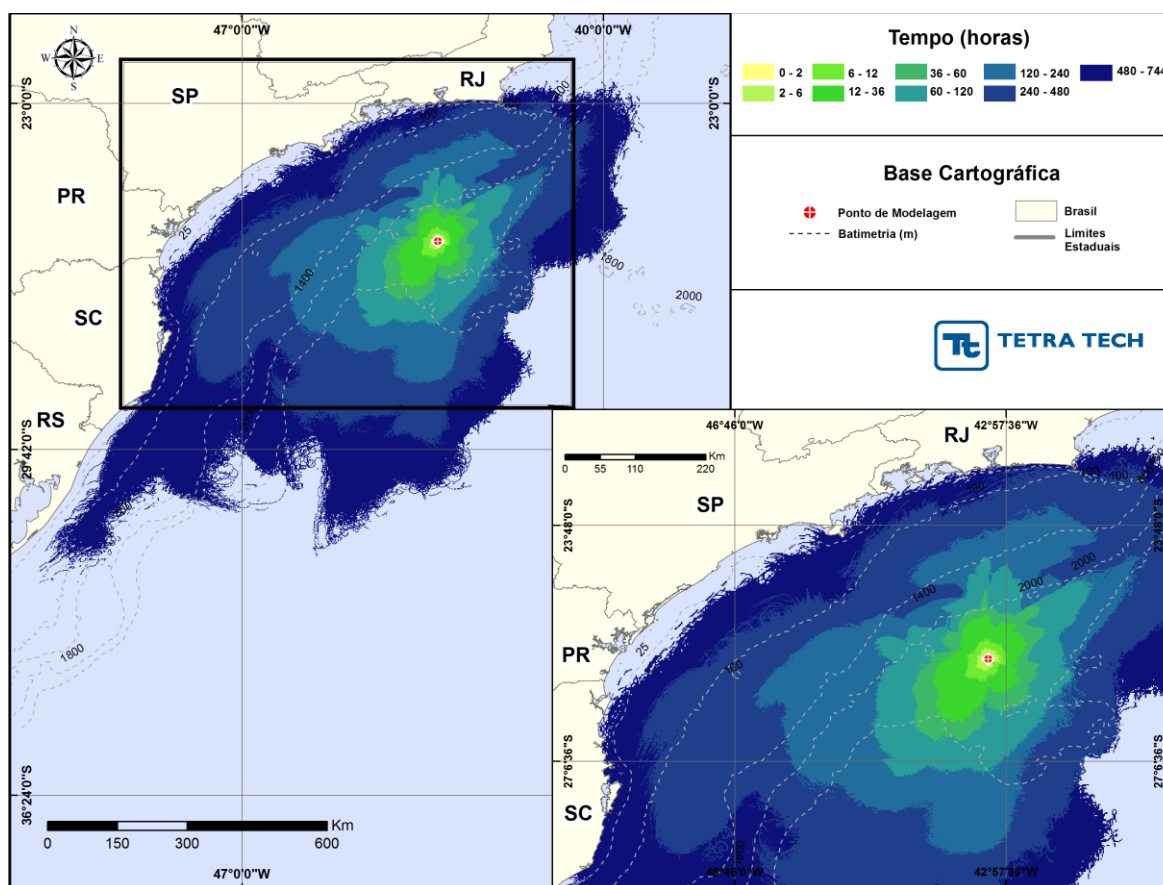


Figura III-18 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

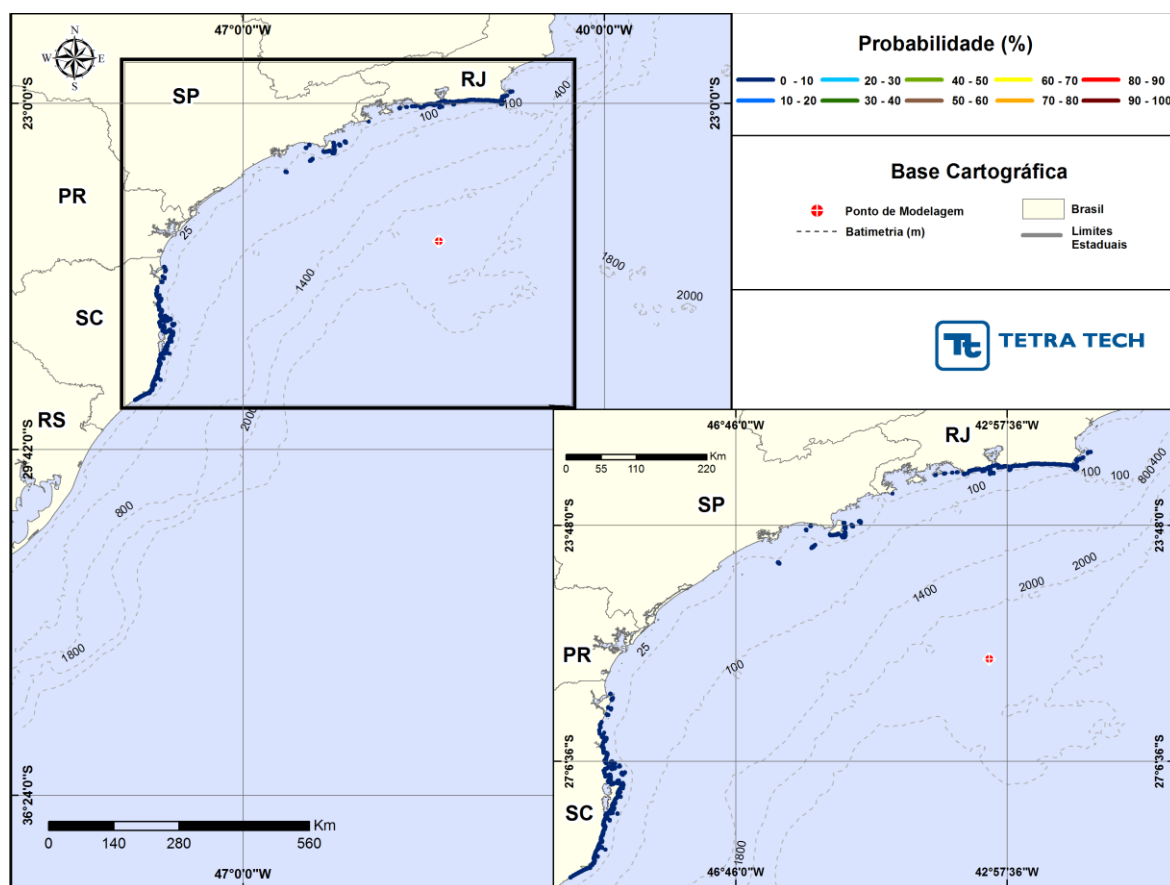


Figura III-19 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Contornos de probabilidade de toque de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

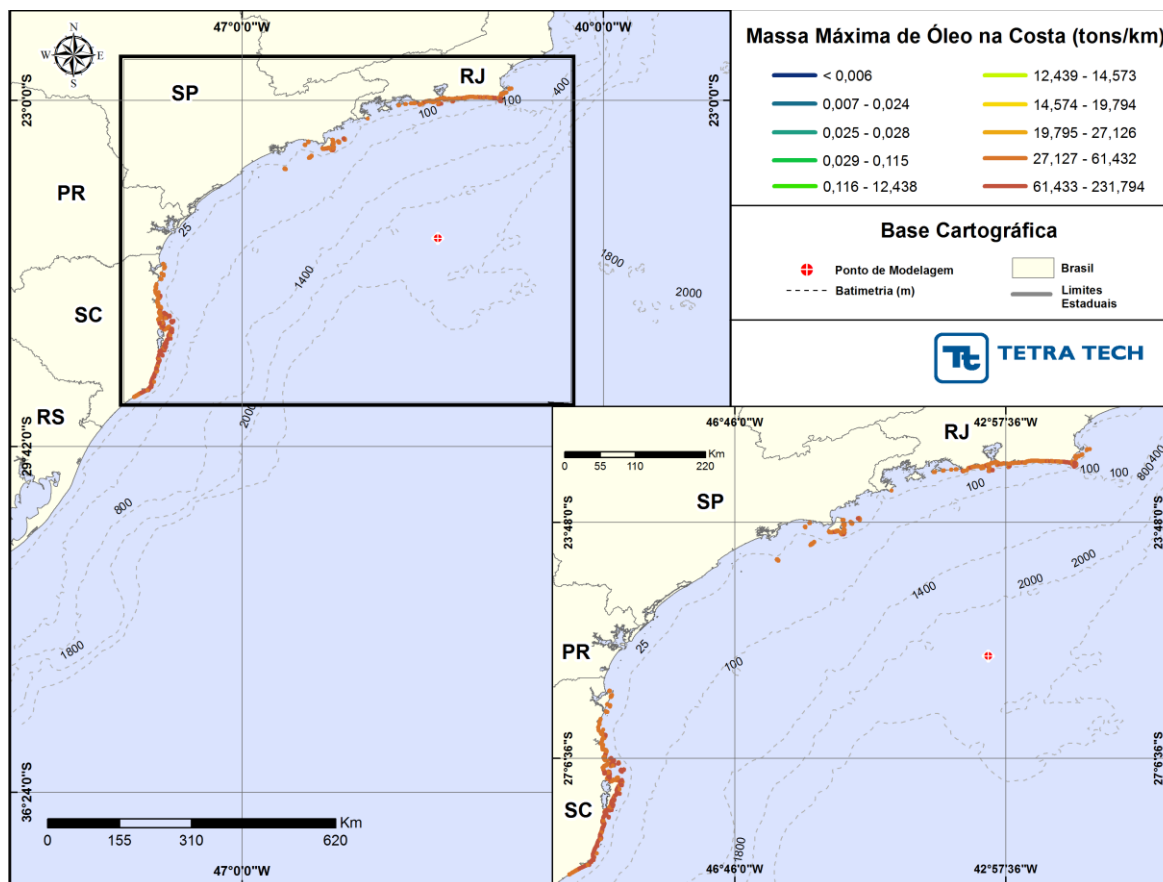


Figura III-20 - Cenário FPSO_ILHABELA_JFAM_PC_31D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de janeiro a maio, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

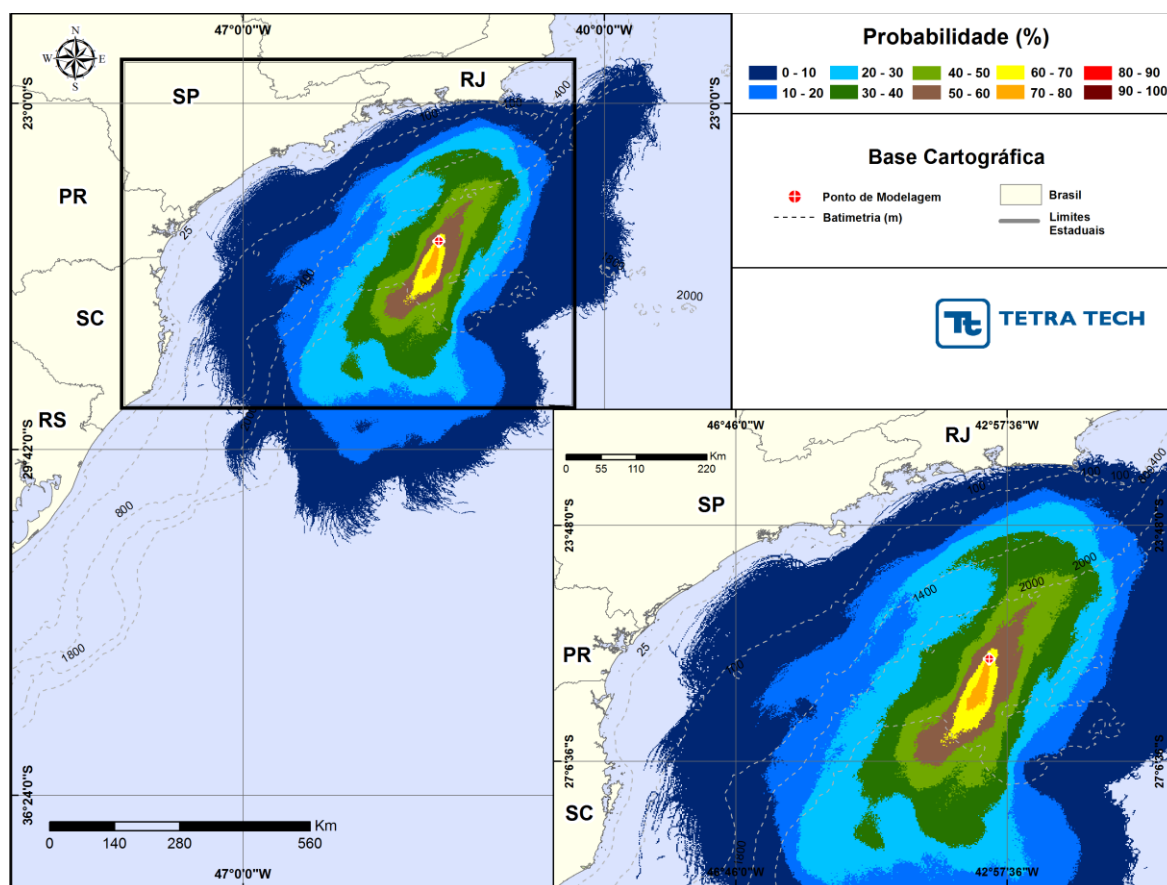


Figura III-21 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

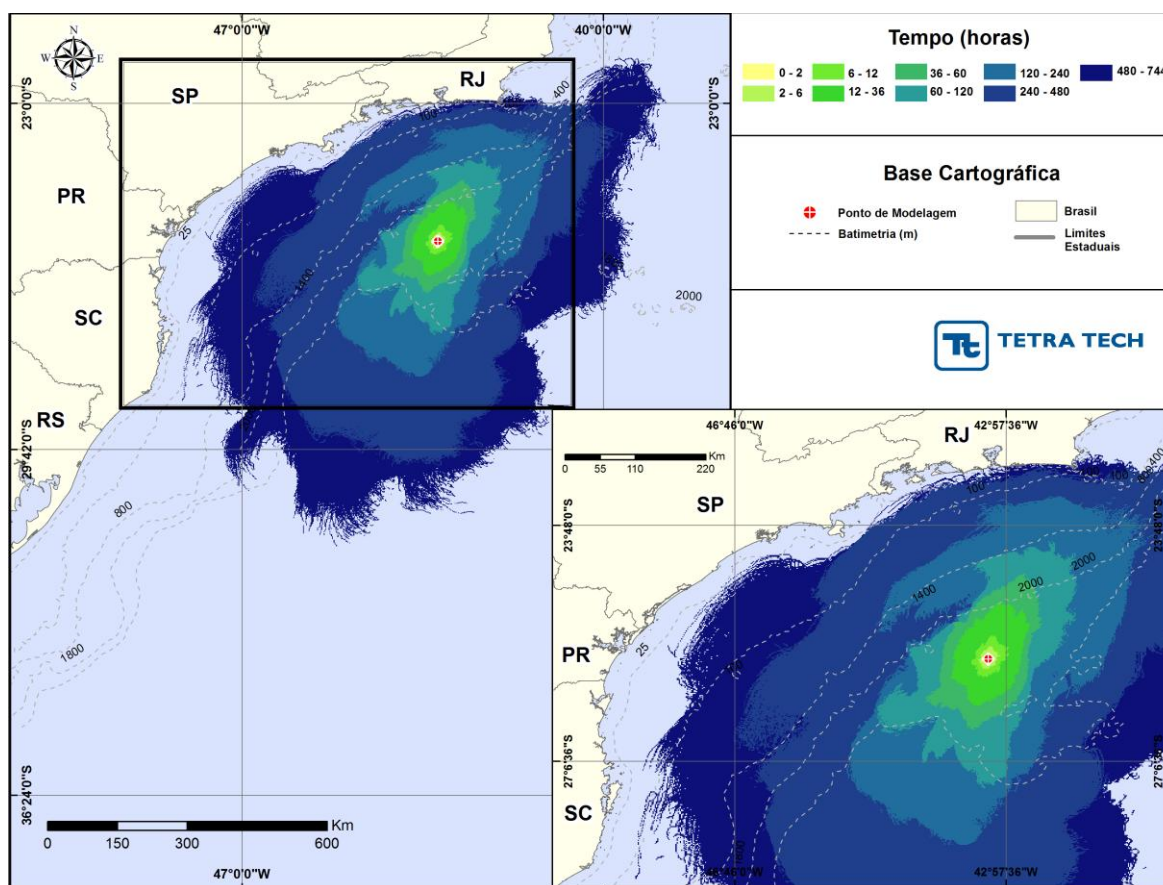


Figura III-22 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos do tempo de deslocamento do óleo na água para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Baía de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

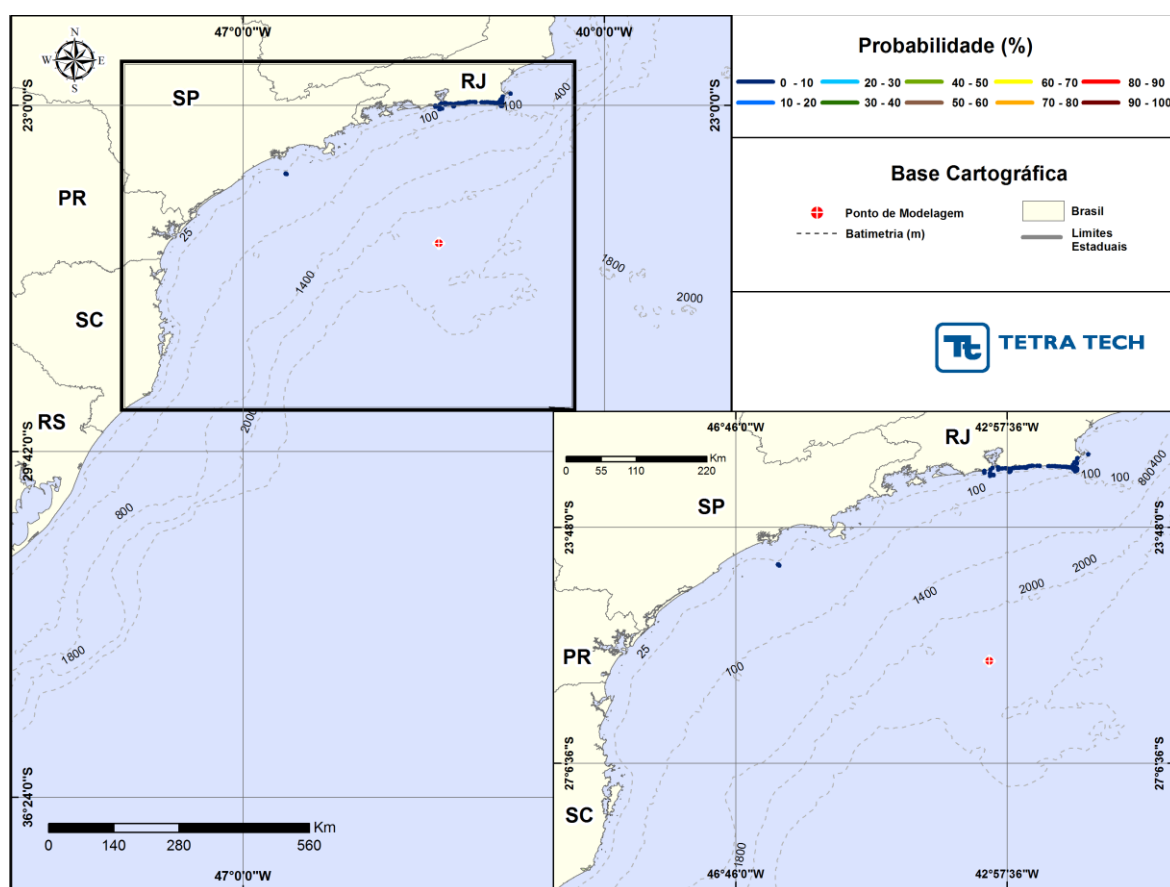


Figura III-23 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Contornos de probabilidade de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

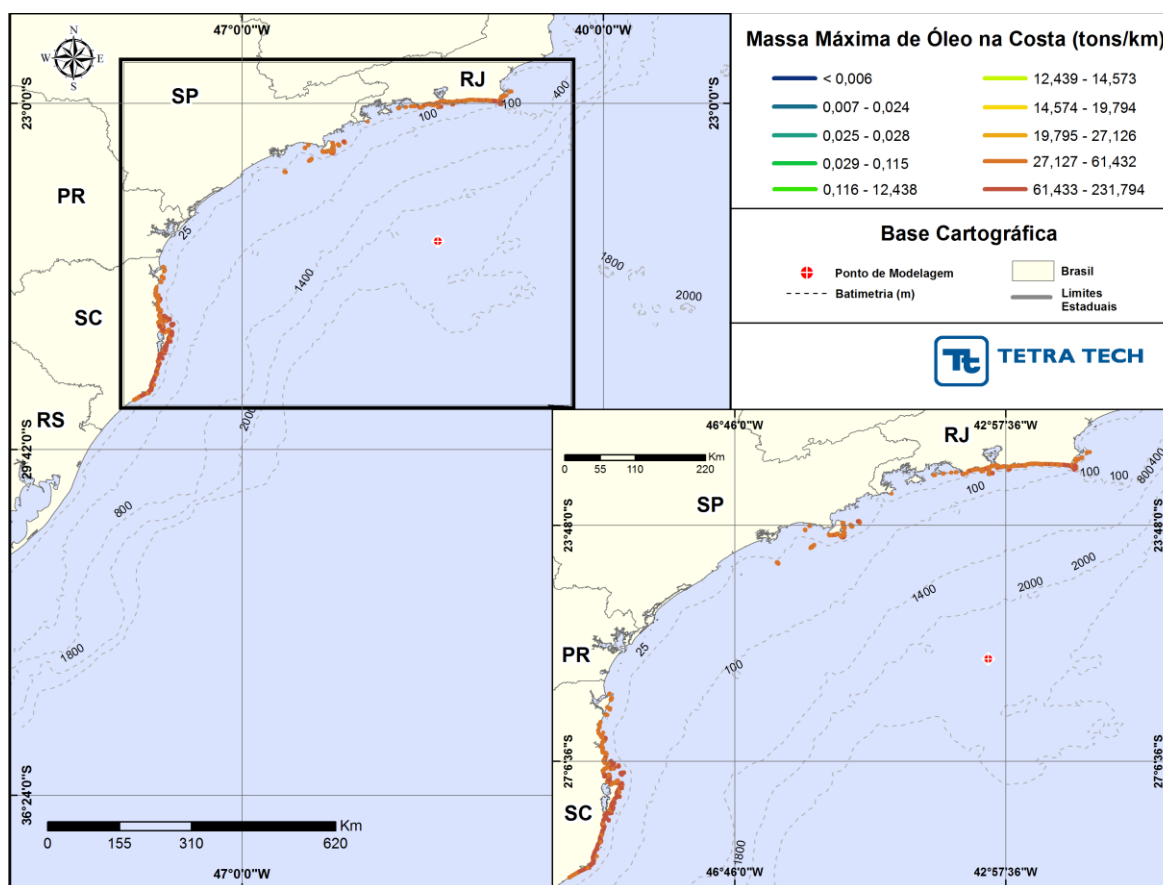


Figura III-24 - Cenário FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Massa máxima de óleo na costa para um acidente ocorrendo no FPSO Cidade de Ilhabela, Bacia de Santos, durante os meses de junho a outubro, com derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas), após 31 dias de simulação.

A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume de pior caso durante o período de janeiro a maio. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa ocorreu na Ilha Moleques do Norte, pertencente ao Município de Florianópolis (SC), sendo de 515 horas. A maior massa observada (640 ton./km) ocorreu na Ilha Moleques do Sul, em Florianópolis (SC). A maior probabilidade (3,9%) foi calculada em Arraial do Cabo.

Tabela III-6 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁷
RJ	Armação dos Búzios / Ilha Ancora	719	0,1	33,20
	Armação dos Búzios / Ilha Gravata	712	0,3	35,36
	Armação dos Búzios / Ilha do Breu	736	0,2	34,93
	Armação dos Búzios / Ilha Pargos	738	0,1	33,55
	Cabo Frio / Ilha Comprida	653	0,3	34,17
	Cabo Frio / Ilha do Papagaio	674	0,2	35,59
	Cabo Frio	732	0,2	32,31
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	666	0,8	65,49
	Arraial do Cabo	534	3,9	162,86
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	546	3,9	131,83
	Araruama	545	1,2	99,14
	Saquarema	545	0,9	69,17
	Maricá / Ilhas Maricas	568	1,8	68,01
	Maricá	553	0,9	68,41
	Niterói / Ilha do Pai	581	0,2	33,44
	Niterói	715	0,4	65,99
	Rio de Janeiro / Ilha de Guaratiba	672	0,3	65,38
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	579	0,7	68,23
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	670	1,0	66,54
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagarras	628	0,8	36,40
	Rio de Janeiro / Ilha das Palmas	650	0,5	33,53
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	685	0,5	33,03
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	744	0,1	32,34
	Rio de Janeiro	590	0,4	67,67
	Itaguaí / Restinga da Marambaia	643	0,1	33,56
	Mangaratiba / Restinga Marambaia	528	0,1	33,25
SP	Ilhabela / Ilha de Vitória	556	0,8	65,31
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	587	0,3	33,12
	Ilhabela	667	0,6	128,71
	São Sebastião / Arq. Alcatrazes	697	0,2	33,21
	Parq Est. Marinho Laje de Santos	706	0,4	32,53
SC	São Francisco do Sul	692	0,2	32,75
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretes	709	0,2	32,60
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	690	0,1	32,66
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	732	0,1	32,50
	Araquari	733	0,1	32,58
	Barra Velha	712	0,2	32,71
	Barra Velha / Ilhas Itacolomis	705	0,3	32,85
	Piçarras	732	0,1	32,37
	Piçarras / Ilha Feia	714	0,2	32,29
	Penha	701	0,5	65,13

(continua)

¹⁷ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

Tabela III-6 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de janeiro a maio (conclusão).

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁸
	Navegantes	713	0,4	32,89
	Itajaí	721	0,3	33,23
	Balneário Camboriú	635	0,8	129,83
	Itapema	697	0,9	97,48
	Bombinhas	542	1,5	130,79
	Bombinhas / Ilha da Galé	556	2,4	98,23
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	537	1,4	98,64
	Bombinhas / Ilha Deserta	522	3,2	198,85
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	524	2,6	132,72
	Porto Belo	645	0,6	65,42
	Tijucas	546	0,7	96,15
	Florianópolis	526	3,0	301,93
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	515	2,4	169,55
	Florianópolis / Ilha do Francês	581	0,3	34,01
	Florianópolis / Ilha Mata Fome	546	1,5	99,65
	Florianópolis / Ilha do Badejo	539	1,1	37,42
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	522	3,0	167,89
	Florianópolis / Ilha do Xavier	534	2,9	134,83
	Florianópolis / Ilha do Campeche	556	2,9	162,82
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	539	1,8	66,51
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Sul	522	3,8	639,75
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	533	1,5	131,82
	Governador Celso Ramos	544	1,2	130,67
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	686	0,6	65,48
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	629	0,6	65,87
	Palhoça	530	1,7	195,72
	Paulo Lopes	537	2,2	325,87
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	545	2,4	228,15
	Garopaba	536	2,3	356,04
	Garopaba / Ilhota do Siriú	727	0,1	32,95
	Imbituba	538	2,4	260,26
	Imbituba / Ilha do Batuta	566	1,2	49,18
	Imbituba / Ilha Santana de Norte	548	2,4	194,49
	Imbituba / Ilha Santana de Sul	697	1,0	32,84
	Imbituba / Ilha das Araras	554	2,7	292,49
	Imbituba / Ilha Tacami	532	3,2	370,57
	Laguna	569	1,9	228,29
	Laguna / Ilha dos Lobos	546	1,6	43,14
	Jaguaruna	708	0,9	128,74

¹⁸ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

A tabela abaixo apresenta os resultados de probabilidade de ocorrência de óleo na costa, tempo mínimo de toque e quantidade máxima de óleo na costa (ton./km) para os resultados com derrame de volume de pior caso durante o período de junho a outubro. Pode-se observar que o menor tempo de toque na costa (541 horas) ocorreu no Município de Maricá (RJ). A maior massa observada (100 ton./km) e maior probabilidade na costa (1,1%) ocorreram na Ilha de Cabo Frio, pertencente ao Município de Arraial do Cabo (RJ).

Tabela III-7 - Lista de municípios, probabilidade de toque na costa, tempo mínimo de chegada à costa e massa máxima para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, para o FPSO Cidade de Ilhabela, no período de junho a outubro.

MUNICÍPIO		TEMPO MÍNIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	PROBABILIDADE DE ÓLEO NA COSTA (%)	MASSA MÁXIMA NA COSTA (ton./km) ¹⁹
RJ	Armação dos Búzios / Ilha Gravata	662	0,1	34,33
	Armação dos Búzios	587	0,1	33,08
	Cabo Frio / Ilha do Papagaio	650	0,2	34,43
	Cabo Frio	587	0,1	37,31
	Arraial do Cabo / Ilha dos Porcos	612	0,1	33,31
	Arraial do Cabo / Ilha Cabo Frio	549	1,1	100,07
	Arraial do Cabo	546	0,9	68,12
	Araruama	606	0,2	34,10
	Saquarema	552	0,3	34,91
	Maricá / Ilhas Maricas	546	0,4	67,91
	Maricá	541	0,5	36,73
	Niterói / Ilha do Pai	690	0,1	32,48
	Niterói	549	0,1	33,46
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	620	0,1	32,68
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	579	0,3	33,41
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagarras	600	0,2	35,00
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	685	0,1	33,12
	Rio de Janeiro	658	0,1	34,03
SP	Parq Est. Marinho Laje de Santos	622	0,5	32,97

¹⁹ Uma vez que o modelo OSCAR disponibiliza apenas informações de massa por célula, para a obtenção dos valores de massa por km, foi realizado o cálculo considerando o valor de massa por célula (2,1 x 1,8 km) dividido pela distância diagonal da célula (2,78 km). Os valores de massa máxima das simulações probabilísticas, no modelo OSCAR, são obtidos através da composição dos resultados de maior massa calculada para cada ponto da grade *habitat*.

III.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS

A análise dos resultados das simulações probabilísticas realizadas permitiu identificar os cenários determinísticos críticos. Em cada período, de todas as 1.000 simulações realizadas, foram considerados como mais críticos os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa.

A Tabela III-8 apresenta um resumo dos cenários determinísticos críticos. Verifica-se que o menor tempo de toque na costa foi de 515 horas para o cenário de janeiro a maio, com derrame de volume de pior caso, Ilha Moleques do Norte, pertencente ao Município Florianópolis (SC).

Tabela III-8 - Resumo dos cenários determinísticos críticos associado ao menor tempo de toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO QUE CHEGA À COSTA (m3)
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D	01/01/2004 – 12:00h	535	Ilha Moleques do Sul – Florianópolis - SC	0,14
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D	07/08/2004 – 06:00h	587	Maricá - RJ	0,01
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D	01/01/2004 – 12:00h	531	Florianópolis - SC	2,20
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D	07/08/2004 – 18:00h	583	Maricá - RJ	0,20
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D	01/01/2004 – 08:00h	515	Ilha Moleques do Norte – Florianópolis - SC	0,14
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D	09/08/2004 – 09:00h	541	Maricá - RJ	0,01

Os resultados das simulações determinísticas críticas são apresentados na forma de duas figuras. A primeira apresenta os contornos de espessura no instante de primeiro toque e a área varrida pela mancha ao longo de toda a 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 segunda figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água) para as simulações determinísticas críticas. Ressalta-se que, quando o volume final de óleo na costa é muito pequeno, não é possível visualizar a % nos balanços de massa.

Adicionalmente, são apresentadas figuras com as condições meteorológicas e oceanográficas atuantes nos cenários determinísticos críticos que apresentaram o menor tempo de toque na costa (volume de pior caso).

Conforme mencionado anteriormente na introdução, não apresentados os gráficos de espessura e viscosidade em função do novo modelo de óleo adotado (OSCAR), sendo que a apresentação destes resultados está em avaliação de formato.

III.2.1 Simulações Determinísticas Críticas - Volume Pequeno

Da Figura III-25 a Figura III-28 são apresentados os resultados determinísticos críticos para os derrames com volume pequeno (8 m^3). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

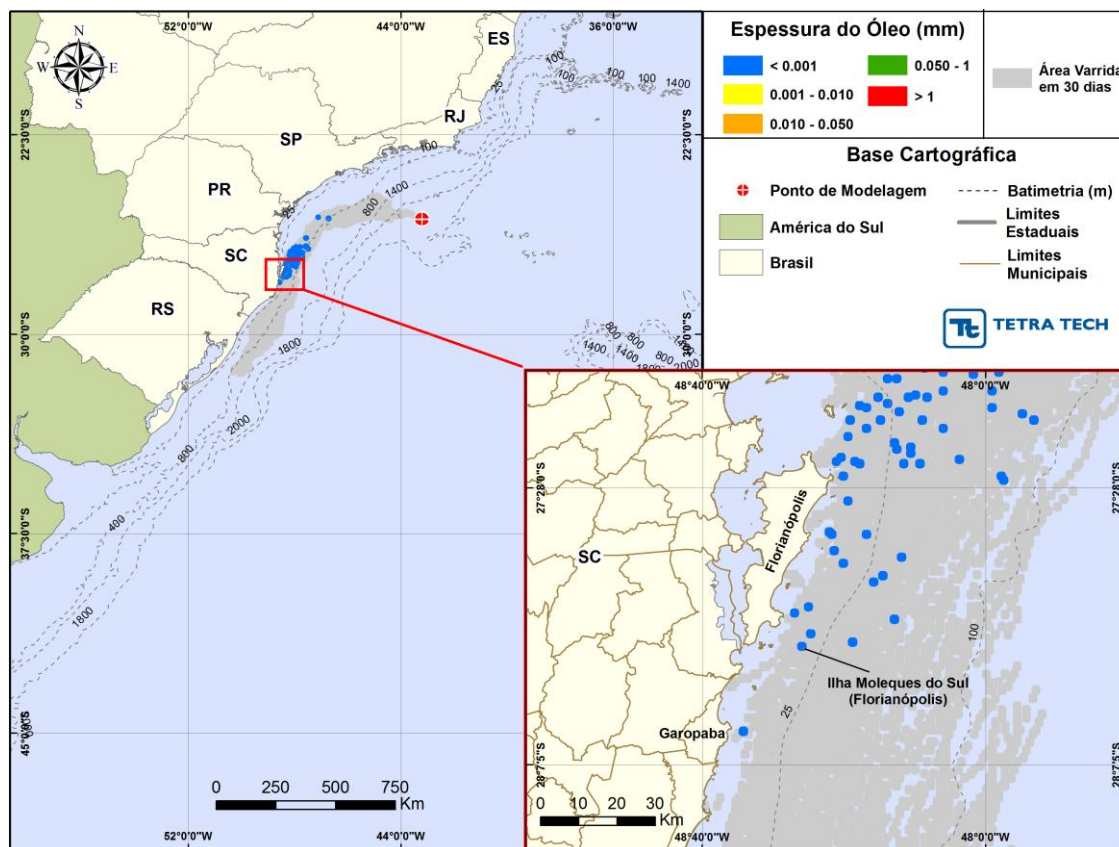


Figura III-25 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.

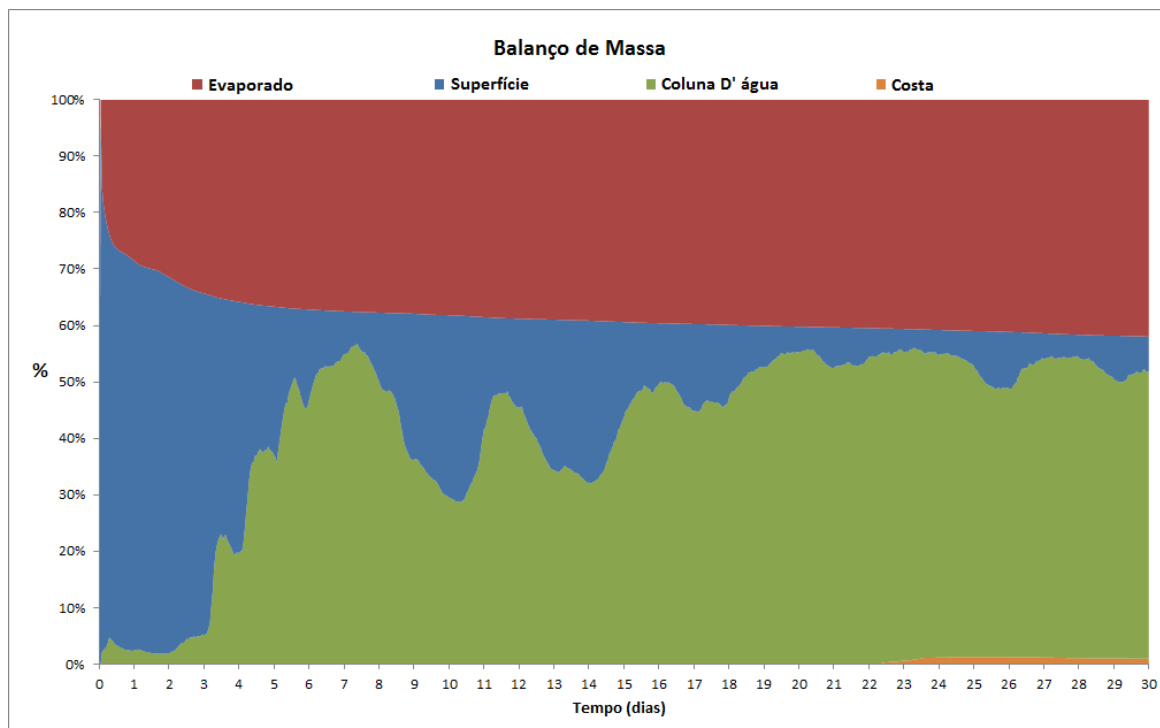


Figura III-26 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.

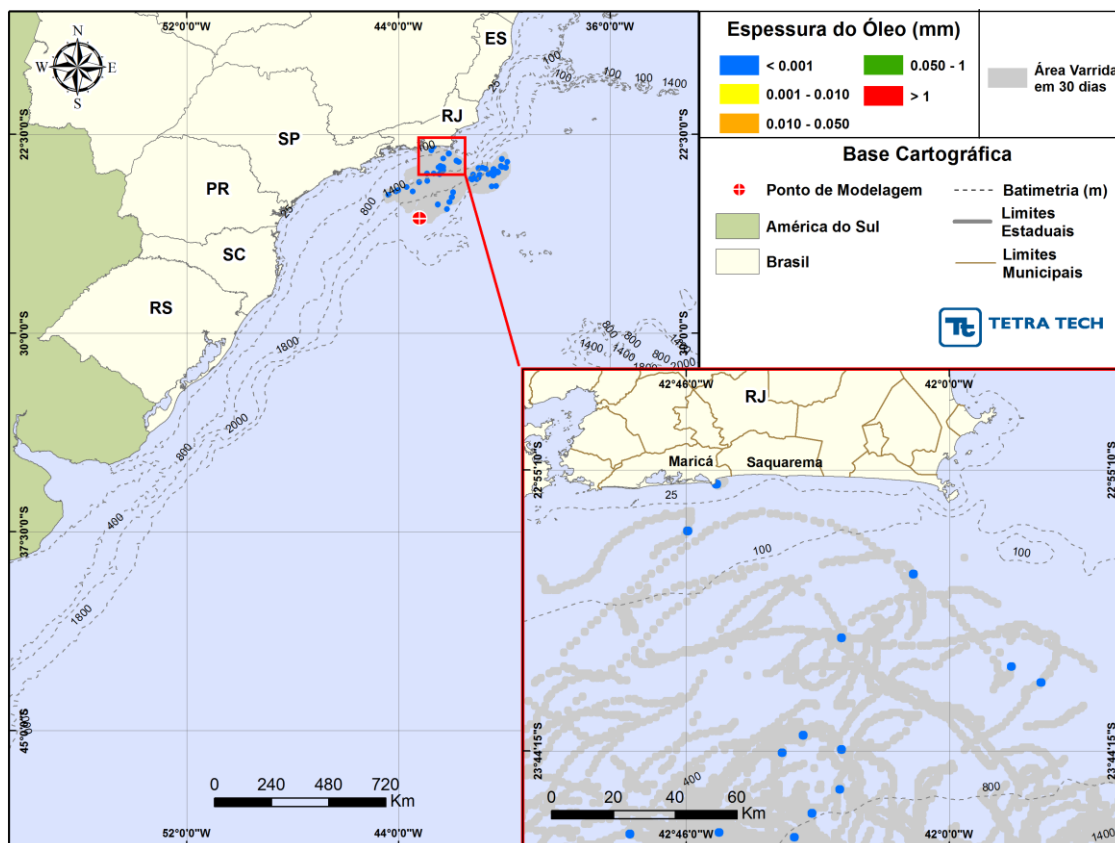


Figura III-27 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.

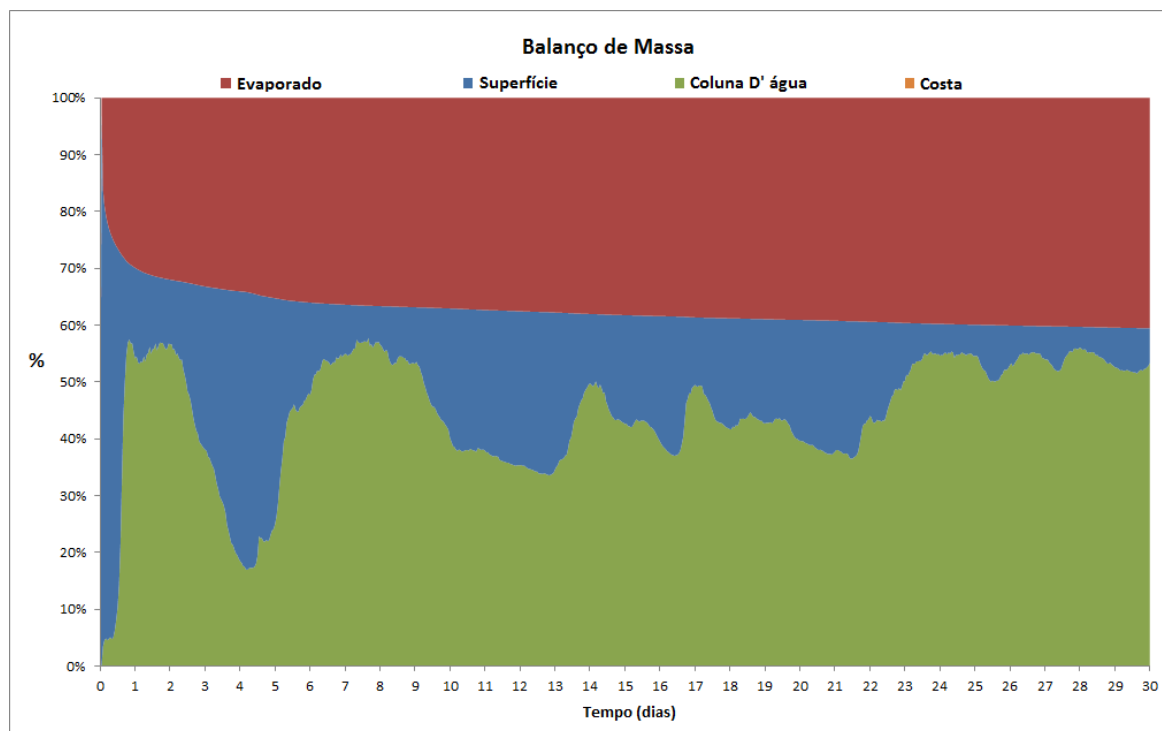


Figura III-28 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.

III.2.2 Simulações Determinísticas Críticas - Volume Médio

Da Figura III-29 a Figura III-32 são apresentados os resultados determinísticos críticos para os derrames com volume médio (200 m^3). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que, assim como para o volume pequeno, a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

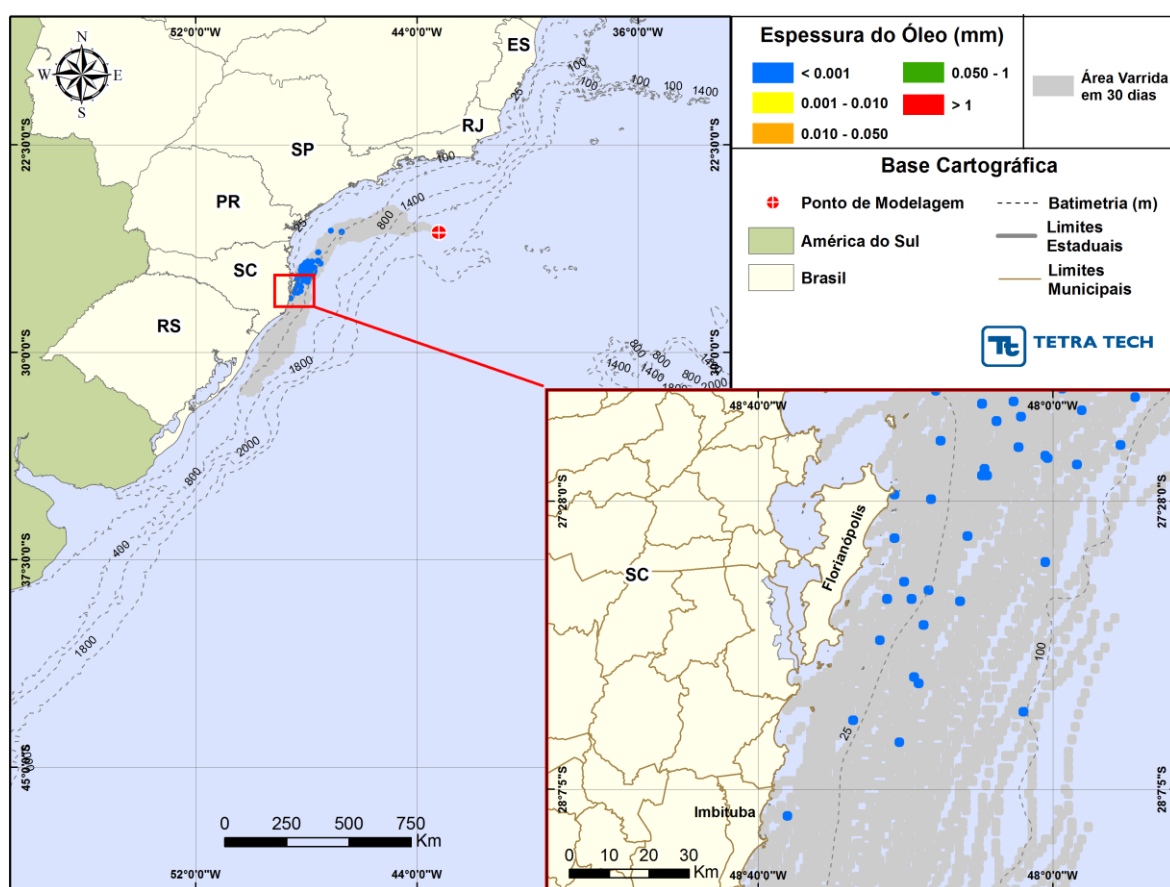


Figura III-29 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de $200,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.

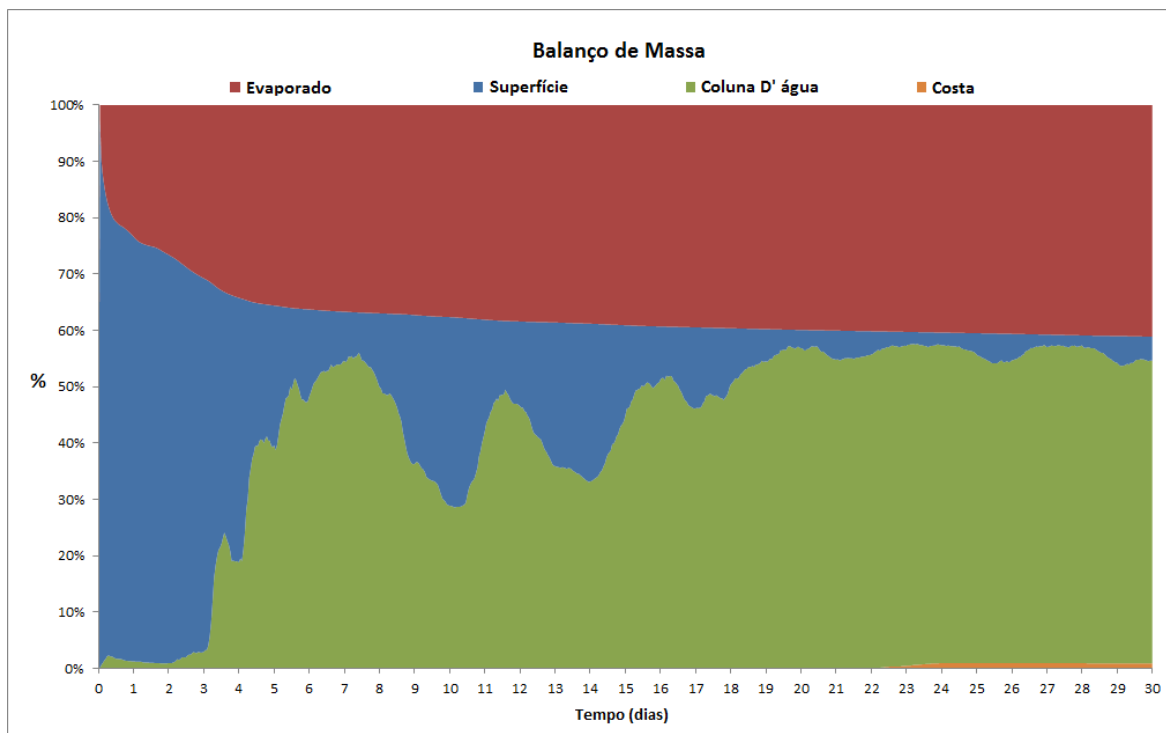


Figura III-30 - Balanco de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.

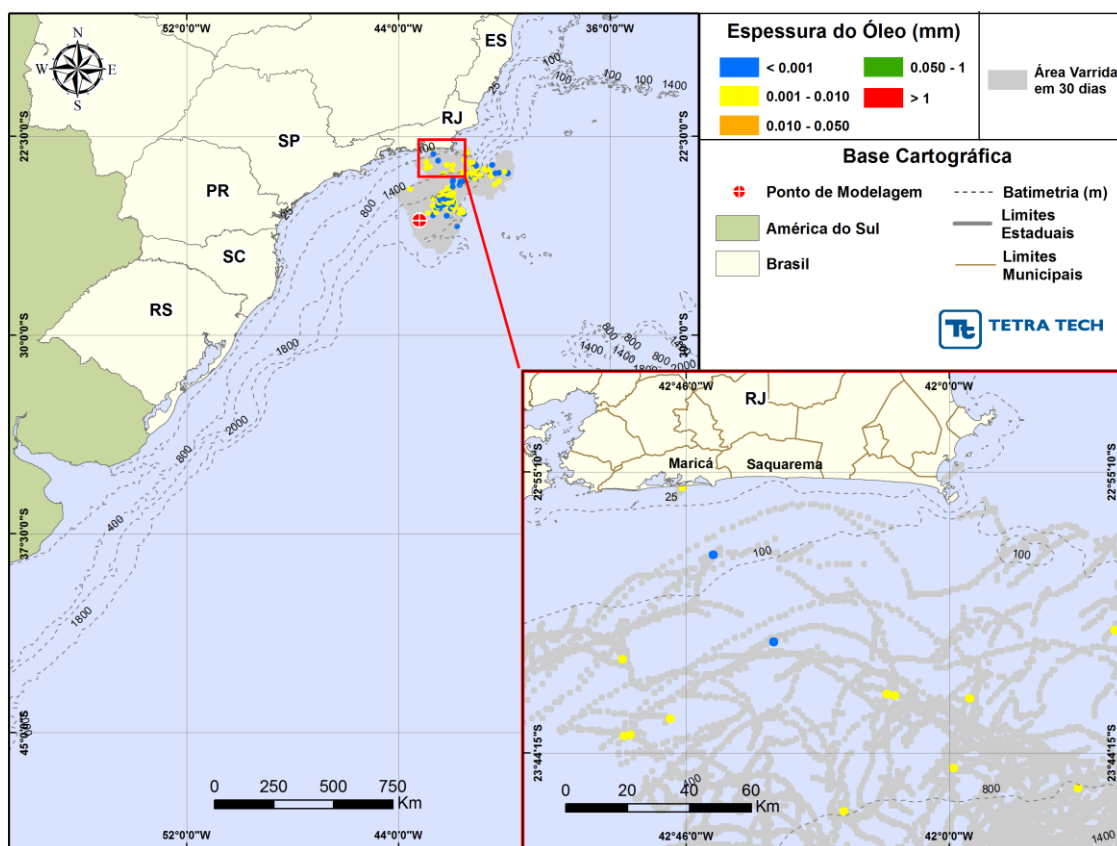


Figura III-31 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.

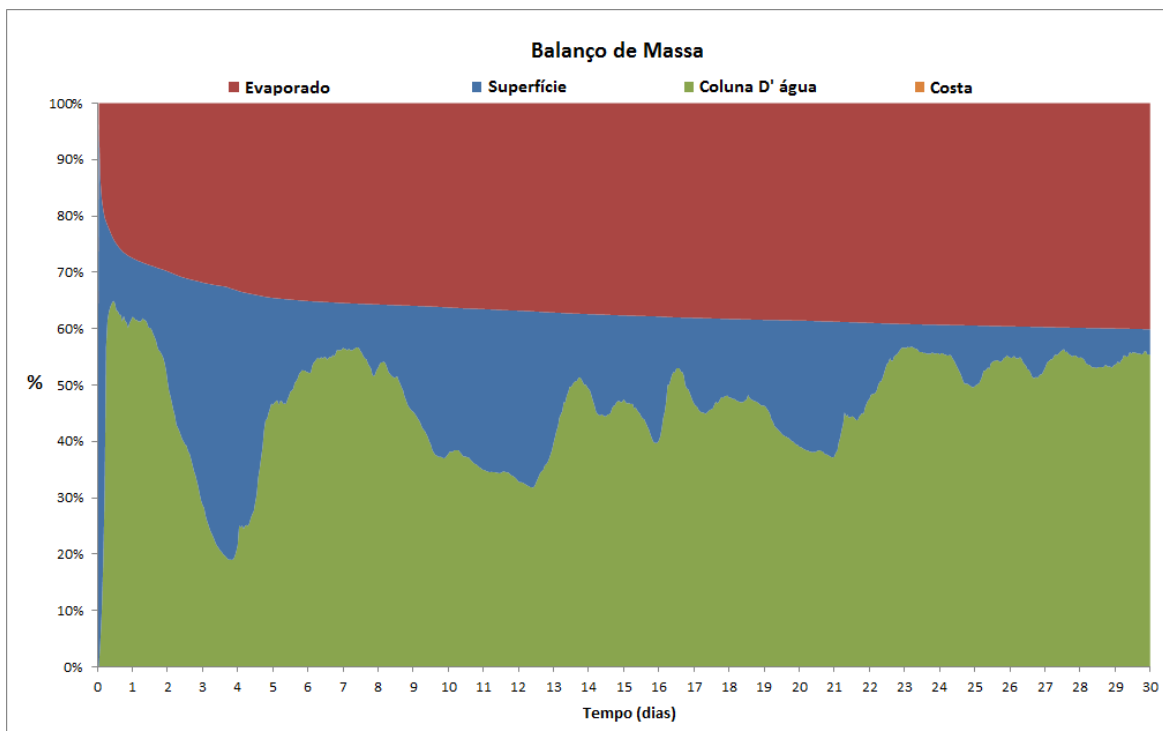


Figura III-32 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.

III.2.3 Simulações Determinísticas Críticas - Volume Pior Caso

Da Figura III-33 a Figura III-36 são apresentados os resultados determinísticos críticos para os derrames com volume de pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que, assim como para o volume pequeno, a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

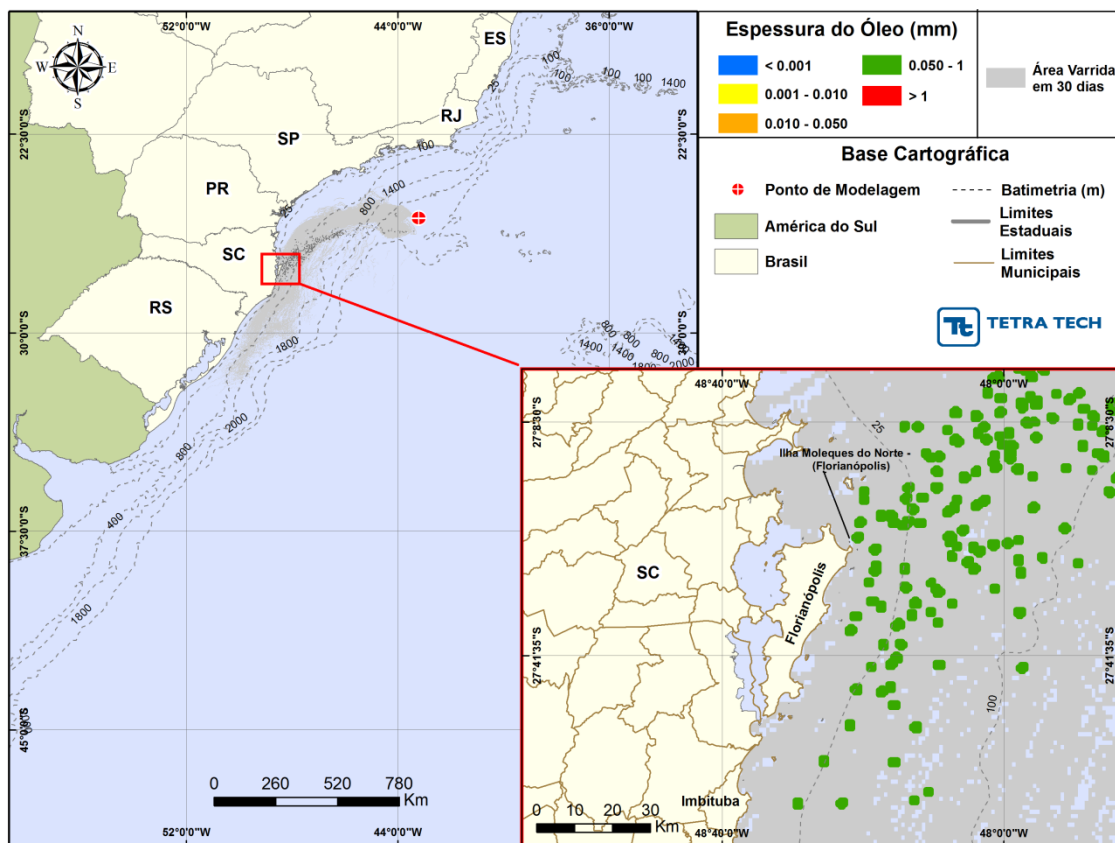


Figura III-33 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.

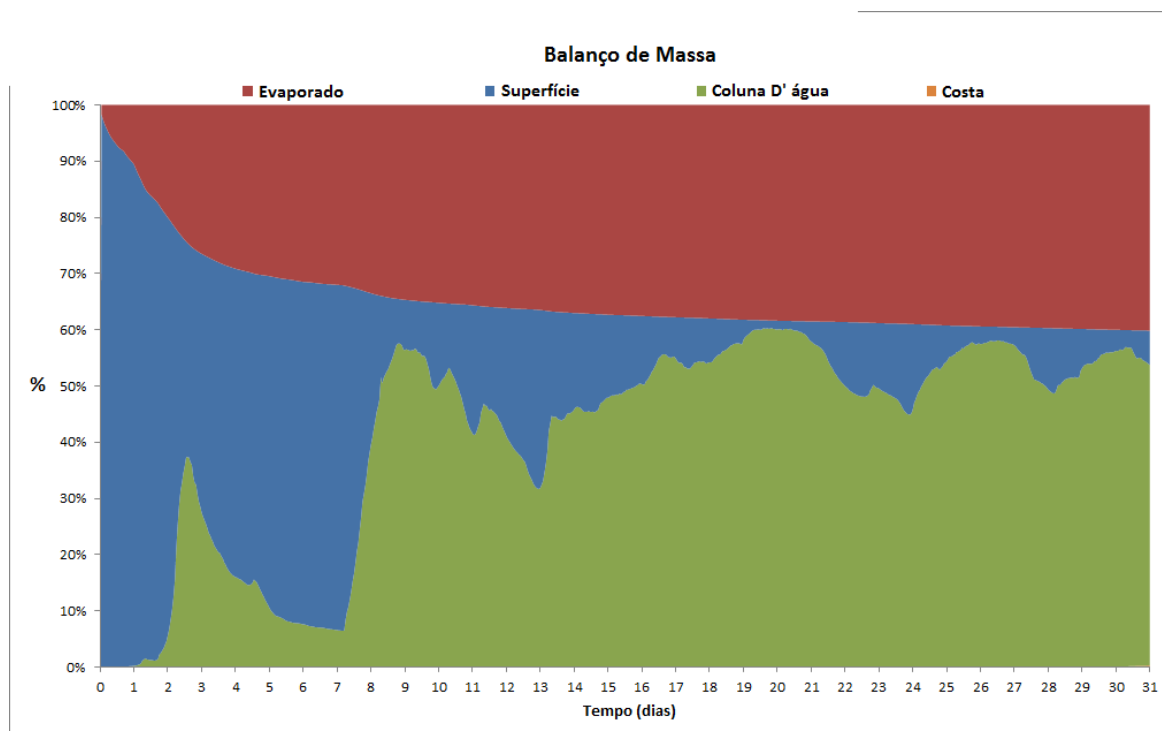


Figura III-34 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.

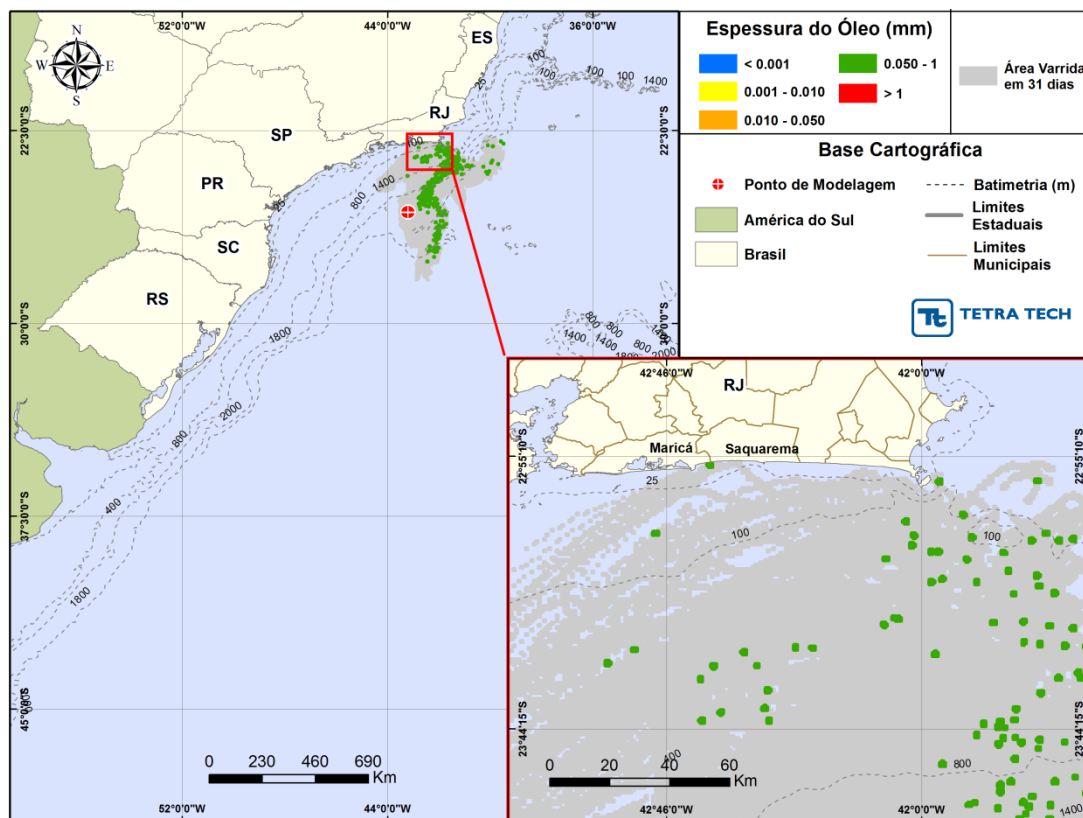


Figura III-35 - DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico crítico para um derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

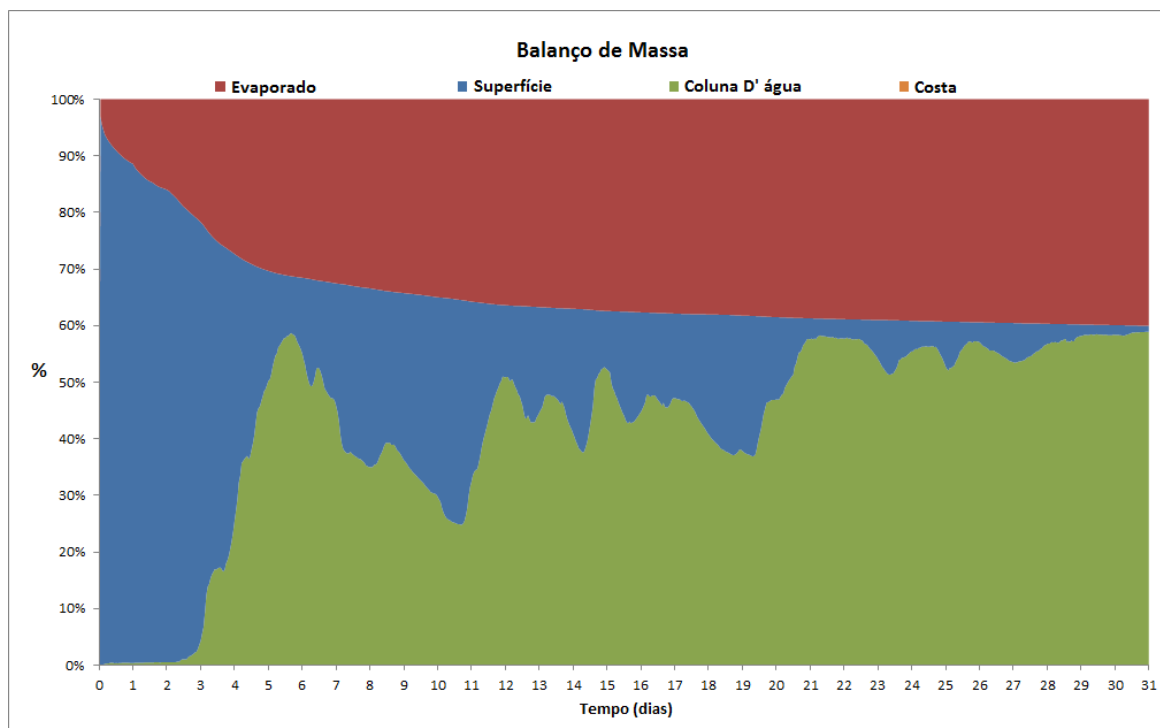


Figura III-36 - Balanço de massa do cenário DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.

III.2.4 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 mais rapidamente a costa para ambos os períodos simulados. Os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa são referentes aos derrames de volume de pior caso.

Da Figura III-37 até a Figura III-39 são apresentadas ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso (afundamento de unidade) no período de janeiro a maio. Nestas figuras a mancha é apresentada a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, em 515 horas na Ilha Moleques do Norte, pertencente ao Município de Florianópolis (SC).

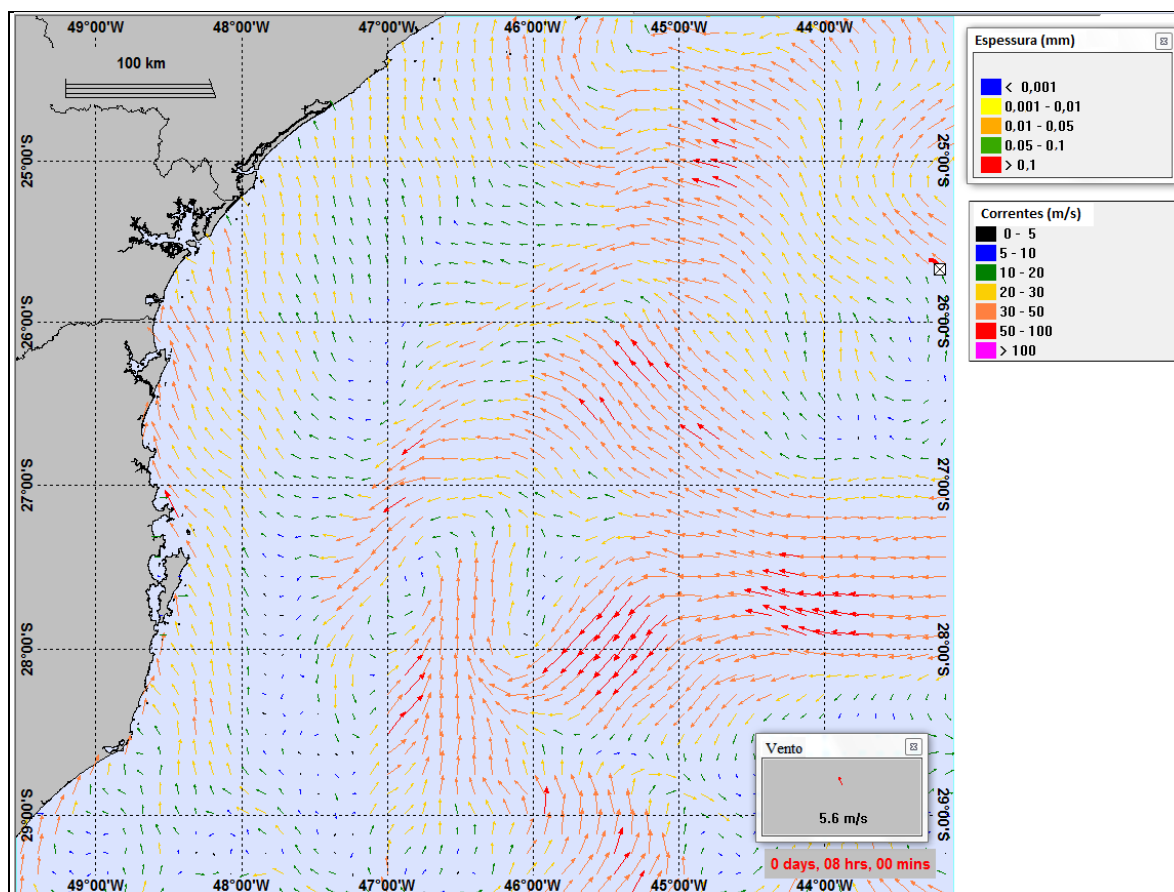


Figura III-37 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-NW; Vento-SSE.

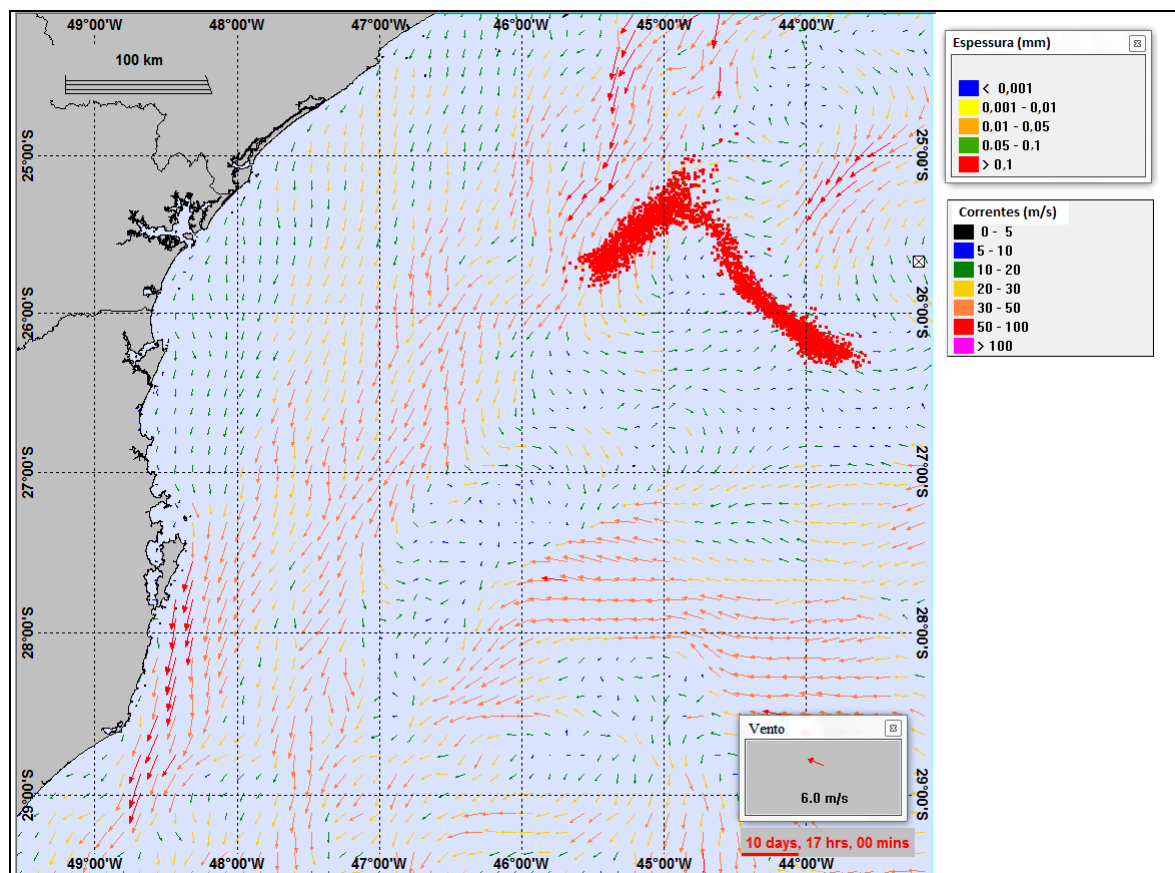


Figura III-38 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW; Vento-SE.

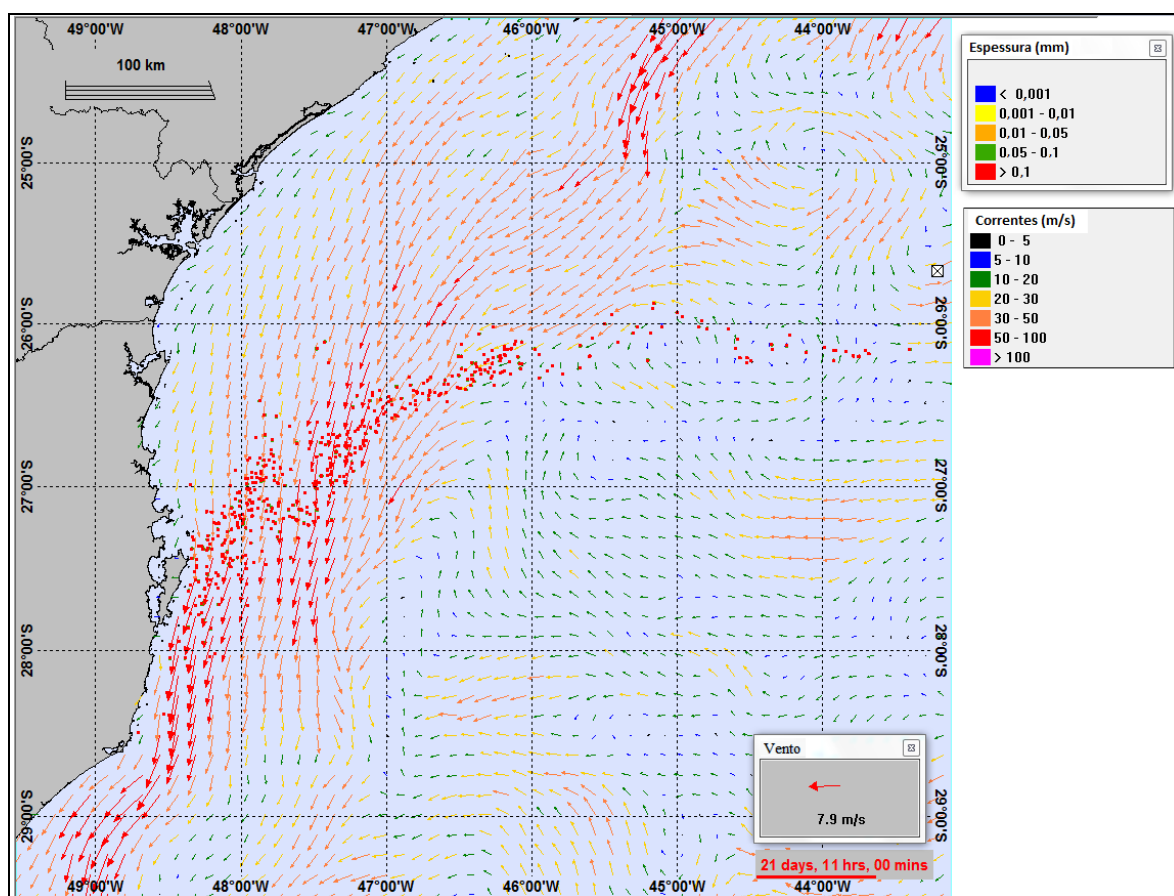


Figura III-39 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante do primeiro toque de óleo na costa da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW; Vento-E.

Da Figura III-40 até a Figura III-42 são apresentadas ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso (afundamento de unidade) no período de junho a outubro. Nestas figuras a mancha é apresentada a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, em 541 horas no município de Maricá (RJ).

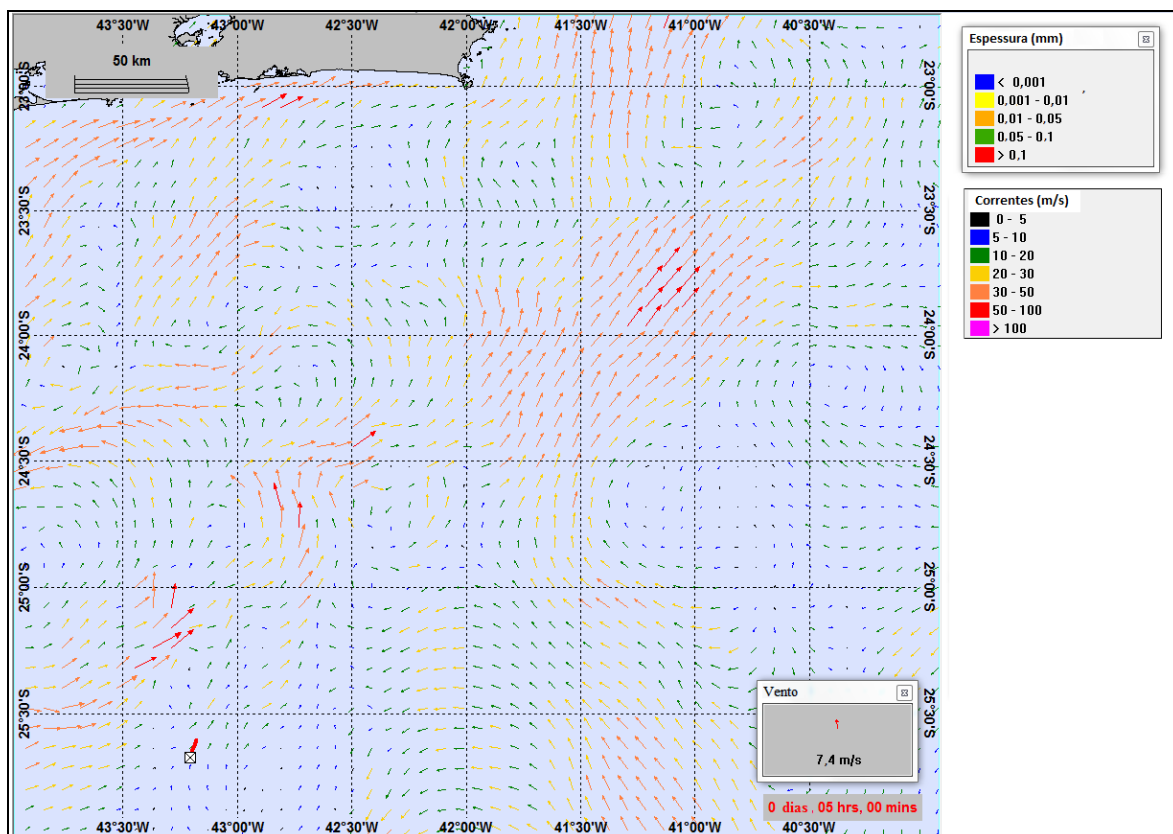


Figura III-40 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NNE; Vento-S.

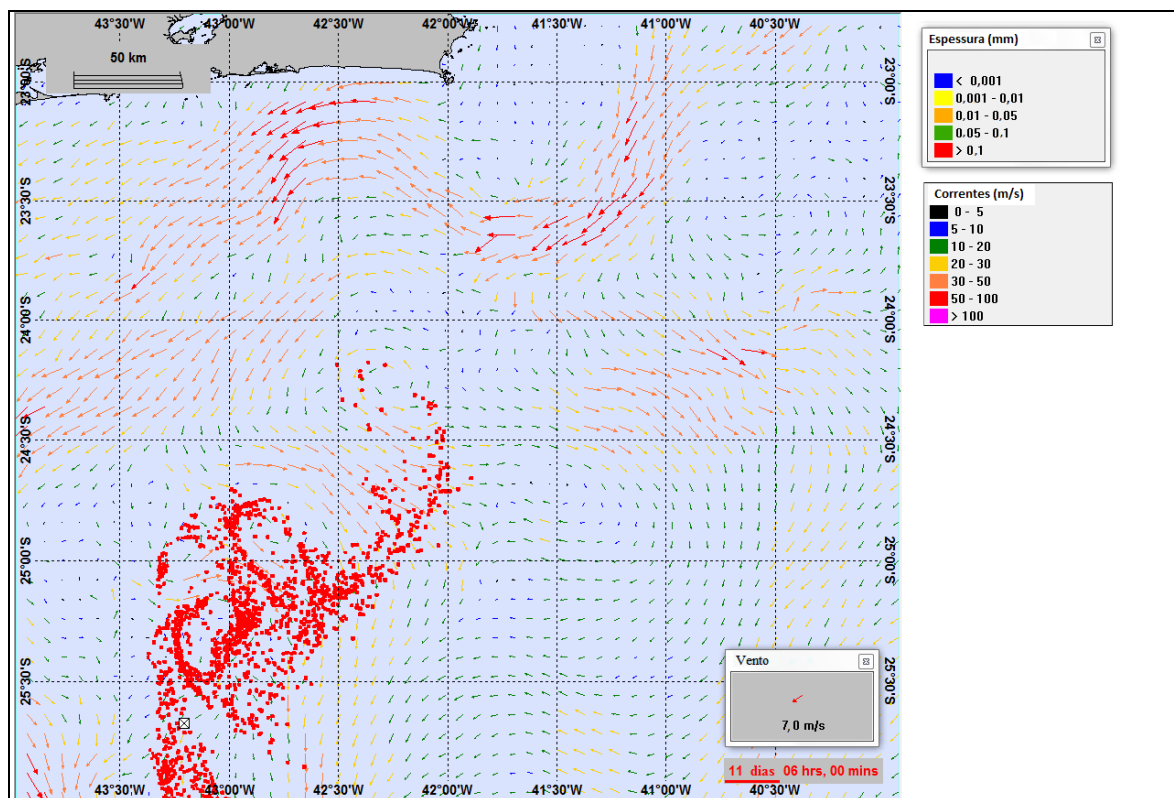


Figura III-41 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S-SW; Vento-NE.

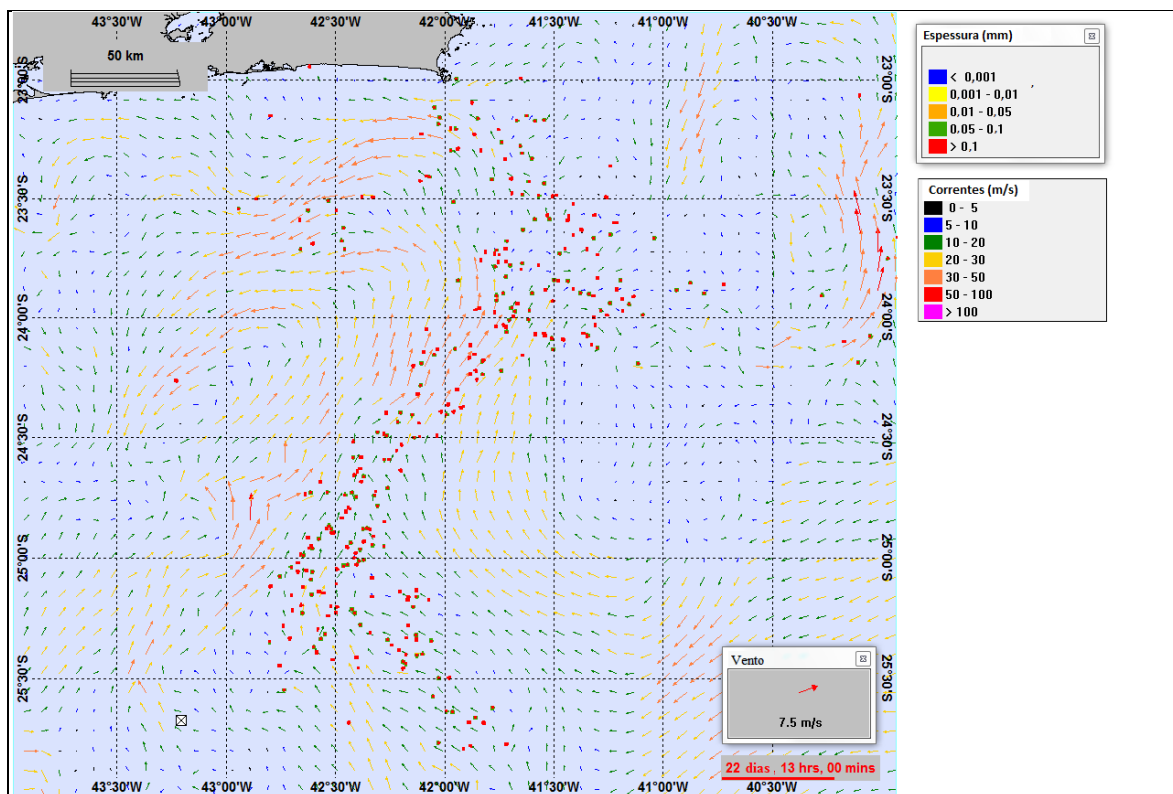


Figura III-42 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NE; Vento-WSW.

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 na região de estudo. Observou-se que a direção predominantes do vento mostra-se de NE seguido por ENE em ambos os períodos simulados. Com relação às direções da corrente superficial, período de janeiro a maio observa-se um padrão bimodal, sendo as direções mais frequentes para SSW e para NNE. Já no período de junho a outubro a direção predominante da corrente é para N, seguida por NNE e NNW.

Para estas condições (ventos e correntes mais frequentes) foram elaborados os cenários determinísticos cujo instante inicial corresponde a uma condição mais frequente em cada período. A Tabela III-9 apresenta um resumo dos cenários determinísticos das condições meteo-oceanográficas mais frequentes.

Tabela III-9 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	MENOR DISTANCIA COM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D	19/08/2004 - 00:00 h	149,05	Ilha do Cabo Frio – RJ
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D	06/03/2004 - 13:00 h	146,41	Ilhabela – SP
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D	19/08/2004 - 00:00 h	71,84	Ilha de Cabo Frio - RJ
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D	06/03/2004 - 13:00 h	58,84	Ilhabela - SP
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D	19/08/2004 - 00:00 h	53,39	Ilha do Cabo Frio – RJ
DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D	06/03/2004 - 13:00 h	49,60	Ilhabela – SP

Os resultados gráficos apresentados, a seguir, seguem o mesmo padrão adotado nos cenários determinísticos críticos, onde são apresentadas duas figuras. A primeira figura apresenta os contornos de espessura no instante de menor distância do óleo da costa (representada pela escala de cores indicada nas legendas) e a área varrida pela mancha ao longo do período 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 segunda figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água). Adicionalmente, são apresentadas figuras com as condições meteorológicas e oceanográficas atuantes nos cenários determinísticos mais frequentes de pior caso.

Conforme mencionado anteriormente na introdução, não apresentados os gráficos de espessura e viscosidade em função do novo modelo de óleo adotado (OSCAR), sendo que a apresentação destes resultados está em avaliação de formato.

III.3.1 Simulações Determinísticas Mais Frequentes - Volume Pequeno

As Figuras III-43 a 46 apresentam os resultados determinísticos mais frequentes para os derrames com volume pequeno (8 m^3). Os gráficos de balanço de massa mostram que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água.

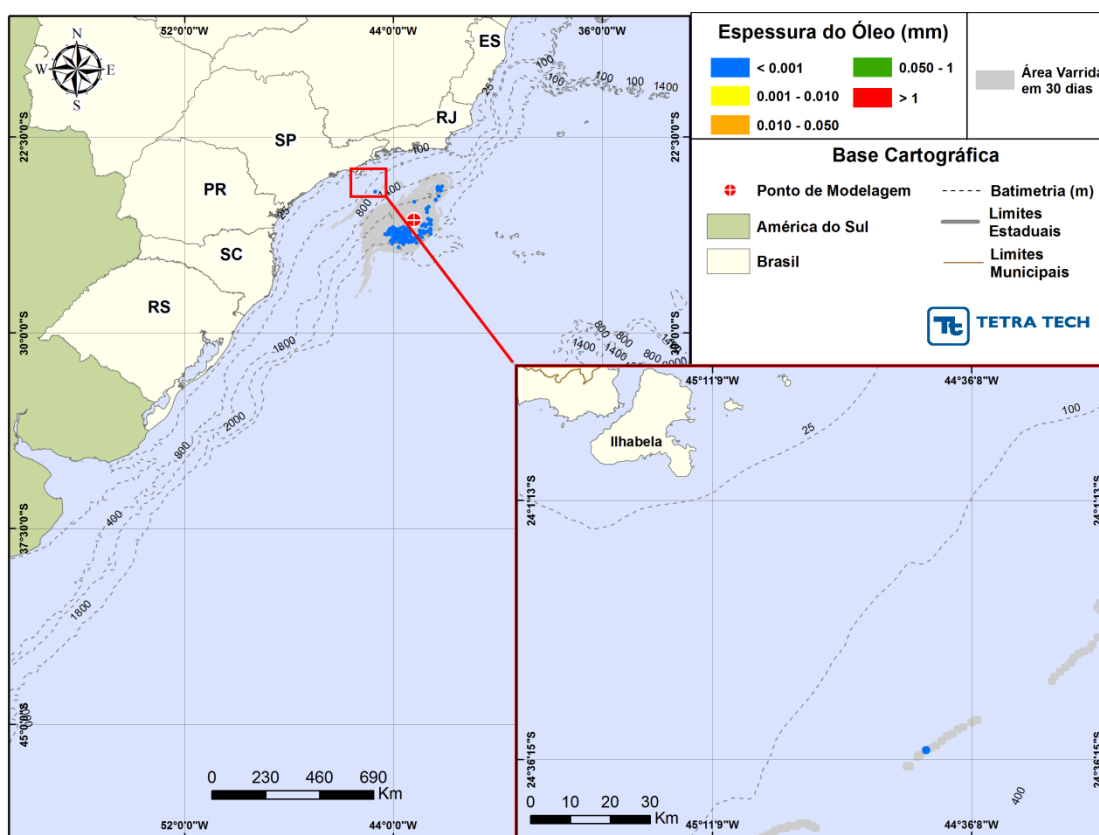


Figura III-43 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.

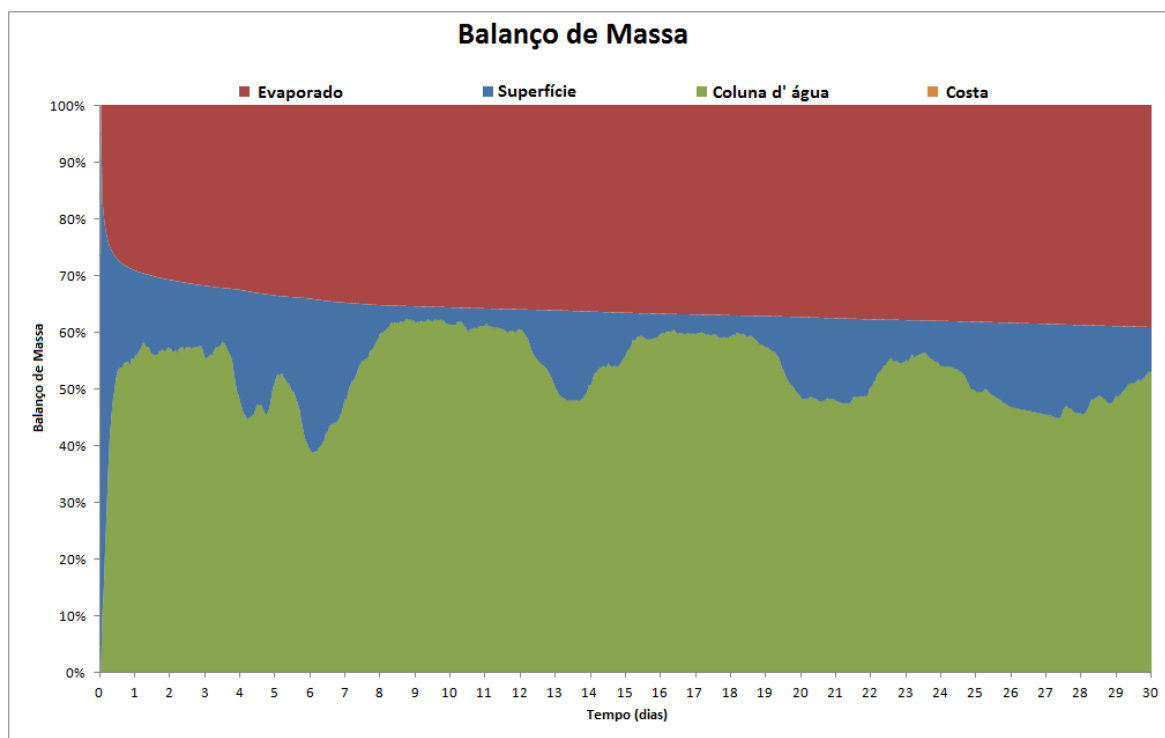


Figura III-44 - Balanco de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.

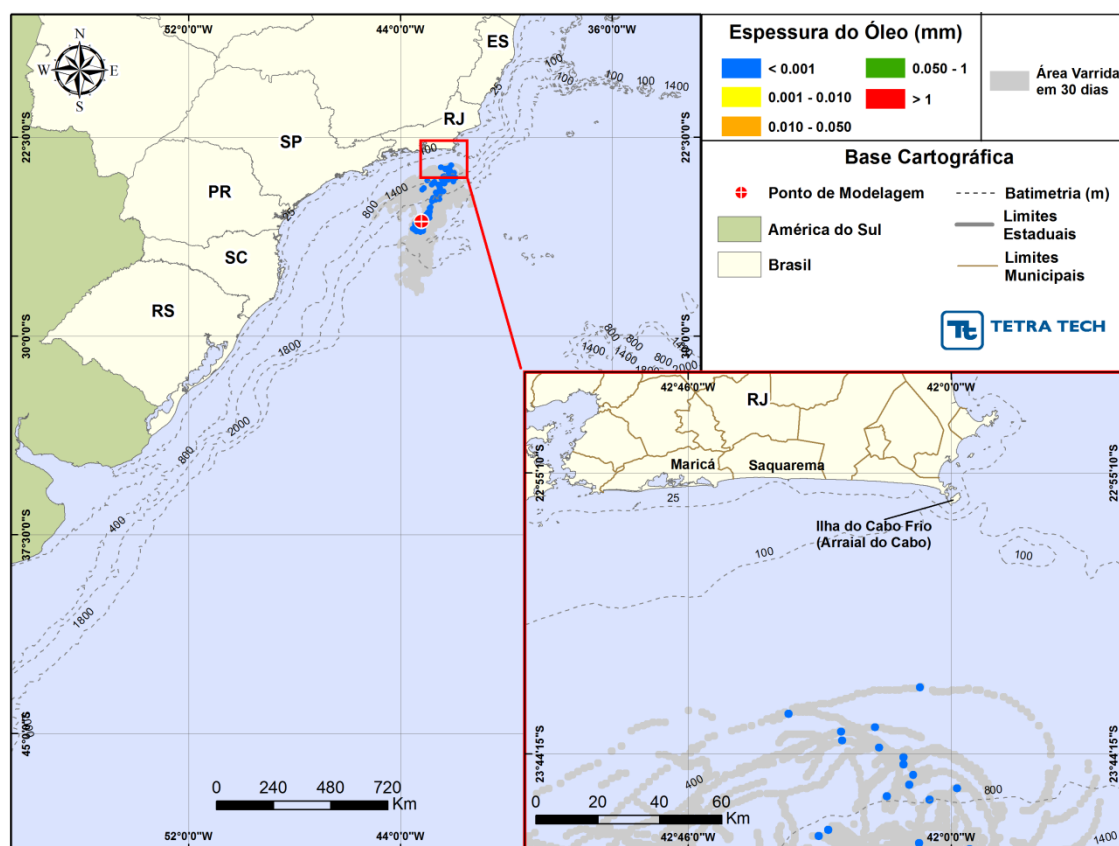


Figura III-45 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.

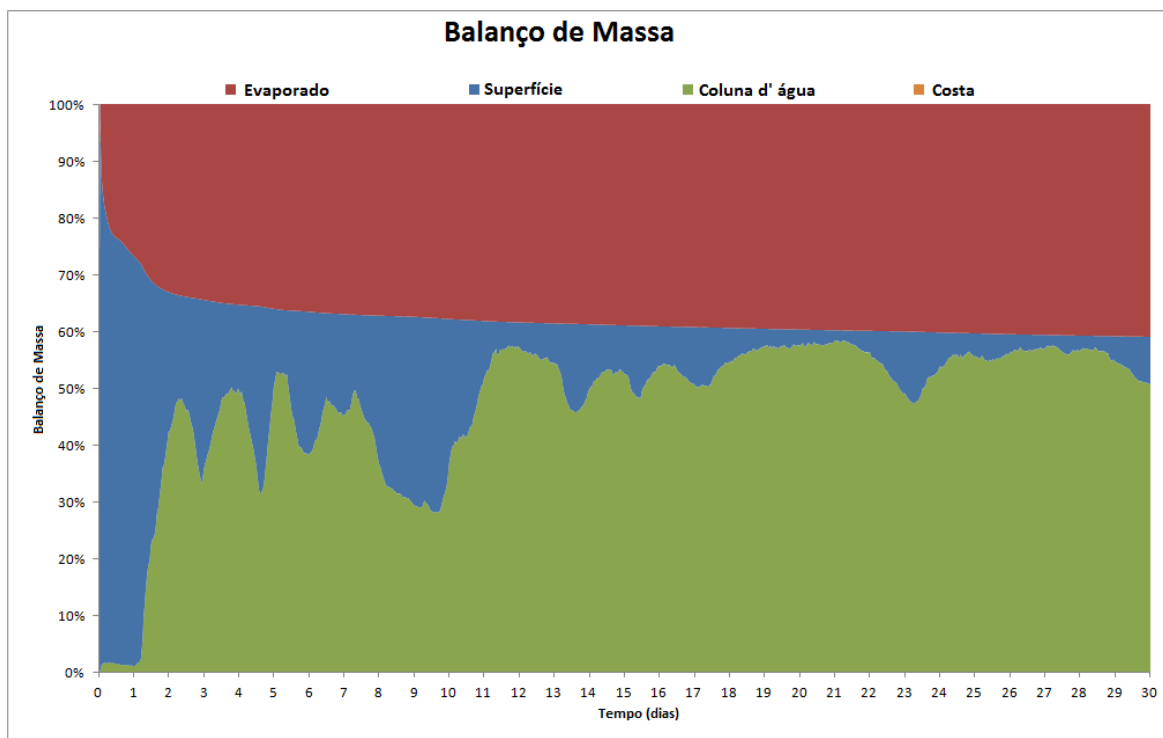


Figura III-46 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.

III.3.2 Simulações Determinísticas Mais Frequentes - Volume Médio

As Figuras III-47 a III-50 apresentam os resultados determinísticos mais frequentes para os derrames com volume médio (200 m³). Os gráficos de balanço de massa mostram que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água.

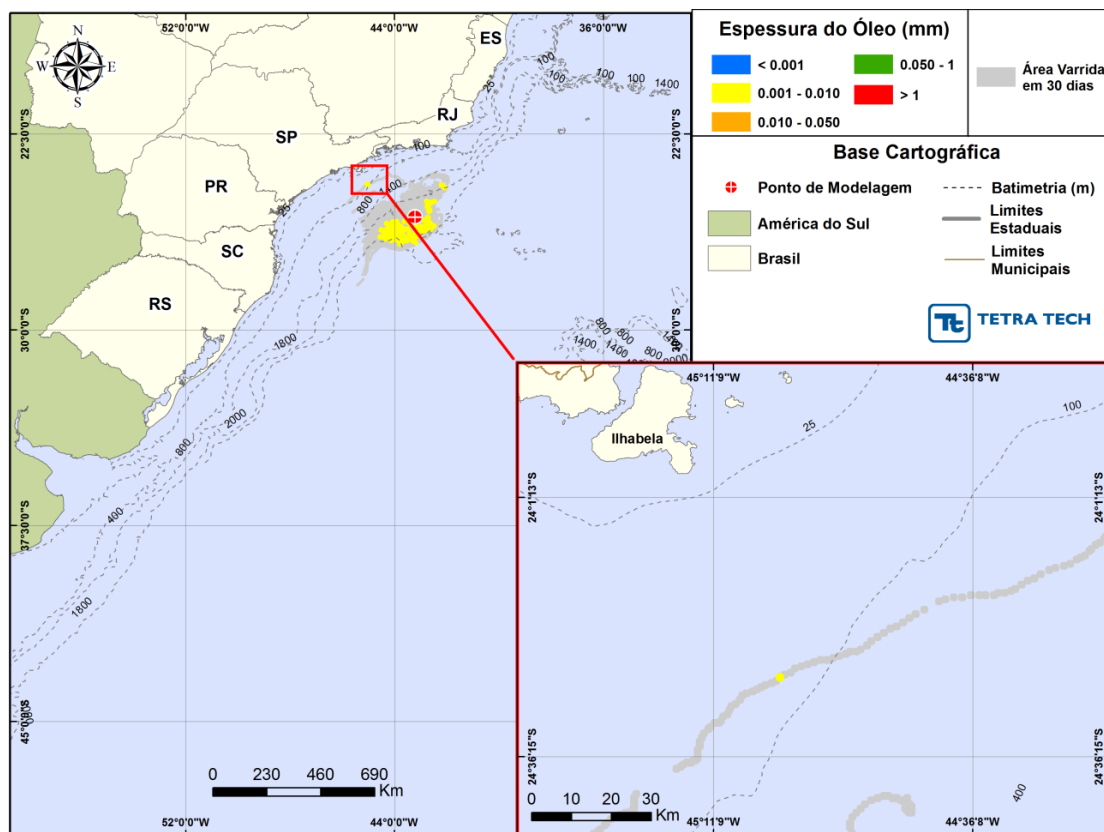


Figura III-47 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.

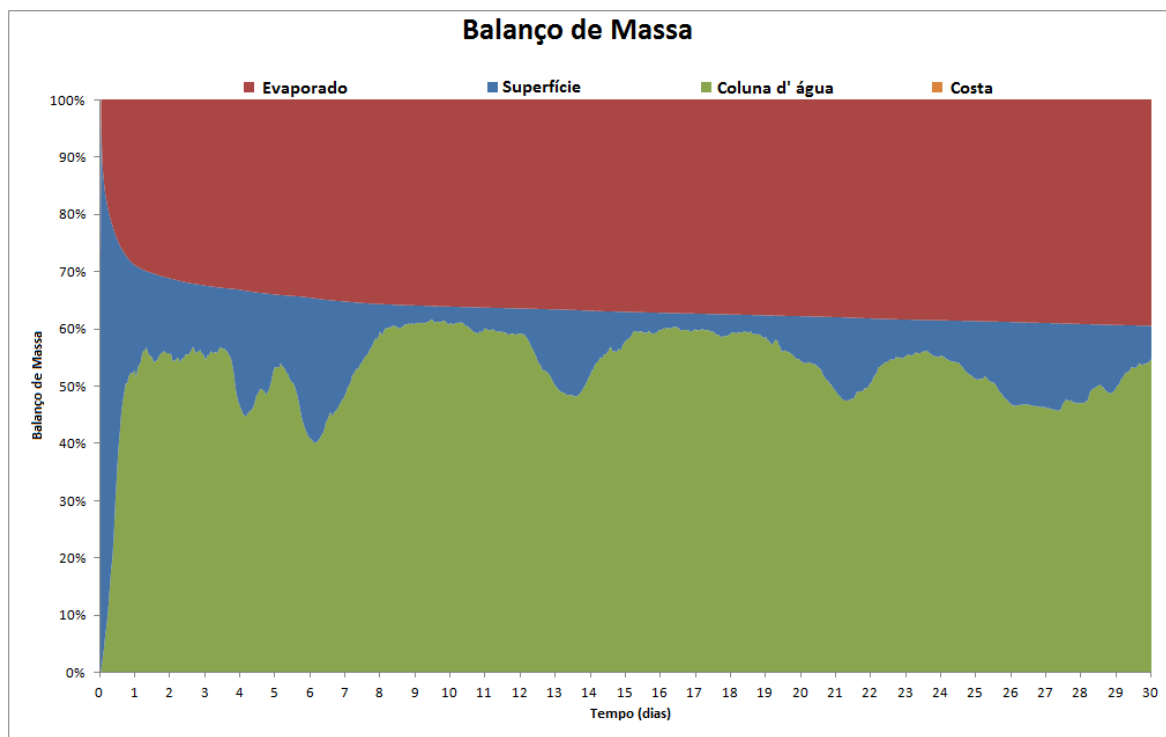


Figura III-48 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.

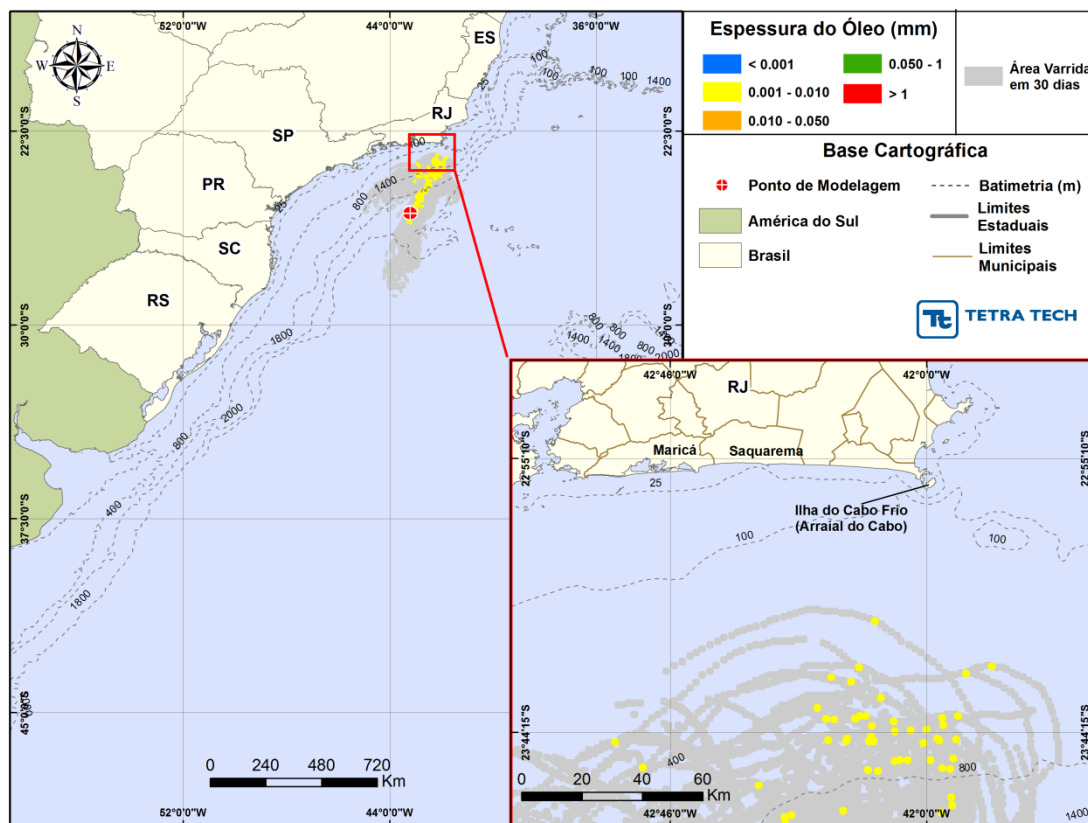


Figura III-49 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.

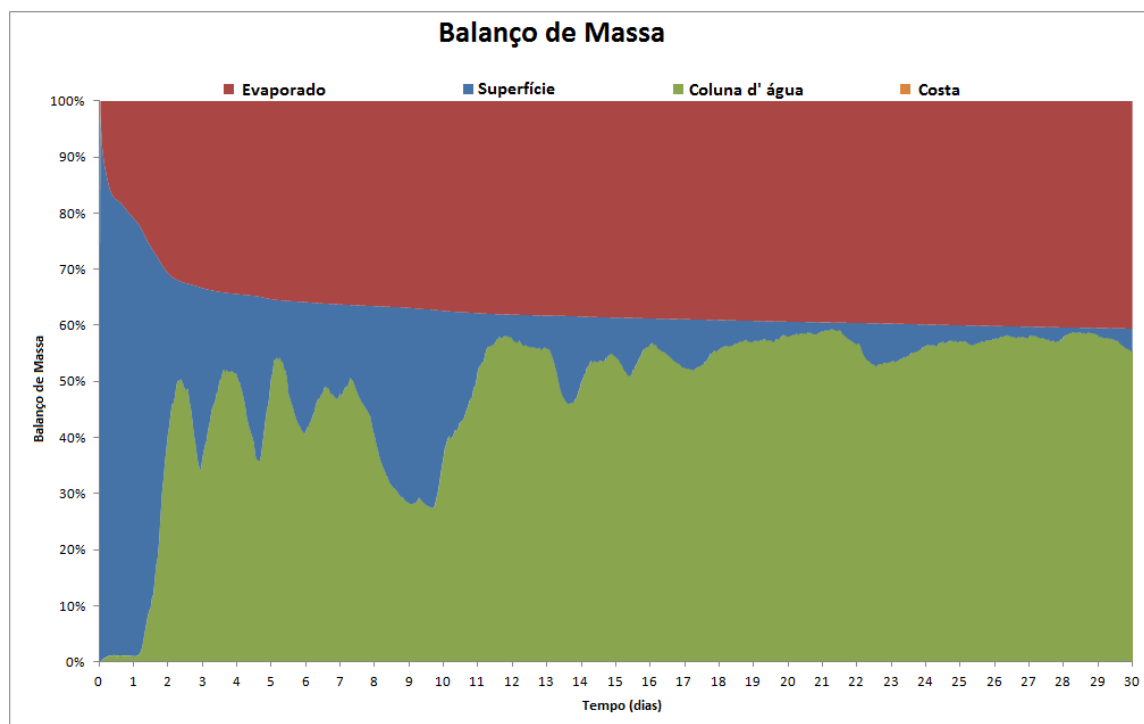


Figura III-50 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.

III.3.3 Simulações Determinísticas Mais Frequentes - Volume Pior Caso

As Figuras III-51 a III-54 apresentam os resultados determinísticos mais frequentes para os derrames com volume de pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$). Os gráficos de balanço de massa mostram que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água.

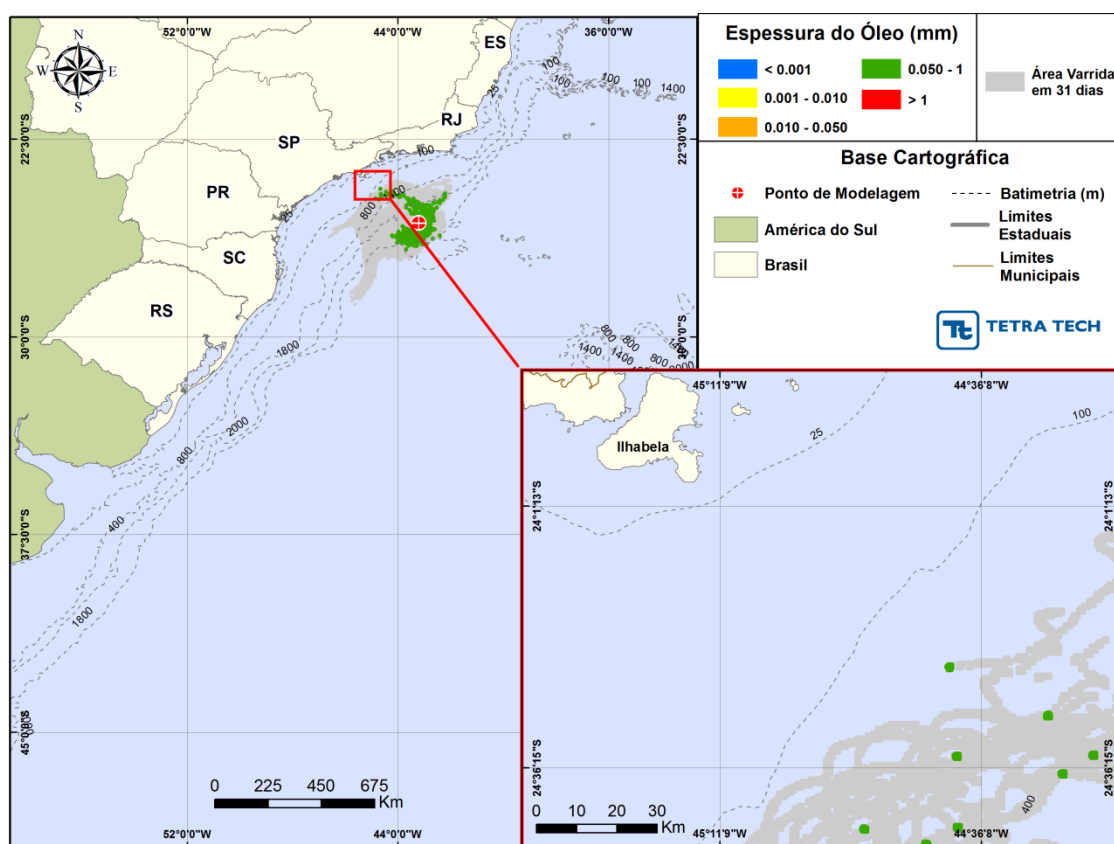


Figura III-51 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de $420.323,0 \text{ m}^3$ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.

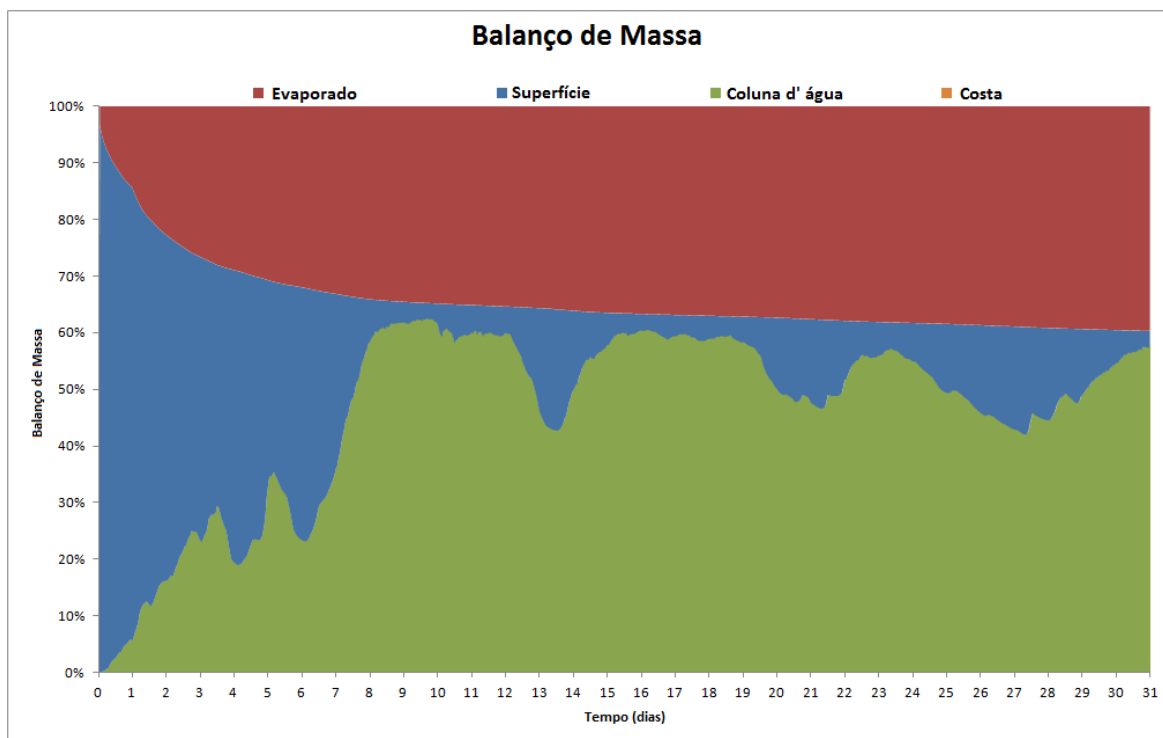


Figura III-52 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.

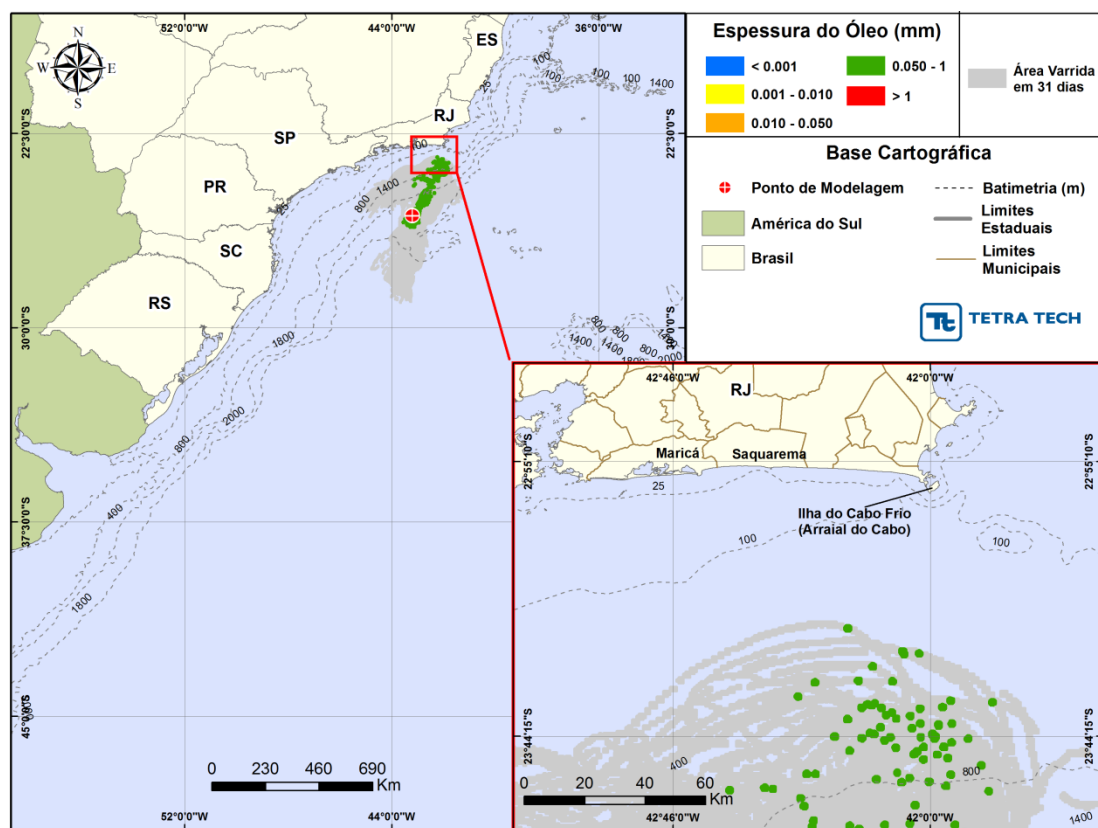


Figura III-53 - DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

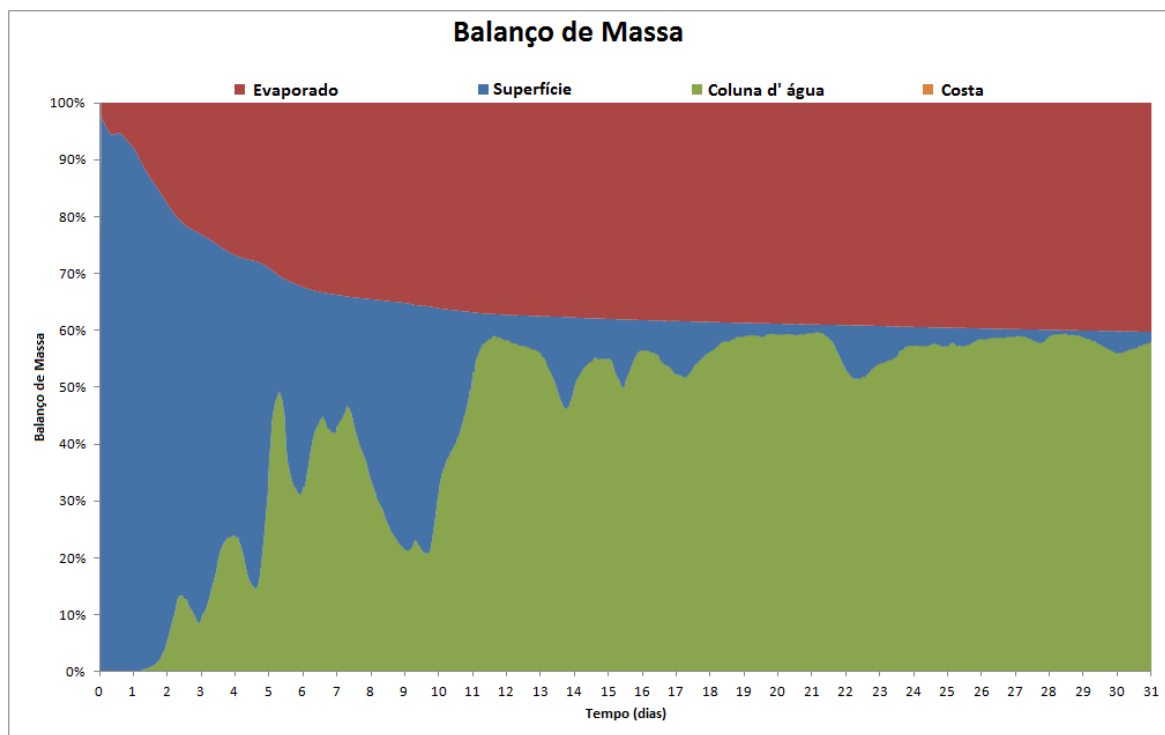


Figura III-54 - Balanço de massa do cenário DET_FREQ_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.

III.3.4 Condições Meteorológicas e Oceanográficas - Simulações Determinísticas Mais Frequentes

A seguir, são apresentadas figuras das condições meteorológicas e oceanográficas que atuam nos cenários determinísticos mais frequentes e que propiciaram a menor distância do óleo em relação à costa para ambos os períodos simulados (volume de pior caso).

Da Figura III-55 a Figura III-57 são apresentadas ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de pior caso (afundamento de unidade) no período de janeiro a maio. Nestas figuras a mancha é apresentada a partir do início do derrame até o instante de maior proximidade da costa.

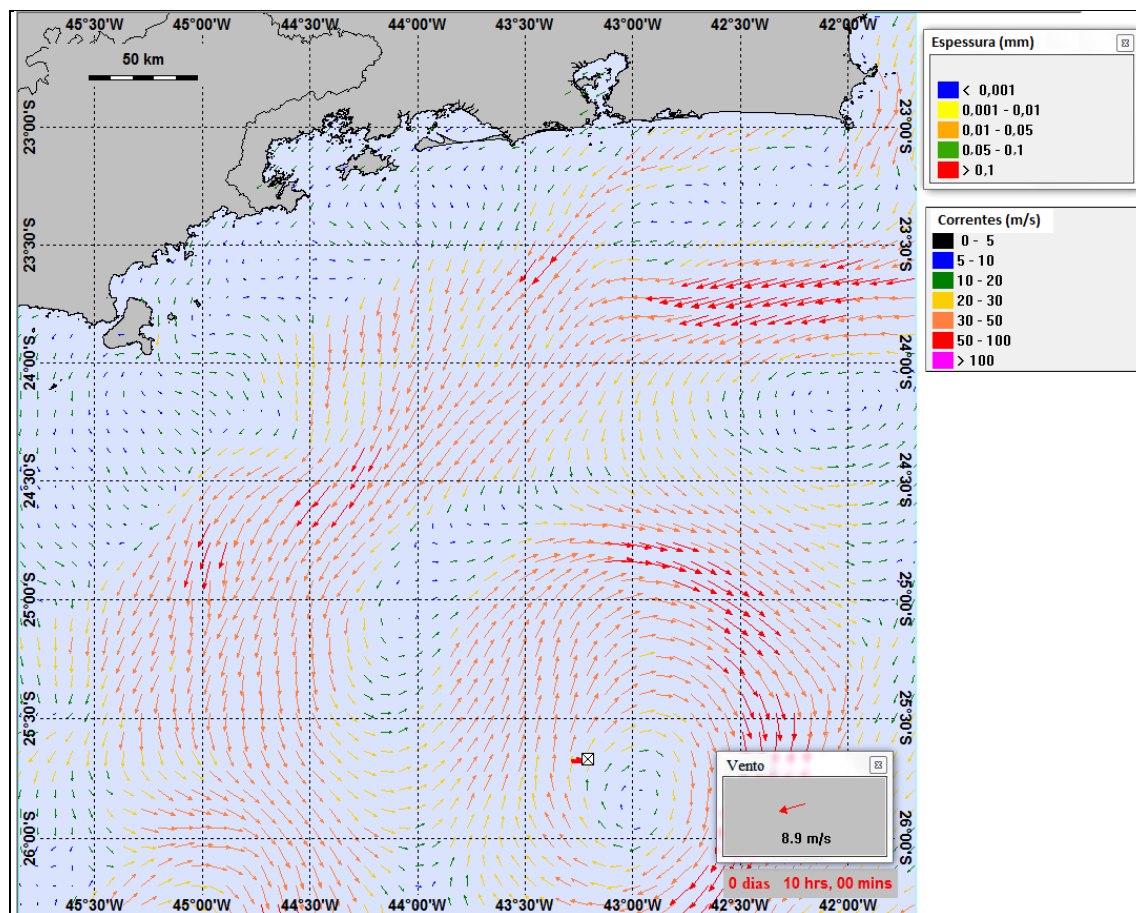


Figura III-55 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-NNW; Vento-ENE.

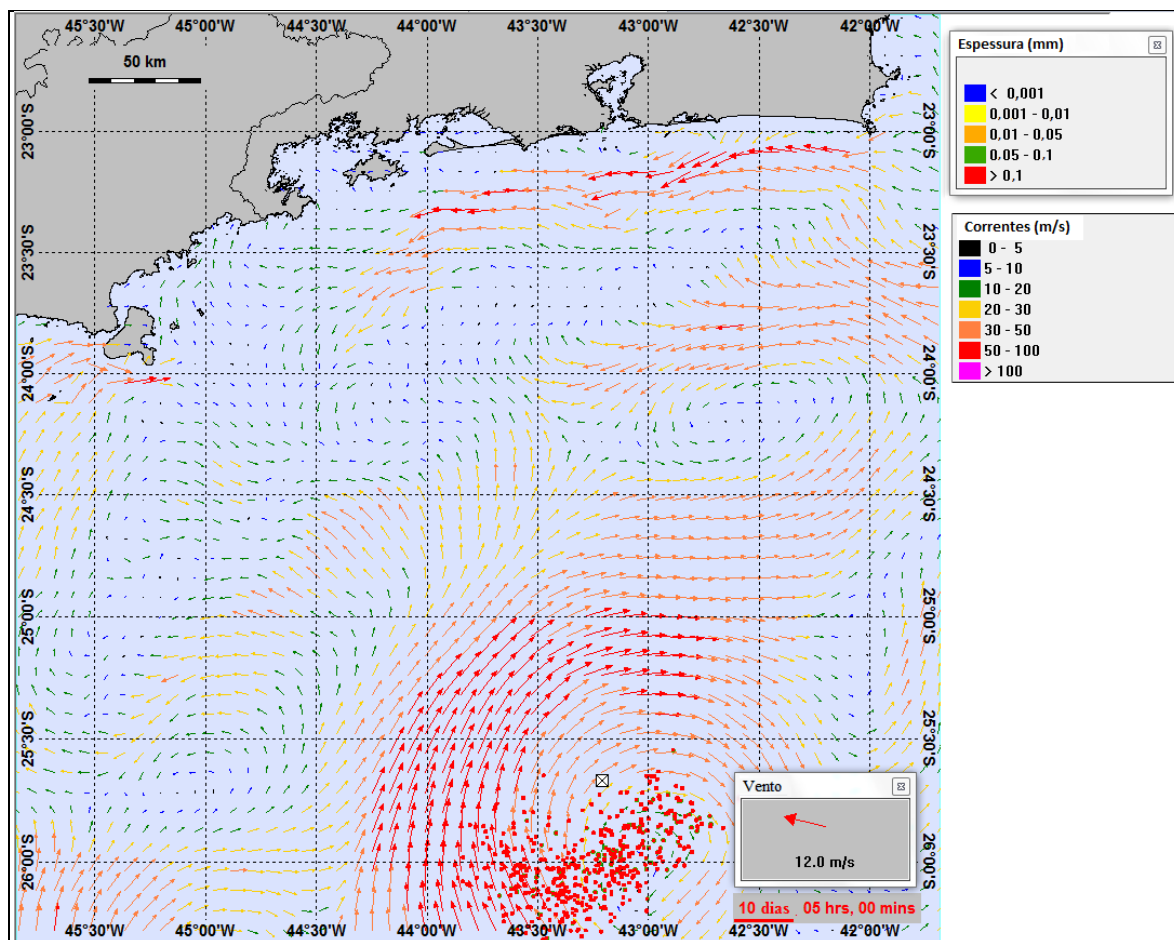


Figura III-56 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW/NE; Vento-SE.

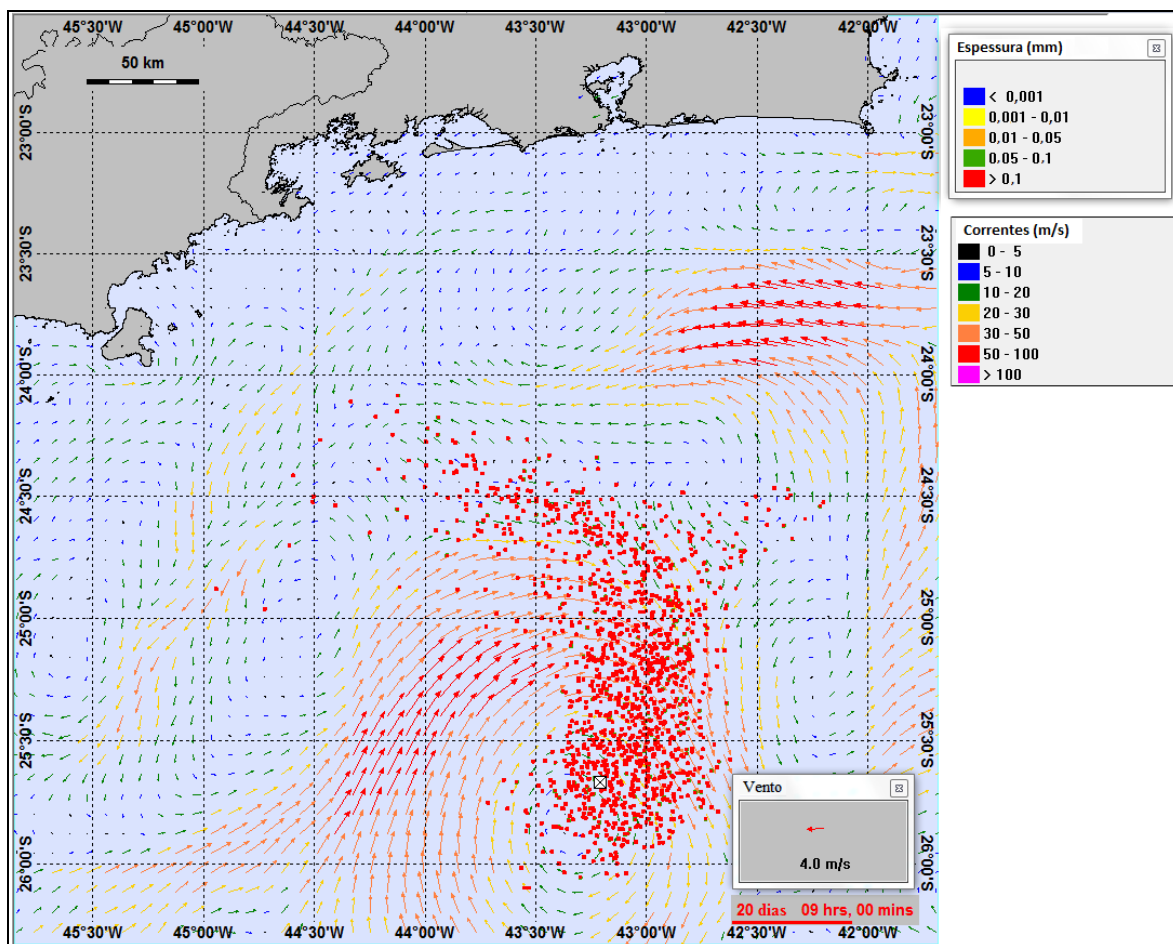


Figura III-57 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante do primeiro toque de óleo na costa da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de janeiro a maio. Direção Predominante: Corrente-SW/NE; Vento-E.

Da Figura III-58 a Figura III-60 são apresentadas ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de pior caso (afundamento de unidade) no período de junho a outubro. Nestas figuras a mancha é apresentada a partir do início do derrame até o instante de maior proximidade da costa.

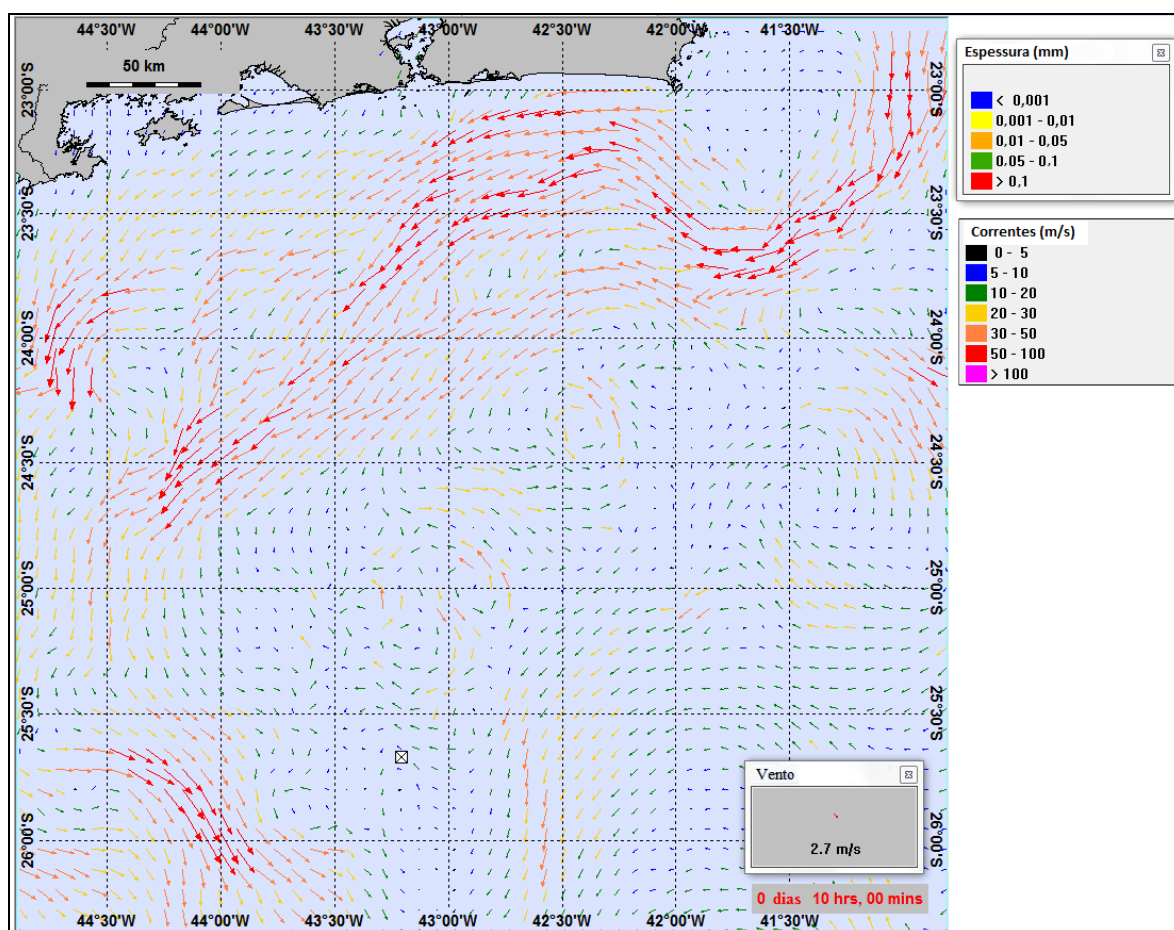


Figura III-58 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-NW/S; Vento-NW.

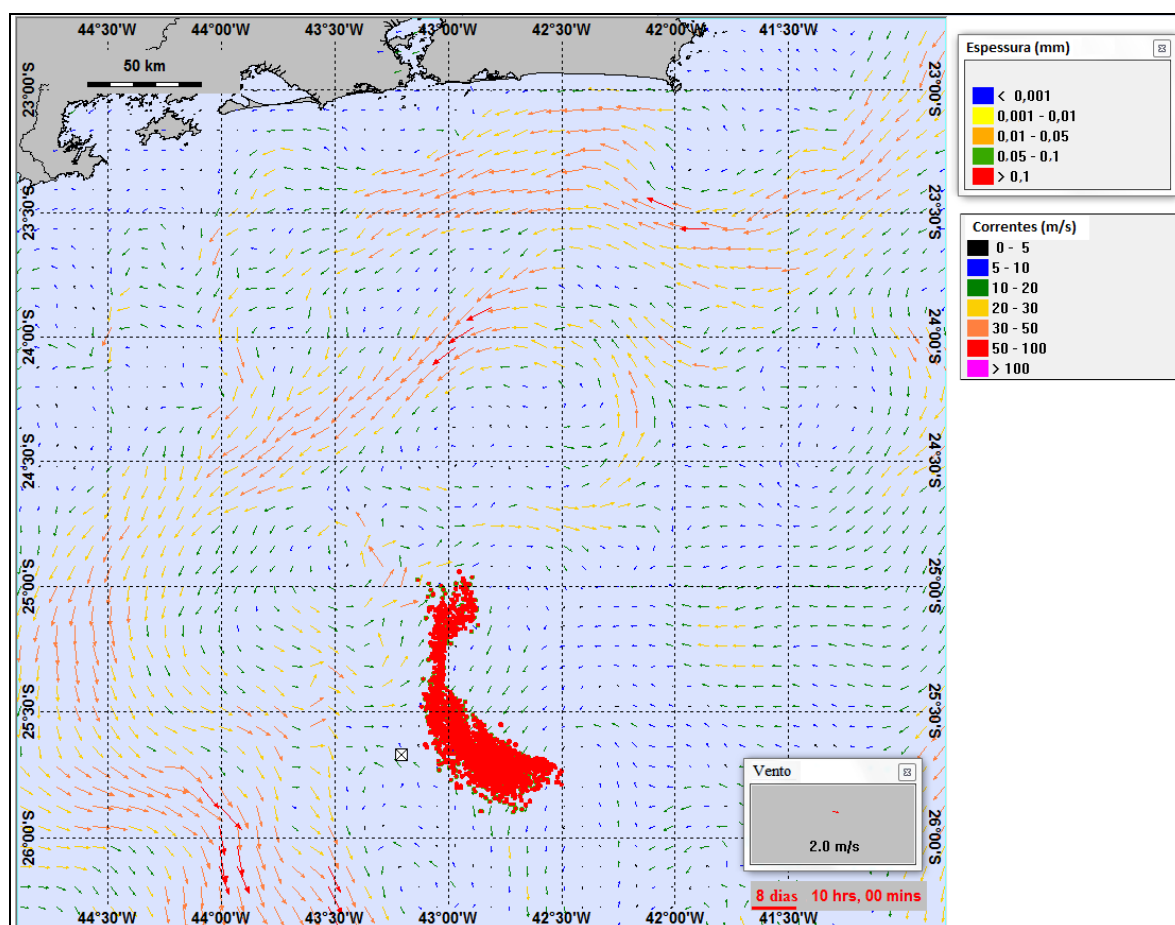


Figura III-59 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S-SW; Vento-W.

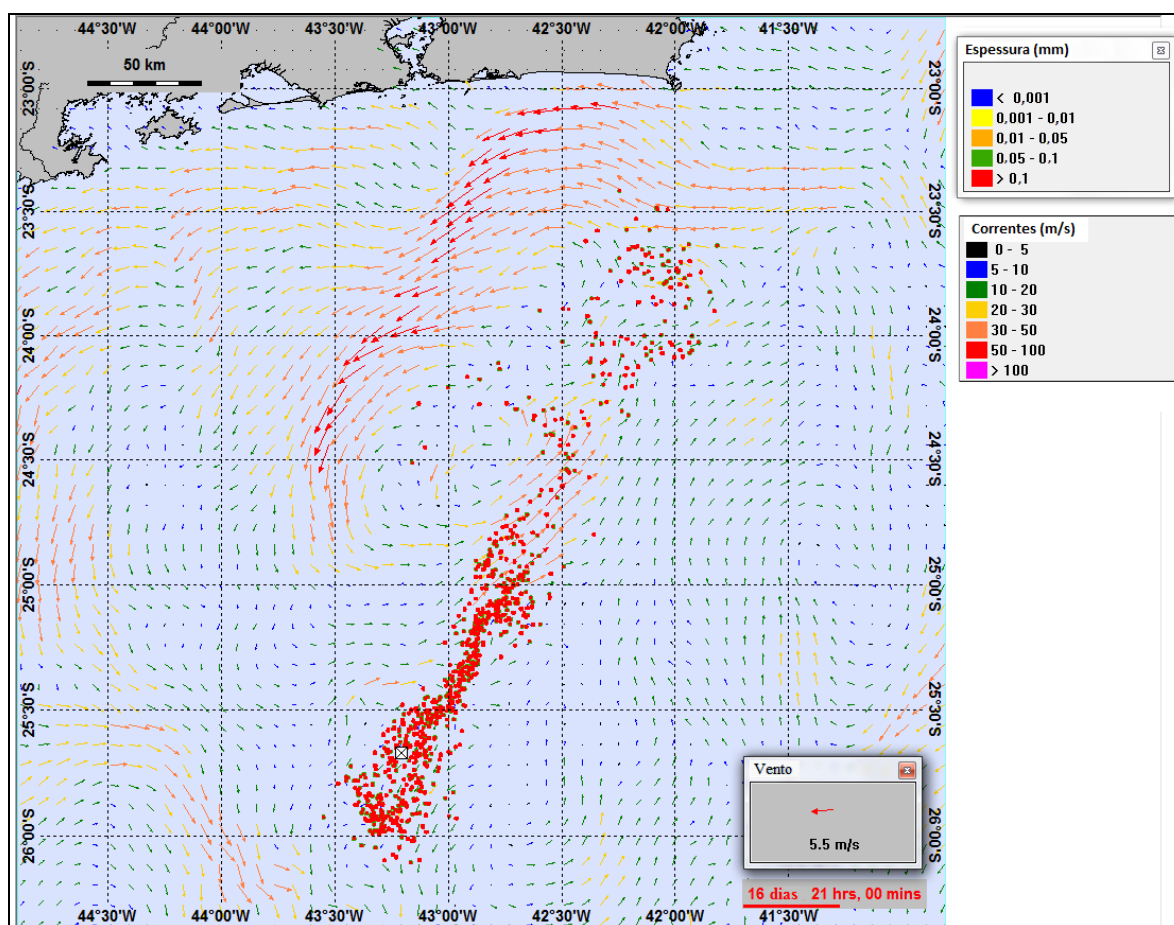


Figura III-60 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística mais frequente de pior caso (afundamento de unidade), no período de junho a outubro. Direção Predominante: Corrente-S/NE; Vento-E.

III.4 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS DE MAIOR MASSA NA COSTA

A análise dos resultados das simulações probabilísticas realizadas permitiu identificar os cenários determinísticos que propiciaram a chegada do maior volume (ou massa) de óleo à costa.

A Tabela III-10 apresenta um resumo dos cenários determinísticos de maior massa. Verifica-se que o maior volume final na costa foi de 13.030,01 m³ para o cenário de janeiro a maio, com derrame de volume de pior caso.

Tabela III-10 - Resumo dos cenários determinísticos de maior massa/volume na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO QUE CHEGA À COSTA (m3)
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D	01/01/2004 – 08:00h	536	Ilha Moleques do Sul – Florianópolis - SC	0,14
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D	08/08/2004 – 11:00h	645	Arraial do Cabo - RJ	0,02
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D	01/01/2004 – 05:00h	537	Ilha do Badojo – Florianópolis - SC	3,20
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D	07/08/2004 – 03:00h	604	Maricá - RJ	0,40
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D	06/04/2004 – 06:00h	674	Ilha Moleques do Sul – Florianópolis - SC	13.030,01
DET_CRIT_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D	06/08/2004 – 23:00h	598	Maricá - RJ	756,58

Os resultados das simulações determinísticas de maior massa/volume são apresentados na forma de duas figuras. A primeira apresenta a massa total de óleo na costa e a área varrida pela mancha ao longo de toda a 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 massa.

A segunda figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água) para as simulações determinísticas de maior massa na costa. Ressalta-se que, quando o volume final de óleo na costa é muito pequeno, não é possível visualizar a % nos balanços de massa.

Conforme mencionado anteriormente na introdução, não apresentados os gráficos de espessura e viscosidade em função do novo modelo de óleo adotado (OSCAR), sendo que a apresentação destes resultados está em avaliação de formato.

III.4.1 Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa - Volume Pequeno

As Figuras III-61 a III-64 apresentam os resultados determinísticos de maior massa na costa para os derrames com volume pequeno (8 m^3). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

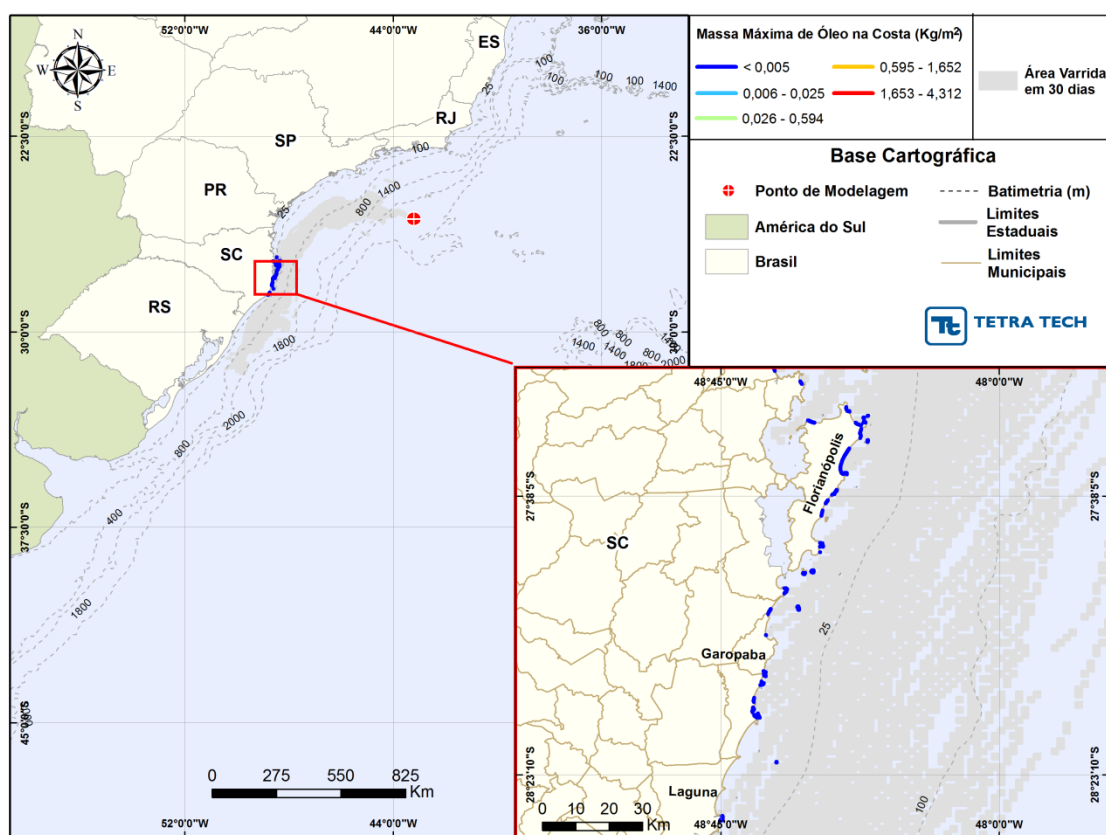
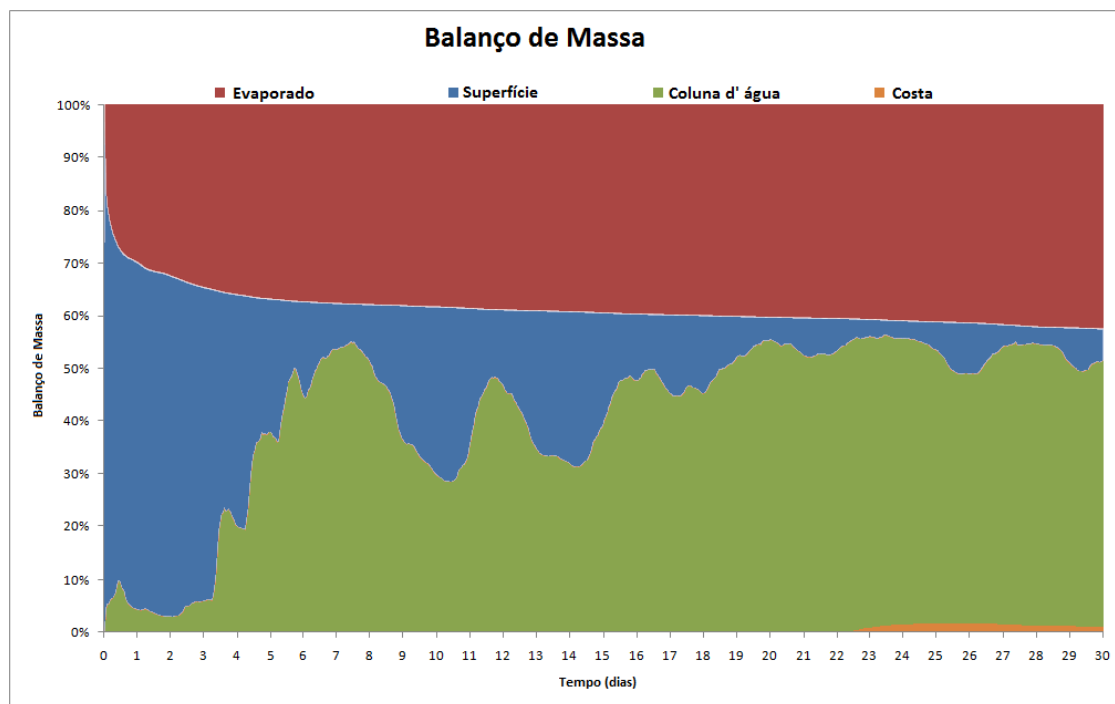


Figura III-61 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de janeiro a maio.



**Figura III-62 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_8_30D.**

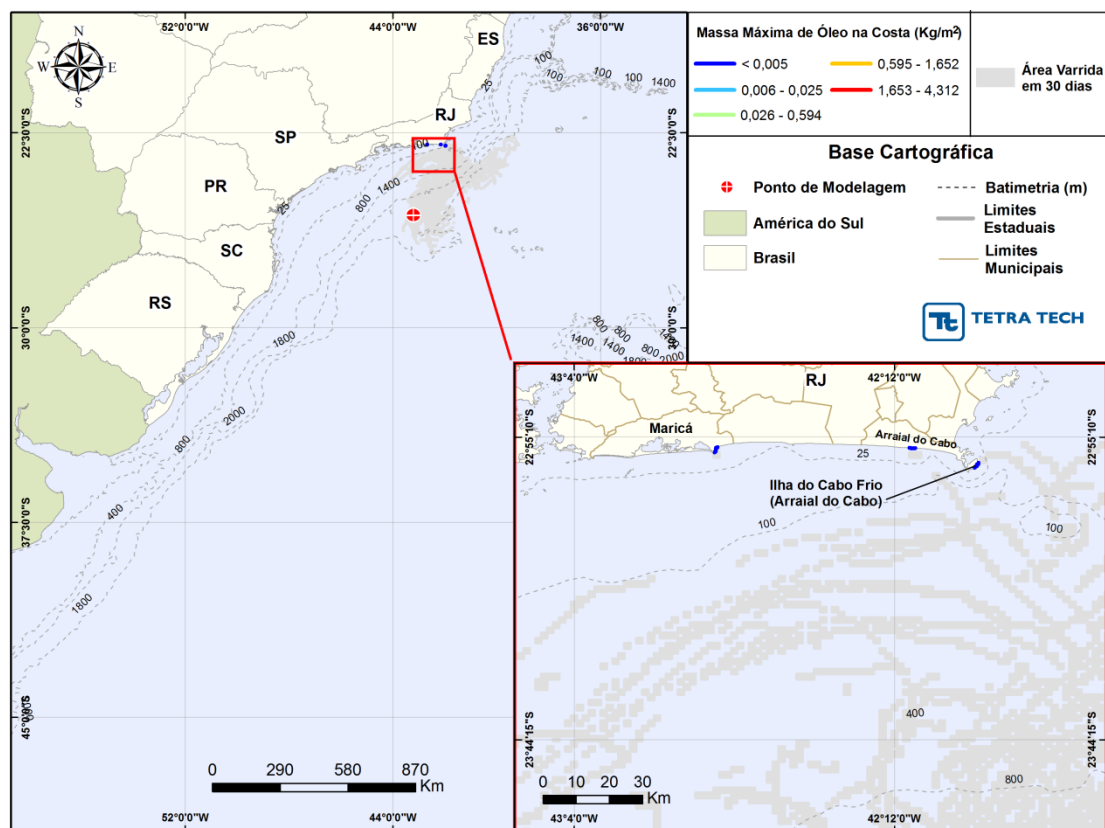


Figura III-63 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias), ocorrido durante os meses de junho a outubro.

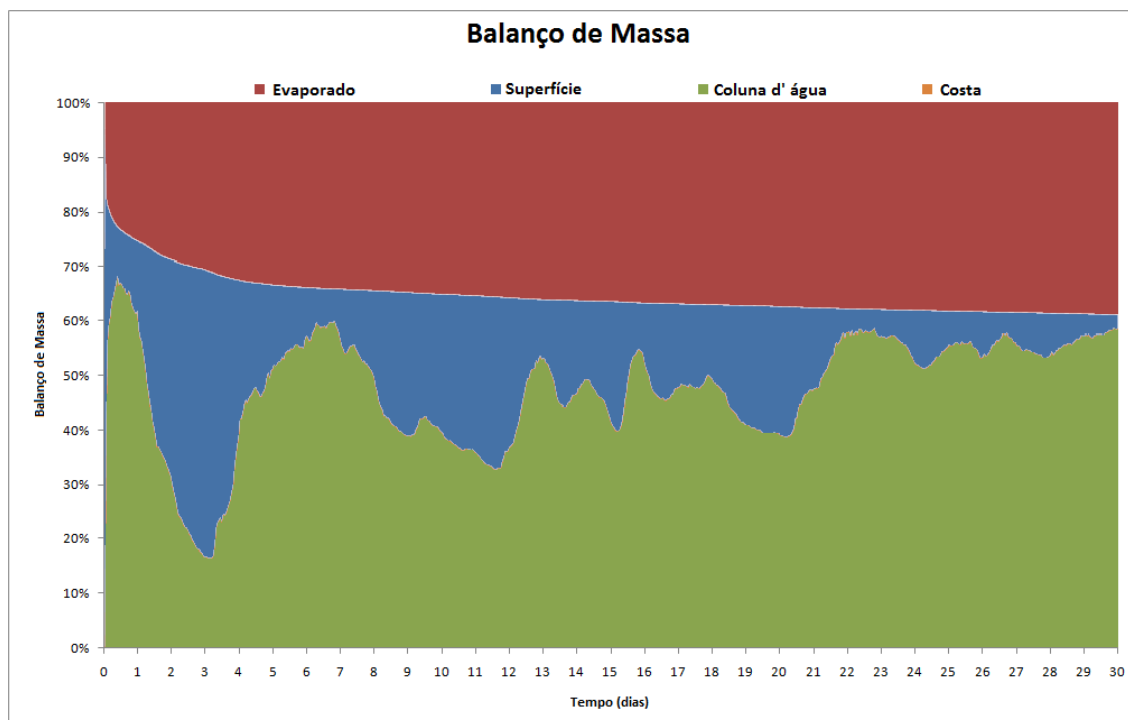


Figura III-64 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_8_30D.

III.4.2 Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa - Volume Médio

Da Figura III-29 a Figura III-32 são apresentados os resultados determinísticos de maior massa na costa para os derrames com volume médio (200 m³). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que, assim como para o volume pequeno, a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

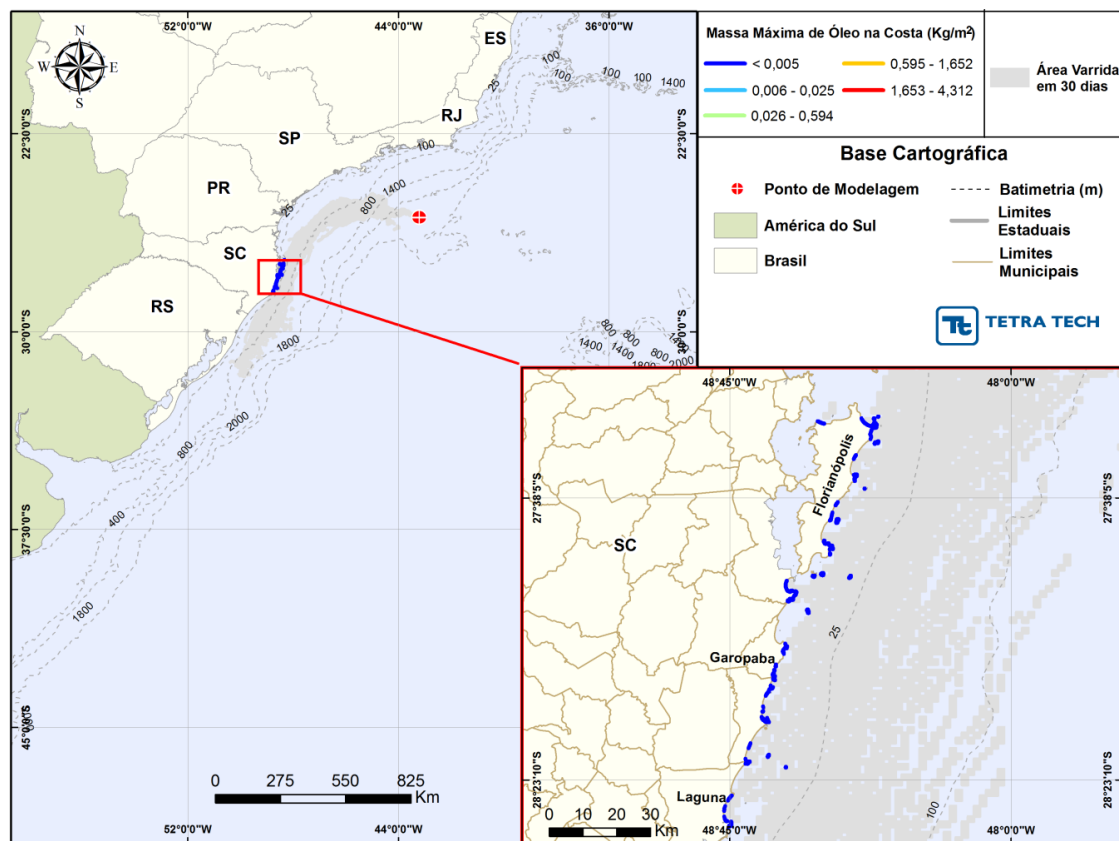


Figura III-65 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de $200,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses janeiro a maio.

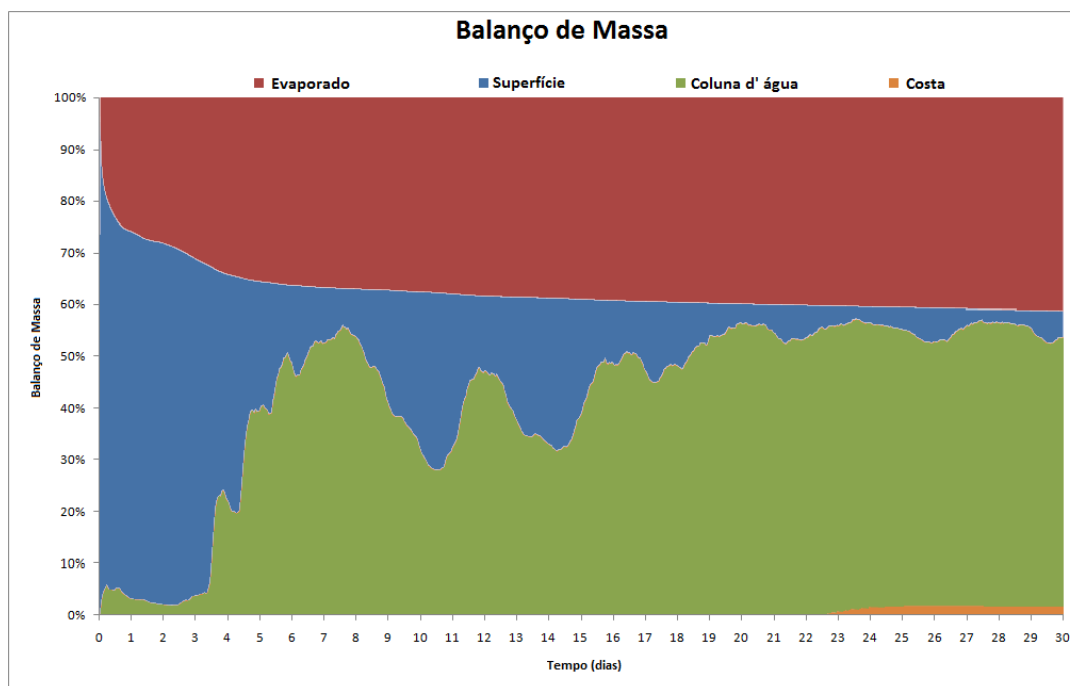


Figura III-66 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_200_30D.

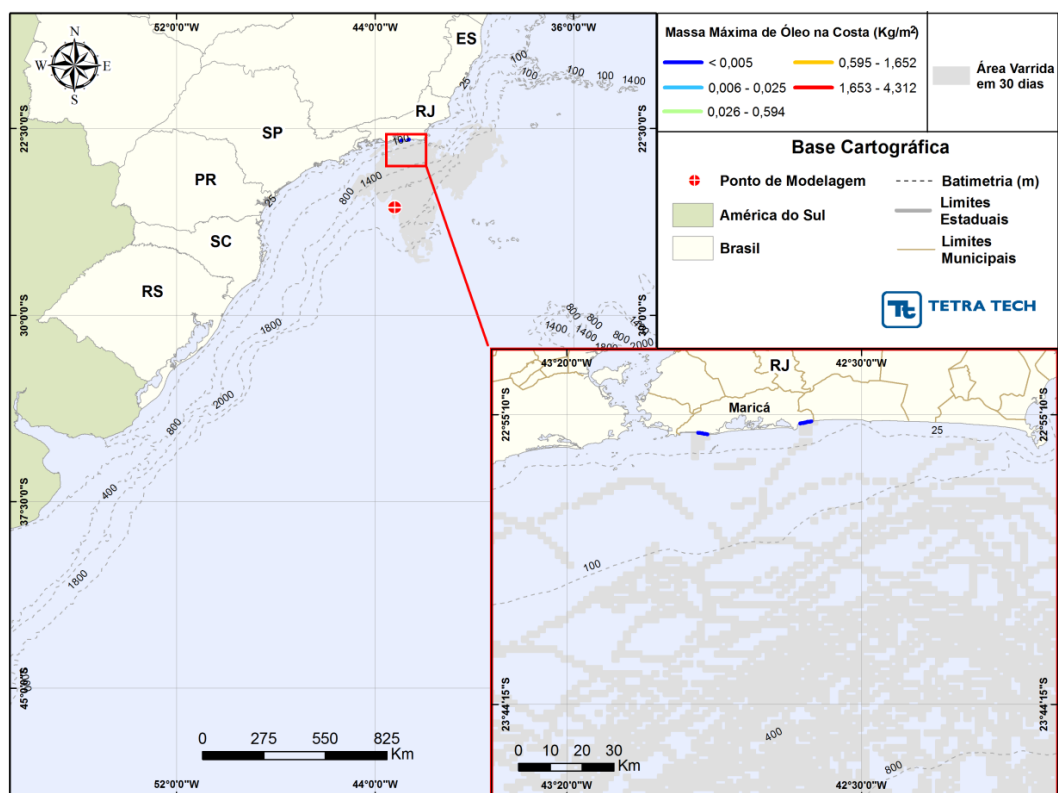


Figura III-67 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante os meses junho a outubro.

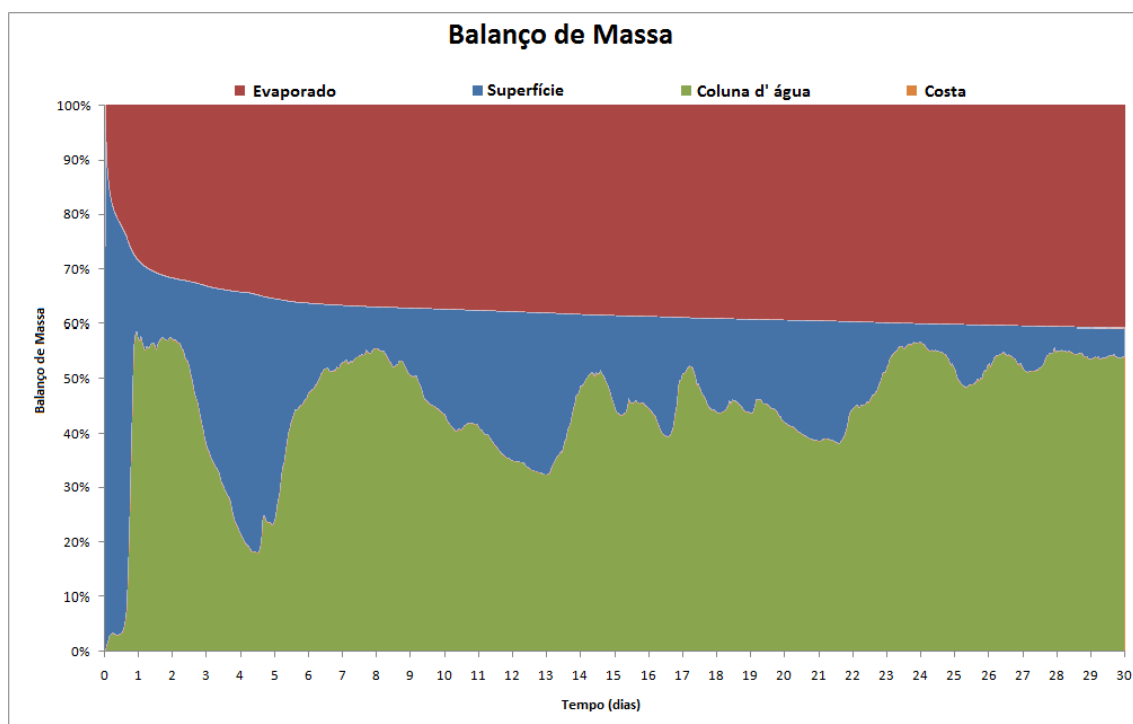


Figura III-68 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_200_30D.

III.4.3 Simulações Determinísticas de Maior Massa na Costa - Volume Pior Caso

Da Figura III-33 a Figura III-36 são apresentados os resultados determinísticos de maior massa na costa para os derrames com volume de pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$). Analisando os gráficos de balanço de massa destas simulações, observa-se que, assim como para o volume pequeno, a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, equivalente a mais de 90% da massa original do óleo.

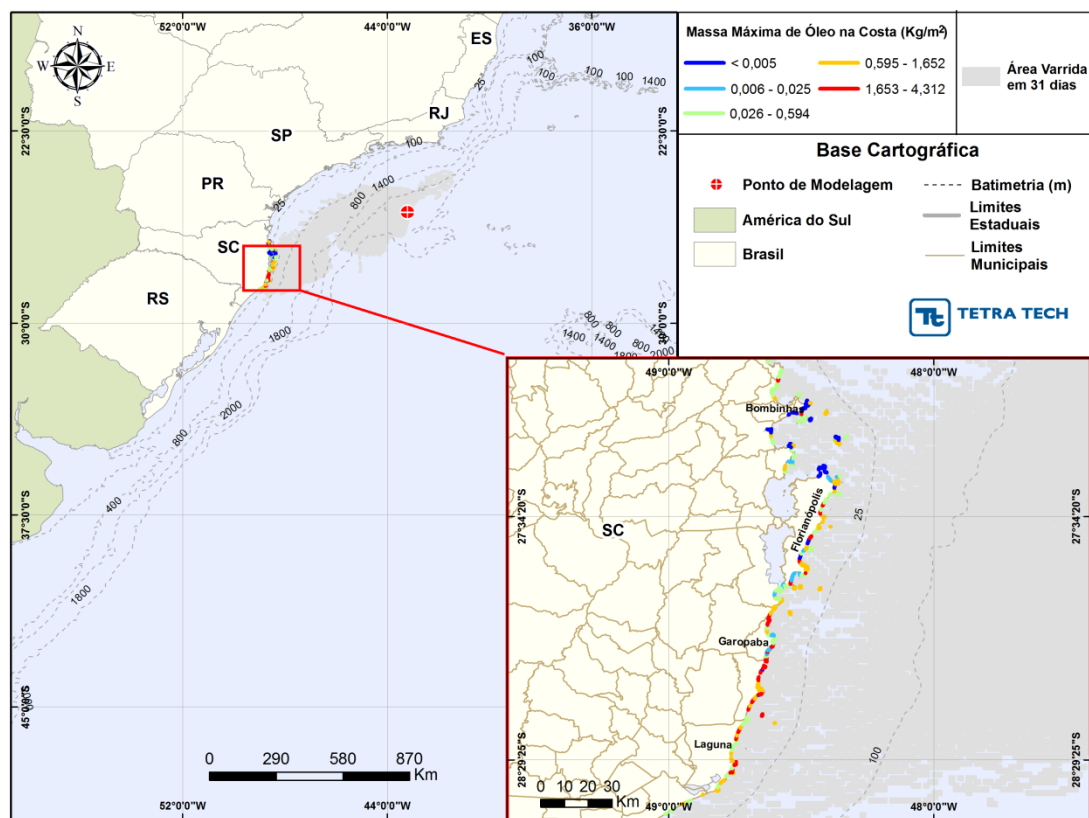
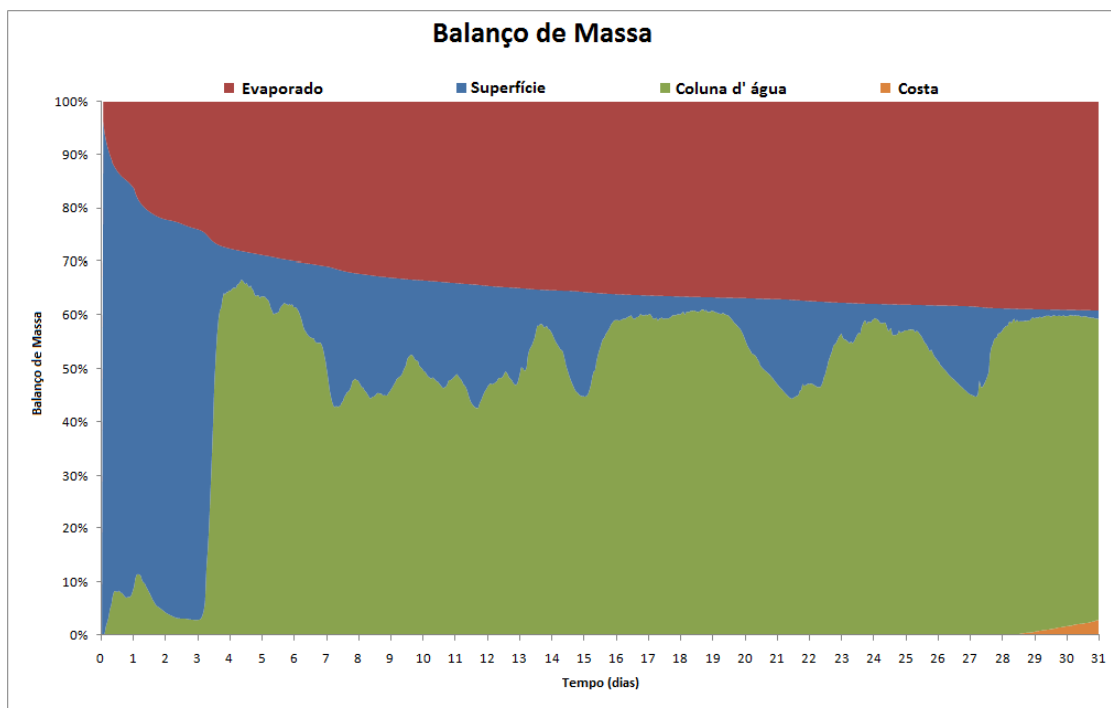


Figura III-69 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de $420.323,0 \text{ m}^3$ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) corrido durante o verão.



**Figura III-70 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JFMAM_PC_31D.**

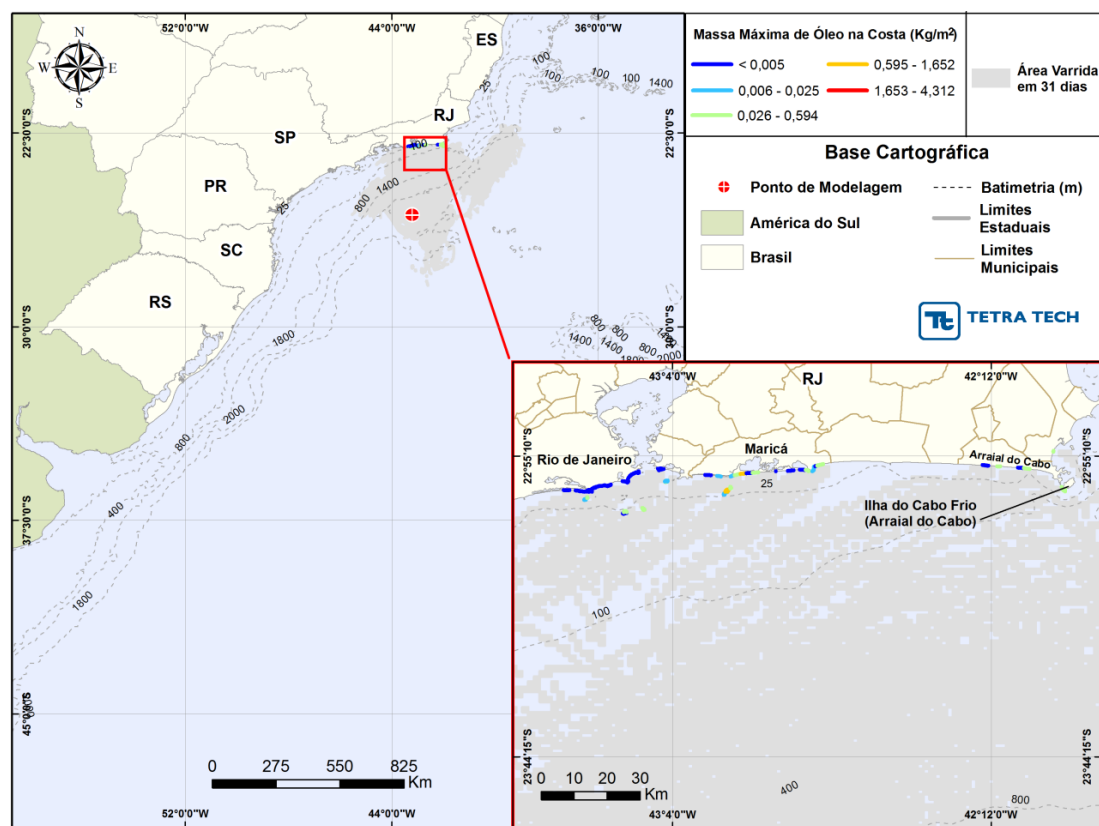


Figura III-71 - DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D. Cenário determinístico de maior massa na costa para um derrame de 420.323,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

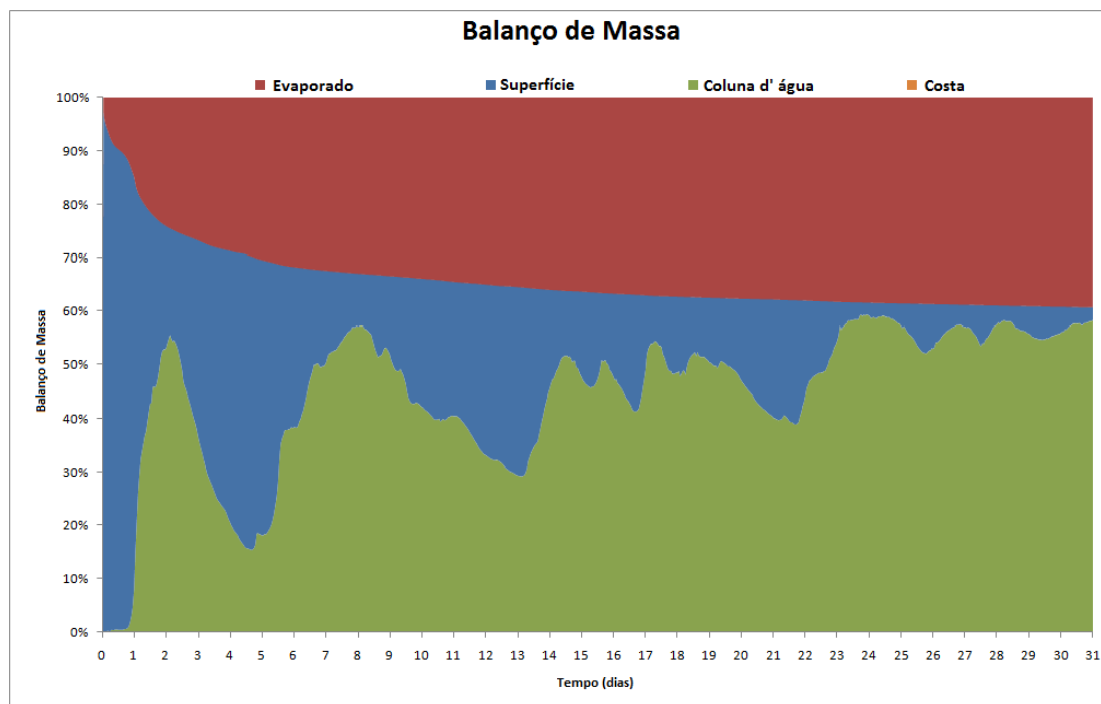


Figura III-72 - Balanço de massa do cenário
DET_MASSA_FPSO_ILHABELA_JJASO_PC_31D.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório são apresentados os estudos realizados para a determinação da trajetória e intemperismo de óleo decorrente de potenciais acidentes com derrame de petróleo a partir do FPSO Cidade de Ilhabela, localizado na Bacia de Santos.

Foram simulados cenários probabilísticos e determinísticos de derrames de óleo, considerando: 1) três volumes de derrame: pequeno (8 m^3), médio (200 m^3) e pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$) calculado de acordo com a Resolução do CONAMA nº 398/08 (BRASIL, 2008) e derramado por 24 horas; 2) dois períodos sazonais de 5 meses; e 3) características do óleo que ocorre na região.

Em atendimento às solicitações feitas pelo CGPEG/IBAMA nos Pareceres Técnicos nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15, foram conduzidas simulações probabilísticas para dois períodos sazonais de 5 meses (janeiro a maio e junho outubro). Ainda em atendimento aos Pareceres Técnicos acima citados, foram realizadas 1.000 simulações para cada cenário probabilístico.

O critério de parada utilizado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento. Dessa forma, para as simulações de derrame pequeno e médio a duração foi de 30 dias e para as simulações de afundamento de unidade (derrame ao longo de 24 horas) foi de 31 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 toque do óleo na costa. Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes bem como aquelas associadas aos cenários que propiciaram a chegada da maior massa de óleo à costa.

O sistema de modelos OSCAR foi utilizado para definir a área potencialmente ameaçada por derramamentos de óleo. Este modelo foi selecionado de forma a viabilizar as solicitações do CGPEG/IBAMA (Pareceres Técnicos nº 000190/2014, 02022.000373/2014-61 e 02022.000409/2014-15) para a realização de simulações por um período mais longo, utilizando um maior número de simulações para cada cenário probabilístico e um maior número de partículas.

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). Já o campo de ventos foi baseado em dados de reanálise do NCEP/NCAR.

Os resultados mostraram que existe probabilidade de toque na costa em todos os cenários simulados.

No período de janeiro a maio, o volume pequeno (8 m^3) apresentou um tempo de toque de 535 horas (primeiro toque na Ilha Moleques do Sul, em Florianópolis – SC) e extensão total de 428,25 km. Para o volume médio (200 m^3) o menor tempo de toque foi de 531 horas, em Florianópolis, e extensão total de 453,51 km e para o volume de pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$) o menor tempo foi de 515 horas (primeiro toque na Ilha Moleques do Norte, em Florianópolis – SC) e extensão total de 765,55 km.

No período de junho a outubro, o volume pequeno (8 m^3) apresentou um tempo de toque de 587 horas e extensão total de 25,23 km. Para o volume médio (200 m^3) o menor tempo de toque foi de 583 horas e extensão total de 50,65 km, enquanto para o volume de pior caso ($420.323,0 \text{ m}^3$) o menor tempo foi de 541 horas e extensão total de 131,25 km. Todos os cenários apresentaram o instante de primeiro toque na costa no Município de Maricá (RJ).

Os resultados das simulações dos cenários determinísticos mostraram que a evaporação e o entranhamento são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água, retirando ao final da simulação mais de 90% do óleo derramado.

Nos cenários determinísticos para as condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes observou-se que não houve toque na costa em ambos os períodos simulados.

As simulações determinísticas de maior massa mostraram que o maior volume final de óleo na costa foi de $13.030,01 \text{ m}^3$ com derrame de volume de pior caso, durante o período de janeiro a maio.

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

V BIBLIOGRAFIA

BLECK, R.; HALLIWELL, G.R. Jr; WALLCRAFT, A.J.; CARROLL, S.N.; KELLY, K. & RUSHING, K., 2002. User's Manual. Details of the numerical code. Disponível em: <<http://hycom.org/hycom/documentation>>.

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 nº 02/2009/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.

KANAMITSU et al., 2002. NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). **Bulletin of the American Meteorological Society**, vol. 83(11), p. 1631-1643

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

TETRA TECH, 2013. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para a Determinação do Ano da Base Hidrodinâmica e Análise de Abrangência da Área Geográfica Bacia de Santos. Relatório Técnico, Revisão 02 (31 de outubro de 2013). 112pp+Anexo.

WALLCRAFT, A.J.; METZGER, E.J. & CARROLL, S.N., 2009. Software Design Description for the HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM) Version 2.2. Disponível em: <<http://hycom.org/hycom/documentation>>.

VI EQUIPE TÉCNICA

Equipe da Empresa Consultora Tetra Tech Consultoria Ltda.

Profissional	Ana Carolina R. Lammardo
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafa
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	Bruno António Duarte Passa
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6044350
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulo III
Assinatura	_____

Profissional	Bruno Monti Oliveira
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Graduando em Oceanografia
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6112607
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulo III
Assinatura	_____

Profissional	Eric Siciliano Rego
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Gestor Ambiental
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6146442
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Anexo B
Assinatura	_____

Profissional	Eduardo Yassuda
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Engenheiro Mecânico
Registro no Conselho de Classe	060.184.738.5 (CREA-SP)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	94066
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

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

Profissional	Glauco Matheus Lopes
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5077245
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	TODOS
Assinatura	_____

Profissional	Marco Antonio Corrêa
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Físico
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	Mariana Lino Gouvêa
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Meteorologista
Registro no Conselho de Classe	5069291950 (CREA-SP)
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5489811
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Item II.1.2 e Anexo B
Assinatura	_____

Profissional	Maurício Person Lammardo
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
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	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Oceanógrafo
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	Rafael T. di R. Soares da Costa
Empresa	Tetra Tech Consultoria Ltda.
Formação	Geocientista
Registro no Conselho de Classe	000.000.000-0
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	5680408
Responsável pelo(s) Capítulo(s)	Capítulo III
Assinatura	_____

ANEXO A – DESCRIÇÃO DO MODELO OSCAR

O modelo OSCAR (*Oil Spill Contingency and Response*) foi desenvolvido pela SINTEF (<http://www.sintef.no>) com a finalidade de dar suporte a Planos de Contingência e respaldo a tomada de decisões em casos de derrames de petróleo. As aplicações do OSCAR incluem:

- Estabelecimento de objetivos e critérios quantitativos para fins de regulação e gestão,
- Planos de contingência e treinamentos a derrames de óleo,
- Suporte a ações de resposta a derrames de óleo,
- Avaliação de alternativas de estratégias e logísticas de resposta a derrames de óleo,
- Risco Ambiental e avaliação de Impacto Ambiental,
- Avaliação Ambiental para o uso de dispersantes,
- Análise de custo-benefício e otimização para a compra e disposição de equipamentos,
- Avaliar alternativas de estratégias de resposta procurando aquela que trará menores impactos no ambiente (*Net Environmental Benefit Analysis - NEBA*).

Estas aplicações foram desenvolvidas para atendimento das necessidades da indústria do petróleo, com aplicações já em curso para instalações *offshore*, transporte petroleiro internacional, terminais e refinarias costeiras.

A.1 PREMISSAS

Os componentes principais do sistema são: um modelo de intemperismo do óleo da SINTEF (AAMO *et al.*, 1993; DALING *et al.*, 1990), um modelo tridimensional do destino químico e trajetória do óleo (REED *et al.*, 1995) um modelo de combate ao derramamento de óleo (AAMO *et al.*, 1995, 1996), e modelos de exposição a peixes, ictioplâncton, pássaros e mamíferos marinhos (DOWNING & REED, 1996).

O modelo de intemperismo do óleo e o modelo tridimensional de destino químico consideram o seu fracionamento e calculam a distribuição do poluente na superfície da água, ao longo da linha de costa, na coluna d'água e nos sedimentos²⁰. São empregados algoritmos de advecção, espalhamento, emulsificação, volatilização, dispersão, dissolução, adsorção e entranhamento.

O modelo de combate ao derramamento de óleo permite a simulação de cenários probabilísticos e determinísticos com uso de barreiras de contenção, recolhedores de óleo e dispersante químico. Existe, também, um modelo biológico de exposição a peixes, ictioplâncton, pássaros e mamíferos marinhos que mensura o impacto sobre cada grupo de organismos de acordo com a intensidade do derramamento²¹.

Com a finalidade de representar bem o óleo e seus produtos de degradação, o OSCAR combina um grande número de componentes individuais do óleo, pseudocomponentes e metabólitos. Este tipo de abordagem permite que as taxas dos processos de intemperismo sejam calculadas para cada componente, já que, por exemplo, diferentes componentes apresentarão taxas de evaporação ou degradação diferenciadas.

Com relação às previsões de intemperismo empregadas no OSCAR, diversos testes em campo foram realizados para verificar sua confiabilidade, evitando-se resultados irreais (DALING & BRANDVIK, 2001).

O OSCAR já foi aplicado na análise de estratégias de resposta tanto para plataformas de petróleo *offshore* (AAMO *et al.*, 1995; REED *et al.*, 1995) quanto para terminais costeiros (REED *et al.*, 1996). O modelo utiliza partículas lagrangeanas e “pseudo lagrangeanas” para determinar o transporte, o comportamento e os efeitos dos poluentes através de cálculos de sua distribuição temporal na superfície da água, na coluna d'água, nos sedimentos e ao longo da costa.

²⁰ Na modelagem em questão não foi estimada a interação do óleo com sedimentos, uma vez que não há dados medidos de material em suspensão para toda a área de influência. Além disso, como o modelo utiliza apenas um valor, sem variação espacial, não seria representativo de toda a área de influência, que engloba a região costeira de vários municípios no litoral brasileiro.

²¹ Este módulo não foi considerado na modelagem em questão.

O OSCAR emprega algoritmos de espalhamento superficial, advecção, entranhamento, emulsificação e evaporação para determinar o transporte e destino dos compostos. Os contaminantes no fundo são misturados no sedimento, e podem voltar à fase dissolvida na coluna d'água, enquanto que os próximos à superfície podem evaporar para a atmosfera. Na coluna d'água os poluentes sofrem uma turbulência horizontal, relacionada à idade das partículas, e uma turbulência vertical, que é função da profundidade local e da velocidade dos ventos. Além disto, o particionamento entre o dissolvido e adsorvido ao material particulado é calculado com base na teoria de equilíbrio linear. Já a degradação na água e nos sedimentos é representada como um processo de decaimento de primeira ordem.

Para o óleo proveniente de derramamentos, processos como advecção, espalhamento, entranhamento e mistura vertical na coluna d'água não são diretamente dependentes da composição do óleo, embora exista uma tendência a estarem relacionados à macro características como viscosidade e densidade. Outros processos como evaporação, dissolução e degradação são diretamente dependentes da composição do óleo.

A interface de usuário do OSCAR permite a realização de cálculos estatísticos baseados nos resultados de conjuntos de cenários (simulações probabilísticas). Esta parte do sistema pode, por exemplo, ser utilizada para a avaliação de riscos relacionados com as instalações *offshore*. Ao variar o tempo de derrame para um cenário específico, o efeito da alteração das condições meteorológicas pode ser incluído nas simulações, e uma impressão geral do efeito de um derrame hipotético é obtido. Pode-se, também, optar pela variação da taxa de descarte e a duração deste durante a execução das simulações probabilísticas.

A.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO MODELO

As limitações identificadas para o modelo estão listadas, abaixo:

- ✓ A grade do modelo apresenta limitação numérica de 1.000 células no eixo X e 1.000 células no eixo Y, distribuídas de forma regular. No caso de modelagens para derrames *offshore*, nas quais os domínios modelados são extensos, a resolução máxima pode ser insuficiente e ocasionar a diminuição da resolução de contornos costeiros; os tipos de costa também podem ter perda de informação;
- ✓ Não é possível ajustar o fator de dispersão horizontal;
- ✓ Pode ser utilizado somente um valor de temperatura da água e do ar para realizar os cálculos do intemperismo do óleo ao longo de toda a simulação, ou seja, a temperatura não apresenta variação no tempo e no espaço;
- ✓ Arquivos em inglês e que devem ser traduzidos;
- ✓ Nos cortes de espessura e massa na superfície da água e na linha de costa, os cálculos são realizados de forma segregada, e as unidades de medida são distintas, o que dificulta a comparação entre resultados;
- ✓ Em simulações determinísticas não é possível exportar a informação do eixo do tempo para todo o domínio da simulação;
- ✓ Ao se exportar os resultados na extensão *shape*, somente é possível a obtenção de uma informação por vez, ao passo um arquivo contendo diferentes informações tornaria mais ágil o processo de análise dos cenários e simulações.

A.3 FORMULAÇÃO DO MODELO OSCAR

A advecção é simulada a partir da superposição da velocidade média local e um componente randômico que representa a turbulência no meio ambiente. A velocidade média local, em geral, é a soma das componentes climatológicas, de maré, de vento e de onda (Stokes). O componente de turbulência é computado como:

$$w' = \sqrt{6K/\Delta t} \quad (1)$$

Onde,

K = coeficiente de dispersão estimado para direções verticais e horizontais.

O coeficiente de dispersão horizontal pode ser aproximado utilizando-se dados de difusão de traçadores, relatado por Okubo (1971, 1974) e revisto por Bowden (1983).

$$K_x = 0,0027 t^{1,34} \quad (2)$$

Onde,

Para K em cm²/s e tempo t em segundos. Kullenberg (1982) cita que o valor máximo dos dados é de 10⁶ cm/s, ou 100 m²/dia.

O coeficiente vertical de difusão turbulenta acima da picnoclina está relacionado às condições das ondas segundo Ichiye (1967):

$$K_z = (0,028H^2)/T \exp(-2kz) \quad (3)$$

Onde,

H = altura de onda;

T = período de onda;

K = número da onda;

Z = profundidade

Abaixo da profundidade da picnoclina, assume-se o valor de Kz é uma constante igual a 10⁻⁴m²/s (KULLENBERG, 1984). Na ausência de um picnoclina, a equação Ichiye é assumida para o domínio da superfície ao fundo.

O cálculo da velocidade vertical de gotículas de óleo ou de partículas que afundam é feito a partir da superposição da velocidade randômica turbulenta e da velocidade ascendente ou fixa. A velocidade vertical diferencial é computada a partir da média harmônica de dois extremos e o coeficiente de arraste é função do numero de Reynolds (JOHANSEN, 2000).

$$w_{rise} = 1/(w_1^{-1} + w_2^{-1}) \quad (4)$$

$$w_1 = (d^2 g^2) / 18\nu, \text{ para o numero de Reynolds } < 1000 \quad (5)$$

$$w_2 = \sqrt{3d|g'|}, \text{ para o numero de Reynolds } > 1000 \quad (6)$$

Onde,

$$g' = g(\rho_w - \rho_0) / \rho_w \quad (7)$$

g = aceleração gravitacional (m/s²);

ρ_w = densidade da água (kg/m³);

ρ_0 = densidade da gotícula ou do material da partícula (kg/m³);

ν = viscosidade cinemática da água (1,8 x 10⁶ m²/s)

O espalhamento do óleo na superfície do mar envolve a interação entre forças e processos como a gravidade, momento, e viscosidade. A equação unidimensional utilizada para representar o espalhamento transversal de um vazamento contínuo está apresentada na sequência.

$$\chi_{LE} = C_0 (g \Delta \rho / (\rho_w^2))^{1/4} * m^{1/2} / (\rho_w \mu_w)^{1/8} * t^{3/8} \quad (8)$$

Onde,

χ_{LE} = largura da seção principal da mancha (m)

g = aceleração gravitacional (m/s²);

$\Delta \rho$ = diferença de densidade entre água e óleo (kg/m³)

ρ_w = densidade da água (kg/m³);

μ_w = viscosidade da água (cP)

m = taxa de liberação da massa/corrente superficial (kg/m)

C_0 = constante de espalhamento.

Essa equação representa o regime de gravidade-viscosidade no processo de espalhamento, e leva em consideração apenas o espalhamento quiescente da porção mais espessa da mancha. O espalhamento turbulento rapidamente ultrapassa esse espalhamento quiescente em importância. O espalhamento turbulento ocorre como resultado de cisalhamentos horizontais e verticais no campo de velocidade em uma mancha de óleo, combinado com o entranhamento e ressuspensão das gotículas de óleo. Como esses processos também estão

incluídos, o modelo é capaz de produzir manchas menos espessas com o passar do tempo.

No fenômeno da evaporação, a taxa de evaporação é controlada pela pressão de vapor de seus componentes individuais e suas frações em qualquer localização na superfície da mancha. A taxa de transferência de massa evaporativa é calculada de acordo com a prática de engenharia química:

$$dm_i/dt = K_e P_i A M_i F_i / RT \quad (9)$$

Onde,

m_i = massa associada com a i-ésimo componente de derramamento,

t = tempo (s);

K_e = coeficiente de transferência de massa evaporativa (m/s);

T = temperatura (°K)

P_i = pressão de vapor para o i-ésimo componente (atm)

A = área de superfície da mancha (m²)

M_i = componente de peso molecular i (grama/mol)

F_i = fração molar do componente i restante na mancha

R = constante do gás 8,206 x 10⁵ atm-m³/mol-°K

O coeficiente de transferência de massa é dependente do vento e é calculado da seguinte forma:

$$K_e = C_d U(t) \quad (10)$$

Onde,

C_d = coeficiente de arrasto da relação ar/mar

$U(t)$ = velocidade do vento (m/s)

O coeficiente de arrasto C_d depende da velocidade do vento:

$$C_d = (U^*/U(t))^2 \quad (11)$$

onde $U(t) > u_2$

O valor de U^* é:

$$CU(t), \text{ para } U(t) < u_1 \quad (12)$$

$$Cu_1 + (Du_2 + Cu_1) * (U(t) - u_1)/(u_2 - u_1), \text{ para } u_1 \leq U(t) \leq u_2 \quad (13)$$

$$DU(t), \text{ para } U(t) > u_2 \quad (14)$$

C, D, u_1 e u_2 são constantes (0,0323; 0,0474; 7 e 20 respectivamente)

Com relação à dispersão natural, o modelo utilizado para a previsão de entranhamento do óleo é dada pela formulação empírica:

$$Q_{di} = C^* D^{0,57} S F d_i^{0,7} \Delta d \quad (15)$$

Onde,

Q_{di} = taxa de entranhamento por unidade de área de superfície das gotículas de óleo com o range de diâmetro entre $d_i - \Delta d$ e $d_i + \Delta d$ (kg/m²s)

C^* = coeficiente de entranhamento derivado empiricamente,

D = enérgica de onda dissipada por unidade de área superficial (kg/s²)

S = fração da superfície do mar coberta pelo óleo;

F = fração da superfície do mar coberta pela arrebentação de ondas por unidade de tempo (1/s)

D_i = diâmetro médio das partículas na classe de tamanho i (m)

Δd = intervalo de diâmetro da partícula (m)

O coeficiente empírico C^* é uma função da viscosidade do óleo.

$$C^* = 4450 \nu^{-0,4} \quad (16)$$

Onde,

ν = viscosidade cinemática do óleo (m²/s).

A energia dissipada da arrebentação da onda D é aproximada como:

$$D = 0,0034 \rho_w g H_b^2 \quad (17)$$

Onde,

ρ_w = densidade da água (kg/m³);

g = aceleração gravitacional (m/s²);

H_b = altura da onda no momento da arrebentação (m)

A fração F da superfície do mar coberta pela arrebentação das ondas por unidade de tempo é aproximada por:

$$F = 3 * 10^6 U(t)^{3,5} \quad (18)$$

Onde,

$U(t)$ = velocidade do vento (m/s)

O tamanho das gotículas é dado por:

$$d_0 = C_0 v^{0,34} / \sqrt{e} \quad (19)$$

Onde,

v = viscosidade cinemática;

e = taxa de dissipação da energia (escolhido como 1000 J/m³s)

C_0 = aproximadamente 500 para o tamanho mínimo das partículas e 3400 para o tamanho máximo. As gotículas são divididas em intervalos de tamanho que vão do mínimo tamanho das partículas para o máximo.

Com relação à interação do óleo com o litoral, o processo é desenvolvida de uma maneira simplificada, a partir de um modelo complexo de derramamento de óleo na zona costeira desenvolvido por Reed (1989) e Reed & Gundlach (1989). Baseado nestes estudos estimaram as capacidades de retenção e as taxas de remoção. As capacidades de retenção refletem a declividade da costa e a permeabilidade, além de exposição ao vento e às ondas.

Quando a superfície na mancha encontra a costa, o volume máximo do óleo, V_{max} (m³), que pode ser depositada é calculada como:

$$V_{max} = \delta_i L W_i \quad (21)$$

Onde,

δ_i = capacidade de retenção máxima para a costa tipo i (m);

W_i = largura de deposição para a costa de tipo i (m);

L = comprimento do segmento de costa (m);

O modelo usa a distancia diagonal da célula como uma estimativa do L . Se o segmento de costa encontra-se com sua capacidade máxima de retenção, a mancha continua a ser transportada pelo vento e pela corrente.

A quantidade de óleo removida do segmento de costa i durante um intervalo de tempo Δt é:

$$\Delta m = m_i(1 - \exp[-r_i\Delta t]) \quad (22)$$

Onde,

m_i = massa de óleo no segmento i no inicio do intervalo de tempo;

r_i = taxa de remoção apropriada para o tipo de costa.

A dissolução, assim como a evaporação, depende da fração molecular de cada componente na gotícula ou superfície da mancha. Adicionalmente a concentração no ambiente se torna importante:

$$dm_i/dt = K_d A(F_i S_i - C_i) \quad (23)$$

Onde,

K_d = coeficiente de dissolução da transferência de massa (m/s);

A = Área da superfície para uma gotícula ou uma superfície da mancha (m²);

F_i = fração molar do componente i remanescente da mancha ou da gotícula;

S_i = solubilidade do i-ésimo componente (g/m³; ppm),

C_i = concentração do ambiente para o i-ésimo componente (g/m³).

Para a superfície da mancha, o coeficiente de transferência de massa K_d é calculada como (THIBODEAUX, 1979):

$$K_d = Sh_i D_i / L \quad (24)$$

Para manchas, na superfície a correlação para o número de Sherwood usada é:

$$Sh_i = \text{Sherwood Number} = 0,578 Re^{0,5} Sc_i^{0,33} \quad (25)$$

Onde,

Re = número de Reynolds = $U_{rel} L / \nu_w$;

Sc_i = número de Schmidt ν_w / D_i

U_{rel} = velocidade relativa entre o óleo e a água (m/s);

L = largura da mancha (m);

ν_w = viscosidade cinemática da água $\sim 8,9 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ at 25°C

D_i = difusividade molecular do componente i (m^2/s)

Para as gotículas, a correlação de transferência de massa para esferas é utilizada para o número de Sherwood:

$$Sh = 2 + 0,347 Re^{0,62} Sc_i^{0,31} \quad (26)$$

Para as gotículas, a velocidade relativa é a velocidade de ascensão (Equação 6) e o diâmetro da mancha substitui a largura da mancha como a característica de comprimento no calculo do numero de Reynolds.

A adsorção, por sua vez, tem um papel importante no transporte e destino dos poluentes no meio aquático. A adsorção determina a extensão do particionamento do poluente entre a fase suspensa particulada e a fase dissolvida e, portanto, modela os efeitos tóxicos, assim como a taxa de remoção dos sedimentos na coluna de água.

A relação entre a concentração de equilíbrio do poluente na fase líquida (C_w) e a concentração de equilíbrio na fase sólida (C_s) pode ser representada com a curva $C_s \times C_w$ a uma temperatura constante. Há varias teorias que descrevem as isotermas de adsorção e as duas mais populares são:

✓ Isoterma de Langmuir

$$C_s = (K_1 K_2 C_w) / (1 + K_1 C_w) \quad (27)$$

✓ Isoterma de Freundlich

$$C_s = K_f C_w^{1/n} \quad (28)$$

Onde,

K_f = uma constante.

Em um ambiente aquático, a concentração do poluente C_w na fase líquida é usualmente baixa. Nessas condições, n na equação de Freundlich é igual a 1 e o termo $K_1 C_w$ na equação de Langmuir torna-se insignificante comparável com 1, então ambas as equações podem ser reduzidas à equação:

$$C_s = K_p C_w C_{ss} \quad (29)$$

Onde a concentração de sedimentos suspensos, C_{ss} , foi separada na definição do coeficiente de partição.

O coeficiente de partição de um componente químico, K_p , não é só função do pH e da temperatura, mas também é afetado pelas características químicas e físicas do sólido adsorvente. Estudos do comportamento de sorção-dessorção dos compostos orgânicos, especialmente os compostos hidrofóbicos e não iônicos, concluíram que o carbono orgânico ou a matéria orgânica contidos no adsorvente é o maior fator determinante do processo de adsorção. Se K_p é normalizado com a fração de carbono orgânico f_{oc} do sólido, então K_{oc} se torna independente do adsorvente:

$$K_{oc} = K_p / f_{oc} \quad (30)$$

Além disso, o coeficiente de partição baseada no carbono orgânico mostra uma excelente correlação com K_{ow} (coeficiente de partição octanol / água) e a solubilidade da água S .

Na volatilização da coluna de água, para cada liberação química, a Lei de Henry é computada:

$$H = P_{vp} / (S / M_w) \quad (31)$$

Onde,

P_{vp} = pressão de vapor (atm);

S = solubilidade (mg/l);

M_w = peso molecular (g/mol)

Se $H < 3 \times 10^{-7}$, a volatilização pode ser negligenciada. Para $H > 3 \times 10^{-7}$, uma constante adimensional, H' da lei de Henry é calculada:

$$H' = H/RT \quad (32)$$

Onde,

R = constante do gás (atm-m³/mol-°K)

T = temperatura (°K)

O coeficiente de troca da fase líquida K_5 é dado por:

$$K_5 = 20\sqrt{44/M_w} \quad (33)$$

e o coeficiente da troca da fase gasosa, K_6 :

$$K_6 = 3000\sqrt{18/M_w} \quad (34)$$

São utilizados para calcular o coeficiente de transferência de massa:

$$K_7 = (H'K_5K_6)/(H'K_6 + K_5) \quad (35)$$

Os coeficientes K_5 , K_6 e K_7 são em cm/hora. A transferência de massa da coluna d'água para a atmosfera para este constituinte é:

$$dm/dt = K_7m/d \quad (36)$$

Onde,

m = quantidade de massa do poluente, assumindo distribuição uniforme a uma profundidade d .

A profundidade de volatilização para substâncias dissolvidas possui o limite máximo de metade da altura da onda ou a profundidade difusiva d :

$$d = \sqrt{(2D_z \Delta t)} \quad (37)$$

Onde,

D_z = difusividade vertical (m^2/s);

Δt = intervalo de tempo do modelo (s).

A degradação permite a transformação dos múltiplos componentes inseridos no modelo. Embora as taxas de degradação por componente sejam utilizadas, tem-se o conhecimento de que os produtos de degradação podem ser mais solúveis e tóxicos que os componentes originais. A Figura A-1 mostra esquematicamente como as transferências são acomodados no OSCAR, utilizando hidrocarbonetos alifáticos como um exemplo.

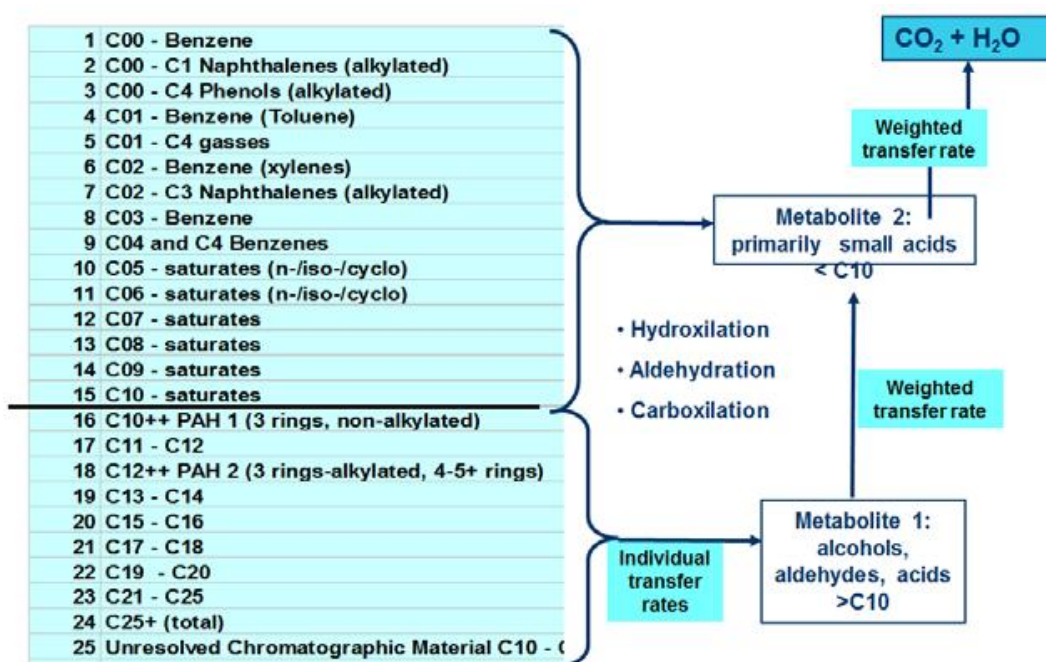


Figura A-1 - Esquematização da degradação de hidrocarbonetos no OSCAR.

A.4 DADOS DE ENTRADA

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

- ✓ Localização geográfica do ponto de derrame;
- ✓ Taxa de derrame;
- ✓ Duração da simulação;
- ✓ Tipo de óleo;
- ✓ Linha de costa;
- ✓ Batimetria;
- ✓ Grade *habitat* / tipo de ambiente (e.g., manguezais, áreas alagáveis, praias);
- ✓ Campo de correntes;
- ✓ Campo de ventos;
- ✓ Temperatura do mar;
- ✓ Parâmetros de simulação.

A.5 BIBLIOGRAFIA

AAMO, O.M.; M. REED, P.S. DALING & O. JOHASEN, 1993. A Laboratory-Based Weathering Model: PC Version for Coupling to Transport Models. Proceedings of the 1993 Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar, p. 617-626.

AAMO, O.M.; M. REED & P.S. DALING, 1995. Evaluation of environmental consequences and effectiveness of oil spills operations with a possible change in first line response at the Veslefrikk field. SINTEF Report n° 95.006, 1995 SINTEF Petroleum Research.

AAMO, O.M.; K. DOWNING & M. REED, 1996. Calibration, verification and sensitivity analysis of the IKU Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) model system. Technical Report 42.4048.00/01/96, IKU, Norwegian.

BOWDEN, K. F., 1983. Physical Oceanography of Coastal Waters. Ellis Harwood Ltd, UK. 312p.

DALING, P.S. & P.J. BRANDVIK, 2001. Weathering of oils at sea: comparisons between field data and model predictions. In: Brebbia, C.A. (Ed.). Oil Spill Modelling and Processes. Southampton: WIT Press. P. 91-106.

DALING, P.S.; P.J. BRANDVIK, D. MACKAY & O. JOHASEN, 1990. Characterization of Crude Oils for Environmental Purposes. **Oil and Chemical Pollution**, Vol. 7, p. 119-224.

DOWNING, K. & M. REED, 1996. Object-oriented migration modeling for biological impact assessment. Ecological Modelling, Vol. 93, p. 203-219.

ICHIYE, T. ,1967. "Upper ocean boundary-layer flow determined by dye diffusion". Phys. **Fluids Suppl.** Vol. 10, pp 270-277.

JOHANSEN, Ø., 2000: DeepBlow – A Lagrangian Plume Model for Deep Water Blowouts. **Spill Science & Technology Bulletin**. Vol. 6, No. 2: 103 – 111.

KULLENBERG, G., 1982. Pollutant transfer and transport in the sea. CRC Press, Boca Raton, Fl. , Vol. I. 227 p.

OKUBO, A., 1971. Oceanic diffusion diagrams. **Deep Sea Research** 18:789-802.

OKUBO, A., 1974. Some speculation on oceanic diffusion diagrams. In Kullenberg, G. and Talbot, J. (eds), Physical Processes Responsible for Dispersal of Pollutants in the Sea. Rapp. **Proc. Verb Penn. Cons. Inter. Expl. Mer.** 167: 77-85.

REED, M., 1989. The physical fates component of the CERCLA Type A model system. **Oil and Chemical Pollution** 5:99-124.

REED, M.; O.M. AAMO & P.S. DALING, 1995. Quantitative analysis of alternate oil spill response strategies using OSCAR. **Spill Science and Technology, Pergamon Press** 2(1): 67-74.

REED, M.; O.M. AAMO & K. DOWNING, 1995. Calibration and testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of 19th AMOP Seminar, Edmonton, Alberta, p. 689-726.

REED, M., O.M. AAMO, AND K. DOWNING, 1996. Calibration and Testing of IKU's Oil Spill Contingency and Response (OSCAR) Model System. Proceedings of 19th AMOP Seminar, Edmonton, Alberta. p. 689 – 726.

REED, M. AND E. GUNDLACH, 1989. Hindcast of the Amoco Cadiz event with a coastal zone oil spill model. **Oil and Chemical Pollution** 5(6):411-449.

THIBODEAUX, L. J., 1979. Chemodynamics. John Wiley and Sons, NY. 501 pp.

ANEXO B – ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES

As condições mais frequentes de incidência de ventos e circulação da corrente superficial no ponto de análise foram avaliadas através de histogramas dos dados de vento e corrente, conforme apresentado nas Figuras B-1 a B-4. Os histogramas apresentam a porcentagem de registros de dados dentro de intervalos de 22,5° de direção nos períodos de janeiro a maio de 2004 e de junho a outubro de 2004. Os dados de vento utilizados referem-se à base Reanálise-II do NCEP interpolada linearmente para resolução espacial de 0,5° e intervalos de 1 hora, enquanto os dados de corrente são provenientes do modelo HYCOM da base REMO com resolução espacial de 1/12° e intervalo temporal horário.

A Figura B-1 apresenta o histograma de direções de incidência do vento para o período de janeiro a maio e a Figura B-2 para o período de junho a outubro. Durante janeiro a maio a direção predominante mostra-se de NE, com 17% dos registros em ambos os períodos, seguido por ENE, com 13% no janeiro a maio e 12% no junho a outubro.

Analogamente, as Figuras B-3 e B-4 apresentam os histogramas de direções da corrente superficial para os períodos de janeiro a maio e junho a outubro. No período de janeiro a maio observa-se um padrão bimodal, sendo as direções mais frequentes para SSW (em 12% dos registros) e para NNE (em aproximadamente 10% dos registros). Já no período de junho a outubro a direção predominante é para N, seguida por NNE e NNW, com registros entre 9% e 10% para cada direção.

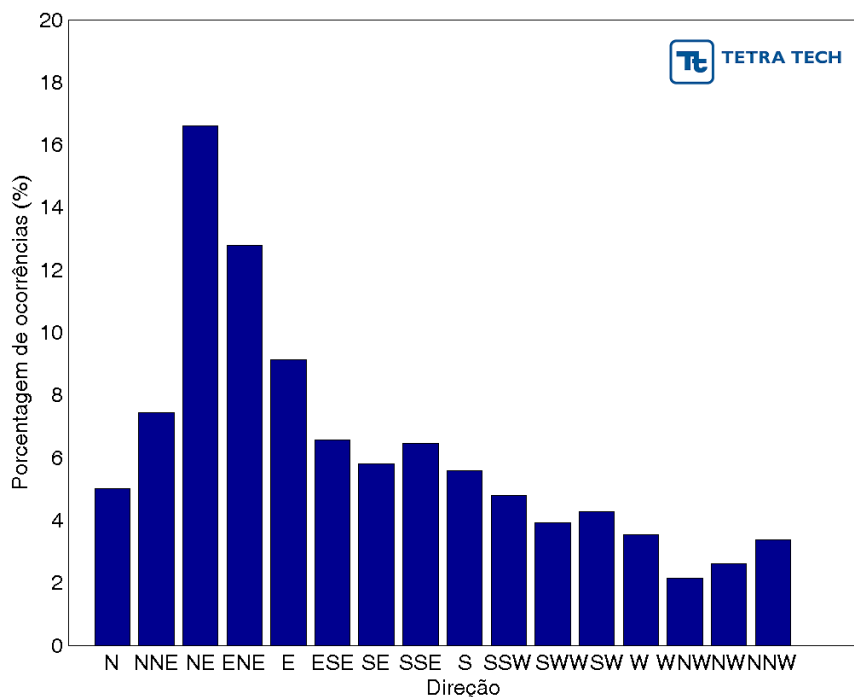


Figura B-1 - Histograma de direção do vento para o período de janeiro a maio.

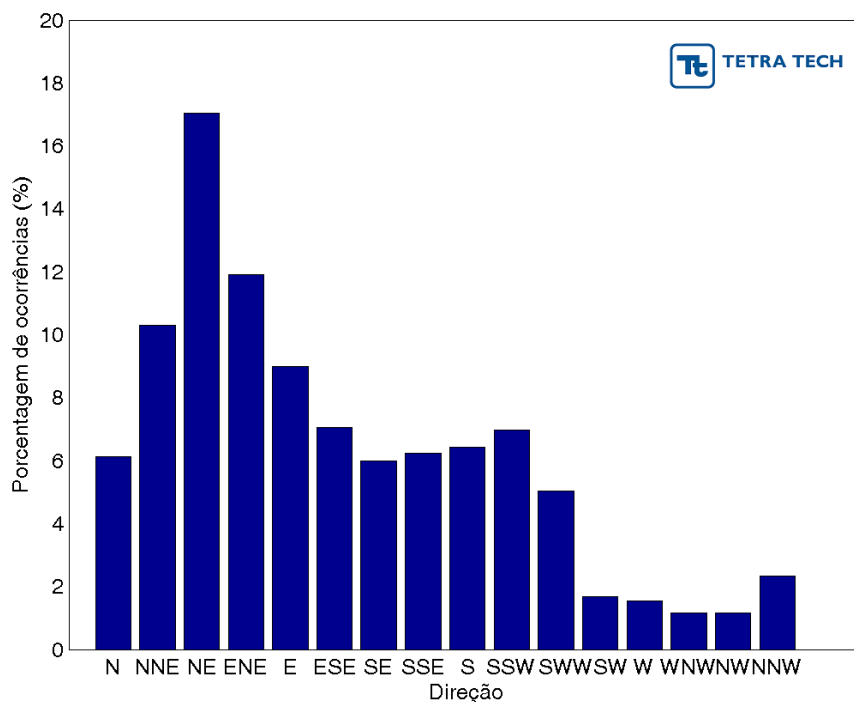


Figura B-2 - Histograma de direção do vento para o período de junho a outubro.

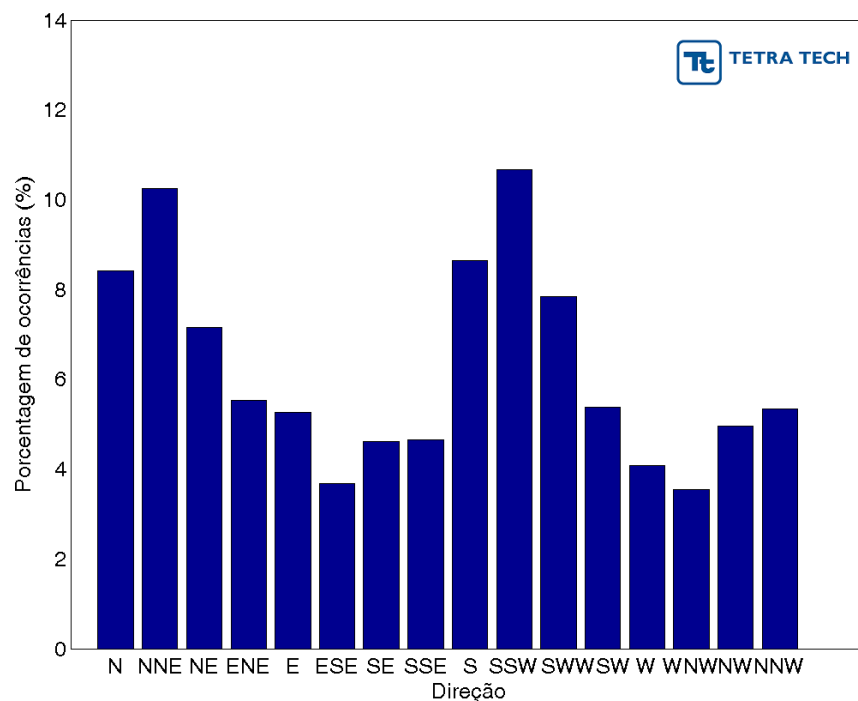


Figura B-3 - Histograma de direção da corrente para o período de janeiro a maio.

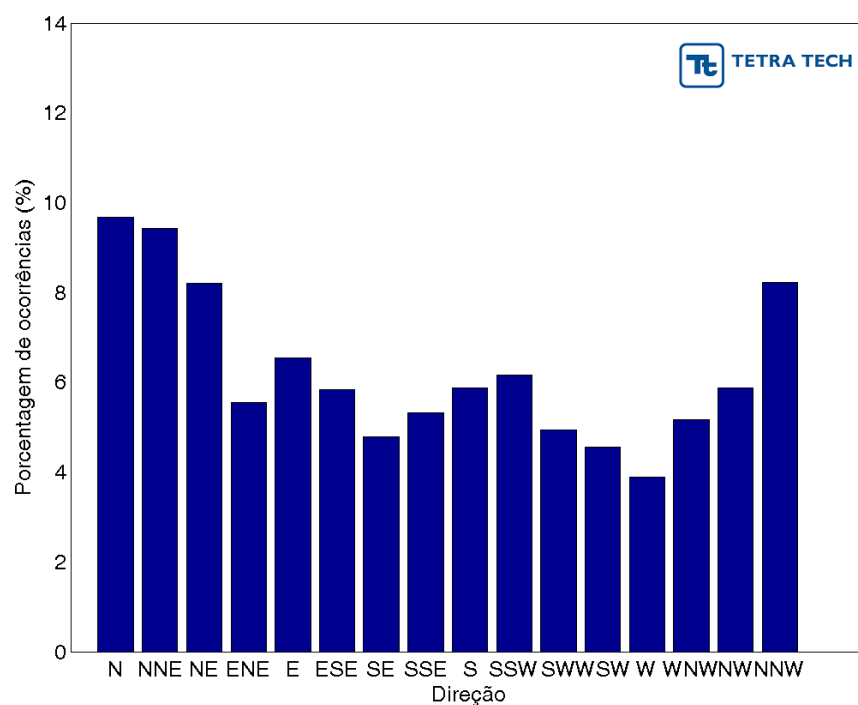


Figura B-4 - Histograma de direção da corrente para o período de junho a outubro.