

Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para a Atividade de Produção e Escoamento de Óleo e Gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - Etapa 2



Revisão 00
Setembrbo/2013

**Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo
no Mar para a Atividade de Produção e
Escoamento de Óleo e Gás do Polo Pré-Sal
da Bacia de Santos – Etapa 2**

Revisão 00
Setembro / 2013



A 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, 2013. Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar para a Atividade de Produção e Escoamento de Óleo e Gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2. Relatório Técnico, Revisão 00 (30 de setembro de 2013). 230pp+Anexos.

CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
00	Documento Original	30/09/2013

	Original	Rev. 01	Rev. 02	Rev. 03	Rev. 04	Rev. 05	Rev. 06	Rev. 07	Rev. 08
Data	30/09/13								
Elaboração									
Verificação									
Aprovação									

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-3
II.1.3 PONTOS DE MODELAGEM E VOLUMES DE DERRAME	II-9
II.1.4 CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS UTILIZADOS.....	II-11
II.2 CRITÉRIOS DE PARADA ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES	II-14
II.3 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS	II-14
III RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO	III-1
III.1 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS	III-1
III.1.1 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME PEQUENO	III-5
III.1.2 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME MÉDIO	III-28
III.1.3 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS – VOLUME PIOR CASO	III-59
III.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS.....	III-91
III.2.1 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS – VOLUME PEQUENO	III-94
III.2.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS – VOLUME MÉDIO	III-111
III.2.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS – VOLUME PIOR CASO	III-128
III.2.4 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS - SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS.....	III-145
III.3 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS PARA AS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES.....	III-149
IV CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	IV-1
V BIBLIOGRAFIA.....	V-1
VI EQUIPE TÉCNICA	VI-1

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁG.
Tabela II-1 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de verão de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica)	II-7
Tabela II-2 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção (°) do vento (CFSR), para o período de inverno de 2004, com intervalo de amostragem dt=1h (convenção meteorológica)	II-7
Tabela II-3 - Coordenadas (SIRGAS2000) dos pontos de modelagem	II-10
Tabela II-4 - Características do óleo 3-SPS-69.	II-11
Tabela II-5 - Características do óleo 1-SPS-50.	II-12
Tabela II-6 - Características do óleo 3-RJS-646	II-12
Tabela II-7 - Características do óleo 4-RJS-647	II-13
Tabela II-8 - Características do óleo 3-RJS-662-A	II-13
Tabela II-9 - Características do óleo 2-ANP-0001-RJS	II-14
Tabela II-10 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas	II-15
Tabela III-1 - Extensão da costa com probabilidade de toque para os cenários individuais	III-2
Tabela III-2 - Menor distância com relação à costa	III-3
Tabela III-3 - Resumo dos resultados da modelagem probabilística para os pontos do Polo Pré-Sal	III-4
Tabela III-4 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, no Polo Pré-Sal, no período de inverno	III-27
Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de verão	III-52
Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno	III-55
Tabela III-7 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de verão	III-84
Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno	III-87

TABELA.....	PÁG.
Tabela III-9 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa.....	III-92
Tabela III-10 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.....	III-93
Tabela III-11 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes que apresentaram toque de óleo na costa.....	III-150
Tabela III-12 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes que não apresentaram toque de óleo na costa.....	III-150

LISTA DE FIGURAS

FIGURA.....	PÁG.
Figura I-1 - Localização dos pontos de modelagem.....	I-1
Figura II-1 - Grade definindo os contornos de terra (grade <i>land-water</i>) para a modelagem de deriva de óleo.	II-1
Figura II-2 - Diagrama <i>stick plot</i> dos valores médios diários de dados de vento (NCEP/CFSR) para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2004, na posição 25,33°S e 42,86° W, intervalo de amostragem $dt=1h$. A barra de cores lateral indica a intensidade dos vetores (convenção vetorial, em m/s).	II-4
Figura II-3 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de verão (janeiro a março) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).	II-5
Figura II-4 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de inverno (junho a agosto) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).	II-6
Figura II-5 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição mais frequente).	II-8
Figura II-6 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (passagem de sistema frontal).	II-9
Figura III-1 - Cenário P1_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-6
Figura III-2 - Cenário P2_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-7
Figura III-3 - Cenário P3_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-8

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-4 - Cenário P4_BMS11_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-9
Figura III-5 - Cenário P5_BMS11_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-10
Figura III-6 - Cenário P6_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-11
Figura III-7 - Cenário P7_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-12
Figura III-8 - Cenário P8_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-13
Figura III-9 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-14
Figura III-10 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-15
Figura III-11 - Cenário P1_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-16
Figura III-12 - Cenário P2_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-17
Figura III-13 - Cenário P3_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-18

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-14 - Cenário P4_BMS11_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-19
Figura III-15 - Cenário P5_BMS11_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-20
Figura III-16 - Cenário P6_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-21
Figura III-17 - Cenário P7_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-22
Figura III-18 - Cenário P8_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-23
Figura III-19 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto)....	III-24
Figura III-20 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-25
Figura III-21 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).	III-26
Figura III-22 - Volume máximo de óleo (m ³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-27
Figura III-23 - Cenário P1_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-28

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-24 - Cenário P2_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-29
Figura III-25 - Cenário P3_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-30
Figura III-26 - Cenário P4_BMS11_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-31
Figura III-27 - Cenário P5_BMS11_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-32
Figura III-28 - Cenário P6_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-33
Figura III-29 - Cenário P7_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-34
Figura III-30 - Cenário P8_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-35
Figura III-31 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-36
Figura III-32 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-37
Figura III-33 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-38

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-34 - Volume máximo de óleo (m ³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-39
Figura III-35 - Cenário P1_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-40
Figura III-36 - Cenário P2_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-41
Figura III-37 - Cenário P3_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-42
Figura III-38 - Cenário P4_BMS11_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-43
Figura III-39 - Cenário P5_BMS11_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.....	III-44
Figura III-40 - Cenário P6_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-45
Figura III-41 - Cenário P7_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-46
Figura III-42 - Cenário P8_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m ³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.	III-47
Figura III-43 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-48

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-44 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-49
Figura III-45 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).	III-50
Figura III-46 - Volume máximo de óleo (m ³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-51
Figura III-47 - Cenário P1_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-60
Figura III-48 - Cenário P2_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-61
Figura III-49 - Cenário P3_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-62
Figura III-50 - Cenário P4_BMS11_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-63
Figura III-51 - Cenário P5_BMS11_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.	III-64
Figura III-52 - Cenário P6_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-65
Figura III-53 - Cenário P7_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-66

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-54 - Cenário P8_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-67
Figura III-55 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-68
Figura III-56 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-69
Figura III-57 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-70
Figura III-58 - Volume máximo de óleo (m ³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).	III-71
Figura III-59 - Cenário P1_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-72
Figura III-60 - Cenário P2_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-73
Figura III-61 - Cenário P3_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-74
Figura III-62 - Cenário P4_BMS11_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-75
Figura III-63 - Cenário P5_BMS11_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-76

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-64 - Cenário P6_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-77
Figura III-65 - Cenário P7_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-78
Figura III-66 - Cenário P8_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m ³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.....	III-79
Figura III-67 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).	III-80
Figura III-68 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-81
Figura III-69 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).	III-82
Figura III-70 - Volume máximo de óleo (m ³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).....	III-83
Figura III-71 - DET_P1_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-95
Figura III-72 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_8.	III-95
Figura III-73 - DET_P2_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-96
Figura III-74 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_8.	III-96
Figura III-75 - DET_P3_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-97
Figura III-76 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_8.	III-97
Figura III-77 - DET_P4_BMS11_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-98
Figura III-78 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_8.	III-98

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-79 - DET_P5_BMS11_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-99
Figura III-80 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_VER_8.	III-99
Figura III-81 - DET_P6_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-100
Figura III-82 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_8.	III-100
Figura III-83 - DET_P7_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-101
Figura III-84 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_8.	III-101
Figura III-85 - DET_P8_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-102
Figura III-86 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_8.	III-102
Figura III-87 - DET_P1_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-103
Figura III-88 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_8.	III-103
Figura III-89 - DET_P2_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-104
Figura III-90 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_8.	III-104
Figura III-91 - DET_P3_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-105
Figura III-92 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_8.	III-105
Figura III-93 - DET_P4_BMS11_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-106
Figura III-94 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_8.	III-106
Figura III-95 - DET_P5_BMS11_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-107
Figura III-96 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_8.	III-107
Figura III-97 - DET_P6_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-108
Figura III-98 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_8.	III-108

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-99 - DET_P7_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-109
Figura III-100 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_8.	III-109
Figura III-101 - DET_P8_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-110
Figura III-102 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_8.	III-110
Figura III-103 - DET_P1_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-112
Figura III-104 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_200.	III-112
Figura III-105 - DET_P2_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-113
Figura III-106 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_200.	III-113
Figura III-107 - DET_P3_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-114
Figura III-108 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_200.	III-114
Figura III-109 - DET_P4_BMS11_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-115
Figura III-110 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_200.	III-115
Figura III-111 - DET_P5_BMS11_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.	III-116
Figura III-112 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS21_VER_200.	III-116
Figura III-113 - DET_P6_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.....	III-117
Figura III-114 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_200.....	III-117
Figura III-115 - DET_P7_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.....	III-118
Figura III-116 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_200.....	III-118
Figura III-117 - DET_P8_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.....	III-119

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-118 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_200.....	III-119
Figura III-119 - DET_P1_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-120
Figura III-120 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_200.	III-120
Figura III-121 - DET_P2_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-121
Figura III-122 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_200.	III-121
Figura III-123 - DET_P3_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-122
Figura III-124 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_200.	III-122
Figura III-125 - DET_P4_BMS11_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-123
Figura III-126 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_200.	III-123
Figura III-127 - DET_P5_BMS11_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.	III-124
Figura III-128 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_200.	III-124
Figura III-129 - DET_P6_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-125
Figura III-130 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_200.	III-125
Figura III-131 - DET_P7_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-126
Figura III-132 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_200.	III-126
Figura III-133 - DET_P8_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m ³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-127
Figura III-134 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_200.	III-127
Figura III-135 - DET_P1_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-129
Figura III-136 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_PC.....	III-129

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-137 - DET_P2_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-130
Figura III-138 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_PC.	III-130
Figura III-139 - DET_P3_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-131
Figura III-140 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_PC.	III-131
Figura III-141 - DET_P4_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-132
Figura III-142 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_PC.	III-132
Figura III-143 - DET_P5_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-133
Figura III-144 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_VER_PC.	III-133
Figura III-145 - DET_P6_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-134
Figura III-146 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_PC.	III-134
Figura III-147 - DET_P7_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-135
Figura III-148 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_PC.	III-135
Figura III-149 - DET_P8_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-136
Figura III-150 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_PC.	III-136
Figura III-151 - DET_P1_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-137
Figura III-152 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_PC.	III-137

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-153 - DET_P2_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-138
Figura III-154 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_PC.	III-138
Figura III-155 - DET_P3_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-139
Figura III-156 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_PC.	III-139
Figura III-157 - DET_P4_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-140
Figura III-158 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_PC.	III-140
Figura III-159 - DET_P5_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-141
Figura III-160 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_PC.	III-141
Figura III-161 - DET_P6_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-142
Figura III-162 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_PC.	III-142
Figura III-163 - DET_P7_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-143
Figura III-164 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_PC.	III-143
Figura III-165 - DET_P8_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.	III-144
Figura III-166 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_PC.	III-144
Figura III-167 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-W; Vento-SE.	III-146

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-168 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-ENE.....	III-146
Figura III-169 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-E/SE.....	III-147
Figura III-170 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-S.	III-148
Figura III-171 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-N; Vento-S.....	III-148
Figura III-172 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-W; Vento-E.	III-149
Figura III-173 - DET_MF_P1_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-152
Figura III-174 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P1_BMS9_VER_PC.....	III-152
Figura III-175 - DET_MF_P2_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-153
Figura III-176 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P2_BMS9_VER_PC.....	III-153
Figura III-177 - DET_MF_P3_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-154
Figura III-178 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P3_BMS9_VER_PC.....	III-154
Figura III-179 - DET_MF_P4_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-155
Figura III-180 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P4_BMS11_VER_PC.....	III-155

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-181 - DET_MF_P5_BMS11_VER_PC Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-156
Figura III-182 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P5_BMS11_VER_PC.....	III-156
Figura III-183 - DET_MF_P6_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-157
Figura III-184 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P6_ONEROSA_VER_PC.....	III-157
Figura III-185 - DET_MF_P7_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-158
Figura III-186 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P7_ONEROSA_VER_PC.....	III-158
Figura III-187 - DET_MF_P8_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.	III-159
Figura III-188 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P8_ONEROSA_VER_PC.....	III-159
Figura III-189 - DET_MF_P1_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-160
Figura III-190 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P1_BMS9_INV_PC.	III-160
Figura III-191 - DET_MF_P2_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-161
Figura III-192 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P2_BMS9_INV_PC.	III-161
Figura III-193 - DET_MF_P3_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-162
Figura III-194 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P3_BMS9_INV_PC.	III-162
Figura III-195 - DET_MF_P4_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-163
Figura III-196 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P4_BMS11_INV_PC.	III-163

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-197 - DET_MF_P5_BMS11_INV_PC Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-164
Figura III-198 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P5_BMS11_INV_PC.	III-164
Figura III-199 - DET_MF_P6_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-165
Figura III-200 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P6_ONEROSA_INV_PC.....	III-165
Figura III-201 - DET_MF_P7_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-166
Figura III-202 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P7_ONEROSA_INV_PC.....	III-166
Figura III-203 - DET_MF_P8_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m ³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.....	III-167
Figura III-204 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P8_ONEROSA_INV_PC.....	III-167
Figura III-205 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-SE.....	III-168
Figura III-206 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SE; Vento-NE.....	III-169
Figura III-207 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NW; Vento-SE.....	III-170
Figura III-208 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-SE.....	III-171
Figura III-209 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-N.....	III-171

FIGURA.....	PÁG.
Figura III-210 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-E.....	III-172

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	PÁG.
ANEXO A – DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OILMAP	A1
ANEXO B – TESTES PARA DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS PROBABILÍSTICOS	B1
ANEXO C – ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES	C1
ANEXO D – RELATÓRIO “MODELAGEM DO TRANSPORTE E DISPERSÃO DE DIESEL MARÍTIMO NO MAR PARA O GASODUTO LULA NORTE – FRANCO NOROESTE, BACIA DE SANTOS	D1

RESUMO

Este relatório apresenta os resultados da modelagem numérica do transporte e intemperismo de óleo, relativos às atividades de produção e escoamento de óleo e gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, referentes ao Projeto Etapa 2. Para este estudo, foram realizadas simulações de derrame de óleo para um conjunto de oito pontos de modelagem.

Foram conduzidas simulações probabilísticas para duas condições sazonais (verão e inverno), com o objetivo de determinar os intervalos de probabilidade de a mancha atingir a área de estudo a partir de três classes de derrame, como definido na Resolução CONAMA nº 398/08: pequeno (8,0 m³), médio (200,0 m³) e pior caso (400.000,0 m³, derramados ao longo de 24 horas). A hipótese acidental de pior caso corresponde ao afundamento de uma unidade. O critério de parada adotado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento.

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

Os resultados das simulações probabilísticas mostraram que, no geral, as maiores extensões de toque na costa foram calculadas para o período de verão. Adicionalmente, foram observadas diferenças devido ao tipo de óleo utilizado; os resultados simulados com os óleos mais voláteis apresentaram menores áreas com probabilidade de ocorrência de óleo. O menor tempo de toque na costa foi de 375 horas no verão e 129 horas no inverno, resultantes dos cenários de pior caso e de 200 m³ dos pontos de modelagem P1 (verão) e P8 (inverno).

I INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte à PETROBRAS na elaboração dos estudos ambientais para a atividade de produção e escoamento de óleo e gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, apresenta-se, neste estudo, a modelagem numérica da trajetória e intemperismo de derrames de óleo no mar do Projeto Etapa 2.

A Figura I-1 apresenta a localização dos pontos de modelagem para os quais foram realizadas as simulações numéricas de potenciais acidentes com derrame de óleo. A escolha dos pontos de modelagem se deu de forma a representar as atividades de desenvolvimento da produção previstas no Projeto Etapa 2.

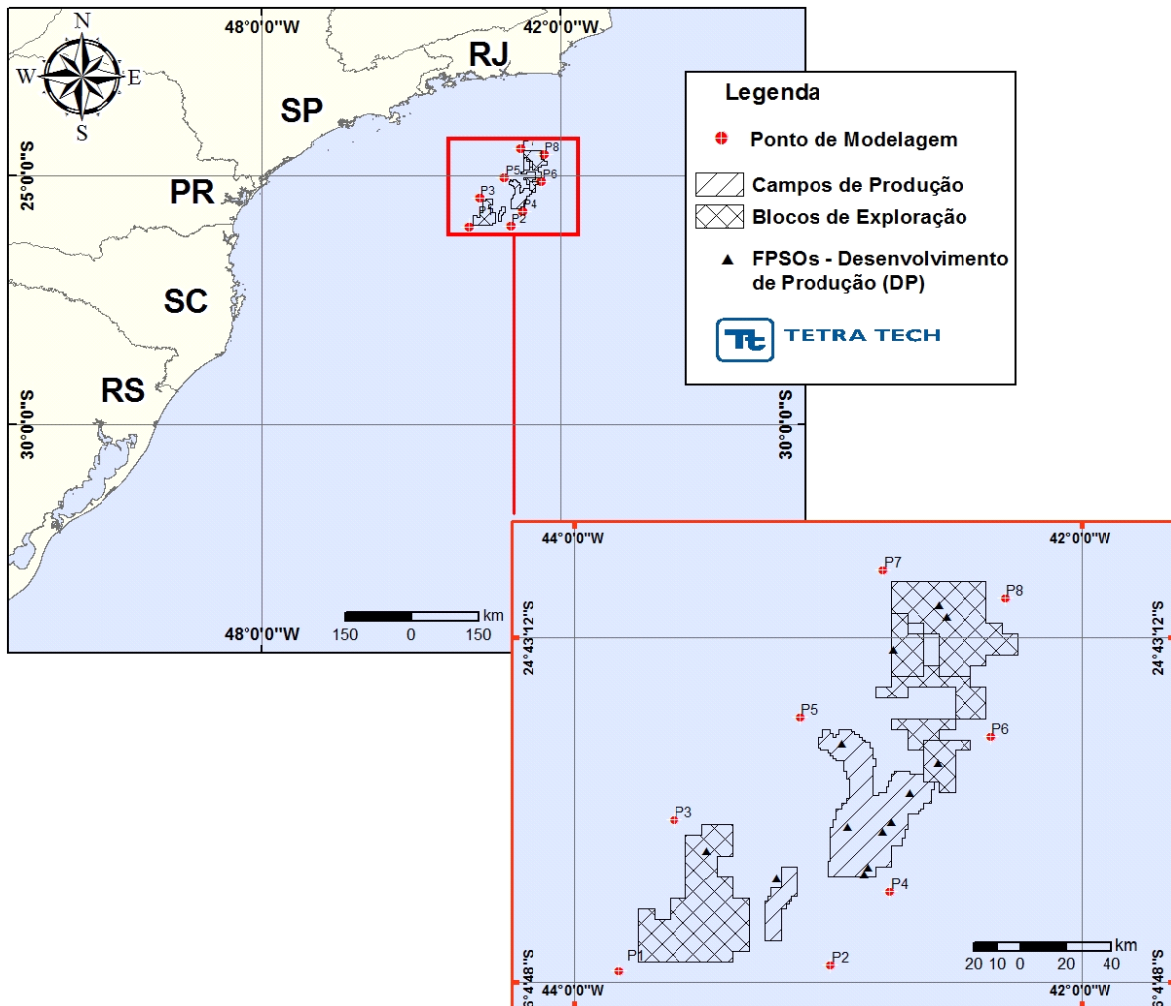


Figura I-1 - Localização dos pontos de modelagem.

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 gerados pelo Centro Norte-Americano para Previsão Ambiental, NCEP¹.

O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região foi obtido a partir de um modelo numérico de mesoescala, baseado no HYCOM², desenvolvido pela PETROBRAS através do projeto Rede REMO³. A modelagem de derrame de óleo foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos conhecido como OILMAP, desenvolvido pela ASA-RPS.

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

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

A seguir, o Capítulo II descreve os cenários acidentais de óleo, suas características e os dados de entrada. Os resultados das simulações probabilísticas e determinísticas (críticas e mais frequentes) são apresentados no Capítulo III. Por fim, o Capítulo IV apresenta as considerações finais para o presente estudo.

¹ Reanálise do CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*) gerado pelo NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*). Último acesso em 18 de novembro de 2012.

² *HYbrid Coordinate Ocean Model*.

³ Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica.

Em complementação, no Anexo A apresenta-se a descrição do modelo OILMAP, o Anexo B apresenta os resultados dos testes para a definição do número de simulações com o modelo probabilístico e o Anexo C mostra a análise meteorológica e oceanográfica das condições mais frequentes. Por fim, o Anexo D apresenta a modelagem de derrame de diesel marítimo a partir do Gasoduto Lula Norte – Franco Noroeste.

II MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

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

II.1 DADOS DE ENTRADA

Para a elaboração dos cenários de deriva para acidentes com petróleo, a área de estudo foi definida a partir de uma grade *land-water*, com dimensões de 1.000 x 1.000 pontos, com resolução espacial de 2,71 km no eixo X e 2,57 km no eixo Y.

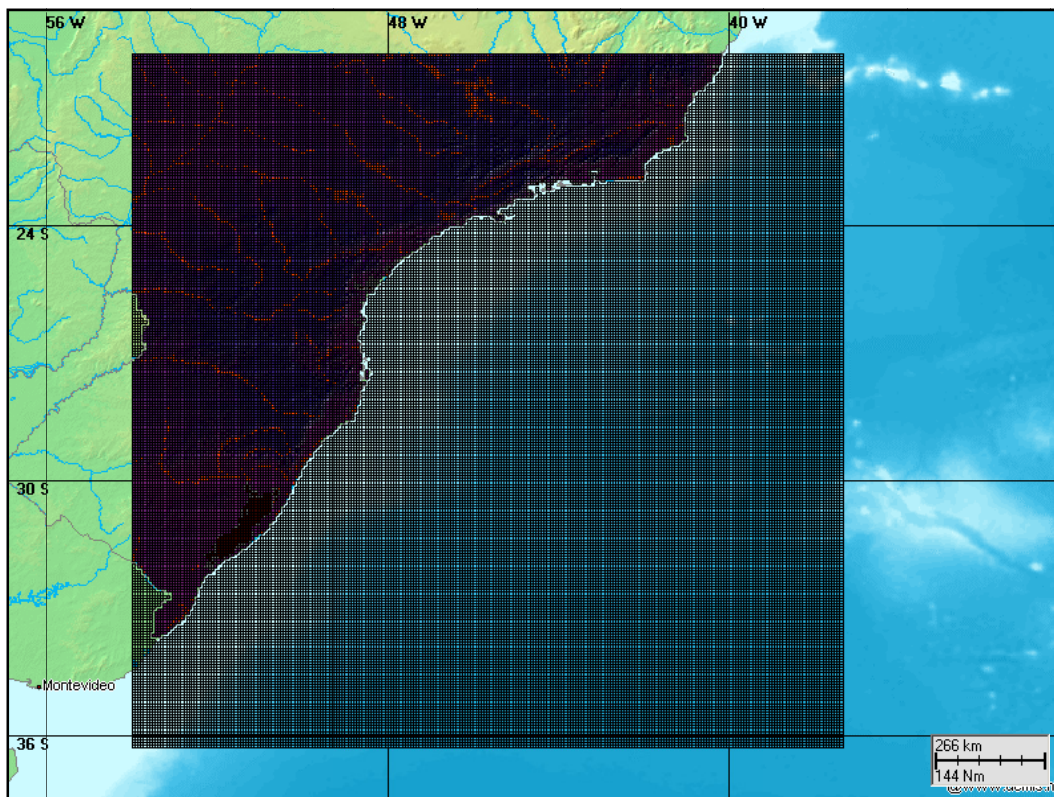


Figura II-1 - Grade definindo os contornos de terra (grade land-water) para a modelagem de deriva de óleo.

II.1.1 Campos de Corrente

Os campos de corrente utilizados na modelagem do transporte de óleo foram gerados a partir da modelagem hidrodinâmica apresentada no “Relatório Técnico Base Hidrodinâmica SSE” (REMO, 2012) 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.

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

Para avaliar a sazonalidade das forçantes ambientais nos padrões de circulação e transporte, foram definidos dois campos hidrodinâmicos⁴ representativos dos períodos típicos de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto) de 2004.

A seleção do ano de 2004 para representar a hidrodinâmica da Bacia de Santos baseou-se em simulações probabilísticas de vazamento de óleo realizadas com os resultados obtidos pelo modelo HYCOM para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007. Estas simulações foram realizadas pela Petrobras e compiladas no Relatório Técnico “Modelagem de Derrame de Óleo na Bacia de Santos para Determinação do Ano que constituirá a Base Hidrodinâmica da Região Sudeste” (RT-TEO 079/2012; CENPES, 2012), e se encontra em cópia

⁴ Para abranger todo o período de simulação, cada campo hidrodinâmico possui cinco meses de duração, no entanto, no *set up* do modelo de derrame de óleo considerou-se o período de três meses para o sorteio das datas de início das simulações determinísticas que compõe os cenários probabilísticos.

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.

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 de produto de reanálise gerado pelo Centro Norte-Americano para Previsão Ambiental, NCEP, distribuído pela Central Norte-Americana de Dados Climáticos, NCDC⁵. Trata-se de um conjunto de assimilação de dados que acopla os sistemas oceano-superfície-atmosfera e continente-gelo, em escala global e em alta resolução.

O NCEP/CFSR⁶ difere de outros produtos de reanálise pelo acoplamento entre o oceano e a atmosfera, por ter um modelo interativo de gelo marinho e também por assimilar dados de satélites através de um esquema de interpolação estatística. Além disso, contém informações sobre variações nos níveis de dióxido de carbono, aerossóis atmosféricos e gases-traço, incluindo assim seus efeitos sobre o sistema climático terrestre. A resolução espacial é de 0,3° enquanto a resolução temporal é horária.

Para apresentar a análise do campo de vento, definiu-se uma coordenada (25,33°S / 42,86°W) localizada na região central do polígono formado pelos pontos de modelagem. A análise compreende o período de 1° de janeiro de 2004 a 31 de dezembro de 2004.

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

⁵ *Climate Diagnostics Center.*

⁶ *Reanálise do CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) gerado pelo NCEP (National Centers for Environmental Prediction).* Último acesso em 18 de novembro de 2012.

forçado pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A partir deste gráfico não é possível estabelecer diferença clara entre os padrões de verão e inverno.

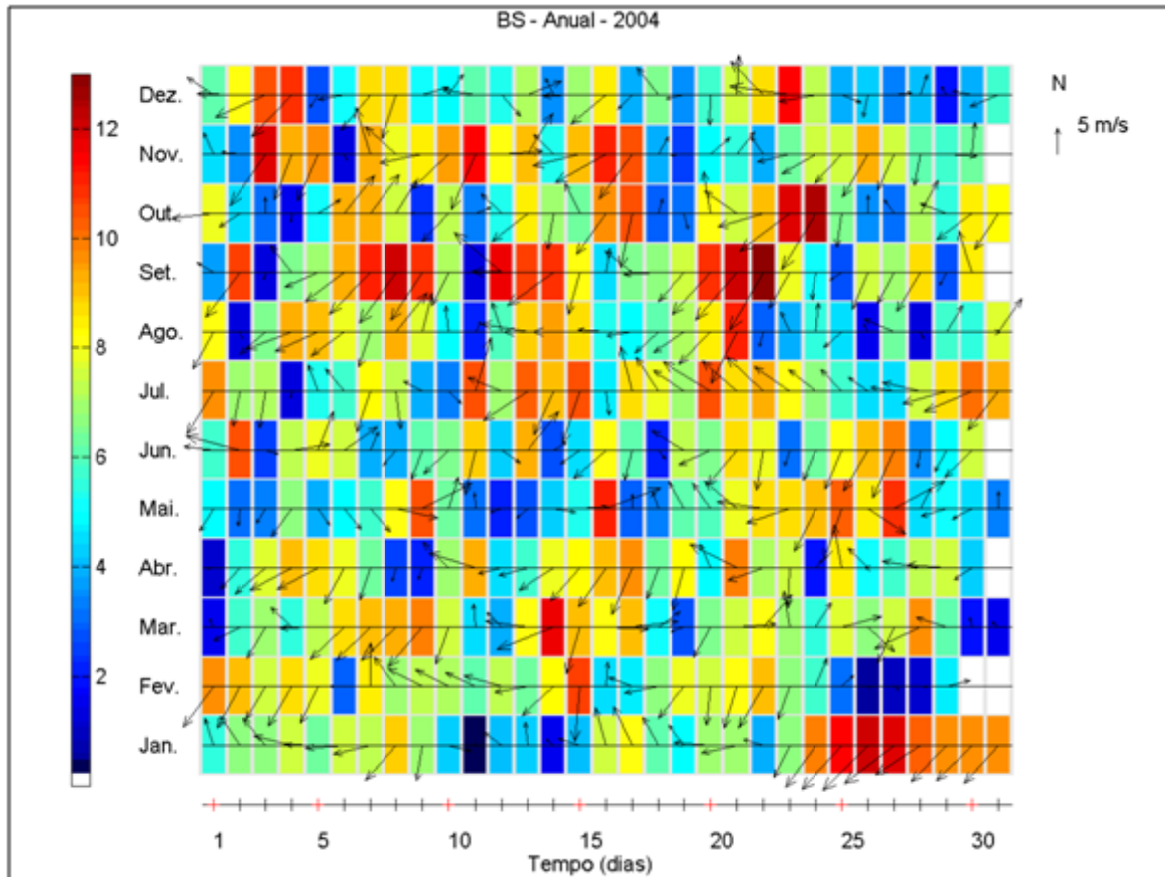


Figura II-2 - Diagrama stick plot dos valores médios diários de dados de vento (NCEP/CFSR) para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2004, na posição 25,33°S e 42,86° W, intervalo de amostragem $dt=1h$. A barra de cores lateral indica a intensidade dos vetores (convenção vetorial, em m/s).

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

Os histogramas demonstram que tanto durante o verão quanto durante o inverno os ventos mais frequentes foram provenientes de NE. No período de verão existe um segundo núcleo de observações, provenientes de E. Estas são associadas à ação de sistemas de alta de pressão ao sul da região de interesse. Já no período de inverno, a segunda direção com maior número de observações é SE, direção associada à passagem de sistemas frontais pela região.

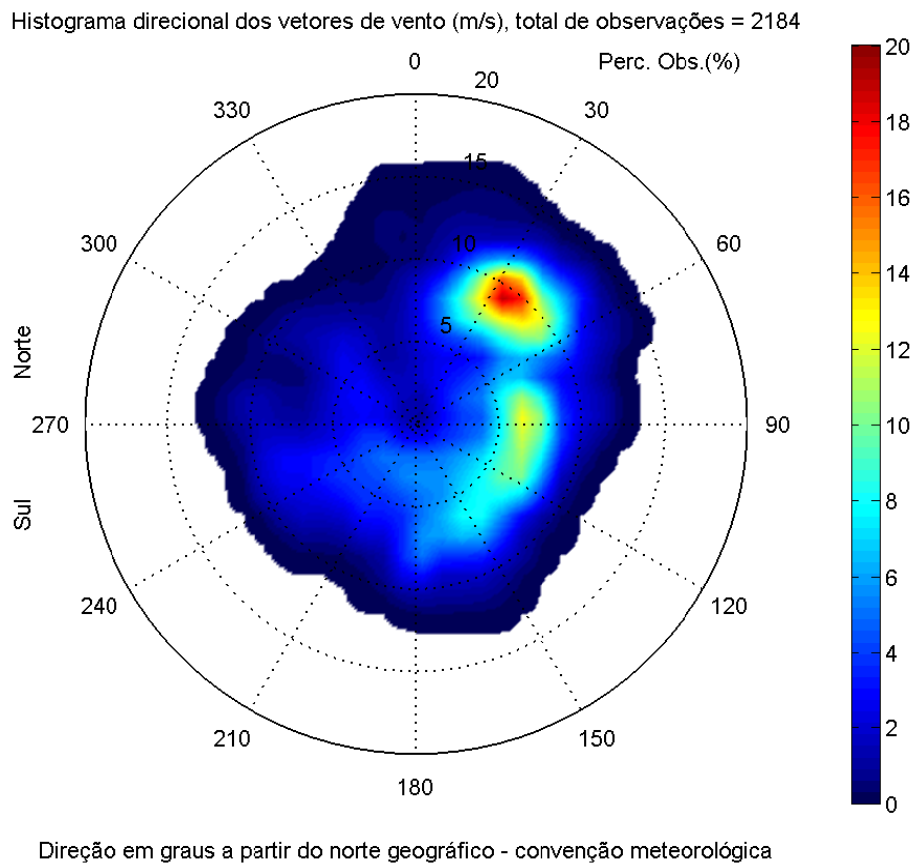
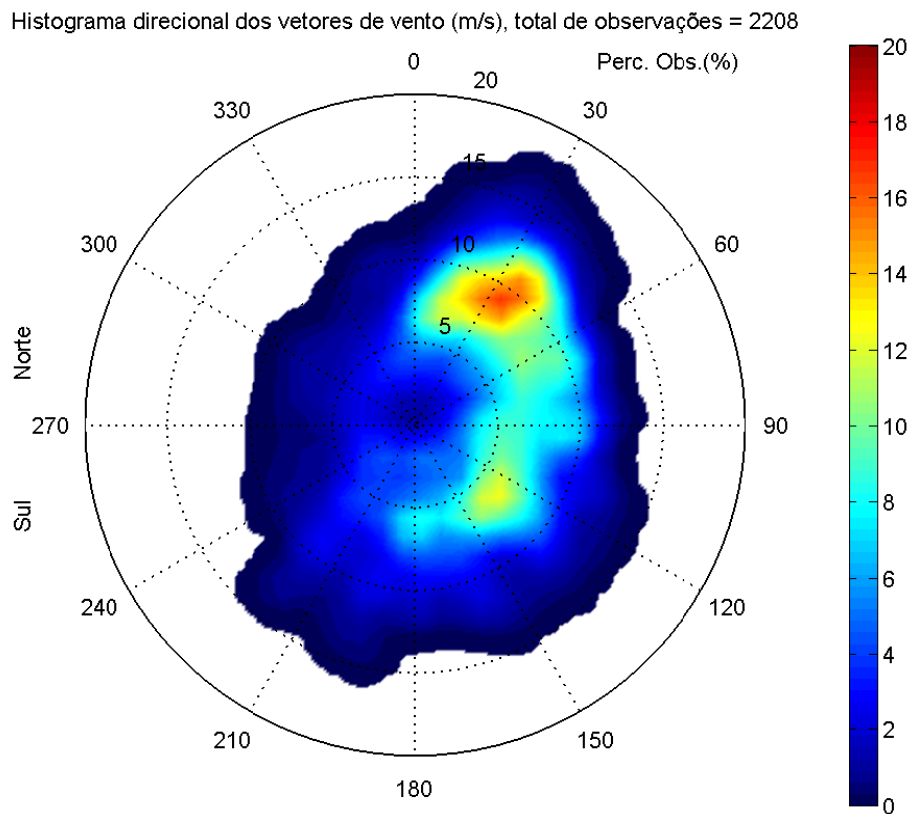


Figura II-3 - Histograma direcional dos vetores de vento (CFSR), para o período de verão (janeiro a março) do ano de 2004; a intensidade (círculos concêntricos) é apresentada em (m/s) e a escala de cores representa a porcentagem de observações (convenção meteorológica).



Direção em graus a partir do norte geográfico - convenção meteorológica

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

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

No período de verão (Tabela II-1) os ventos mais frequentes vieram de NE (19,0%) e NNE (12,5%). Os ventos com velocidade média máxima (9,2 m/s e 8,6 m/s) vieram dos quadrantes NE e NNE respectivamente. Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de N (14,6 m/s) e NNE (14,4 m/s).

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

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	2	2	1	2	2	1	3	2	0	1	2	3	1	1	1	0	24	1,1	110
1,0- 2,0	0	2	2	5	6	5	6	7	1	3	5	2	0	2	3	4	53	2,4	130
2,0- 3,0	2	3	7	7	4	3	10	9	9	10	12	10	2	4	4	1	97	4,4	174
3,0- 4,0	6	4	8	7	7	8	13	9	10	8	6	13	8	2	9	3	121	5,5	169
4,0- 5,0	1	9	10	12	11	25	18	9	22	8	14	5	2	9	5	3	163	7,5	137
5,0- 6,0	9	8	5	22	26	22	20	20	7	12	14	11	4	8	9	2	199	9,1	123
6,0- 7,0	7	16	17	38	61	44	36	32	18	13	6	16	7	4	13	4	332	15,2	108
7,0- 8,0	7	49	40	14	55	50	22	30	23	8	6	6	2	1	6	4	323	14,8	92
8,0- 9,0	12	46	42	16	18	14	17	20	19	1	5	15	11	2	6	2	246	11,3	68
9,0-10,0	0	65	115	27	12	6	6	10	11	1	5	13	7	3	6	1	288	13,2	46
10,0-11,0	3	42	96	14	14	0	0	5	3	1	2	2	10	4	0	2	198	9,1	41
11,0-12,0	4	15	42	11	2	0	0	4	0	0	0	0	2	0	0	1	81	3,7	44
12,0-13,0	2	4	24	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	34	1,6	40
13,0-14,0	1	5	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0,8	43
14,0-15,0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,3	12
Total	59	274	415	184	218	178	151	157	123	66	77	96	56	40	62	28	2184		
Porc.	2,7	12,5	19,0	8,4	10,0	8,2	6,9	7,2	5,6	3,0	3,5	4,4	2,6	1,8	2,8	1,3			
Vel. méd.	7,4	8,6	9,2	7,3	6,7	6,2	5,8	6,4	6,3	5,0	5,1	6,0	7,3	5,5	5,7	6,1			
Vel. máx.	14,6	14,4	13,9	13,7	11,4	9,4	9,9	11,4	11,0	10,1	10,2	10,7	11,4	10,9	9,4	12,0			
Perct. (0,9)	11,6	11,0	11,0	11,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	7,0	8,0	9,0	10,0	9,5	8,3	10,0			

No período de inverno (Tabela II-2) os ventos mais frequentes vieram de NE (16,8%) e NNE (15,6%). Os ventos com velocidade média máxima (9,3 m/s e 9,2 m/s) vieram dos quadrantes NE e NNE respectivamente. Os ventos mais intensos registrados foram provenientes de NNE (15,7 m/s) e NE (15,1 m/s).

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

Veloc. (m/s)	D I R E Ç Ã O																Tot.	Perc.	Dir. Méd.
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW			
0,0- 1,0	0	1	1	0	0	2	0	3	0	0	1	1	1	0	0	0	10	0,5	159
1,0- 2,0	0	0	3	0	2	2	0	7	4	3	1	2	1	3	0	1	29	1,3	175
2,0- 3,0	3	2	2	1	7	2	3	12	5	5	10	2	5	1	1	3	64	2,9	179
3,0- 4,0	9	3	5	3	13	12	10	5	6	7	6	7	2	6	8	7	109	4,9	111
4,0- 5,0	9	5	13	12	19	8	6	7	4	7	9	4	5	3	4	7	122	5,5	82
5,0- 6,0	19	14	17	6	23	35	30	19	26	12	9	1	1	2	2	7	223	10,1	115
6,0- 7,0	27	37	20	30	30	26	45	25	32	8	13	5	1	3	5	4	311	14,1	98
7,0- 8,0	22	45	43	31	16	32	30	12	13	3	4	2	2	4	1	2	262	11,9	71
8,0- 9,0	13	37	50	39	27	18	36	23	15	9	9	2	1	3	2	2	286	13,0	81
9,0-10,0	10	81	47	44	35	10	23	8	5	10	12	2	0	0	0	5	292	13,2	60
10,0-11,0	3	42	70	42	19	11	11	6	9	10	1	0	0	0	0	0	224	10,1	64
11,0-12,0	2	35	55	8	9	10	9	15	4	8	2	0	0	0	0	0	157	7,1	64
12,0-13,0	1	21	30	0	0	5	7	2	0	2	5	0	0	0	0	0	73	3,3	51
13,0-14,0	0	12	11	0	0	0	1	2	0	3	1	0	0	0	0	0	30	1,4	41
14,0-15,0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	10	0,5	36
15,0-16,0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,3	29
Total	118	345	371	216	200	173	211	146	123	89	83	28	19	25	23	38	2208		
Porc.	5,3	15,6	16,8	9,8	9,1	7,8	9,6	6,6	5,6	4,0	3,8	1,3	0,9	1,1	1,0	1,7			
Vel. méd.	6,7	9,2	9,3	8,3	7,2	7,0	7,5	6,8	6,6	7,6	6,7	4,9	4,2	5,0	5,0	5,5			
Vel. máx.	12,3	15,7	15,1	11,5	11,6	12,8	13,0	13,2	11,4	14,3	13,0	9,1	8,5	8,5	8,3	9,9			
Perct. (0,9)	9,0	12,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	11,0	10,0	11,0	10,2	8,0	7,0	8,0	7,2	9,0			

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

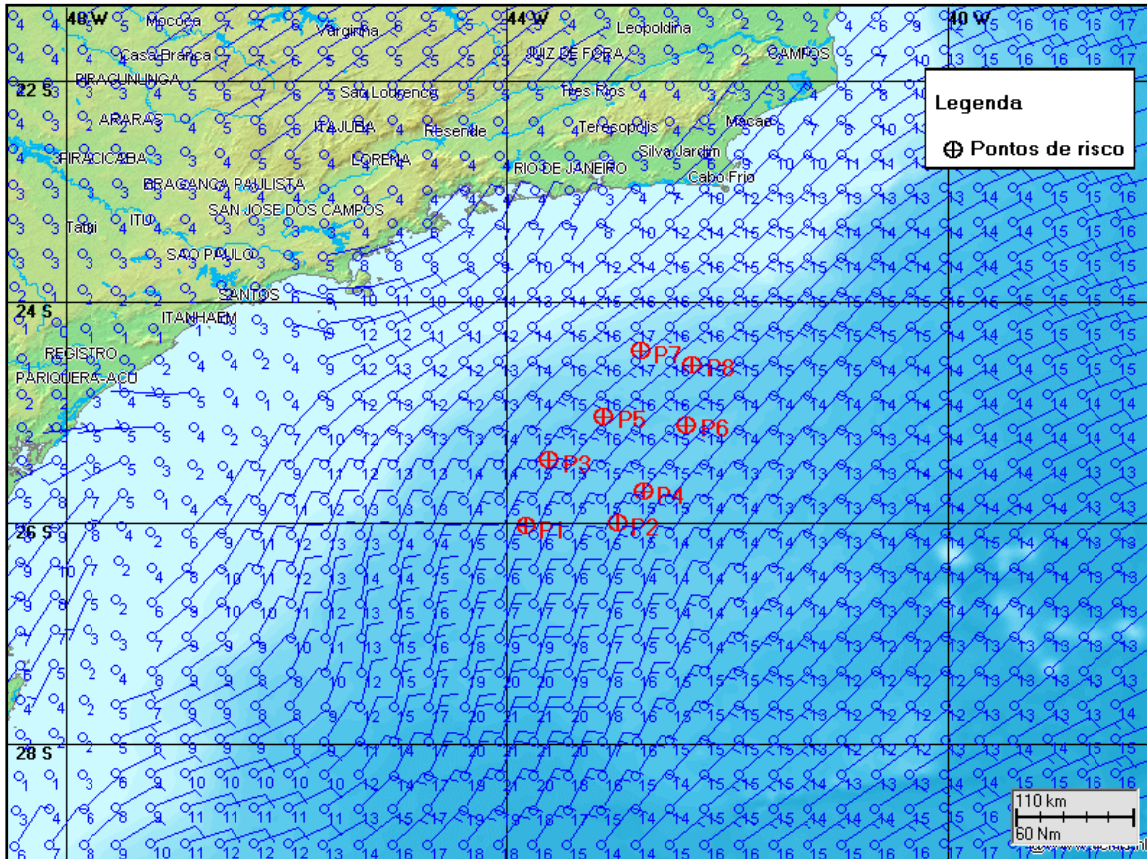


Figura II-5 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (condição mais frequente).

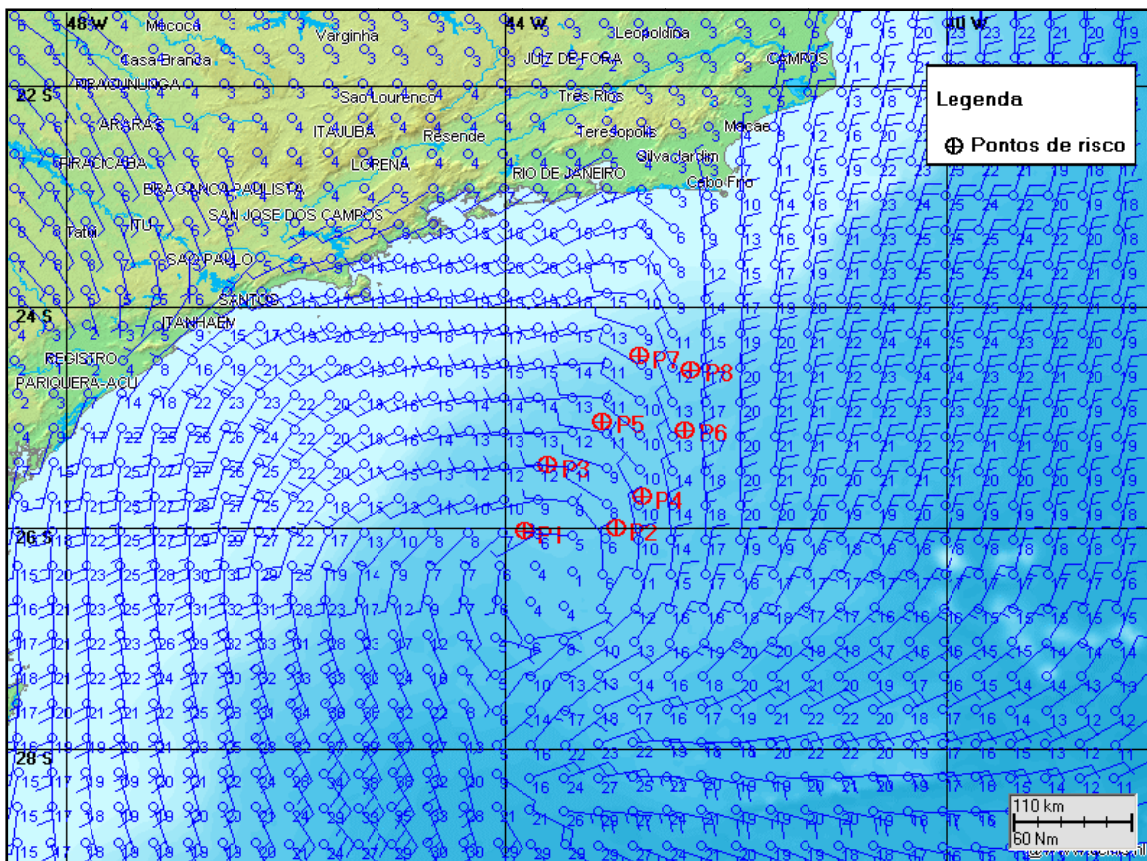


Figura II-6 - Instantâneo do campo de vento utilizado na modelagem de deriva de óleo apresentada neste estudo (passagem de sistema frontal).

II.1.3 Pontos de Modelagem e Volumes de Derrame

A posição geográfica dos pontos de modelagem foi definida de modo a representar a área do Projeto Etapa 2. A Tabela II-3 lista os pontos considerados na modelagem, suas coordenadas geográficas (*datum* SIRGAS2000) e a lâmina d'água local (em metros).

Tabela II-3 - Coordenadas (SIRGAS2000) dos pontos de modelagem.

PONTOS	BLOCOS	CAMPO/ÁREA	LATITUDE	LONGITUDE	LÂMINA D'ÁGUA* (m)
P1	BM-S-09	Campo de Sapinhoá	26°02'21,600"S	43°49'30,106"W	~ 2.250
P2	BM-S-09	Campo de Sapinhoá	26°00'59,107"S	42°59'12,954"W	~2.270
P3	BM-S-09	Área de Carioca	25°26'43,305"S	43°36'28,682"W	~2.150
P4	BM-S-11	Campo de Lula – Áreas de Lula Sul, Lula Alto e Lula Central	25°43'29,843"S	42°45'13,992"W	~2.180
P5	BM-S-11	Campo de Lula – Área de Iracema Norte	25°02'22,340"S	43°06'37,856"W	~2.100
P6	Cessão Onerosa	Área de NE de Tupi	25°07'01,295"S	42°21'21,302"W	~2.200
P7	Cessão Onerosa	Área de Franco	24°27'30,854"S	42°46'49,641"W	~1.500
P8	Cessão Onerosa	Área de Franco	24°34'10,631"S	42°17'55,270"W	~1.900

Fonte: PETROBRAS.

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

- a. Pequeno: 8,0 m³;
- b. Médio: 200,0 m³;
- c. Pior caso: 400.000,0 m³ (afundamento de FPSO).

O volume de pior caso utilizado nas simulações foi definido com base na hipótese do afundamento do FPSO Cidade de Ilhabela. O volume total corresponde à soma do volume de armazenamento óleo cru (388.471,0 m³) com a capacidade dos tanques de óleo combustível, diesel, óleo lubrificante, efluentes e de borra sólida perfaz (7.609,0 m³) e com o volume dos tanques de *slop* (11.356,0 m³ com teor de óleos e graxas de, aproximadamente, 1.000 ppm, totalizando 11,36 m³ de óleo). O somatório destes volumes corresponde a 396.091,36 m³ e de forma conservadora, na modelagem optou-se por adotar um volume de 400.000,0 m³.

Nas simulações com volume de pior caso, o derrame de todo o volume foi considerado contínuo ao longo de 24 horas (afundamento de unidade). Enquanto que nas simulações realizadas com os derrames pequeno (8,0 m³) e médio (200,0 m³), considerou-se o vazamento de todo o volume de óleo instantaneamente, ou seja, no instante inicial da simulação.

II.1.4 Características dos Produtos Utilizados

Com base nas informações disponíveis para a área em estudo foram realizadas simulações com os óleos que ocorrem no Polo Pré-Sal. As características físico-químicas definidas para os óleos crus 3-SPS-69, 1-SPS-50, 3-RJS-646, 4-RJS-647, 3-RJS-662-A e 2-ANP-0001-RJS, adotadas nas simulações, são apresentadas da Tabela II-4 até a Tabela II-9.

. As informações apresentadas foram fornecidas pela PETROBRAS e complementadas com o banco de dados da TETRA TECH.

Tabela II-4 - Características do óleo 3-SPS-69.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	3-SPS-69
Grau API	30,80
Densidade (g/cm ³)	0,871
Viscosidade dinâmica (cP) a 20°C	58,30
Tensão interfacial (din./cm)	22,00
Ponto de ebulição inicial (K)	390,00
Gradiente da curva de evaporação	660,00
Constante de evaporação A	6,40
Constante de evaporação B	11,40

Fonte: PETROBRAS/TETRA TECH.

Tabela II-5 - Características do óleo 1-SPS-50.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	1-SPS-50
Grau API	27,20
Densidade (g/cm ³)	0,887
Viscosidade dinâmica (cP) a 25°C	85,48
Tensão interfacial (din./cm)	30,00
Ponto de ebulição inicial (K)	450,00
Gradiente da curva de evaporação	660,00
Constante de evaporação A	9,10
Constante de evaporação B	12,80

Fonte: PETROBRAS/ TETRA TECH.

Tabela II-6 - Características do óleo 3-RJS-646.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	3-RJS-646
Grau API	28,40
Densidade (g/cm ³)	0,884
Viscosidade dinâmica (cP) a 25°C	55,97
Tensão interfacial (din./cm)	25,00
Ponto de ebulição inicial (K)	410,00
Gradiente da curva de evaporação	680,00
Constante de evaporação A	7,00
Constante de evaporação B	11,70

Fonte: PETROBRAS/ TETRA TECH.

Tabela II-7 - Características do óleo 4-RJS-647.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	4-RJS-647
Grau API	31,00
Densidade (g/cm ³)	0,870
Viscosidade dinâmica (cP) a 25°C	0,78
Tensão interfacial (din./cm)	30,00
Ponto de ebulição inicial (K)	410,00
Gradiente da curva de evaporação	580,00
Constante de evaporação A	8,60
Constante de evaporação B	12,55

Fonte: PETROBRAS/ TETRA TECH.

Tabela II-8 - Características do óleo 3-RJS-662-A.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	3-RJS-662-A
Grau API	29,20
Densidade (g/cm ³)	0,881
Viscosidade dinâmica (cP) a 25°C	1,32
Tensão interfacial (din./cm)	30,00
Ponto de ebulição inicial (K)	400,00
Gradiente da curva de evaporação	690,00
Constante de evaporação A	6,4
Constante de evaporação B	11,14

Fonte: PETROBRAS/ TETRA TECH.

Tabela II-9 - Características do óleo 2-ANP-0001-RJS.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	2-ANP-0001-RJS
Grau API	28,40
Densidade (g/cm ³)	0,884
Viscosidade dinâmica (cP) a 25°C	51,58
Tensão interfacial (din./cm)	30,00
Ponto de ebulição inicial (K)	400,00
Gradiente da curva de evaporação	700,00
Constante de evaporação A	6,2
Constante de evaporação B	11,3

Fonte: PETROBRAS/ TETRA TECH.

II.2 CRITÉRIOS DE PARADA ADOTADOS NAS SIMULAÇÕES

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

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

II.3 RESUMO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

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

A Tabela II-10 apresenta um resumo dos cenários simulados neste estudo de derrame de óleo para o Polo Pré-Sal.

Tabela II-10 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas.

CENÁRIOS	PRODUTO (PETRÓLEO)	VOLUME (m³)	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO
P1_BMS9_VER_8	3-SPS-69	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P1_BMS9_VER_200	3-SPS-69	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P1_BMS9_VER_PC	3-SPS-69	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P1_BMS9_INV_8	3-SPS-69	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P1_BMS9_INV_200	3-SPS-69	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P1_BMS9_INV_PC	3-SPS-69	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P2_BMS9_VER_8	3-SPS-69	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P2_BMS9_VER_200	3-SPS-69	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P2_BMS9_VER_PC	3-SPS-69	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P2_BMS9_INV_8	3-SPS-69	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P2_BMS9_INV_200	3-SPS-69	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P2_BMS9_INV_PC	3-SPS-69	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P3_BMS9_VER_8	1-SPS-50	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P3_BMS9_VER_200	1-SPS-50	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P3_BMS9_VER_PC	1-SPS-50	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P3_BMS9_INV_8	1-SPS-50	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P3_BMS9_INV_200	1-SPS-50	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P3_BMS9_INV_PC	1-SPS-50	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P4_BMS11_VER_8	3-RJS-646	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P4_BMS11_VER_200	3-RJS-646	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P4_BMS11_VER_PC	3-RJS-646	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P4_BMS11_INV_8	3-RJS-646	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P4_BMS11_INV_200	3-RJS-646	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P4_BMS11_INV_PC	3-RJS-646	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P5_BMS11_VER_8	4-RJS-647	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P5_BMS11_VER_200	4-RJS-647	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P5_BMS11_VER_PC	4-RJS-647	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P5_BMS11_INV_8	4-RJS-647	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P5_BMS11_INV_200	4-RJS-647	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P5_BMS11_INV_PC	4-RJS-647	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P6_ONEROSA_VER_8	3-RJS-662A	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P6_ONEROSA_VER_200	3-RJS-662A	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P6_ONEROSA_VER_PC	3-RJS-662A	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P6_ONEROSA_INV_8	3-RJS-662A	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P6_ONEROSA_INV_200	3-RJS-662A	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P6_ONEROSA_INV_PC	3-RJS-662A	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P7_ONEROSA_VER_8	2-ANP-0001-RJS	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P7_ONEROSA_VER_200	2-ANP-0001-RJS	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P7_ONEROSA_VER_PC	2-ANP-0001-RJS	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P7_ONEROSA_INV_8	2-ANP-0001-RJS	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P7_ONEROSA_INV_200	2-ANP-0001-RJS	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P7_ONEROSA_INV_PC	2-ANP-0001-RJS	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno
P8_ONEROSA_VER_8	2-ANP-0001-RJS	8,0	instantâneo	30 dias	Verão
P8_ONEROSA_VER_200	2-ANP-0001-RJS	200,0	instantâneo	30 dias	Verão
P8_ONEROSA_VER_PC	2-ANP-0001-RJS	400.000,0	24 horas	31 dias	Verão
P8_ONEROSA_INV_8	2-ANP-0001-RJS	8,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P8_ONEROSA_INV_200	2-ANP-0001-RJS	200,0	instantâneo	30 dias	Inverno
P8_ONEROSA_INV_PC	2-ANP-0001-RJS	400.000,0	24 horas	31 dias	Inverno

Para que se pudesse incorporar a variabilidade dessas forçantes, foi realizada, com o modelo OILMAP, uma série de 600 simulações determinísticas para cada cenário probabilístico. O número de simulações é definido, através de testes, para incorporar as variabilidades das forçantes oceanográficas e meteorológicas da área de estudo, considerando os recursos computacionais disponíveis e o tempo para execução do trabalho. No Anexo B são apresentados os resultados dos testes realizados.

III RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE ÓLEO

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações probabilísticas, determinísticas críticas e determinísticas das condições mais frequentes para potenciais derrames de óleo no Polo Pré-Sal.

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

III.1 SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS

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

A Tabela III-1 apresenta a extensão da costa com probabilidade de toque referente aos cenários probabilísticos individuais simulados. Para os cenários que não apresentaram toque na costa, apresenta-se, na Tabela III-2, a menor distância em relação à mesma. Observa-se que a condição de verão apresentou uma maior porcentagem de cenários com probabilidade de toque na costa. A maior extensão de costa atingida pelo óleo foi de, aproximadamente, 1.289,2 km, resultante do derrame de pior caso para o Ponto 1 (BM-S-9) durante o período de verão. No inverno a maior extensão foi de 1.258,9 km foi resultante do derrame de pior caso para o Ponto 8 (Cessão Onerosa).

Tabela III-1 - Extensão da costa com probabilidade de toque para os cenários individuais.

CENÁRIOS	EXTENSÃO DE TOQUE NA COSTA (km)
P1_BMS9_VER_200	959,9
P1_BMS9_VER_PC	1.289,2
P1_BMS9_INV_PC	4,8
P2_BMS9_VER_200	333,7
P2_BMS9_VER_PC	372,2
P3_BMS9_VER_200	1.216,3
P3_BMS9_VER_PC	1.176,2
P4_BMS11_VER_200	661,7
P4_BMS11_VER_PC	706,7
P7_ONEROSA_VER_200	905,4
P7_ONEROSA_VER_PC	917,9
P7_ONEROSA_INV_200	763,5
P7_ONEROSA_INV_PC	852,0
P8_ONEROSA_VER_200	613,3
P8_ONEROSA_VER_PC	773,4
P8_ONEROSA_INV_8	6,2
P8_ONEROSA_INV_200	1.148,6
P8_ONEROSA_INV_PC	1.258,9

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

CENÁRIOS	MENOR DISTÂNCIA COM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
P1_BMS9_VER_8	66,2	Florianópolis - SC
P1_BMS9_INV_8	44,7	Florianópolis - SC
P1_BMS9_INV_200	30,0	Florianópolis - SC
P2_BMS9_VER_8	130,5	Ilhabela - SP
P2_BMS9_INV_8	38,8	Ilhabela - SP
P2_BMS9_INV_200	23,0	Ilhabela - SP
P2_BMS9_INV_PC	22,4	Ilhabela - SP
P3_BMS9_VER_8	36,8	Florianópolis - SC
P3_BMS9_INV_8	36,9	Florianópolis - SC
P3_BMS9_INV_200	23,8	Florianópolis - SC
P3_BMS9_INV_PC	1,4	Ilha do Xavier - Florianópolis - SC
P4_BMS11_VER_8	115,0	Ilhabela - SP
P4_BMS11_INV_8	74,5	Ilhabela - SP
P4_BMS11_INV_200	24,3	Ilhabela - SP
P4_BMS11_INV_PC	23,0	Ilhabela - SP
P5_BMS11_VER_8	93,3	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P5_BMS11_VER_200	83,0	Arraial do Cabo - RJ
P5_BMS11_VER_PC	15,3	Ilha da Queimada Grande - Itanhaém - SP
P5_BMS11_INV_8	160,0	Arraial do Cabo - RJ
P5_BMS11_INV_200	130,0	Arraial do Cabo - RJ
P5_BMS11_INV_PC	28,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P6_ONEROSA_VER_8	181,1	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P6_ONEROSA_VER_200	166,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P6_ONEROSA_VER_PC	21,2	Ilha da Queimada Grande - Itanhaém - SP
P6_ONEROSA_INV_8	174,2	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P6_ONEROSA_INV_200	135,0	Arraial do Cabo - RJ
P6_ONEROSA_INV_PC	20,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
P7_ONEROSA_VER_8	24,0	Florianópolis - SC
P7_ONEROSA_INV_8	11,8	Ilhabela - SP
P8_ONEROSA_VER_8	23,5	Squarema - RJ

Na Tabela III-3 apresentam-se o percentual de simulações que impactaram a linha de costa, o menor período de tempo e o tempo médio para o óleo atingir a costa, referente aos cenários probabilísticos.

Tabela III-3 - Resumo dos resultados da modelagem probabilística para os pontos do Polo Pré-Sal.

CENÁRIOS	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	TEMPO MÉDIO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	PERCENTAGEM DE SIMULAÇÕES COM TOQUE NA COSTA (%)	MUNICÍPIO DE PRIMEIRO TOQUE
P1_BMS9_VER_200	375	609	19,6	Ilha do Arvoredo / Ilha Deserta - Bombinhas - SC
P1_BMS9_VER_PC	375	631	30,7	Ilha da Galé - Bombinhas – SC
P1_BMS9_INV_PC	744	745	0,3	Balneário Barra Sul – SC
P2_BMS9_VER_200	502	572	3,9	Ilha dos Lobos - Balneário Barra do Sul – SC
P2_BMS9_VER_PC	502	585	5,2	Porto Belo - SC
P3_BMS9_VER_200	419	590	25,6	Balneário Camburiú - SC
P3_BMS9_VER_PC	416	612	31,8	Ilha da Galé - Bombinhas – SC
P4_BMS11_VER_200	478	625	8,9	Ilha Remédios - Balneário Barra do Sul – SC
P4_BMS11_VER_PC	473	620	9,5	Ilha Mandigituba São Francisco do Sul - SC
P7_ONEROSA_VER_200	439	578	11,8	Iguape - SP
P7_ONEROSA_VER_PC	407	598	21,7	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP
P7_ONEROSA_INV_200	459	647	27,4	Ilha da Vitória Ilhabela - SP
P7_ONEROSA_INV_PC	426	655	35,8	Ilha da Vitória Ilhabela - SP
P8_ONEROSA_VER_200	398	563	10,1	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP
P8_ONEROSA_VER_PC	397	594	18,3	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP
P8_ONEROSA_INV_8	156	594	20,1	Ilhas Maricás Maricá - RJ
P8_ONEROSA_INV_200	129	557	24,2	Arraial do Cabo / Araruama - RJ
P8_ONEROSA_INV_PC	129	617	34,5	Arraial do Cabo - RJ

Os menores tempos de toque calculados referem-se aos cenários de derrame de volume médio e de pior caso. Para o verão, o menor tempo calculado foi de 375 horas, ocorrendo na Ilha Deserta (Bombinhas – SC) para o volume médio e na Ilha da Galé (Bombinhas – SC) no pior caso, referentes aos cenários do Ponto

1 (Bloco BM-S-9). Enquanto no inverno foi de 129 horas em Arraial do Cabo – RJ tanto para o volume médio como para o de pior caso no inverno, referente aos cenários do Ponto 8 (Cessão Onerosa).

A seguir, são apresentadas figuras com os resultados das simulações probabilísticas para os três volumes de derrame.

Cabe aqui ressaltar que, em todas as ilustrações de intervalos de probabilidade de óleo na água e costa, apresentadas neste capítulo, 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

Nas Figuras III-1 a III-10 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume pequeno (8,0 m³).

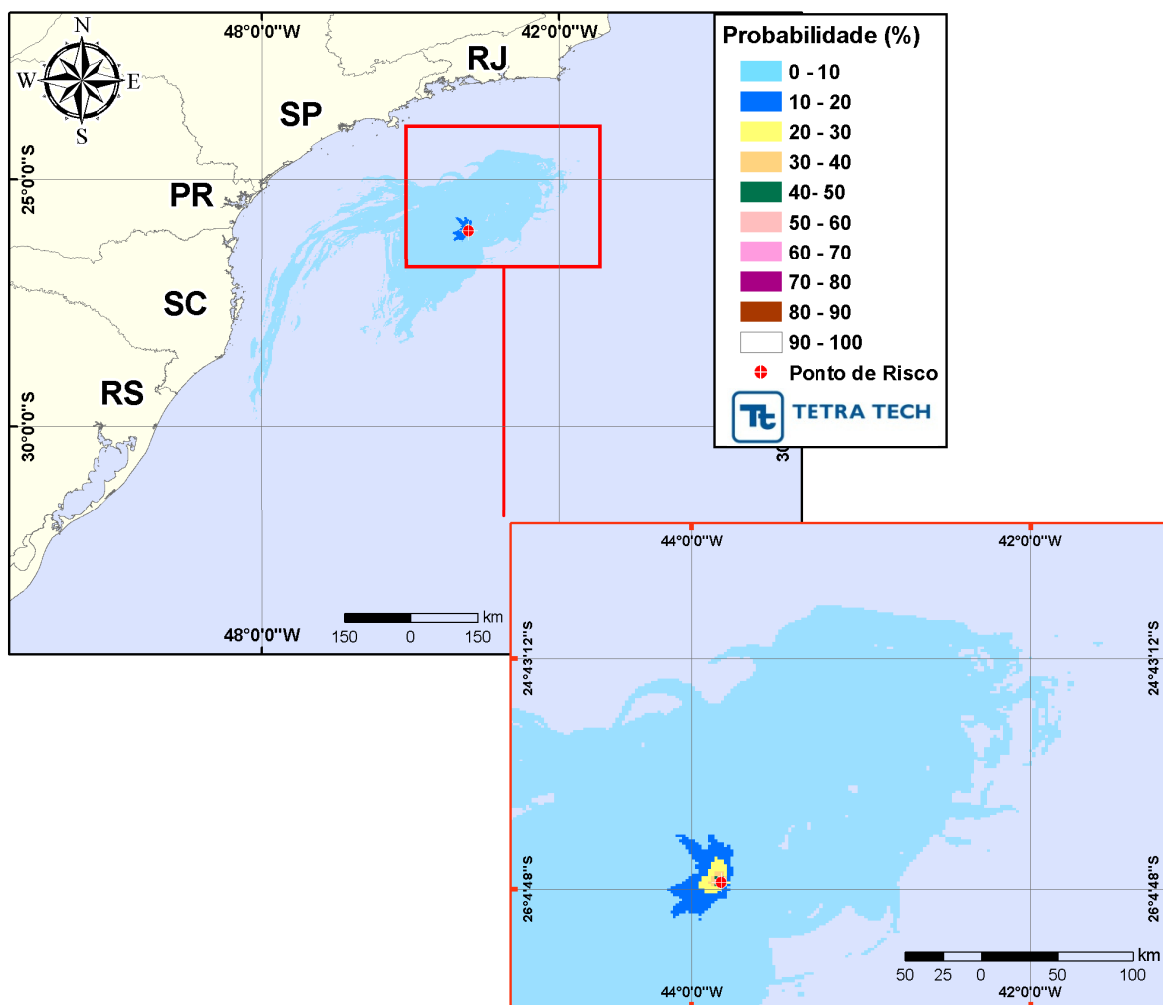


Figura III-1 - Cenário P1_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

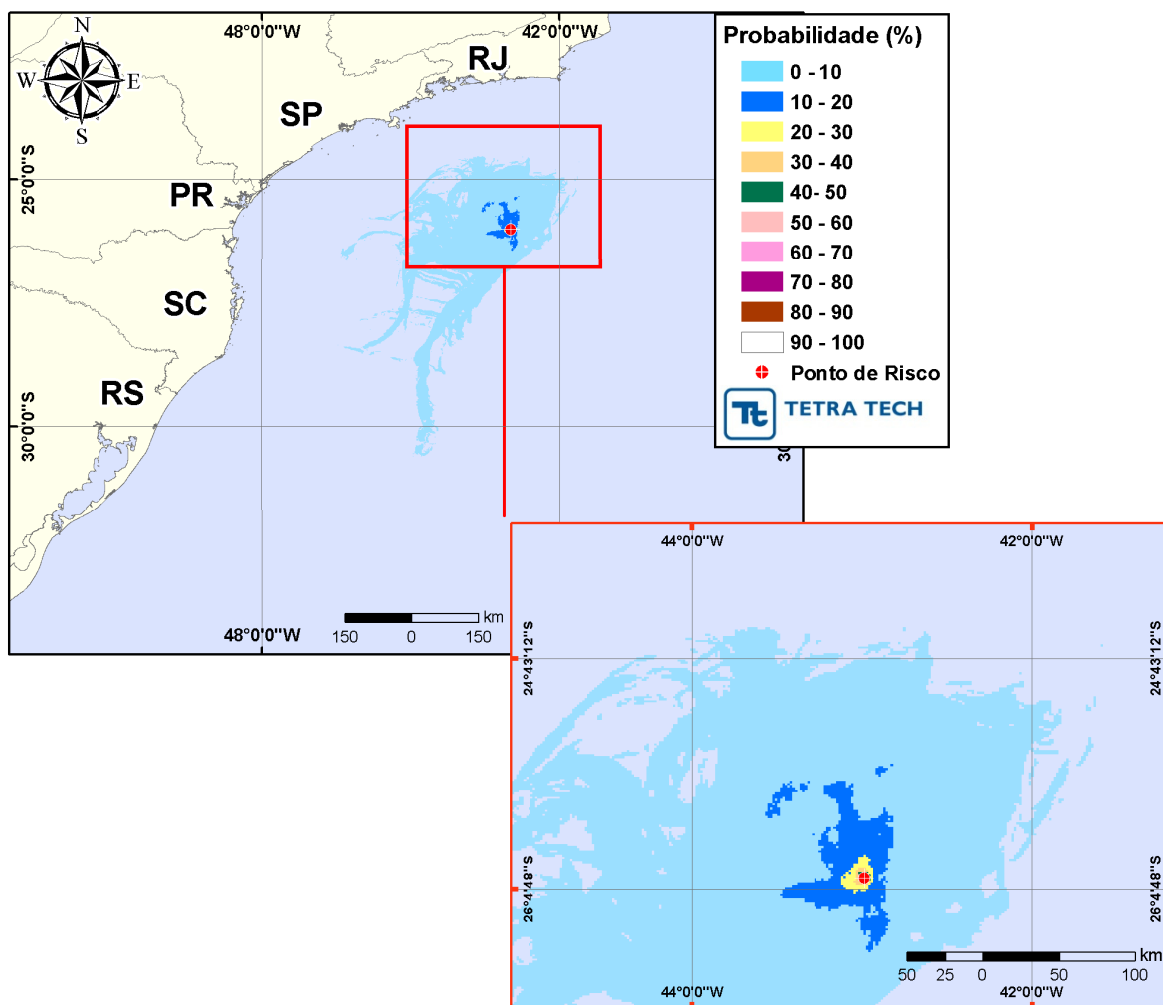


Figura III-2 - Cenário P2_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

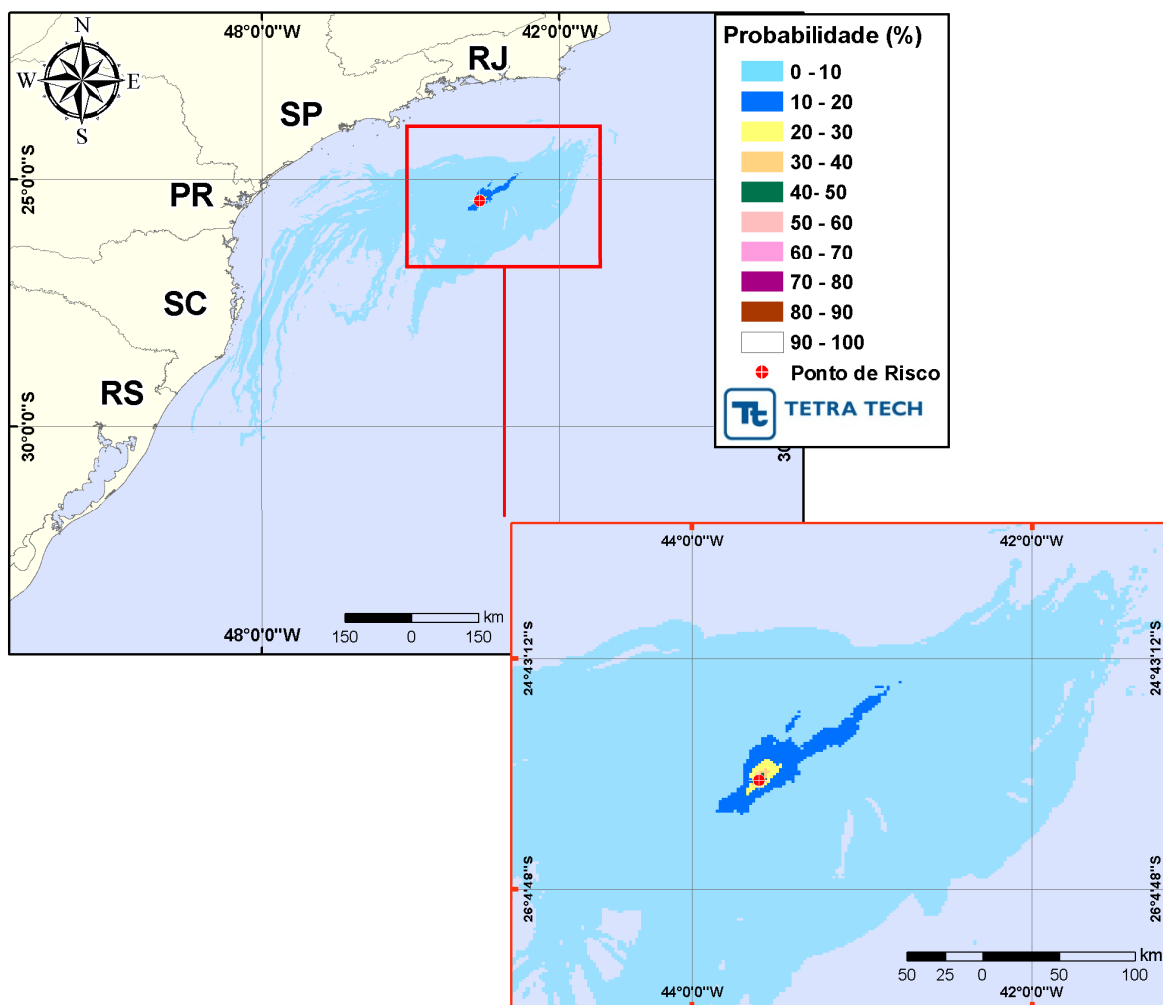


Figura III-3 - Cenário P3_BMS9_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

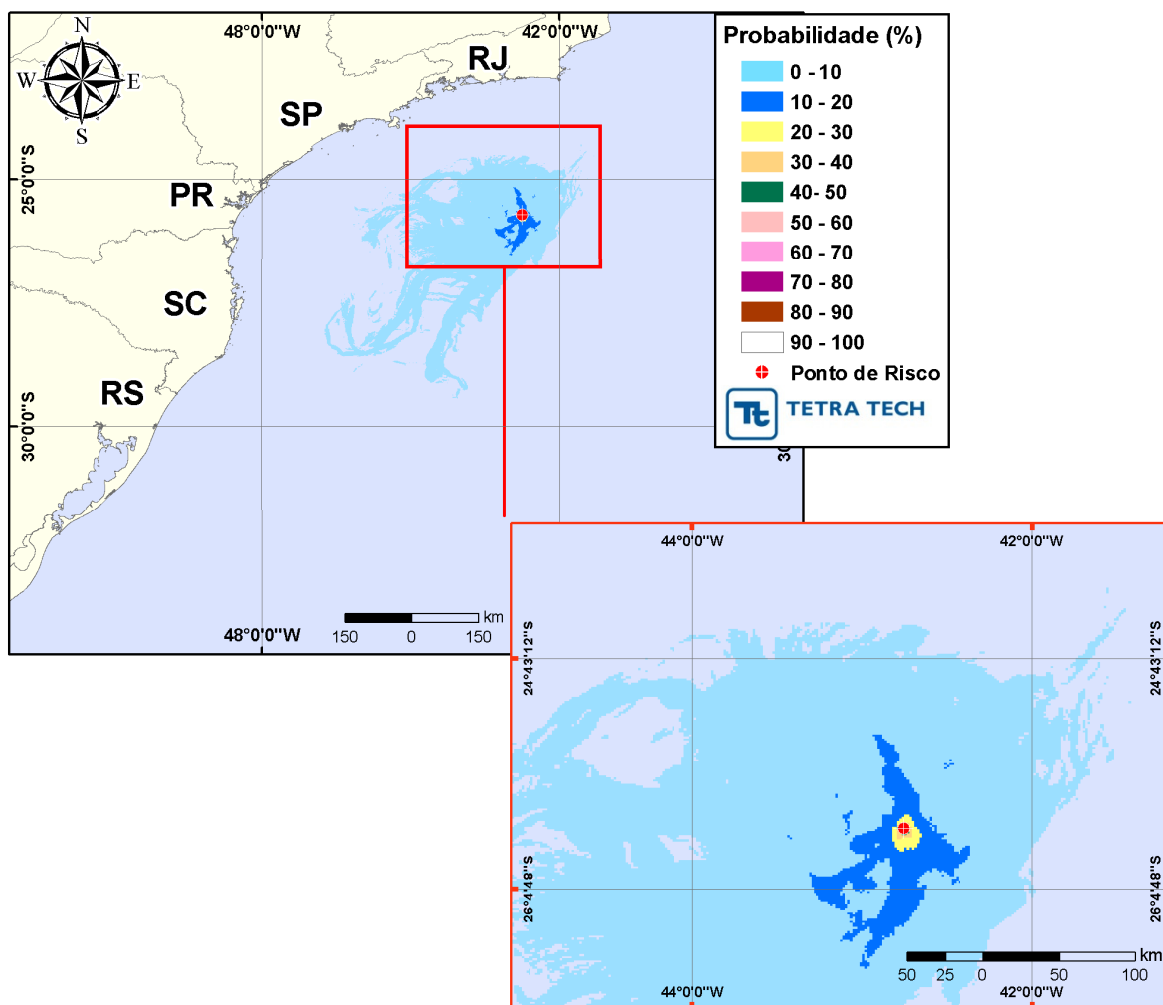


Figura III-4 - Cenário P4_BMS11_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

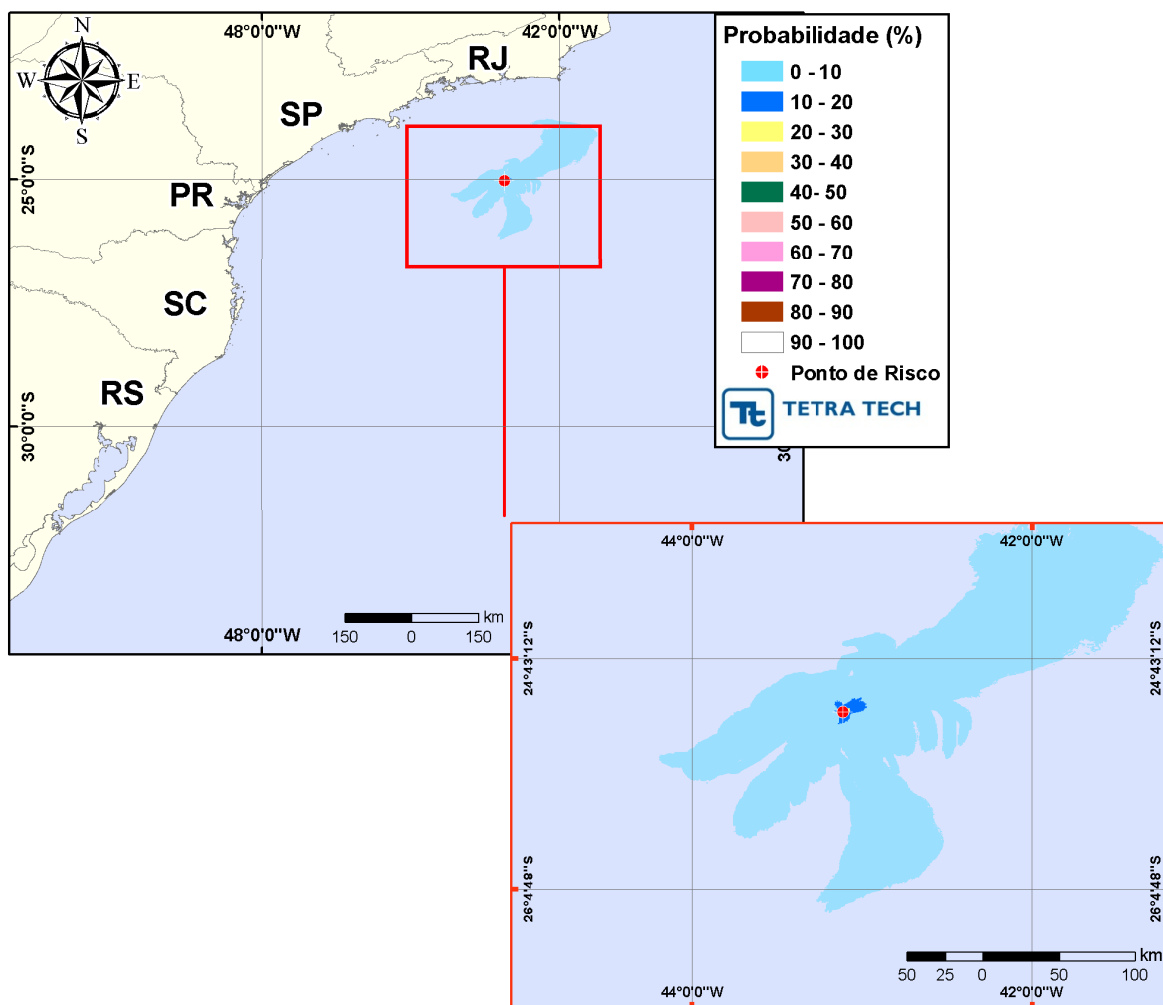


Figura III-5 - Cenário P5_BMS11_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

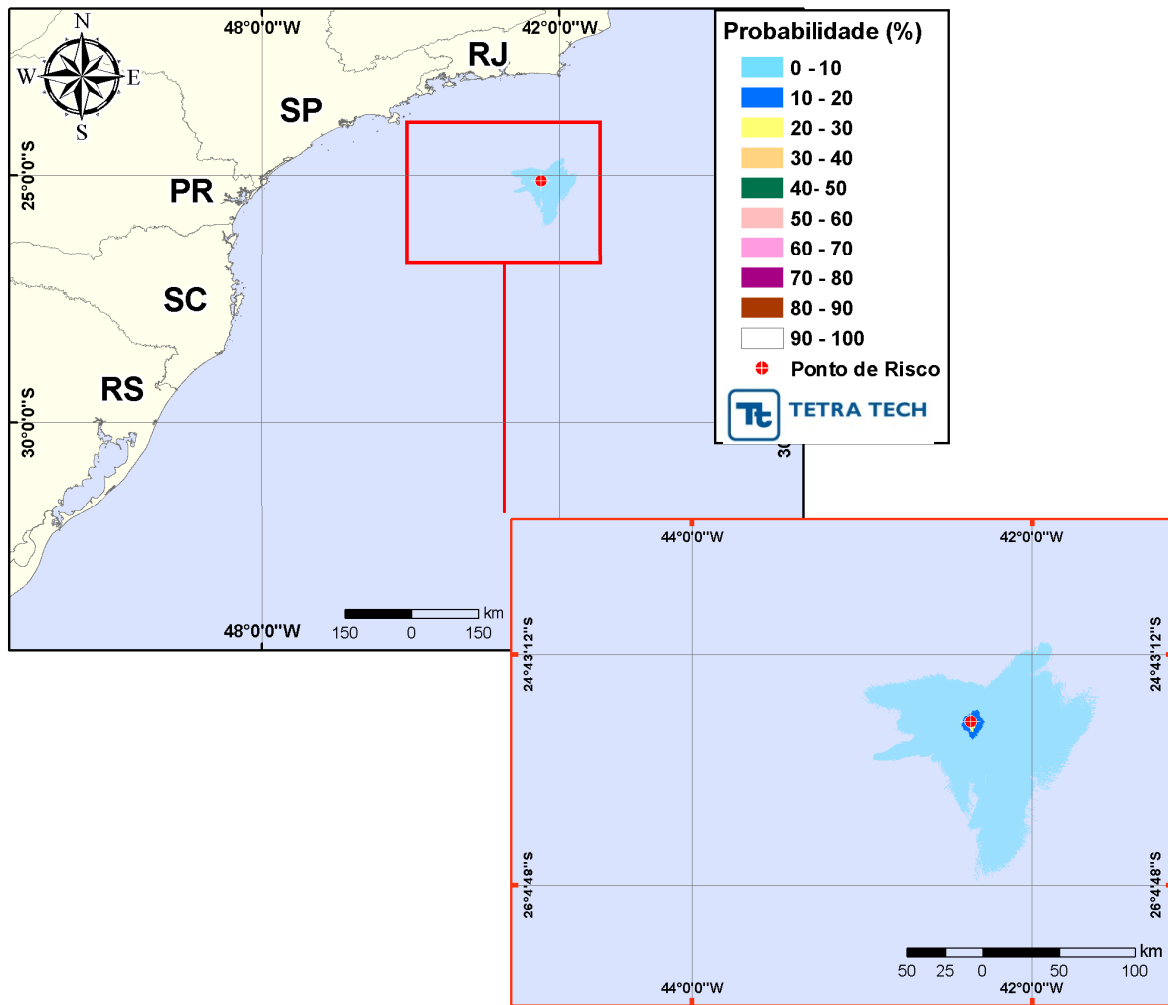


Figura III-6 - Cenário P6_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

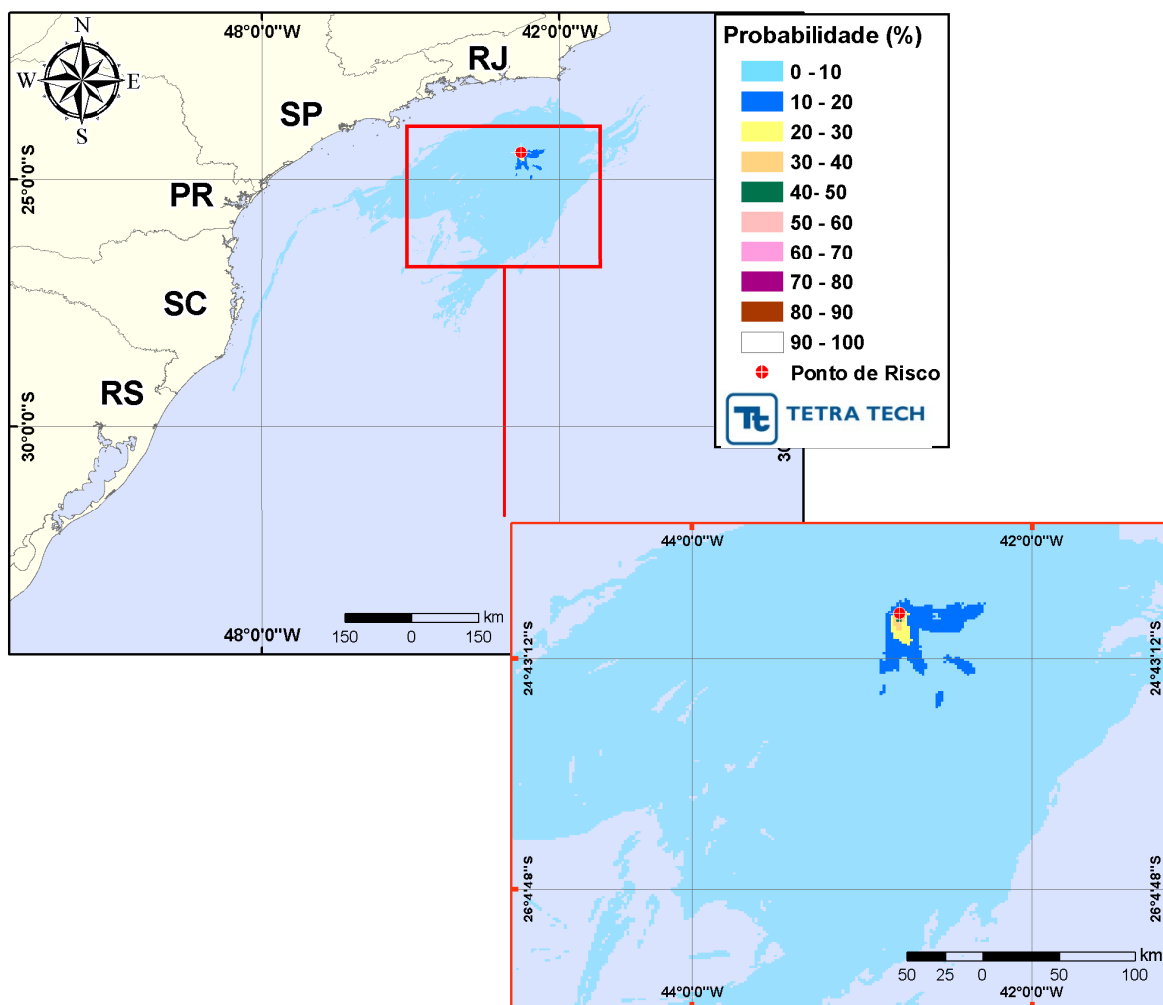


Figura III-7 - Cenário P7_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

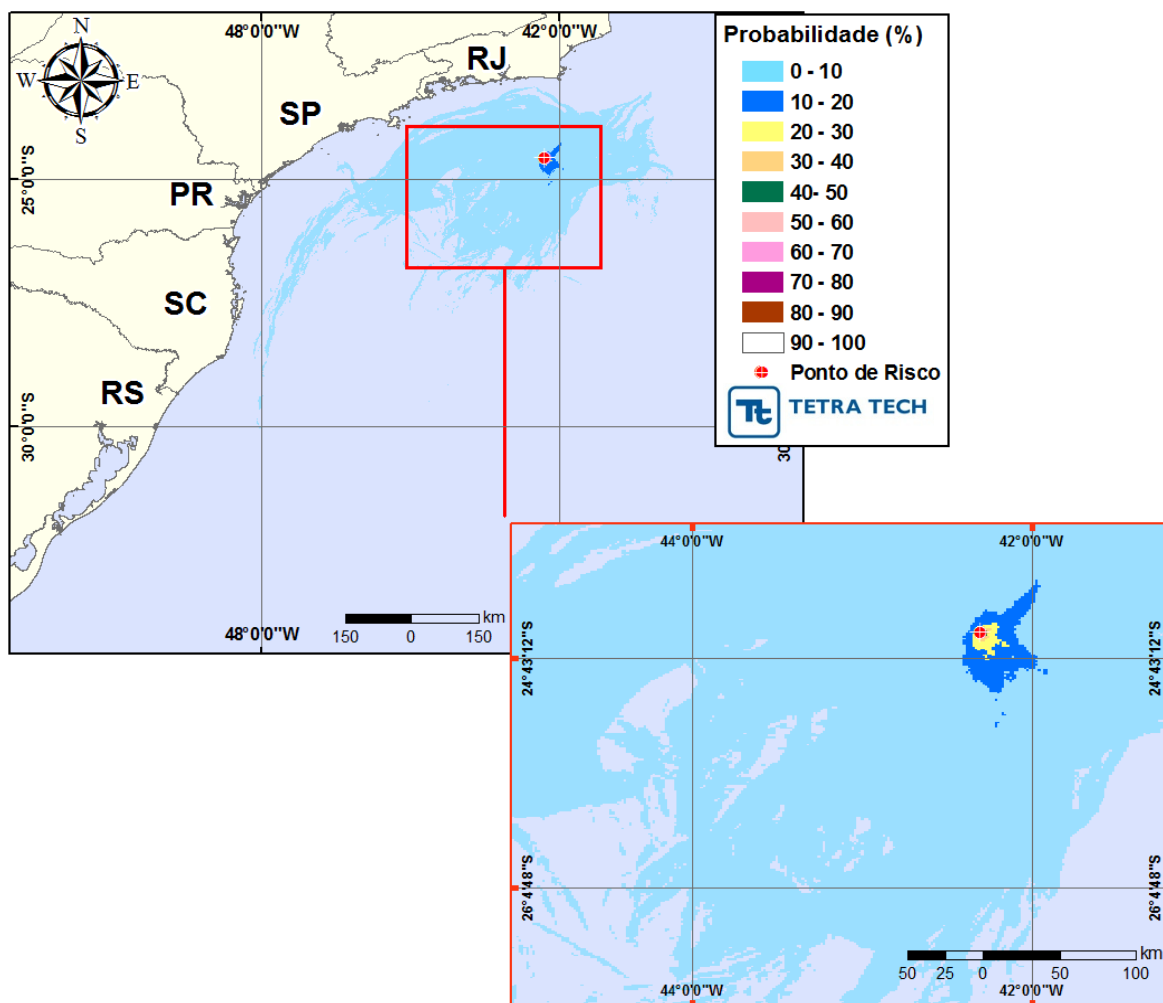


Figura III-8 - Cenário P8_ONEROSA_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Figura III-9 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários de verão com derrame de volume pequeno. Observa-se que não há probabilidade de toque na costa.

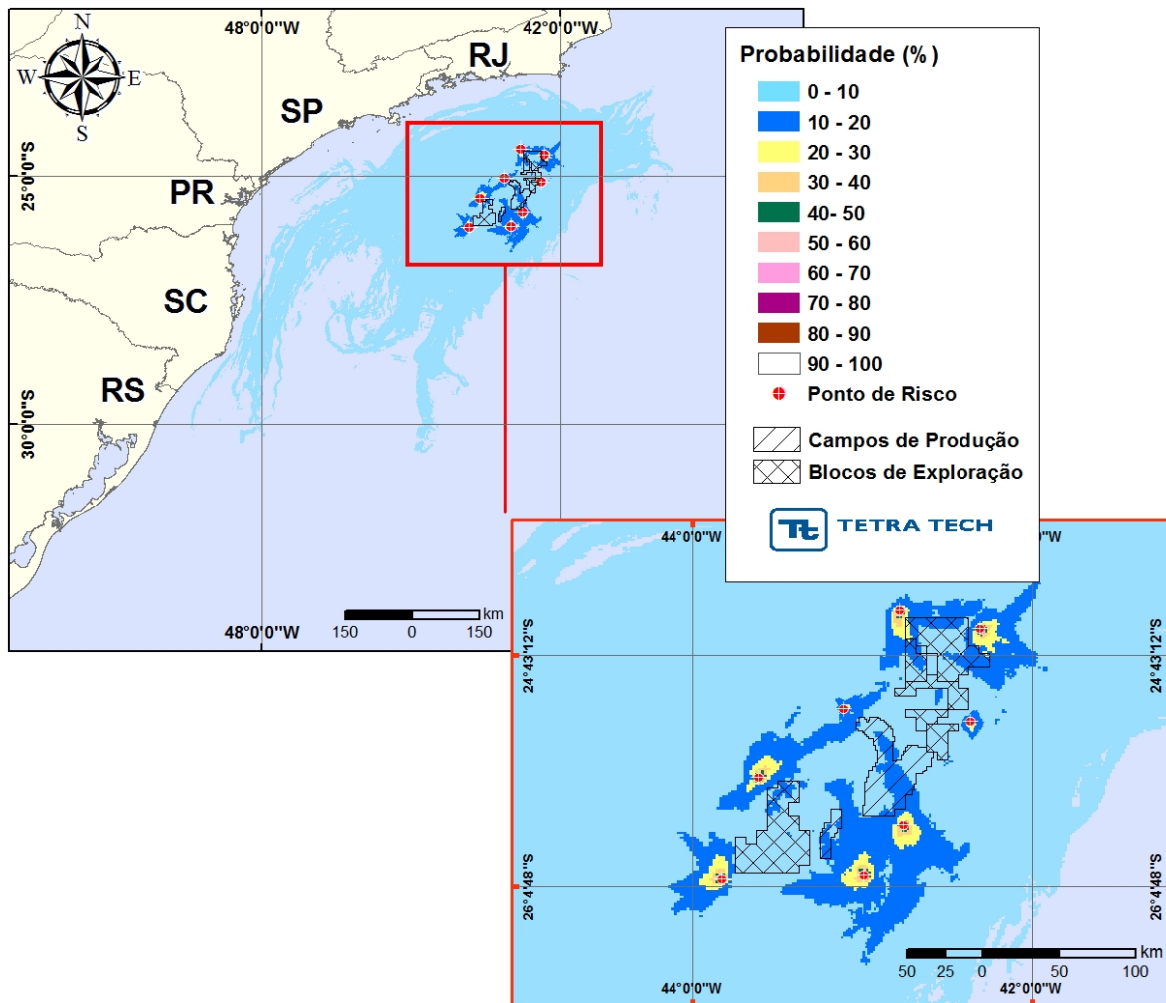


Figura III-9 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-10 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume pequeno, simulados durante o verão.

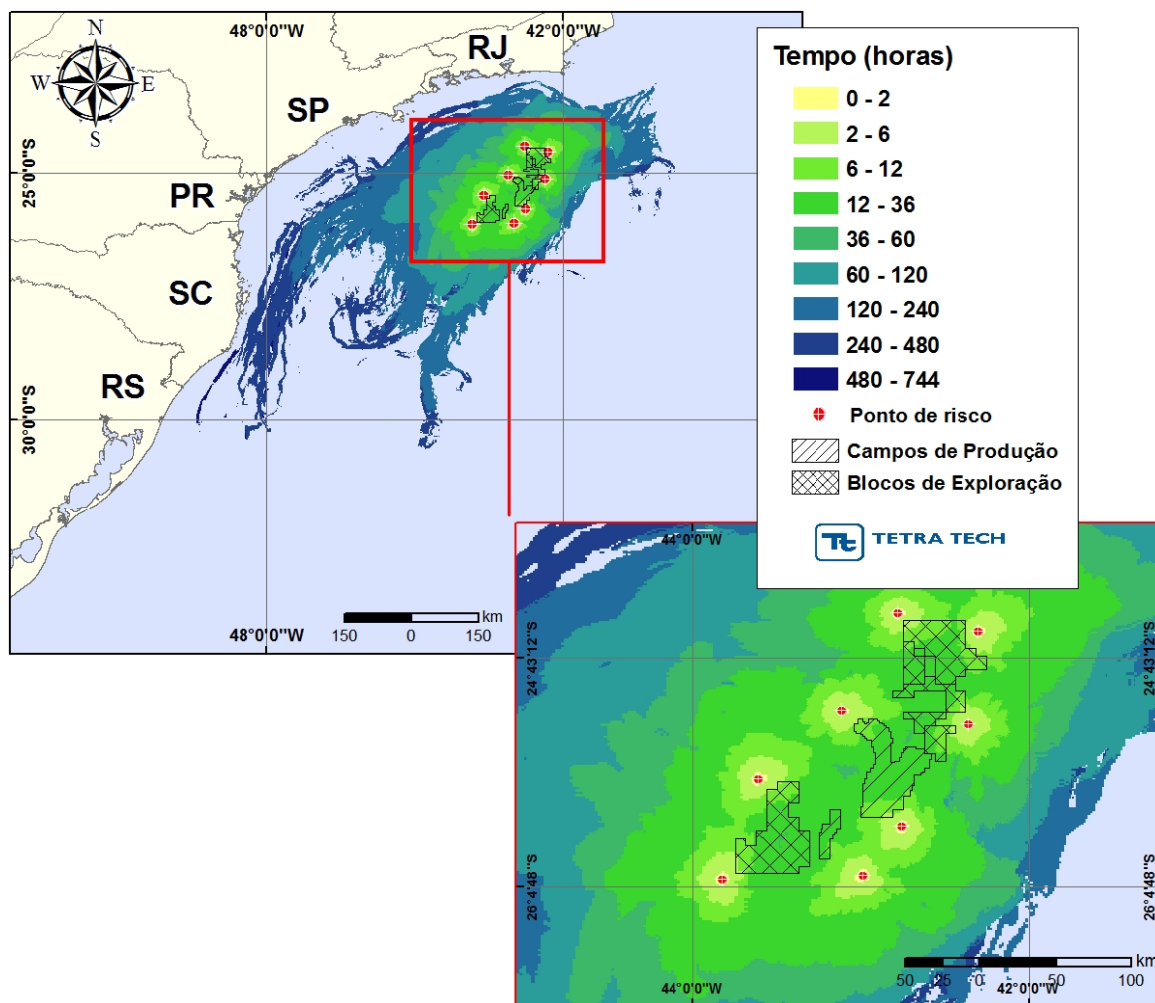


Figura III-10 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-11 a Figura III-22 apresentam os resultados das simulações probabilísticas de derrame de volume pequeno no Polo Pré-Sal, para os meses de inverno. Os resultados são apresentados individualmente por ponto de modelagem e integrados para o Polo Pré-Sal. A extensão total de toque na costa foi estimada em 6,2 km, resultante do cenário simulado para o ponto de modelagem P8. A maior probabilidade de toque calculada foi de 1%.

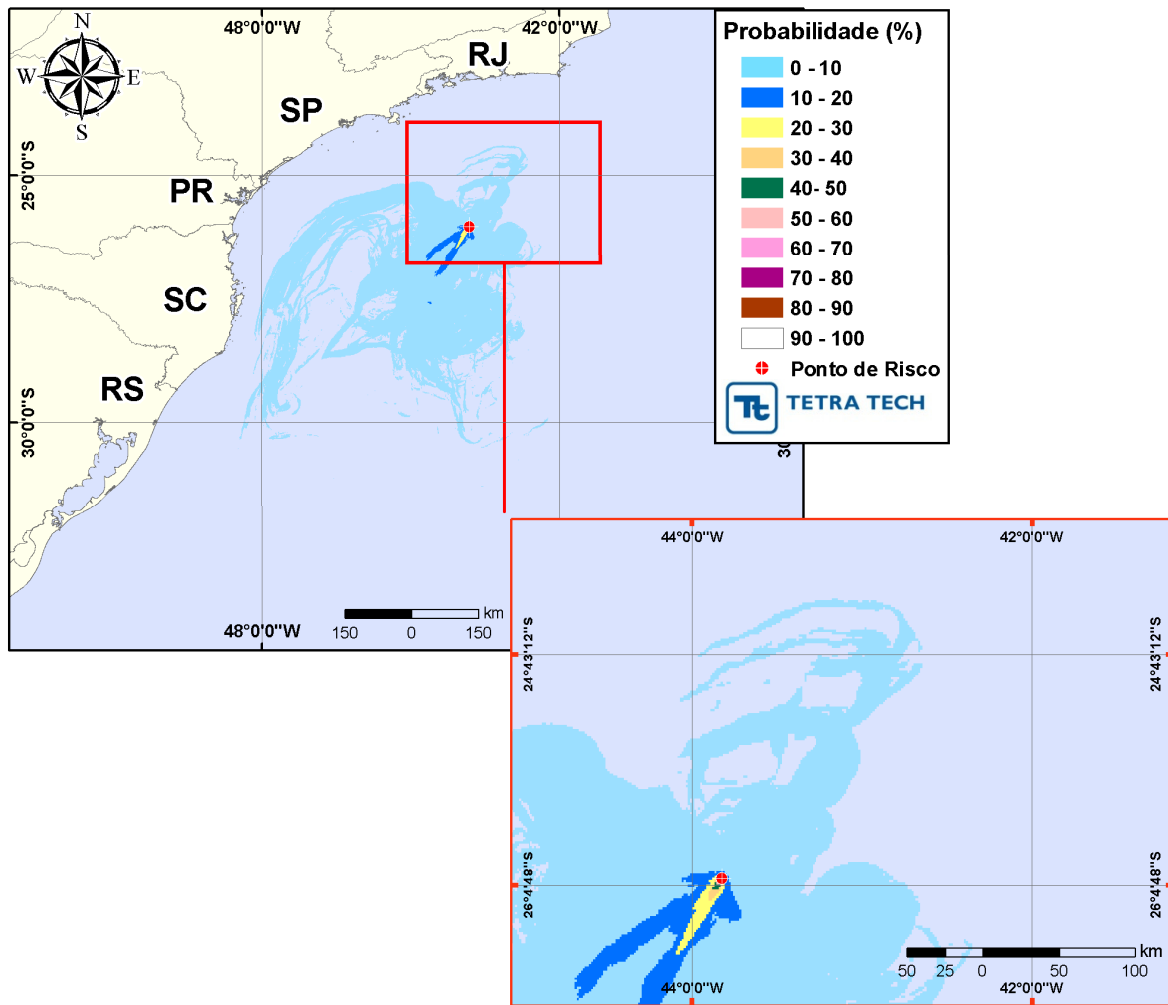


Figura III-11 - Cenário P1_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

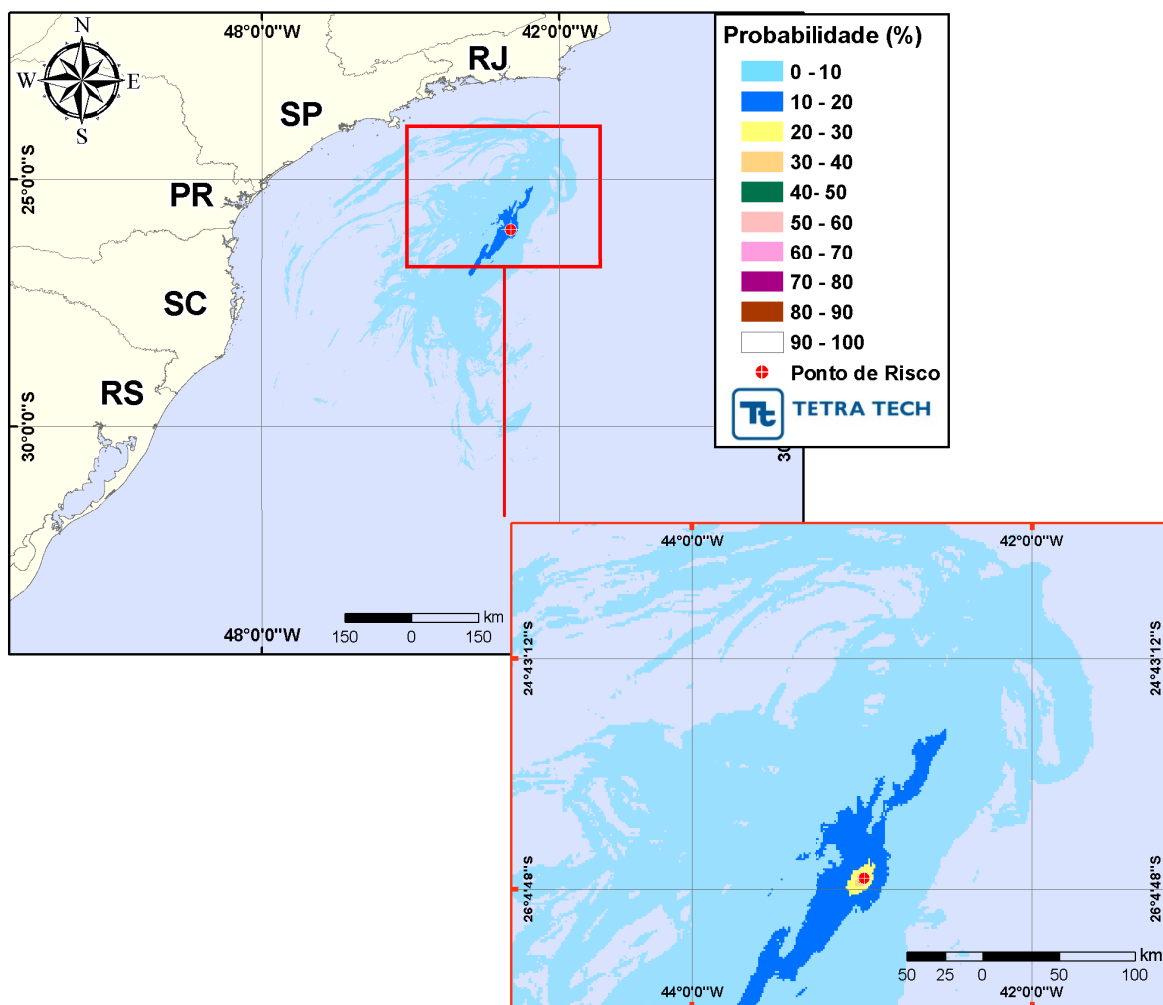


Figura III-12 - Cenário P2_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

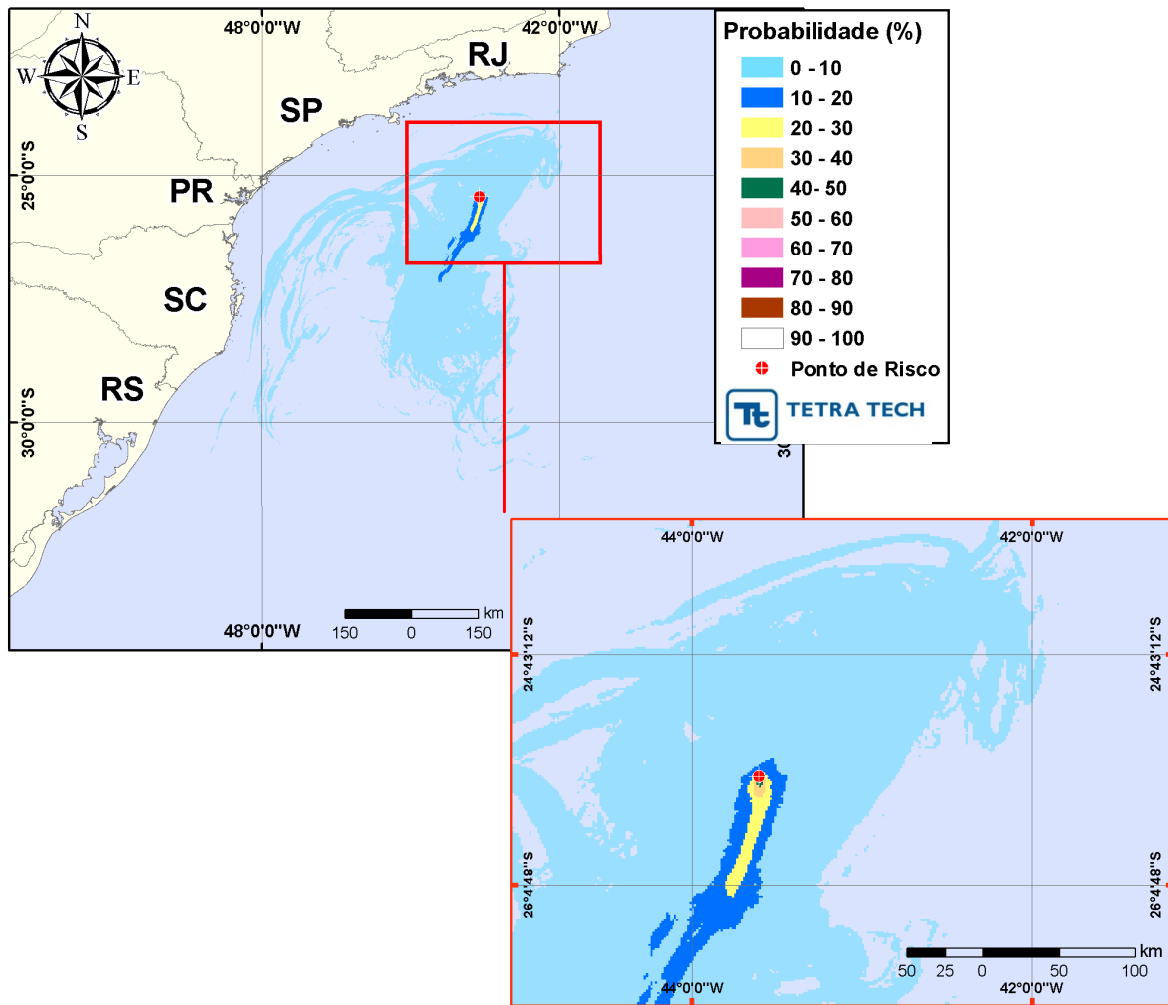


Figura III-13 - Cenário P3_BMS9_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

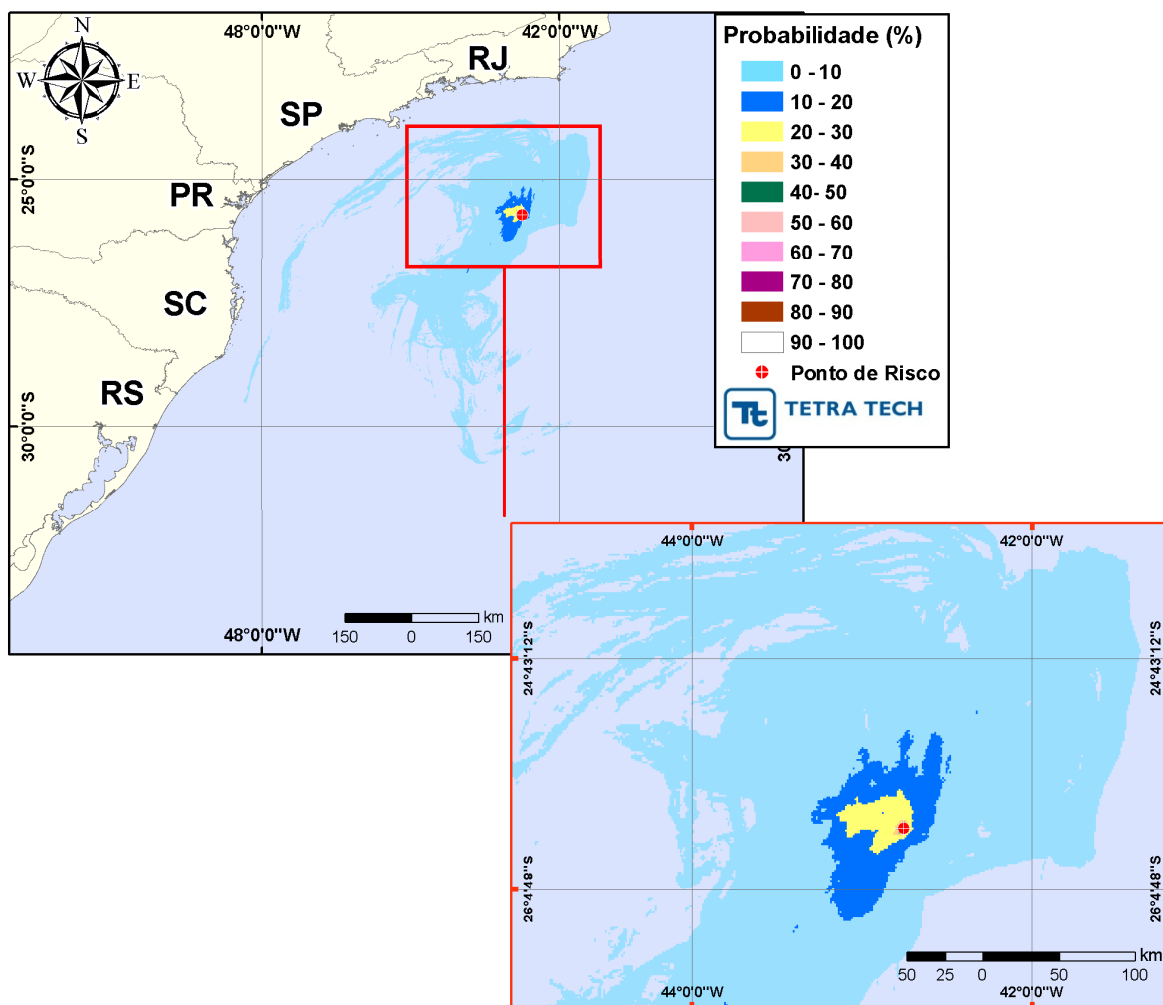


Figura III-14 - Cenário P4_BMS11_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

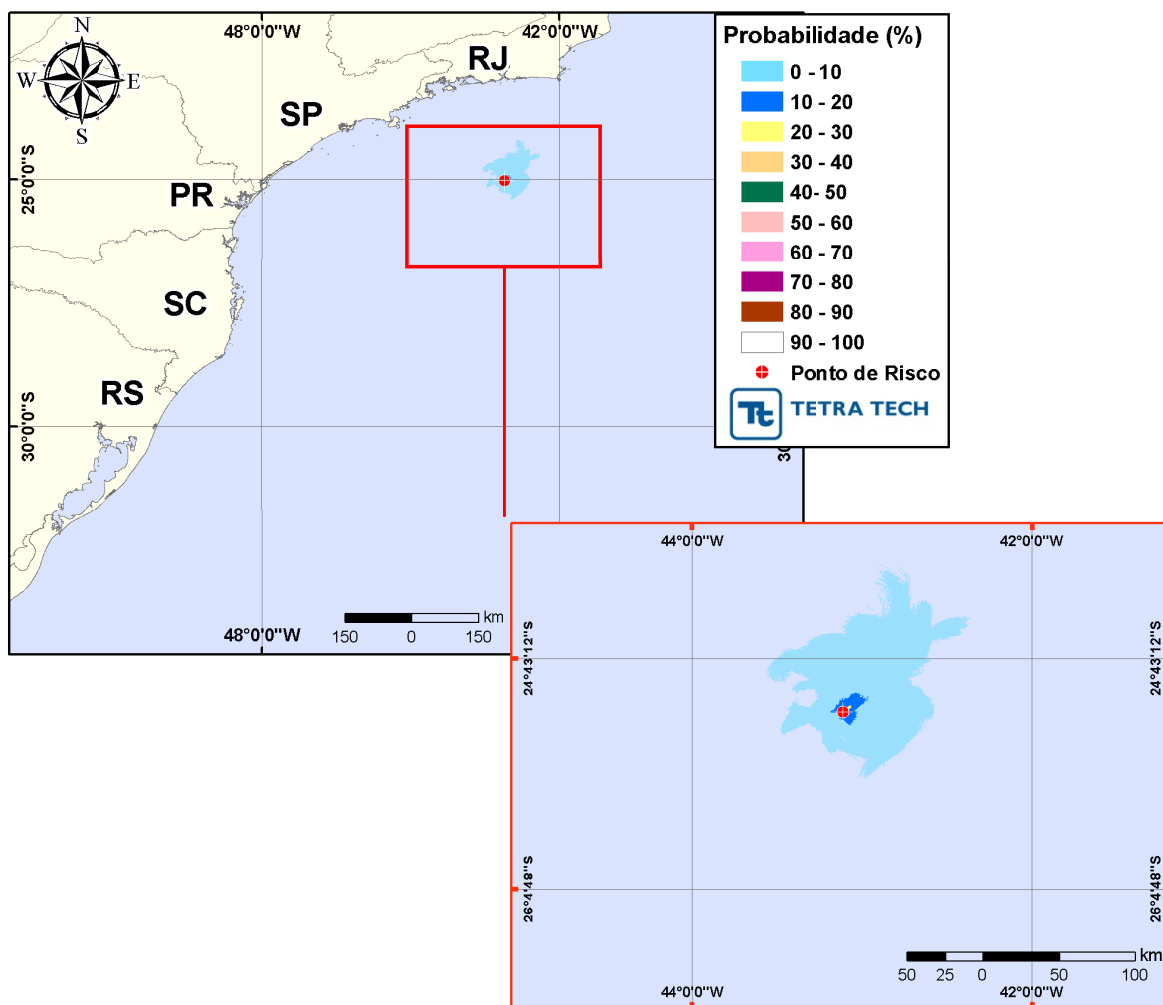


Figura III-15 - Cenário P5_BMS11_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

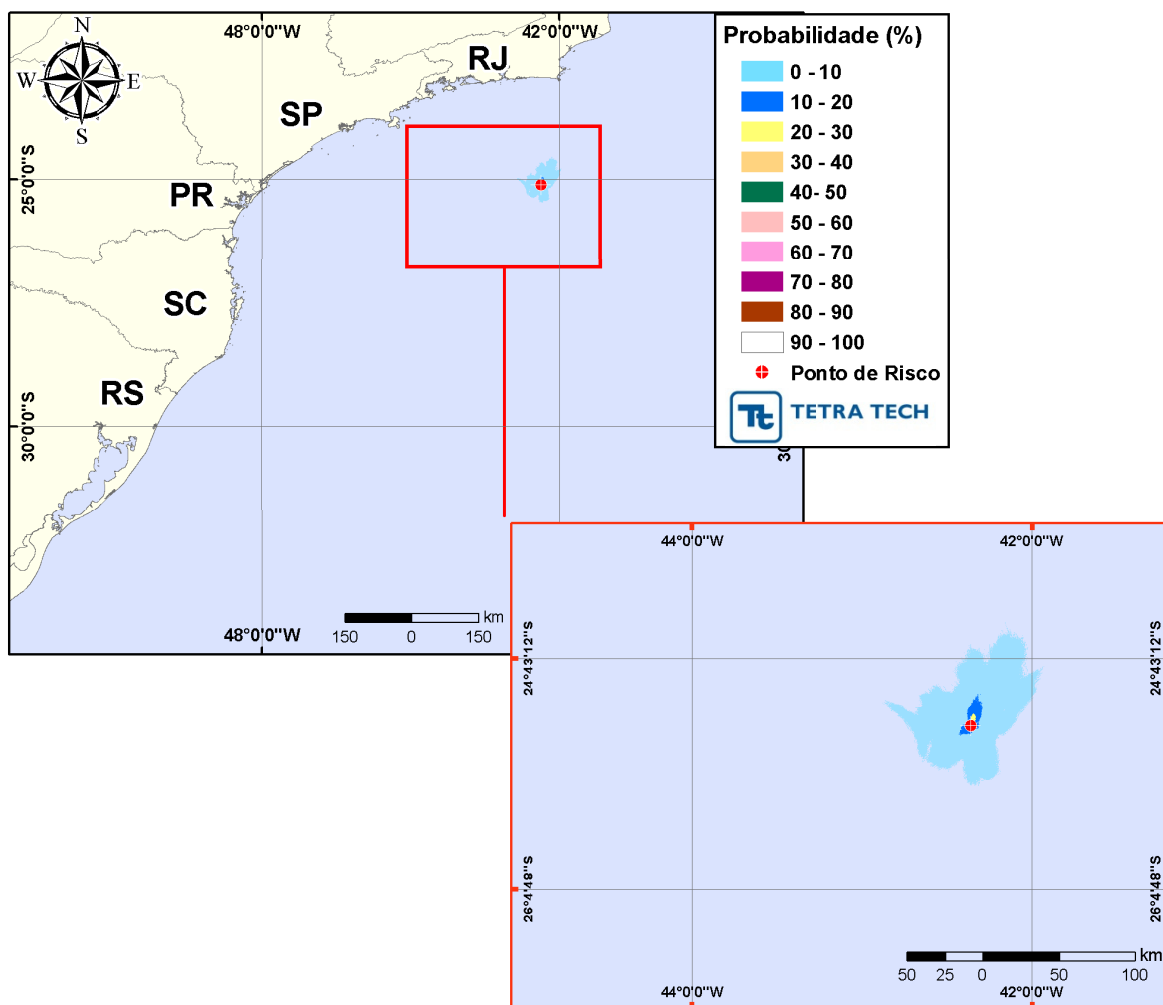


Figura III-16 - Cenário P6_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

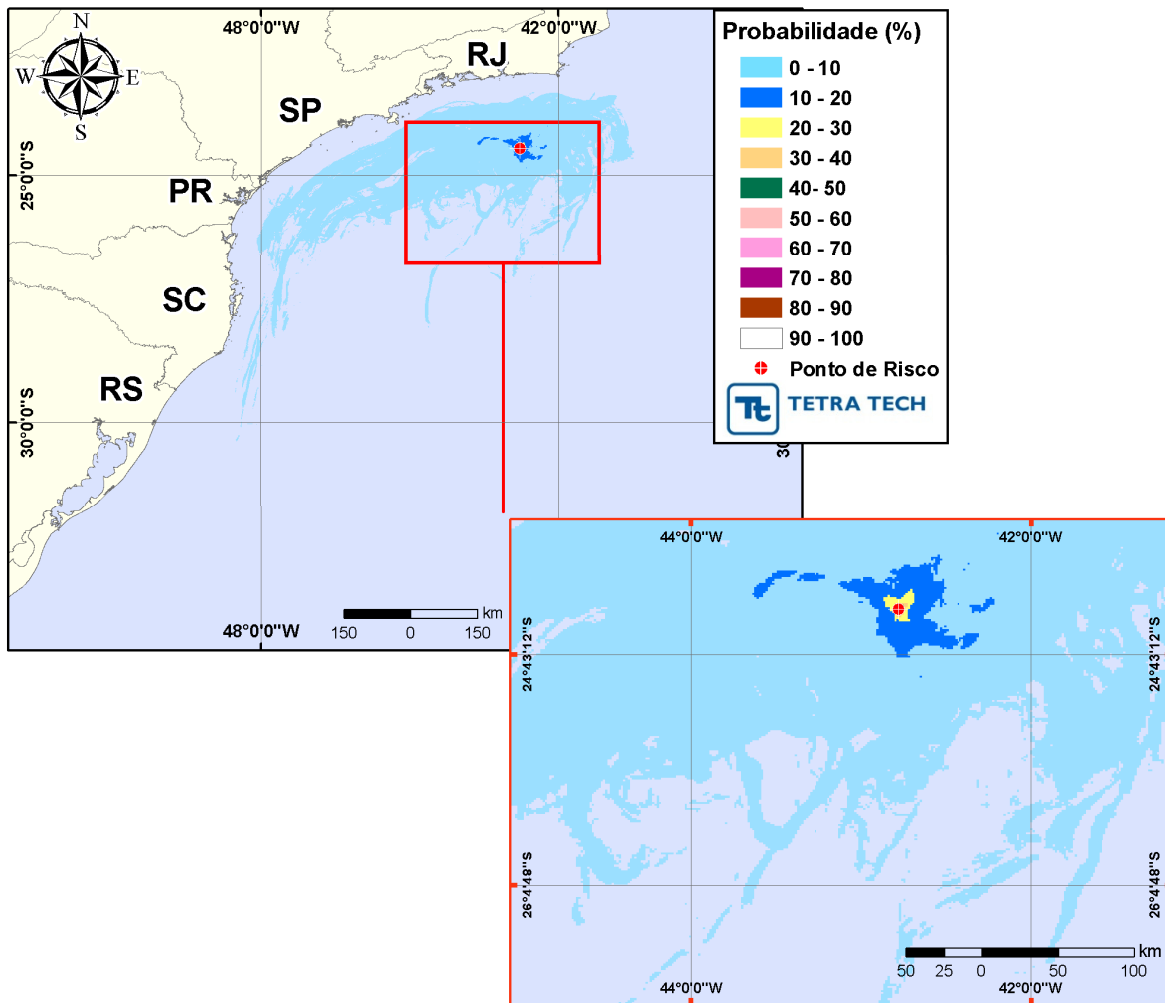


Figura III-17 - Cenário P7_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

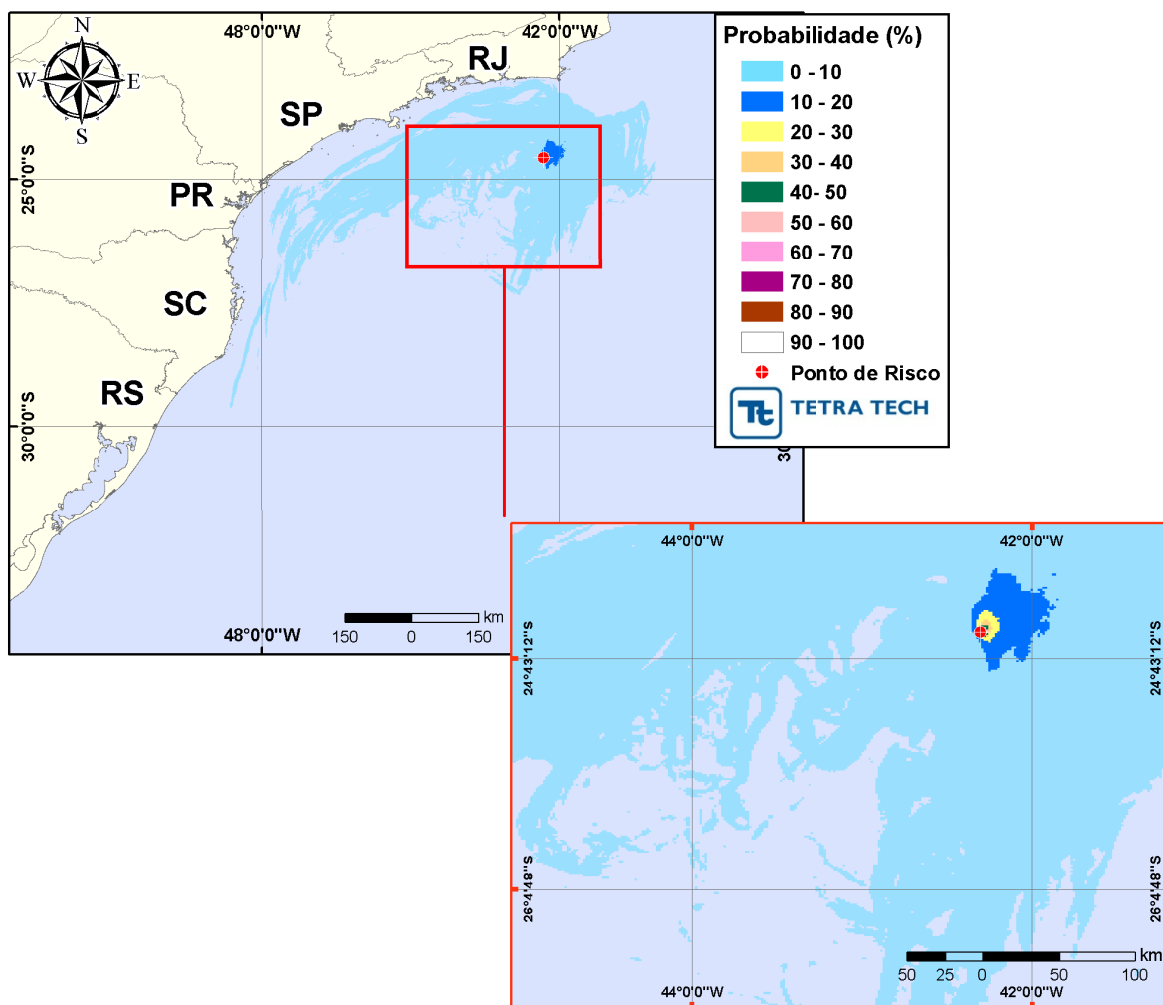


Figura III-18 - Cenário P8_ONEROSA_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Figura III-19 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários de inverno, apresentados nas figuras acima.

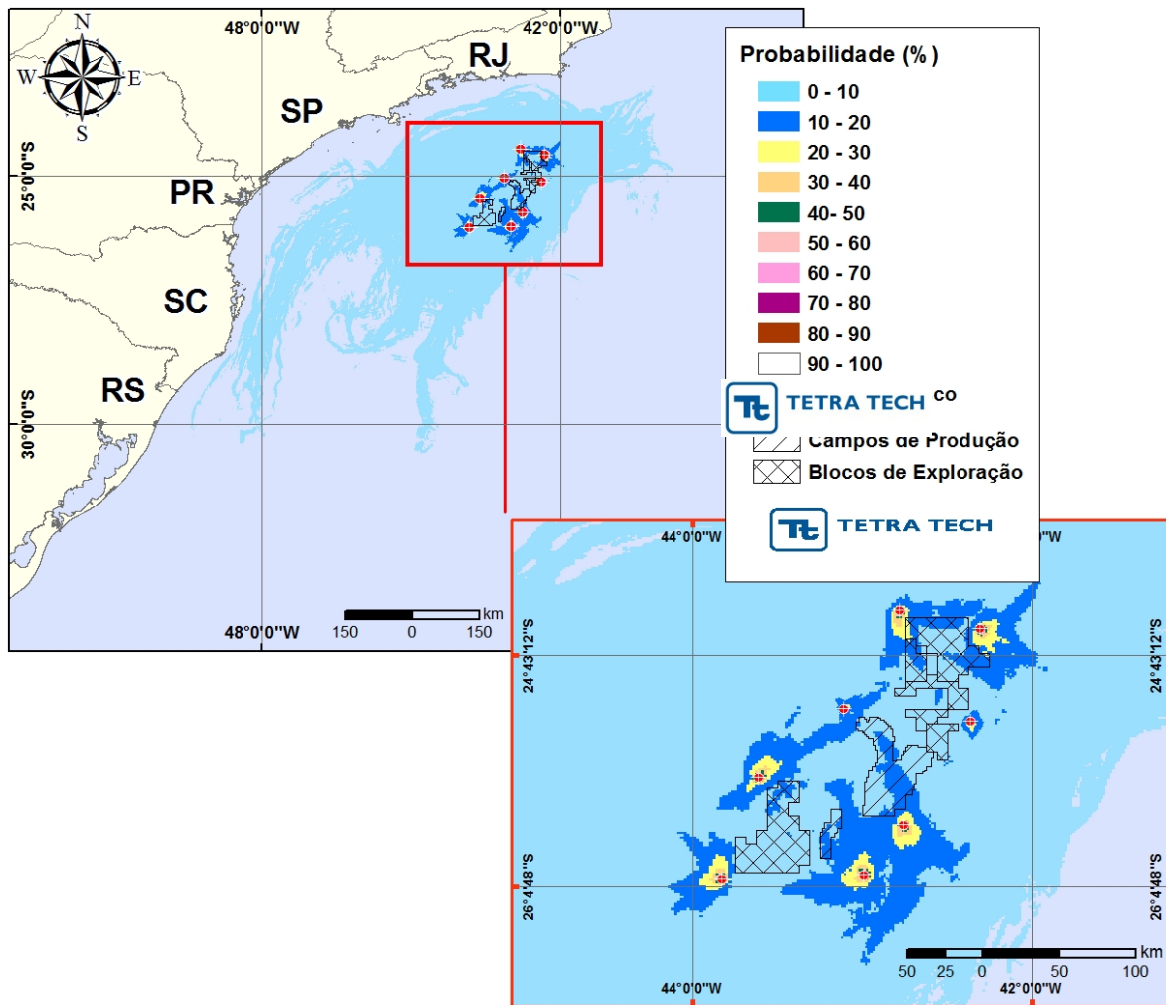


Figura III-19 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-20 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume pequeno, simulados durante o inverno. Ressalta-se que somente o cenário simulado para o ponto de modelagem P8 apresentou probabilidade de toque de óleo na costa. O toque ocorreu nas Ilhas Maricás, Maricá (RJ), e a maior probabilidade foi de 1%.

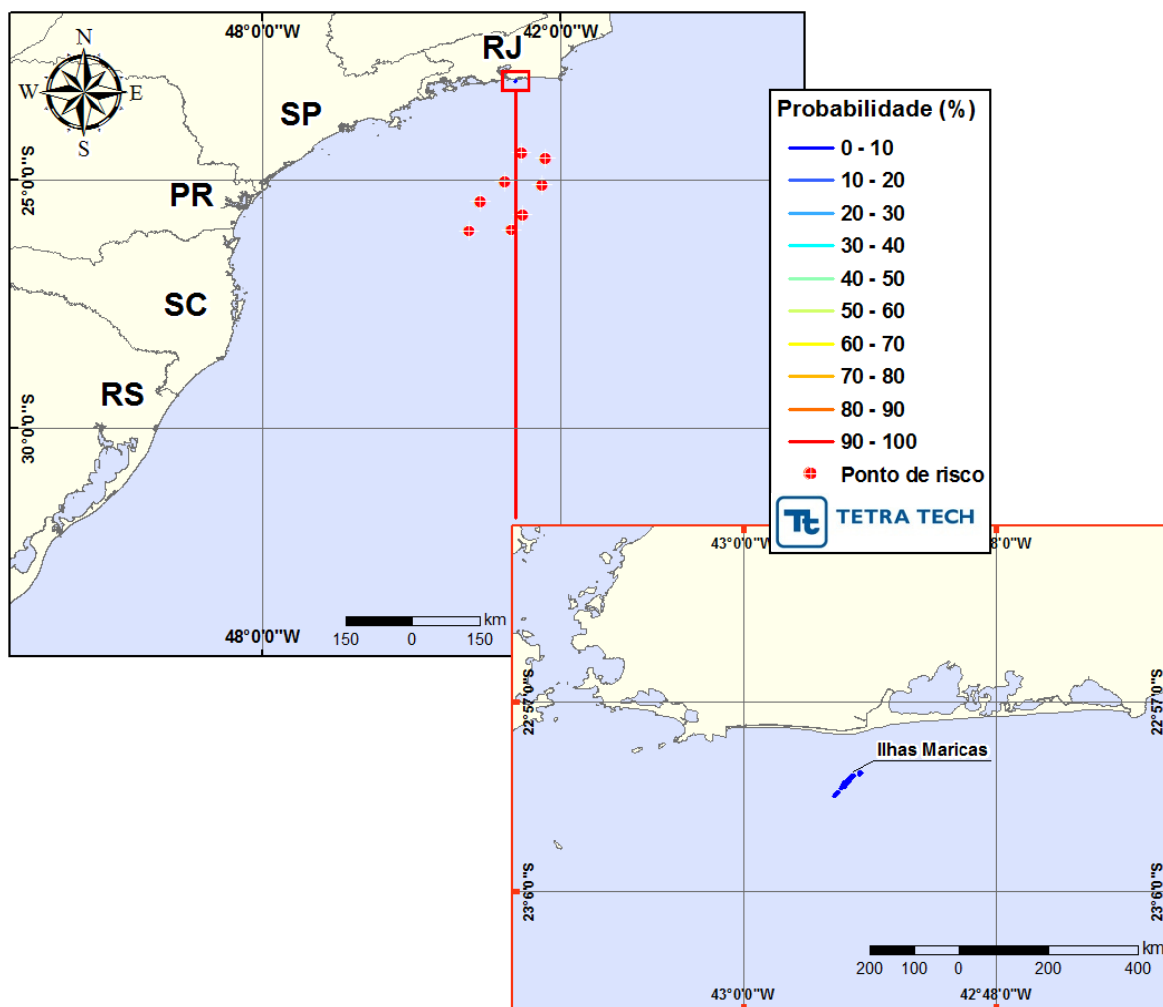


Figura III-20 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-21 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários simulados durante o inverno, com volume pequeno. O menor tempo de toque na costa (156 horas) foi calculado nas Ilhas Maricás, pertencente ao Município de Maricá (RJ).

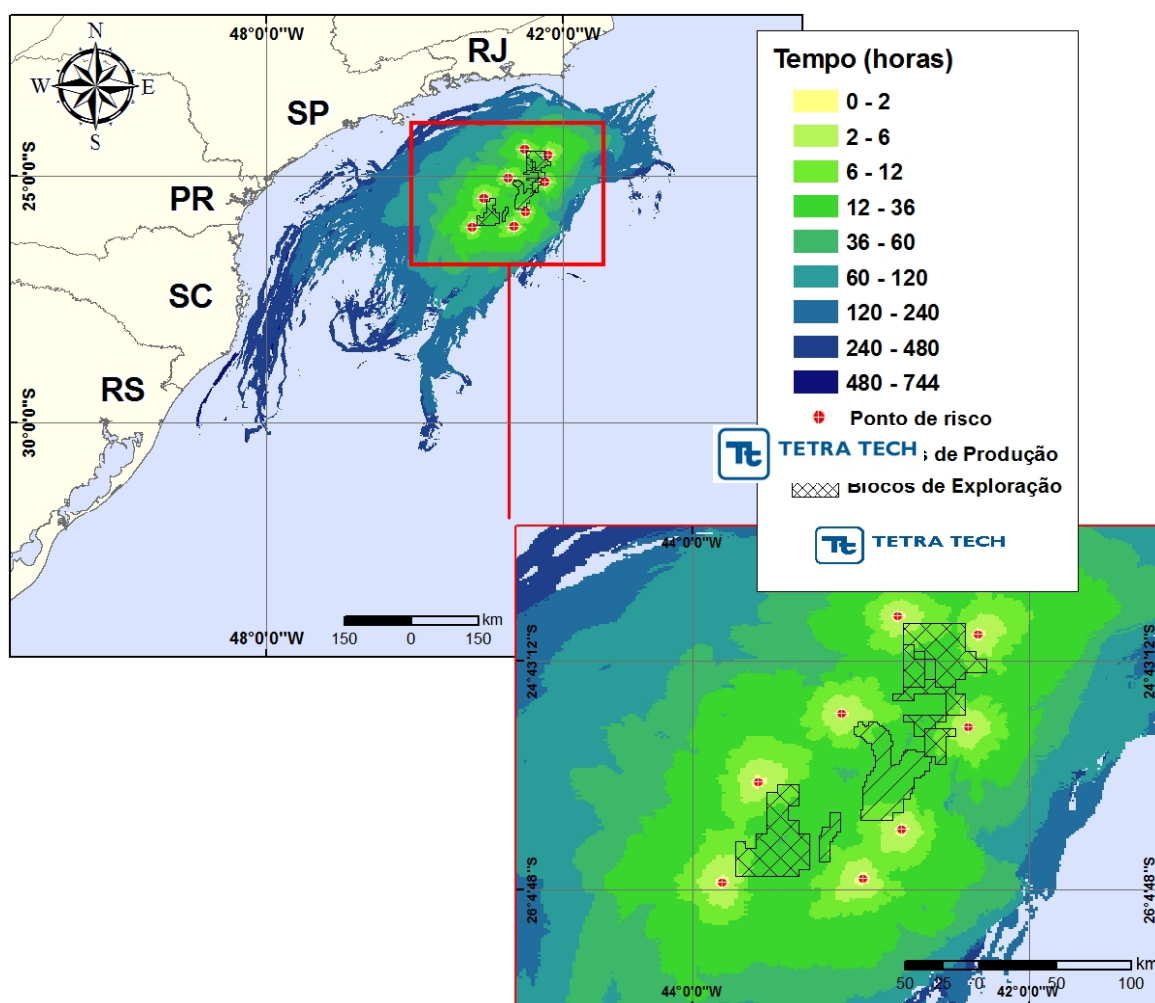


Figura III-21 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-22 apresenta os volumes máximos de óleo por metro de costa, através da sobreposição dos resultados obtidos para cada um dos oito cenários simulados com derrame de volume pequeno, em condições de inverno. Novamente ressalta-se que somente o cenário simulado para o ponto P8 apresentou toque de óleo na costa e o maior volume máximo foi de $0,0003 \text{ m}^3/\text{m}$.

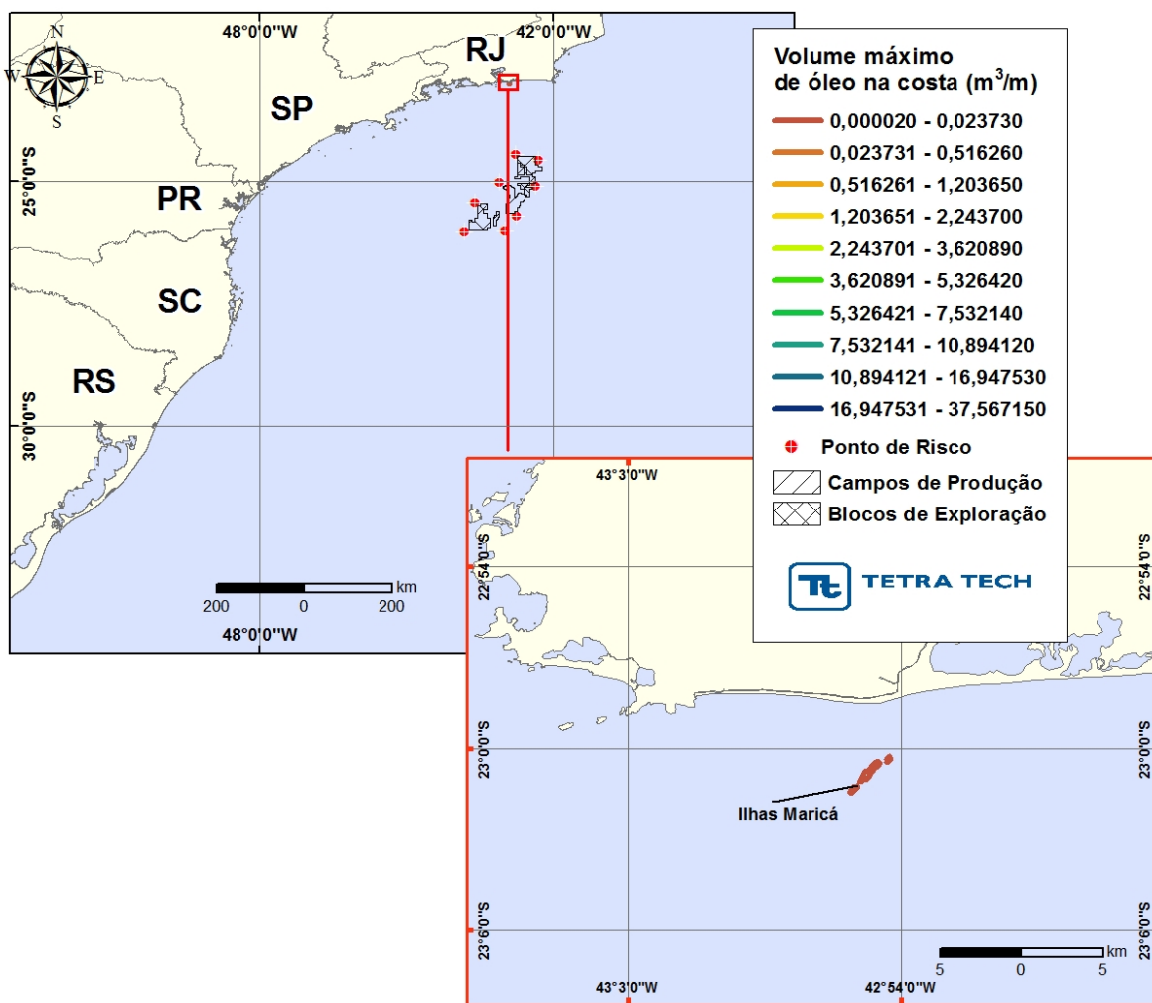


Figura III-22 - Volume máximo de óleo (m^3) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume pequeno, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Tabela III-4 apresenta a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, para o período de inverno. Esta tabela considera a integração de todos os cenários simulados com volume pequeno.

Tabela III-4 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume pequeno, no Polo Pré-Sal, no período de inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m^3/m)
RJ	Maricá – Ilhas Maricás	1	156	0,00032

III.1.2 Simulações Probabilísticas – Volume Médio

Da Figura III-23 a Figura III-34 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume médio (200,0 m³). A extensão de toque na costa variou de 337,7 km a 1.216,3 km, e a maior probabilidade de toque calculada não ultrapassou 11%.

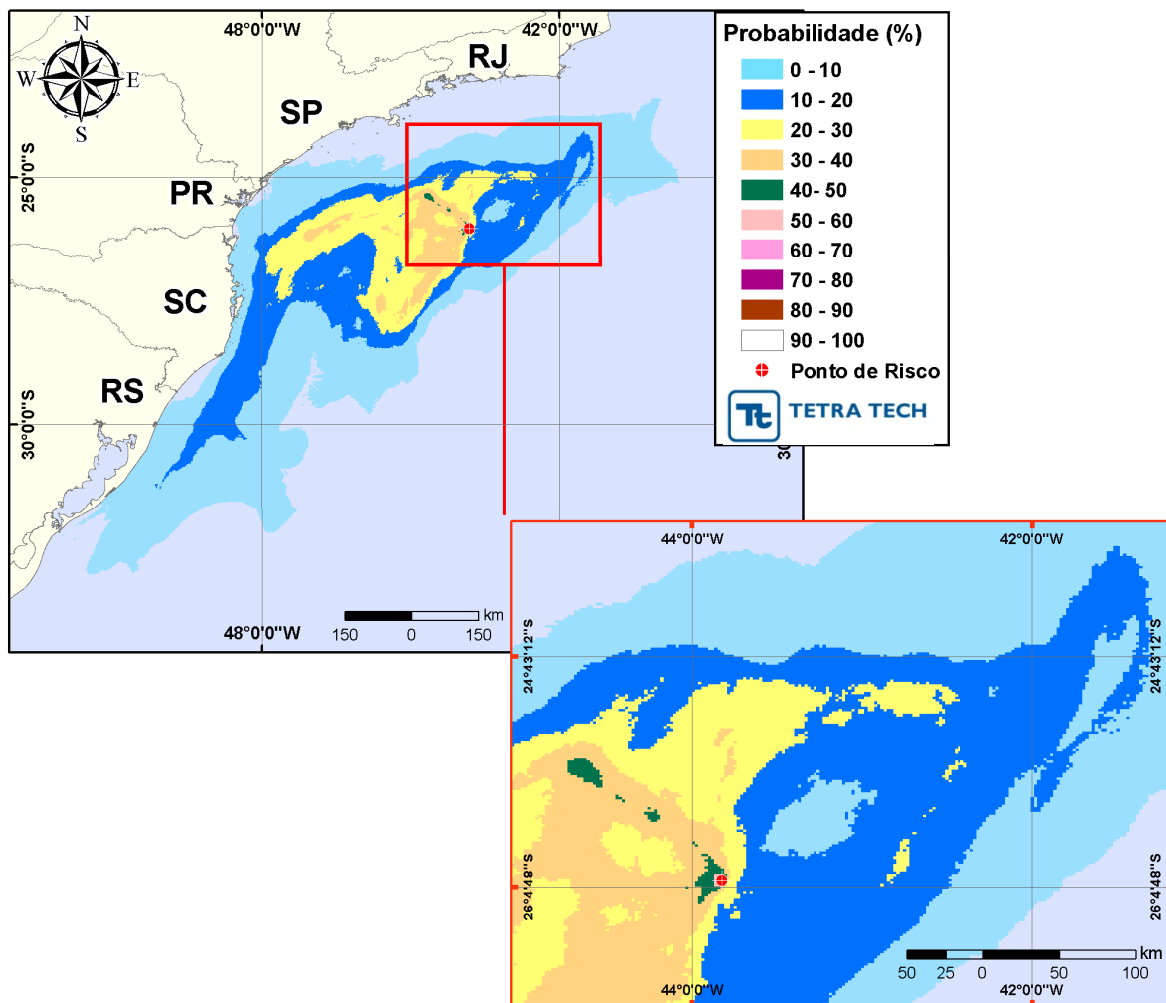


Figura III-23 - Cenário P1_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

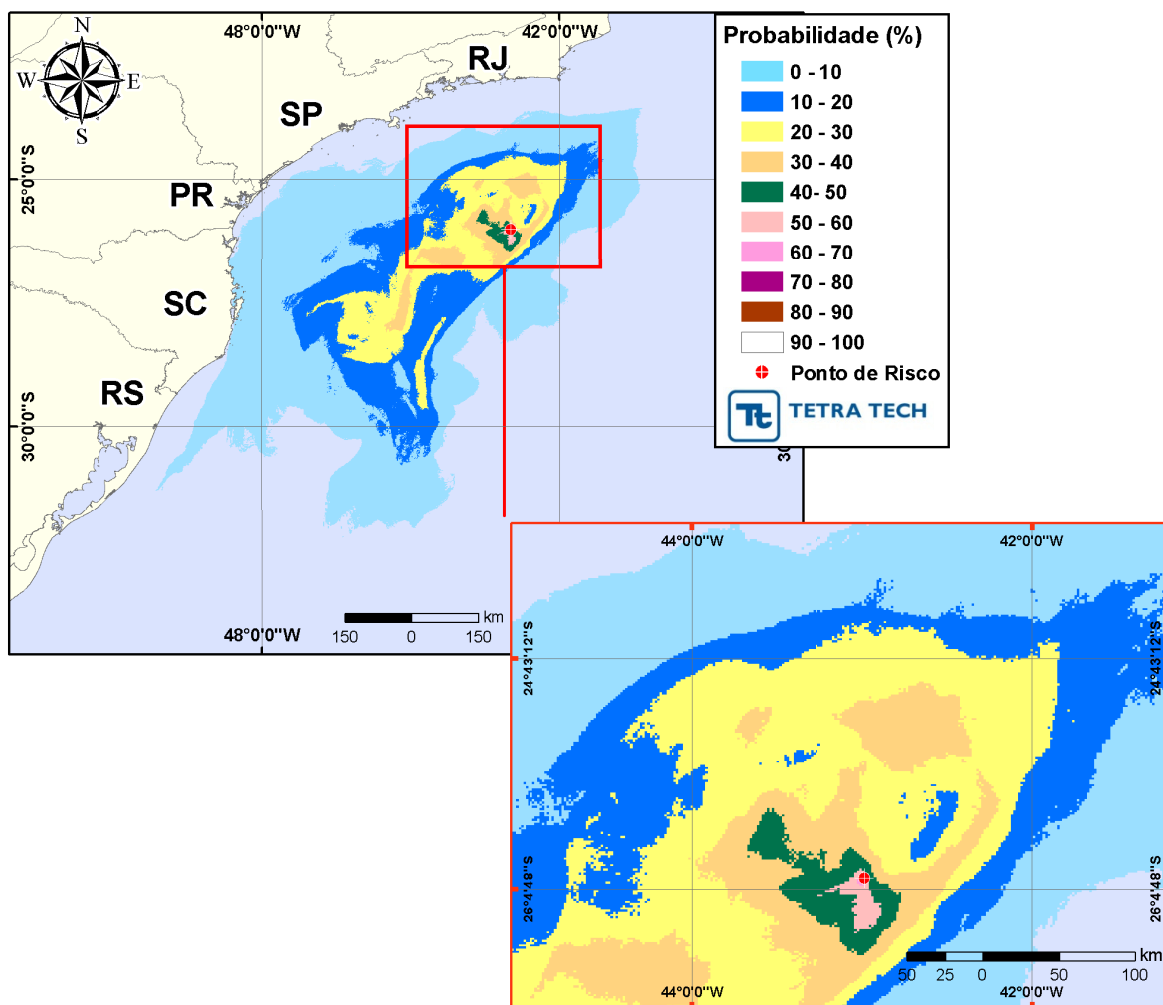


Figura III-24 - Cenário P2_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

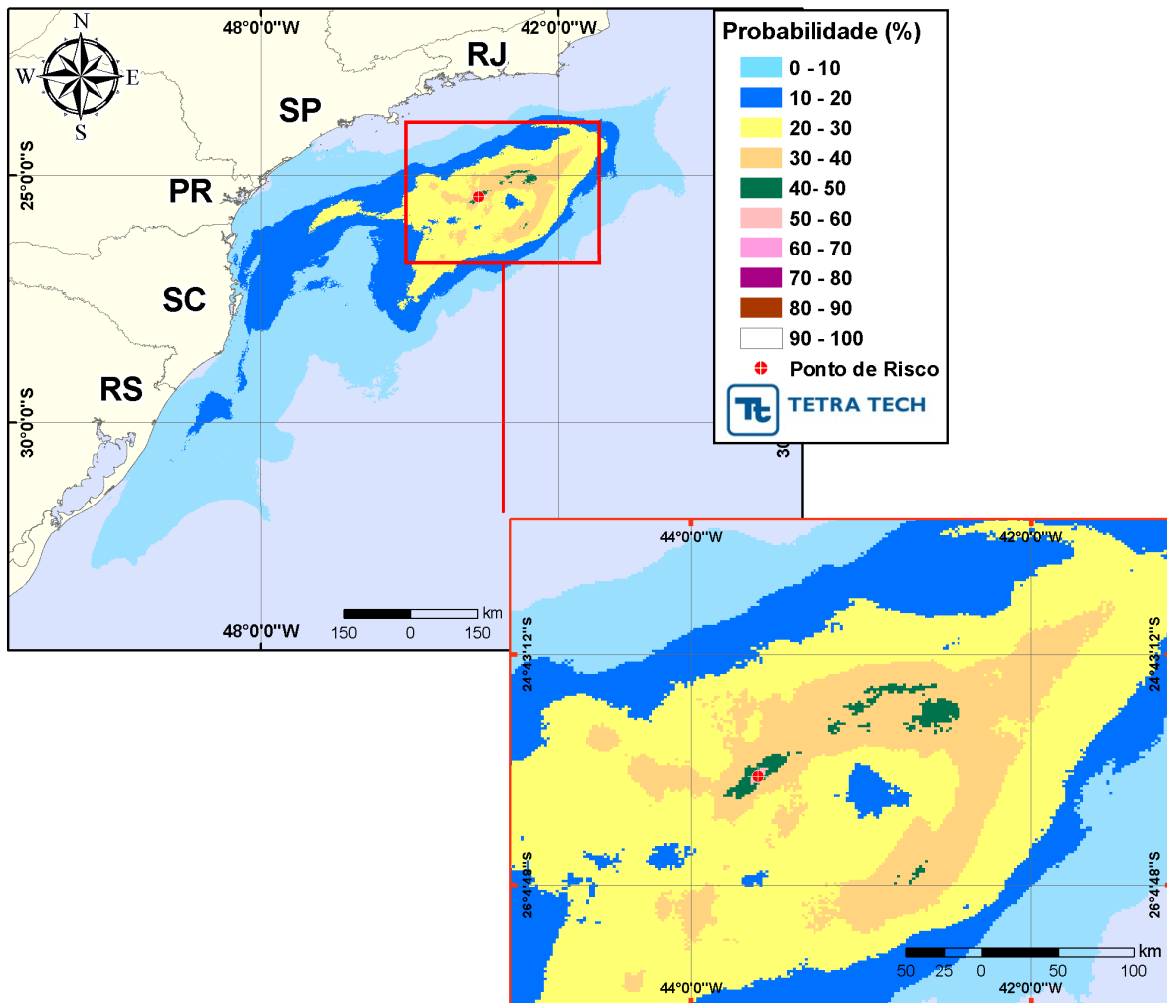


Figura III-25 - Cenário P3_BMS9_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

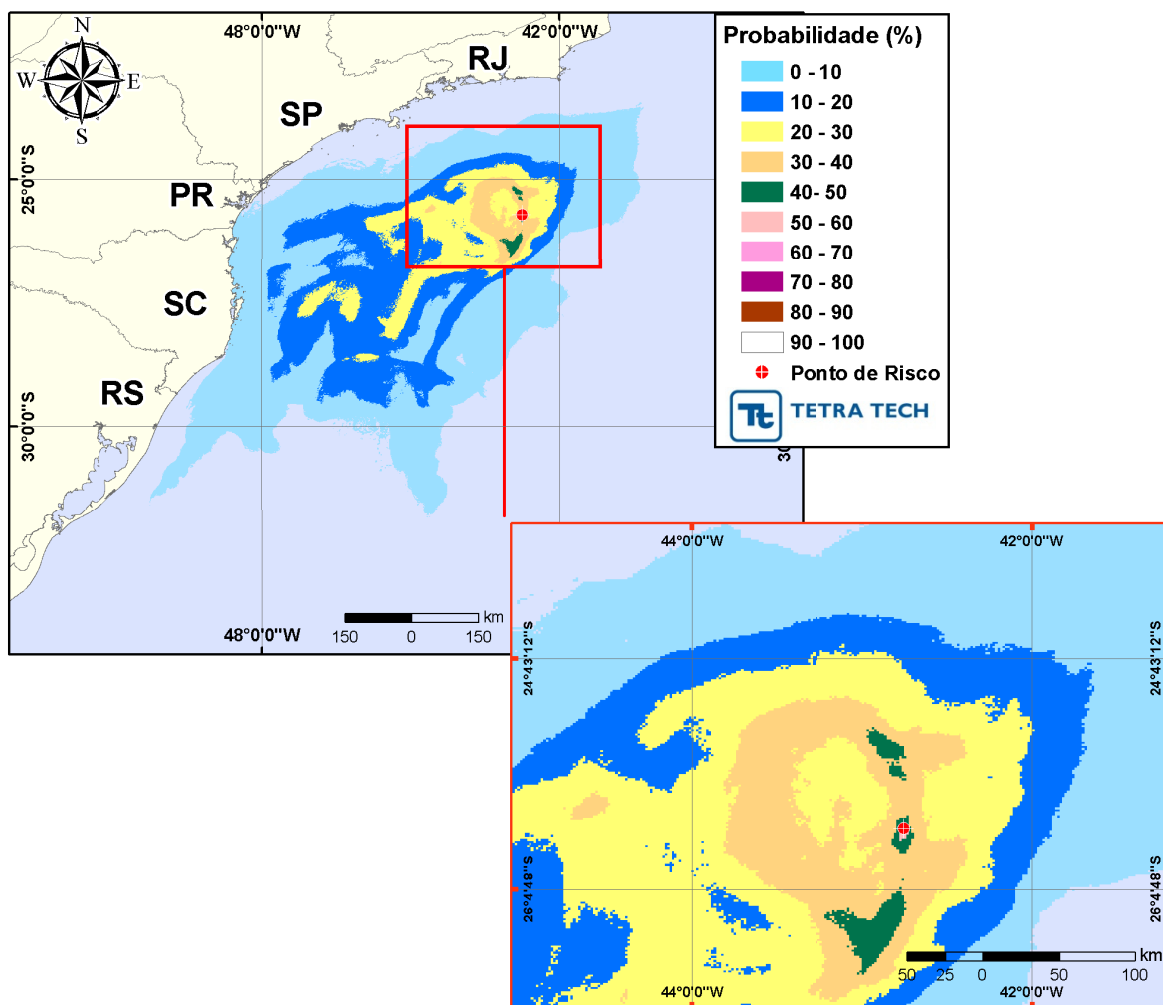


Figura III-26 - Cenário P4_BMS11_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

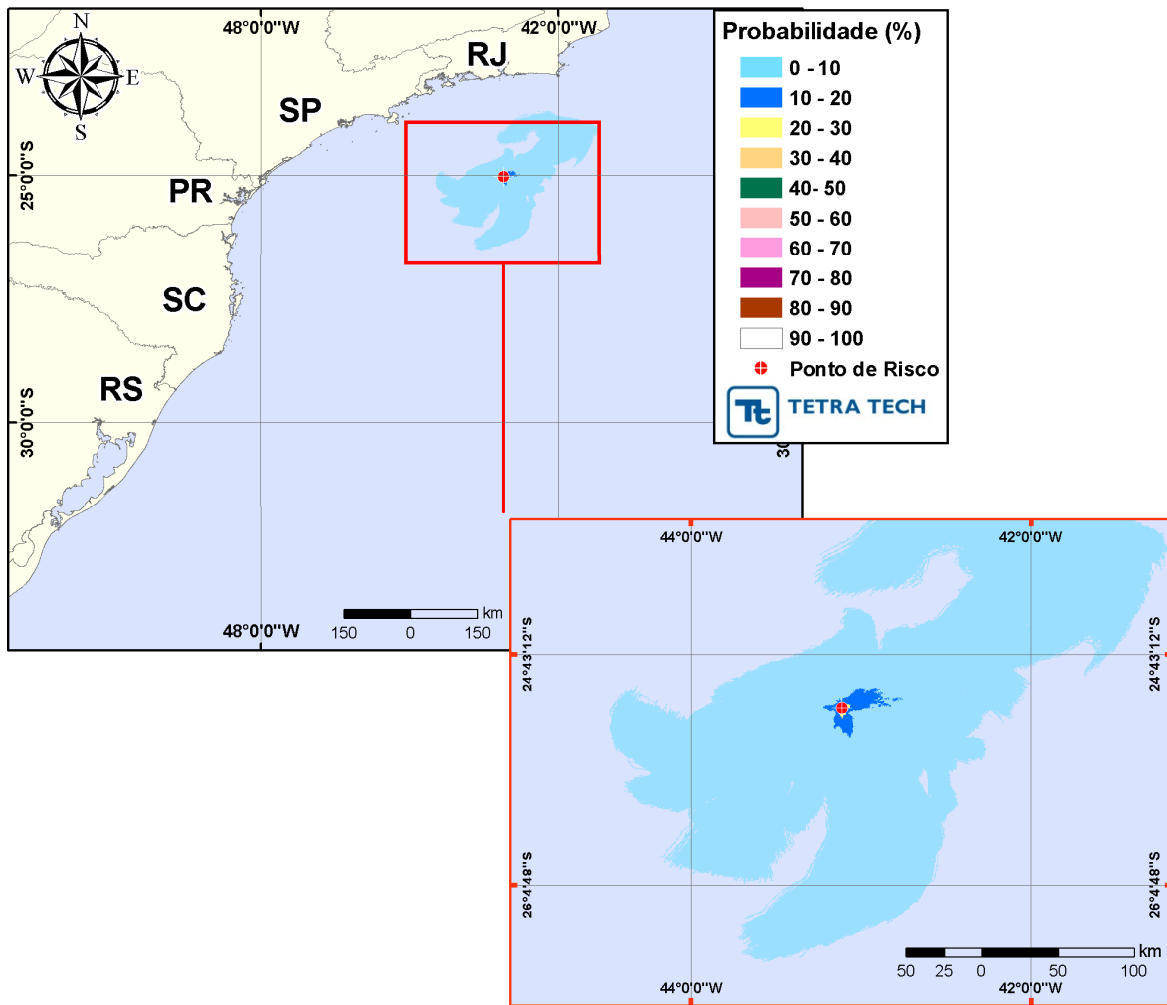


Figura III-27 - Cenário P5_BMS11_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

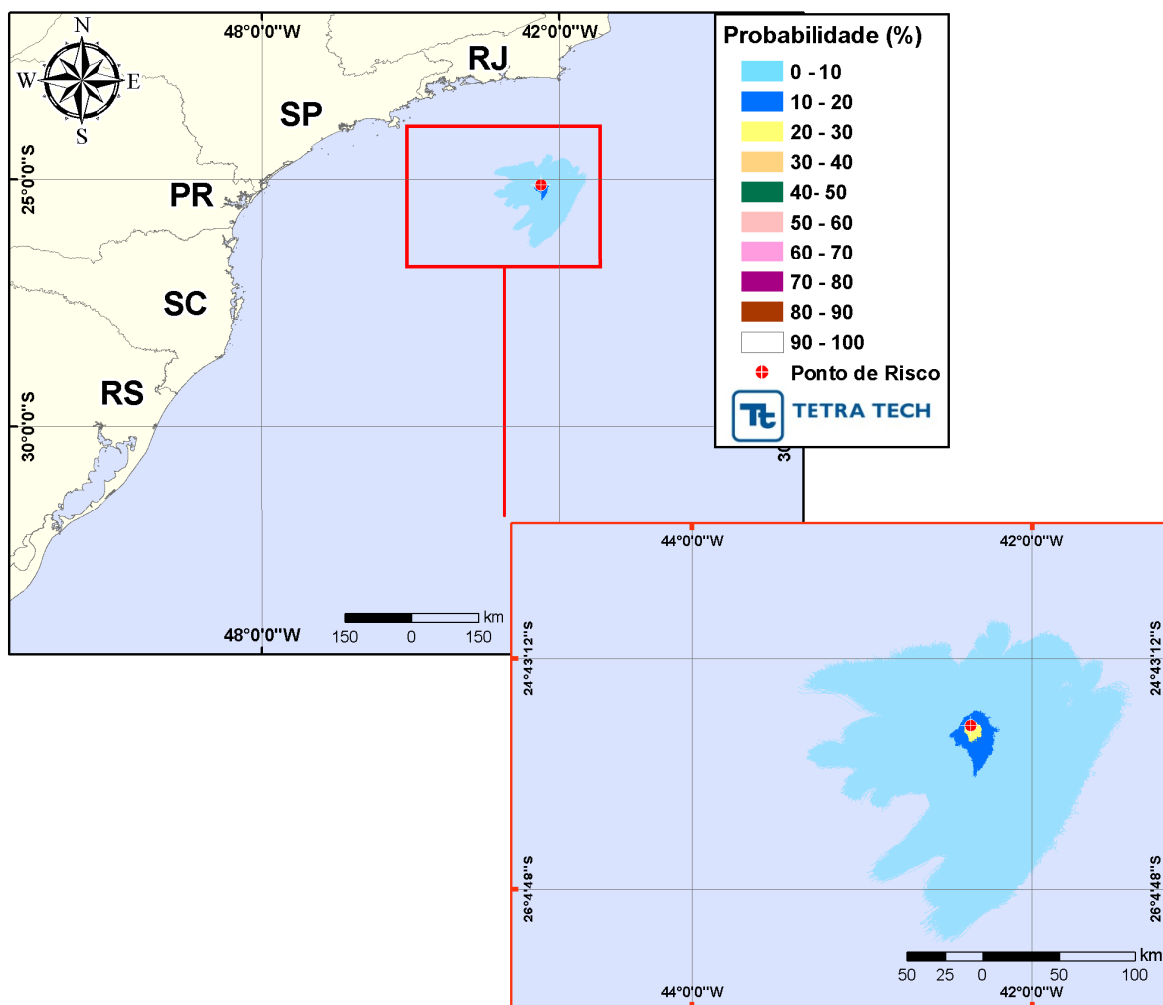


Figura III-28 - Cenário P6_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

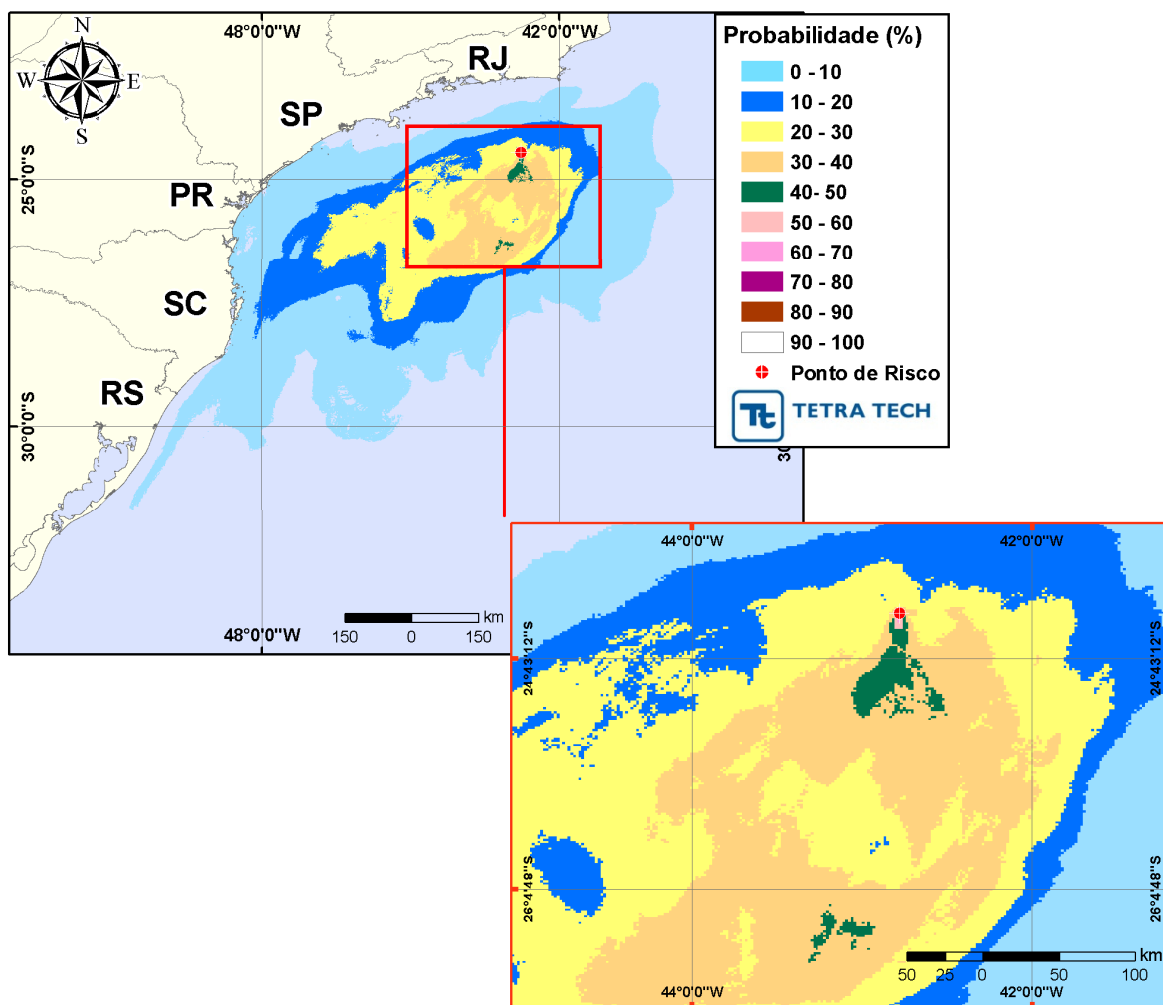


Figura III-29 - Cenário P7_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

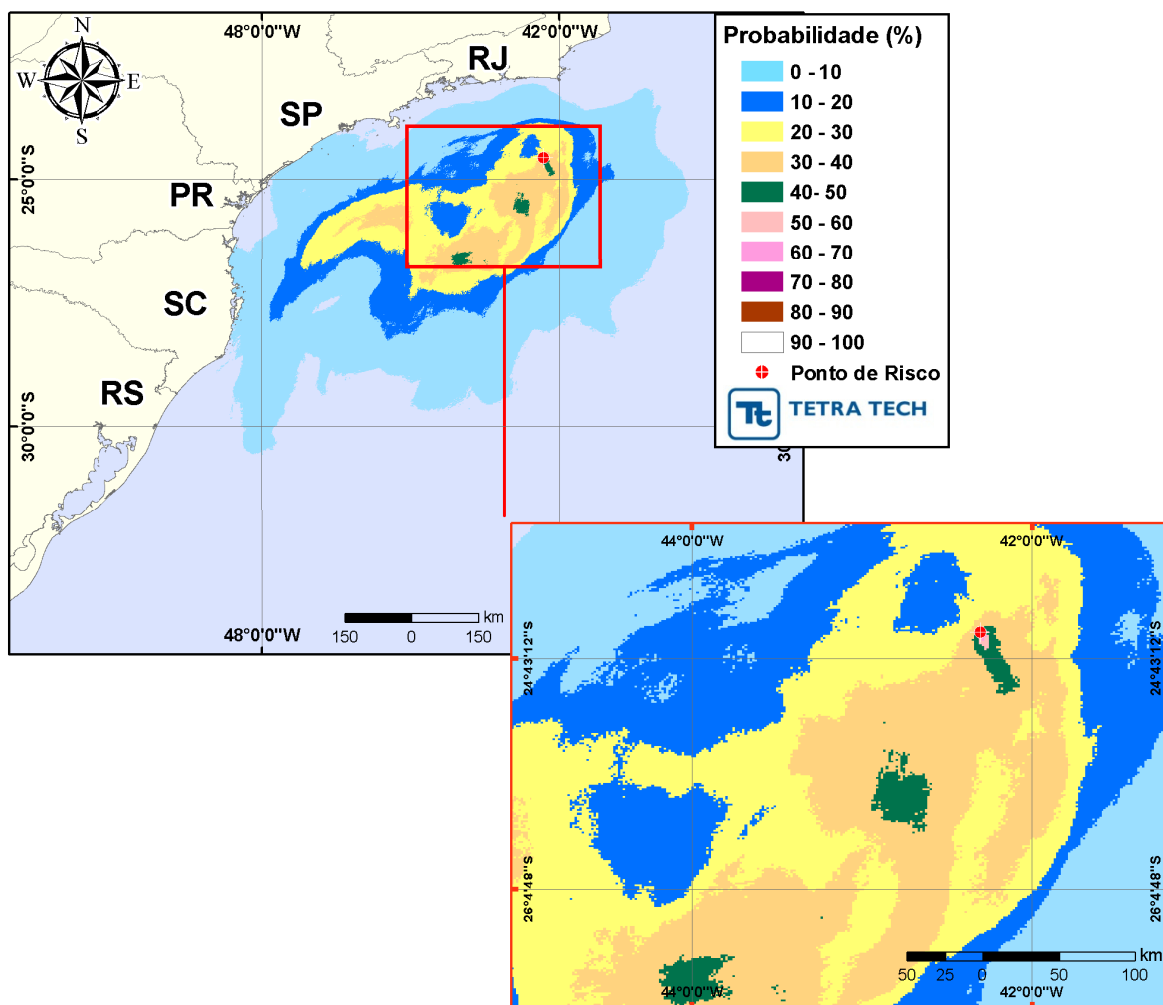


Figura III-30 - Cenário P8_ONEROSA_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Figura III-31 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários apresentados acima.

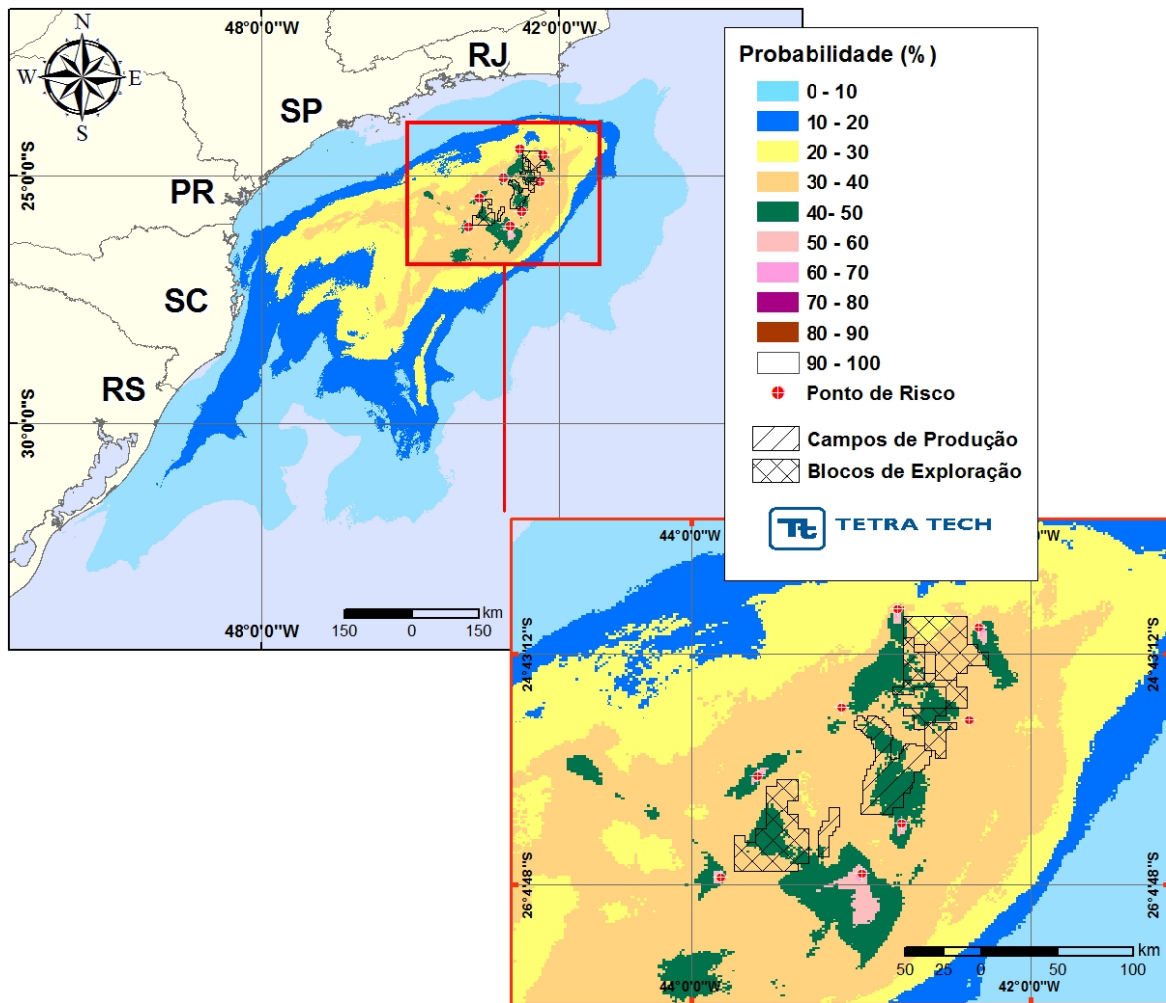


Figura III-31 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-32 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume médio, simulados durante o verão. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que existe probabilidade de toque na costa em uma área que se estende por, aproximadamente, 1.608,3 km do Município de Praia Grande (SP) até o de São José do Norte (RS). A maior probabilidade de toque, que ocorreu em todo o litoral atingido, foi de 11%, na Ilha da Galé, Município de Bombinhas (SC).

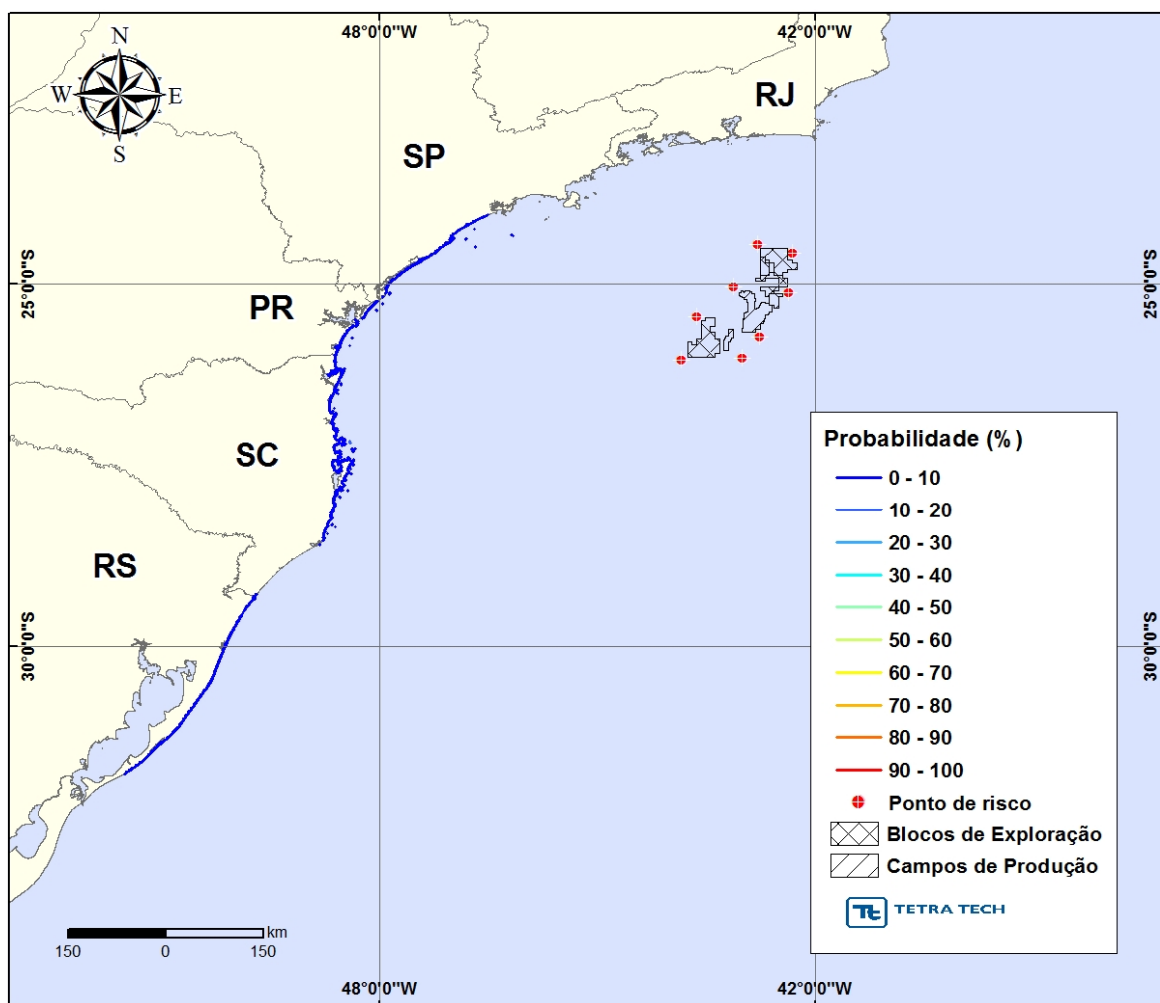


Figura III-32 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-33 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume médio, simulados durante o verão. O menor tempo de toque na costa (375 horas) foi calculado para o Ponto 1 (BM-S-9) na Ilha Deserta, pertencente ao Município de Bombinhas (SC).

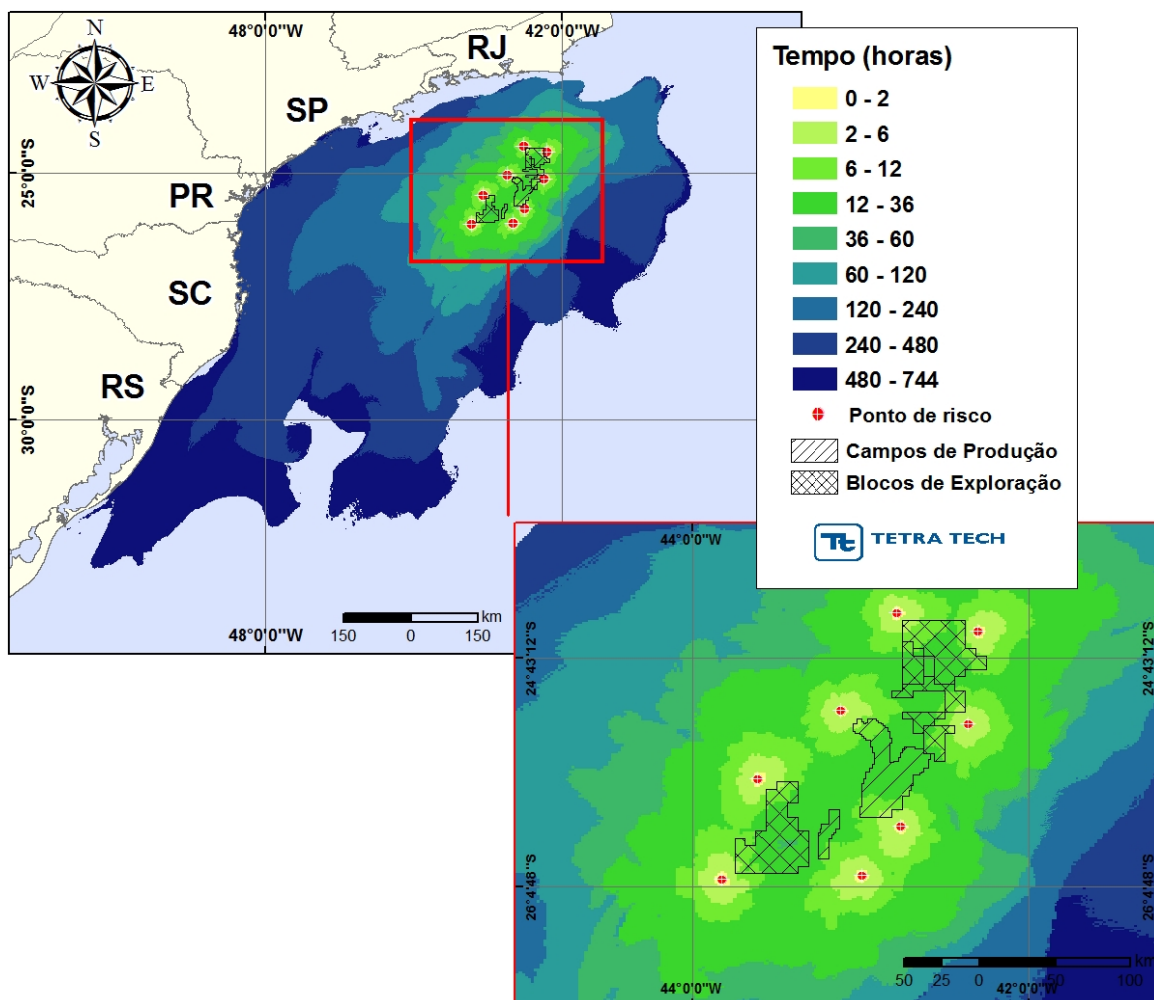


Figura III-33 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-34 apresenta os volumes máximos de óleo por metro de costa, através da sobreposição dos resultados obtidos para cada um dos oito cenários simulados com volume médio, em condições de verão. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que o maior volume máximo (0,024 m³/m) foi calculado para o Município de Penha (SC).

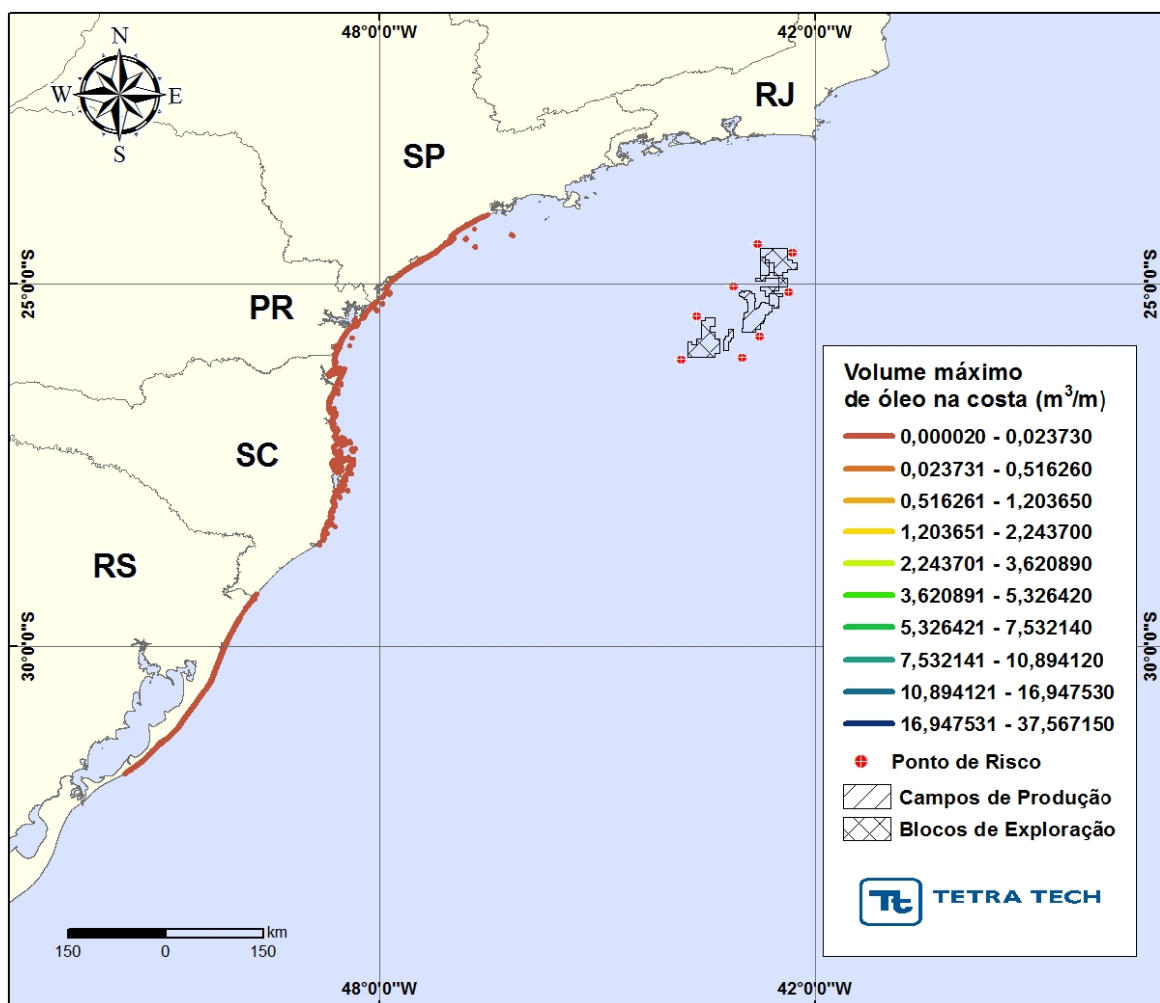


Figura III-34 - Volume máximo de óleo (m³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames volume médio, durante os meses de verão (janeiro a março).

Da Figura III-35 a Figura III-46 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de derrame de óleo de volume médio, para os meses de inverno. Os resultados são apresentados individualmente e integrados para o Polo Pré-Sal. A extensão de toque na costa variou de 763,5 km a 1.148,6 km, e a maior probabilidade de toque calculada não ultrapassou 10%.

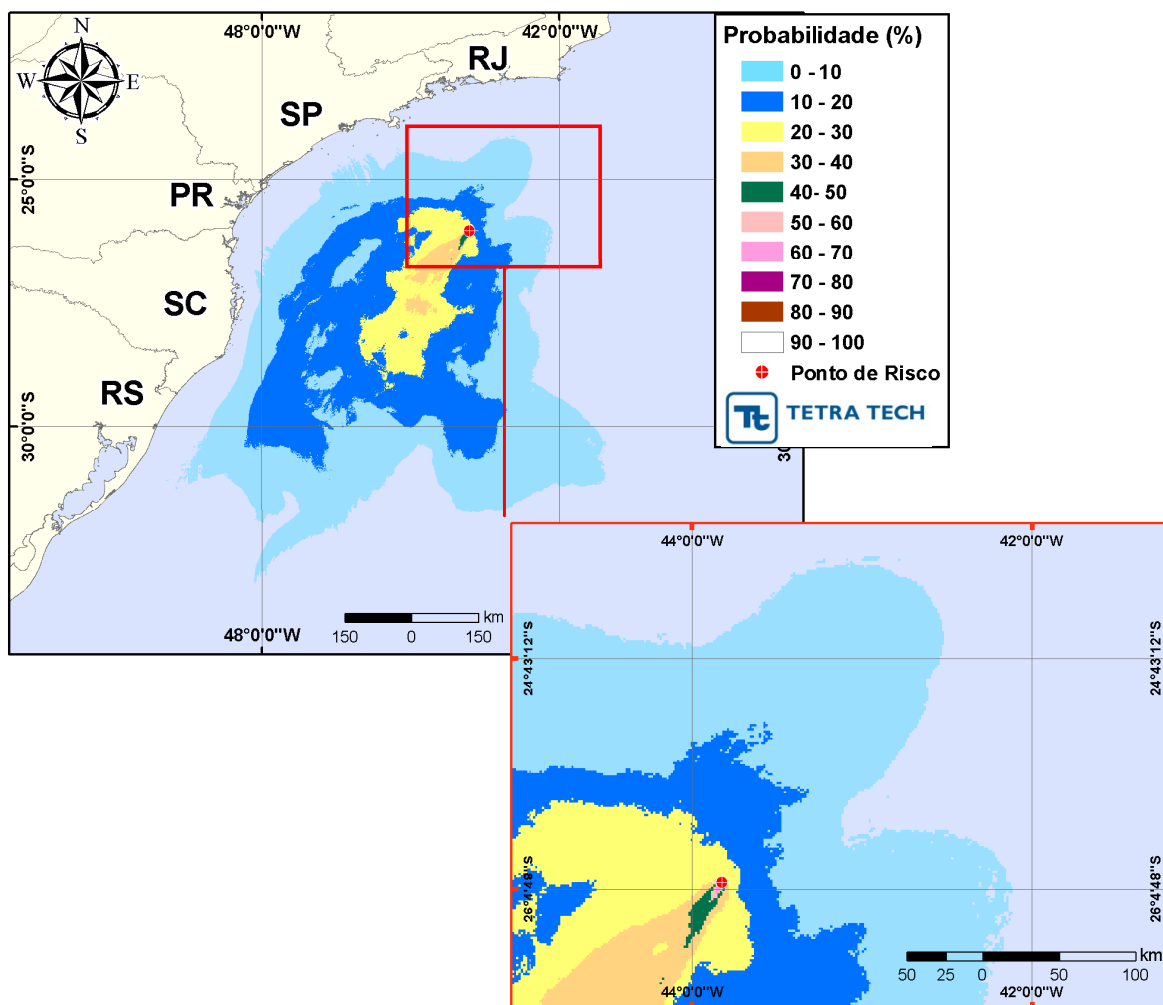


Figura III-35 - Cenário P1_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

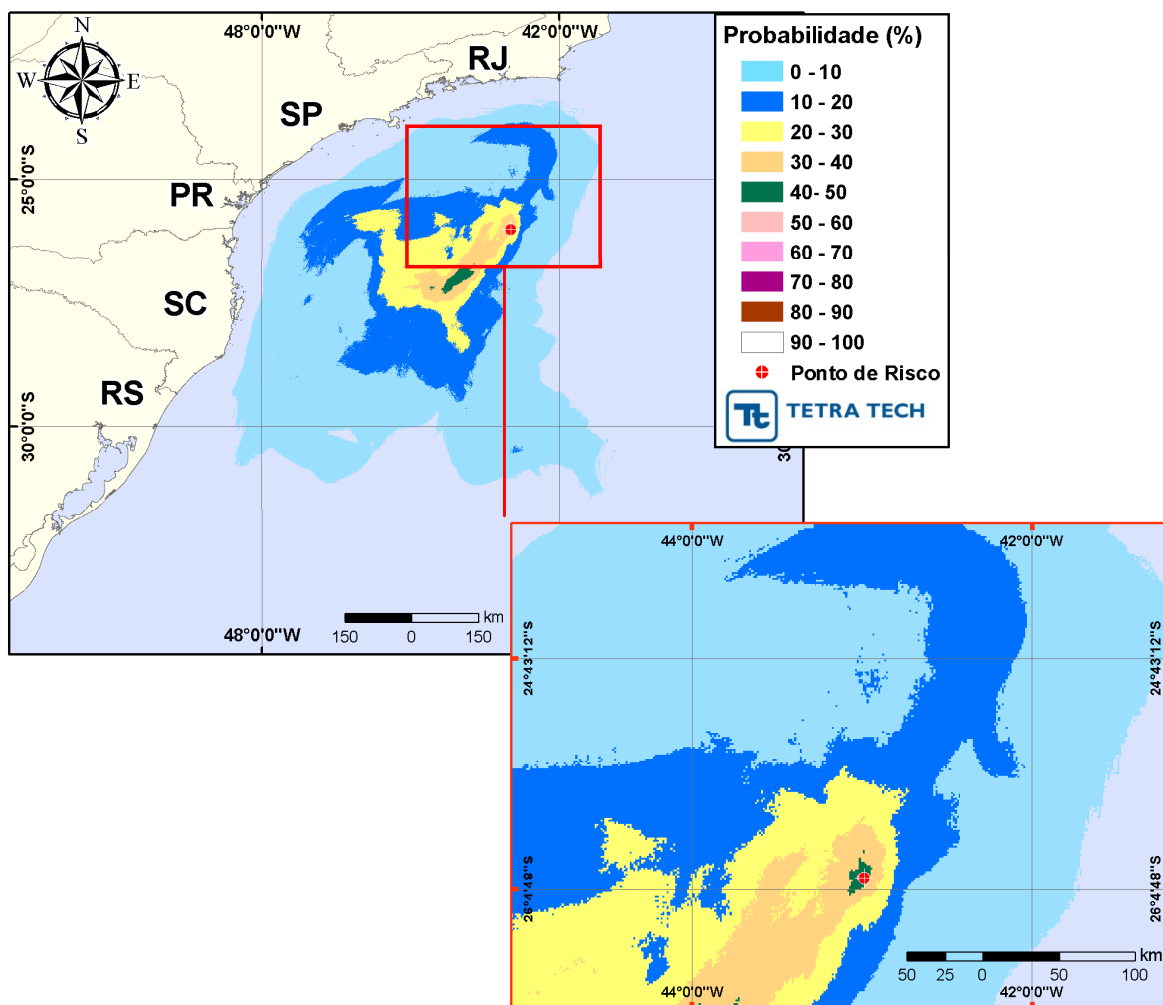


Figura III-36 - Cenário P2_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

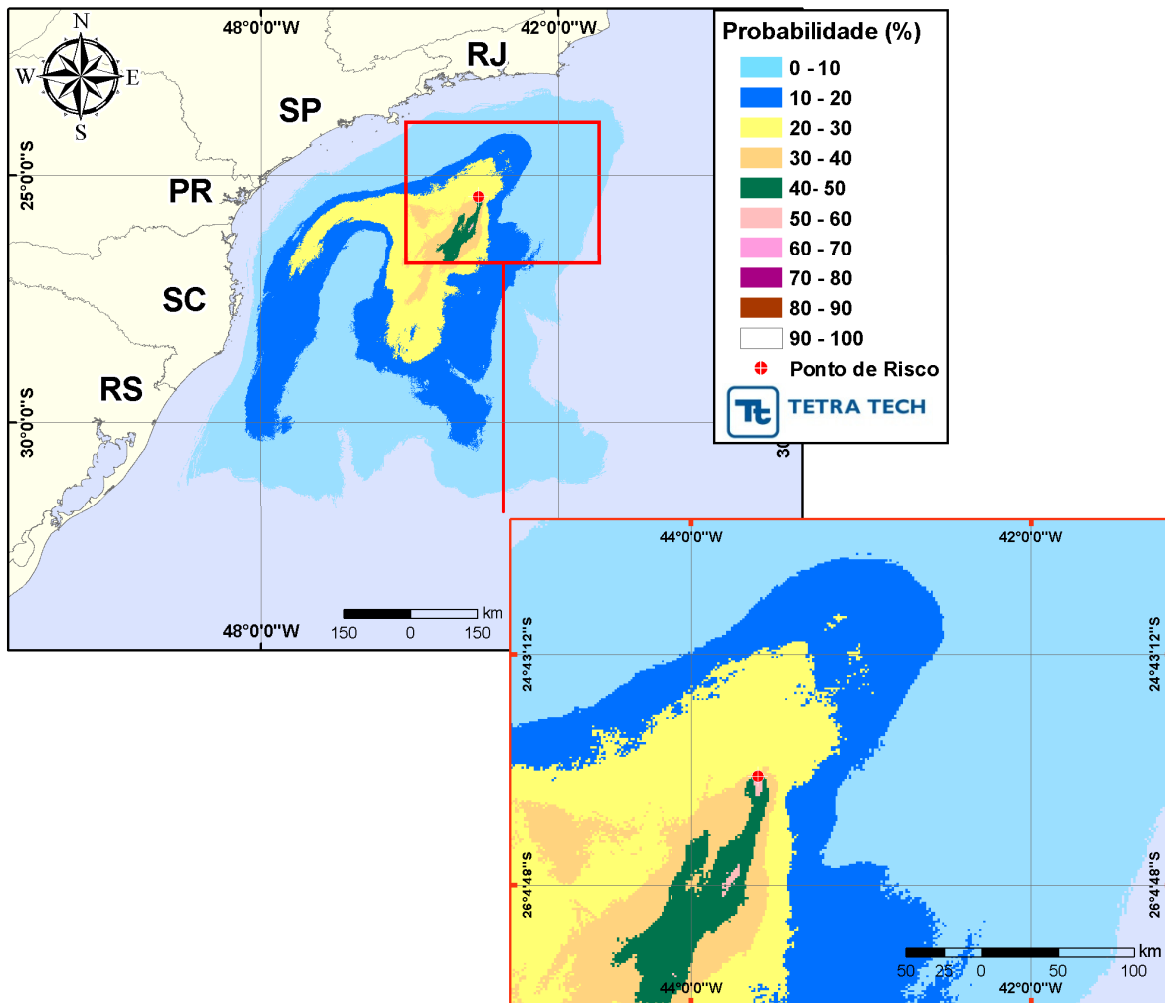


Figura III-37 - Cenário P3_BMS9_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

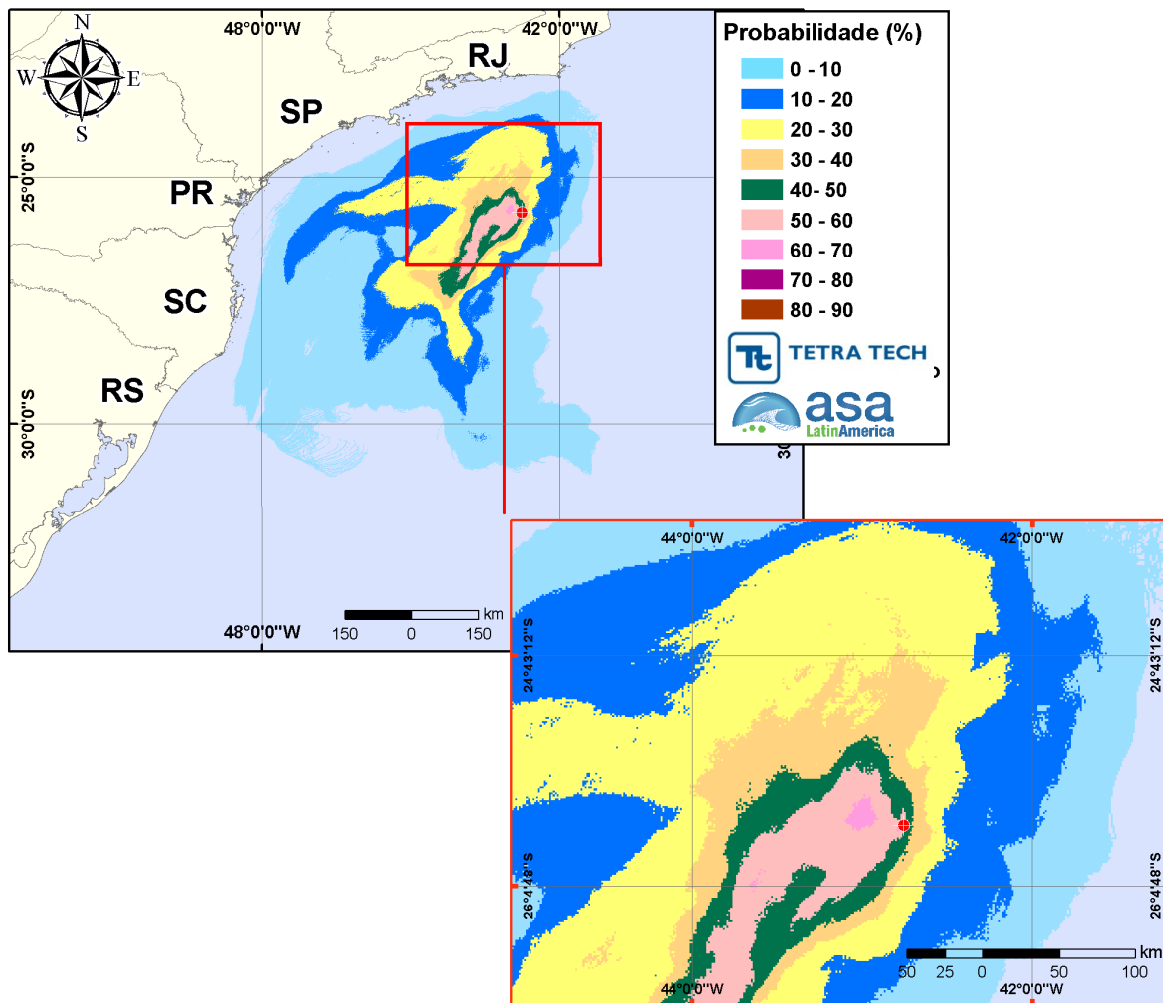


Figura III-38 - Cenário P4_BMS11_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

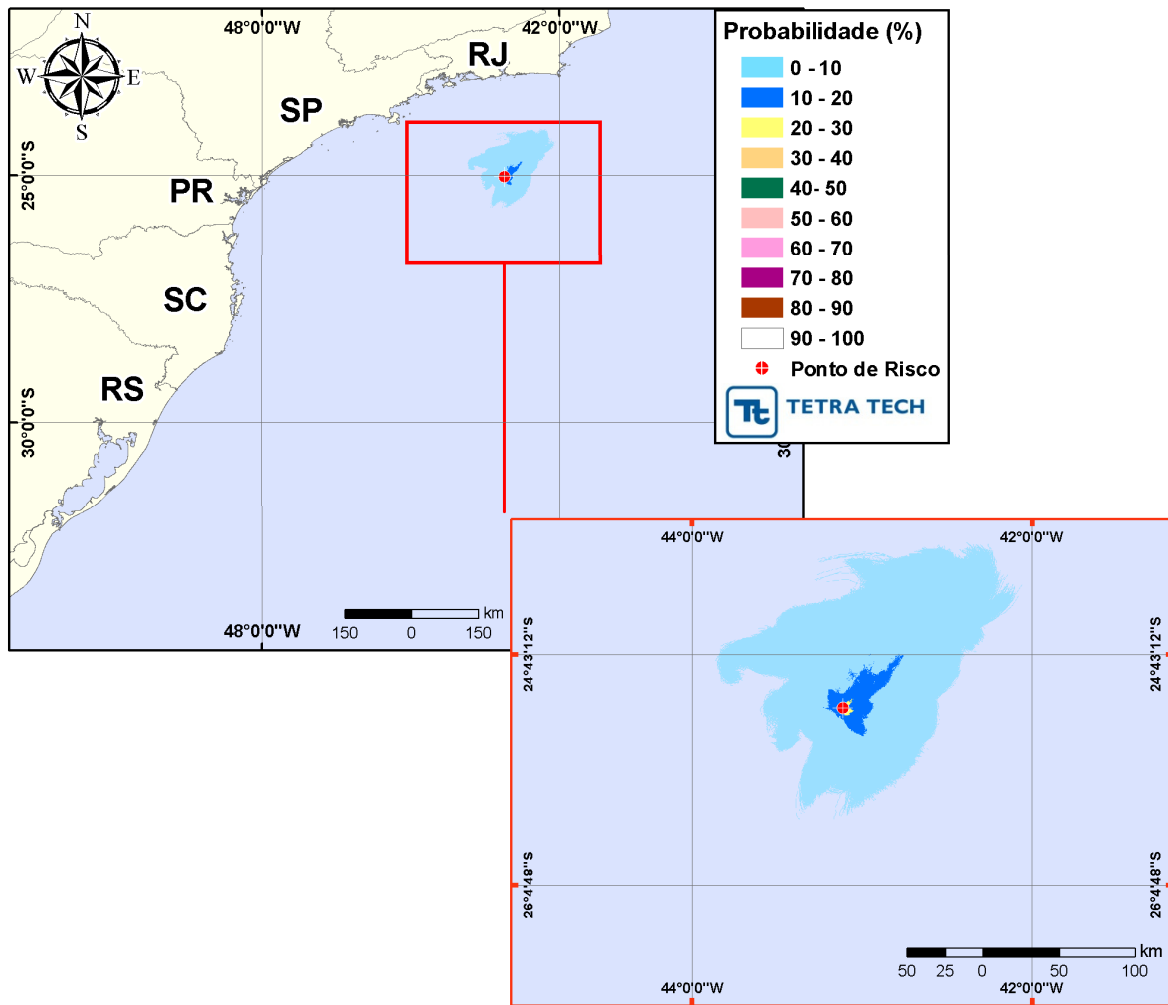


Figura III-39 - Cenário P5_BMS11_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

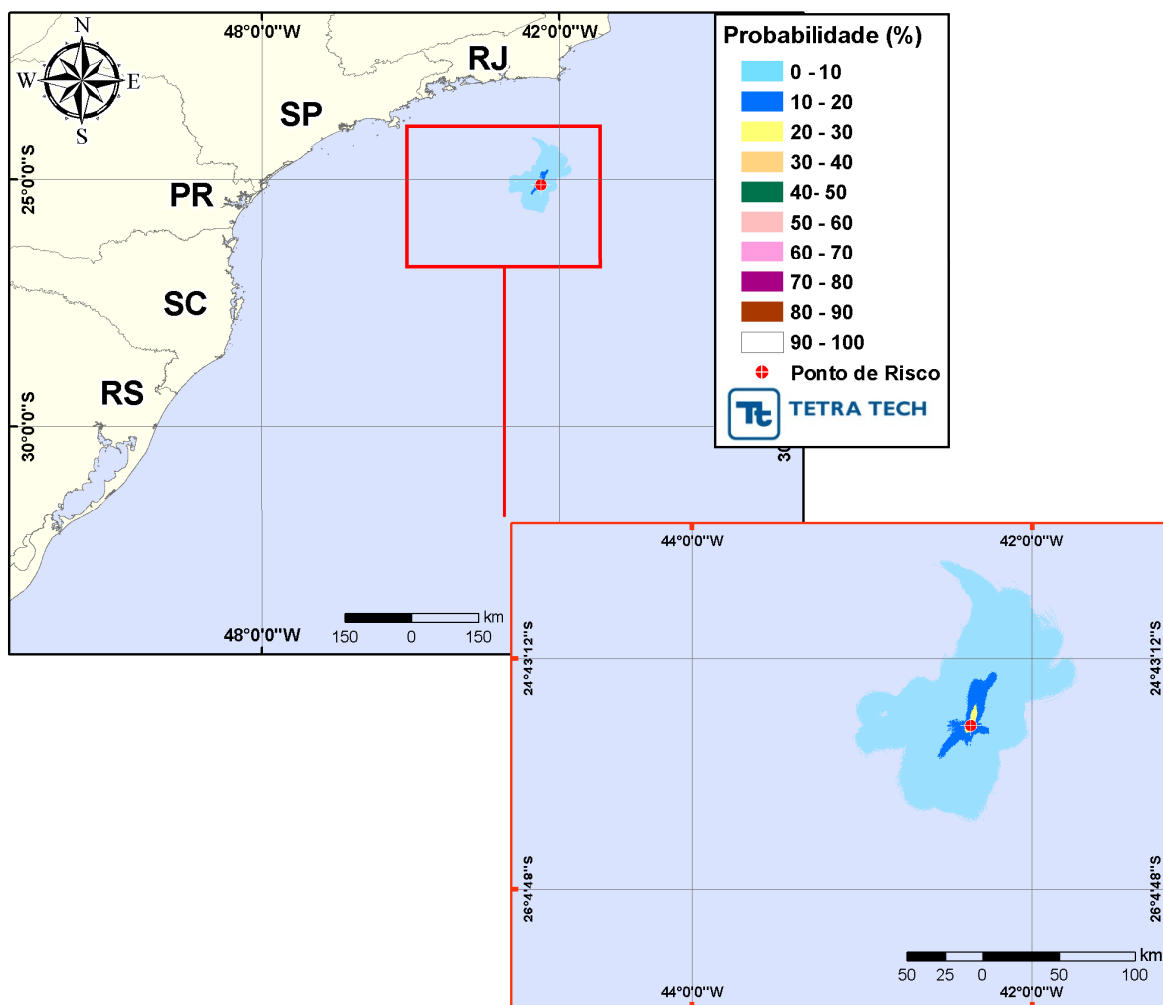


Figura III-40 - Cenário P6_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

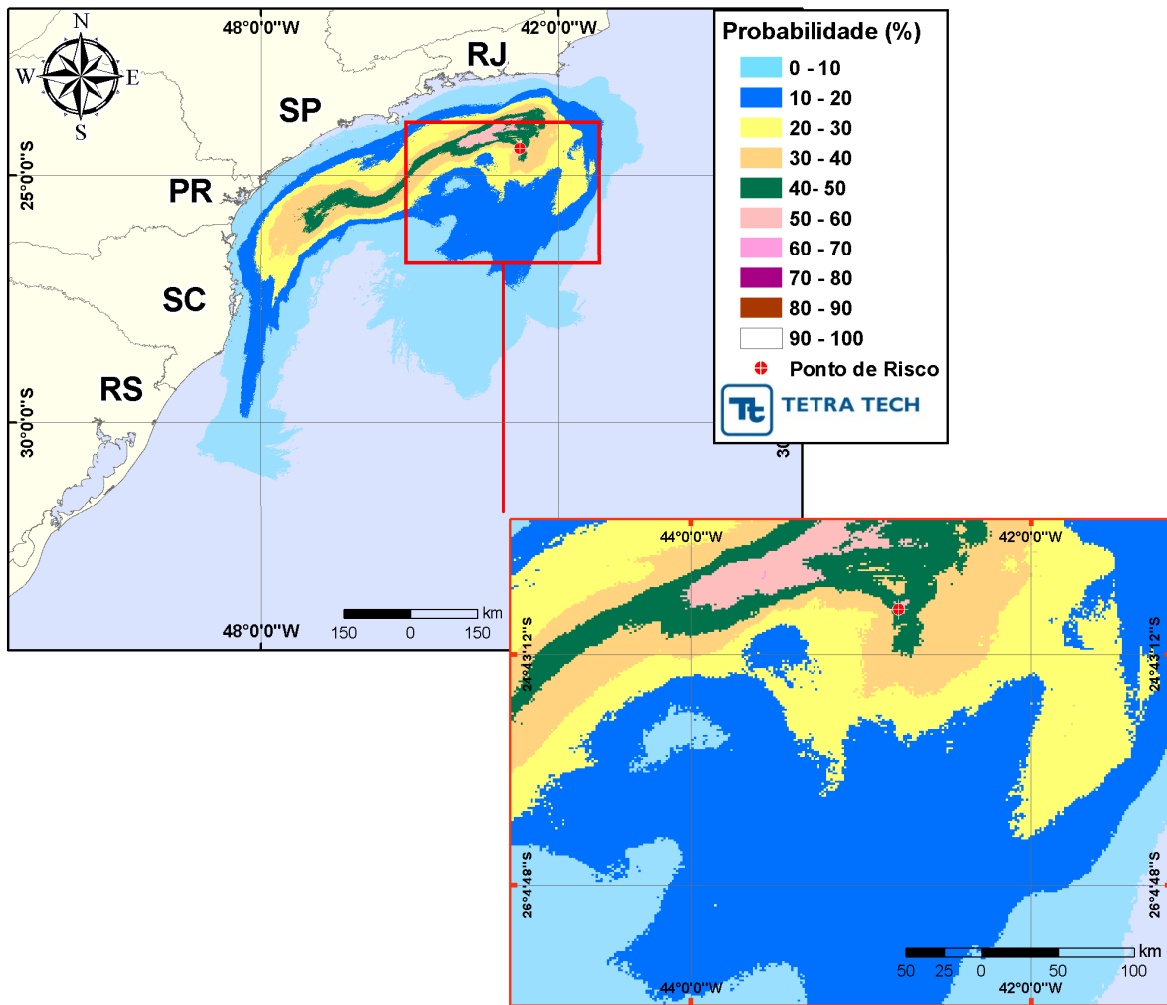


Figura III-41 - Cenário P7_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

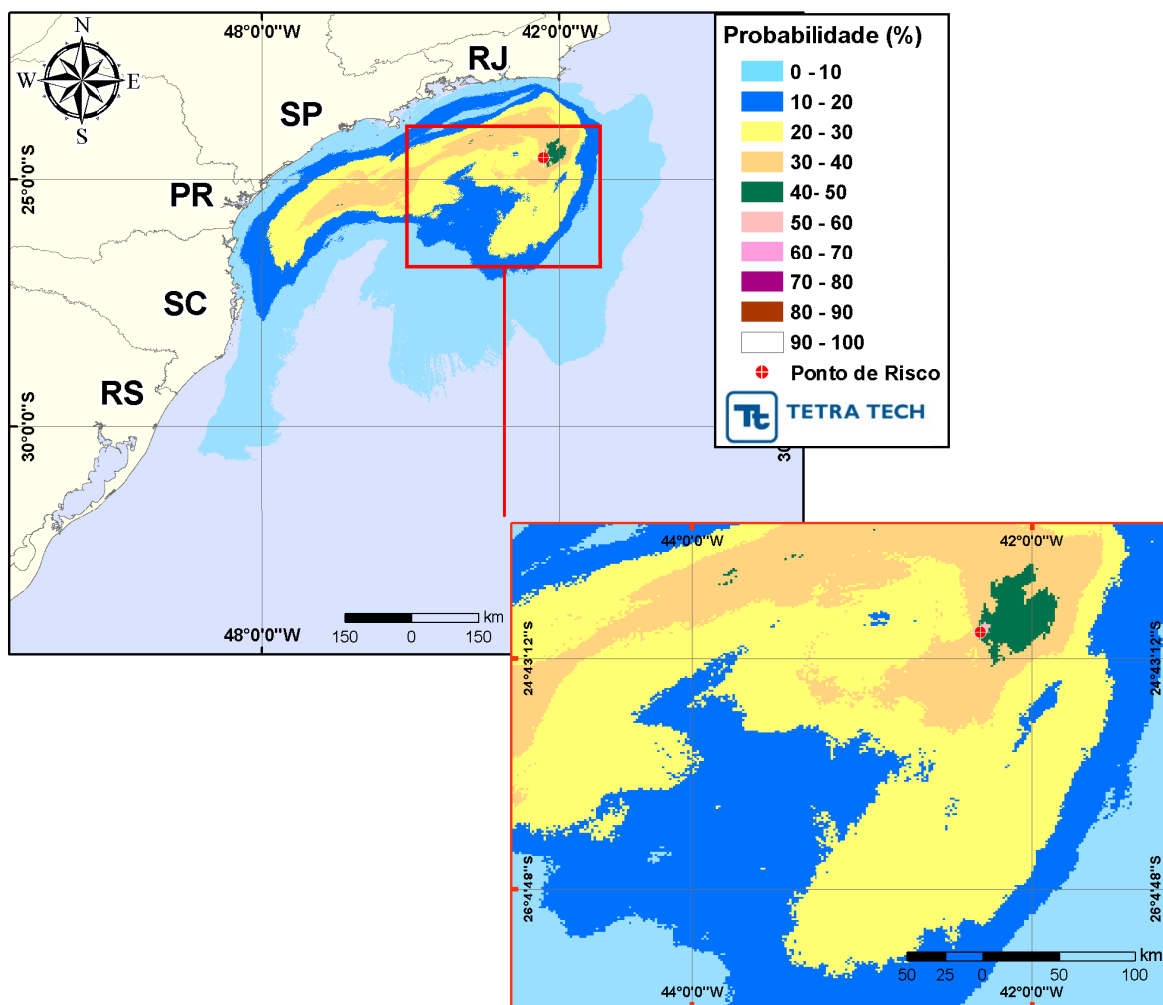


Figura III-42 - Cenário P8_ONEROSA_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

A Figura III-43 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários de inverno, apresentados nas figuras acima.

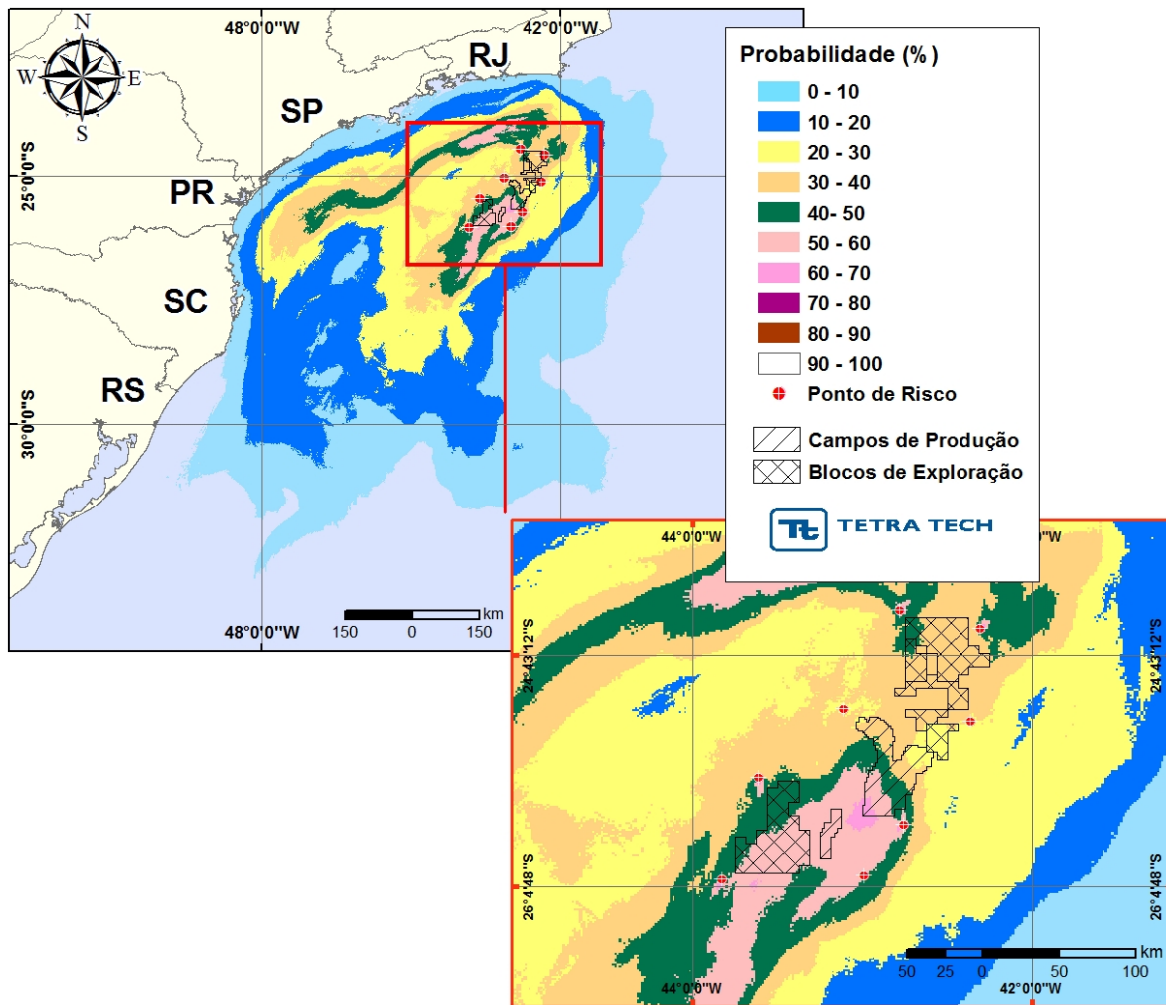


Figura III-43 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-44 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, através da sobreposição dos resultados obtidos para cada uma dos oito cenários simulados com volume médio para o Polo Pré-Sal, em condições de inverno. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que existe probabilidade de toque na costa em uma área que se estende por 1.329,1 km do Município de Arraijal do Cabo (RJ) até o de Imbituba (SC). As maiores com probabilidades de toque na costa (10%) ocorreram em Itanhaém – Ilha da Queimada Grande (SP) e Bombinhas – Ilha Deserta (SC).

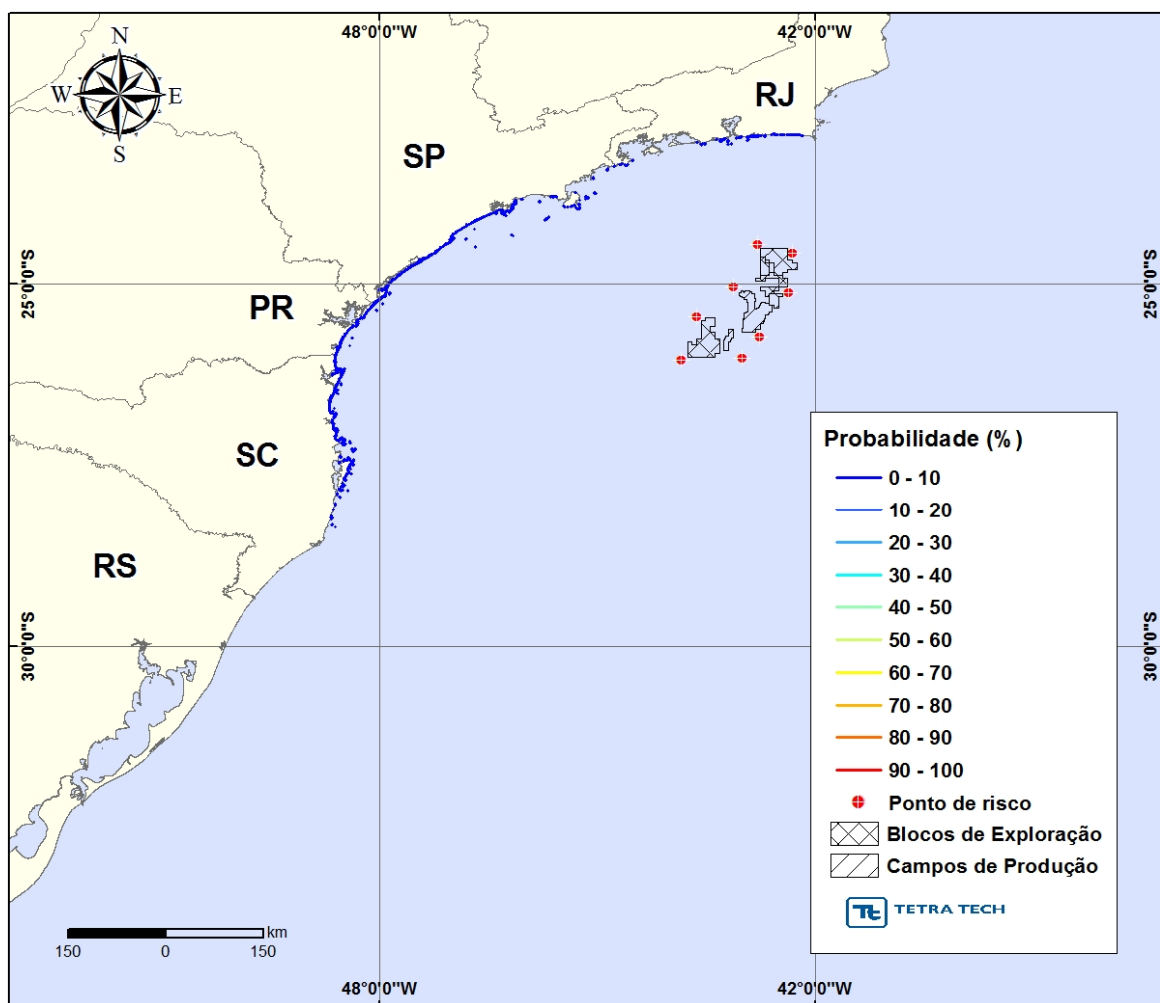


Figura III-44 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-21 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários simulados durante o inverno. O menor tempo de toque na costa (129 horas) foi calculado para o Ponto 8 em Arraial do Cabo e Araruama (RJ).

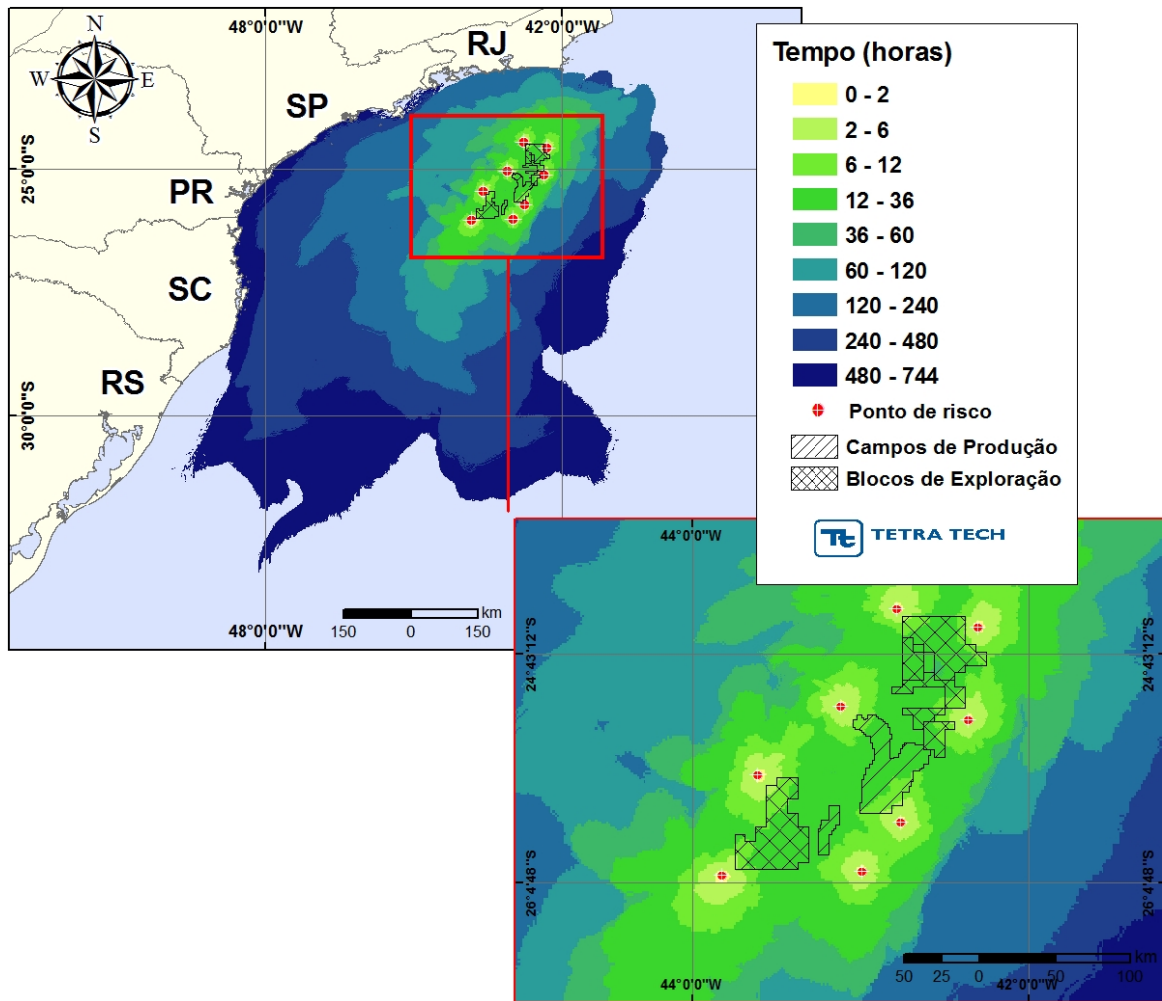


Figura III-45 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-22 apresenta os volumes máximos de óleo por metro de costa, através da sobreposição dos resultados obtidos para cada um dos oito cenários simulados com volume médio, em condições de inverno. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que o maior volume ($0,018 \text{ m}^3/\text{m}$) ocorreu na Ilha Queimada Grande, Município do Itanhaém (SP).

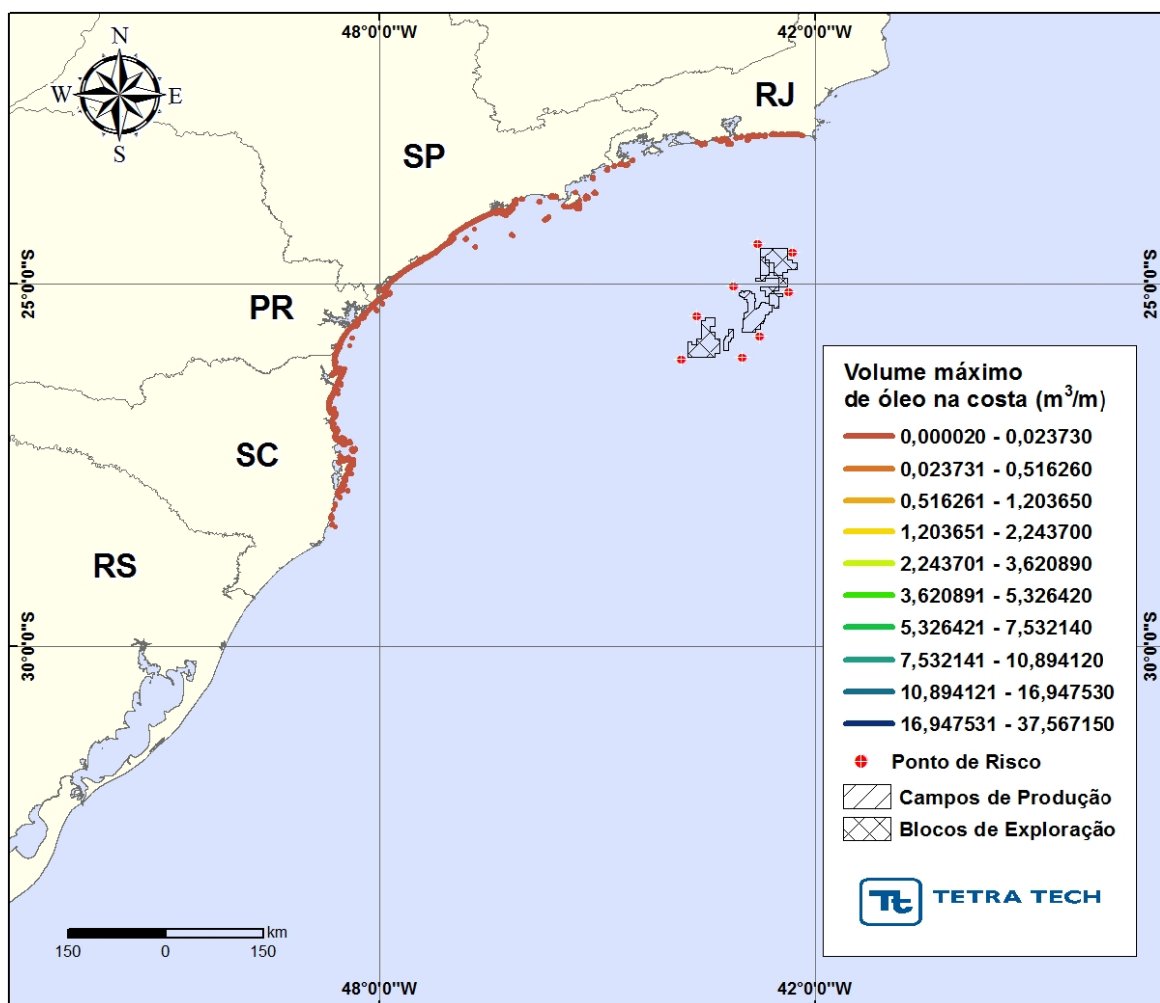


Figura III-46 - Volume máximo de óleo (m³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo volume médio, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Tabela III-5 e a Tabela III-6 apresentam a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, para os meses de verão e de inverno, respectivamente. Estas tabelas consideram a integração de todos os cenários simulados com volume médio em cada período sazonal. No verão, a Ilha do Arvoredo e a Ilha Deserta, pertencentes o Município de Bombinhas (SC), destacam-se com o menor tempo de toque (375 horas). No inverno, o menor tempo de toque foi calculado para os municípios de Arraial do Cabo e Araruama (129 horas), ambos localizados no Rio de Janeiro.

Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de verão.

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SP	Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	4	419	0,00047
	Praia Grande	1	664	0,00046
	Mongaguá	2	660	0,00185
	Peruíbe/ Laje da Conceição	2	466	0,0007
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	5	398	0,01824
	Itanhaém / Ilha Queimada Pequena	4	432	0,00474
	Itanhaém	2	662	0,00655
	Peruíbe / Ilha do Guarau	4	600	0,00443
	Peruíbe	4	441	0,01058
	Iguape	5	439	0,01471
	Ilha Comprida	5	467	0,01831
	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	1	593	0,00061
	Cananéia / Ilha do Castilho	1	425	0,00021
	Cananéia	1	545	0,00041
PR	Guaraqueçaba	5	452	0,00062
	Guaraqueçaba / Ilha do Castilho	5	425	0,00021
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	1	425	0,00021
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	1	473	0,00021
	Paranaguá / Ilha do Mel	1	458	0,00086
	Paranaguá / Ilha da Galheta	1	564	0,00049
	Pontal do Paraná	1	460	0,00229
	Pontal do Paraná / Ilhas Currais	1	438	0,00575
	Matinhos	1	463	0,00302
	Matinhos / Ilhas Itacolomís	1	437	0,00362
	Guaratuba	1	461	0,00431
	Guaratuba / Ilha Saí	1	468	0,00409
SC	Itapoá	1	464	0,0084
	Itapoá / Ilha Fora de Itapema	1	462	0,0033
	São Francisco do Sul	6	436	0,00771
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	4	453	0,00317
	São Francisco do Sul / Pedra da Baleia	5	442	0,00103
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	4	451	0,00227
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	4	451	0,00341
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	4	451	0,00341
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	4	452	0,00341
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Pequena	4	452	0,00341

(continua)

Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de verão (continuação).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Grande	4	452	0,00341
	São Francisco do Sul / Ilha Iriri	1	597	0,0002
	São Francisco do Sul / Pedra do Baiacu	1	564	0,00178
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	3	456	0,00045
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	4	452	0,00129
	São Francisco do Sul / Pedra do Filhote do Caçõ	3	456	0,00045
	São Francisco do Sul / Pedra do Caçõ	4	452	0,00129
	São Francisco do Sul / Ilha do Alvarenga	1	487	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha Murta	1	511	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha dos Herdeiros	1	497	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha do Maracujá	1	511	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha do Caçõ	1	511	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha Pernambuco	1	511	0,00021
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	7	422	0,00533
	Balneário Barra do Sul	6	438	0,00488
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	7	438	0,0109
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédío	6	440	0,0109
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	7	441	0,00308
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	7	431	0,00264
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	8	422	0,00278
	Araquari	6	438	0,00628
	Barra Velha	7	437	0,01277
	Barra Velha / Ilhas Itacolomi	9	427	0,00323
	Piçarras	7	431	0,01649
	Piçarras / Ilha Feia	9	428	0,00342
	Penha	9	410	0,02373
	Navegantes	7	400	0,01231
	Itajaí	7	397	0,01231
	Balneário Camboriú	7	389	0,01146
	Itapema	7	394	0,01583
	Bombinhas	9	385	0,01404
	Bombinhas / Ilha da Galé	11	380	0,00616
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	6	385	0,00734
Bombinhas / Ilha Deserta	10	375	0,00536	

(continua)

Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de verão (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	10	375	0,01244
	Porto Belo	7	385	0,01404
	Porto Belo / Ilha João da Cunha	5	433	0,00886
	Tijucas	3	400	0,00221
	Florianópolis	8	385	0,01243
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	8	384	0,00184
	Florianópolis / Ilha do Frances	6	436	0,00323
	Florianópolis / Ilha Mara Fome	8	385	0,00298
	Florianópolis / Ilha do Badejo	9	430	0,003
	Florianópolis / Ilha Ratoles Grande	1	450	0,00101
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	7	432	0,01103
	Florianópolis / Ilha Ratoles Pequena	1	453	0,00042
	Florianópolis / Ilha do Xavier	7	433	0,00189
	Florianópolis / Ilha do Campeche	3	449	0,00279
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	2	482	0,00063
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	3	467	0,00068
	Florianópolis / Ilha Moleques do Sul	7	437	0,0036
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	2	483	0,00063
	Governador Celso Ramos	6	396	0,00668
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	4	395	0,00395
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	5	396	0,0029
	Governador Celso Ramos / Ilha de Anhatomirim	3	447	0,00668
	Biguaçu	1	459	0,00256
	São José	1	465	0,00084
	Palhoça	1	488	0,00102
	Paulo Lopes	1	488	0,00102
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	4	462	0,001
	Garopaba	2	472	0,00239
	Garopaba / Ilhota do Siri	1	495	0,00063
	Imbituba	2	489	0,00273
	Imbituba / Ilha do Batuba	1	491	0,00153
	Imbituba / Ilha Santana Norte	1	491	0,00034
Imbituba / Ilha Santana Sul	1	491	0,00034	

(continua)

Tabela III-5 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de verão (conclusão).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	Imbituba / Ilha Tacami	5	541	0,00147
	Laguna	1	502	0,00126
	Laguna / Ilha dos Lobos	1	504	0,00032
	Passo de Torres	1	664	0,0002
	Torres	3	659	0,00062
	Torres / Ilha dos Lobos	1	664	0,0002
	Arroio do Sal	4	656	0,00313
	Terra de Areia	4	661	0,0025
	Capão da Canoa	4	653	0,00396
	Xangri-Lá	4	656	0,00374
	Osório	4	662	0,0027
	Imbé	4	657	0,00499
	Tramandaí	3	659	0,00541
RS	Cidreira	4	654	0,00664
	Balneário Pinhal	4	650	0,00414
	Palmares do Sul	4	639	0,00622
	Mostardas	4	617	0,00769
	Tavares	1	649	0,00409
	São José do Norte	1	663	0,00049

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
RJ	Arraial do Cabo	1	129	0,00266
	Araruama	1	129	0,00266
	Saquarema	1	143	0,00291
	Maricá/Ilhas Maricás	1	154	0,00685
	Maricá	1	148	0,00765
	Niterói/Ilha do Pai	1	197	0,00026
	Niterói	1	166	0,00026

(continua)

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
RJ	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	1	162	0,01128
	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	2	164	0,00183
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagarras	1	172	0,0013
	Rio de Janeiro / Ilha de Palmas	1	173	0,00052
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	1	187	0,00051
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	1	225	0,00025
	Rio de Janeiro / Ilha de Guaratiba	1	199	0,00129
	Rio de Janeiro	1	187	0,00155
	Parati	1	539	0,00047
SP	Ubatuba / Ilha das Couves	1	534	0,00024
	Ubatuba / Ilha Comprida	1	534	0,00024
	Ubatuba / Ilha Anchieta	1	503	0,00024
	Ubatuba	1	590	0,00024
	Ilhabela / Ilha de Vitória	1	459	0,00024
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	1	460	0,00071
	Ilhabela / Ilha Sumitica	1	677	0,00023
	Ilhabela	1	436	0,00024
	São Sebastião / Arquipélago Alcatrazes	5	380	0,00196
	São Sebastião	1	523	0,00048
	Bertioga	1	577	0,00024
	Guarujá/Ilha da Moela	3	490	0,00359
	Guarujá	3	474	0,00289
	Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	7	390	0,00418
	Santos	1	509	0,00024
	São Vicente	2	575	0,00048
	Santos/Ilha de Urubuqueçaba	1	579	0,00023
	Praia Grande	4	509	0,00192
	Mongaguá	6	567	0,00311
	Peruibe/ Laje da Conceição	8	478	0,00335
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	10	405	0,01839
Itanhaém / Ilha Queimada Pequena	8	481	0,00443	
Itanhaém	6	583	0,00501	

(continua)

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SP	Peruíbe/Ilha do Guaraú	8	545	0,00187
	Peruíbe	8	552	0,00449
	Iguape	8	560	0,01216
	Ilha Comprida	7	579	0,01247
	Cananéia/Ilha do Bom Abrigo	2	574	0,00843
	Cananéia/Ilha do Castilho	3	592	0,00416
	Cananéia/Ilha do Cambriú	2	611	0,01287
	Cananéia	3	578	0,01287
PR	Guaraqueçaba	3	619	0,00378
	Guaraqueçaba / Ilha do Castilho	3	592	0,00416
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	3	552	0,00522
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	1	661	0,00023
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	2	657	0,0019
	Paranaguá / Ilha do Mel	2	647	0,00448
	Paranaguá / Ilha da Galheta	2	652	0,00283
	Pontal do Paraná	1	657	0,00047
	Pontal do Paraná / Ilhas Currais	4	601	0,00524
	Matinhos	2	670	0,00446
	Matinhos / Ilhas Itacolomi	5	602	0,00452
	Guaratuba	2	679	0,00308
	Guaratuba / Ilha Saí	1	687	0,00235
	SC	Itapoá	3	627
Itapoá / Ilha Fora de Itapema		3	626	0,00498
São Francisco do Sul		5	609	0,0059
São Francisco do Sul / Pedra do Lobo		5	612	0,00378
São Francisco do Sul / Pedra da Baleia		5	612	0,00266
São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi		5	612	0,0033
São Francisco do Sul / Ilhota São Luís		5	613	0,0033
São Francisco do Sul / Ilha da Paz		5	612	0,0033
São Francisco do Sul / Ilha da Velha		5	613	0,0033
São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Pequena		5	615	0,00093

(continua)

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Grande	5	615	0,00093
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	2	690	0,00188
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	4	617	0,00188
	São Francisco do Sul / Pedra do Filhote do Caçao	4	617	0,00188
	São Francisco do Sul / Pedra do Caçao	5	617	0,00188
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	7	607	0,00566
	Balneário Barra do Sul	4	628	0,00258
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	5	617	0,00789
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	5	624	0,00646
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	5	622	0,00646
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	4	634	0,00094
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	6	612	0,00187
	Araquari	2	654	0,00047
	Barra Velha	2	648	0,00046
	Barra Velha / Ilhas Itacolomi	5	628	0,00161
	Piçarras	3	641	0,00304
	Piçarras / Ilha Feia	3	634	0,00184
	Penha	5	623	0,01008
	Navegantes	2	644	0,0007
	Itajaí	3	636	0,0014
	Balneário Camboriú	4	630	0,01156
	Itapema	2	653	0,00068
	Bombinhas	6	625	0,00657
	Bombinhas / Ilha da Galé	8	620	0,00454
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	3	642	0,00046
	Bombinhas / Ilha Deserta	10	608	0,00304
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	8	610	0,00701
	Porto Belo	6	627	0,00657
	Porto Belo / Ilha João da Cunha	4	634	0,00544
	Florianópolis	6	617	0,00494
Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	6	613	0,0007	

(continua)

Tabela III-6 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume médio, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (conclusão).

MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)	
SC	Florianópolis / Ilha do Francês	1	648	0,00023
	Florianópolis / Ilha Mara Fome	5	616	0,00094
	Florianópolis / Ilha do Badejo	6	616	0,00093
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	5	614	0,00235
	Florianópolis / Ilha do Xavier	4	616	0,00117
	Florianópolis / Ilha do Campeche	2	653	0,00141
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	1	673	0,00023
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	2	654	0,00093
	Florianópolis / Ilha Moleques do Sul	3	623	0,00165
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	1	657	0,00069
	Governador Celso Ramos	1	661	0,00046
	Palhoça	1	666	0,00023
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	1	658	0,0014
	Garopaba	1	677	0,00046
	Imbituba	1	671	0,00046
	Imbituba / Ilha Santana Norte	1	676	0,00023
	Imbituba / Ilha Santana Sul	1	676	0,00023
	Imbituba / Ilha das Araras	1	662	0,00046
	Imbituba / Ilha Tacami	2	659	0,00187

III.1.3 Simulações Probabilísticas – Volume Pior Caso

Da Figura III-47 a Figura III-58 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de verão, com derrame de volume de pior caso (400.000,0 m³). A extensão de toque na costa variou de 372,2 km a 1.289,2 km, e a maior probabilidade de toque calculada não ultrapassou 17%.

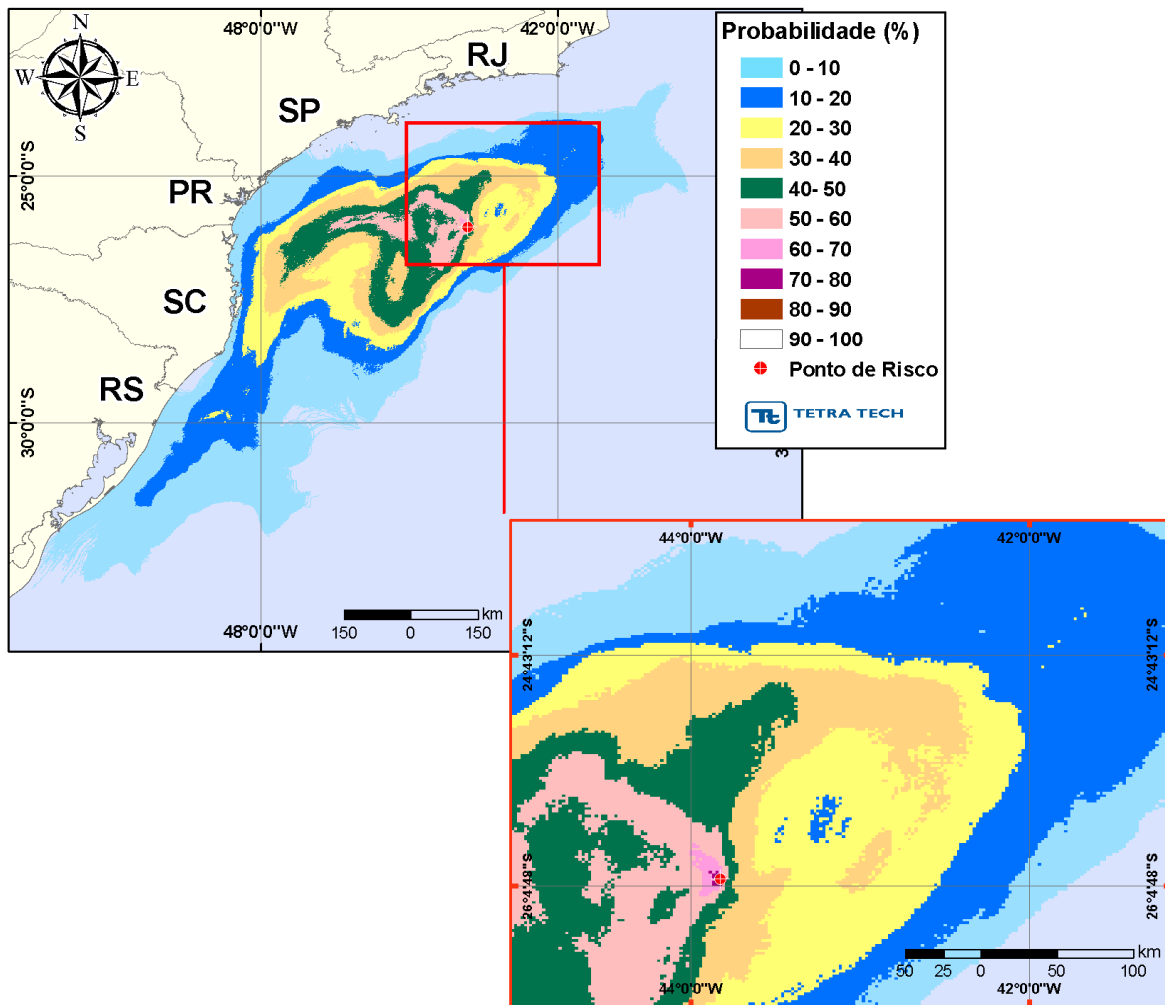


Figura III-47 - Cenário P1_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

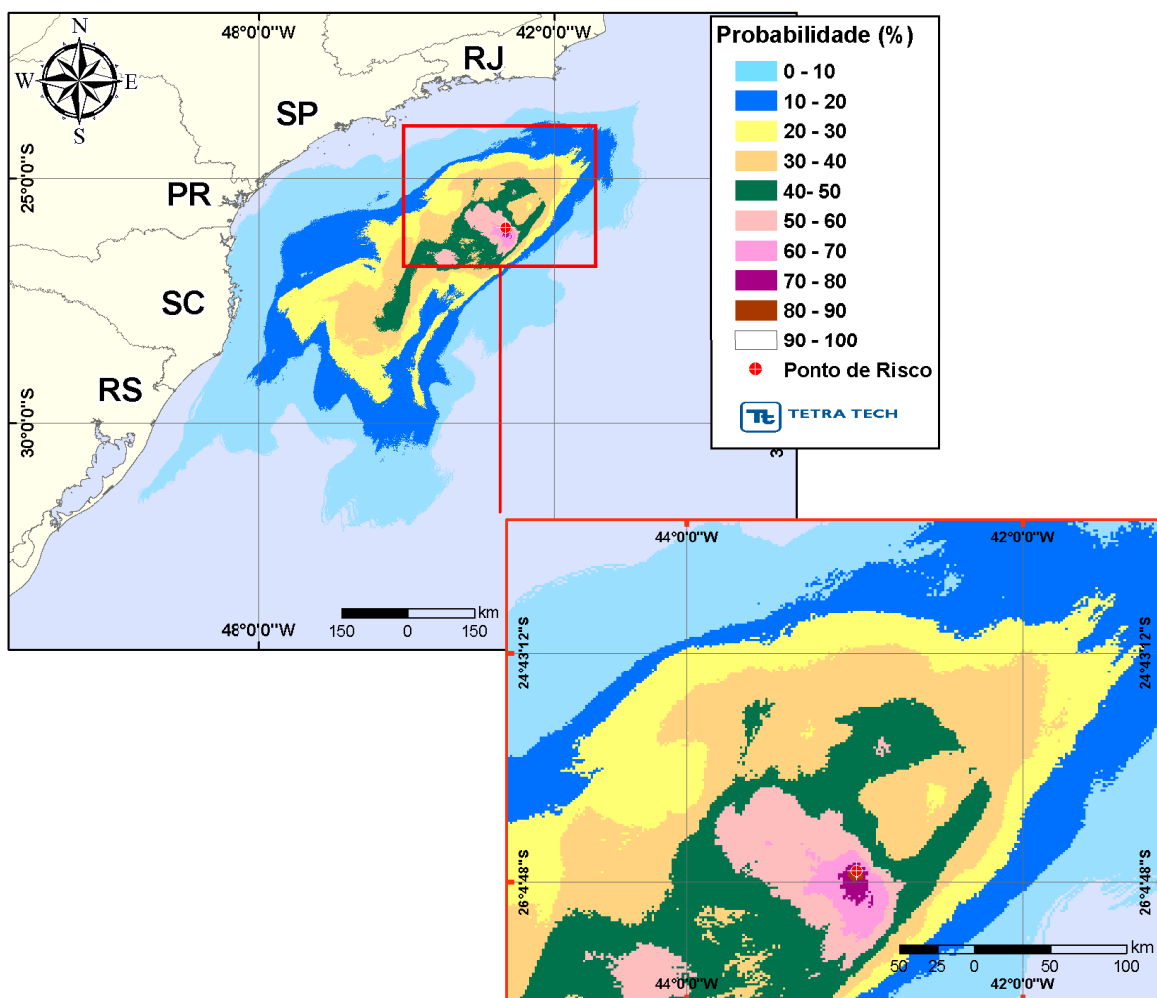


Figura III-48 - Cenário P2_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

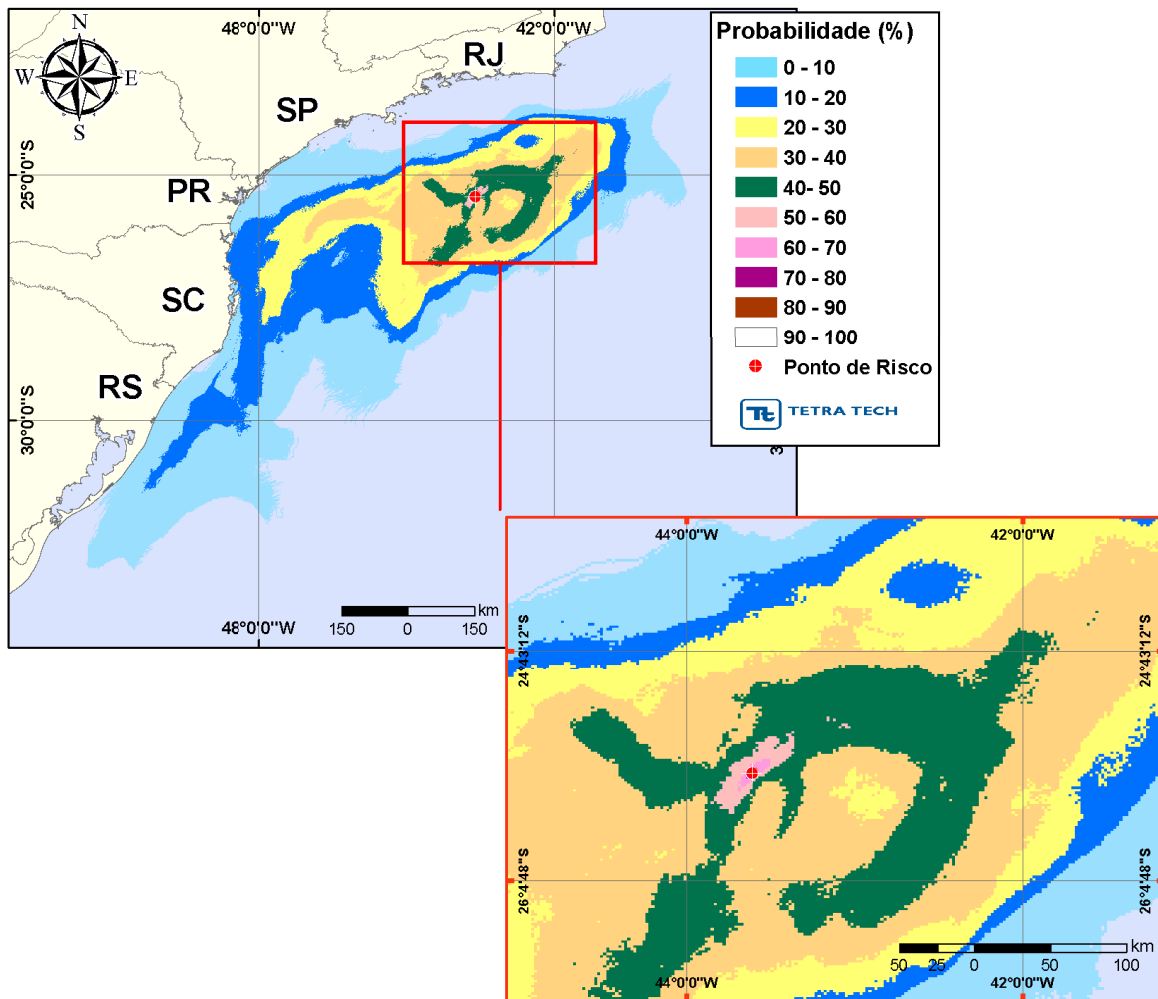


Figura III-49 - Cenário P3_BMS9_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

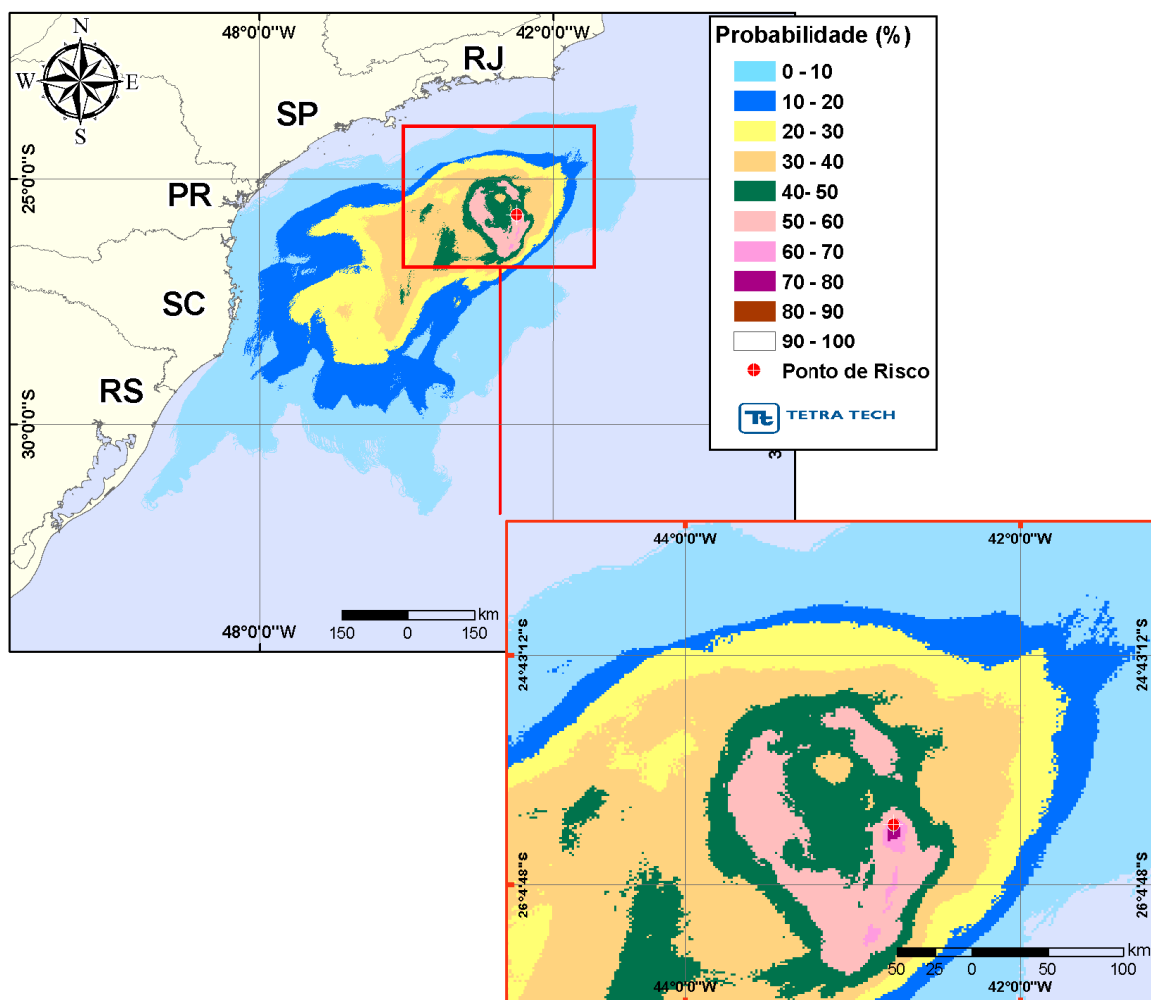


Figura III-50 - Cenário P4_BMS11_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

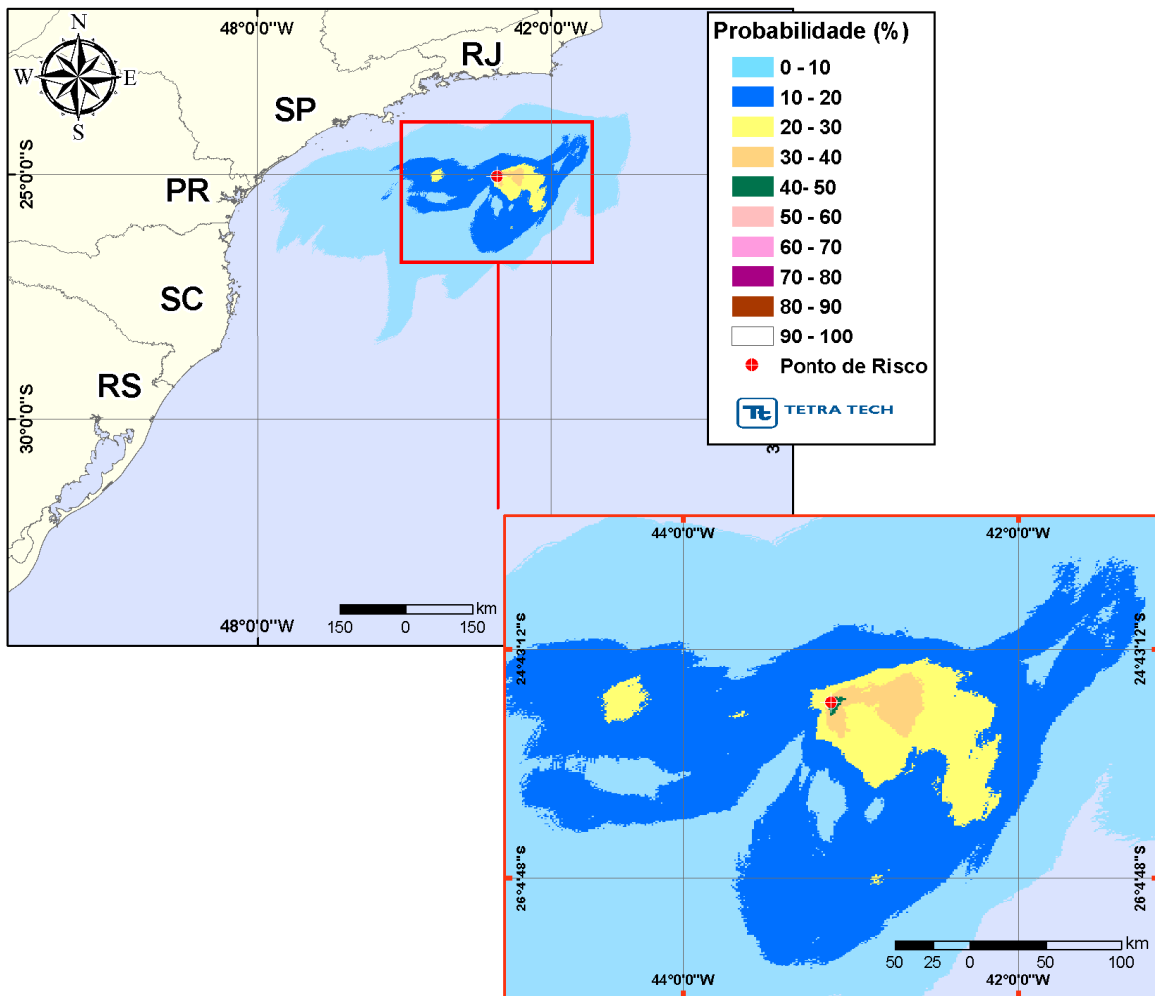


Figura III-51 - Cenário P5_BMS11_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

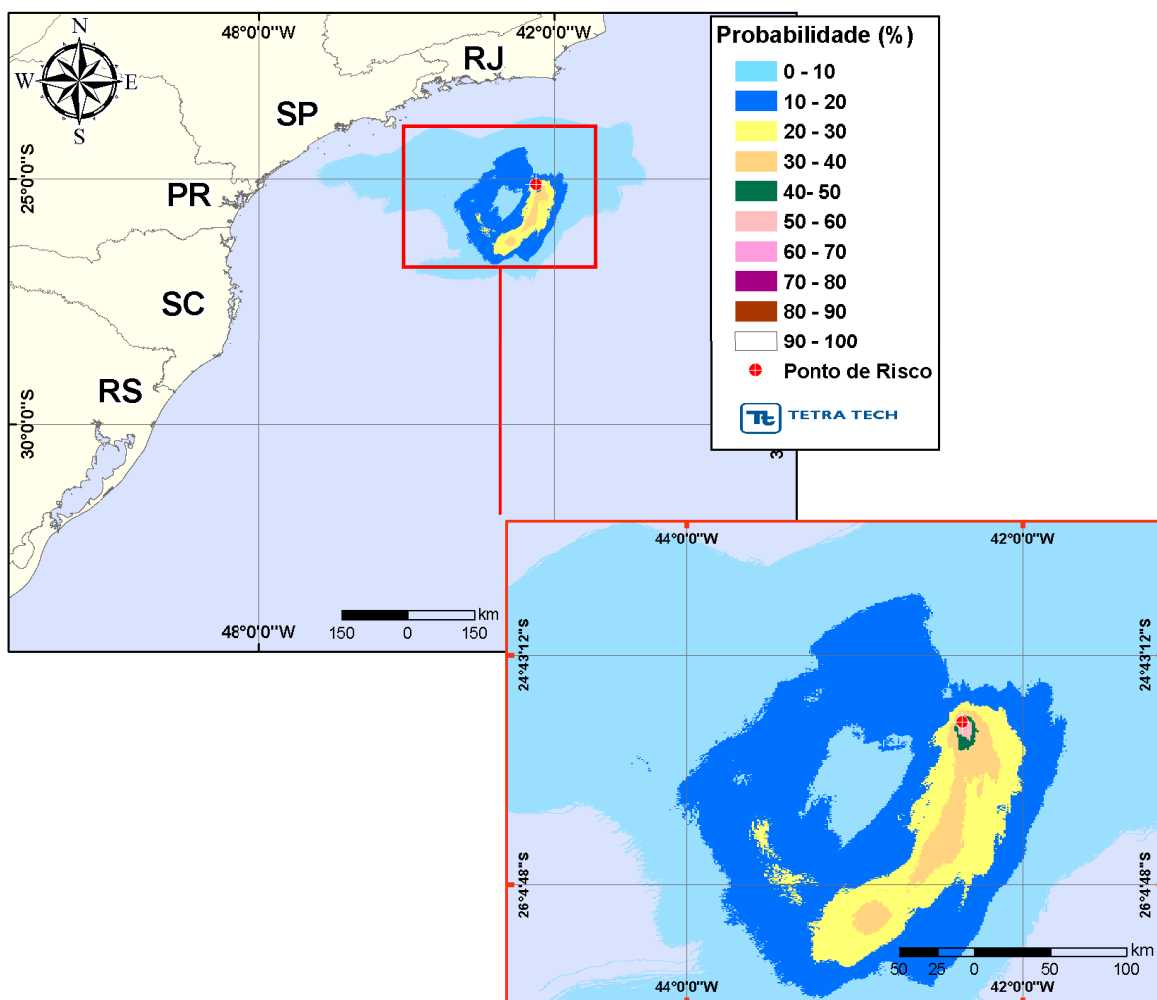


Figura III-52 - Cenário P6_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

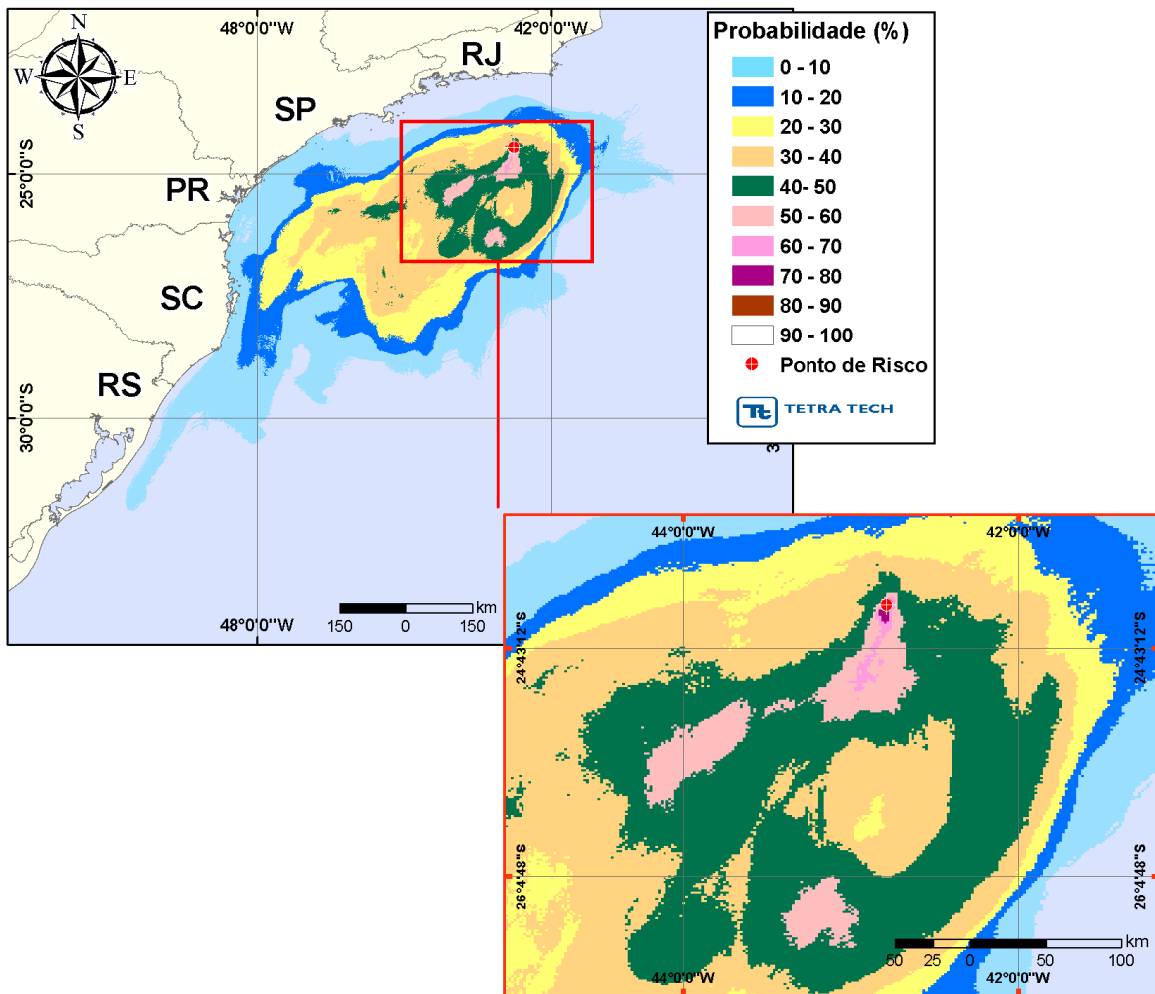


Figura III-53 - Cenário P7_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

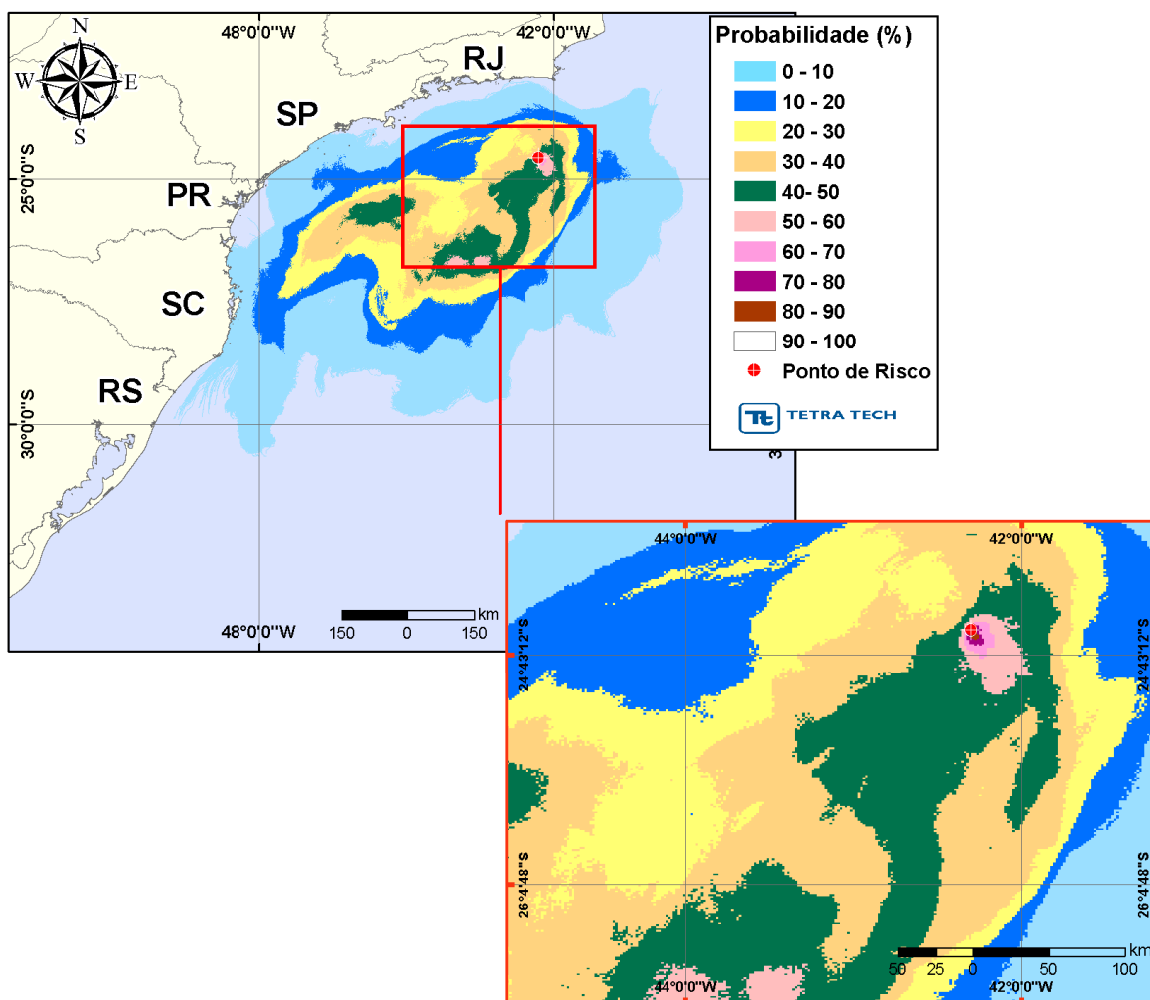


Figura III-54 - Cenário P8_ONEROSA_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

A Figura III-55 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários apresentados acima.

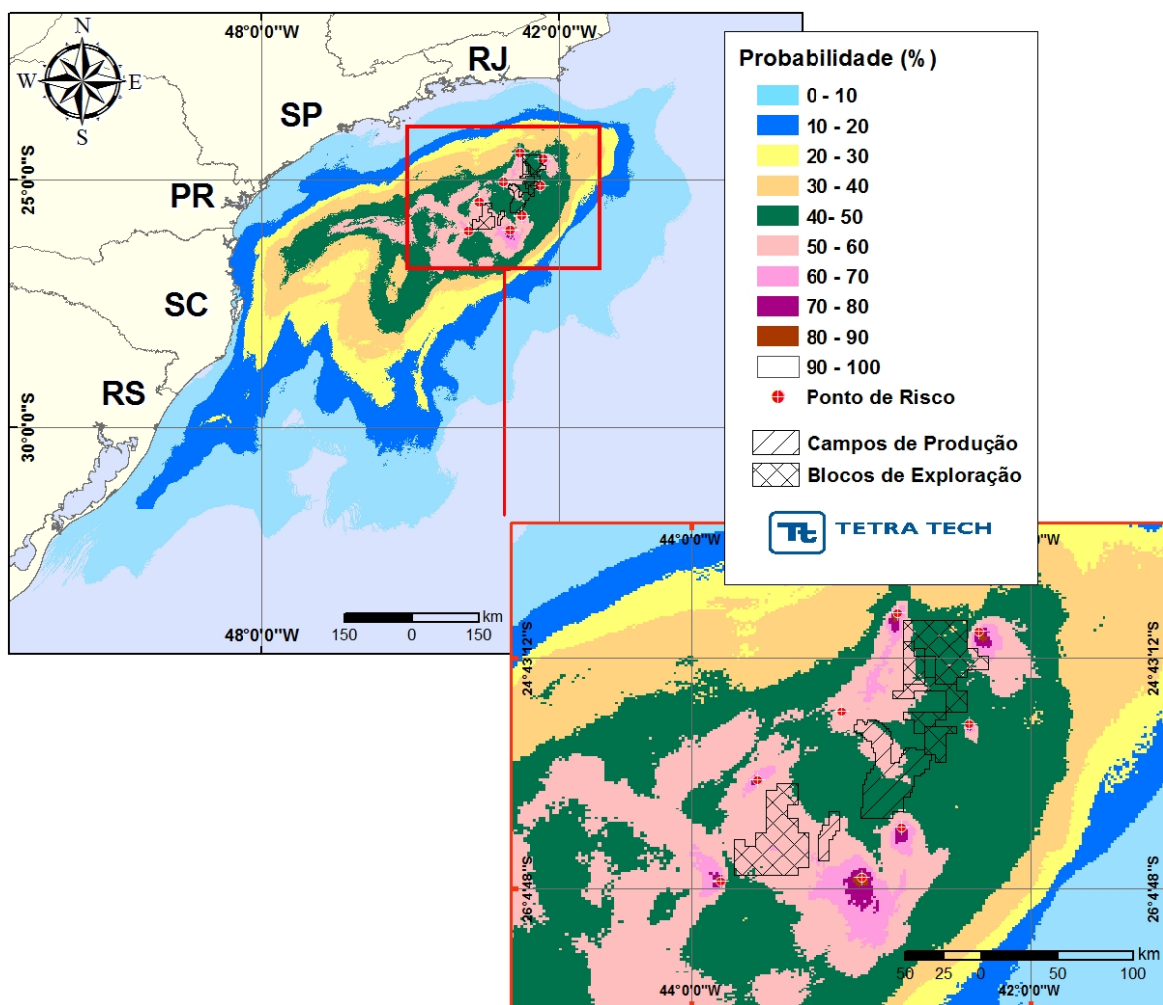


Figura III-55 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-56 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume de pior caso, simulados durante o verão. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que existe probabilidade de toque na costa em uma região que se estende por, aproximadamente, 1.668,2 km do Município de Praia Grande (SP) até o de Santa Vitória do Palmar (RS). A maior probabilidade de toque, que ocorreu em todo o litoral atingido, foi de 17%, calculada para o Município de Bombinhas – Ilha Deserta (SC).

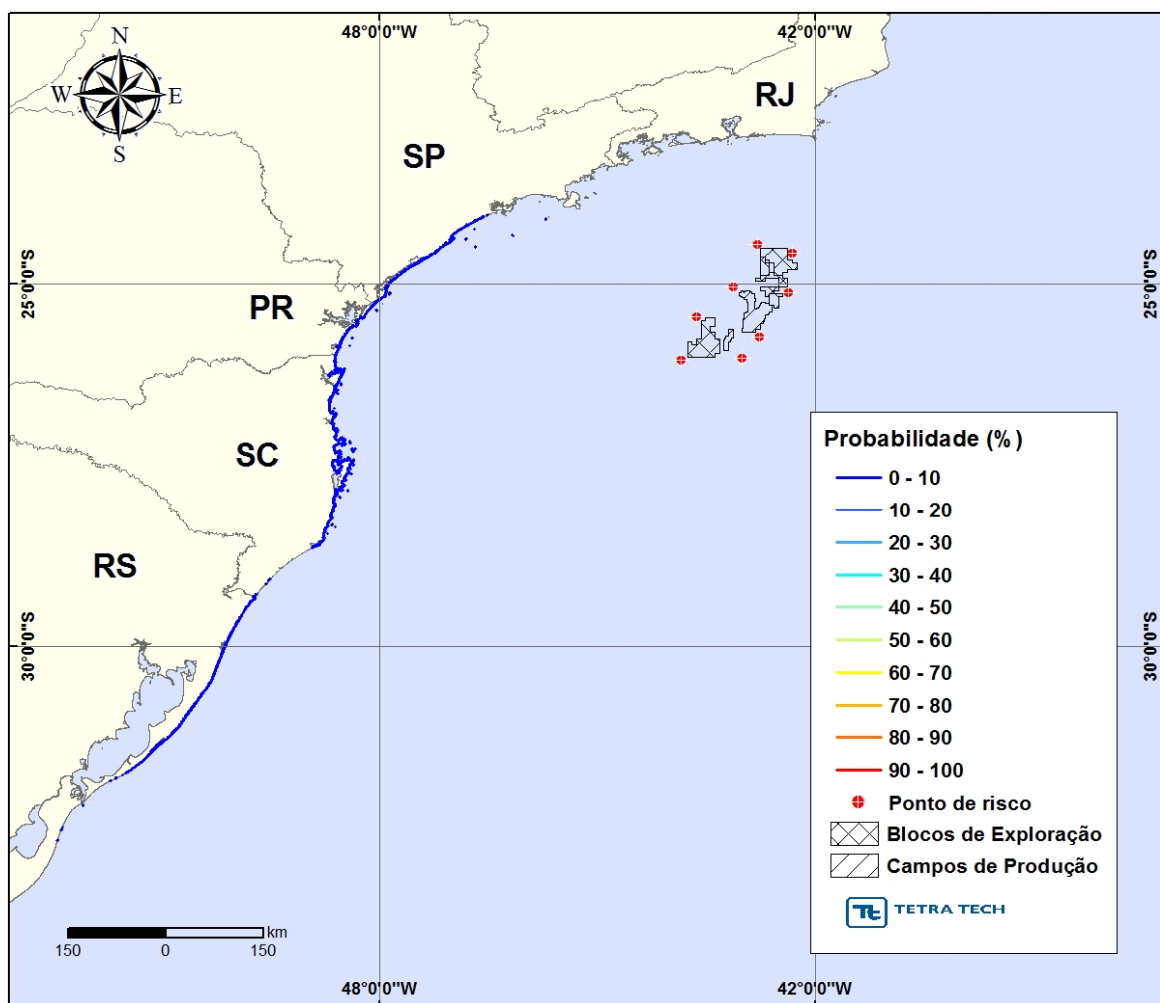


Figura III-56 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-57 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume de pior caso, simulados durante o verão. O menor tempo de toque foi calculado na Ilha da Galé, pertencente o Município de Bombinhas (SC).

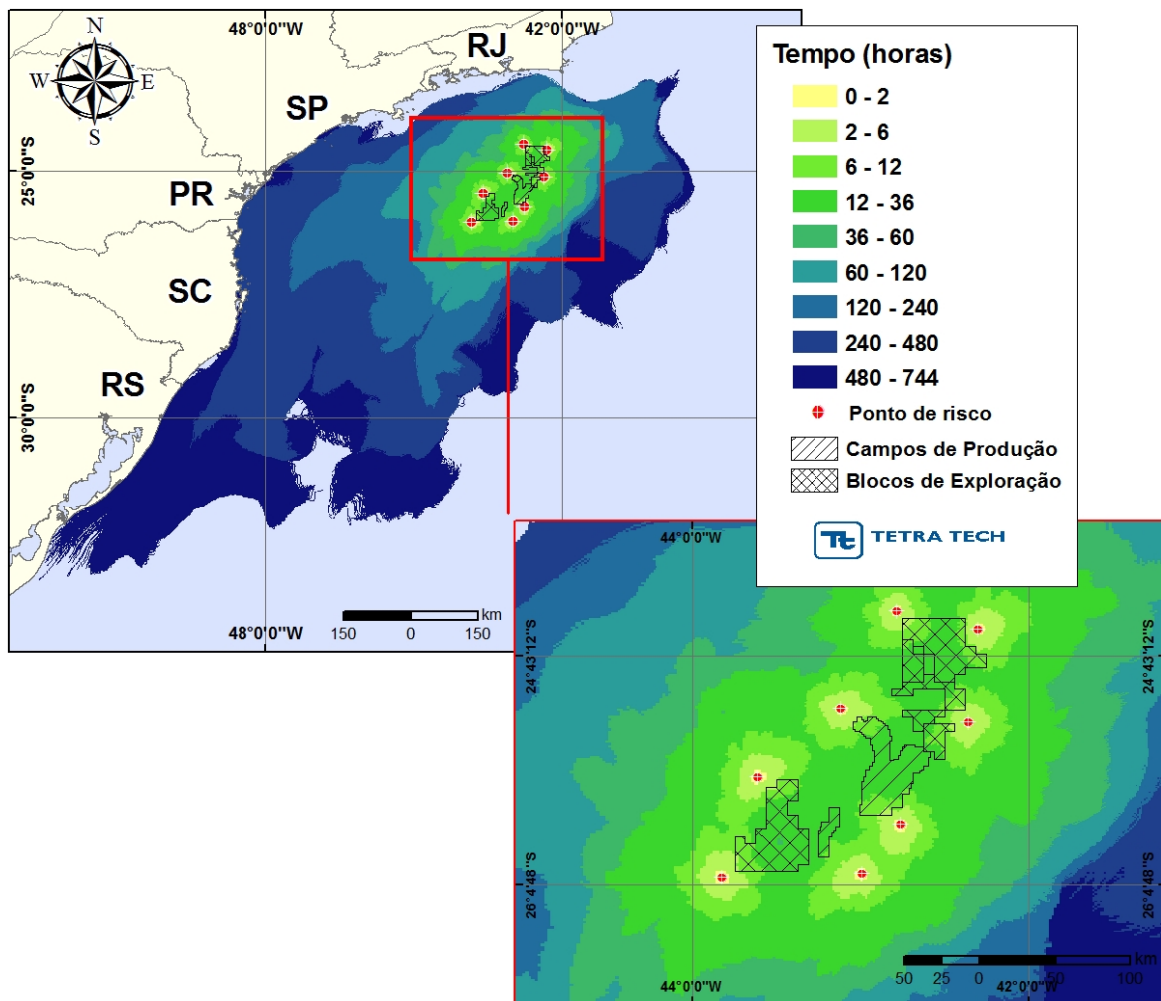


Figura III-57 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).

A Figura III-58 apresenta os volumes máximos de óleo por metro de costa, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários com volume de pior caso durante o verão. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que o maior volume ($37,6 \text{ m}^3/\text{m}$) ocorreu no Município de Iguape (SP).

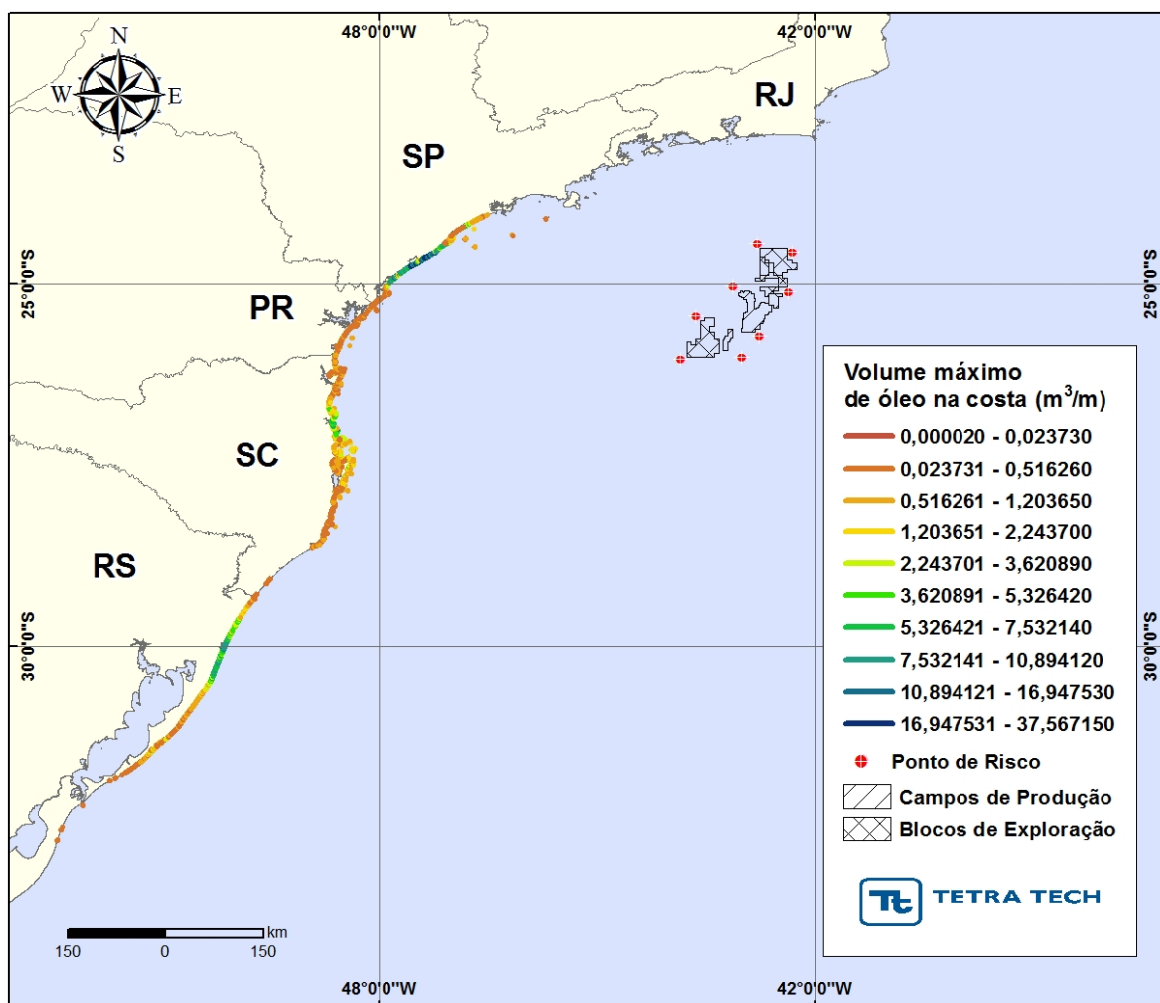


Figura III-58 - Volume máximo de óleo (m³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de verão (janeiro a março).

Da Figura III-59 a Figura III-70 são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de derrame de óleo de volume de pior caso para os meses de inverno. Os resultados são apresentados individualmente e integrados para o Polo Pré-Sal. A extensão de toque na costa variou de 4,8 km a 1.258,9 km, e a maior probabilidade de toque calculada não ultrapassou 14%.

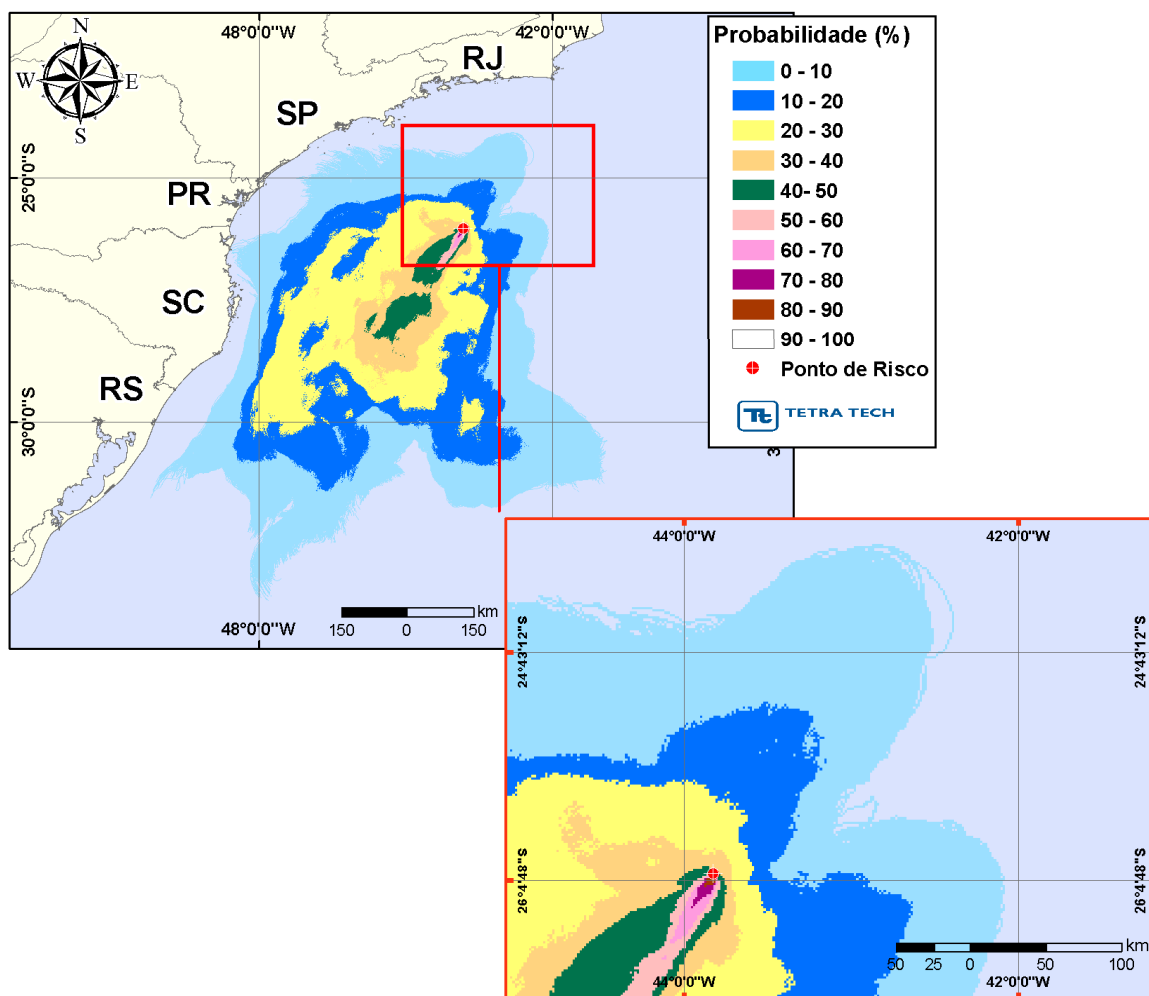


Figura III-59 - Cenário P1_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P1, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

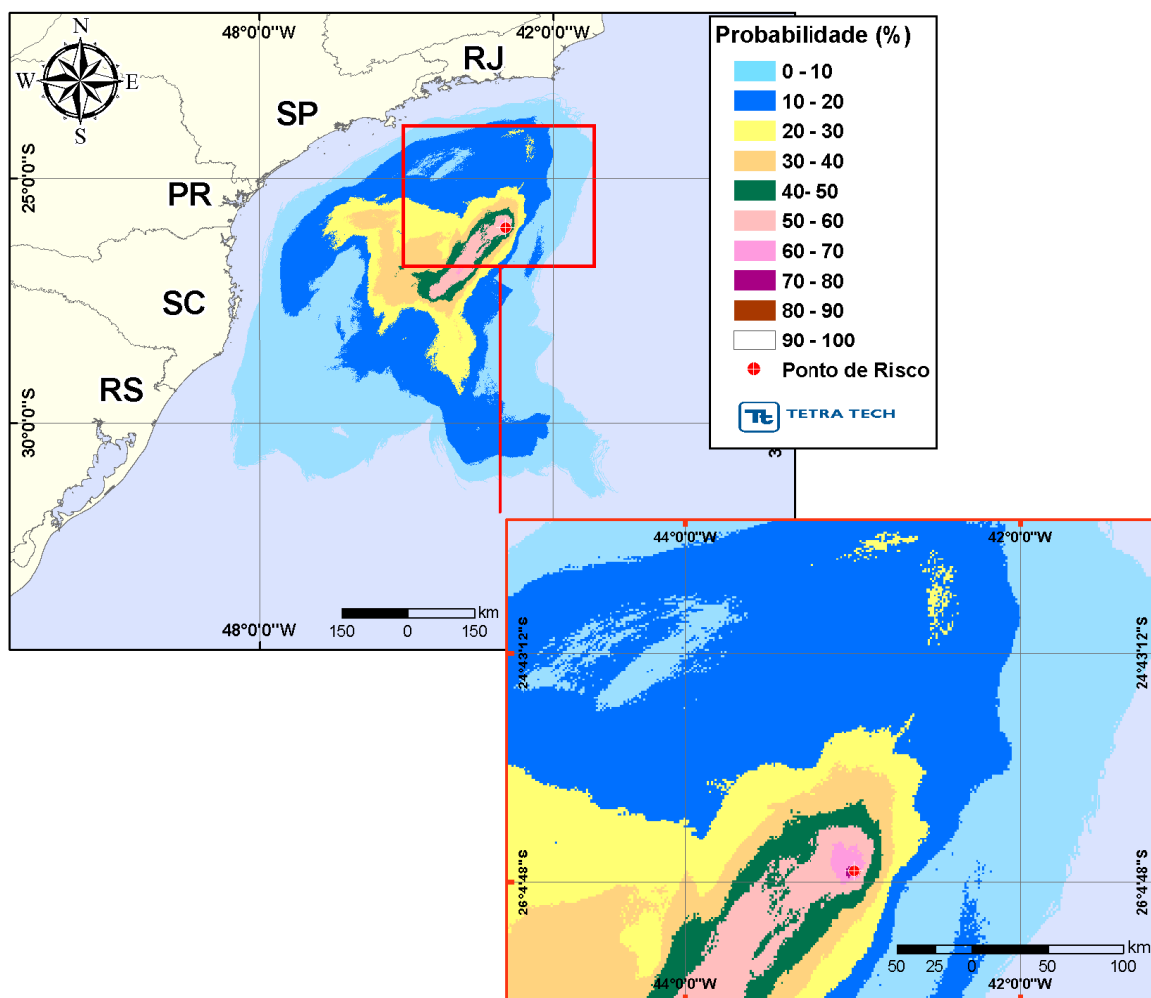


Figura III-60 - Cenário P2_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P2, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

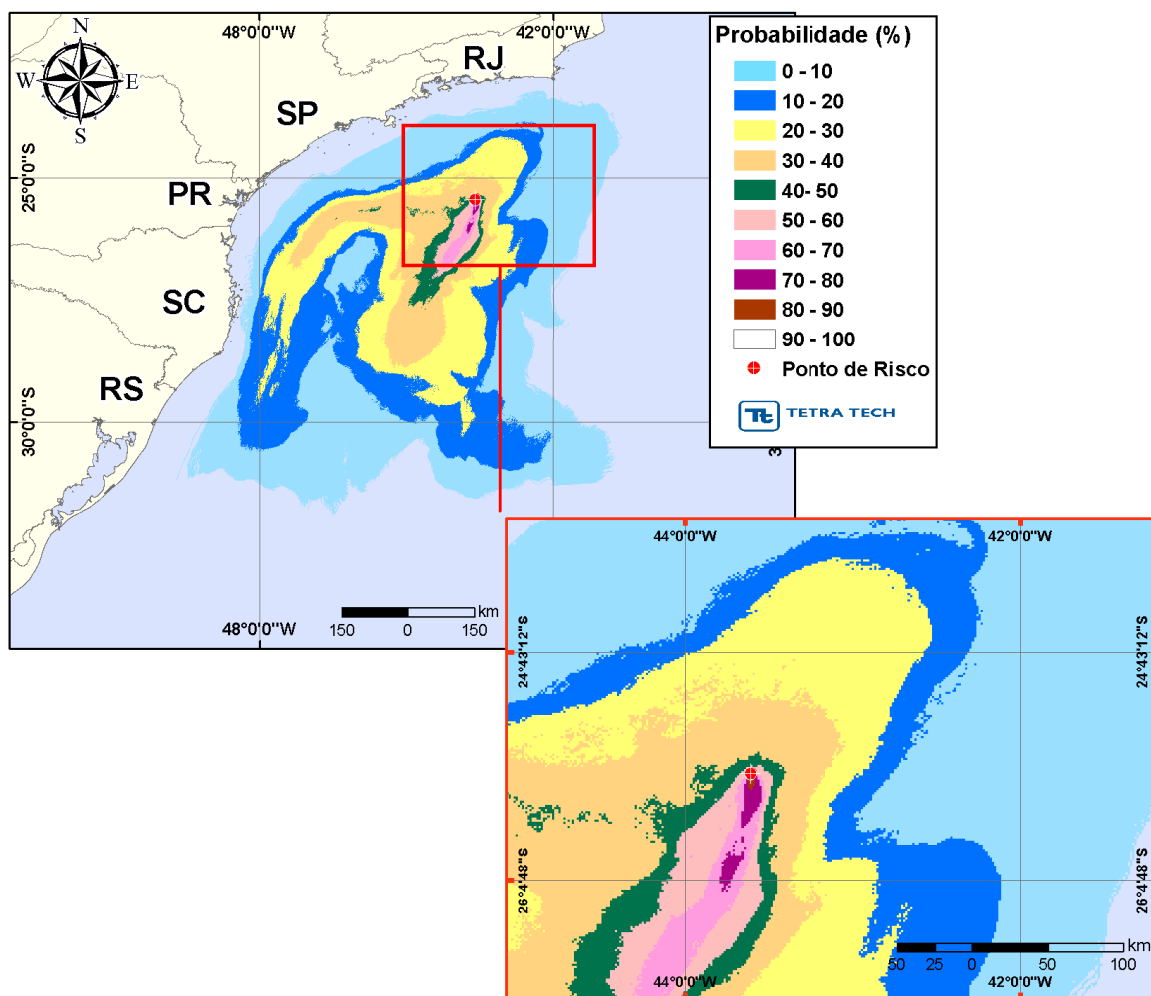


Figura III-61 - Cenário P3_BMS9_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P3, Bloco BM-S-9, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

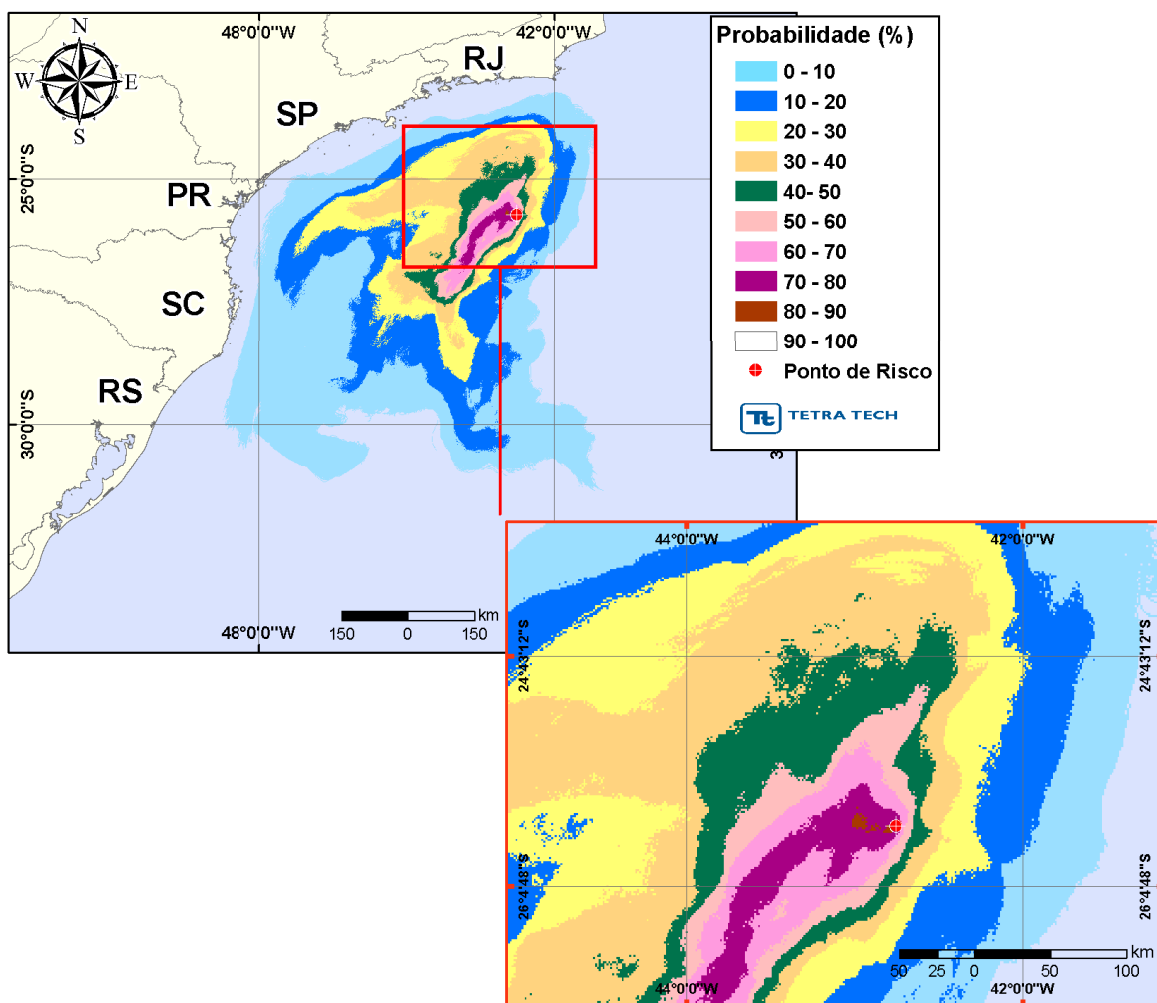


Figura III-62 - Cenário P4_BMS11_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P4, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

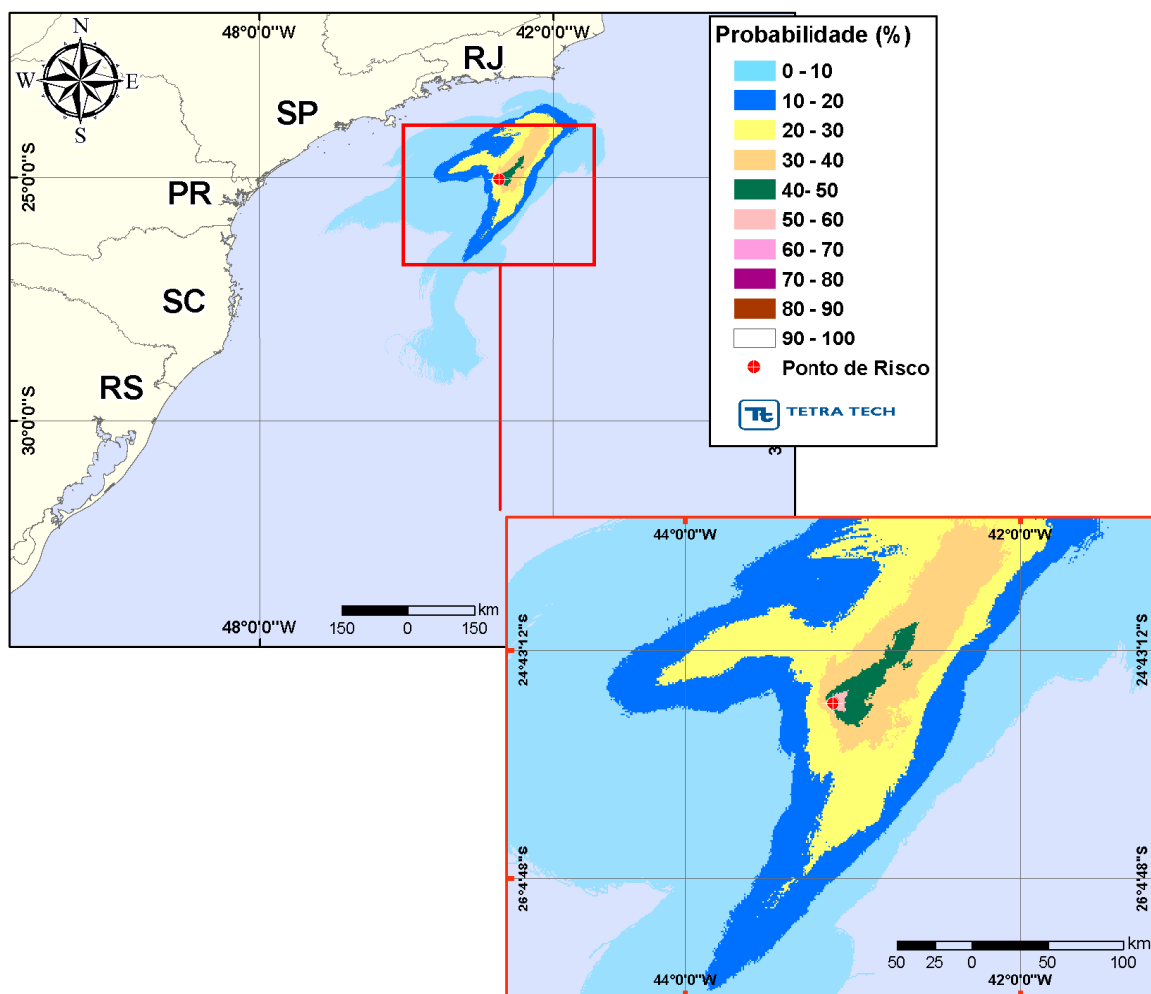


Figura III-63 - Cenário P5_BMS11_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P5, Bloco BM-S-11, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

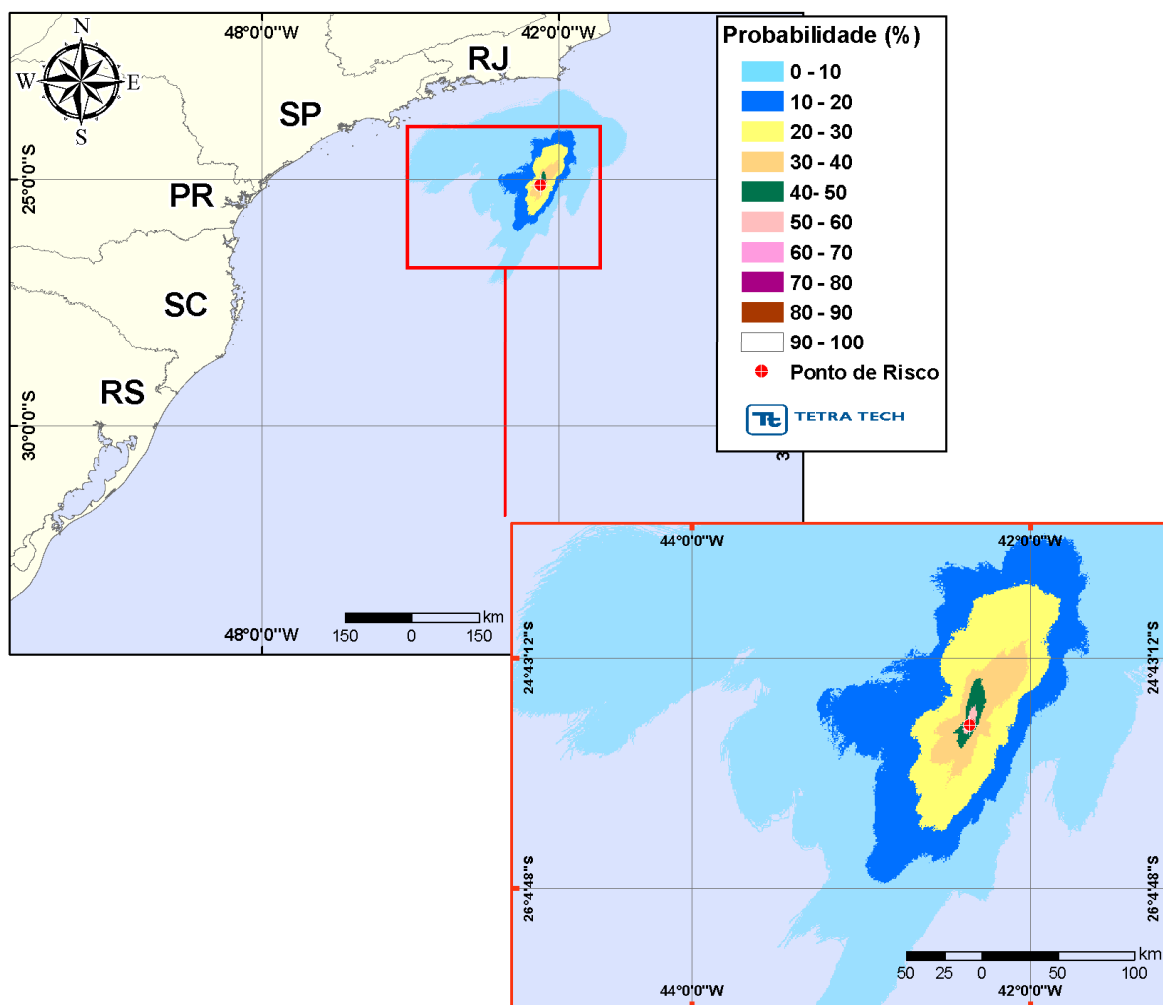


Figura III-64 - Cenário P6_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P6, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

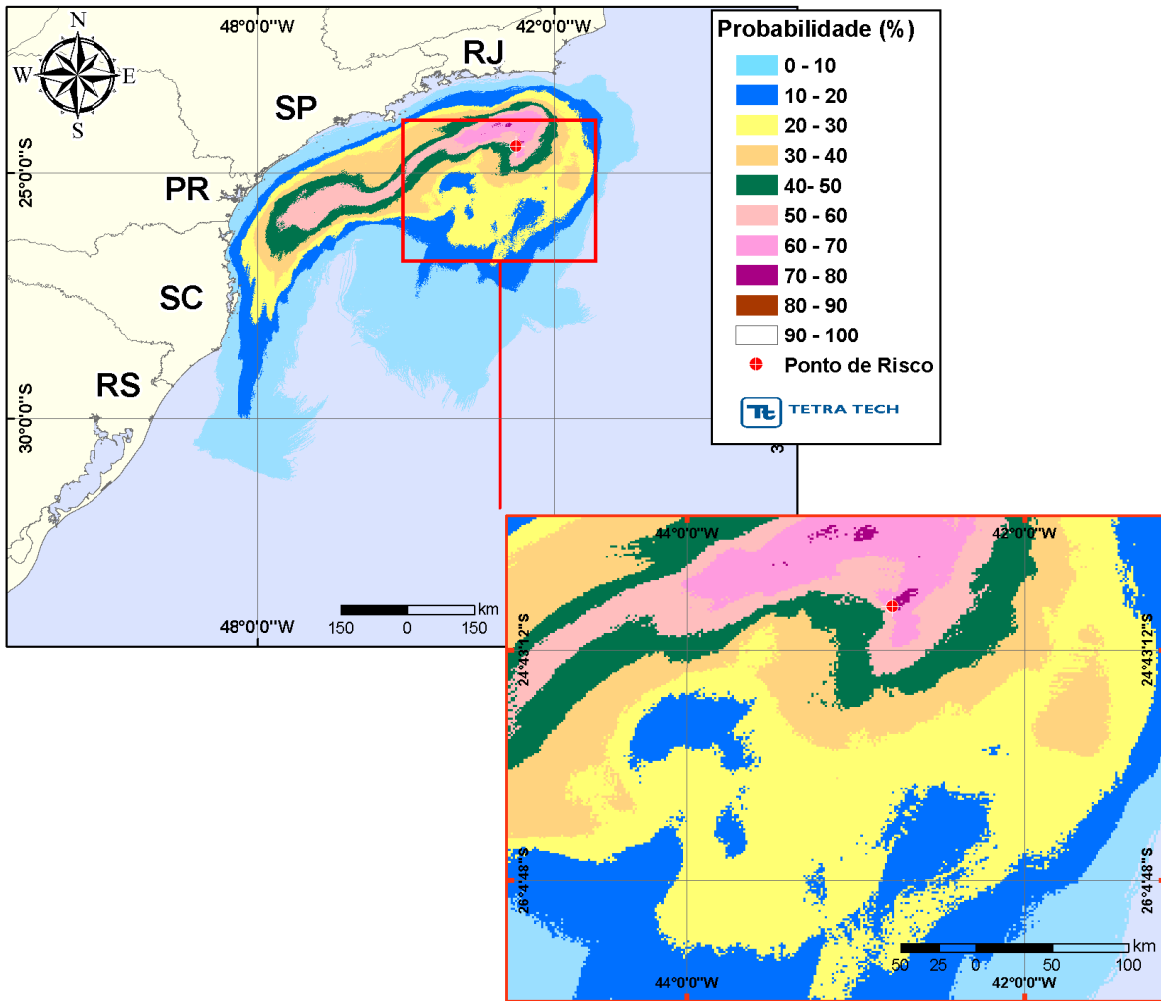


Figura III-65 - Cenário P7_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P7, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

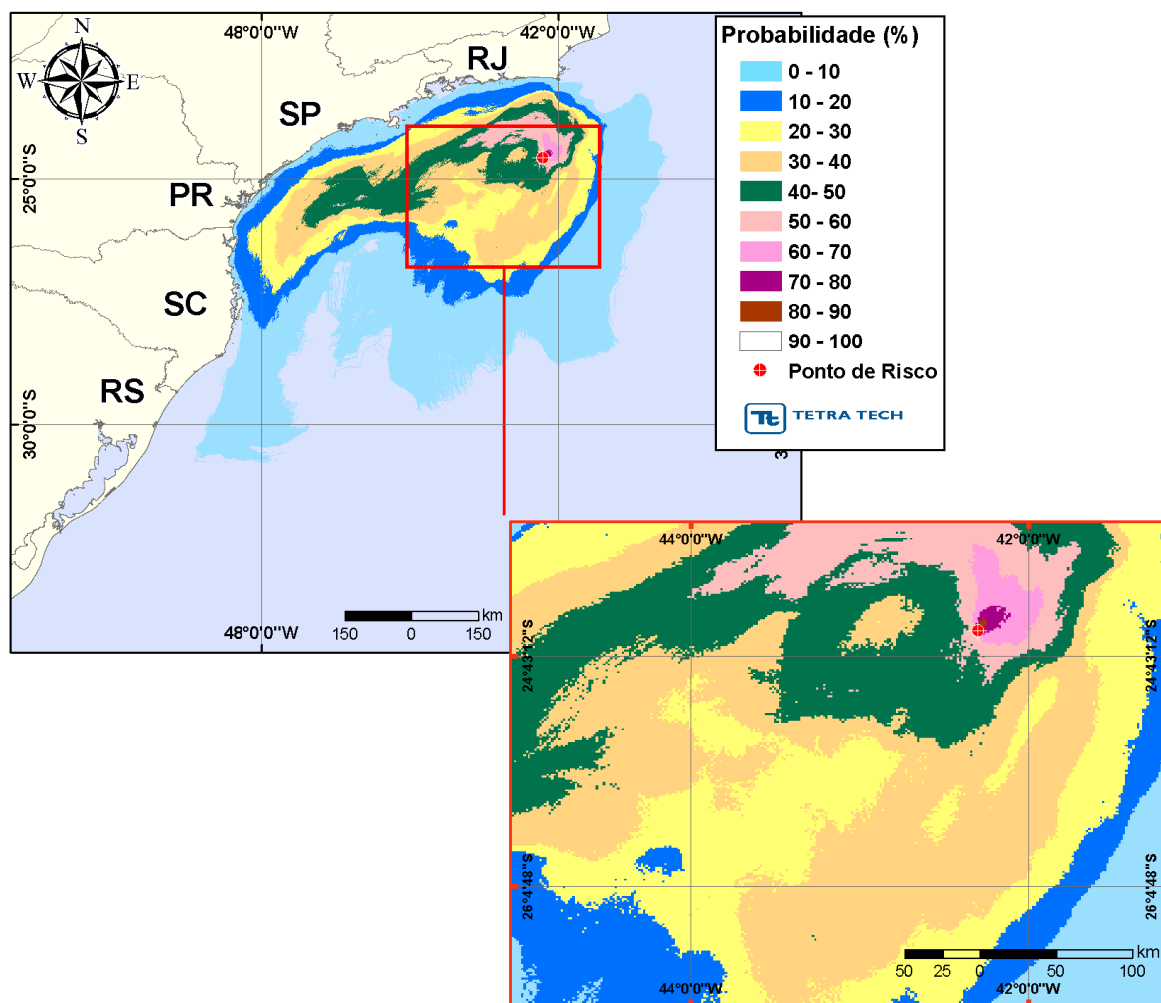


Figura III-66 - Cenário P8_ONEROSA_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do ponto P8, Cessão Onerosa, Polo Pré-Sal, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 400.000,0 m³ (durante 24 horas), após 31 dias de simulação.

A Figura III-67 apresenta a área total com probabilidade de óleo na água, através da sobreposição dos contornos de probabilidade obtidos para cada um dos oito cenários de inverno, apresentados nas figuras acima.

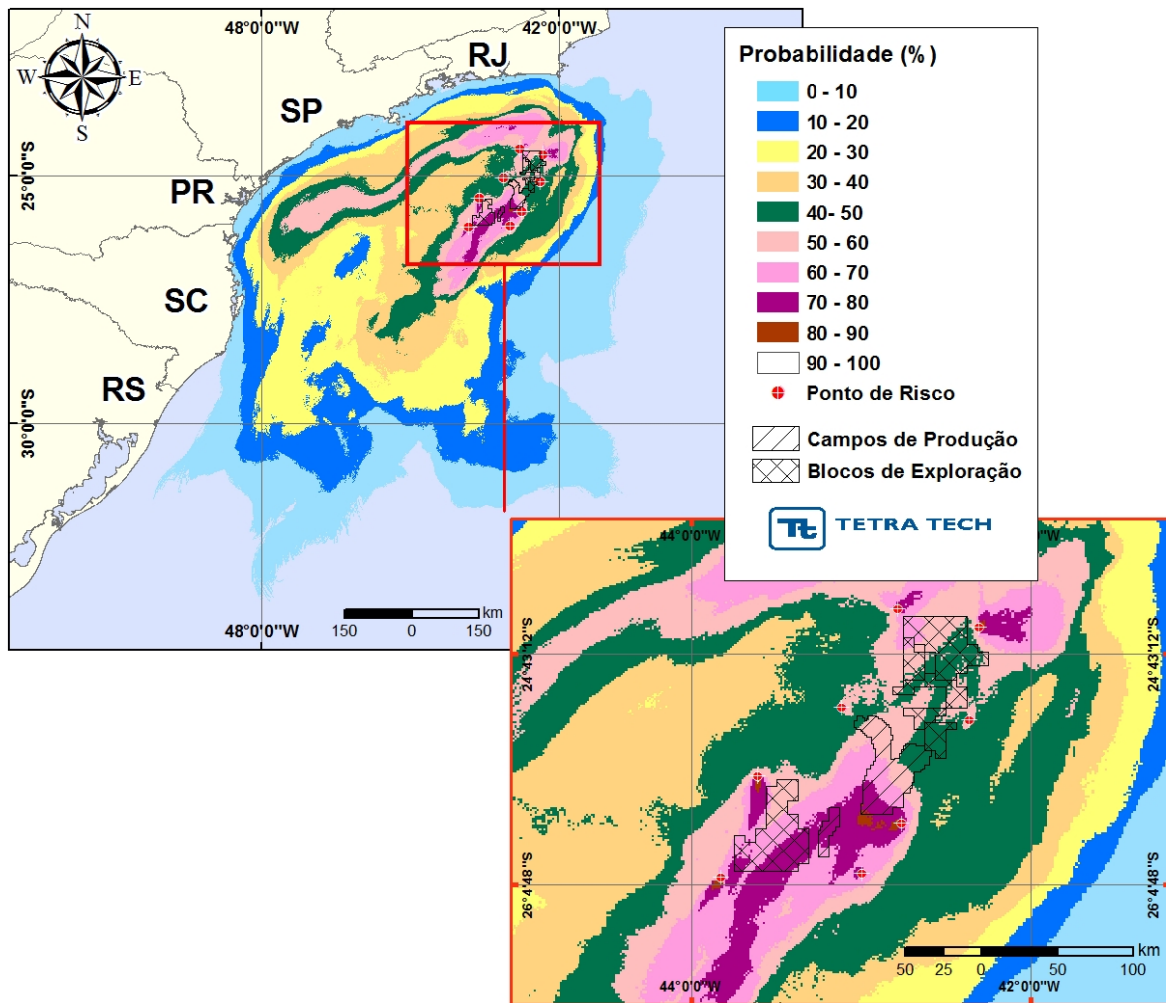


Figura III-67 - Área total com probabilidade de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-68 apresenta a região da linha de costa com probabilidade de toque, através da sobreposição dos resultados obtidos para cada uma dos oito cenários simulados com volume de pior caso em condições de inverno. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que existe probabilidade de toque na costa em uma região que se estende por 1489,0 km, do Município de Arraijal do Cabo (RJ) até o de Laguna (RS). As maiores probabilidades de toque na costa (14%) ocorreram na Ilha Deserta em Bombinhas (SC) e na Ilha da Queimada Grande em Itanhaém (SP).

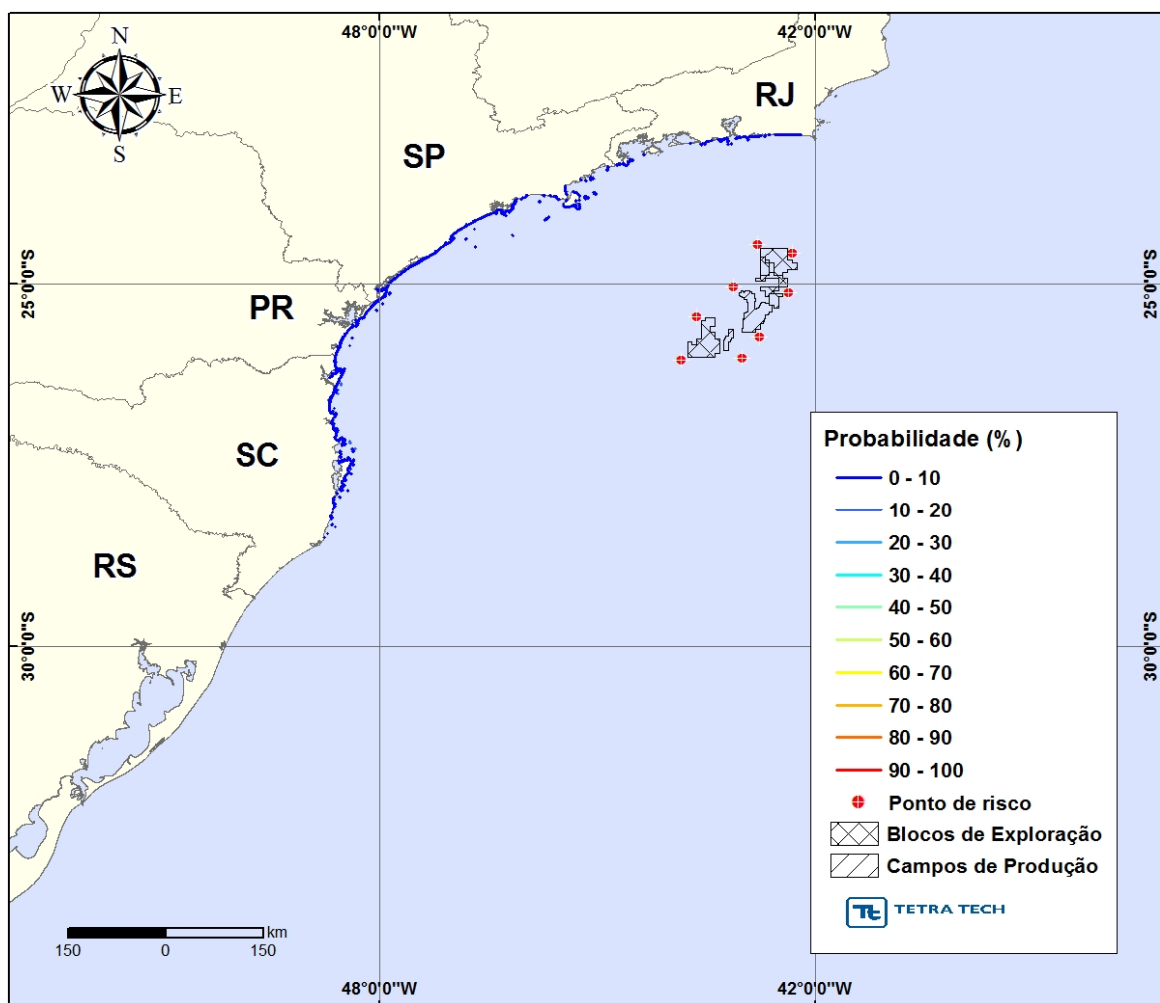


Figura III-68 - Probabilidade de toque de óleo na linha de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-69 apresenta os contornos de tempo do deslocamento de óleo na água, através da sobreposição dos resultados obtidos para os oito cenários simulados durante o inverno. O menor tempo de toque foi calculado para o Município de Arraijal do Cabo (129 horas), localizado no Rio de Janeiro.

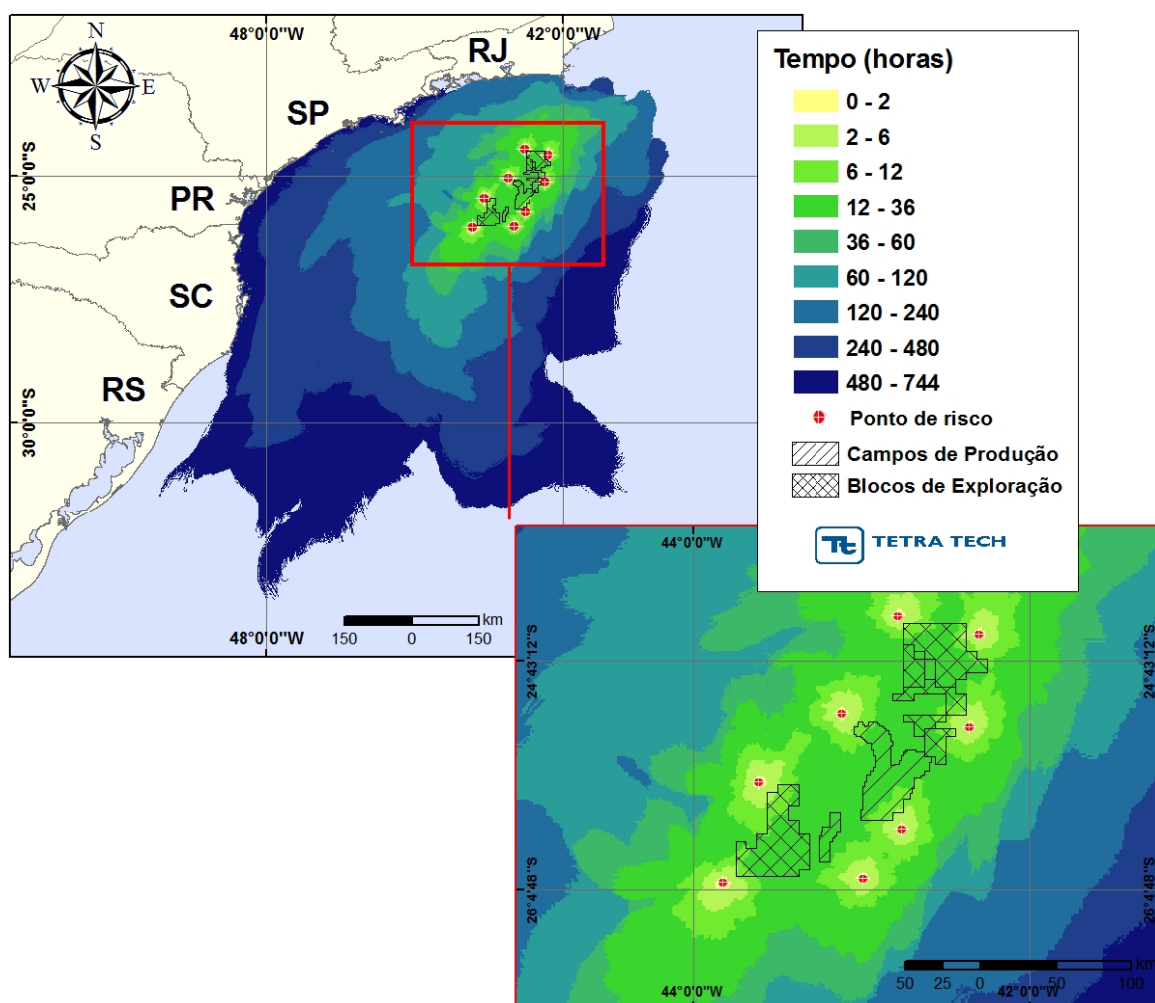


Figura III-69 - Tempo de deslocamento de óleo na água para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Figura III-70 apresenta os volumes máximos de óleo por metro de costa, através da sobreposição dos volumes máximos de óleo na costa obtidos para cada um dos oito cenários simulados com volume de pior caso no inverno. Considerando todas as simulações realizadas, verificou-se que o maior volume máximo ($31,5 \text{ m}^3/\text{m}$) ocorreu na Ilha da Queimada Grande em Itanhaém (SP).

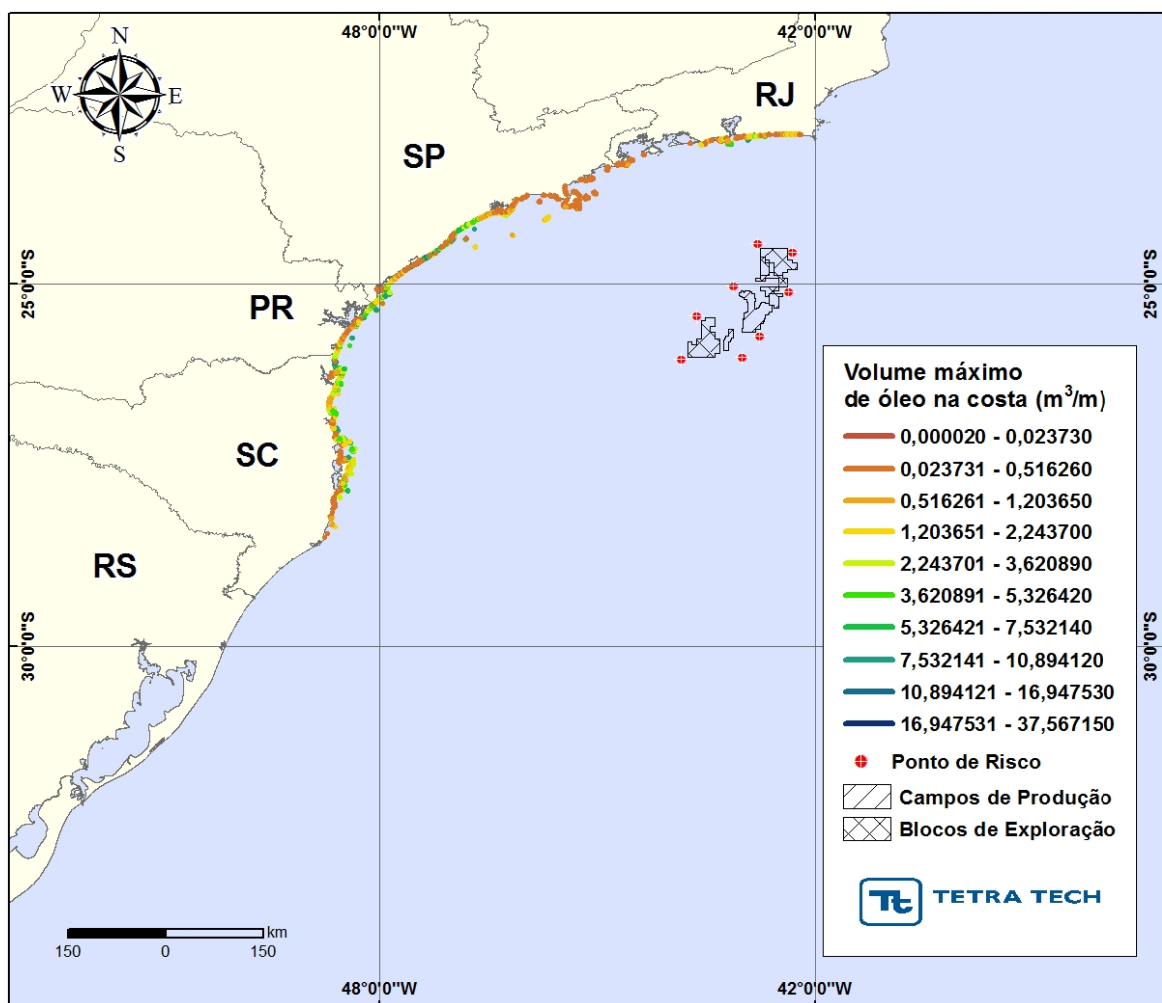


Figura III-70 - Volume máximo de óleo (m³) por metro de costa para o Polo Pré-Sal, decorrente de derrames de óleo de pior caso, durante os meses de inverno (junho a agosto).

A Tabela III-7 e a Tabela III-8 apresentam a probabilidade de toque, o tempo mínimo de toque na linha de costa e o volume máximo por metro de costa para os municípios com probabilidade de toque, durante os meses de verão e de inverno, respectivamente. Estas tabelas consideram a integração de todos os cenários simulados com volume de pior caso em cada período sazonal. No verão, a Ilha da Galé, pertencente o Município de Bombinhas (SC), destaca-se com o menor tempo de toque (375 horas). No inverno, o menor tempo de toque foi calculado para o Município de Arraial do Cabo (129 horas), localizado no Rio de Janeiro.

Tabela III-7 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de verão.

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SP	São Sebastião / Arquipélago Alcatrazes	1	543	0,29598
	Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	7	418	1,49209
	Praia Grande	2	657	0,59168
	Mongaguá	3	662	2,06315
	Peruíbe/ Laje da Conceição	4	482	1,48262
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	8	397	35,73225
	Itanhaém / Ilha Queimada Pequena	6	426	6,22929
	Itanhaém	6	653	13,58516
	Peruíbe / Ilha do Guaraú	6	639	9,15597
	Peruíbe	7	463	18,51634
	Iguape	9	452	37,56715
	Ilha Comprida	8	454	28,9213
	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	2	608	0,54547
	Cananéia / Ilha do Cambriú	1	628	0,27281
	Cananéia	1	528	0,54606
PR	Guaraqueçaba	1	451	0,54961
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	1	428	0,27338
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	1	475	0,27011
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	1	702	0,21462
	Paranaguá / Ilha do Mel	1	472	0,54044
	Paranaguá / Ilha da Galheta	1	466	0,27019
	Pontal do Paraná	1	472	3,85043
	Pontal do Paraná / Ilhas Currais	3	444	7,53214
	Matinhos	2	459	4,92462
	Matinhos / Ilhas Itacolomís	4	455	9,67224
	Guaratuba	2	457	4,04087
	Guaratuba / Ilha Saí	2	471	3,23016
SC	Itapoá	2	460	7,03644
	Itapoá / Ilha Fora de Itapema	2	474	5,11647
	São Francisco do Sul	10	439	9,93492
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	9	451	3,81916
	São Francisco do Sul / Pedra da Baleia	9	451	3,81916
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	9	451	3,81916
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	9	454	4,43153
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	9	451	4,43153
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	9	454	4,43153
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Pequena	7	462	2,35171
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Grande	9	454	4,43153

(continua)

Tabela III-7 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de verão (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	São Francisco do Sul / Ilha Iriri	1	556	3,8157
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	8	456	3,82103
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	8	456	3,82103
	São Francisco do Sul / Pedra do Filhote do Caçõ	8	456	3,82103
	São Francisco do Sul / Pedra do Caçõ	8	456	3,82103
	São Francisco do Sul / Ilha do Alvarenga	1	502	0,53803
	São Francisco do Sul / Ilha do Ferreira	1	511	0,27004
	São Francisco do Sul / Ilha dos Herdeiros	1	509	0,27003
	São Francisco do Sul / Ilha do Caçõ	1	518	0,26881
	São Francisco do Sul / Ilha Pernambuco	1	518	0,26881
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	13	427	5,10989
	Balneário Barra do Sul	9	441	9,93492
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	12	439	8,06154
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	10	438	10,39472
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	10	445	10,39472
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	11	437	3,90244
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	14	426	5,19828
	Araquari	9	447	11,67829
	Barra Velha	11	437	15,47305
	Barra Velha / Ilhas Itacolomis	13	434	3,21219
	Piçarras	11	438	16,05668
	Piçarras / Ilha Feia	12	437	7,77717
	Penha	13	408	26,53022
	Navegantes	10	400	21,07751
	Itajaí	11	397	17,54887
	Balneário Camboriú	11	388	19,76762
	Itapema	10	395	27,10036
	Bombinhas	13	385	17,0536
	Bombinhas / Ilha da Galé	16	375	14,56333
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	11	385	11,23124
	Bombinhas / Ilha Deserta	17	383	6,27907
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	16	383	12,14862
	Porto Belo	12	385	17,0536
Porto Belo / Ilha João da Cunha	9	427	8,25105	

(continua)

Tabela III-7 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de verão (continuação).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	Tijucas	5	399	4,96669
	Florianópolis	13	385	29,05589
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	14	385	3,76315
	Florianópolis / Ilha do Francês	8	437	29,05589
	Florianópolis / Ilha Mara Fome	12	432	3,76315
	Florianópolis / Ilha do Badejo	13	385	10,45425
	Florianópolis / Ilha Ratonas Grande	4	472	1,53841
	Florianópolis / Ilha das Aranhas	12	433	16,70644
	Florianópolis / Ilha Ratonas Pequena	4	488	0,65985
	Florianópolis / Ilha do Xavier	11	447	3,75829
	Florianópolis / Ilha do Campeche	6	475	3,51188
	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	4	483	1,10479
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	6	475	0,8889
	Florianópolis / Ilha Moleques do Sul	12	441	4,81974
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	4	485	1,10479
	Governador Celso Ramos	7	393	9,06475
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	7	397	7,60474
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	7	393	5,08279
	Governador Celso Ramos / Ilha de Anhatomirim	4	449	6,00704
	Biguaçu	2	461	3,9887
	São José	3	486	1,52872
	Palhoça	3	493	5,25825
	Paulo Lopes	2	493	1,74701
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	7	486	3,20989
	Garopaba	4	473	2,04326
	Garopaba / Ilhota do Siriú	2	495	1,16741
	Imbituba	4	488	1,99239
	Imbituba / Ilha do Batuba	3	500	1,76786
	Imbituba / Ilha Santana Norte	4	505	0,87171
	Imbituba / Ilha Santana Sul	3	509	0,8518
	Imbituba / Ilha das Araras	6	500	0,66396
	Imbituba / Ilha Tacami	8	487	1,16635
Laguna	2	501	0,87421	
Laguna / Ilha dos Lobos	3	513	0,42604	

(continua)

Tabela III-7 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de verão (conclusão).

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	Jaguaruna	1	734	0,63872
	Balneário Arroio do Silva	1	705	0,26233
	Balneário Gaivota	1	718	0,26258
	Passo de Torres	1	669	0,26302
RS	Torres	3	660	0,78686
	Torres / Ilha dos Lobos	2	661	0,2638
	Arroio do Sal	3	664	2,62723
	Terra de Areia	3	664	3,67126
	Capão da Canoa	3	657	3,92977
	Xangri-Lá	3	658	4,45497
	Osório	3	660	7,5828
	Imbé	3	658	11,51372
	Tramandaí	4	664	12,82271
	Cidreira	3	656	10,1932
	Balneário Pinhal	4	656	8,3573
	Palmares do Sul	4	646	10,18663
	Mostardas	4	628	12,85027
	Tavares	3	655	5,78525
	São José do Norte	2	673	0,85886
	Rio Grande	1	720	0,21404
Santa Vitória do Palmar	1	740	0,21301	

Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno.

MUNICÍPIO		PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
RJ	Araruama	2	132	1,36527
	Arraial do Cabo	2	129	1,69364
	Saquarema	2	139	1,35357
	Maricá/Ilhas Maricás	2	160	9,10644
	Maricá	2	153	4,71704
	Niterói/Ilha da mãe	1	190	0,33356
	Niterói/Ilha do Pai	1	178	0,66936
	Niterói	2	178	0,33475
	Rio de Janeiro / Ilha Rasa	3	167	8,72544

(continua)

Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
RJ	Rio de Janeiro / Ilha Redonda	3	168	3,69583
	Rio de Janeiro / Ilhas da Cagarras	2	173	1,33225
	Rio de Janeiro / Ilha de Palmas	1	178	1,33944
	Rio de Janeiro / Ilhas Tijucas	1	190	0,99638
	Rio de Janeiro / Ilha Urupira	1	221	0,33096
	Rio de Janeiro / Ilha de Guaratiba	1	200	1,32629
	Rio de Janeiro	1	192	2,66029
	Itaguaí / Restinga da Marambaia	1	225	0,33407
	Angra dos Reis / Ilha Grande	1	586	0,31378
	Parati	1	487	0,62514
SP	Ubatuba / Ilha das Couves	1	514	0,31722
	Ubatuba / Ilha Anchieta	1	652	0,30988
	Ubatuba / Ilha do Mar Virado	1	692	0,31002
	Ubatuba	1	581	0,3127
	Caraguatatuba	1	725	0,30727
	Ilhabela / Ilha de Vitória	2	426	0,63143
	Ilhabela / Ilha dos Búzios	1	443	0,31526
	Ilhabela / Ilha Sumítica	1	436	0,32096
	Ilhabela	1	440	0,6166
	São Sebastião / Arquipélago Alcatrazes	6	398	2,12535
	São Sebastião	1	527	0,31597
	Bertioga	1	577	0,62297
	Guarujá/Ilha da Moela	4	477	2,50633
	Guarujá	3	494	5,61584
	Parque Estadual Marinho da Laje de Santos	8	403	5,08206
	Santos	1	526	0,31664
	Santos/Ilha de Urubuqueçaba	1	545	0,31309
	São Vicente	1	545	0,31319
	Praia Grande	4	510	3,11207
	Mongaguá	5	494	5,89282
	Peruíbe/ Laje da Conceição	7	477	8,69825
	Itanhaém / Ilha Queimada Grande	14	421	31,50442
	Itanhaém / Ilha Queimada Pequena	8	486	4,68402
	Itanhaém	5	597	7,41296
	Peruíbe / Ilha do Guaraú	6	566	5,57934
	Peruíbe	6	565	8,34544
	Iguape	6	565	18,70024
Ilha Comprida	8	564	19,18328	

(continua)

Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SP	Cananéia / Ilha do Bom Abrigo	6	592	13,56292
	Cananéia / Ilha do Cambriú	5	585	11,87485
	Cananéia / Ilha do Castilho	6	576	9,64645
	Cananéia	5	623	17,09515
PR	Guaraqueçaba	5	643	8,88317
	Guaraqueçaba / Ilha do Castilho	6	576	9,64645
	Guaraqueçaba / Ilha da Figueira	6	591	9,20113
	Guaraqueçaba / Ilha das Peças	2	664	0,30996
	Paranaguá / Ilhas das Palmas	4	662	2,14637
	Paranaguá / Ilha do Mel	5	652	5,82732
	Paranaguá / Ilha da Galheta	3	651	5,22343
	Pontal do Paraná	2	657	0,90456
	Pontal do Paraná / Ilhas Currais	6	620	8,35133
	Matinhos	3	685	4,00625
	Matinhos / Ilhas Itacolomis	6	610	7,10715
	Guaratuba	3	679	4,31711
	Guaratuba / Ilha Saí	4	691	3,39748
SC	Itapoá	4	631	11,09735
	Itapoá / Ilha Fora de Itapema	3	643	11,09735
	São Francisco do Sul	8	618	11,40401
	São Francisco do Sul / Pedra do Lobo	6	622	5,54075
	São Francisco do Sul / Pedra da Baleia	6	622	4,62098
	São Francisco do Sul / Pedra do Itacolomi	6	621	4,62098
	São Francisco do Sul / Ilhota São Luís	6	621	3,36045
	São Francisco do Sul / Ilha da Paz	6	621	4,62098
	São Francisco do Sul / Ilha da Velha	6	621	3,36045
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Pequena	5	621	0,61563
	São Francisco do Sul / Ilha da Sororoca Grande	6	621	3,36045
	São Francisco do Sul / Ilha Iriú	4	701	1,81998
	São Francisco do Sul / Pedra do Baiacu	2	701	1,81998
	São Francisco do Sul / Pedra da Corvina	4	622	0,92465
	São Francisco do Sul / Ilha Mandigituba	5	622	2,76855
	São Francisco do Sul / Pedra do Filhote do Cação	5	623	2,76855

(continua)

Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (continuação).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	São Francisco do Sul / Pedra do Cação	5	623	2,76855
	São Francisco do Sul / Ilha do Alvarenga	1	723	0,30717
	São Francisco do Sul / Ilha do Araújo de Fora	1	719	0,30773
	São Francisco do Sul / Ilha do Araújo do Meio	1	719	0,30773
	São Francisco do Sul / Ilha do Araújo de Dentro	1	719	0,30773
	São Francisco do Sul / Ilha Tamboretas	11	612	8,52134
	Balneário Barra do Sul	7	644	5,42797
	Balneário Barra do Sul / Ilha Araras	11	630	19,05465
	Balneário Barra do Sul / Ilha Remédio	9	633	7,66264
	Balneário Barra do Sul / Ilha Feia	10	637	6,35807
	Balneário Barra do Sul / Ilha Tipitinga	9	635	2,45889
	Balneário Barra do Sul / Ilha dos Lobos	13	616	3,32495
	Araquari	6	667	1,22216
	Barra Velha	5	654	1,83897
	Barra Velha / Ilhas Itacolomis	9	629	2,13774
	Piçarras	4	642	8,46818
	Piçarras / Ilha Feia	6	643	4,22427
	Penha	8	627	24,7559
	Navegantes	1	701	0,91052
	Itajaí	4	648	2,12224
	Balneário Camboriú	5	639	12,05512
	Itapema	3	664	2,72042
	Bombinhas	7	631	12,12383
	Bombinhas / Ilha da Galé	11	624	6,99645
	Bombinhas / Ilha do Amendoim	4	686	1,52055
	Bombinhas / Ilha Deserta	14	614	3,34447
	Bombinhas / Ilha do Arvoredo	12	617	5,47718
	Porto Belo	6	636	17,5216
	Porto Belo / Ilha João da Cunha	5	639	10,89412
	Florianópolis	8	642	7,95642
	Florianópolis / Ilhas Moleques do Norte	9	620	2,14215
	Florianópolis / Ilha do Francês	3	689	0,60874
	Florianópolis / Ilha Mara Fome	8	646	3,98253
	Florianópolis / Ilha do Badejo	8	619	2,75432
Florianópolis / Ilha das Aranhas	8	620	3,98594	
Florianópolis / Ilha do Xavier	4	658	3,3687	
Florianópolis / Ilha do Campeche	3	660	3,97955	

(continua)

Tabela III-8 - Lista de municípios com probabilidade de toque para os cenários de derrame de óleo com volume de pior caso, no Polo Pré-Sal, no período de inverno (conclusão).

	MUNICÍPIO	PROBABILIDADE DE OLEO NA COSTA (%)	TEMPO MINIMO DE TOQUE NA COSTA (horas)	MAXIMO VOLUME NA COSTA (m ³ /m)
SC	Florianópolis / Ilha Irmã Pequena	2	668	3,97773
	Florianópolis / Ilha Irmã de Fora	3	663	0,61283
	Florianópolis / Ilha Moleques do Sul	4	631	3,06109
	Florianópolis / Ilha Irmã do Meio	2	668	5,48889
	Governador Celso Ramos	1	707	1,22518
	Governador Celso Ramos / Ilha de Ganchos	1	735	0,60893
	Governador Celso Ramos / Ilha das Palmas	1	707	0,30449
	Governador Celso Ramos / Ilha de Anhatomirim	1	739	0,30626
	Palhoça	1	694	0,30384
	Paulo Lopes	1	710	0,30642
	Paulo Lopes / Ilha do Coral	2	680	0,30625
	Garopaba	1	687	3,36485
	Imbituba	1	685	0,30682
	Imbituba / Ilha do Batuba	1	705	1,8353
	Imbituba / Ilha Santana Norte	1	685	0,30632
	Imbituba / Ilha Santana Sul	1	697	0,61049
	Imbituba / Ilha das Araras	1	701	0,61189
	Imbituba / Ilha Tacami	3	663	1,83539
	Laguna	1	712	0,3058
	Laguna / Ilha dos Lobos	1	694	0,30597

III.2 SIMULAÇÕES DETERMINÍSTICAS CRÍTICAS

A análise dos resultados das simulações probabilísticas realizadas permitiu identificar os cenários determinísticos críticos de verão e inverno. Em cada período, de todas as 600 simulações realizadas para cada ponto de modelagem, foram considerados como mais críticos os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa ou a menor distância com relação à costa. A Tabela II-10 apresenta um resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa. Observa-se que os cenários de inverno, referentes ao Ponto 8 (Cessão Onerosa), para os volumes de pior caso e médio,

apresentaram o menor tempo de chegada do óleo à costa, sendo de 129 horas. No verão o menor tempo de toque na costa (375 horas) foi identificado nos cenários com derrame de volume médio e pior caso do ponto P1(BMS9). A Tabela III-10 apresenta um resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.

Tabela III-9 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que apresentaram toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO PARA Atingir A COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO QUE CHEGA À COSTA (m ³)
DET_P1_BMS9_VER_200	01/01/2004 - 16:00 h	375	Ilha Deserta Bombinhas - SC	104,0
DET_P1_BMS9_VER_PC	01/01/2004 - 17:00 h	375	Ilha da Galé Bombinhas - SC	206.102,0
DET_P1_BMS9_INV_PC	20/08/2004 - 23:00 h	744	Ilha da Galé Bombinhas - SC	< 1,0
DET_P2_BMS9_VER_200	01/01/2004 - 11:00 h	502	Ilha dos Lobos - Balneário Barra do Sul - SC	106,0
DET_P2_BMS9_VER_PC	01/01/2004 - 04:00 h	502	Balneário Barra do Sul - SC	177.214,0
DET_P3_BMS9_VER_200	03/01/2004 - 19:00 h	419	Balneário Camboriú - SC	132,0
DET_P3_BMS9_VER_PC	03/01/2004 - 21:00 h	419	São Francisco do Sul - SC	235,0
DET_P4_BMS11_VER_200	01/01/2004 - 19:00 h	478	Ilha Remédios - Balneário Barra do Sul - SC	116,0
DET_P4_BMS11_VER_PC	01/01/2004 - 17:00 h	472	São Francisco do Sul - SC	64.735,0
DET_P7_ONEROSA_VER_200	06/02/2004 - 19:00 h	439	Iguape - SP	117,0
DET_P7_ONEROSA_VER_PC	07/02/2004 - 05:00	407	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP	93.007,0
DET_P7_ONEROSA_INV_200	03/07/2004 - 13:00 h	459	Ilha da Vitória Ilhabela - SP	10,0
DET_P7_ONEROSA_INV_PC	16/08/2004 - 08:00 h	426	Ilha da Vitória Ilhabela - SP	592,0
DET_P8_ONEROSA_VER_200	07/02/2004 - 02:00 h	398	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP	114,0
DET_P8_ONEROSA_VER_PC	06/02/2004 - 16:00 h	394	Ilha da Queimada Grande Itanhaém - SP	165.377,0
DET_P8_ONEROSA_INV_8	07/08/2004 - 13:00 h	156	Ilhas Maricás Maricá - RJ	2,75,0
DET_P8_ONEROSA_INV_200	07/08/2004 - 23:00 h	129	Arraial do Cabo - RJ	117,0
DET_P8_ONEROSA_INV_PC	07/08/2004 - 20:00 h	129	Arraial do Cabo - RJ	30.566,0

Tabela III-10 - Resumo dos cenários determinísticos críticos simulados que não apresentaram toque na costa.

CENÁRIOS	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	MENOR DISTANCIA COM RELAÇÃO À COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
DET_P1_BMS9_VER_8	14/01/2004 - 20:00 h	66,2	Florianópolis - SC
DET_P1_BMS9_INV_8	17/07/2004 - 00:00 h	44,7	Florianópolis - SC
DET_P1_BMS9_INV_200	12/07/2004 - 11:00 h	30,0	Florianópolis - SC
DET_P2_BMS9_VER_8	03/03/2004 - 02:00 h	130,5	Ilhabela - SP
DET_P2_BMS9_INV_8	04/07/2004 - 09:00 h	38,8	Ilhabela - SP
DET_P2_BMS9_INV_200	08/07/2004 - 17:00 h	23,0	Ilhabela - SP
DET_P2_BMS9_INV_PC	08/07/2004 - 16:00 h	22,4	Ilhabela - SP
DET_P3_BMS9_VER_8	10/01/2004 - 02:00h	36,8	Florianópolis - SC
DET_P3_BMS9_INV_8	11/07/2004 - 17:00 h	36,9	Florianópolis - SC
DET_P3_BMS9_INV_200	08/07/2004 - 17:00 h	23,8	Florianópolis - SC
DET_P3_BMS9_INV_PC	11/07/2004 - 17:00 h	1,4	Ilha do Xavier - SC
DET_P4_BMS11_VER_8	26/02/2004 - 13:00 h	115,0	Ilhabela - SP
DET_P4_BMS11_INV_8	08/07/2004 - 13:00 h	74,5	Ilhabela - SP
DET_P4_BMS11_INV_200	10/07/2004 - 23:00 h	24,3	Ilhabela - SP
DET_P4_BMS11_INV_PC	08/07/2004 - 13:00 h	23,0	Ilhabela - SP
DET_P5_BMS11_VER_8	24/02/2004 - 15:00 h	93,3	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P5_BMS11_VER_200	24/01/2004 - 01:00 h	83,0	Arraial do Cabo - RJ
DET_P5_BMS11_VER_PC	04/01/2004 - 02:00 h	15,3	Ilha da Queimada Grande - Itanhaém - SP
DET_P5_BMS11_INV_8	15/06/2004 - 08:00 h	160,0	Arraial do Cabo - RJ
DET_P5_BMS11_INV_200	29/08/2004 - 07:00 h	130,0	Arraial do Cabo - RJ
DET_P5_BMS11_INV_PC	21/08/2004 - 10:00 h	28,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P6_ONEROSA_VER_8	16/02/2004 - 02:00 h	181,1	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P6_ONEROSA_VER_200	06/02/2004 - 21:00 h	166,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P6_ONEROSA_VER_PC	02/01/2004 - 01:00 h	21,2	Ilha da Queimada Grande - Itanhaém - SP
DET_P6_ONEROSA_INV_8	09/08/2004 - 22:00 h	174,2	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P6_ONEROSA_INV_200	24/07/2004 - 05:00 h	135,0	Arraial do Cabo - RJ
DET_P6_ONEROSA_INV_PC	22/08/2004 - 05:00 h	20,0	Ilha Cabo Frio Arraial do Cabo - RJ
DET_P7_ONEROSA_VER_8	04/01/2004 - 08:00 h	24,0	Florianópolis - SC
DET_P7_ONEROSA_INV_8	16/07/2004 - 10:00 h	11,8	Ilhabela - SP
DET_P8_ONEROSA_VER_8	10/01/2004 - 00:00 h	23,5	Squarema - RJ

Os resultados das simulações determinísticas críticas são apresentados na forma de três figuras. Uma das figuras apresenta os contornos de espessura no instante do primeiro toque na linha de costa e a área varrida pela mancha ao longo dos 31 dias de simulação (ou ao longo de 30 dias). A cor cinza representa a região por onde a mancha se deslocou durante o período de duração da simulação e, portanto, não está associada a uma espessura. A mancha no instante de primeiro toque é aquela representada pela escala de cores indicada nas legendas.

A outra figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água) para as simulações determinísticas críticas.

Adicionalmente, são apresentadas figuras com as condições meteorológicas e oceanográficas atuantes nos cenários determinísticos críticos para os cenários que apresentaram o menor tempo de toque na costa para cada condição sazonal simulada (verão e inverno).

III.2.1 Simulações Determinísticas – Volume Pequeno

Na Figura III-71 a Figura III-102 apresentam-se os resultados determinísticos críticos de verão e inverno para os derrames com volume pequeno (8 m³). 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 água.

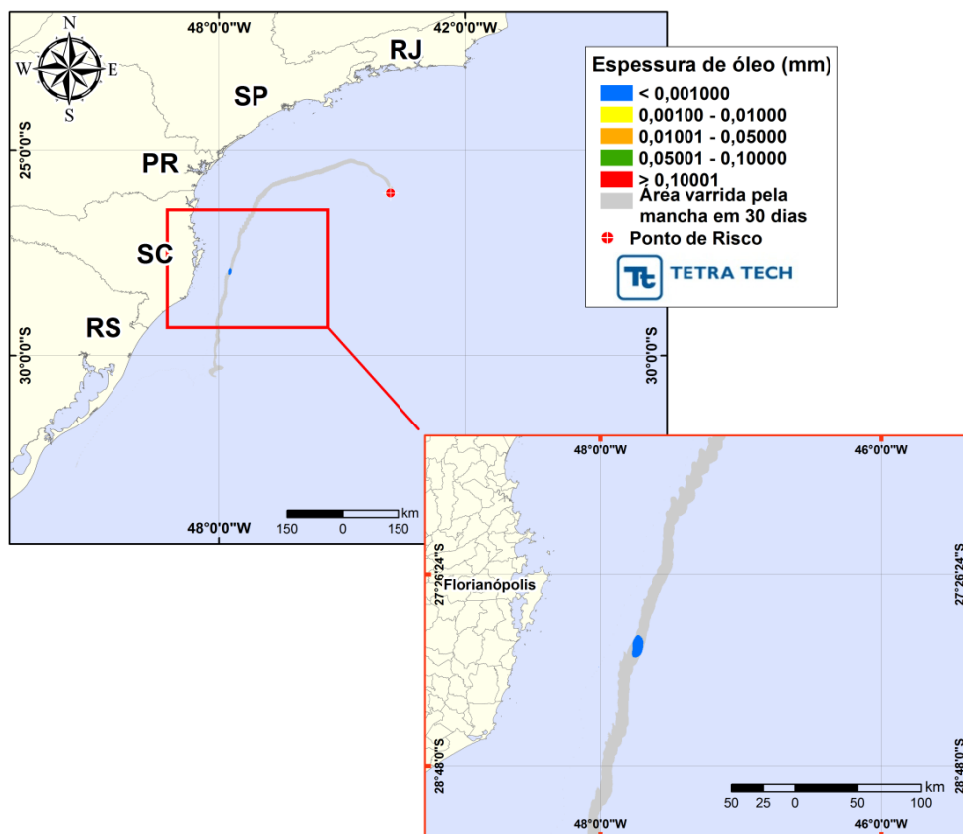


Figura III-71 - DET_P1_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

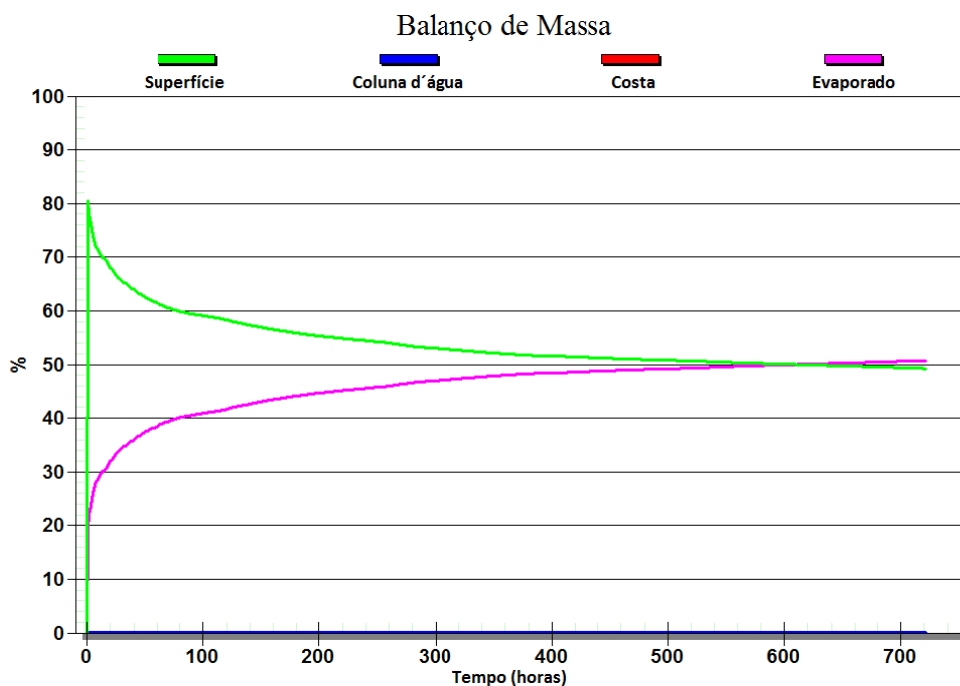


Figura III-72 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_8.

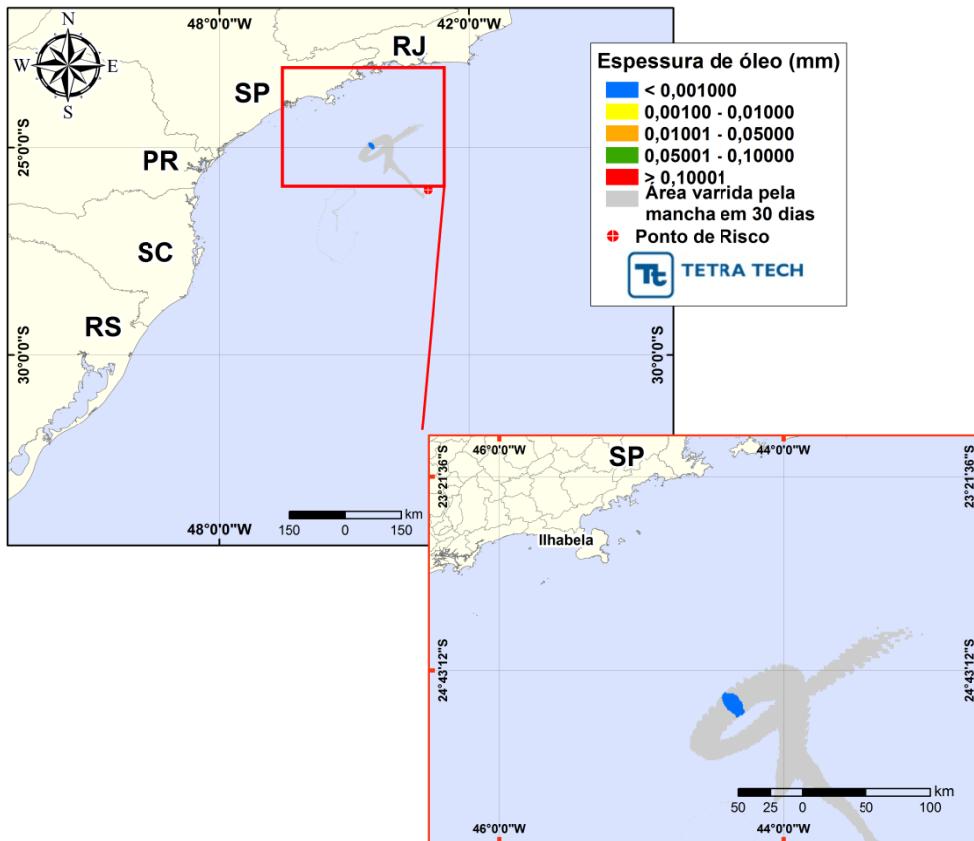


Figura III-73 - DET_P2_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

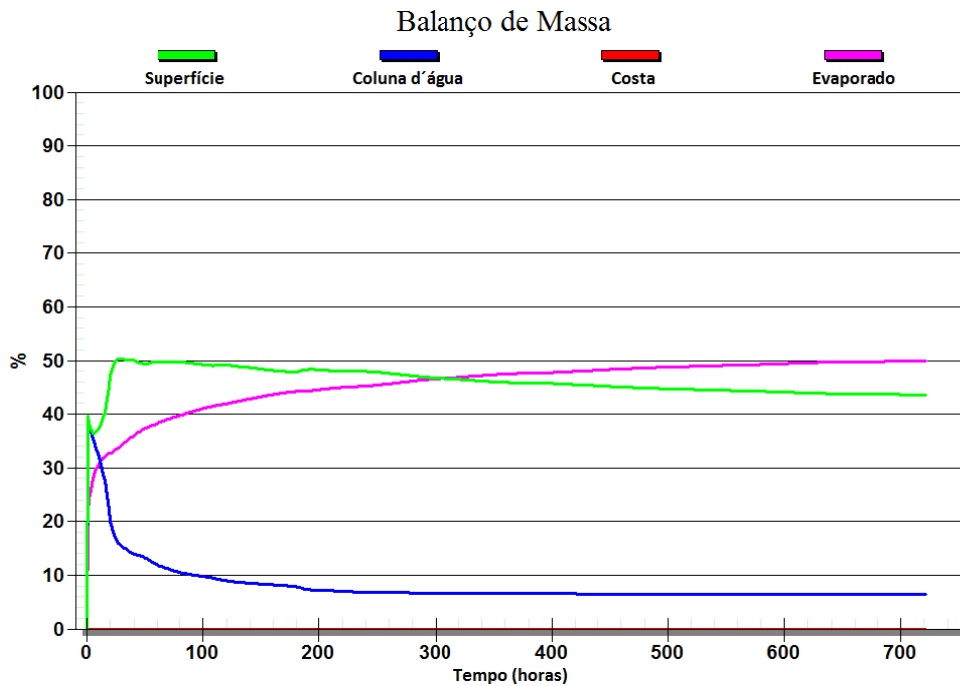


Figura III-74 - Balanco de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_8.

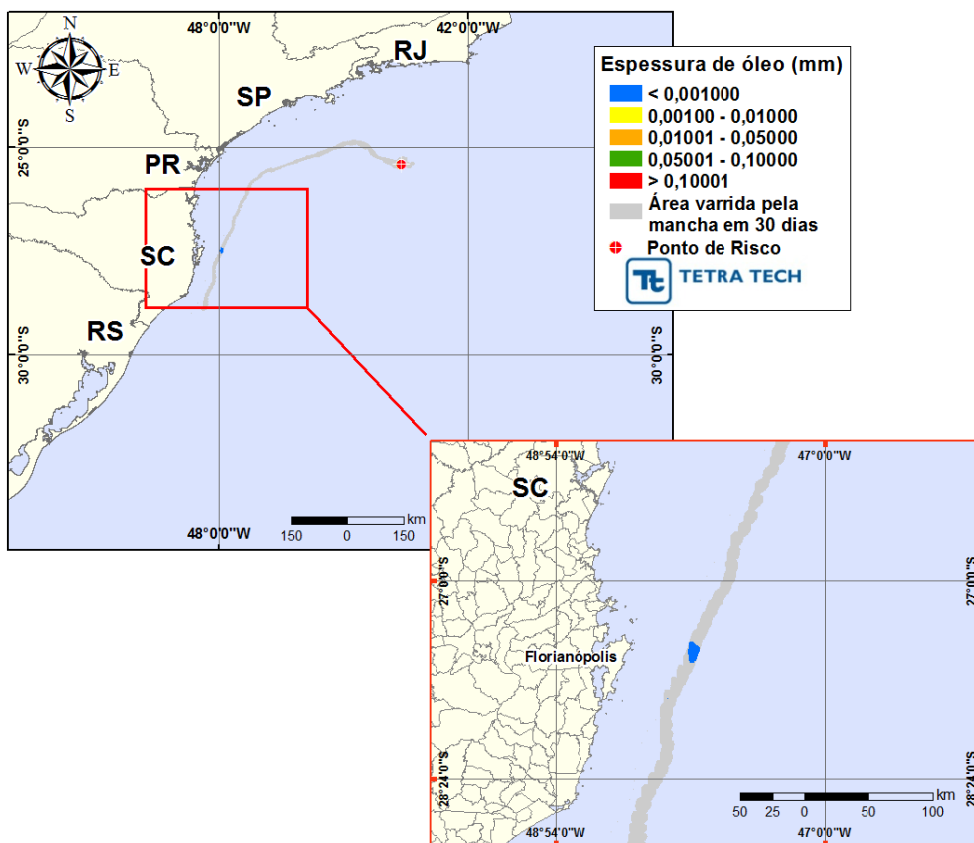


Figura III-75 - DET_P3_BMS9_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

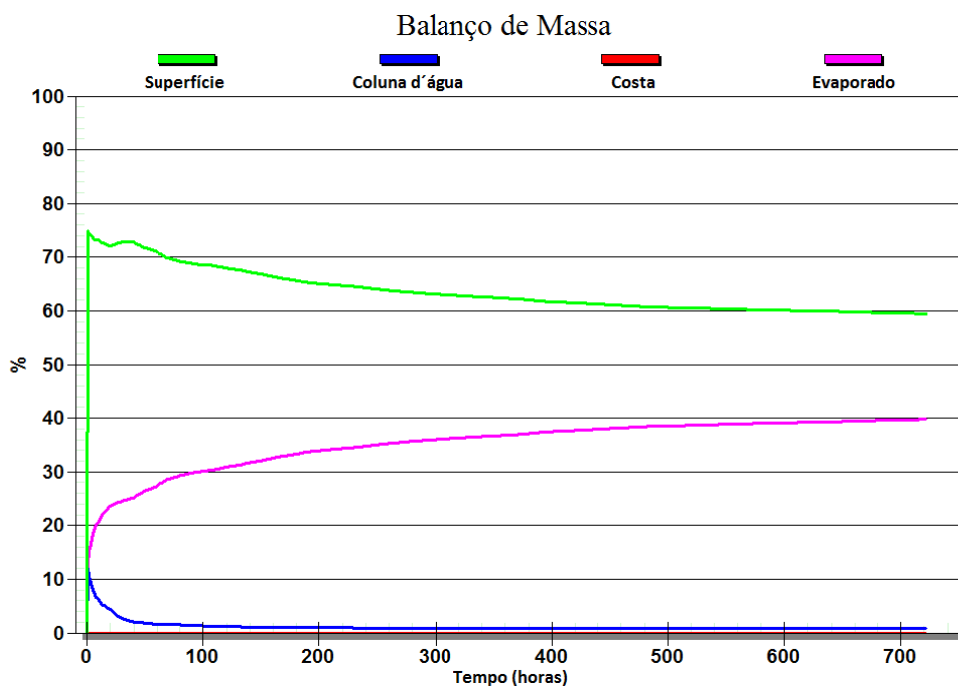


Figura III-76 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_8.

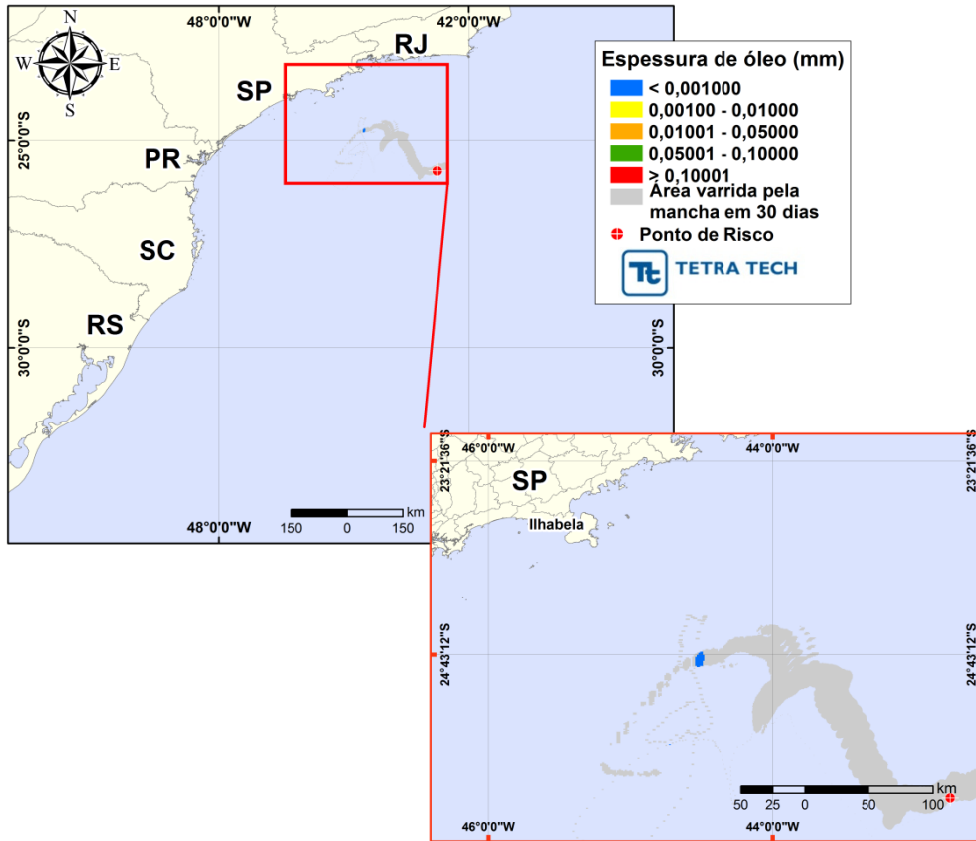


Figura III-77 - DET_P4_BMS11_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

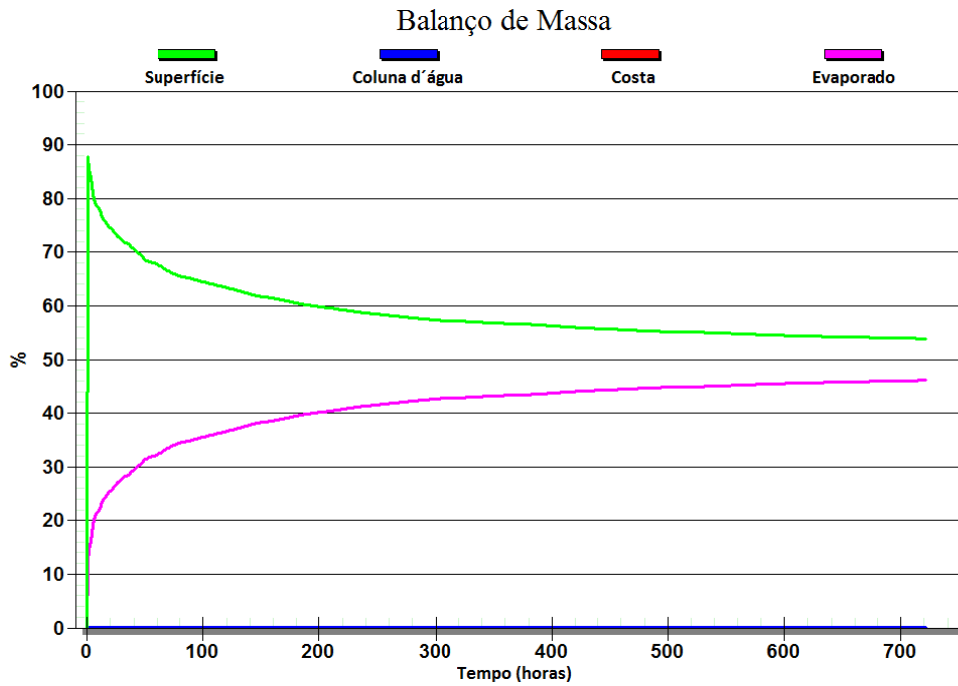


Figura III-78 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_8.

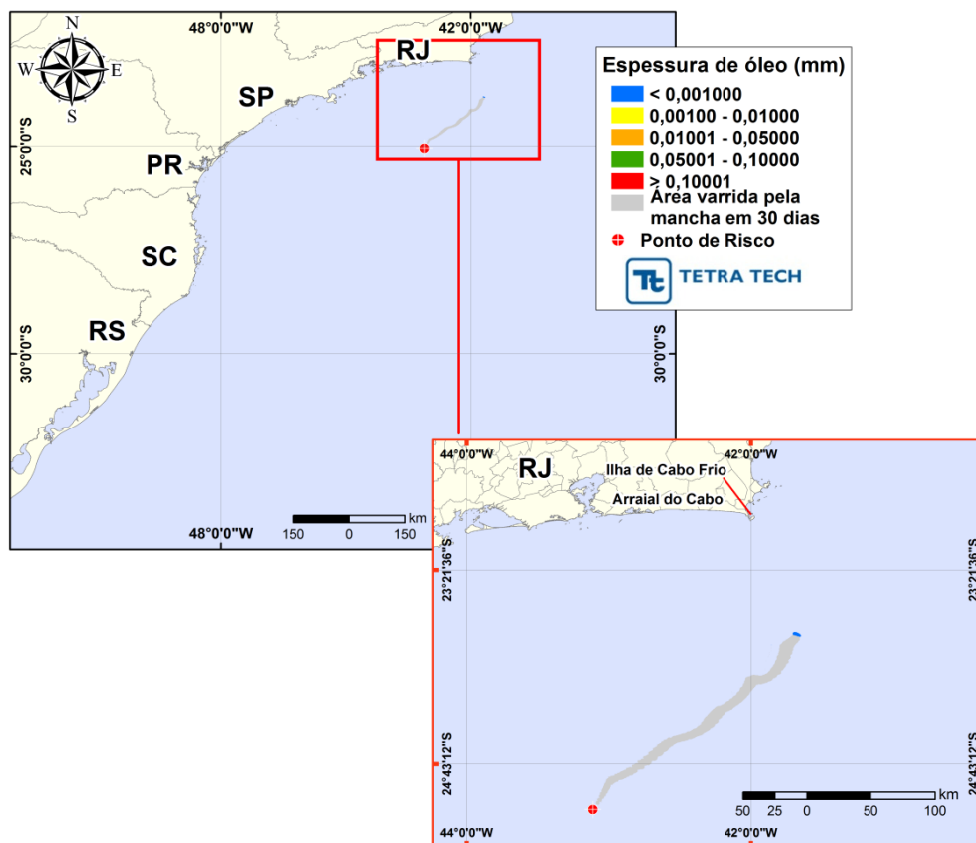


Figura III-79 - DET_P5_BMS11_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

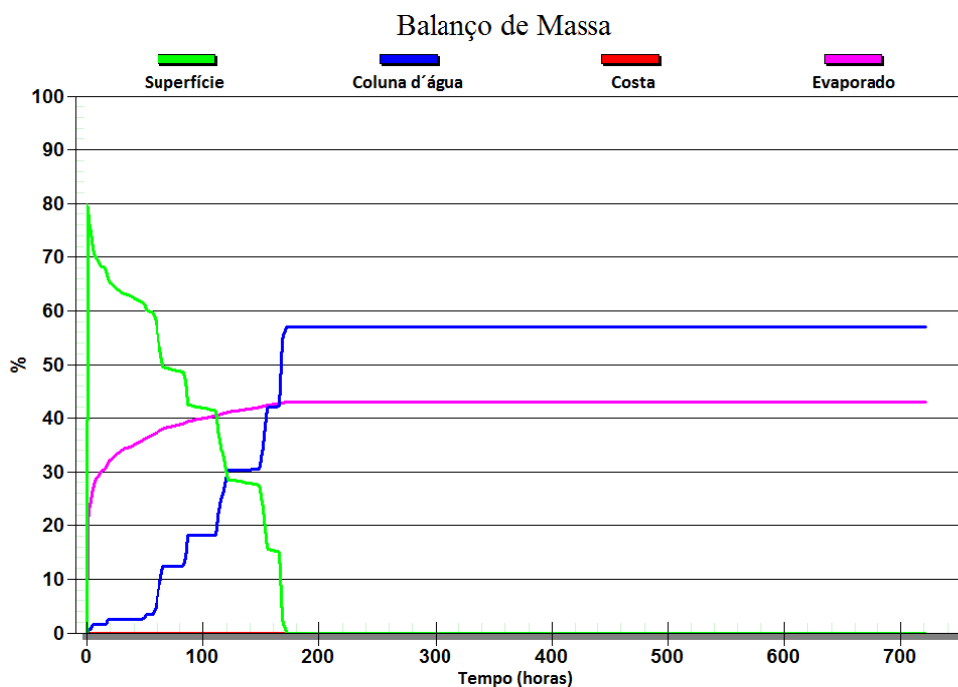


Figura III-80 - Balanco de massa do cenário DET_P5_BMS11_VER_8.

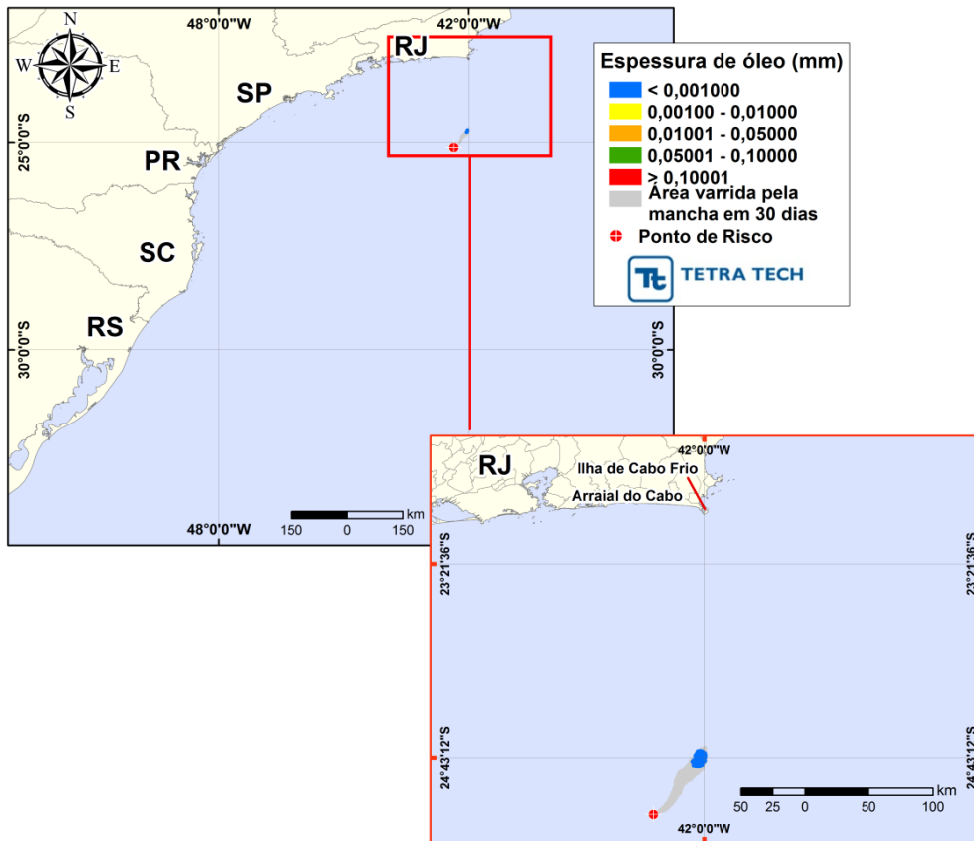


Figura III-81 - DET_P6_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

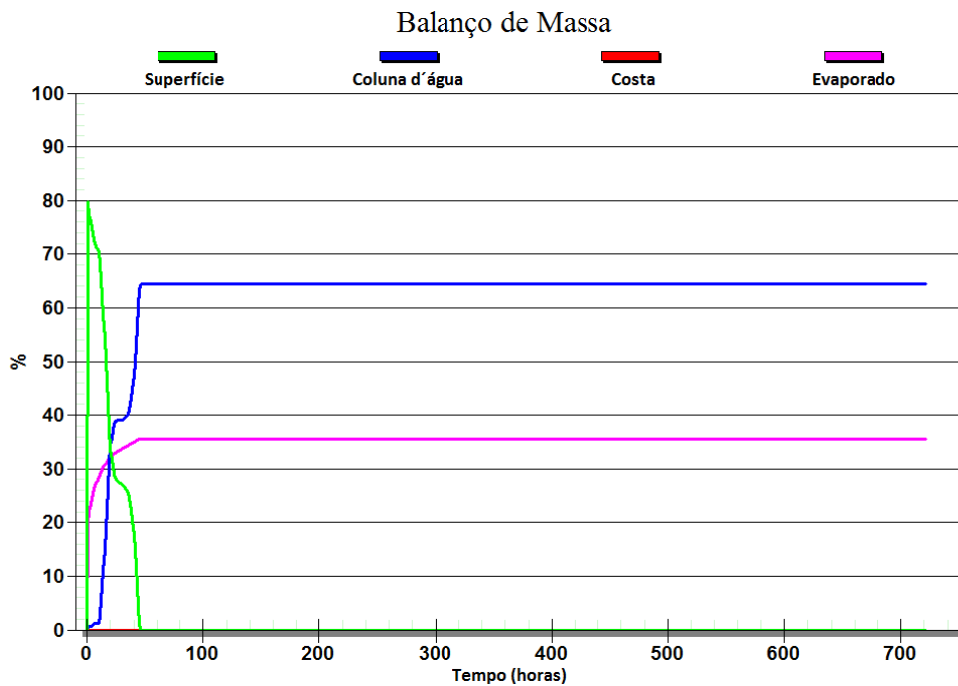


Figura III-82 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_8.

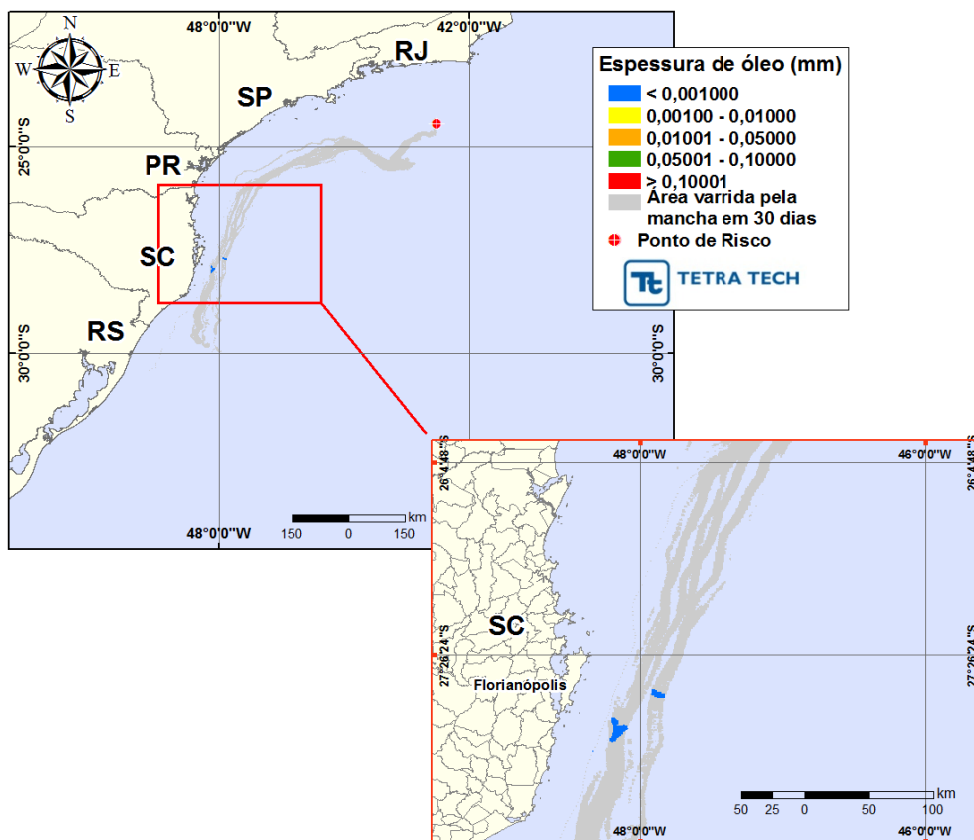


Figura III-83 - DET_P7_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

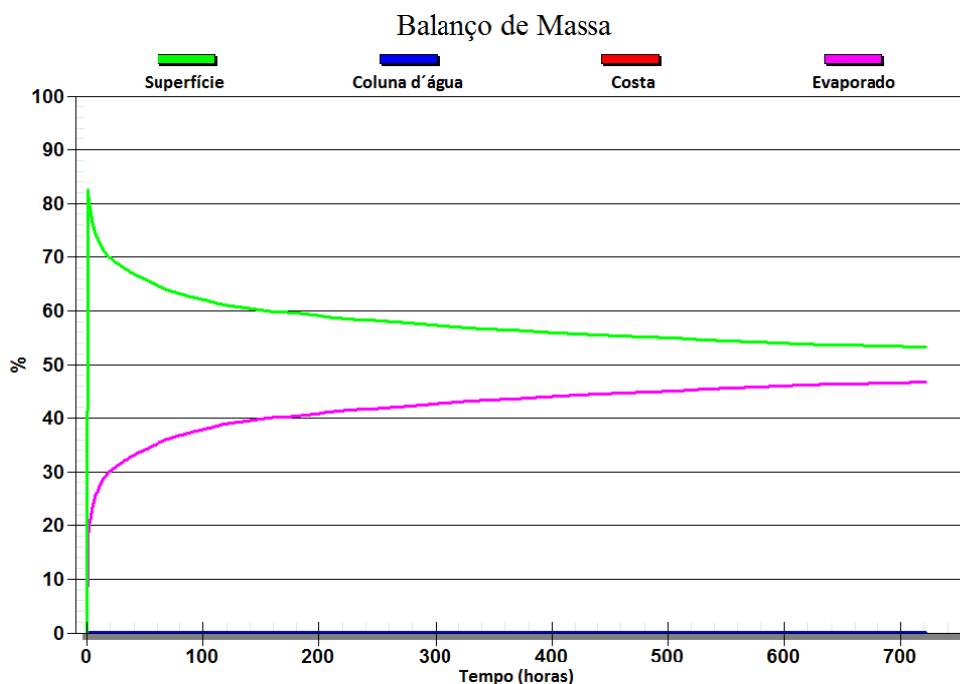


Figura III-84 - Balanco de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_8.

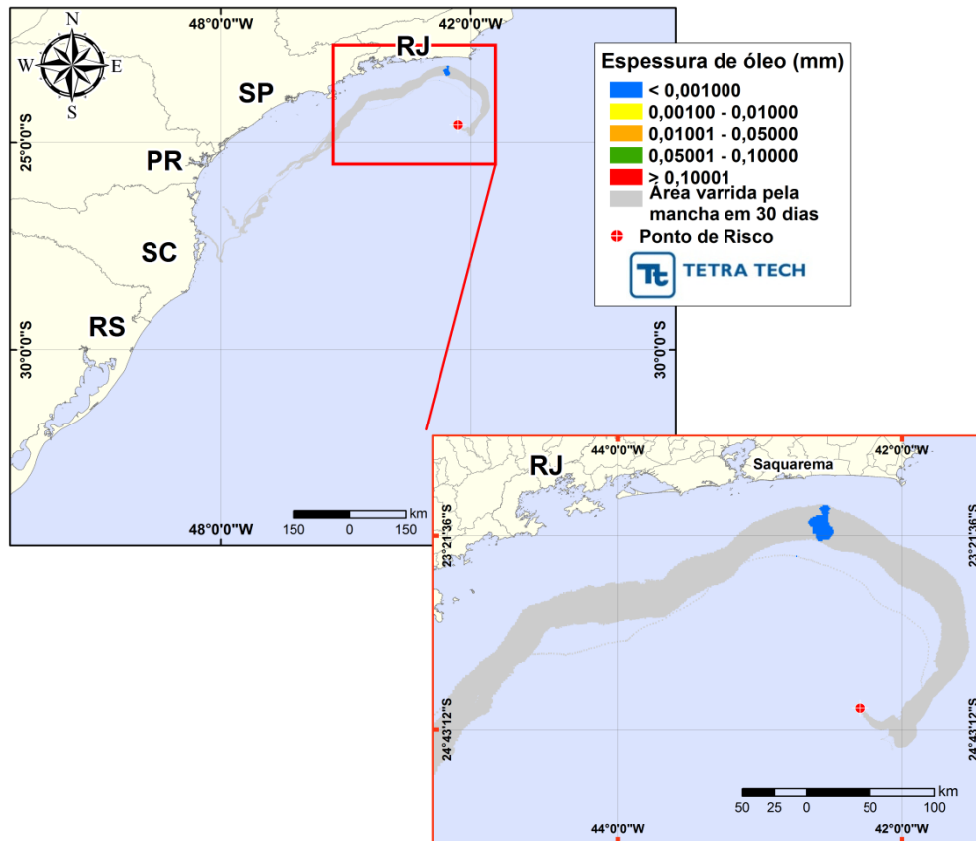


Figura III-85 - DET_P8_ONEROSA_VER_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

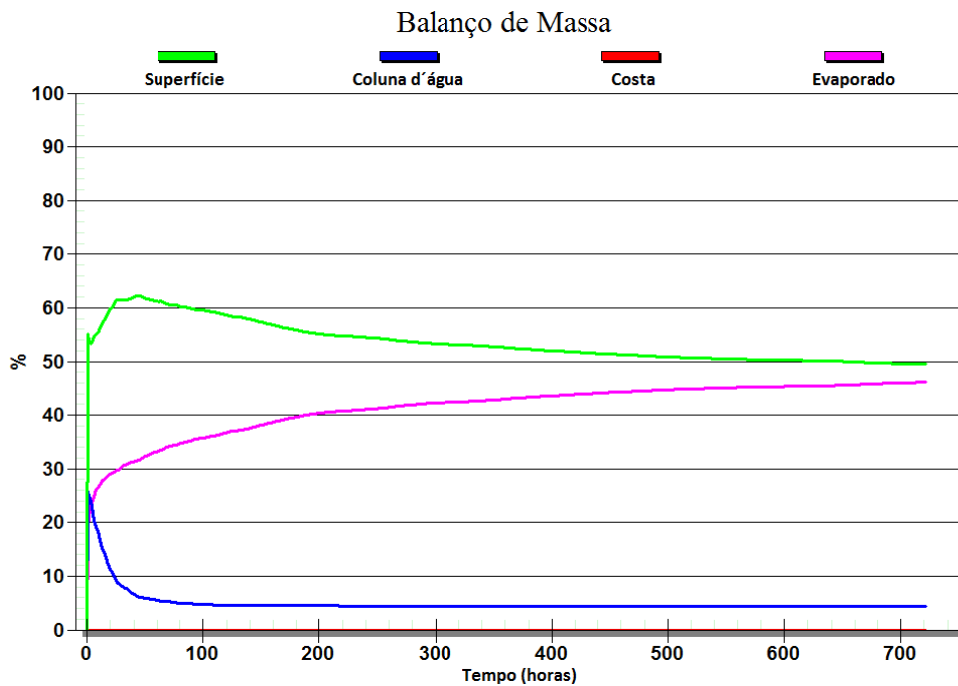


Figura III-86 - Balanco de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_8.

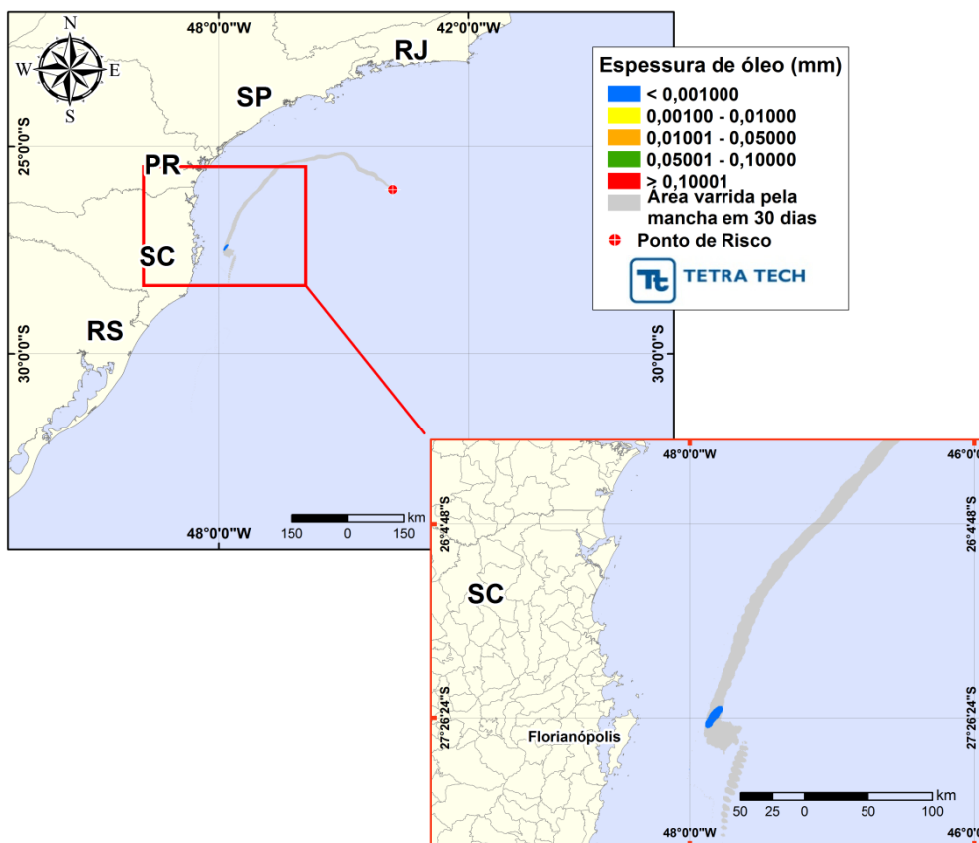


Figura III-87 - DET_P1_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

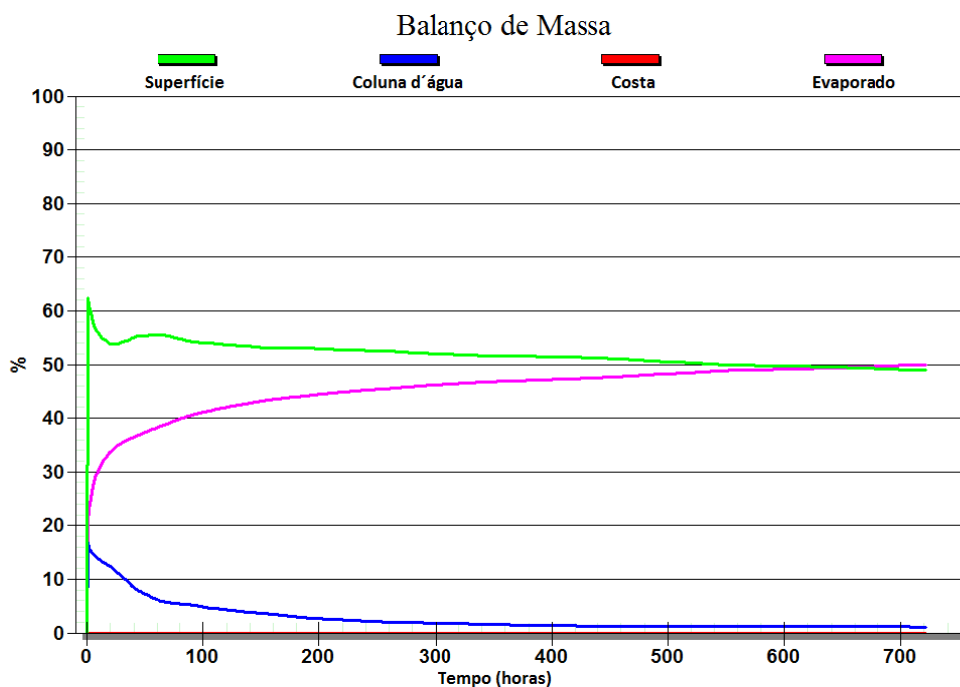


Figura III-88 - Balço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_8.

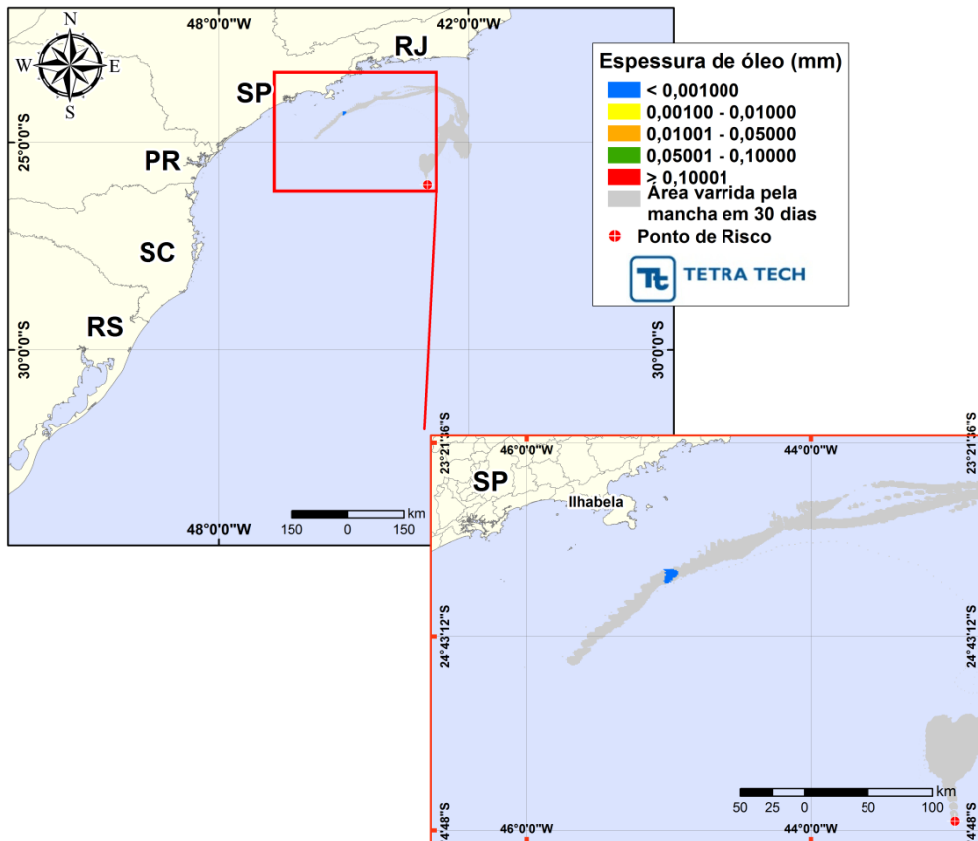


Figura III-89 - DET_P2_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

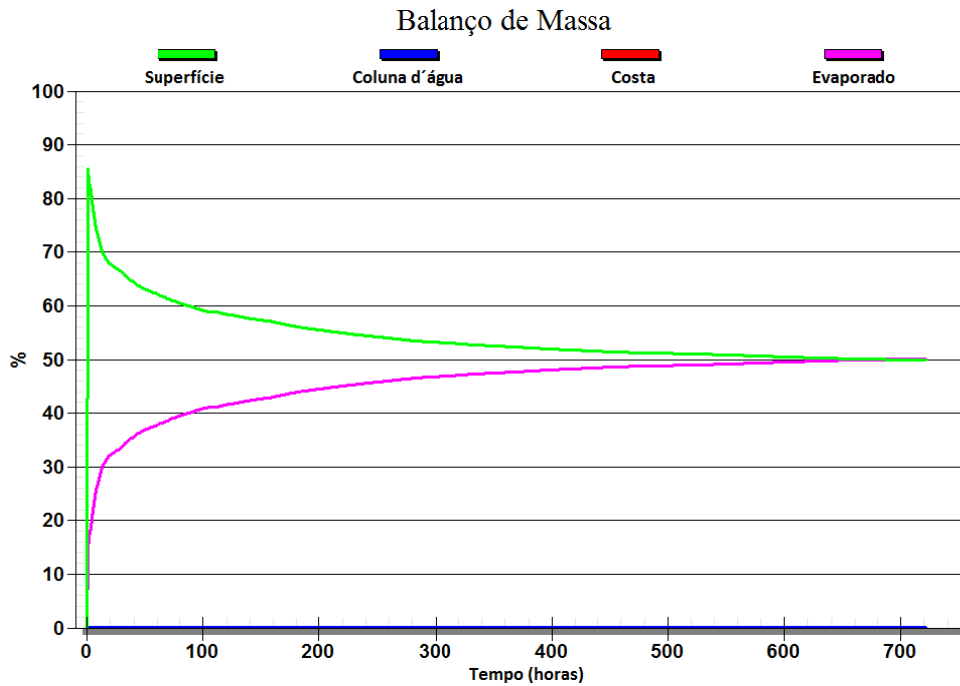


Figura III-90 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_8.

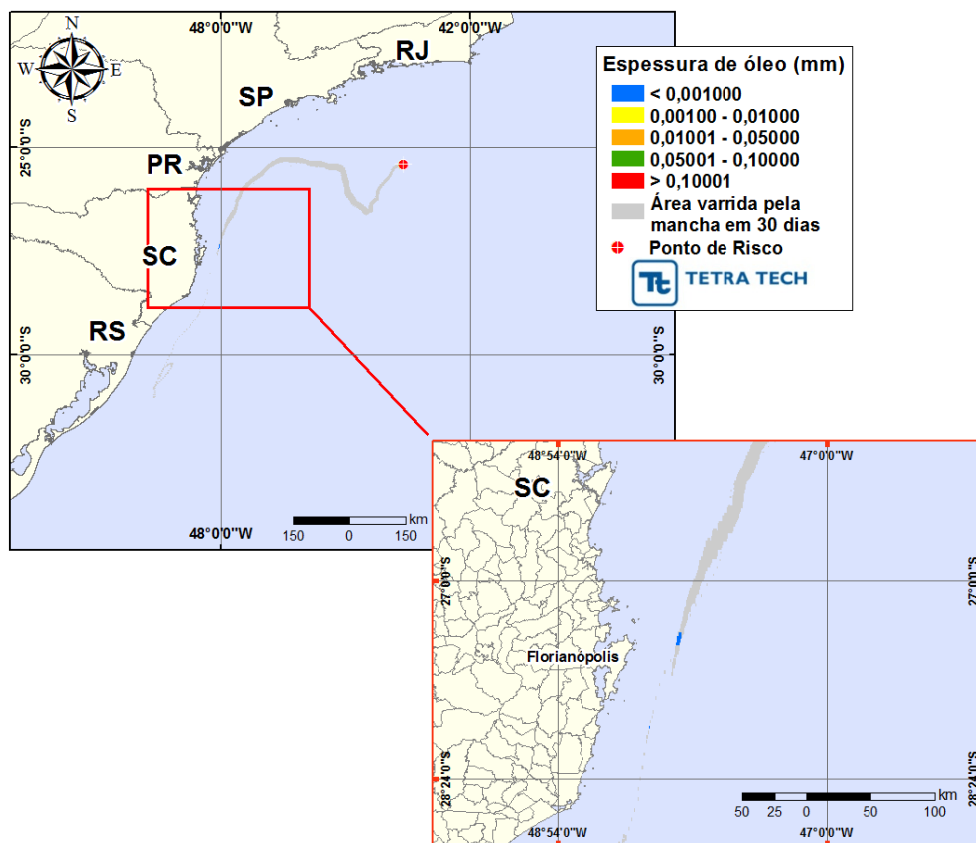


Figura III-91 - DET_P3_BMS9_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

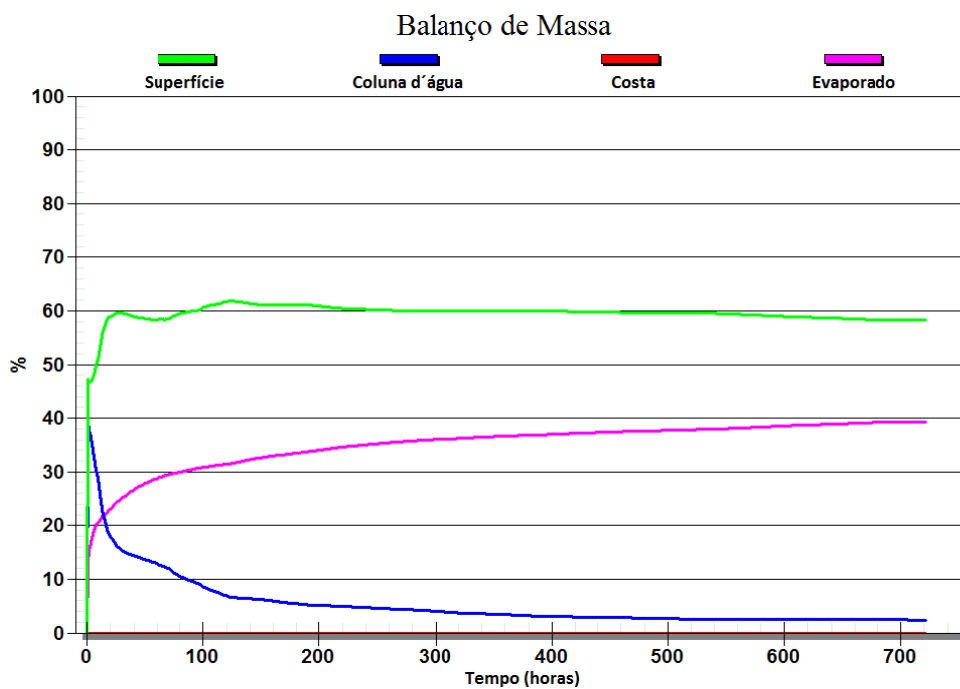


Figura III-92 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_8.

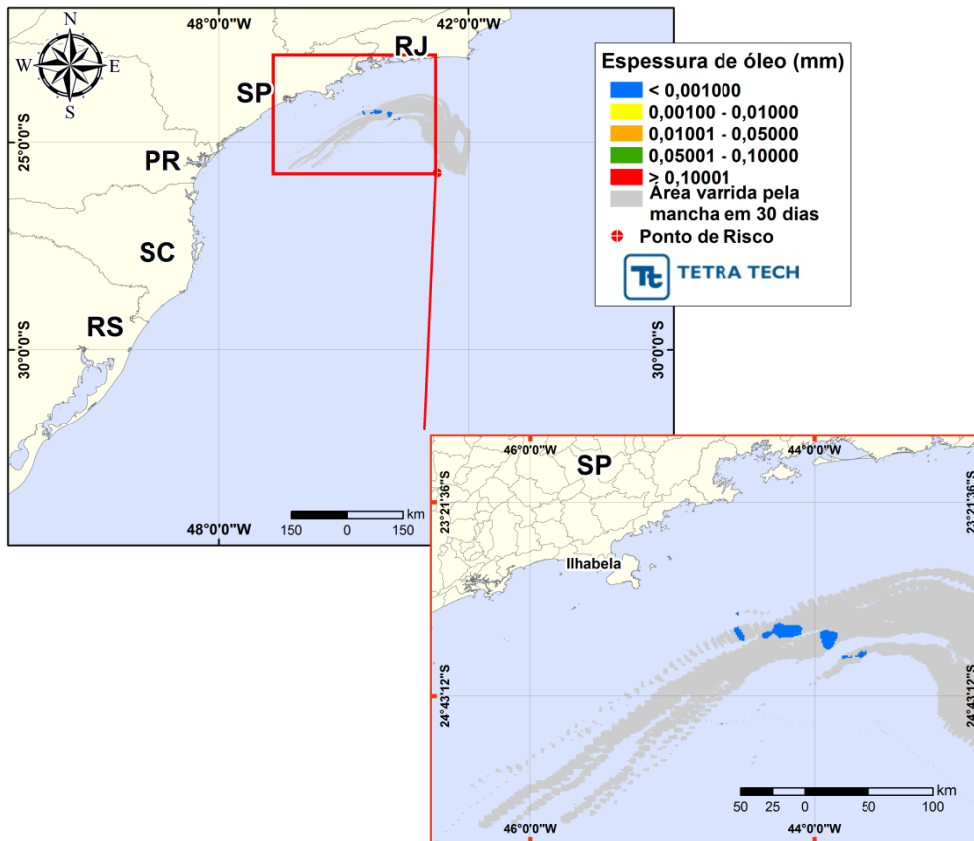


Figura III-93 - DET_P4_BMS11_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

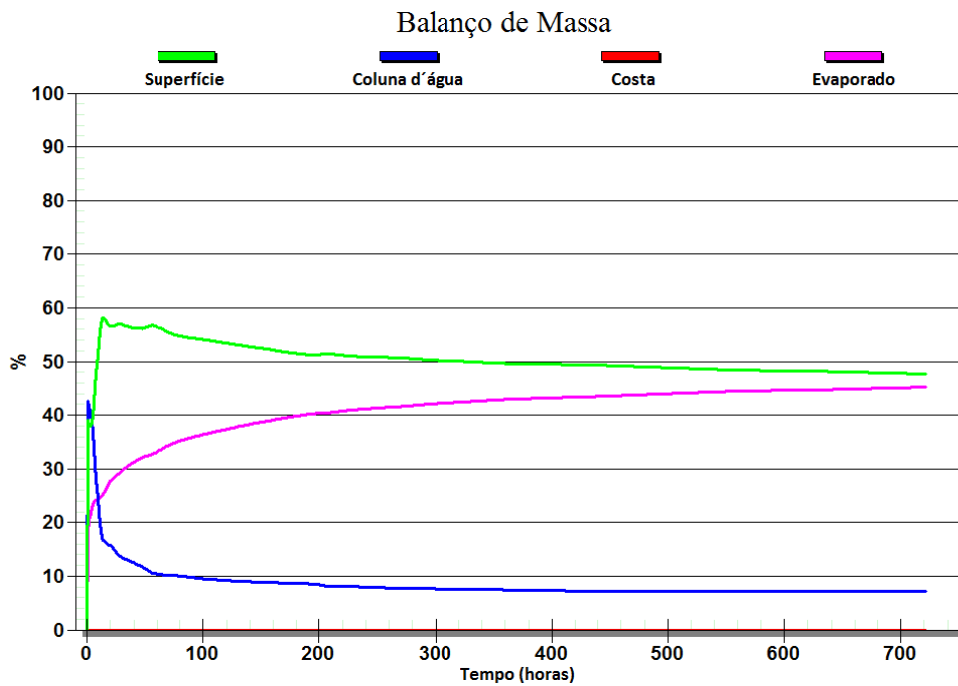


Figura III-94 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_8.

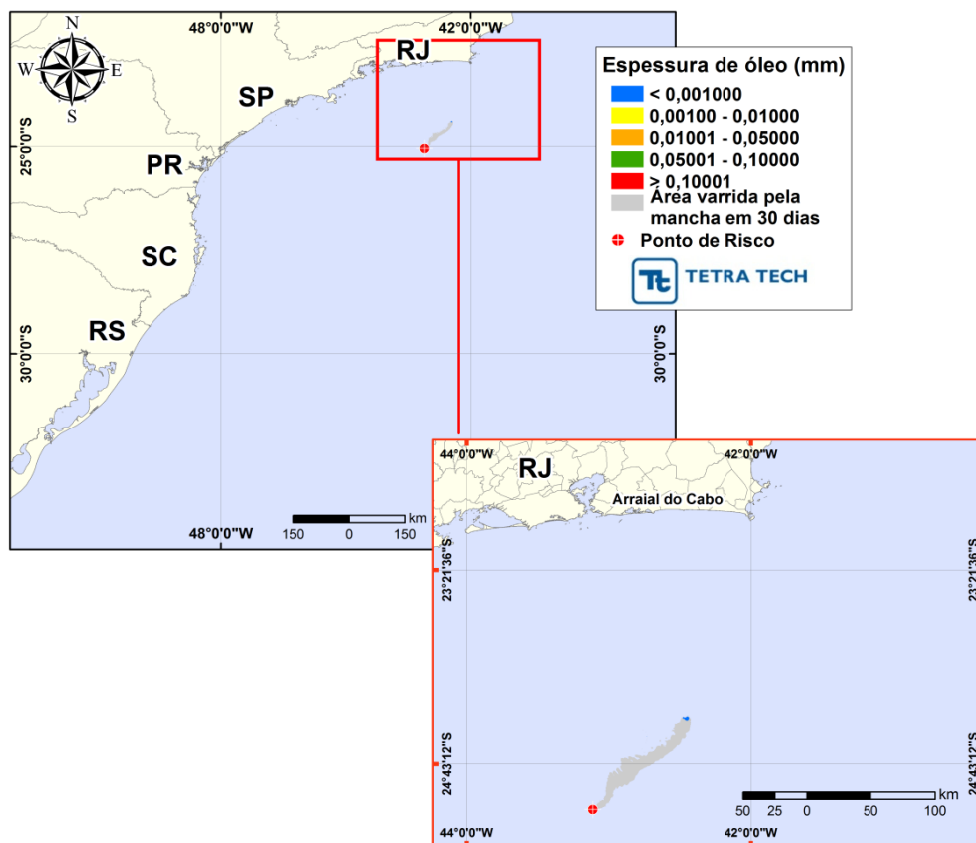


Figura III-95 - DET_P5_BMS11_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

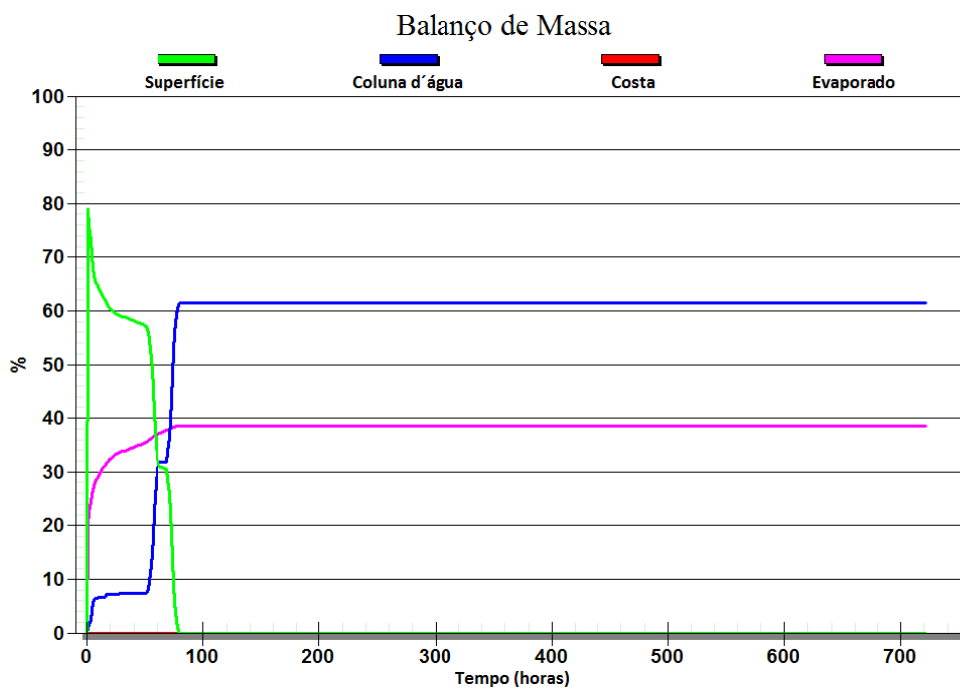


Figura III-96 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_8.

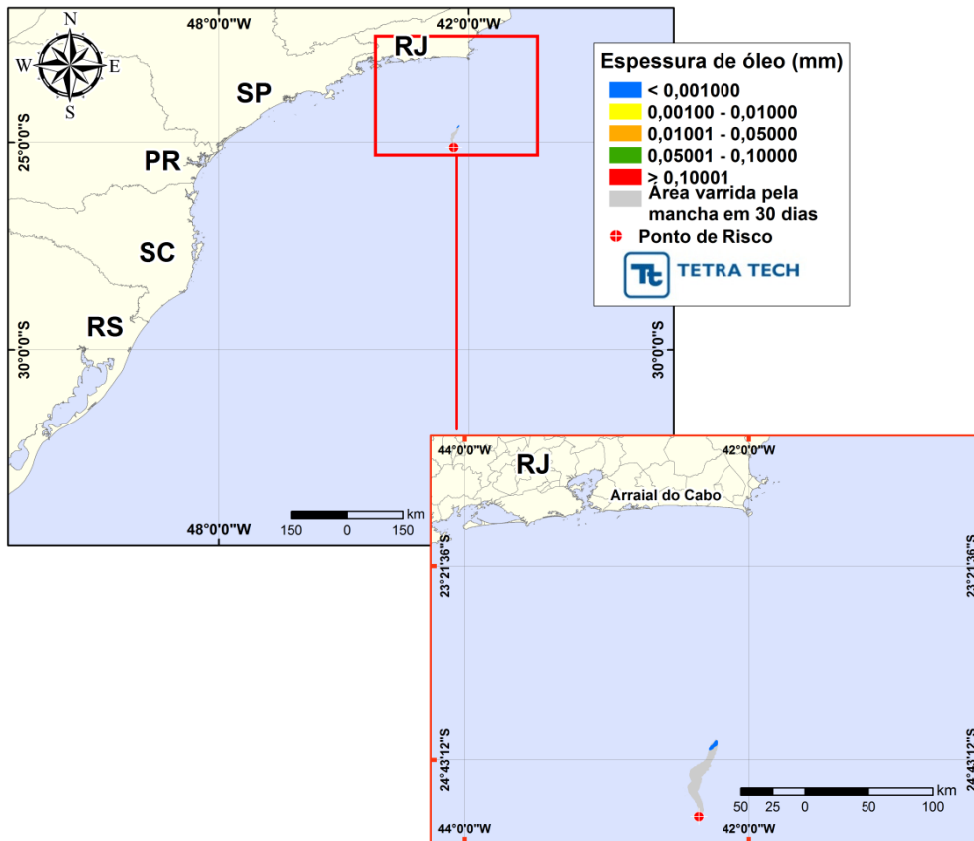


Figura III-97 - DET_P6_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de $8,0 \text{ m}^3$ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

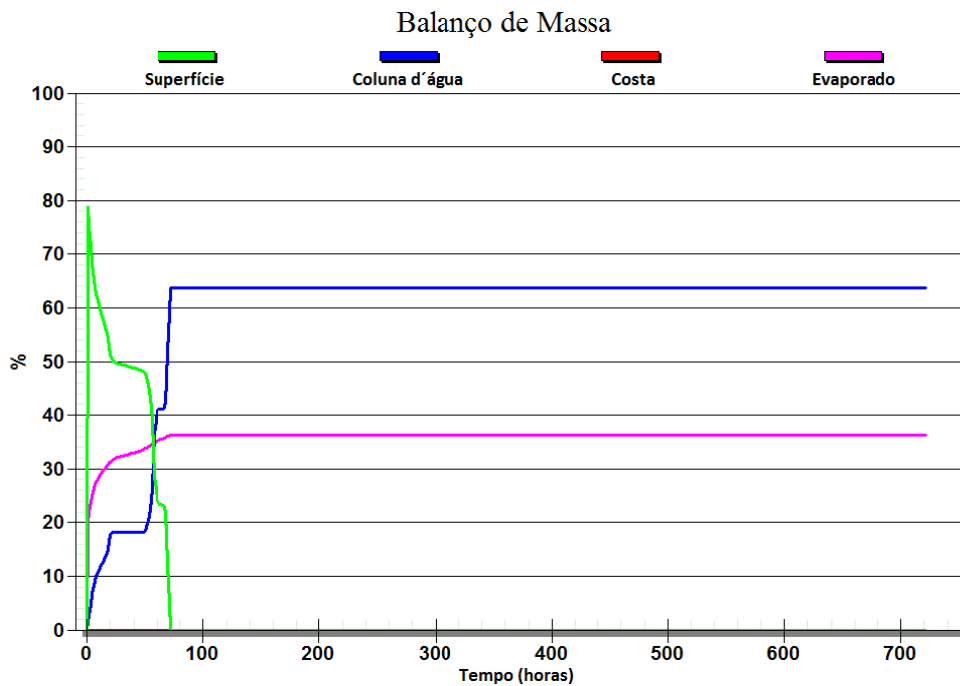


Figura III-98 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_8.

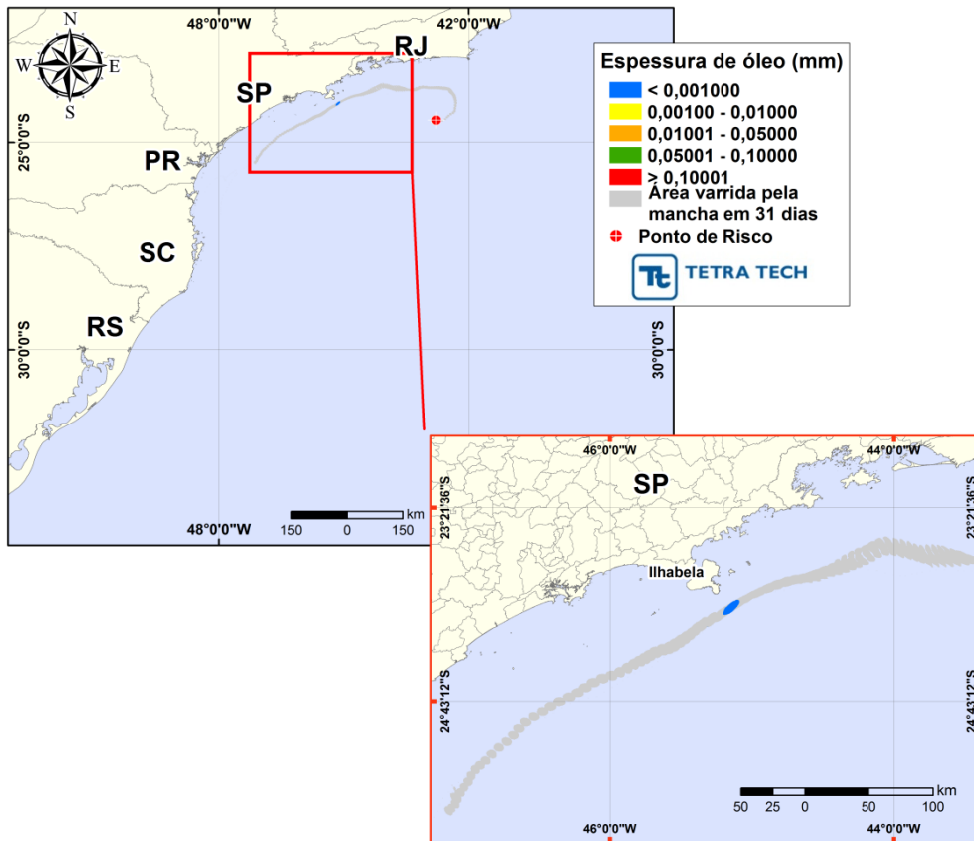


Figura III-99 - DET_P7_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

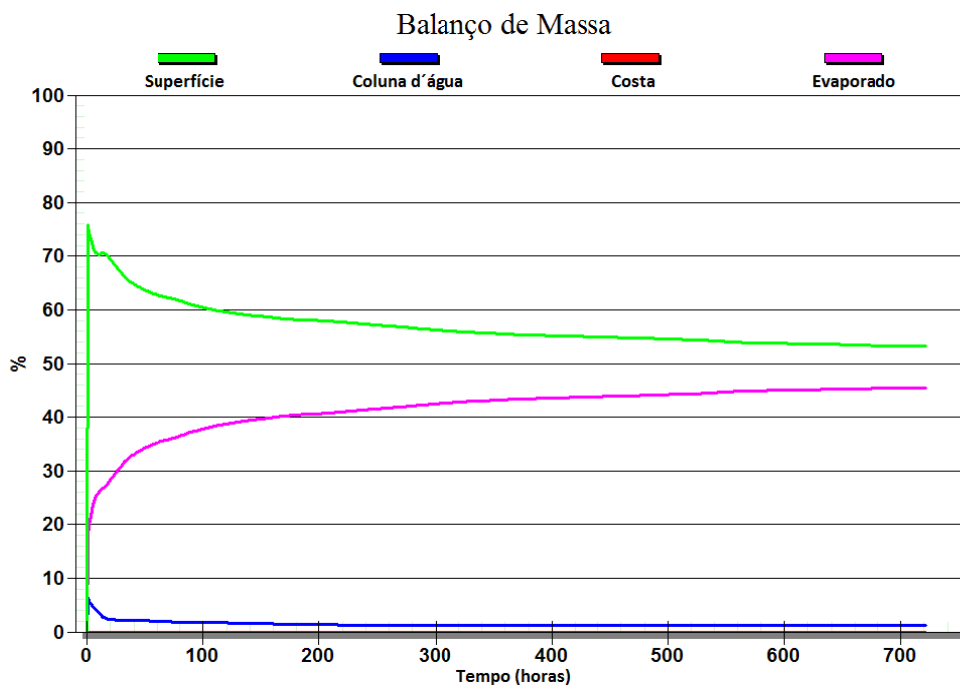


Figura III-100 - Balanco de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_8.

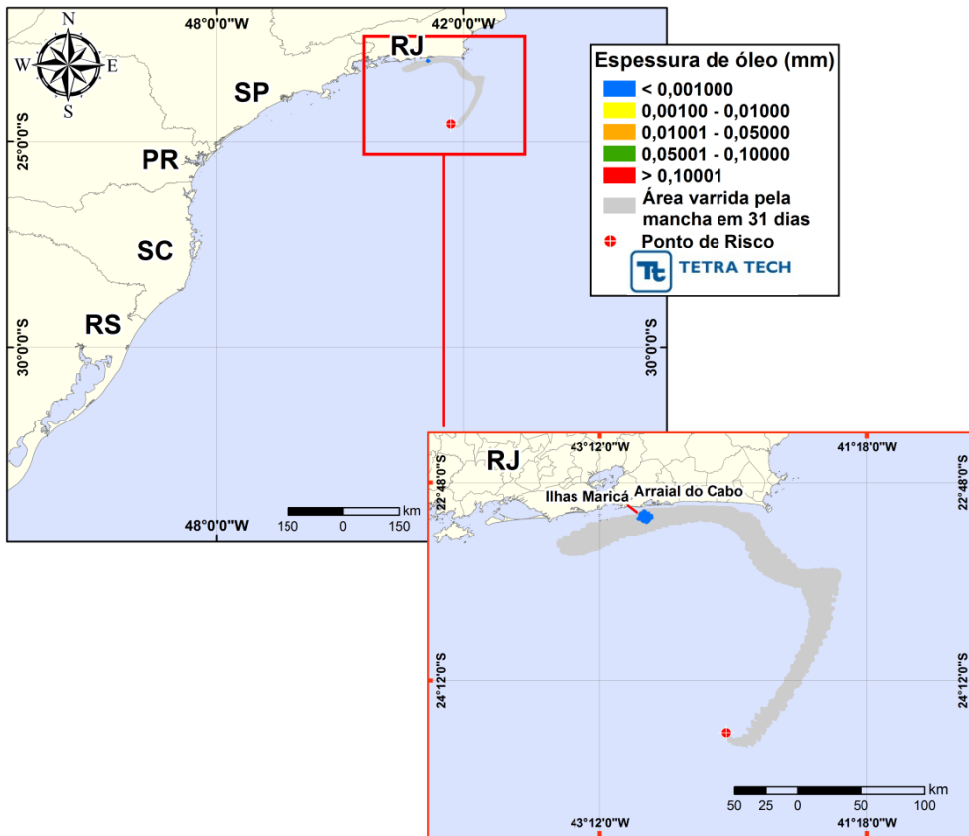


Figura III-101 - DET_P8_ONEROSA_INV_8. Cenário determinístico crítico para um derrame de 8,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

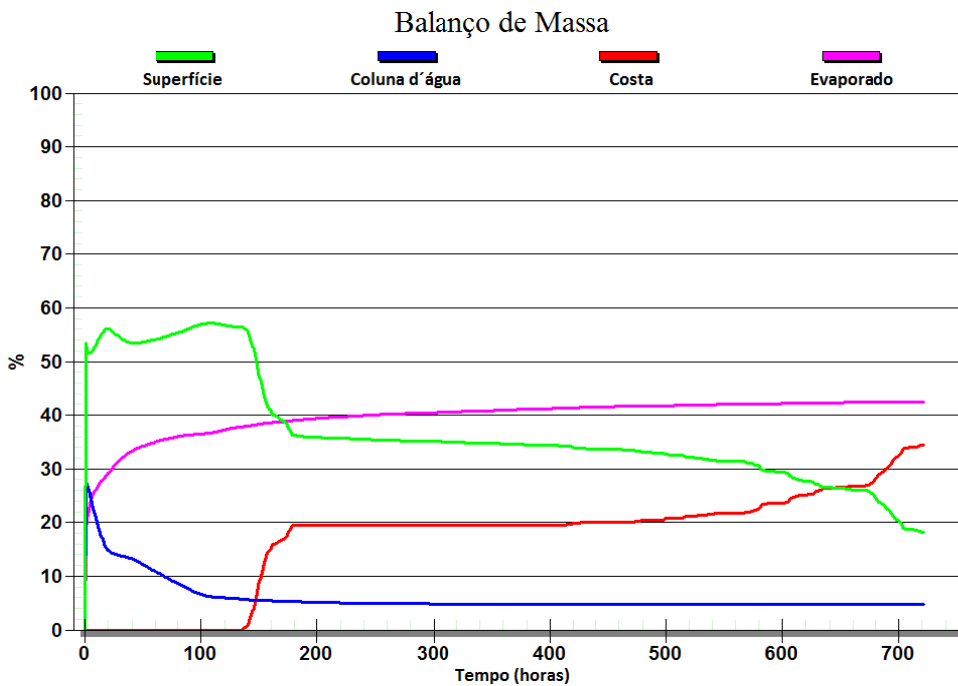


Figura III-102 - Balanco de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_8.

III.2.2 Simulações Determinísticas – Volume Médio

Nas Figura III-103 a Figura III-134 apresentam-se os resultados determinísticos críticos de verão e inverno para os derrames com volume médio (200 m³). Analisando os gráficos de balanço de massa, observa-se que a evaporação e a interação com a linha de costa, além do entranhamento, são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na água.

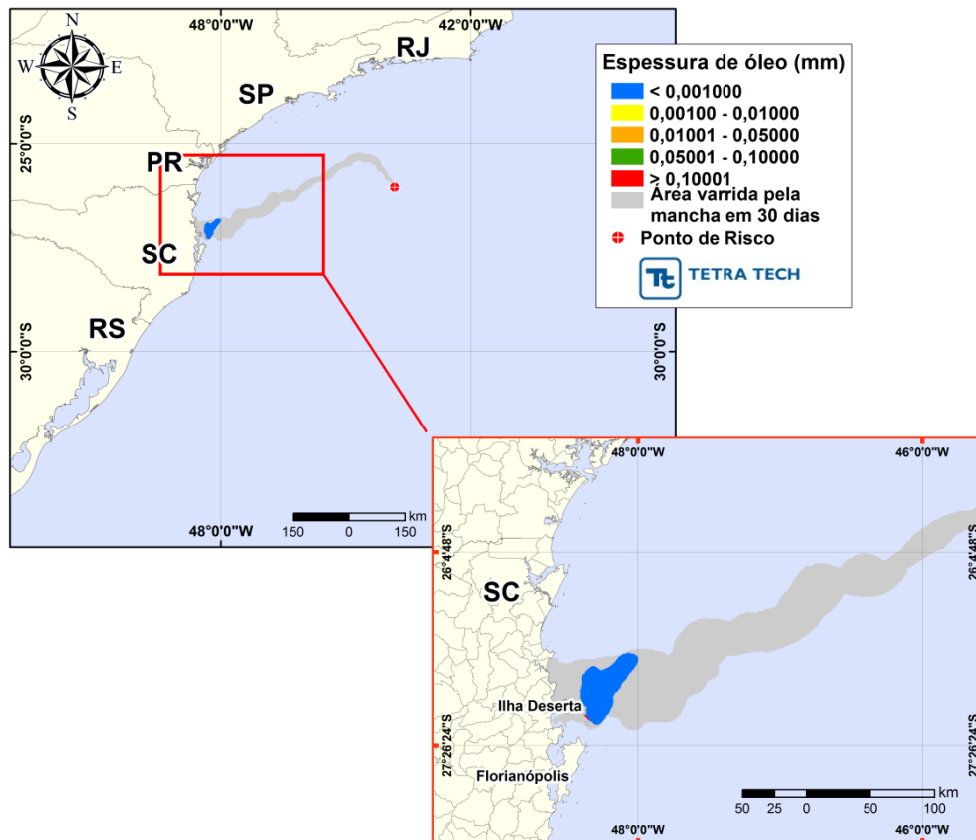


Figura III-103 - DET_P1_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

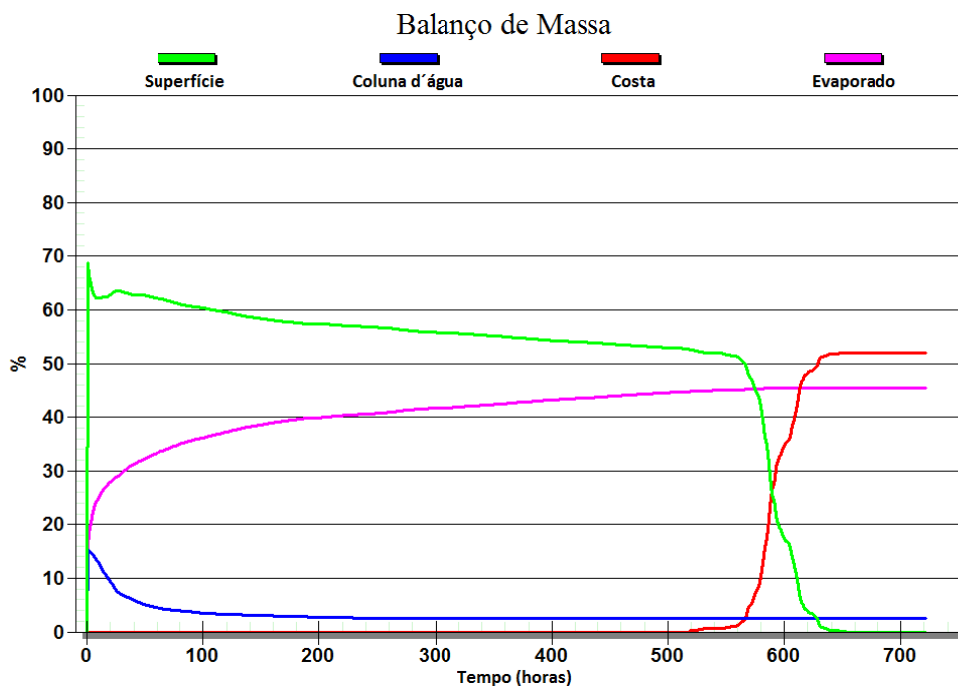


Figura III-104 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_200.

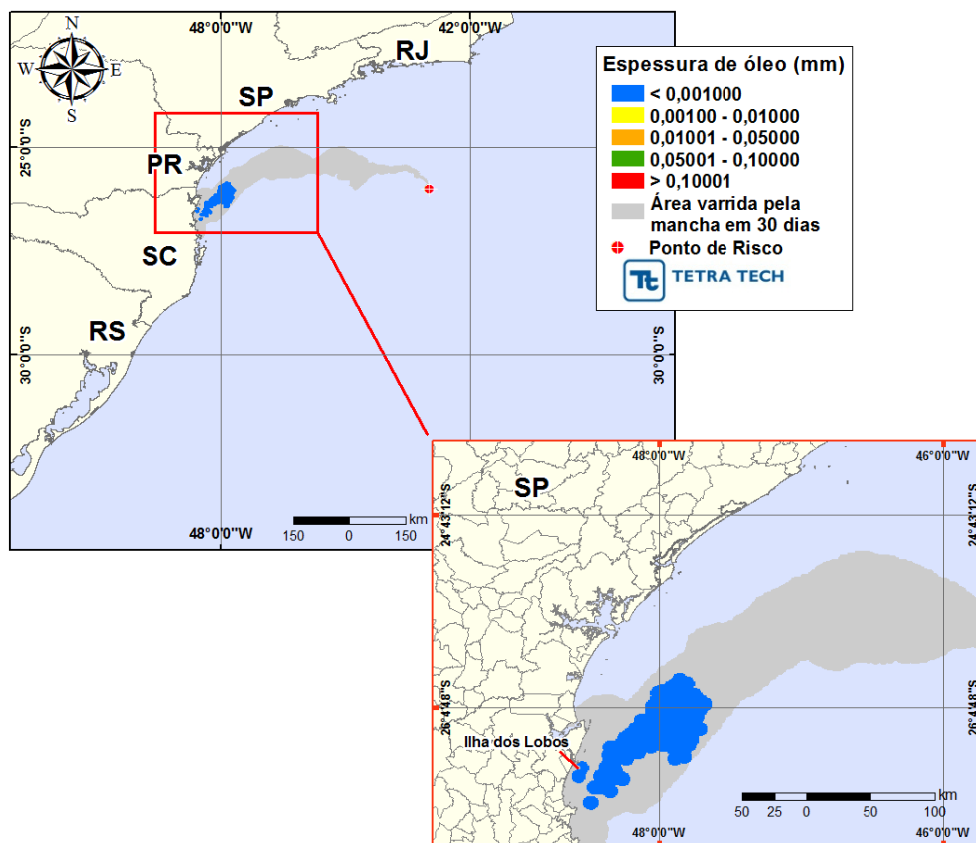


Figura III-105 - DET_P2_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

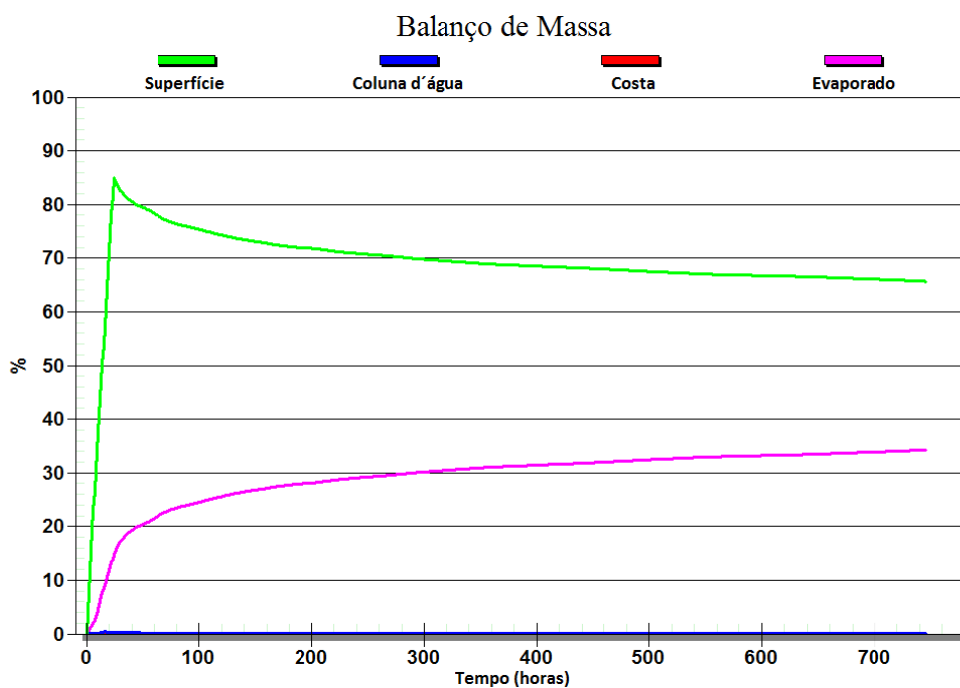


Figura III-106 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_200.

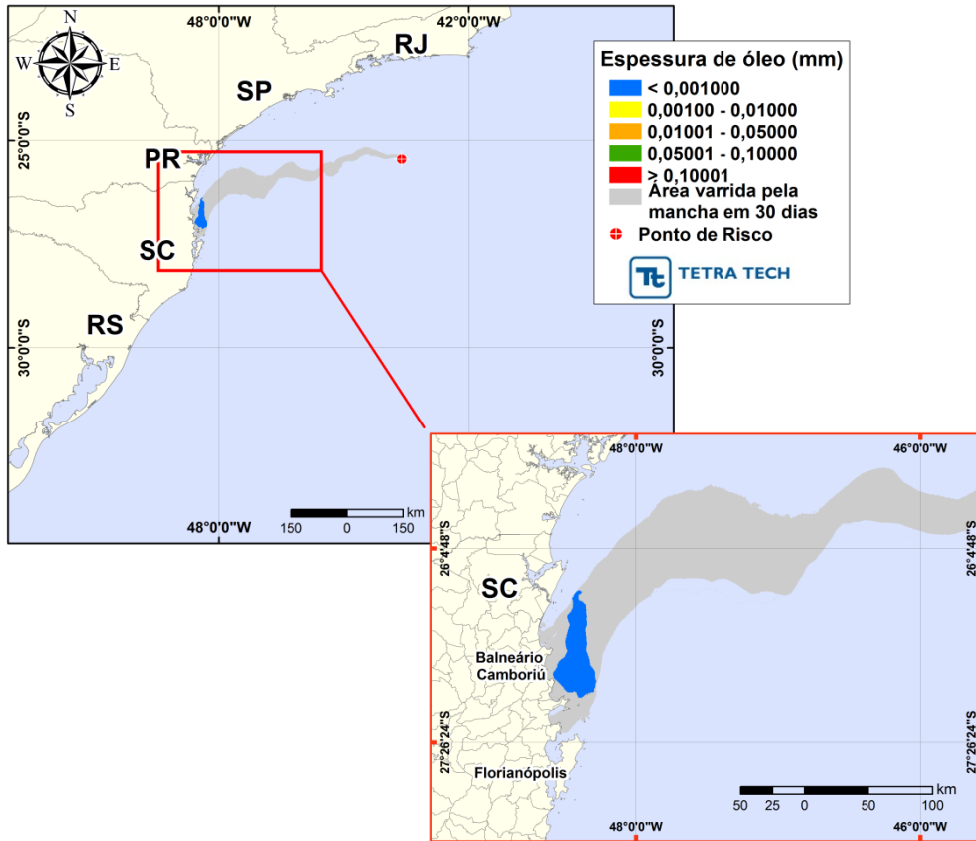


Figura III-107 - DET_P3_BMS9_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

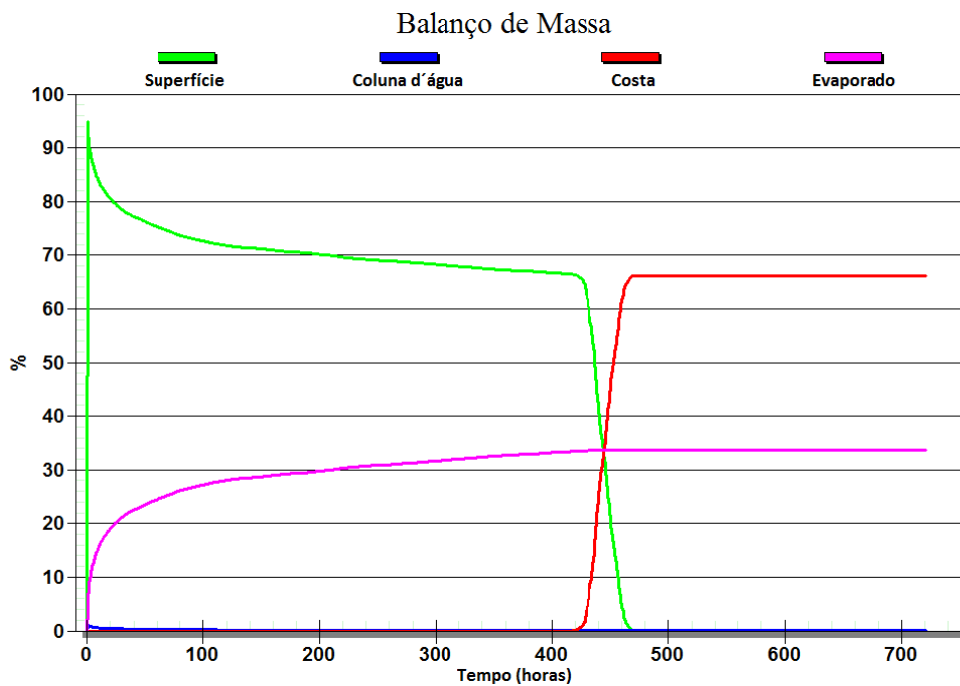


Figura III-108 - Balço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_200.

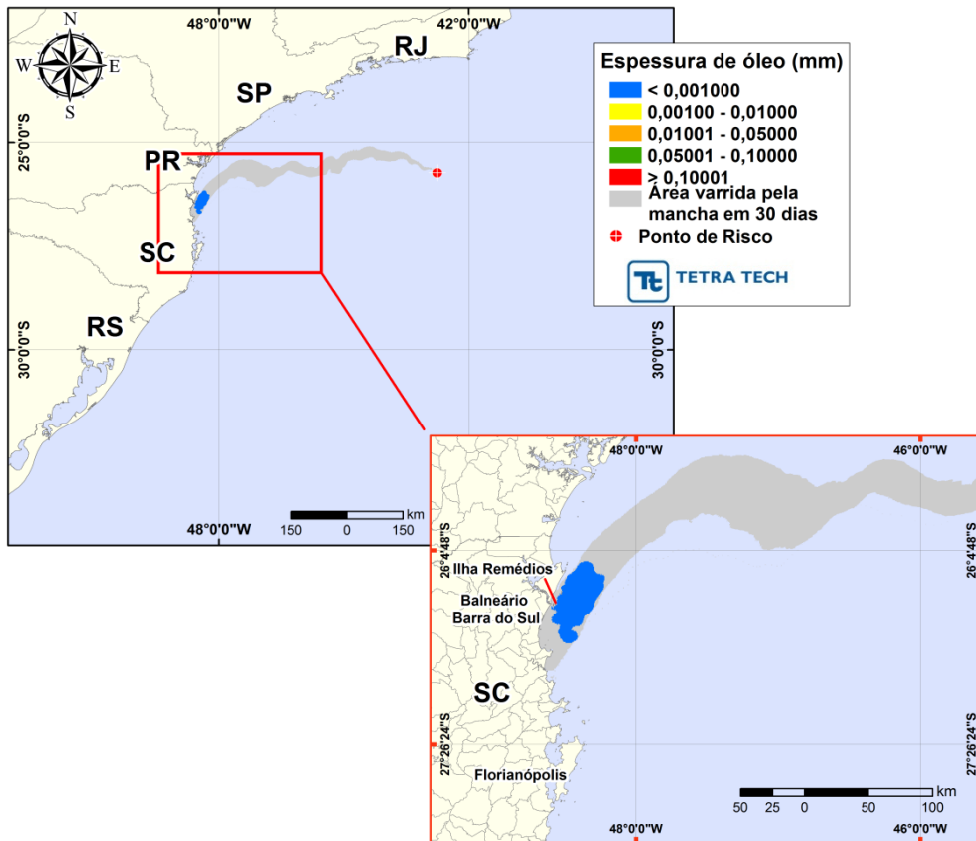


Figura III-109 - DET_P4_BMS11_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

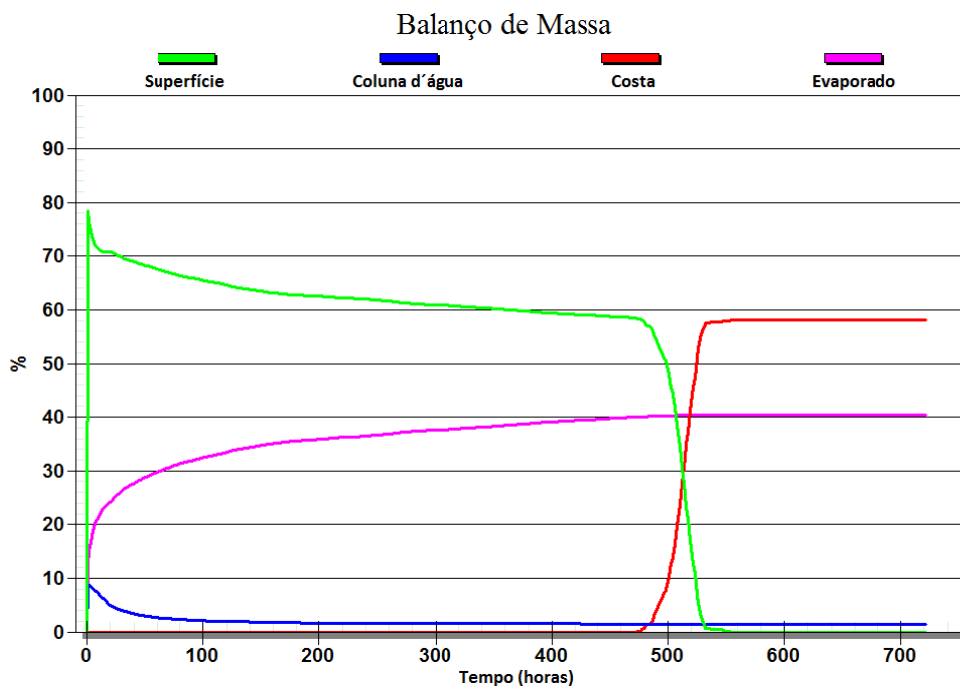


Figura III-110 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_200.

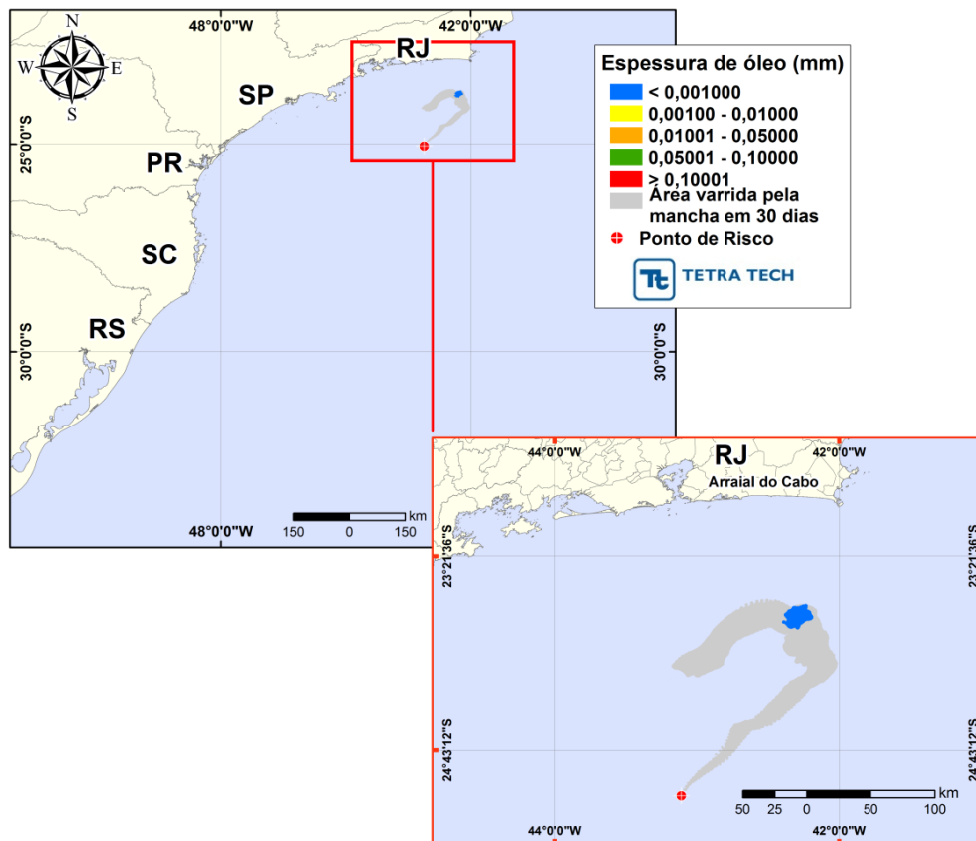


Figura III-111 - DET_P5_BMS11_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

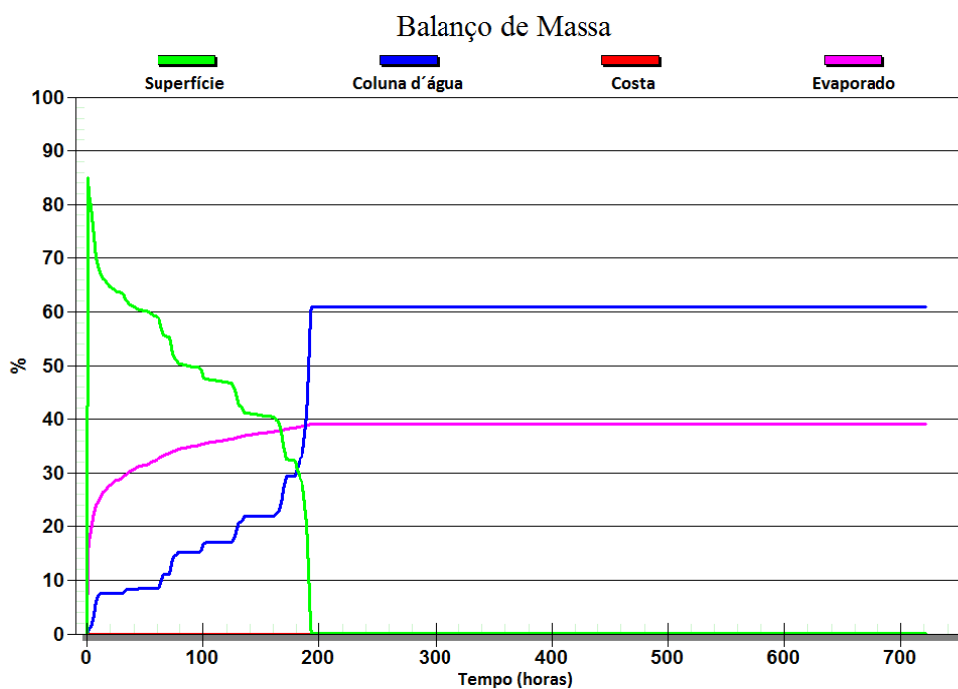


Figura III-112 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS21_VER_200.

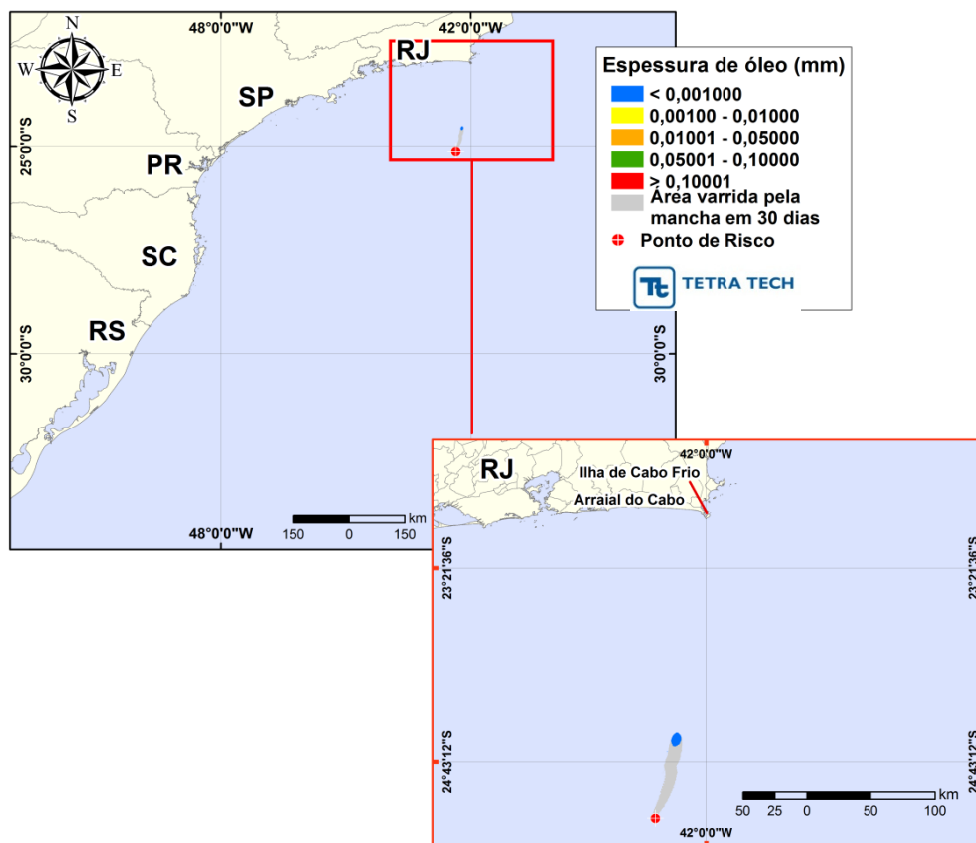


Figura III-113 - DET_P6_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

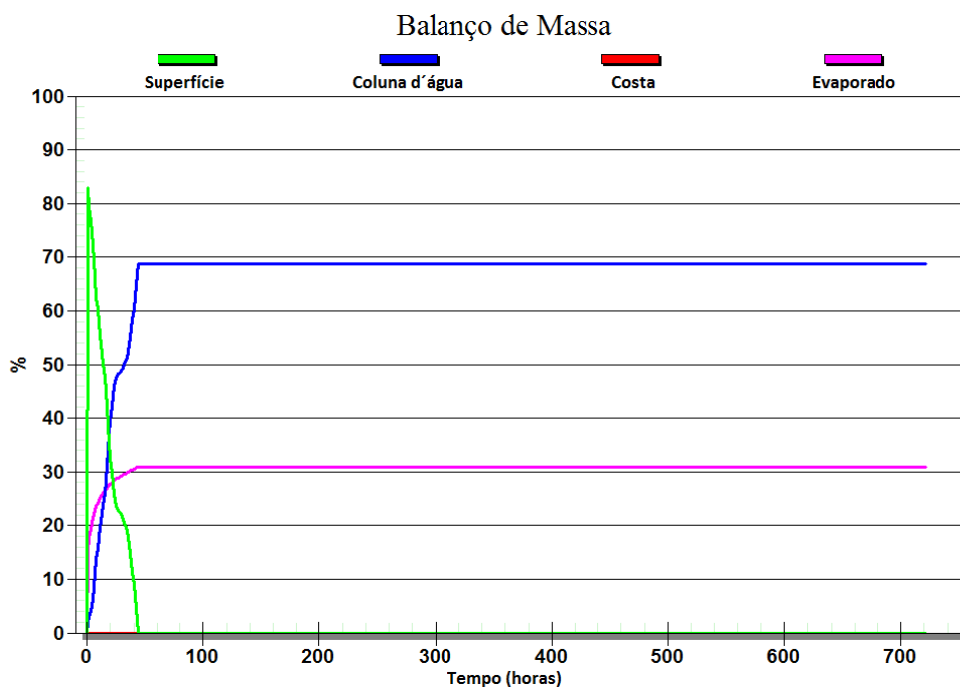


Figura III-114 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_200.

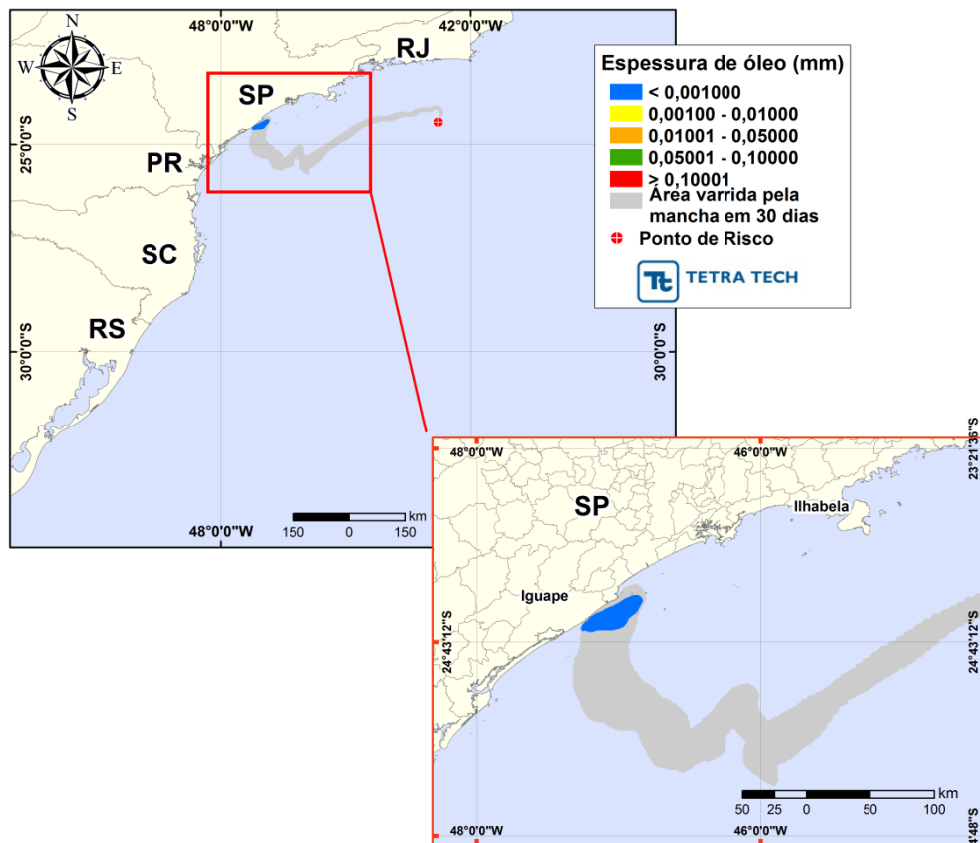


Figura III-115 - DET_P7_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

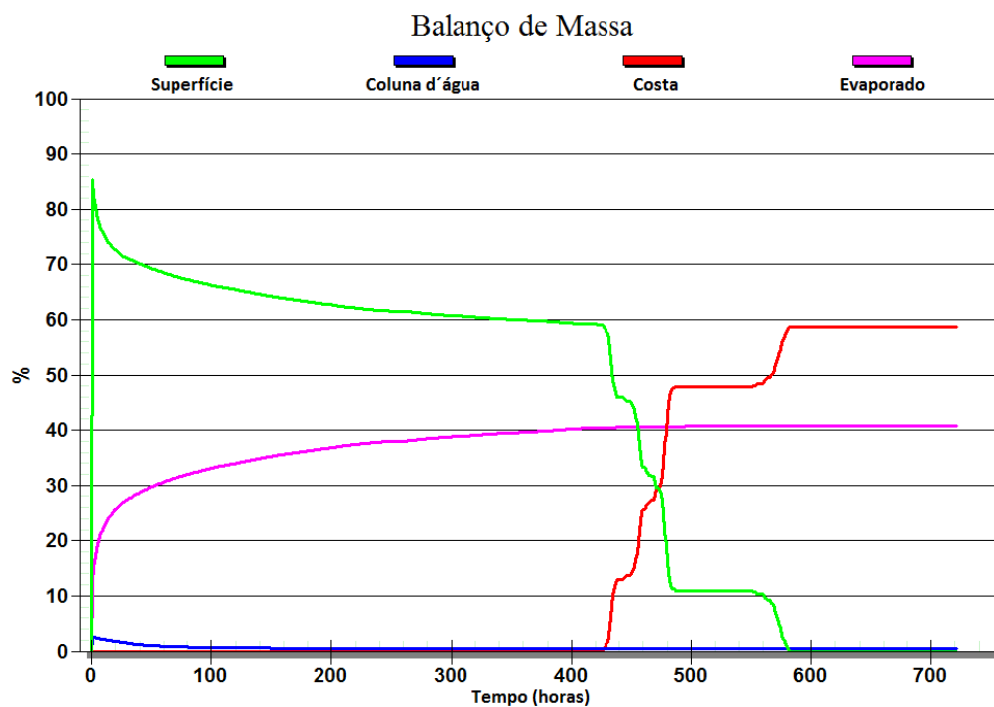


Figura III-116 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_200.

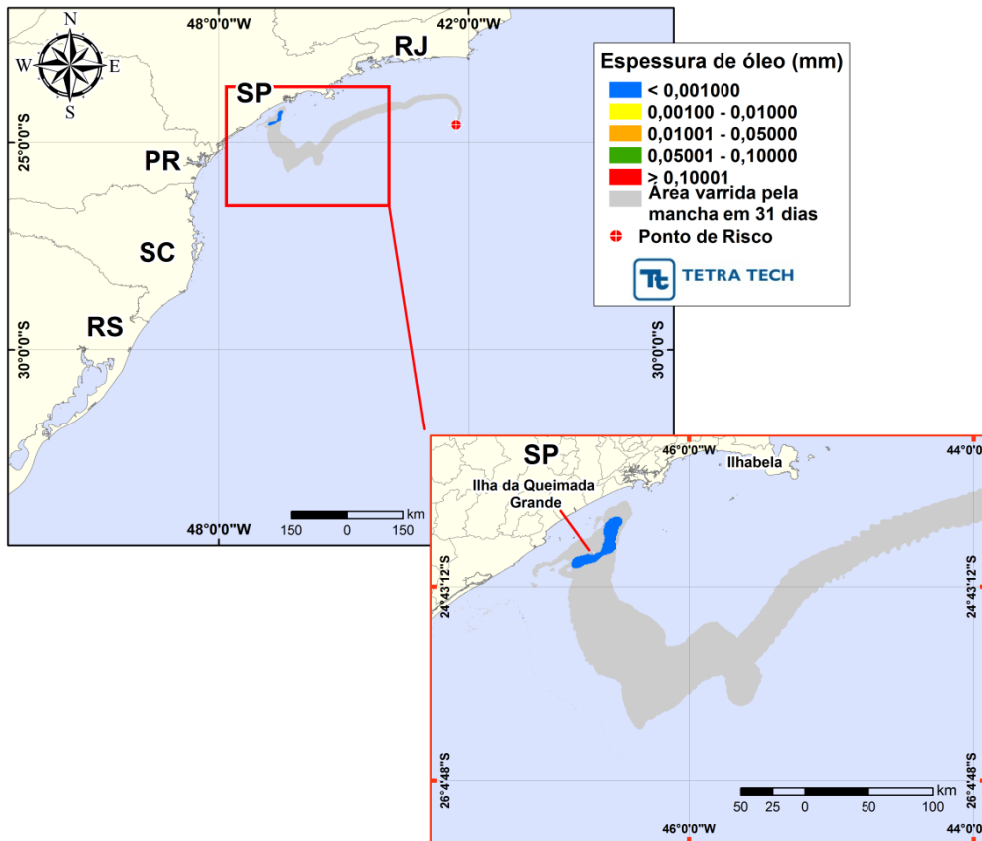


Figura III-117 - DET_P8_ONEROSA_VER_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o verão.

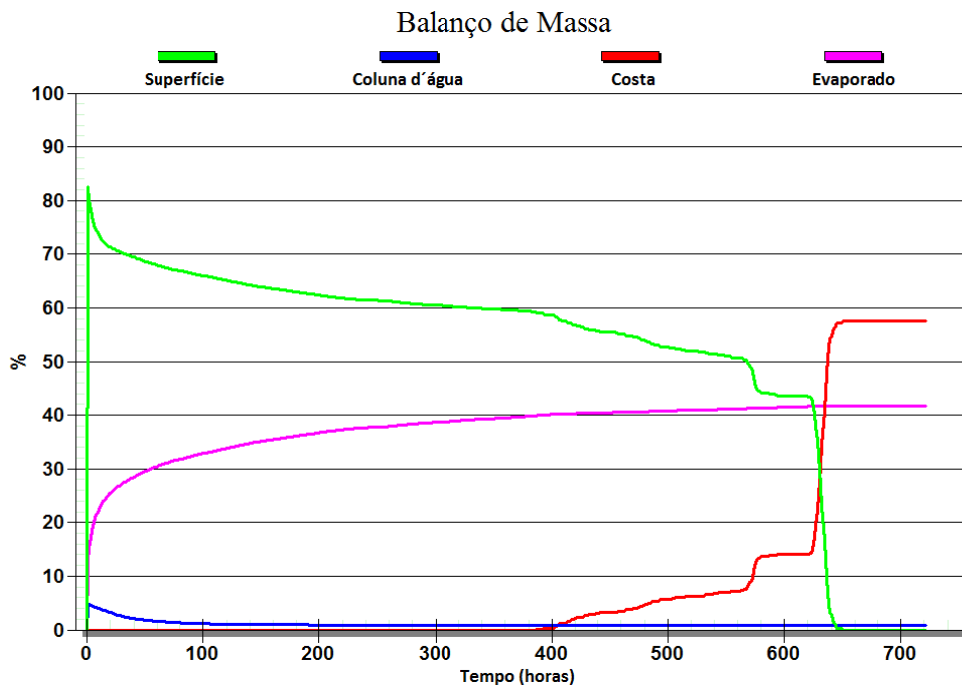


Figura III-118 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_200.

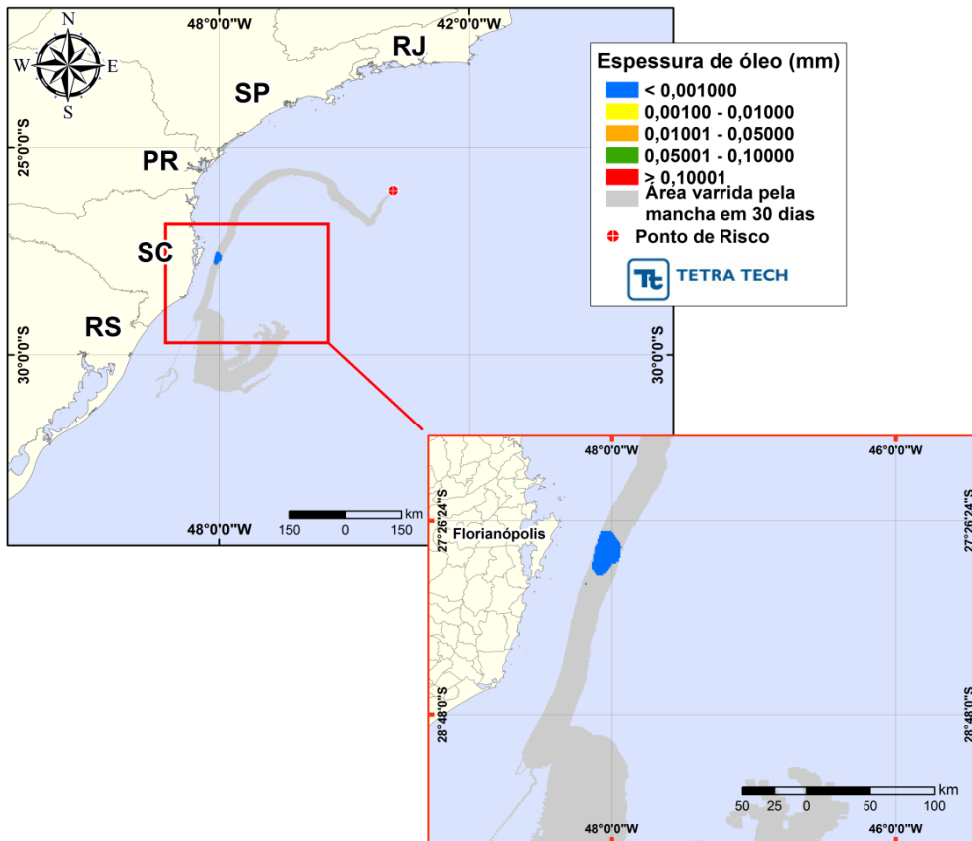


Figura III-119 - DET_P1_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

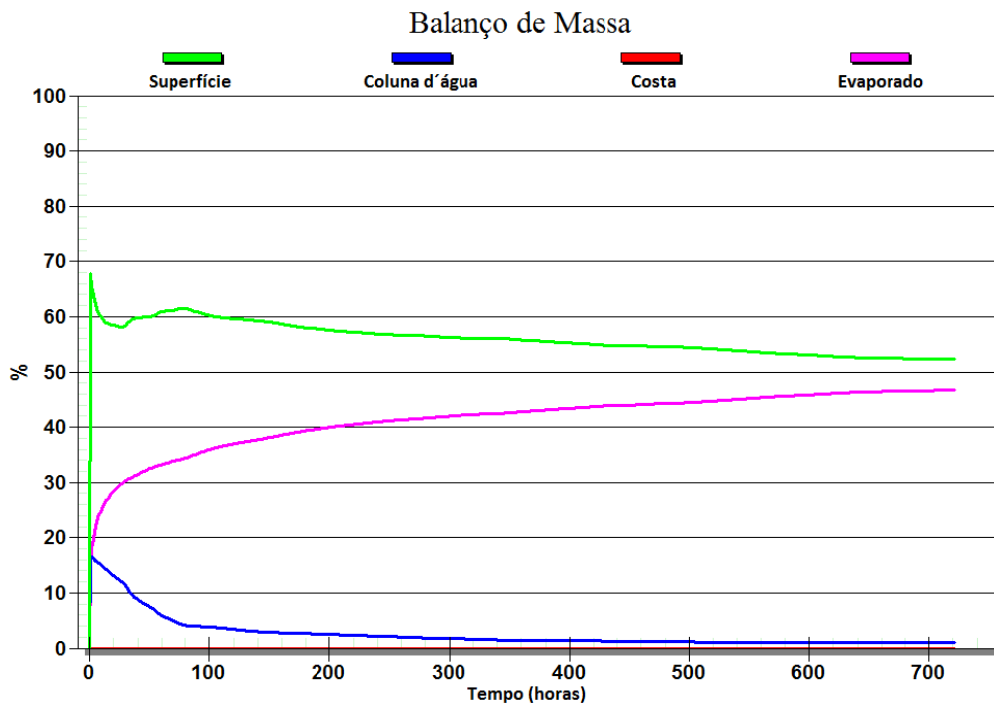


Figura III-120 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_200.

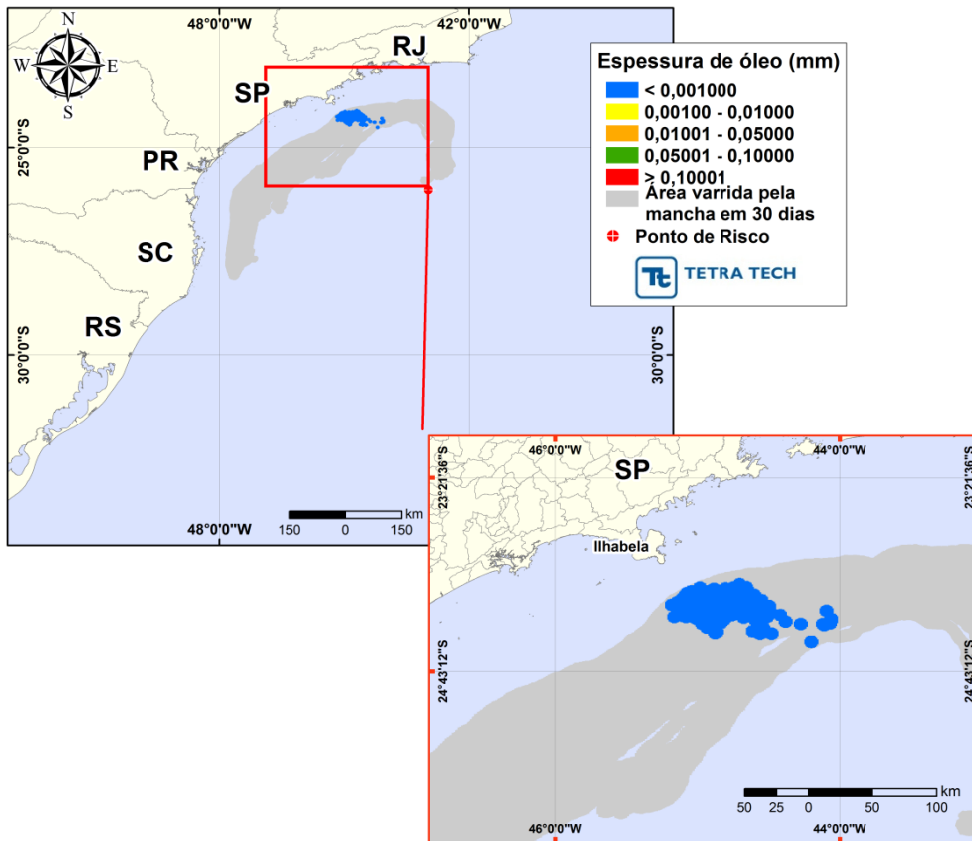


Figura III-121 - DET_P2_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

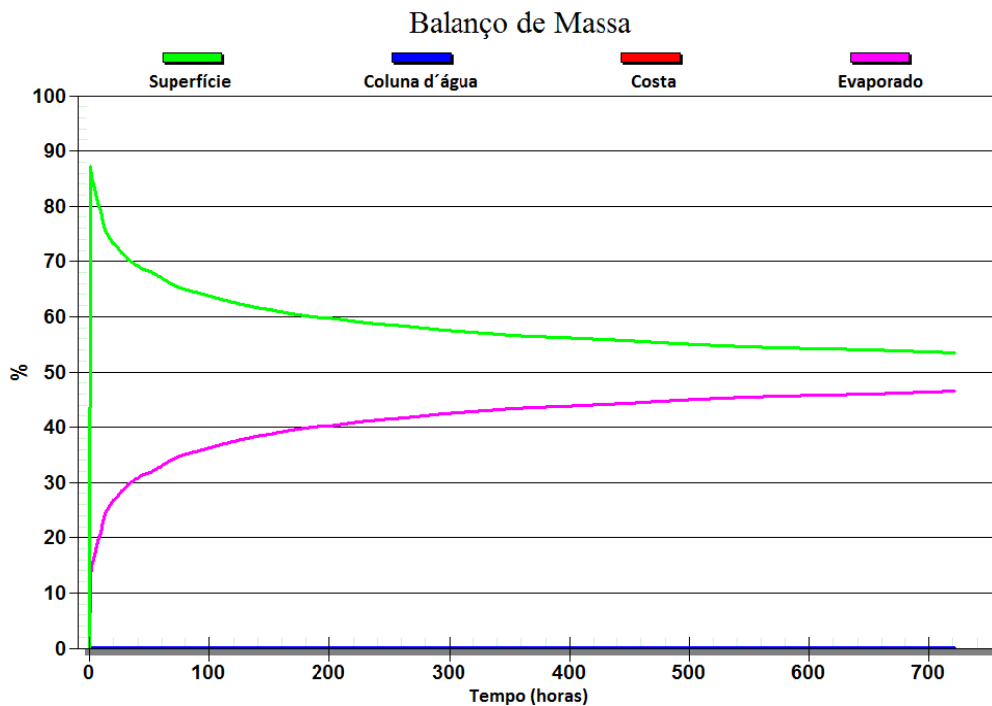


Figura III-122 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_200.

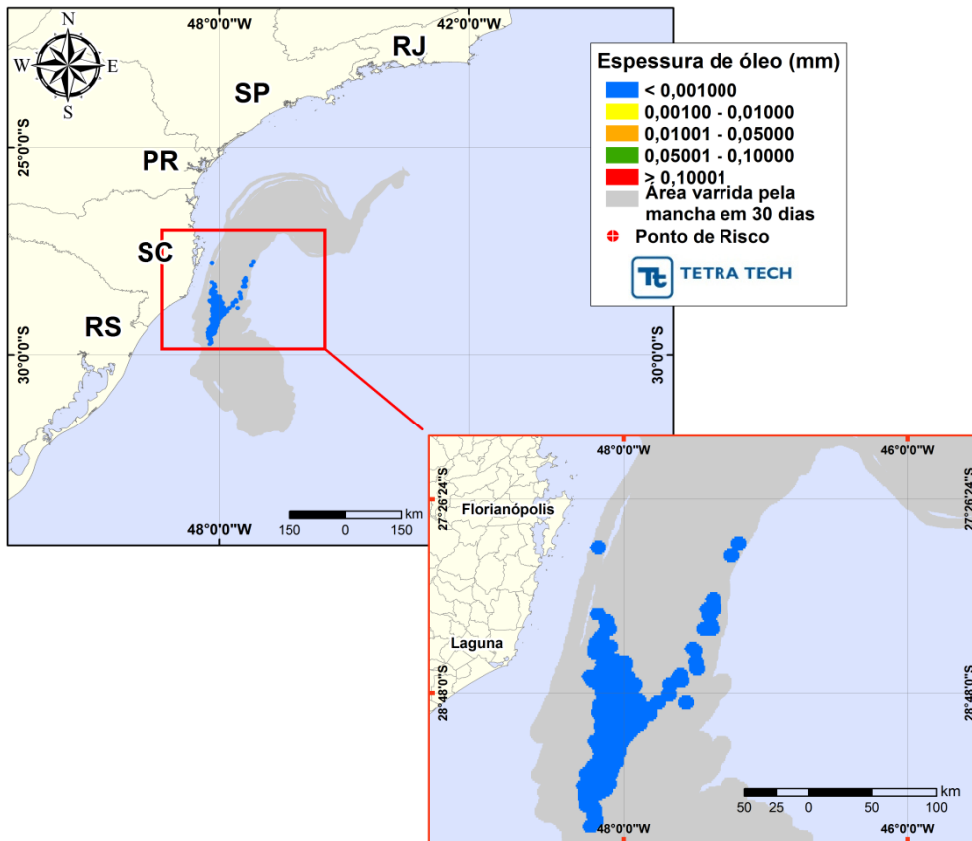


Figura III-123 - DET_P3_BMS9_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

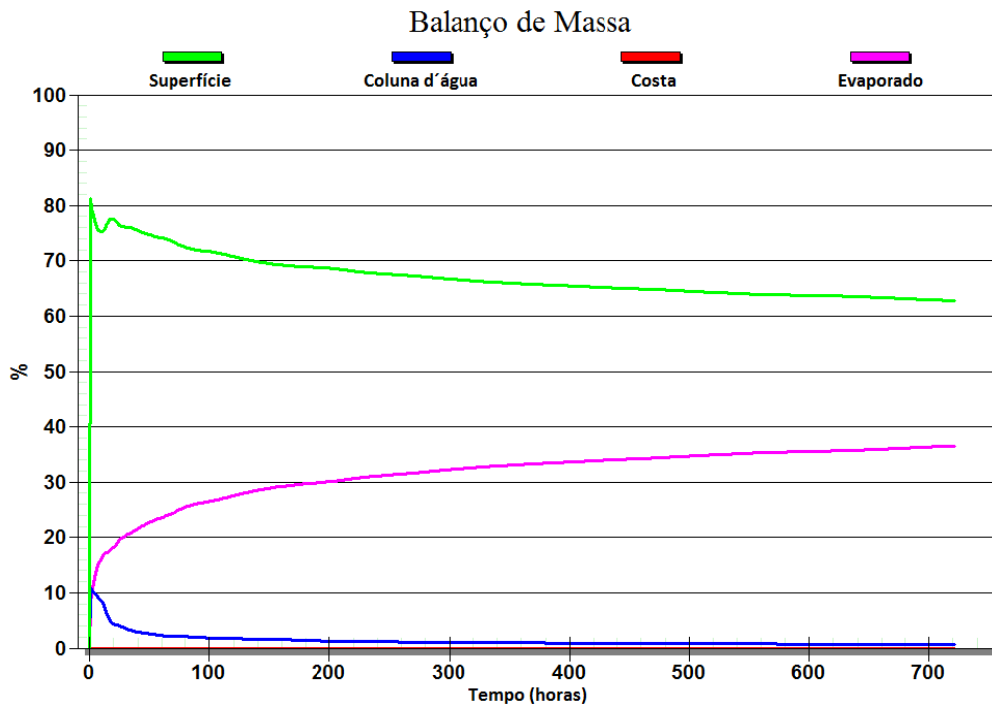


Figura III-124 - Balço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_200.

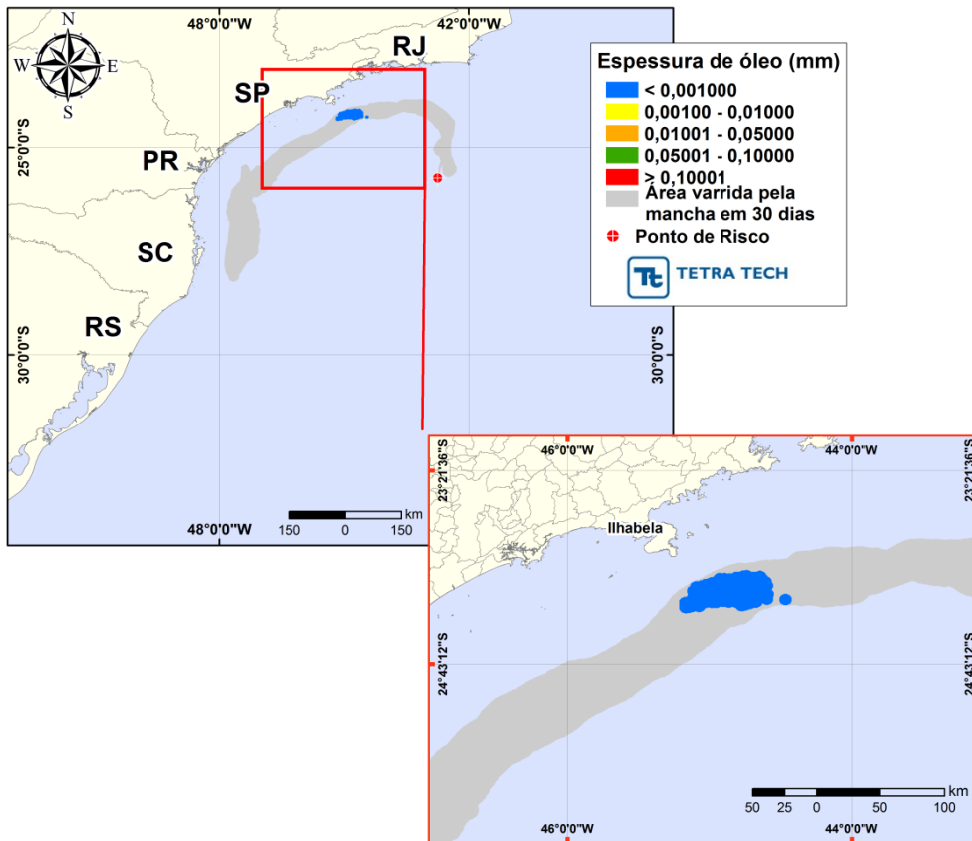


Figura III-125 - DET_P4_BMS11_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

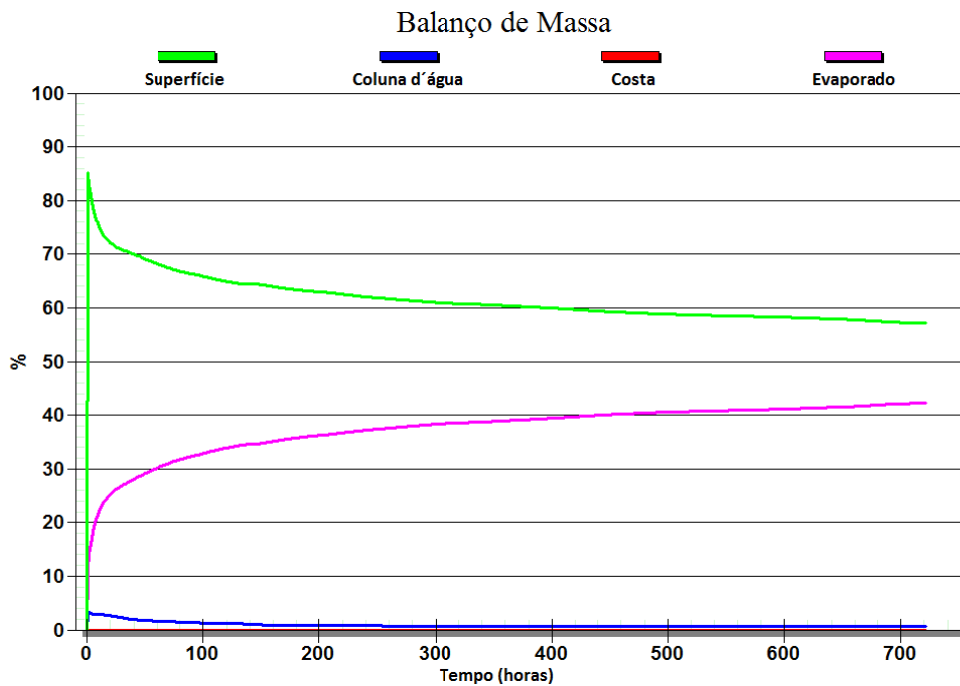


Figura III-126 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_200.

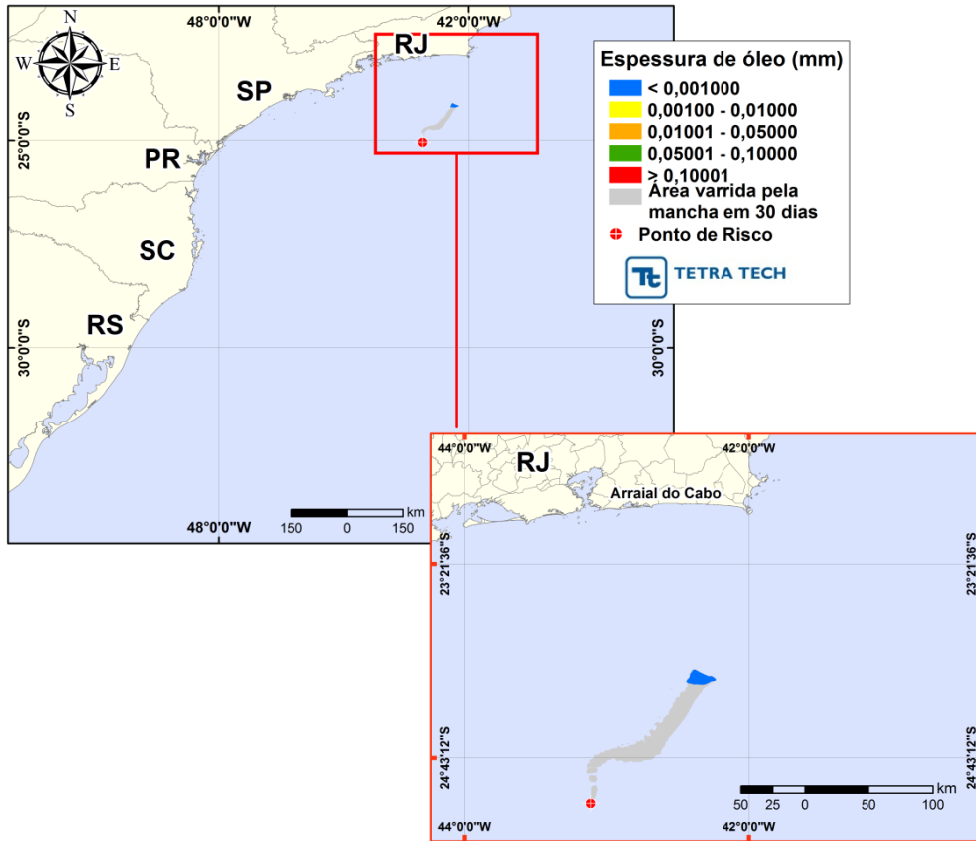


Figura III-127 - DET_P5_BMS11_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

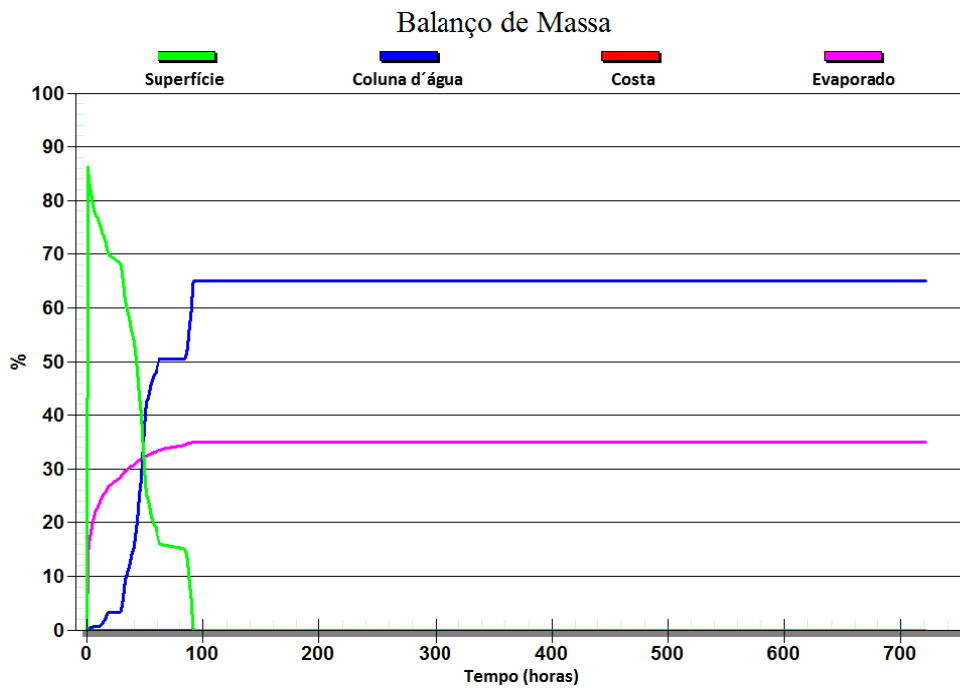


Figura III-128 - Balanco de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_200.

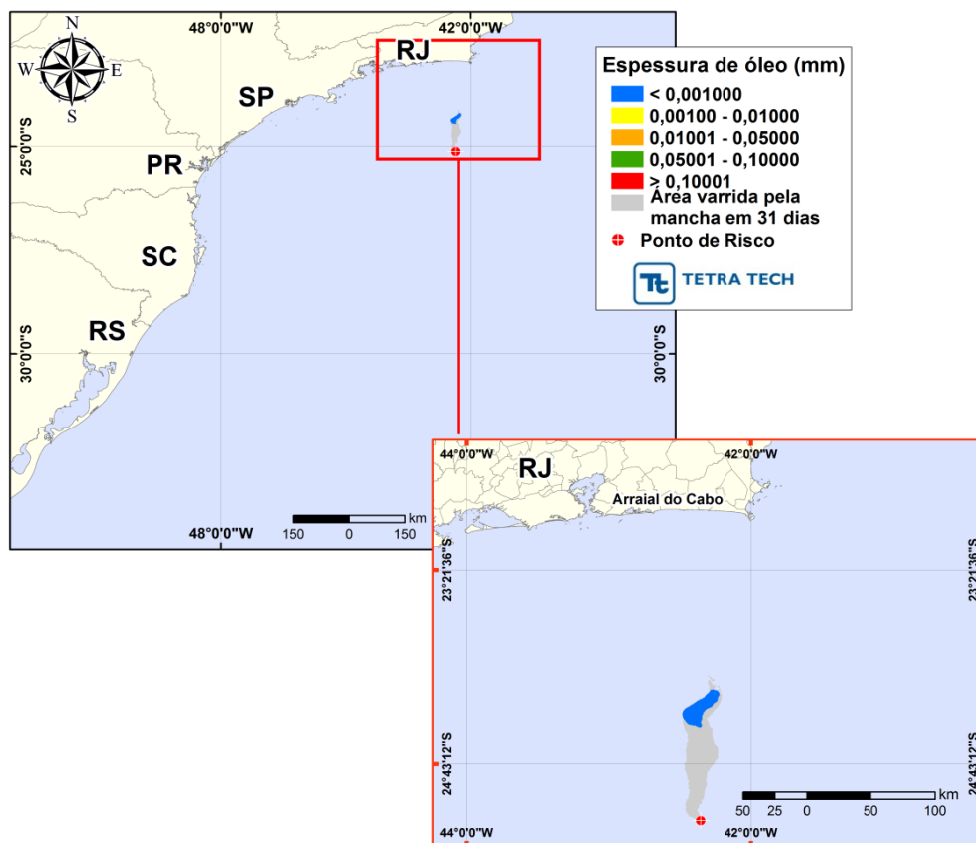


Figura III-129 - DET_P6_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

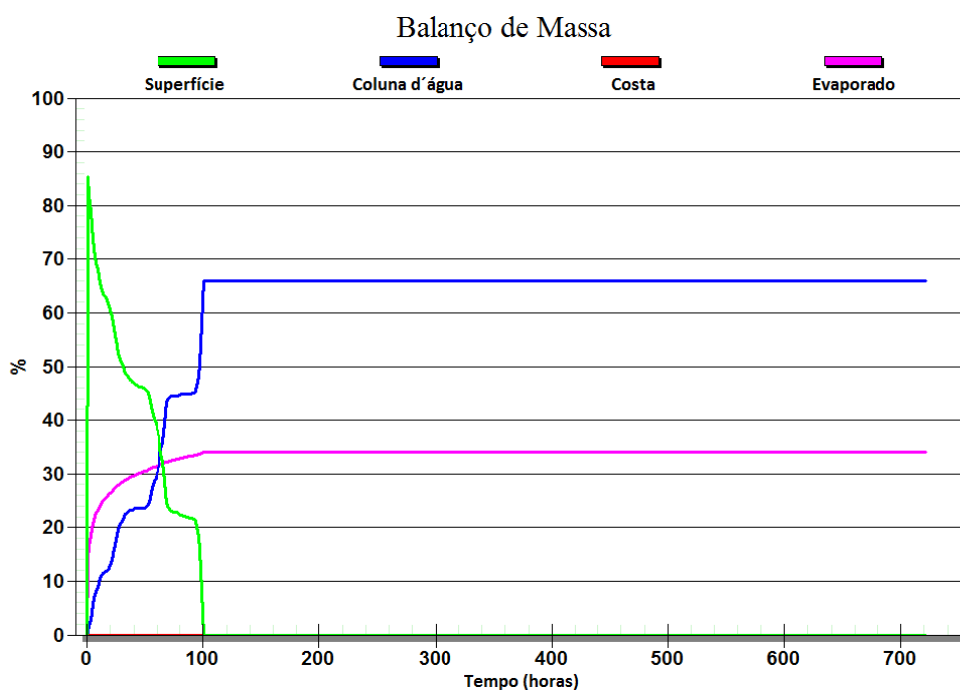


Figura III-130 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_200.

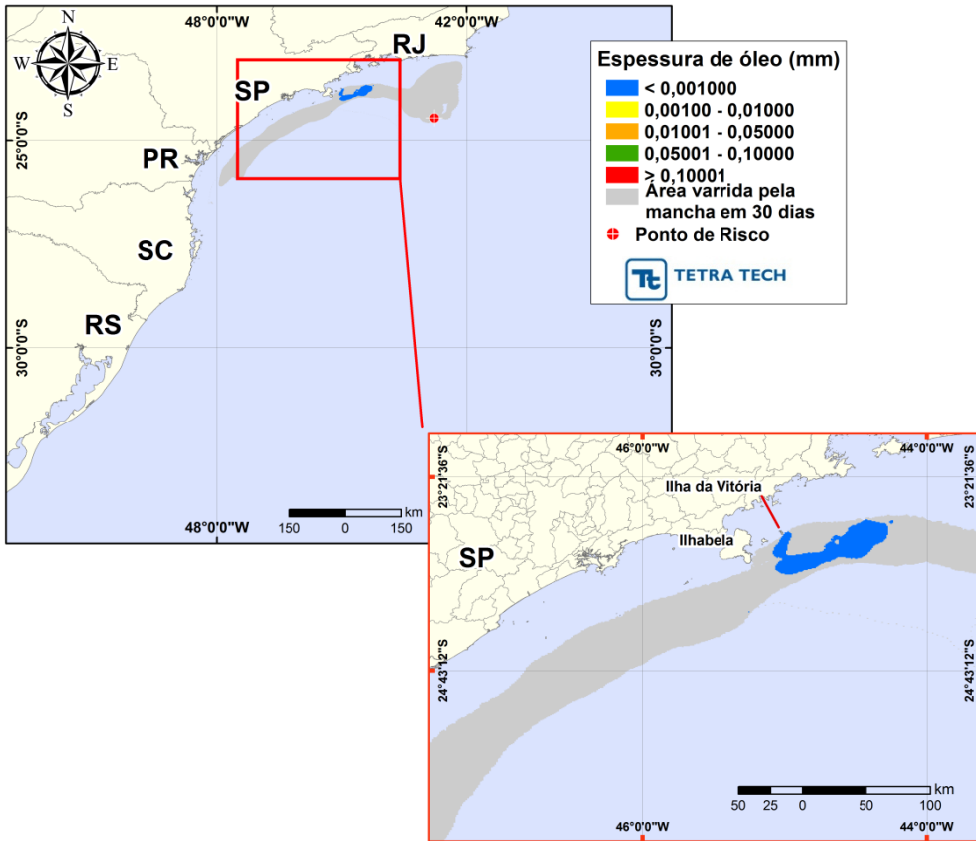


Figura III-131 - DET_P7_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

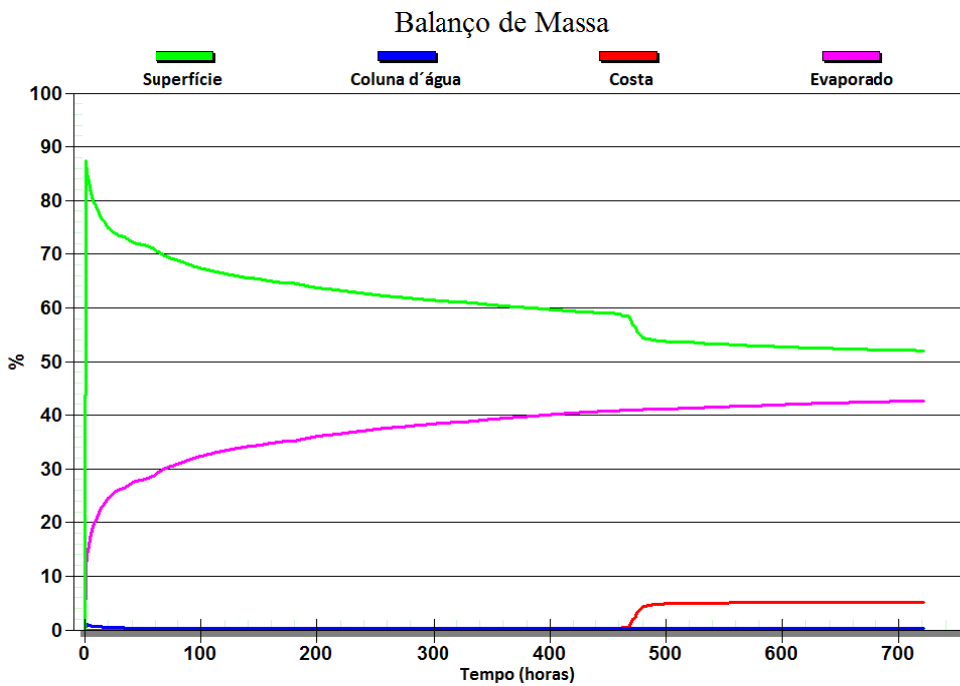


Figura III-132 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_200.

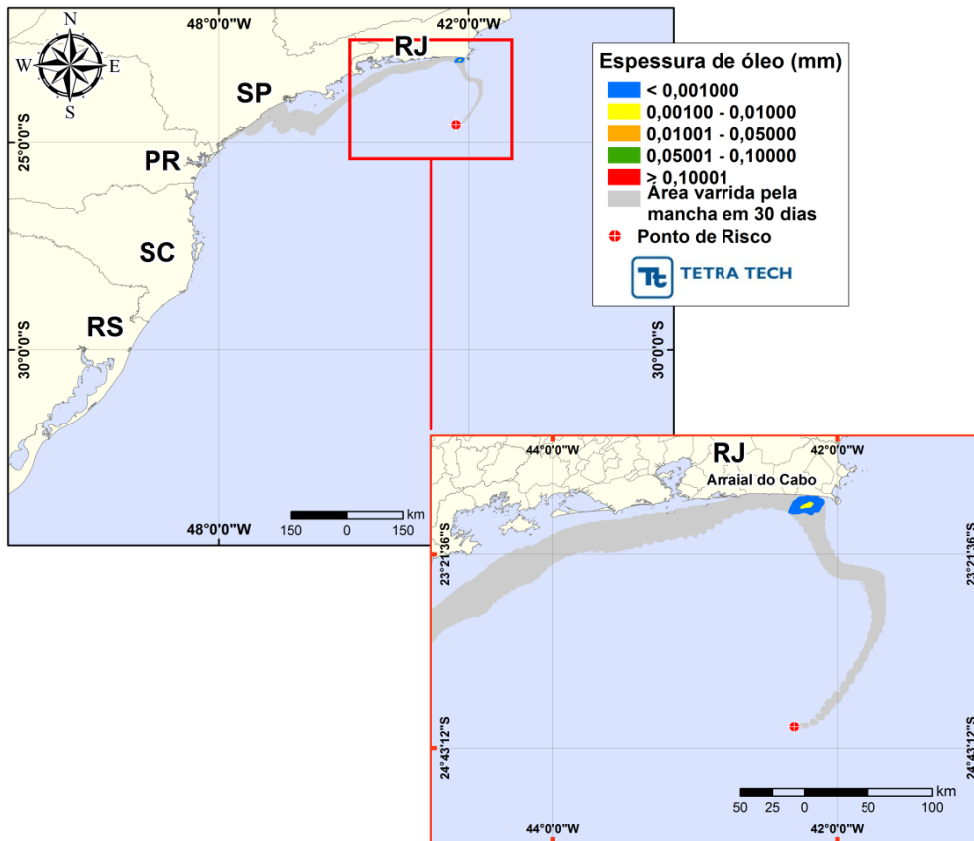


Figura III-133 - DET_P8_ONEROSA_INV_200. Cenário determinístico crítico para um derrame de 200,0 m³ (instantâneo, simulado por 30 dias) ocorrido durante o inverno.

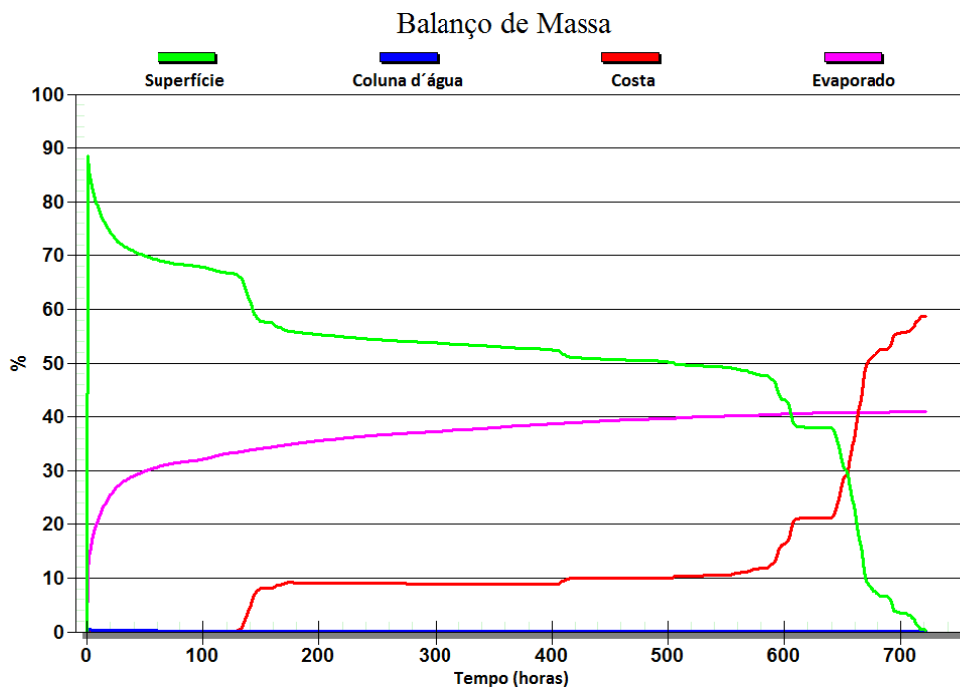


Figura III-134 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_200.

III.2.3 Simulações Determinísticas – Volume Pior Caso

Nas Figura III-135 a Figura III-166 apresentam-se os resultados determinísticos críticos de verão e inverno para os derrames com volume de pior caso. A análise dos gráficos de balanço de massa mostra que a evaporação e a interação com a linha de costas, além do entranhamento, são os principais processos que atuam na redução da massa de óleo na superfície da água.

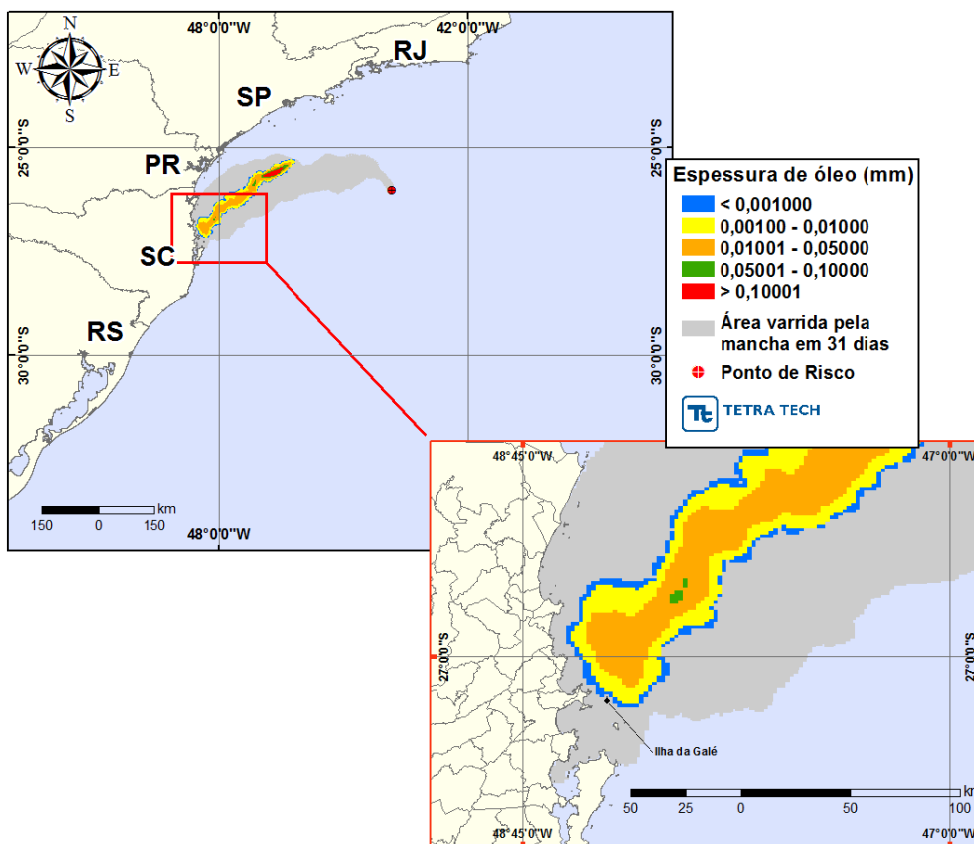


Figura III-135 - DET_P1_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

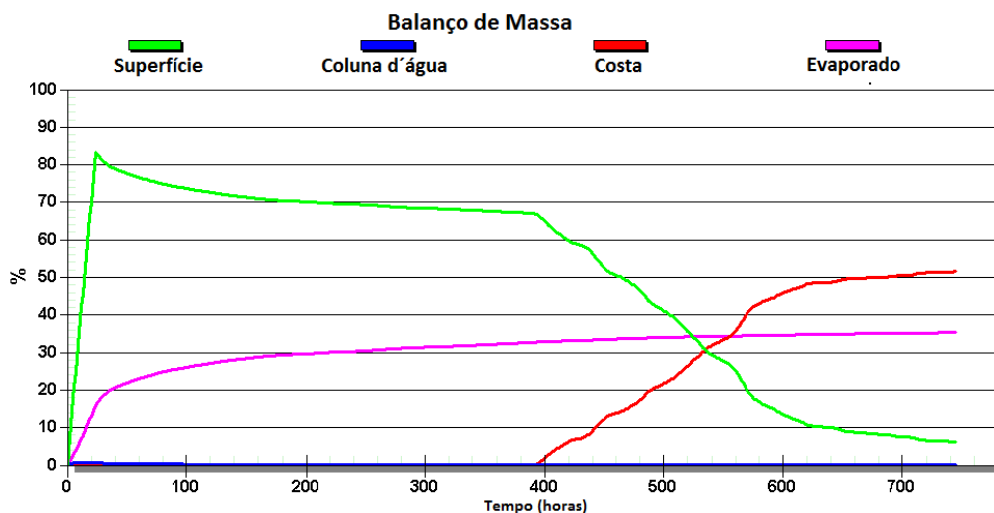


Figura III-136 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_VER_PC.

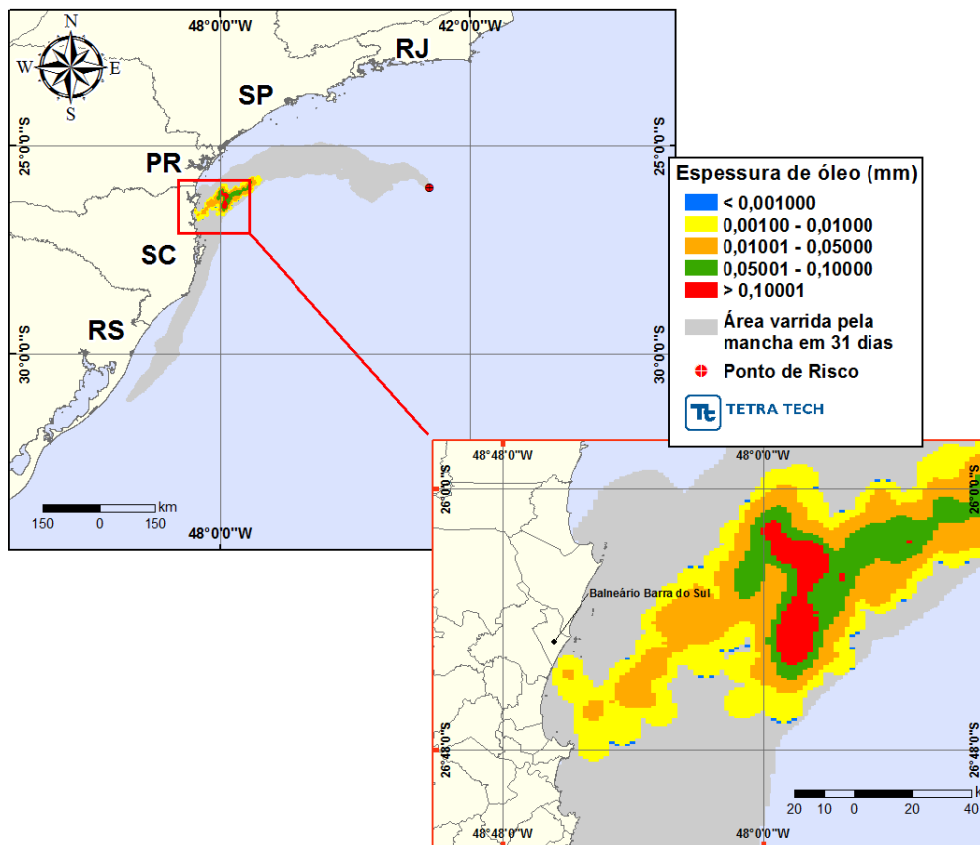


Figura III-137 - DET_P2_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

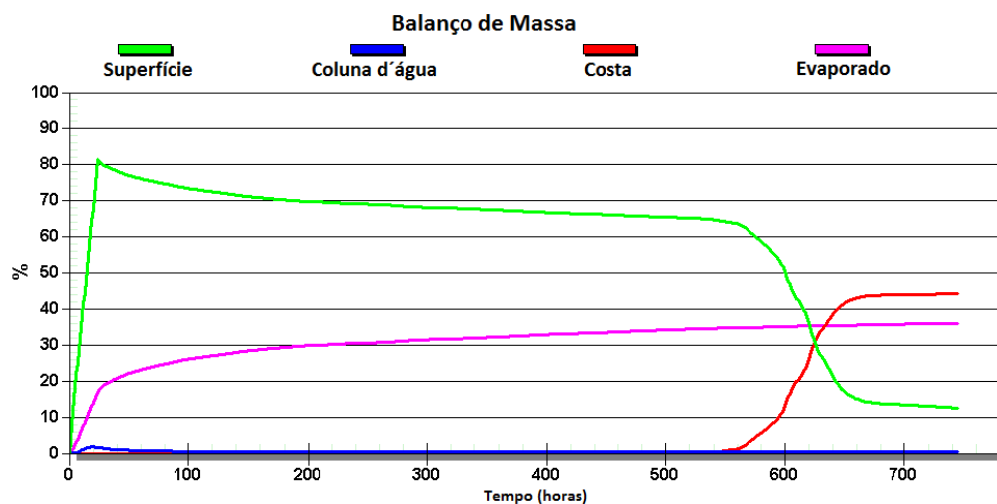


Figura III-138 - Balanco de massa do cenário DET_P2_BMS9_VER_PC.

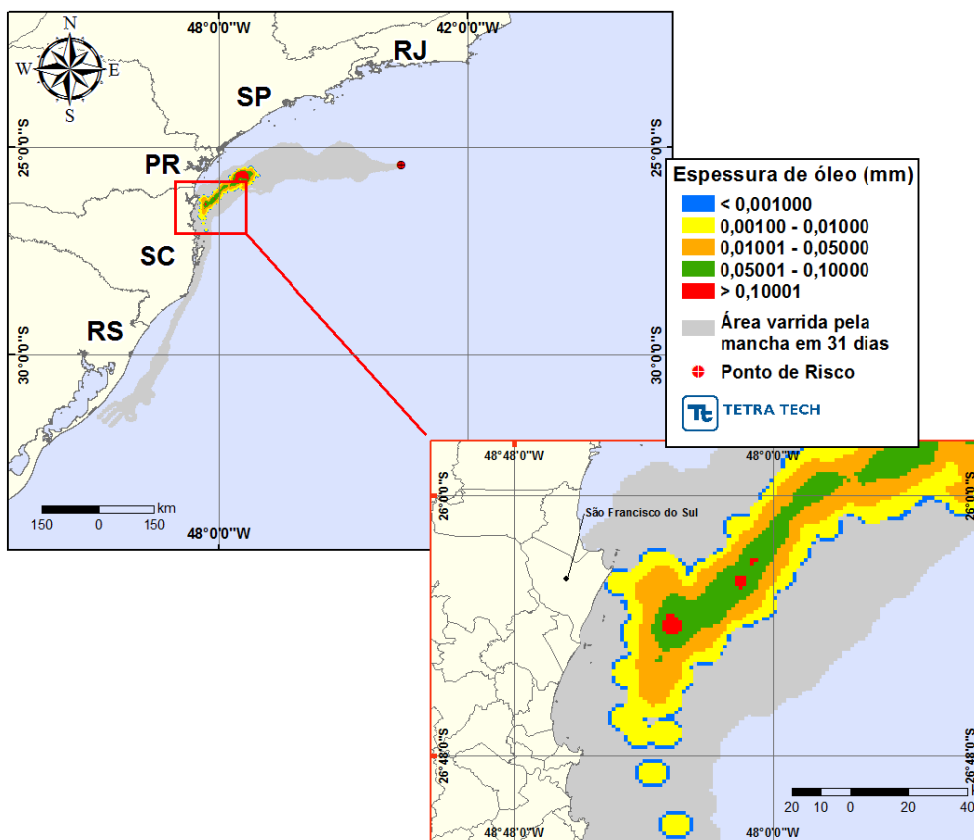


Figura III-139 - DET_P3_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

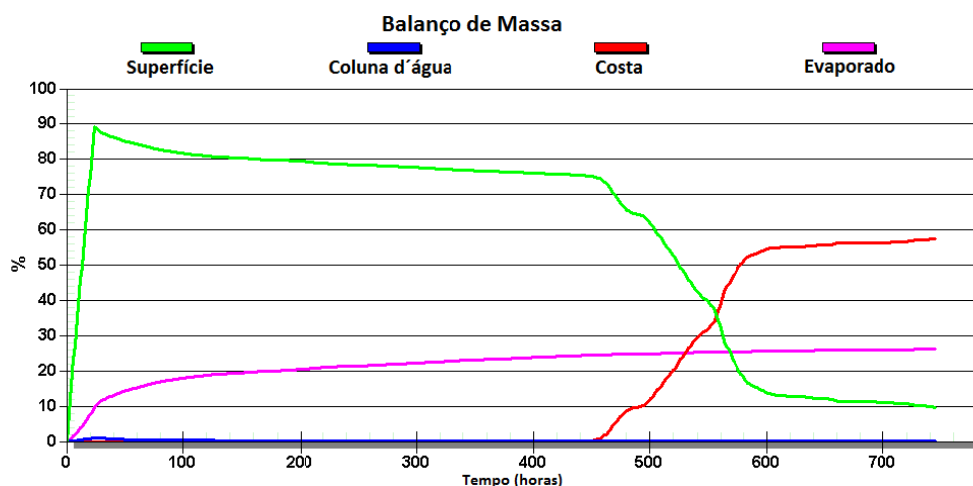


Figura III-140 - Balço de massa do cenário DET_P3_BMS9_VER_PC.

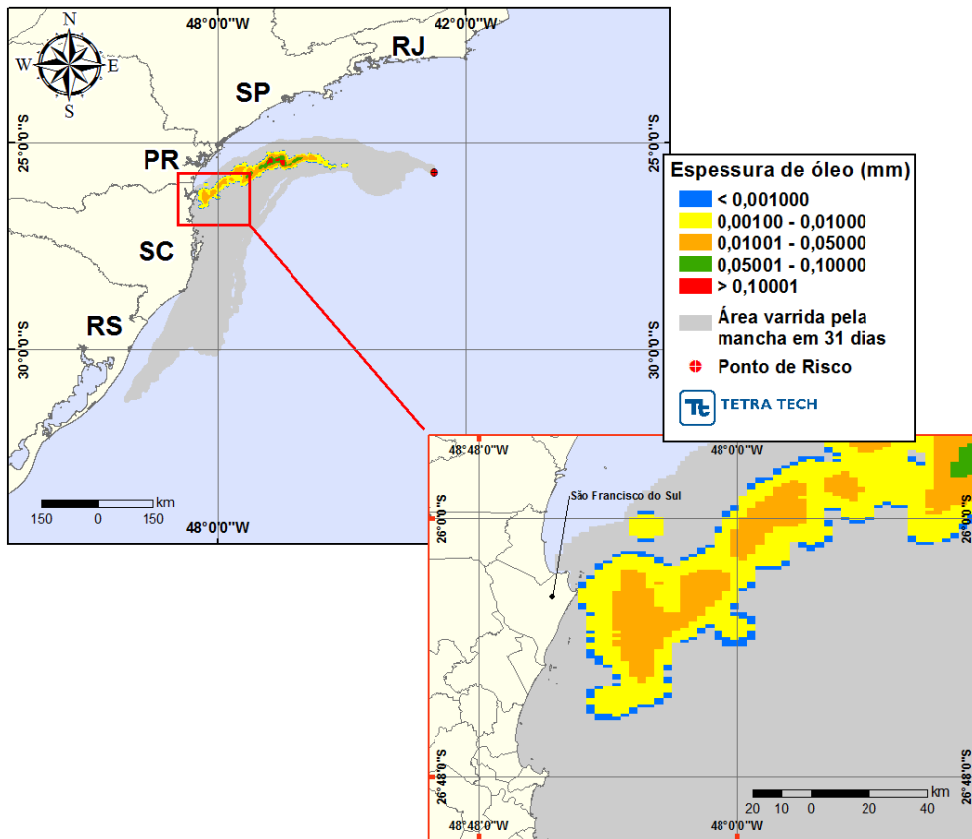


Figura III-141 - DET_P4_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

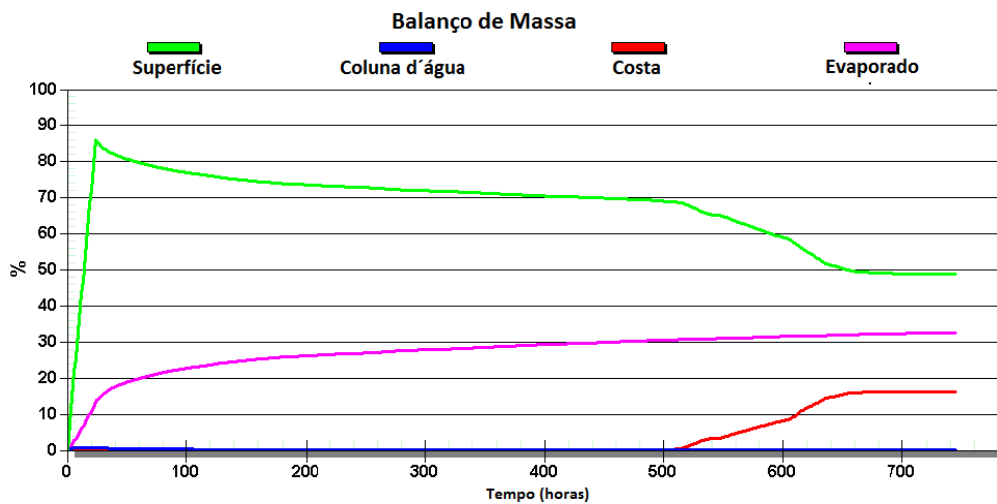


Figura III-142 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_VER_PC.

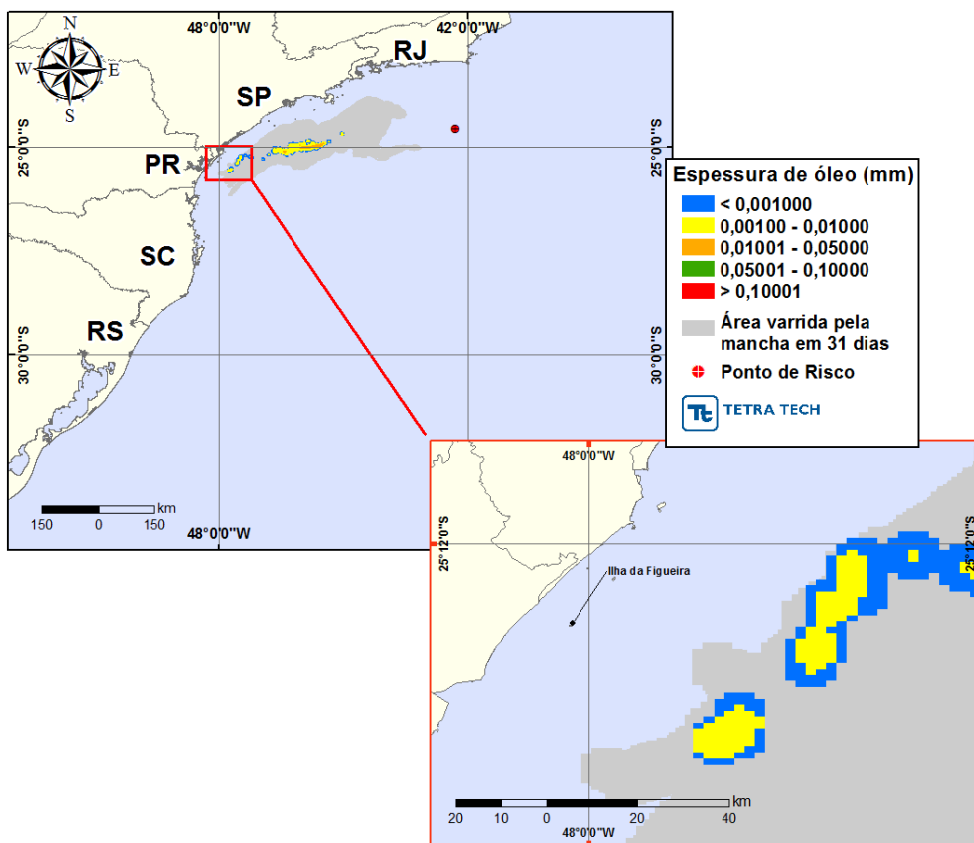


Figura III-143 - DET_P5_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

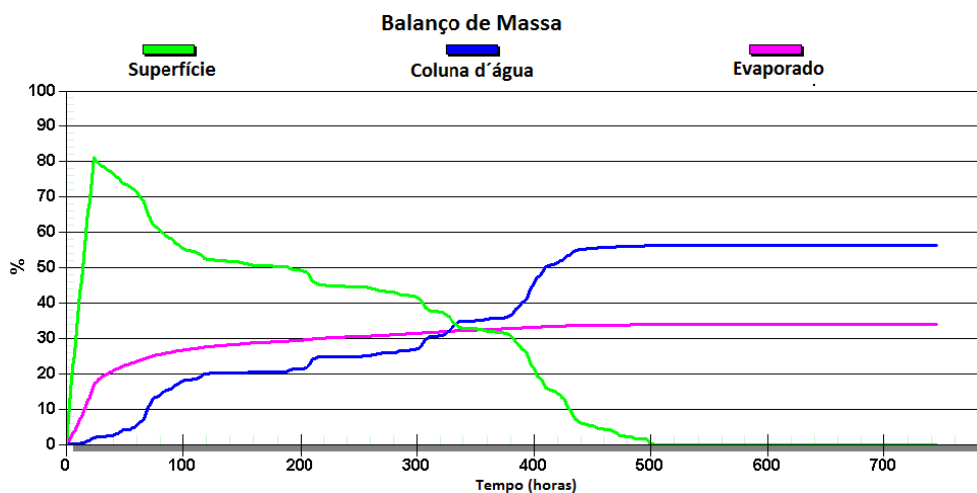


Figura III-144 - Balanço de massa do cenário DET_P5_BMS11_VER_PC.

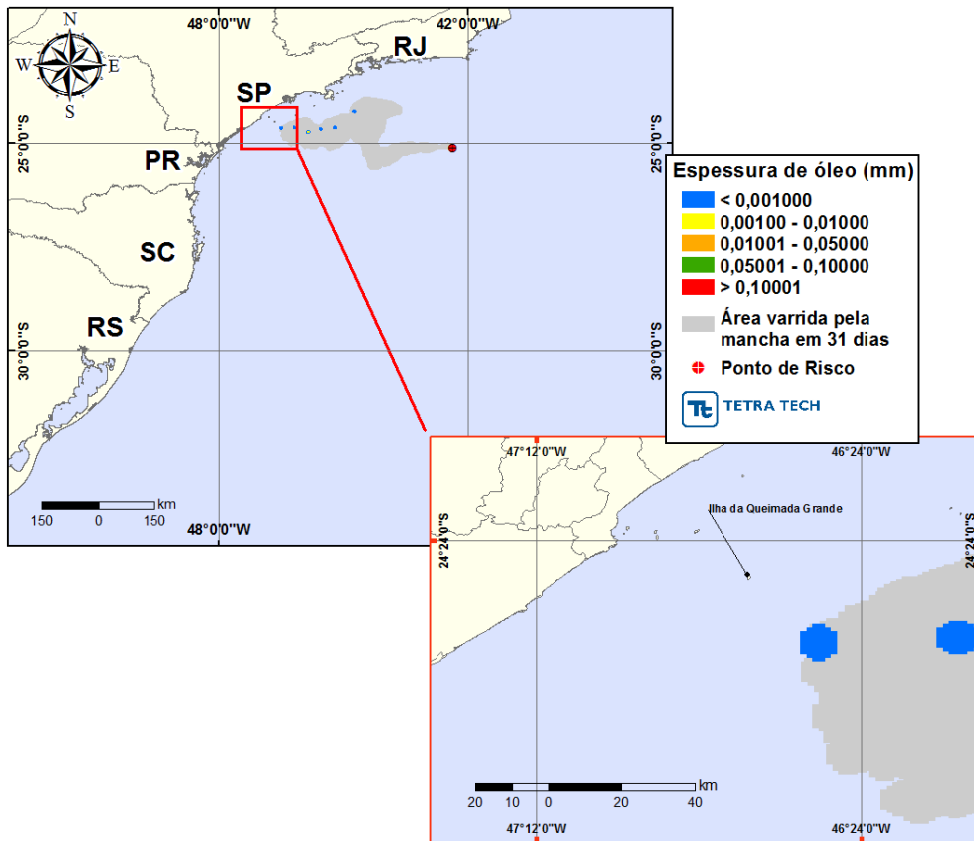


Figura III-145 - DET_P6_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

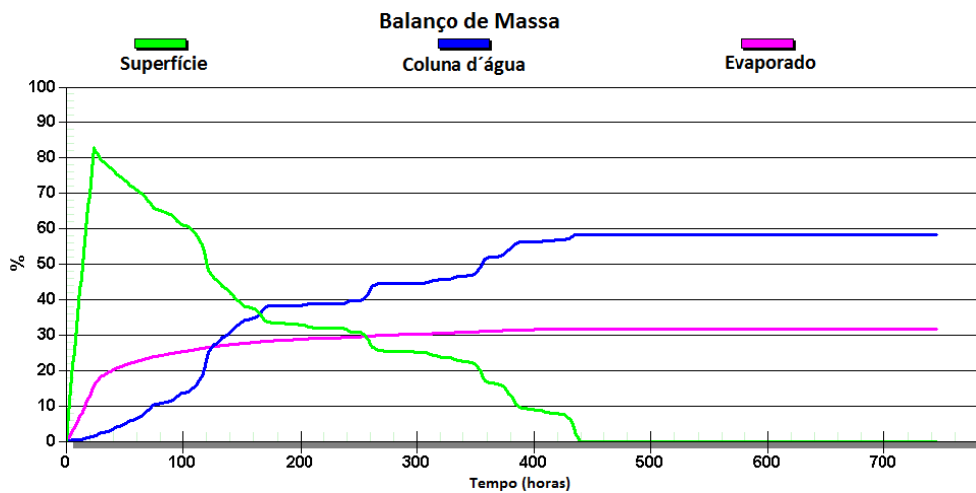


Figura III-146 - Balanco de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_VER_PC.

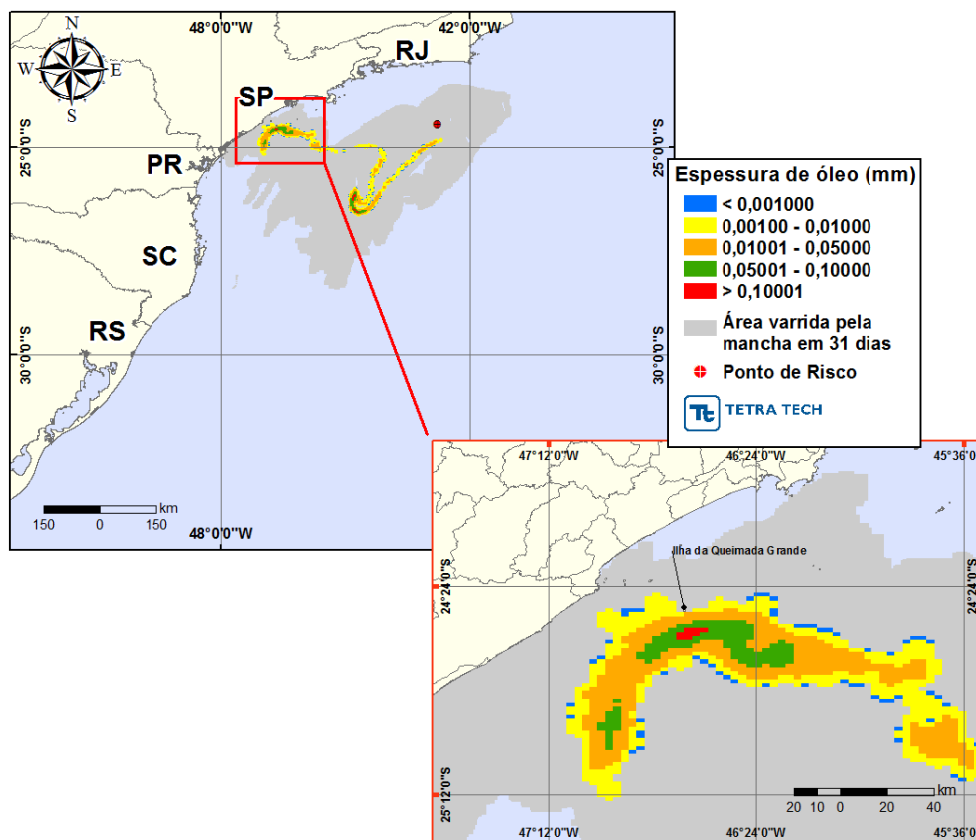


Figura III-147 - DET_P7_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

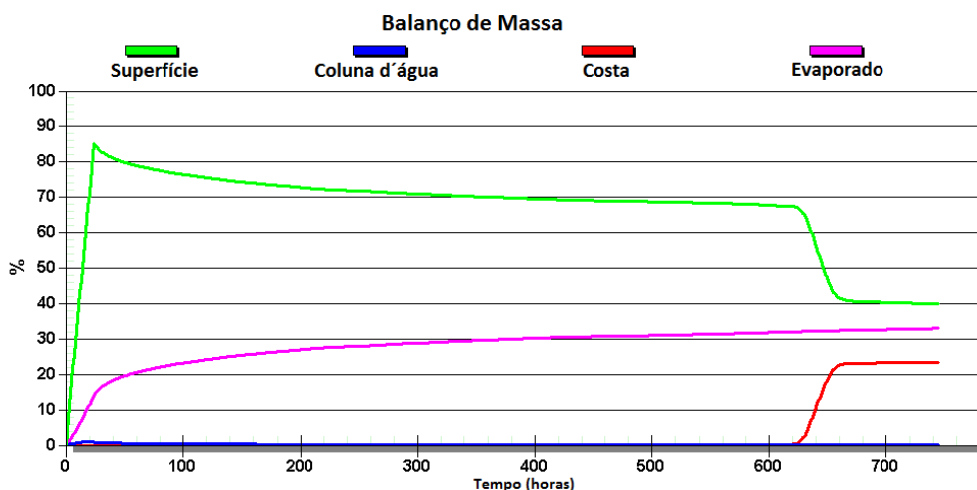


Figura III-148 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_VER_PC.

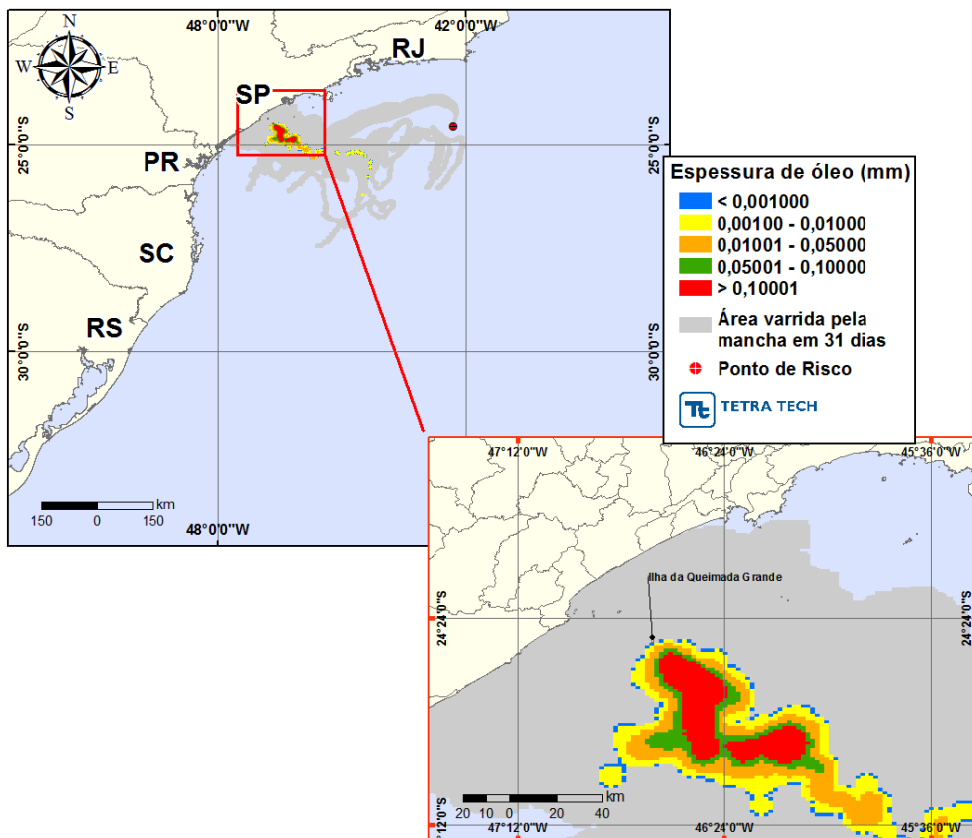


Figura III-149 - DET_P8_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

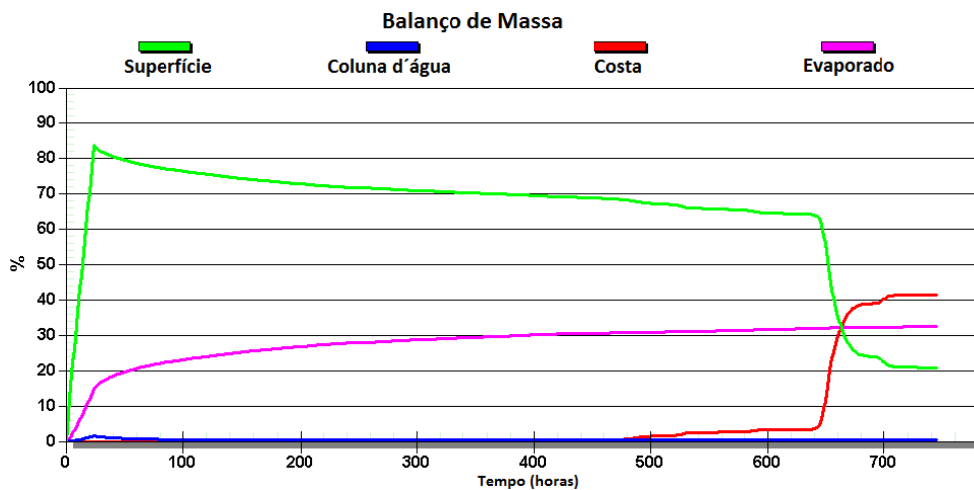


Figura III-150 - Balanço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_VER_PC.

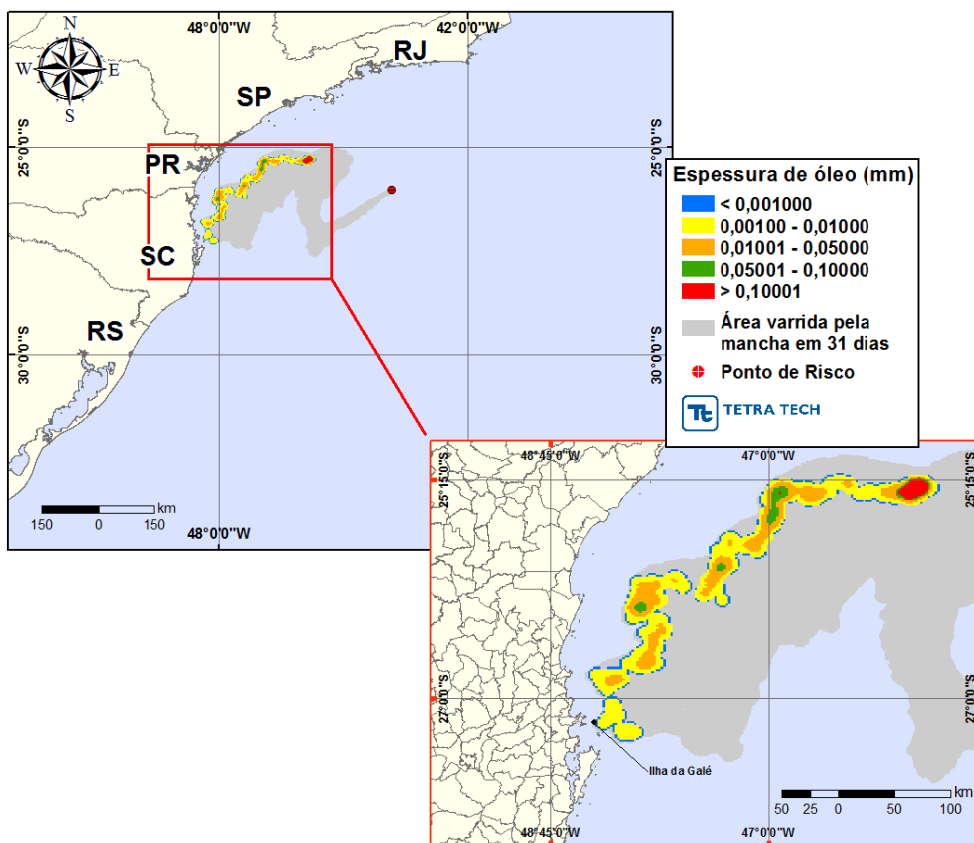


Figura III-151 - DET_P1_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

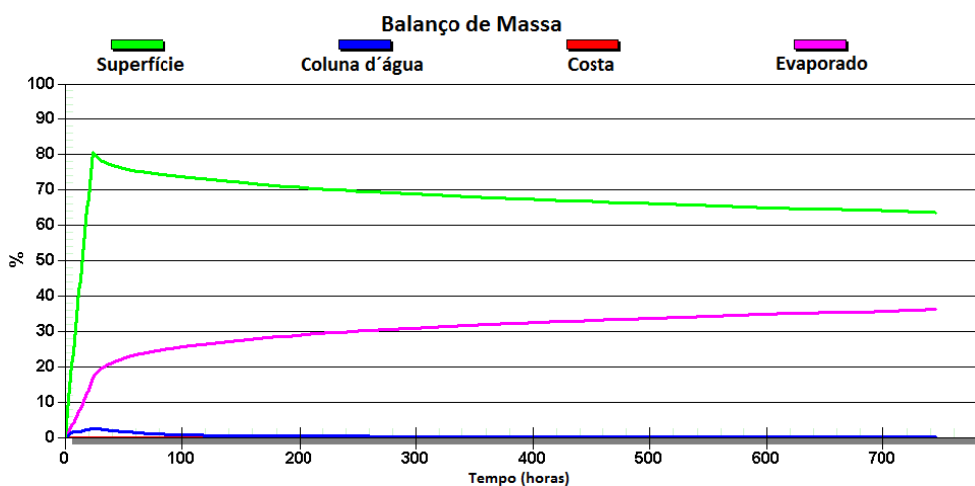


Figura III-152 - Balanço de massa do cenário DET_P1_BMS9_INV_PC.

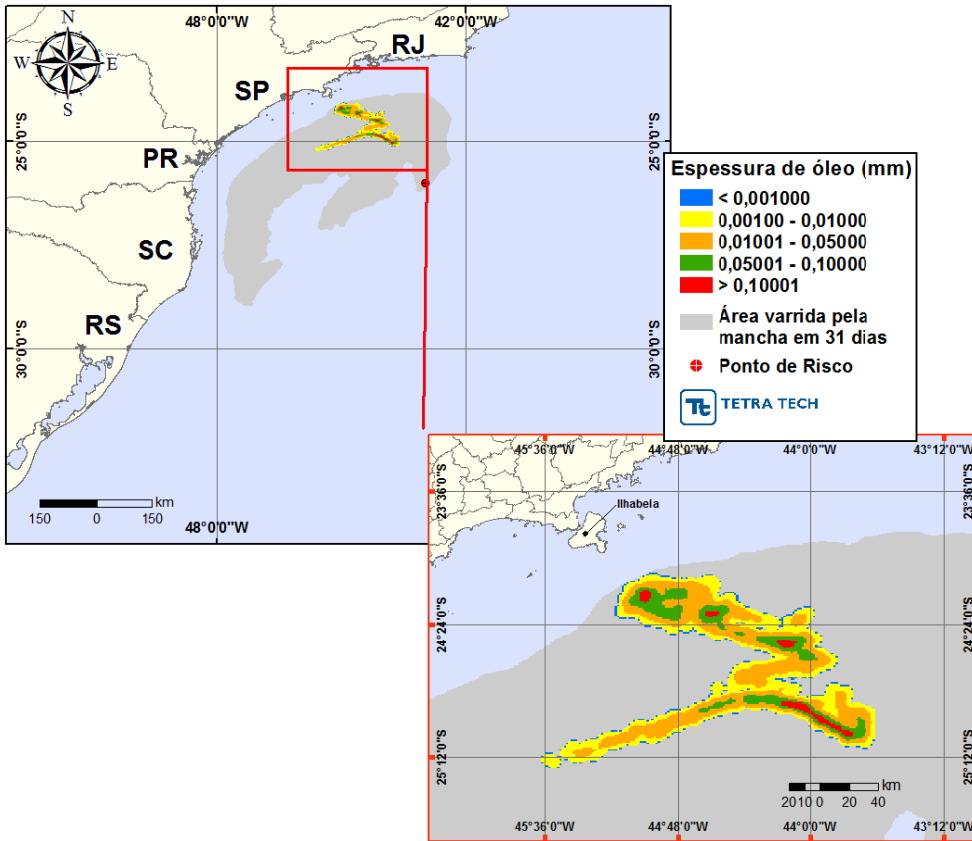


Figura III-153 - DET_P2_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

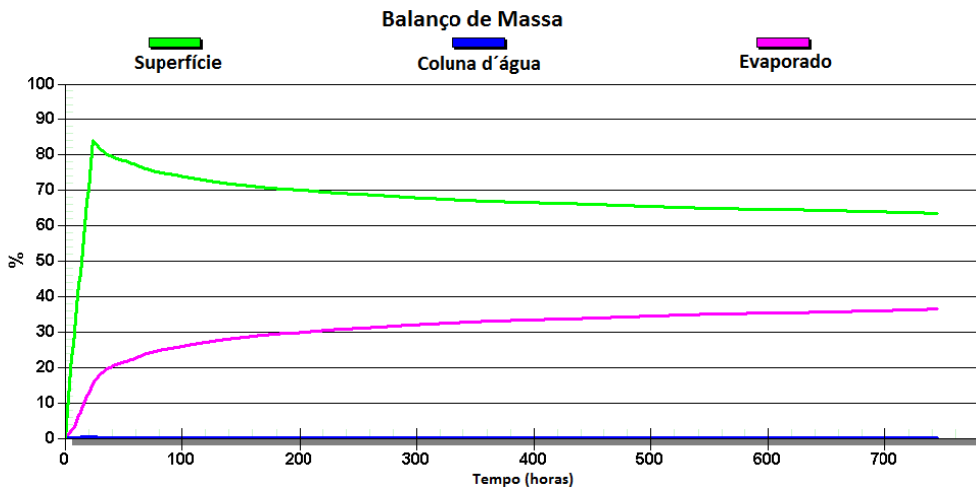


Figura III-154 - Balanço de massa do cenário DET_P2_BMS9_INV_PC.

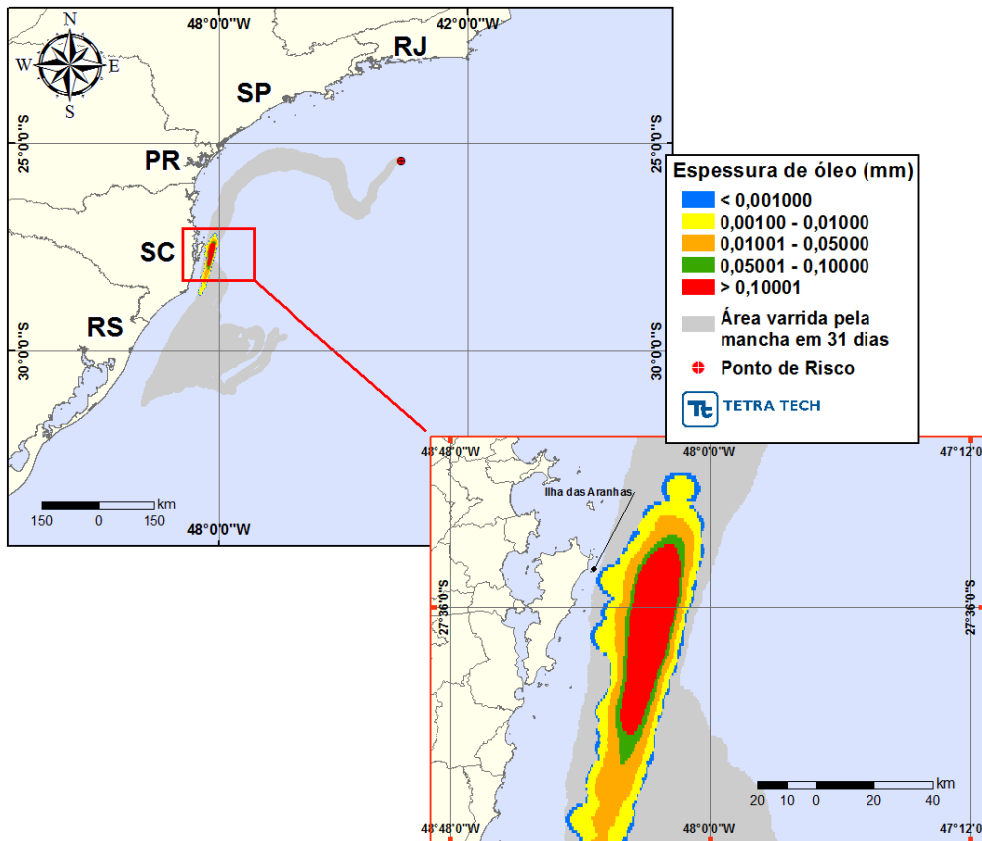


Figura III-155 - DET_P3_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

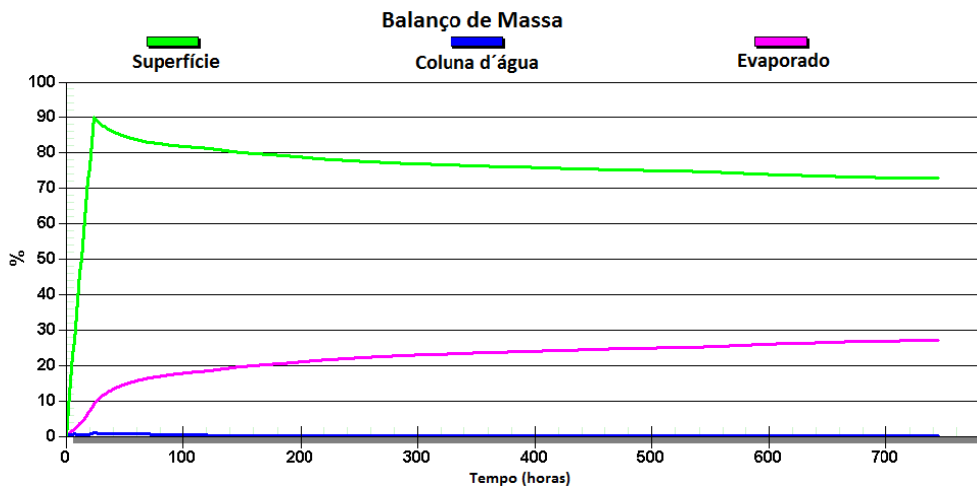


Figura III-156 - Balanço de massa do cenário DET_P3_BMS9_INV_PC.

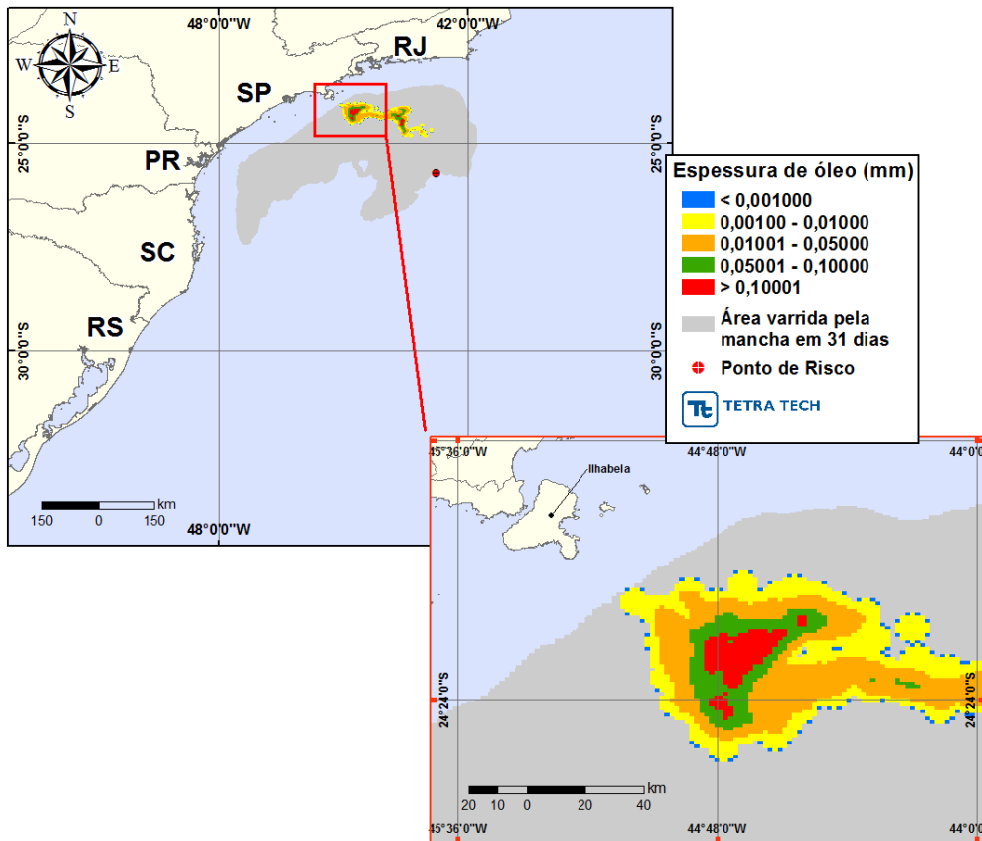


Figura III-157 - DET_P4_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

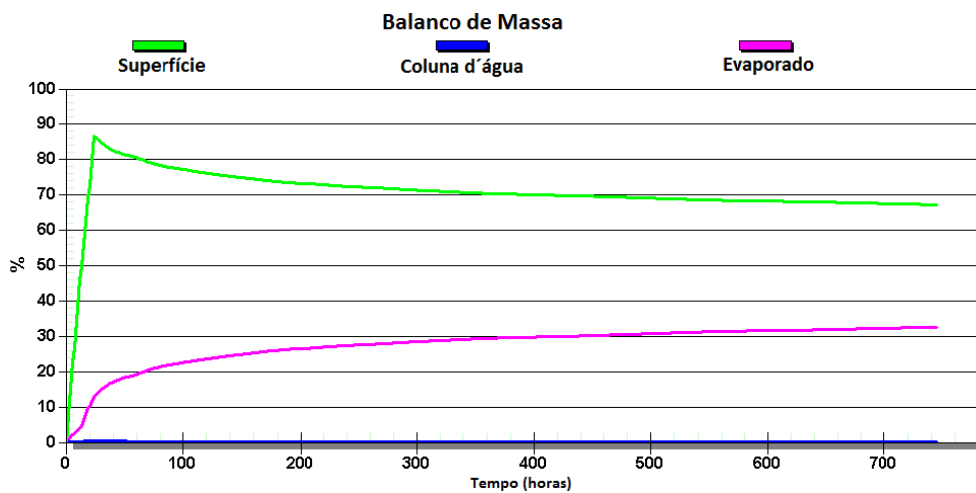


Figura III-158 - Balanço de massa do cenário DET_P4_BMS11_INV_PC.

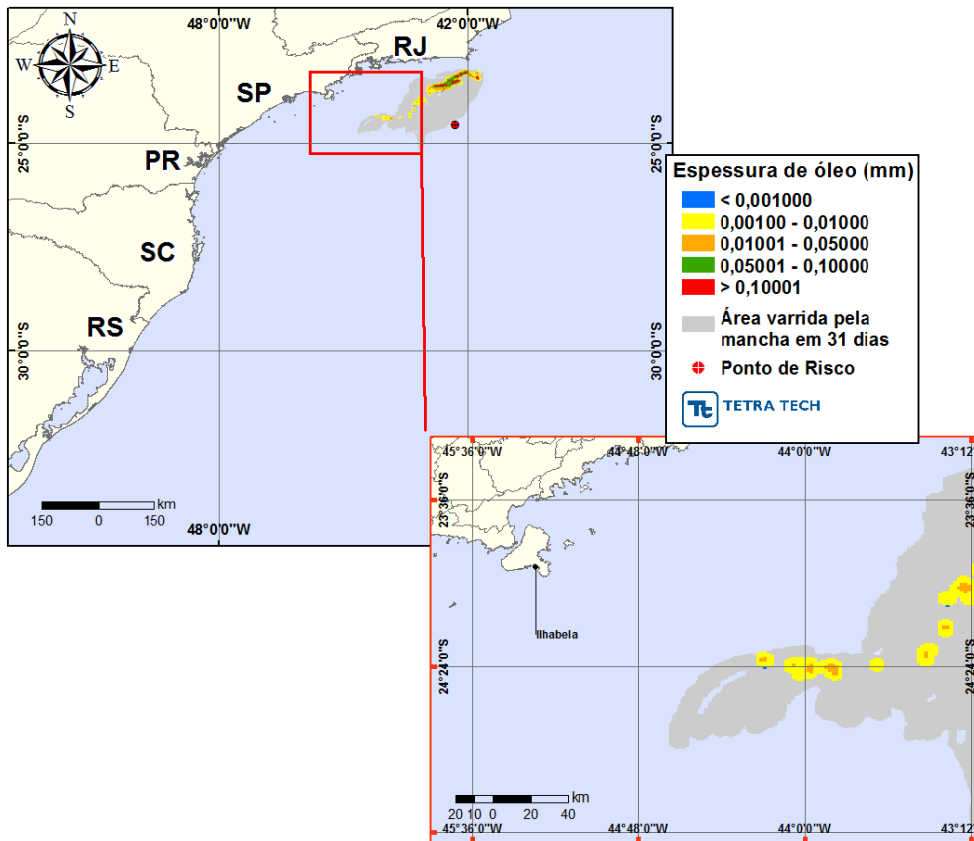


Figura III-159 - DET_P5_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

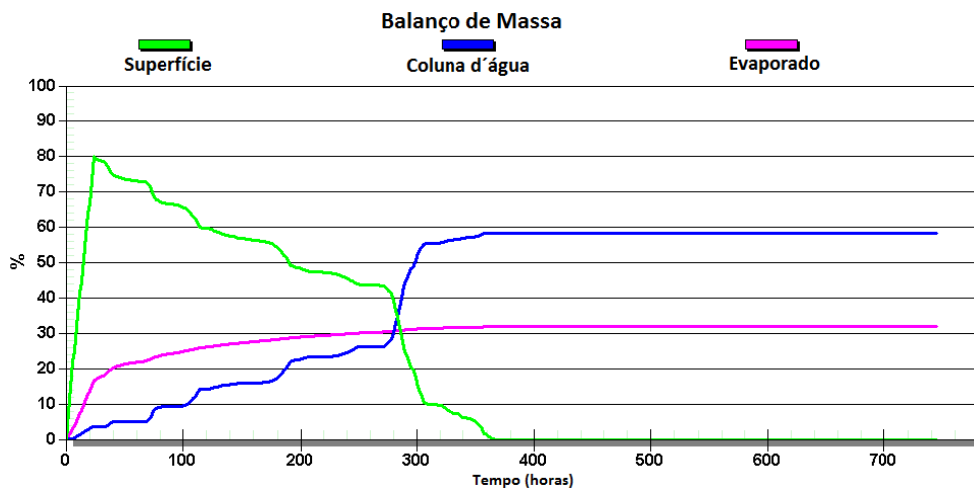


Figura III-160 - Balanco de massa do cenário DET_P5_BMS11_INV_PC.

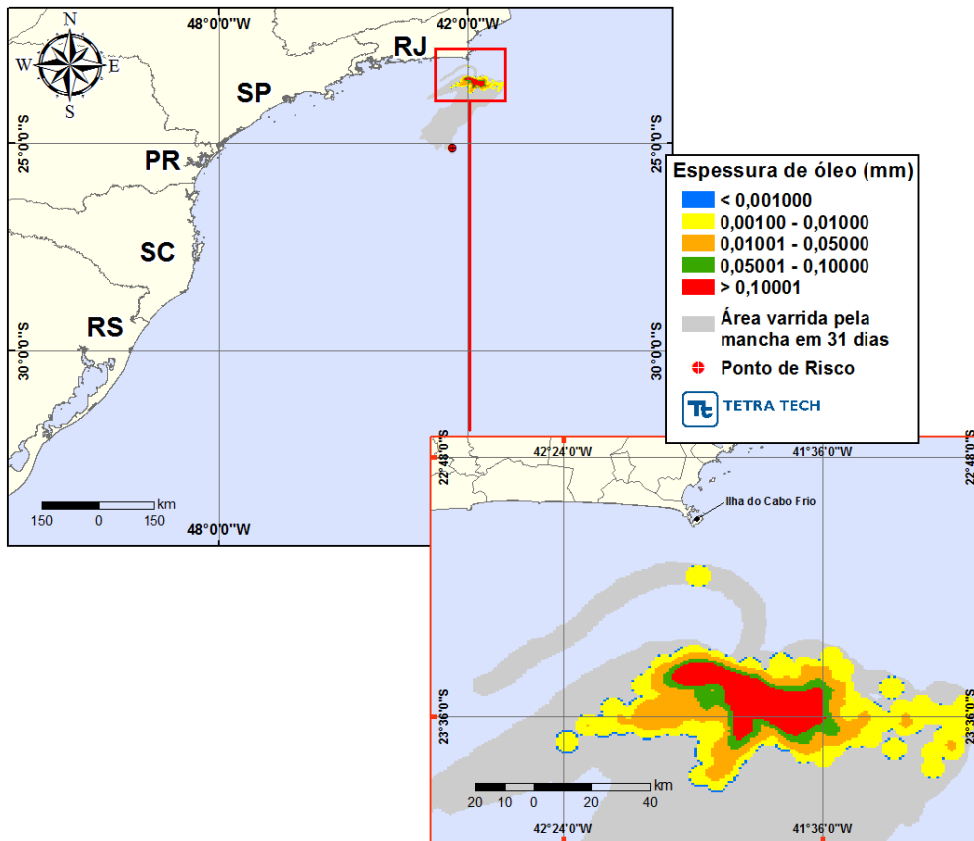


Figura III-161 - DET_P6_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

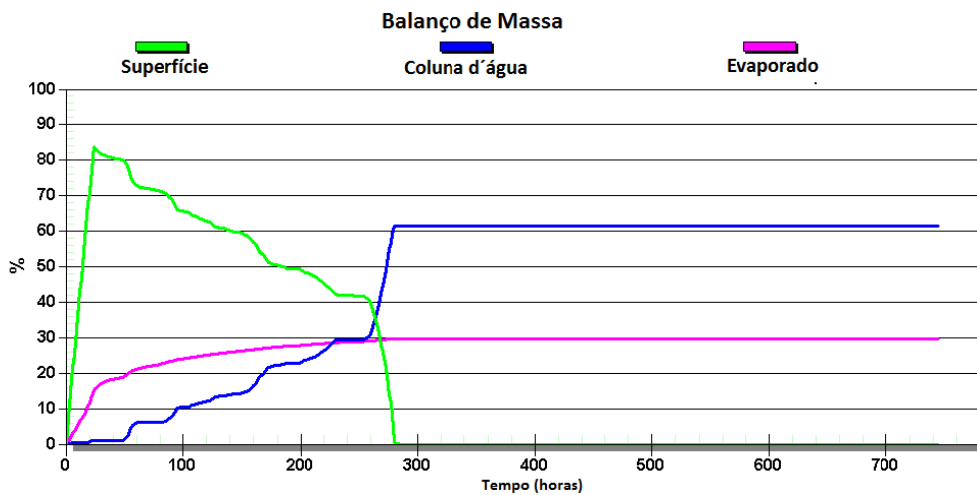


Figura III-162 - Balanço de massa do cenário DET_P6_ONEROSA_INV_PC.

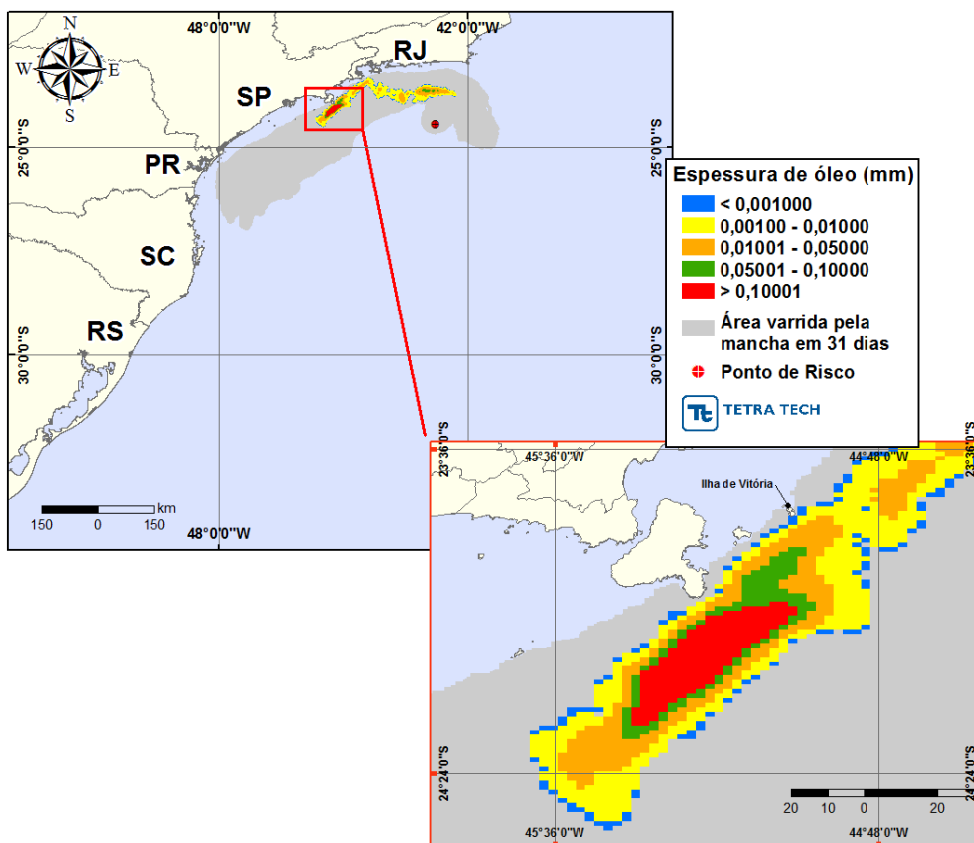


Figura III-163 - DET_P7_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

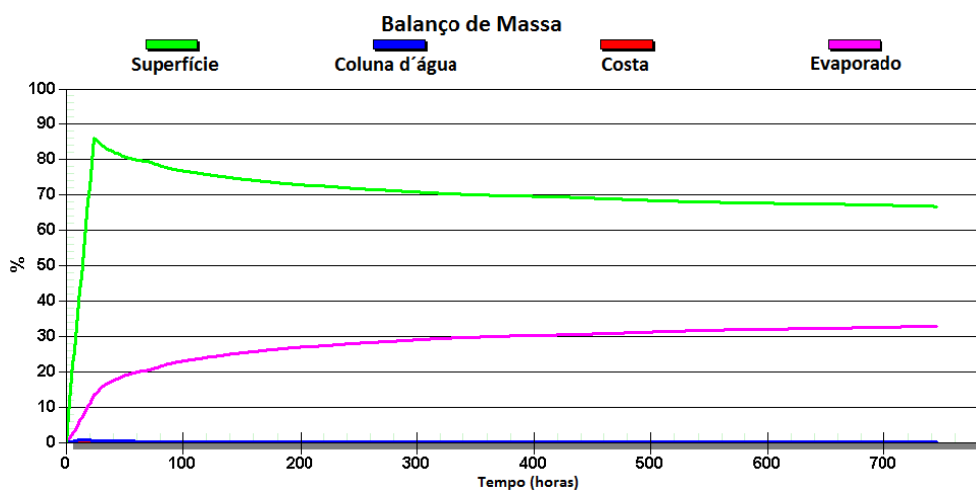


Figura III-164 - Balanço de massa do cenário DET_P7_ONEROSA_INV_PC.

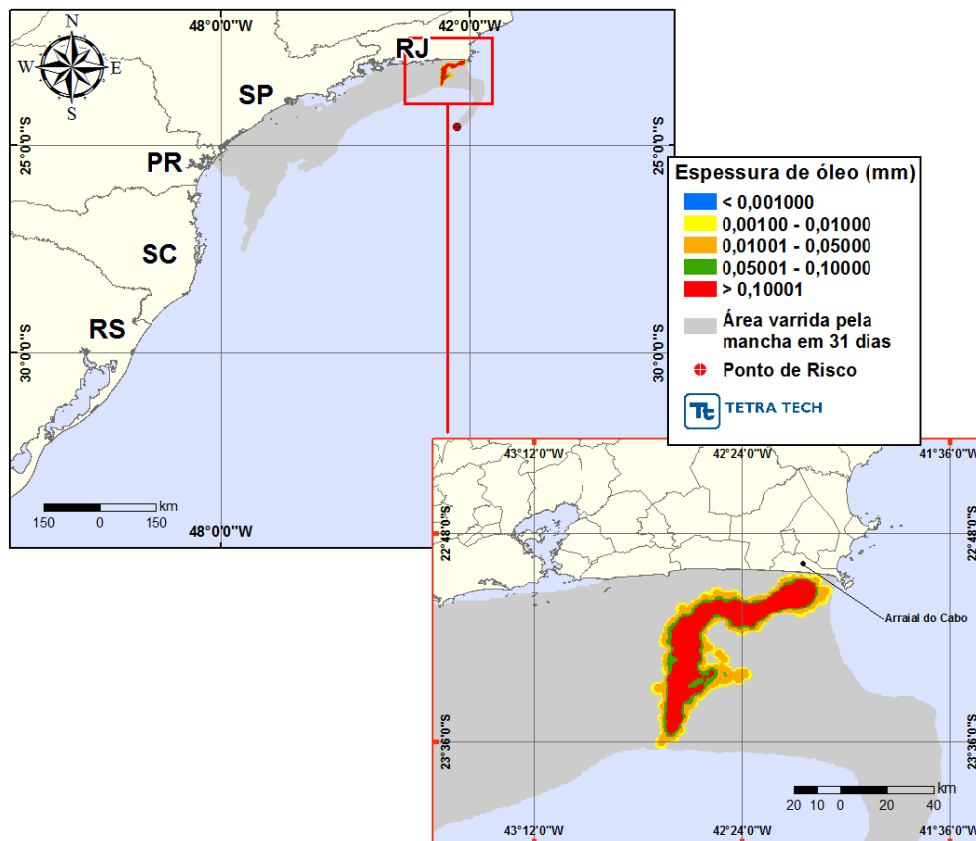


Figura III-165 - DET_P8_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico crítico para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

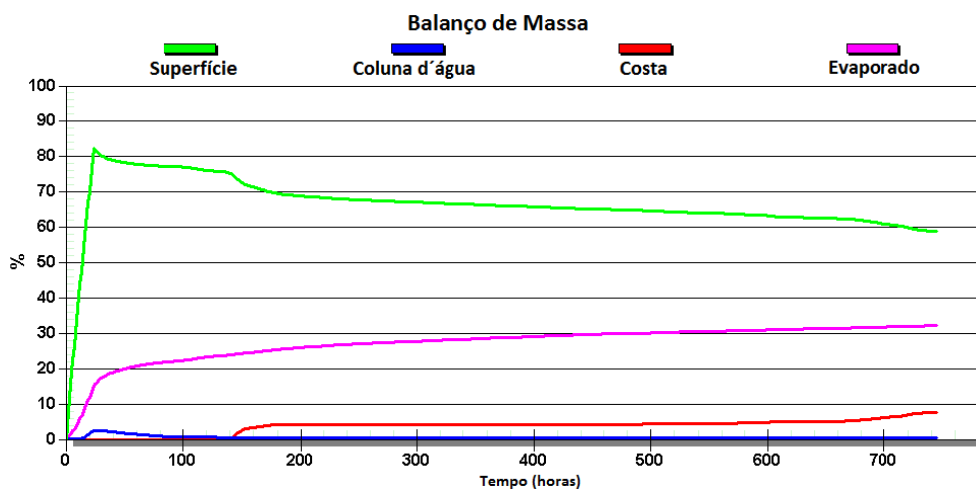


Figura III-166 - Balço de massa do cenário DET_P8_ONEROSA_INV_PC.

III.2.4 Condições Meteorológicas e Oceanográficas - Simulações Determinísticas Críticas

A seguir, são apresentadas figuras das condições meteorológicas e oceanográficas que atuaram nos cenários determinísticos críticos e que propiciaram a chegada do óleo à costa. Como se trata de uma área geográfica, são apresentadas figuras das condições meteorológicas e oceanográficas para os cenários que apresentaram o menor tempo de toque para ambas as condições sazonais simuladas (verão e inverno). Os cenários são referentes ao volume de pior caso, para os pontos de modelagem P1 (BM-S-9) no verão e P8 no inverno.

A Figura III-167 até a Figura III-169 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso (afundamento de unidade), de verão, a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, ocorrido na Ilha Deserta, no Município de Bombinhas (SC), aproximadamente, 375 horas após o início da simulação.

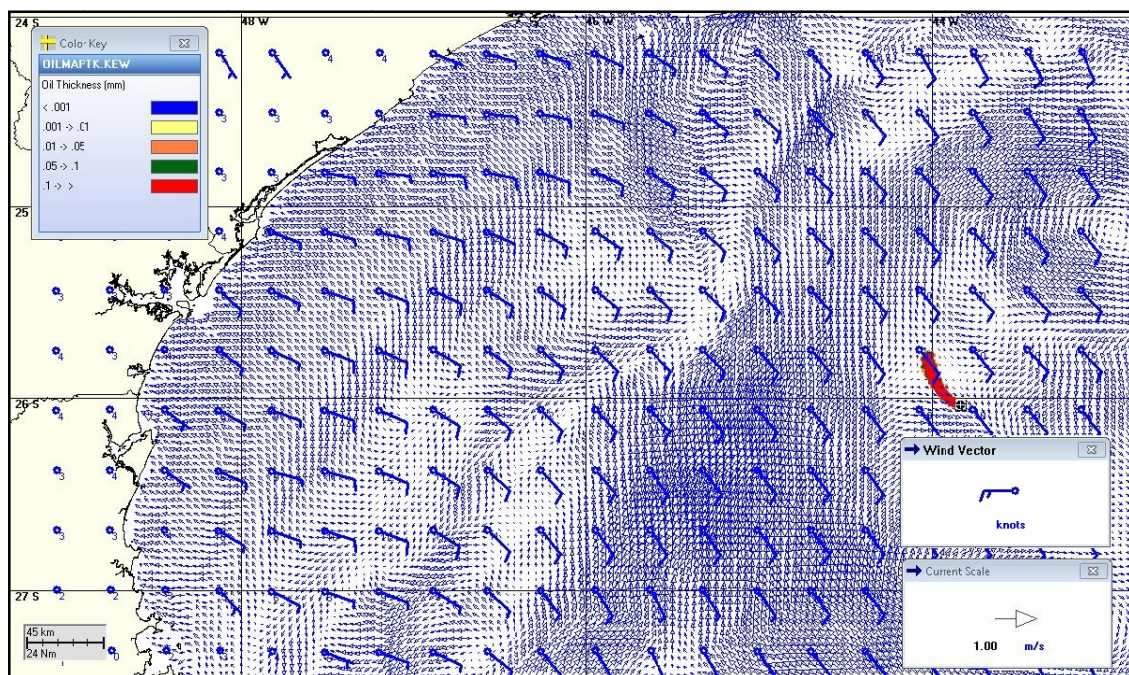


Figura III-167 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-W; Vento-SE.

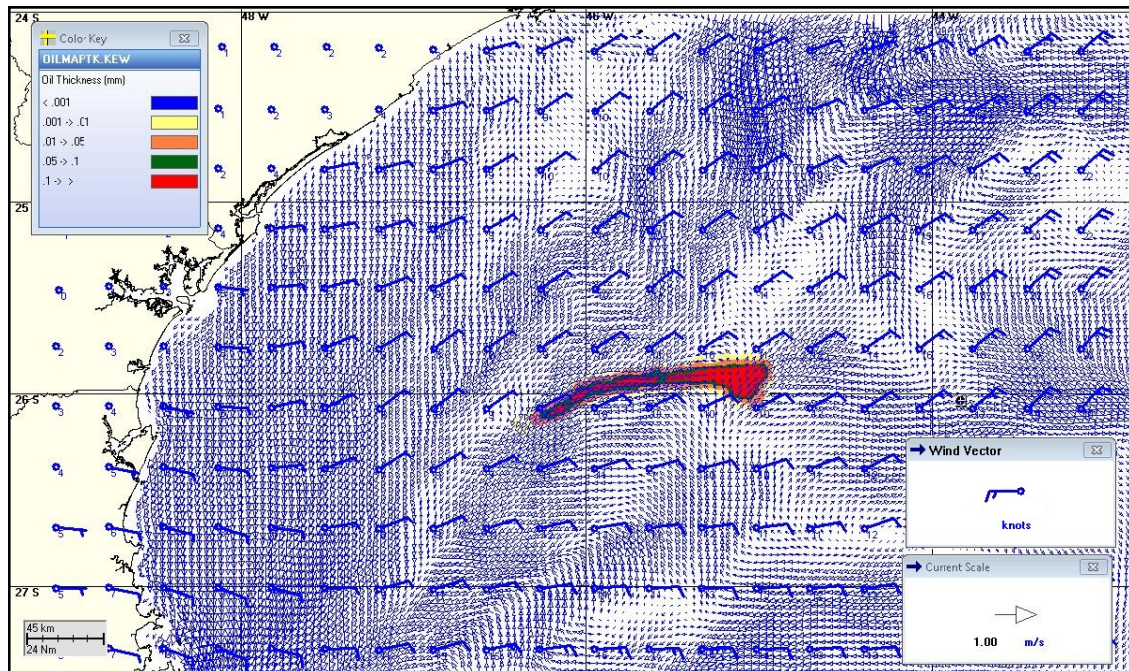


Figura III-168 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-ENE.

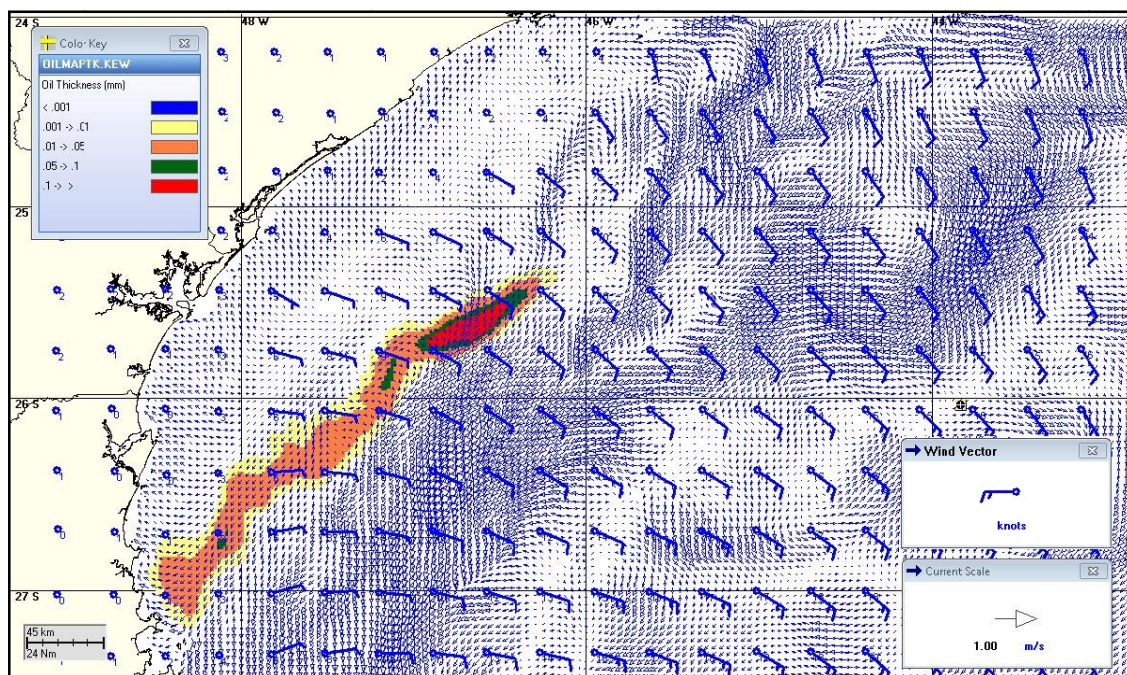


Figura III-169 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto de modelagem P1, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-E/SE.

A Figura III-170 a Figura III-172 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico crítico de pior caso de inverno, do ponto P8, a partir do início do derrame até o instante de primeiro toque do óleo na costa, ocorrido no Município de Arraial do Cabo (RJ), aproximadamente 129 horas após o início da simulação.

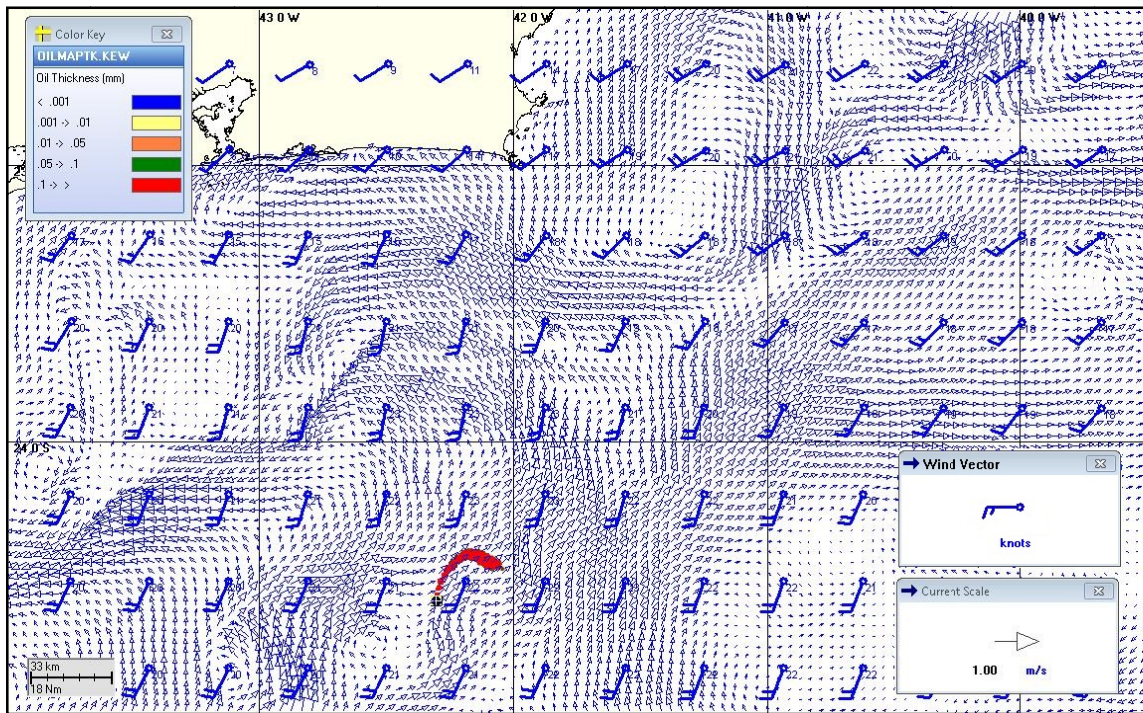


Figura III-170 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-S.

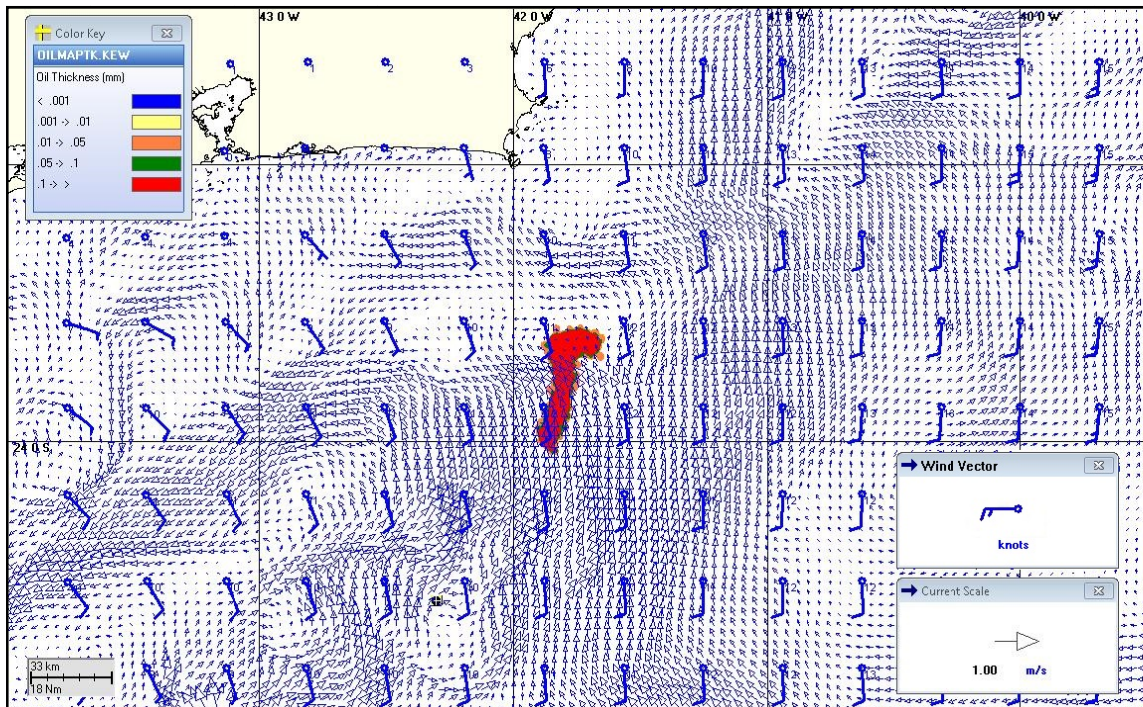


Figura III-171 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-N; Vento-S.

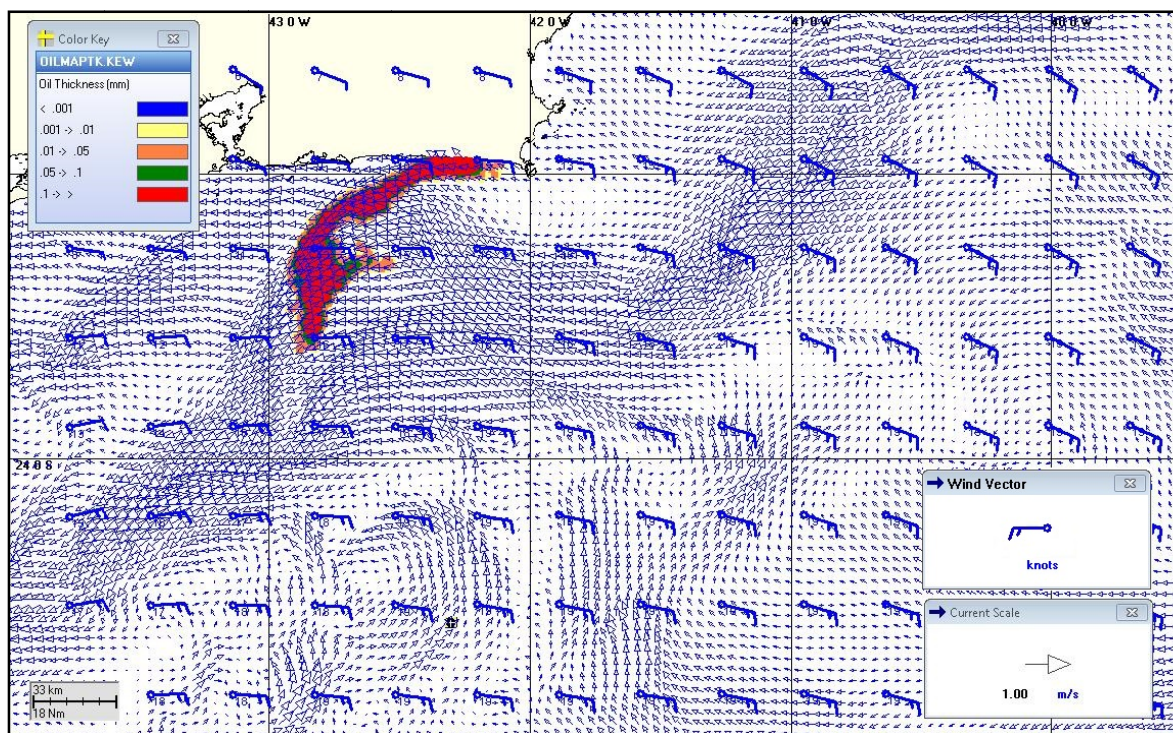


Figura III-172 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de primeiro toque na costa da simulação determinística crítica do ponto P8, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-W; Vento-E.

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

Os resultados das análises das informações de vento (Item II.1.2) e correntes (Anexo C) permitiram caracterizar e identificar as condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes atuantes sobre a região de estudo. Observou-se que o campo hidrodinâmico apresenta alta variabilidade espacial e temporal. No caso dos ventos, observou-se predominância de ventos oriundos do quadrante NE, no período de verão e inverno.

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

Para estas condições (ventos e correntes mais frequentes) foram simulados os cenários determinísticos cujo instante inicial corresponde a uma condição mais frequente no verão e uma no inverno, para os volumes de pior caso. Ressalta-se que os mesmos fazem parte das simulações determinísticas que compõem as simulações probabilísticas. A Tabela III-11 e a Tabela III-12 apresentam um resumo dos cenários mais frequentes de verão e inverno.

Tabela III-11 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes que apresentaram toque de óleo na costa.

CENÁRIO	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	TEMPO MÍNIMO PARA ATINGIR A COSTA (HORAS)	MUNICÍPIO DO PRIMEIRO TOQUE	VOLUME FINAL DE ÓLEO QUE CHEGA À COSTA (m ³)
DET_MF_P1_BMS9_VER_PC	02/03/2004 -00:00 h	719	Ilha da Figueira – Guaraqueçaba - PR	5.170,0
DET_MF_P7_ONEROSA_VER_PC	04/02/2004 -00:00 h	569	Ilha da Queimada Grande – Itanhaém - SP	104.056,0 m ³

Tabela III-12 - Resumo dos cenários determinísticos mais frequentes que não apresentaram toque de óleo na costa.

CENÁRIO	DATA DE INÍCIO DA SIMULAÇÃO	MENOR DISTÂNCIA DA COSTA (km)	MUNICÍPIO MAIS PRÓXIMO
DET_MF_P2_BMS9_VER_PC	23/01/2004 -00:00	268,8	Ilha Tacami – Imbituba - SC
DET_MF_P3_BMS9_VER_PC	02/03/2004 -00:00 h	125,0	Ilha Bela – SP
DET_MF_P4_BMS11_VER_PC	05/03/2004 -00:00	55,2	Ilha dos Lobos – Balneário Barra Sul - SC
DET_MF_P5_BMS11_VER_PC	19/02/2004 -00:00 h	204,0	Ilha Bela – SP
DET_MF_P6_ONEROSA_VER_PC	28/01/2004 -00:00	232,0	Ilhas Maricas - Maricá -RJ
DET_MF_P8_ONEROSA_VER_PC	23/01/2004 -00:00	287,0	Ilha das Aranhas - Florianópolis - SC
DET_MF_P1_BMS9_INV_PC	23/06/2004 -00:00	196,2	Ilha Tacami – Imbituba - SC
DET_MF_P2_BMS9_INV_PC	12/06/2004 -00:00	239,1	Ilha Redonda- Rio de Janeiro - RJ
DET_MF_P3_BMS9_INV_PC	09/06/2004 -00:00	214,0	Florianópolis - SC
DET_MF_P4_BMS11_INV_PC	08/06/2004 -00:00	309,0	Ilhas Moleques do Sul - Florianópolis - SC
DET_MF_P5_BMS11_INV_PC	15/06/2004 -00:00	208,1	Ilhabela - SP
DET_MF_P6_ONEROSA_INV_PC	23/06/2004 -00:00	235,1	Ilhas Maricas - Maricá -RJ
DET_MF_P7_ONEROSA_INV_PC	23/06/2004 -00:00	111,2	Ilha Redonda- Rio de Janeiro - RJ
DET_MF_P8_ONEROSA_INV_PC	21/06/2004 -00:00	167,2	Ilha do Cabo Frio – Arraial do Cabo - RJ

Os resultados gráficos, a seguir, seguem o mesmo padrão adotado nos cenários determinísticos críticos, onde são apresentadas três figuras. Uma das figuras apresenta os contornos de espessura no instante de menor distância da costa/primeiro toque e a área varrida pela mancha ao longo dos 31 dias de simulação. A cor cinza representa a região por onde a mancha se deslocou durante o período de duração da simulação e, portanto, não está associada a uma espessura. A mancha no instante de primeiro toque (ou de maior proximidade em relação à costa) é aquela representada pela escala de cores indicada nas legendas.

A outra figura apresenta um gráfico com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água).

A seguir, as Figuras III-121 a III-140 apresentam os resultados determinísticos das condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes de verão. Os gráficos de balanço de massa mostram que a evaporação foi o principal processo atuante na redução da massa de óleo.

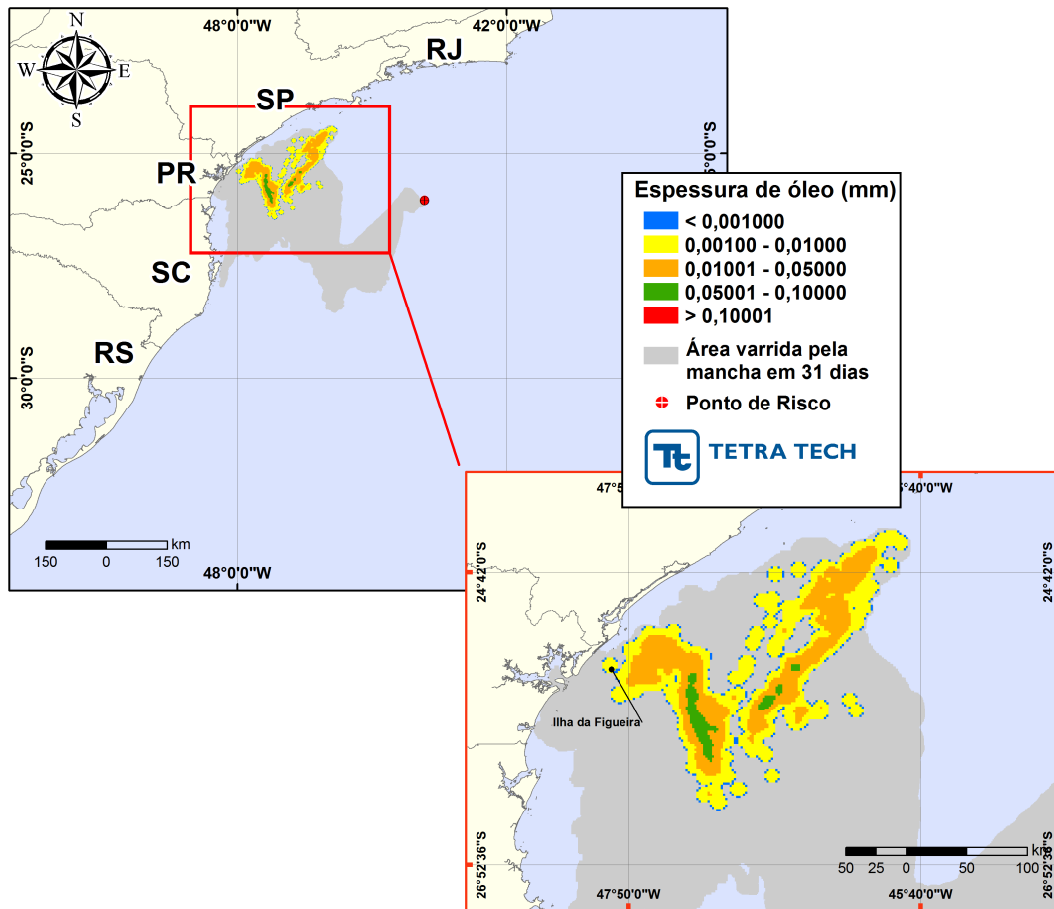


Figura III-173 - DET_MF_P1_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

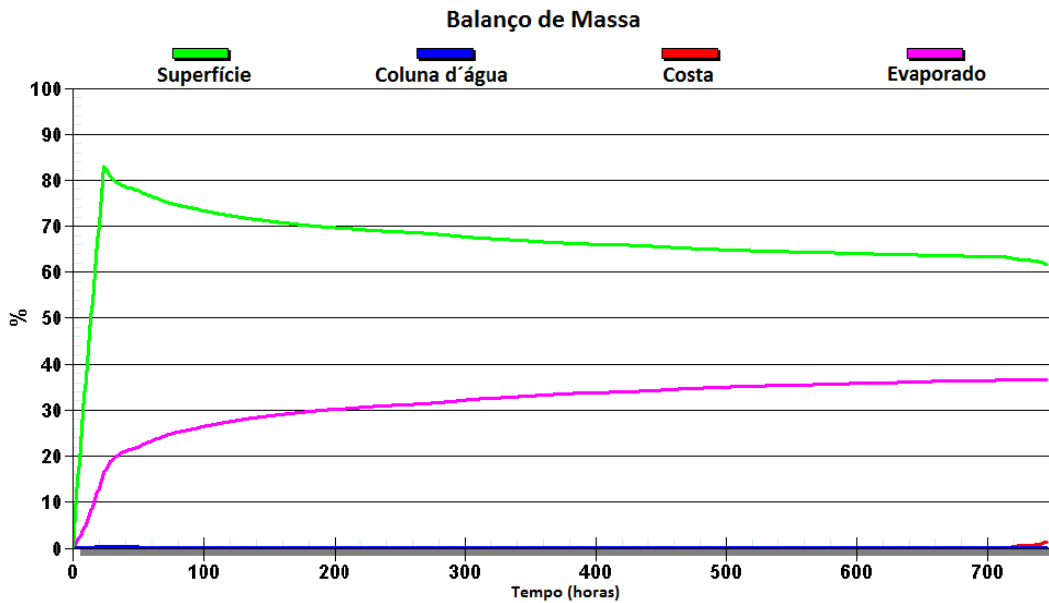


Figura III-174 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P1_BMS9_VER_PC.

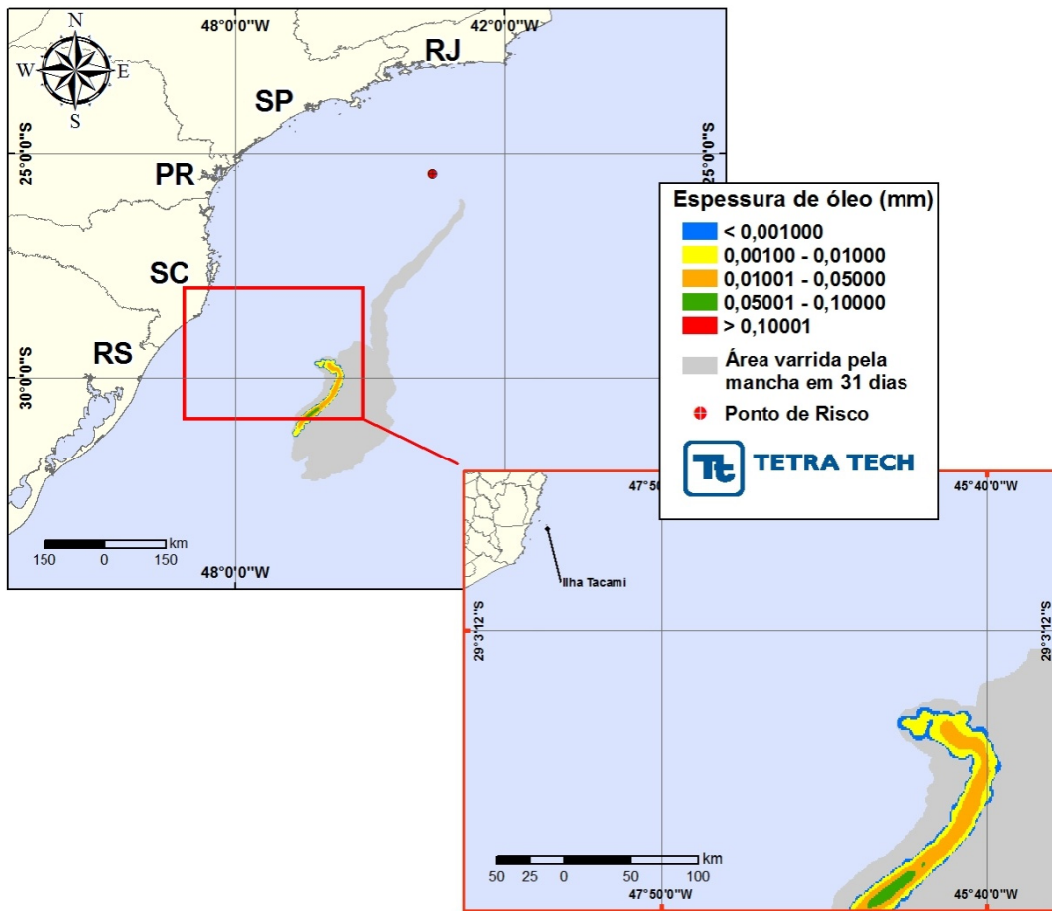


Figura III-175 - DET_MF_P2_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

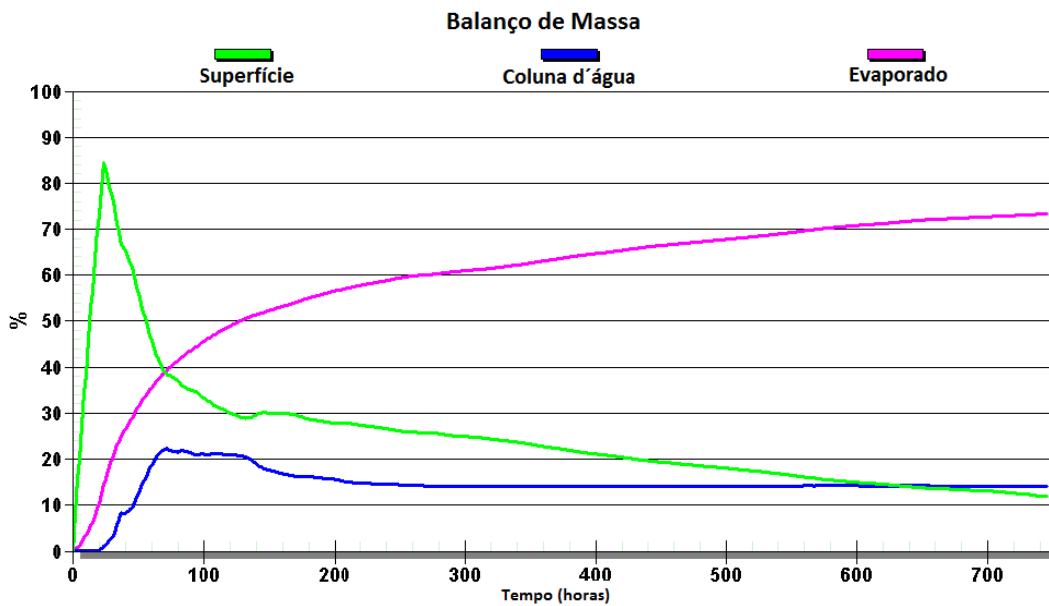


Figura III-176 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P2_BMS9_VER_PC.

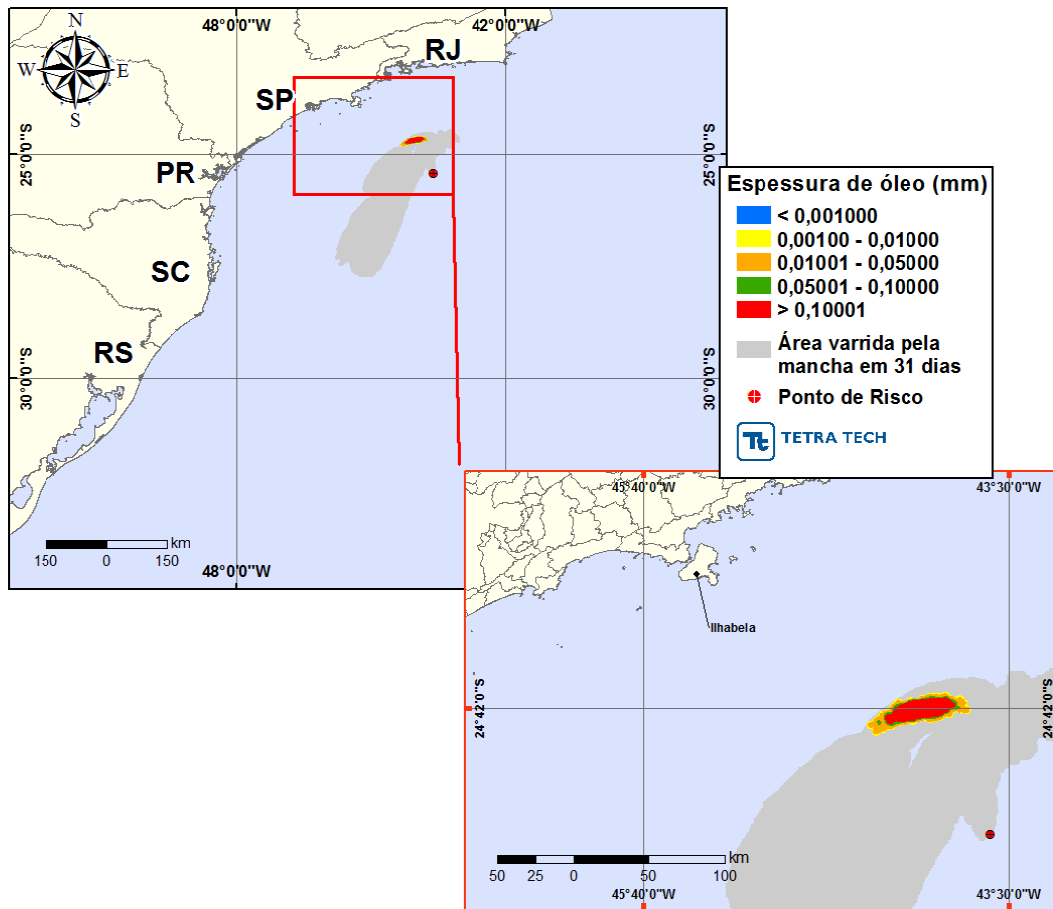


Figura III-177 - DET_MF_P3_BMS9_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

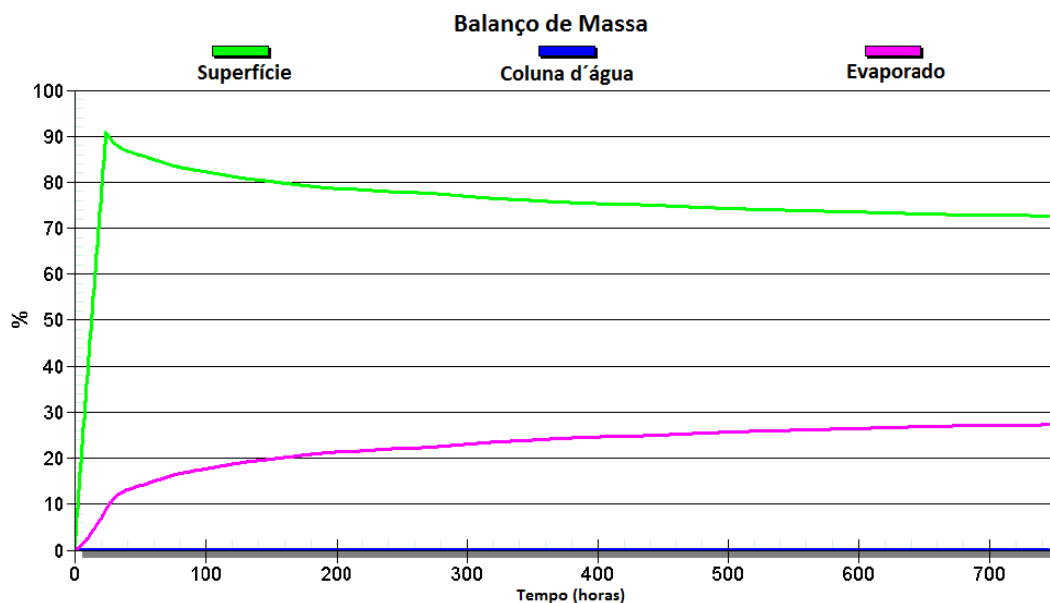


Figura III-178 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P3_BMS9_VER_PC.

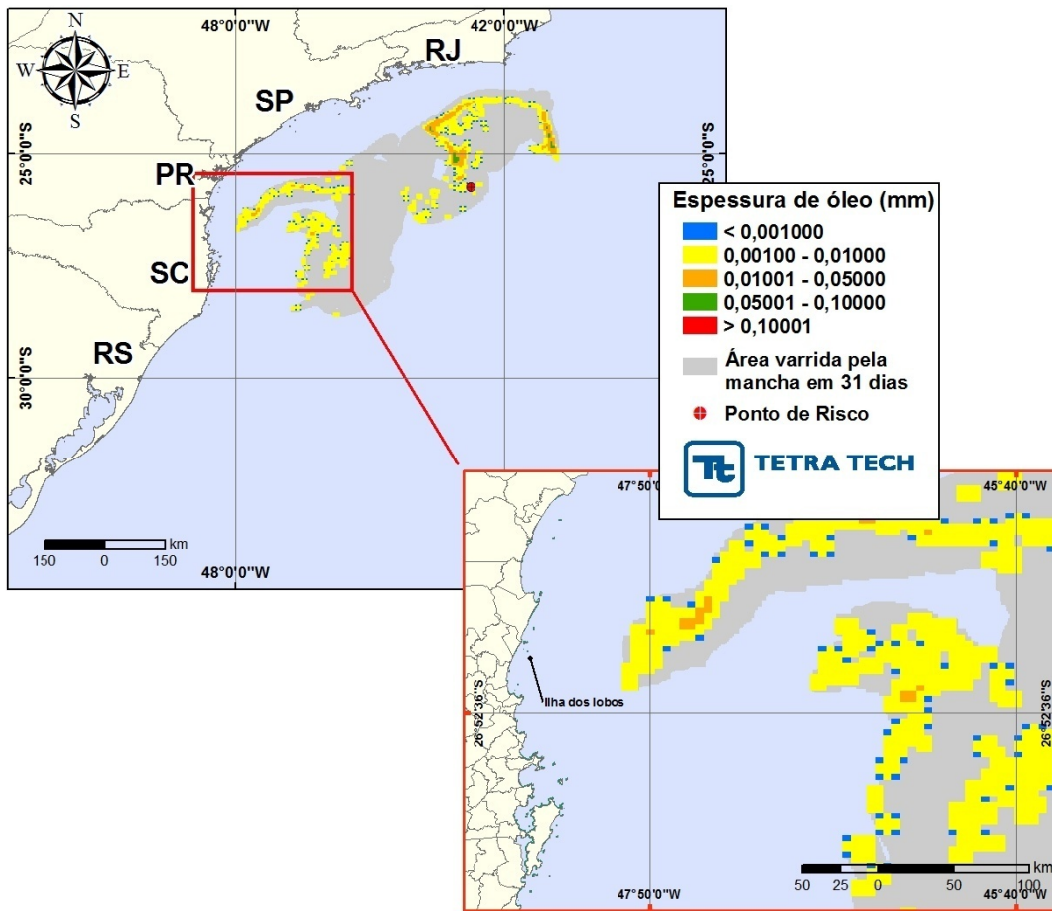


Figura III-179 - DET_MF_P4_BMS11_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

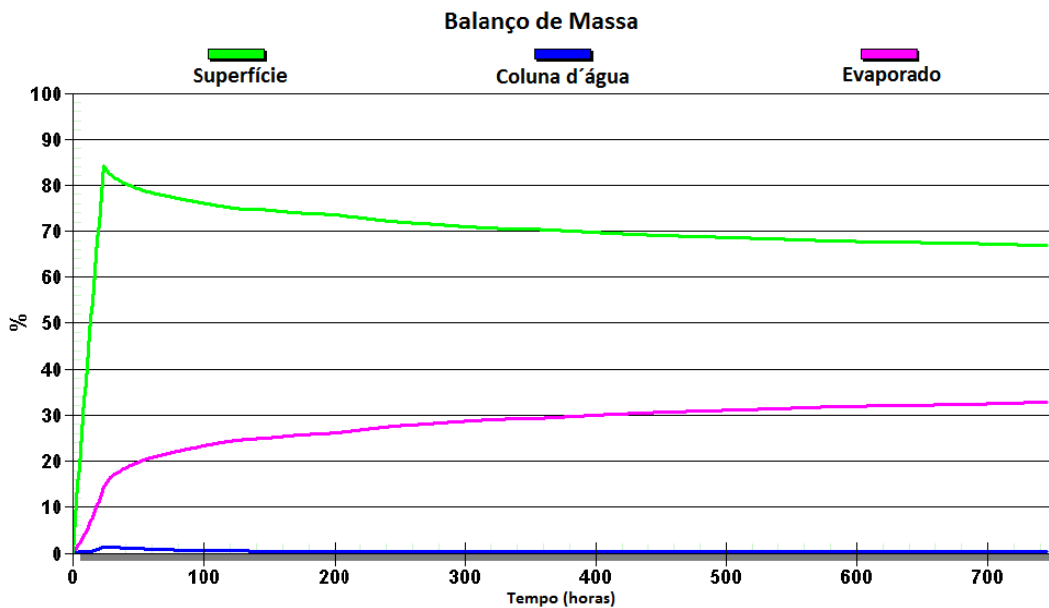


Figura III-180 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P4_BMS11_VER_PC.

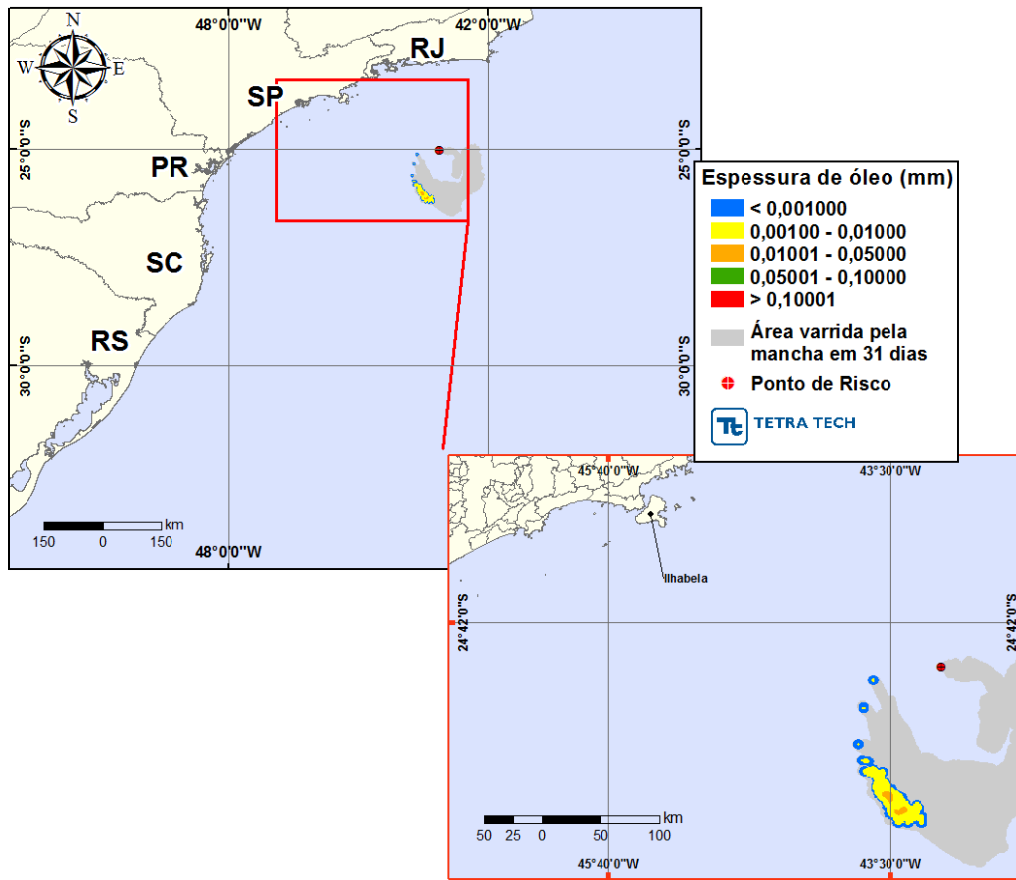


Figura III-181 - DET_MF_P5_BMS11_VER_PC Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

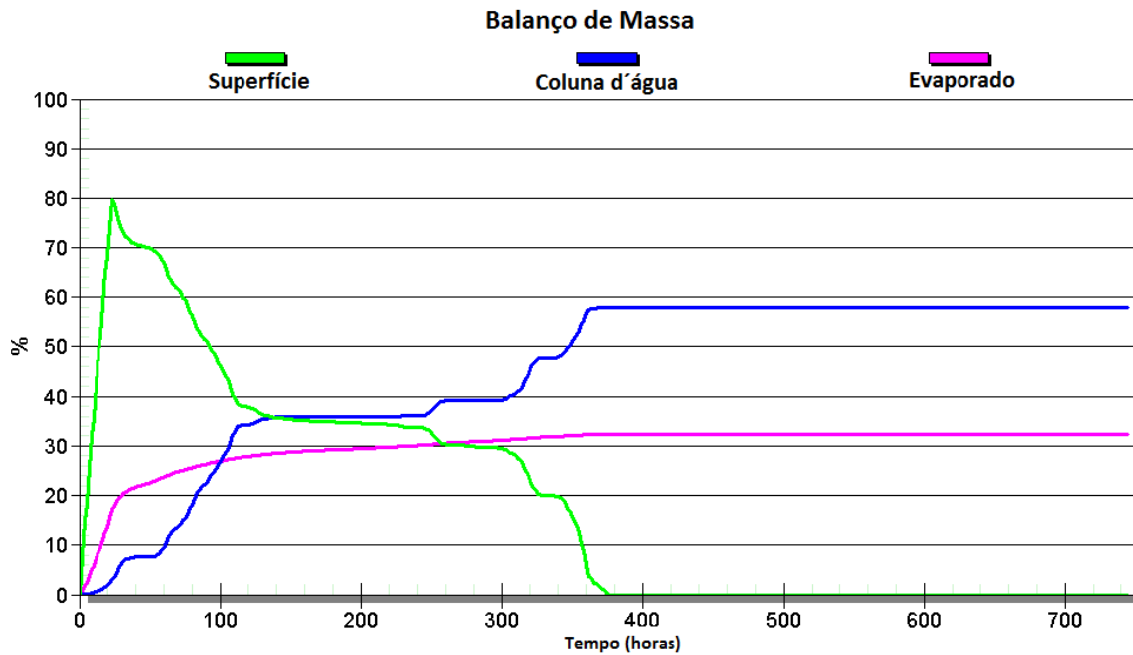


Figura III-182 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P5_BMS11_VER_PC.

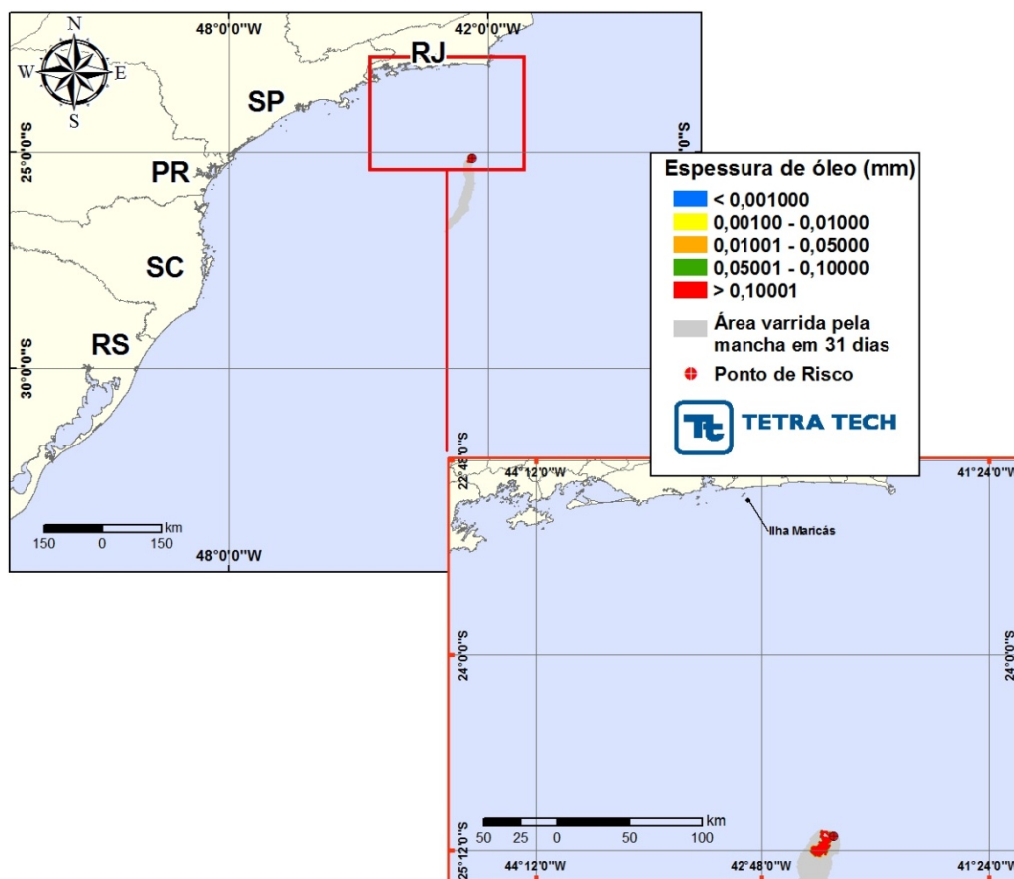


Figura III-183 - DET_MF_P6_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

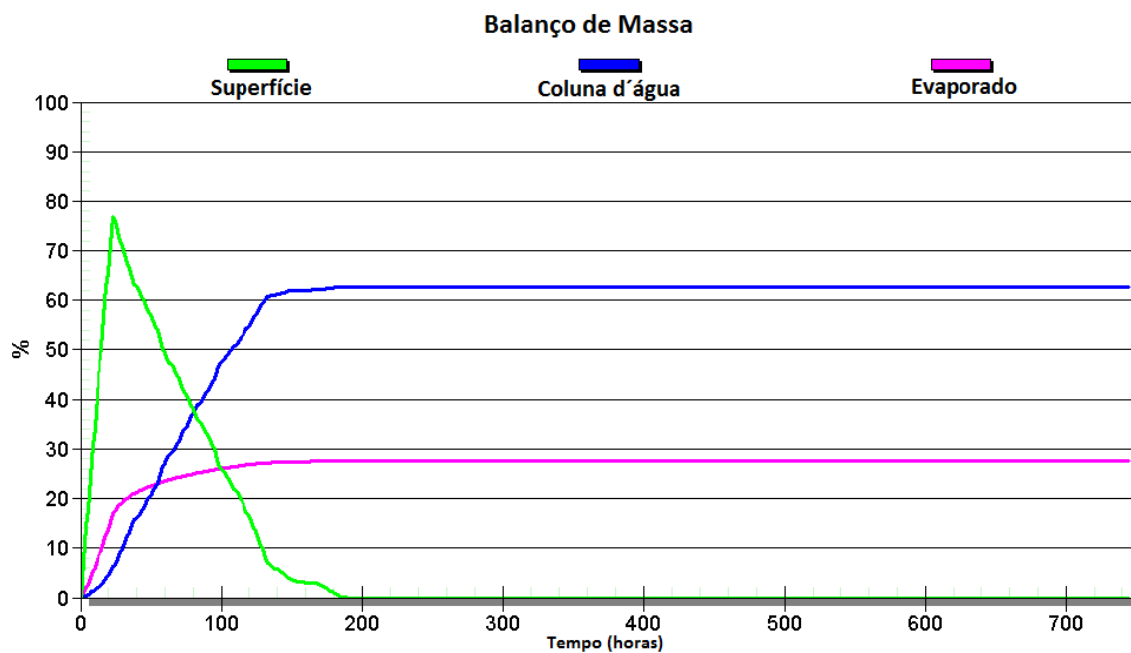


Figura III-184 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P6_ONEROSA_VER_PC.

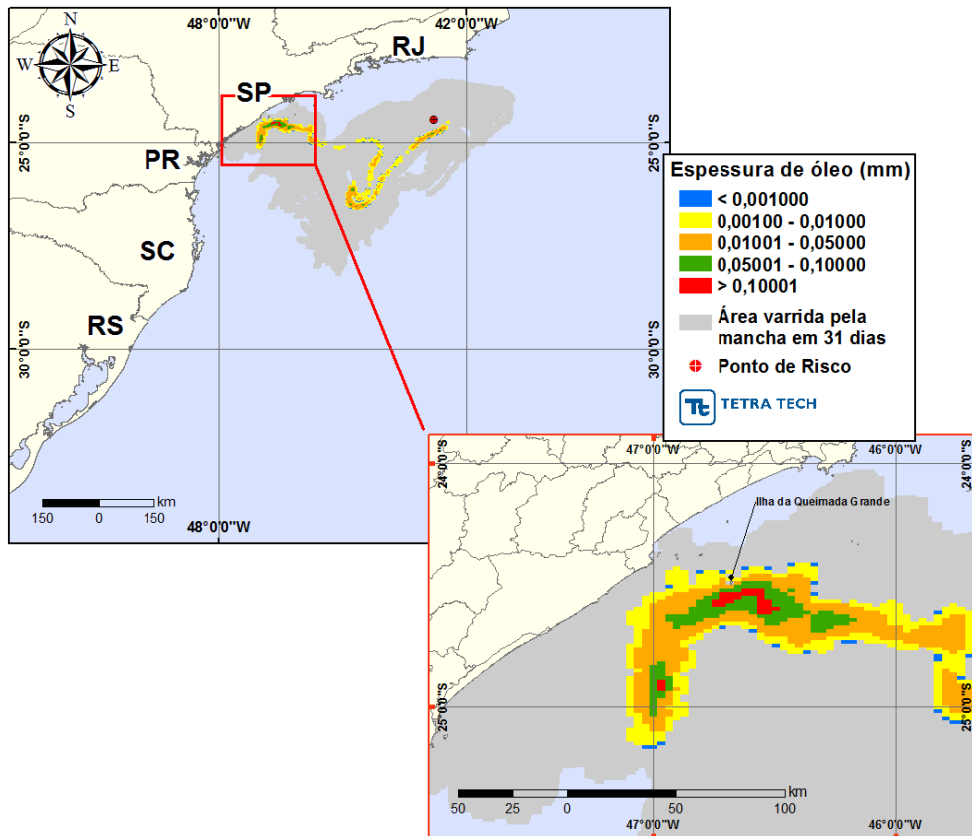


Figura III-185 - DET_MF_P7_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

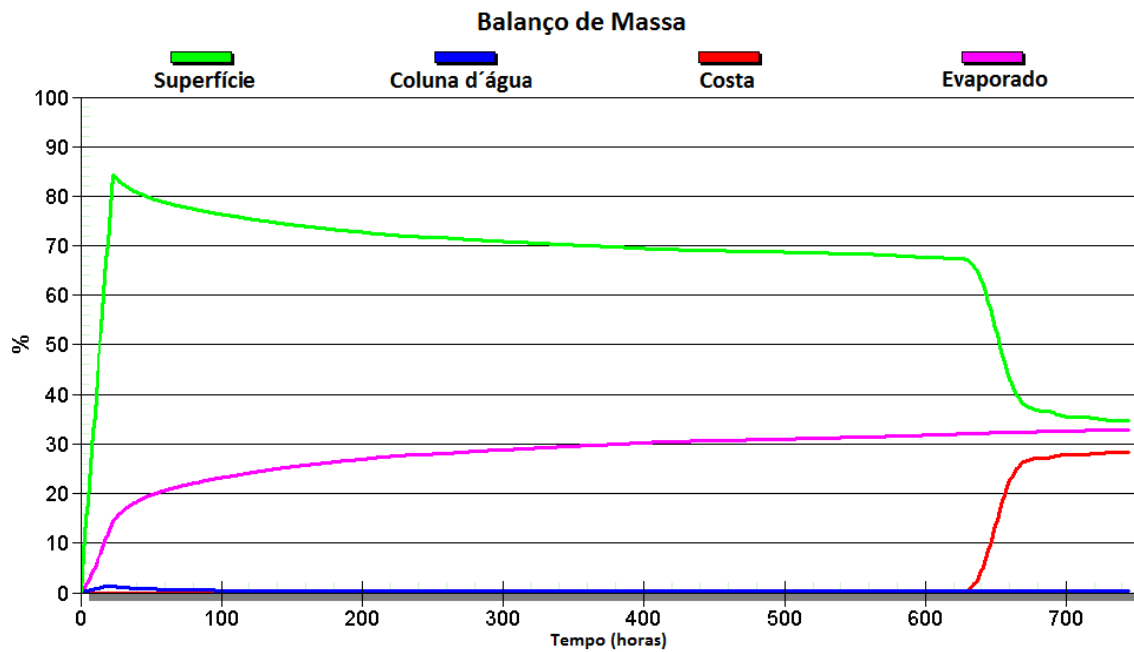


Figura III-186 - Balanco de massa do cenário DET_MF_P7_ONEROSA_VER_PC.

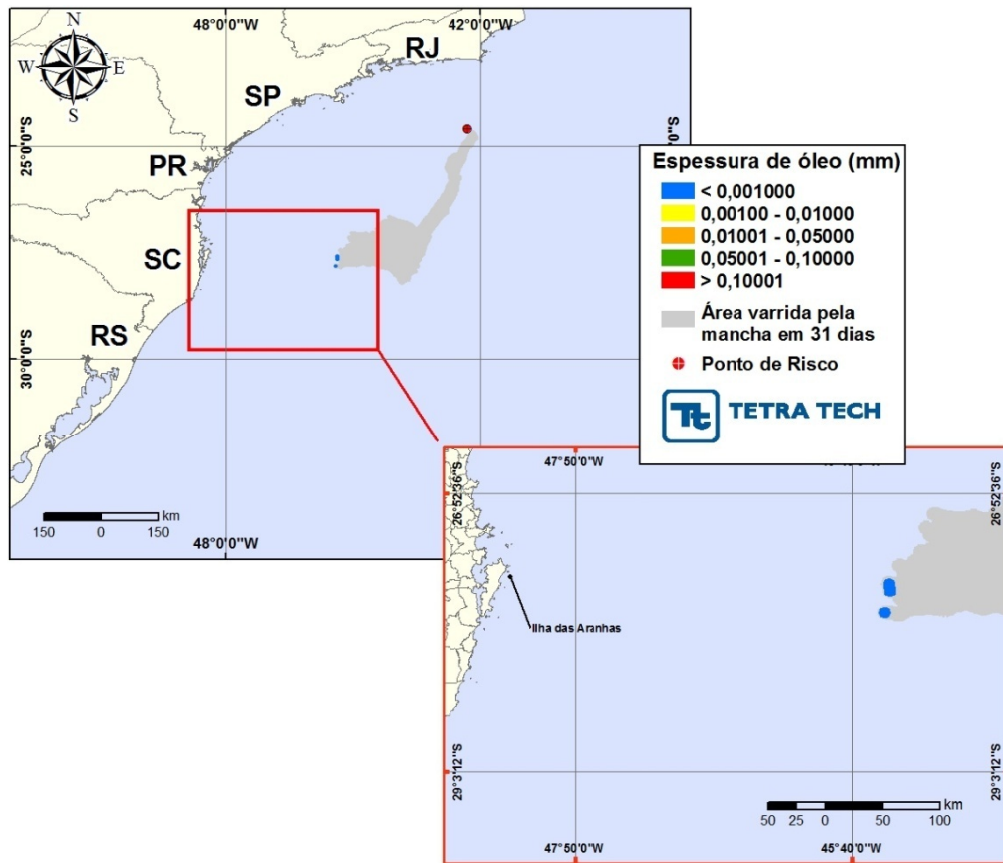


Figura III-187 - DET_MF_P8_ONEROSA_VER_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o verão.

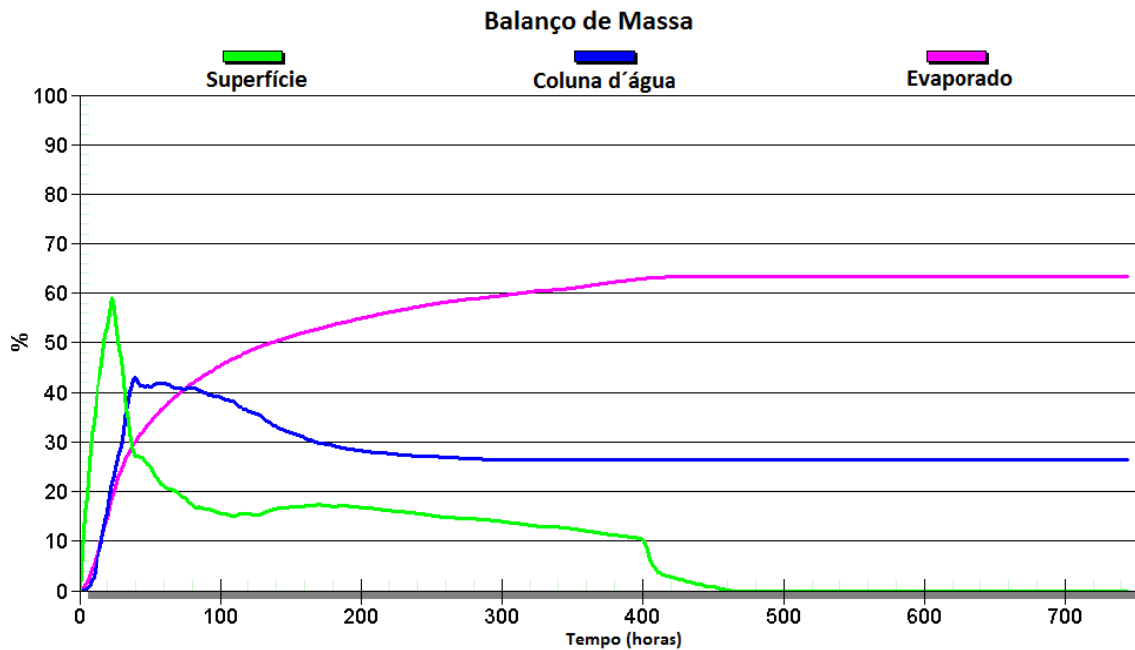


Figura III-188 - Balanco de massa do cenário DET_MF_P8_ONEROSA_VER_PC.

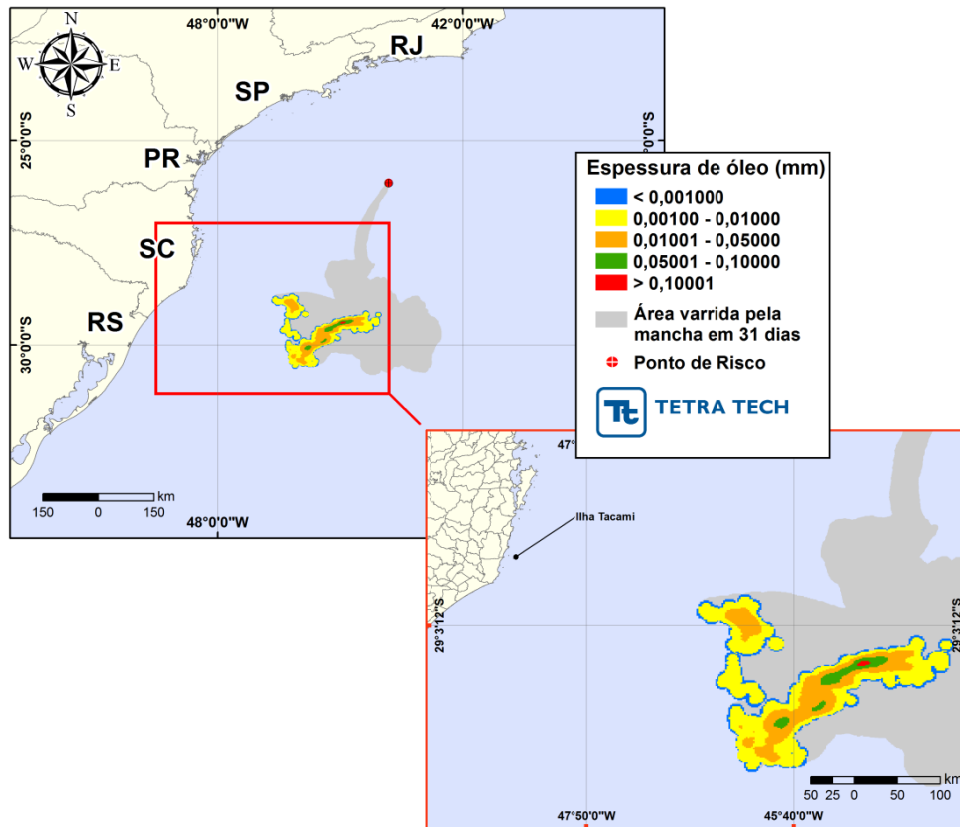


Figura III-189 - DET_MF_P1_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

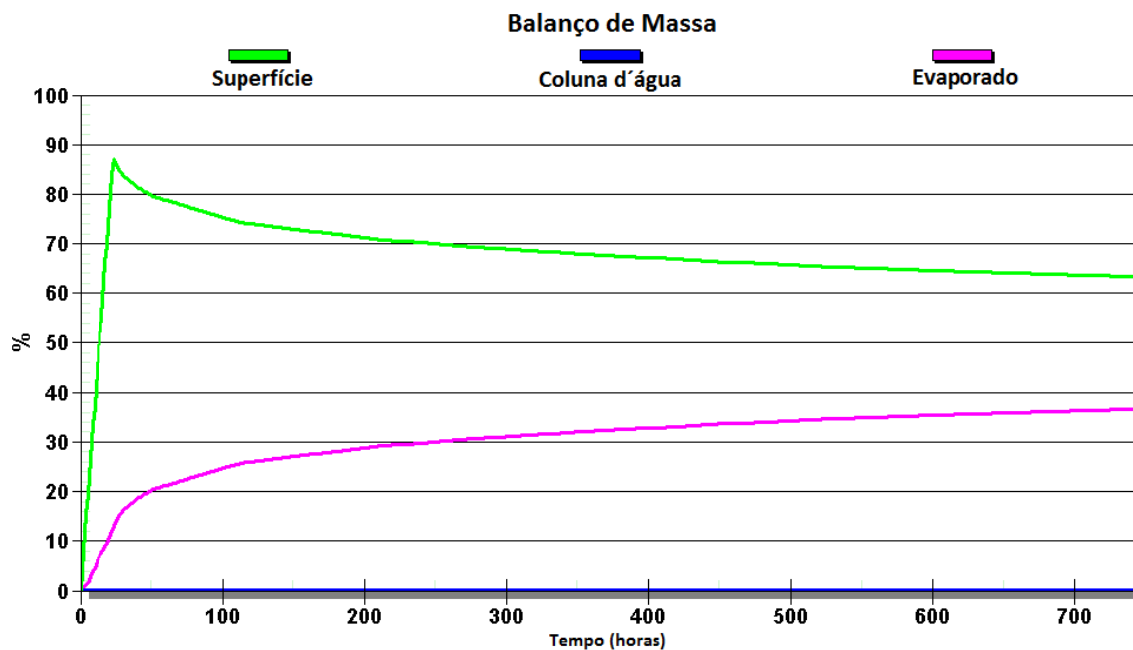


Figura III-190 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P1_BMS9_INV_PC.

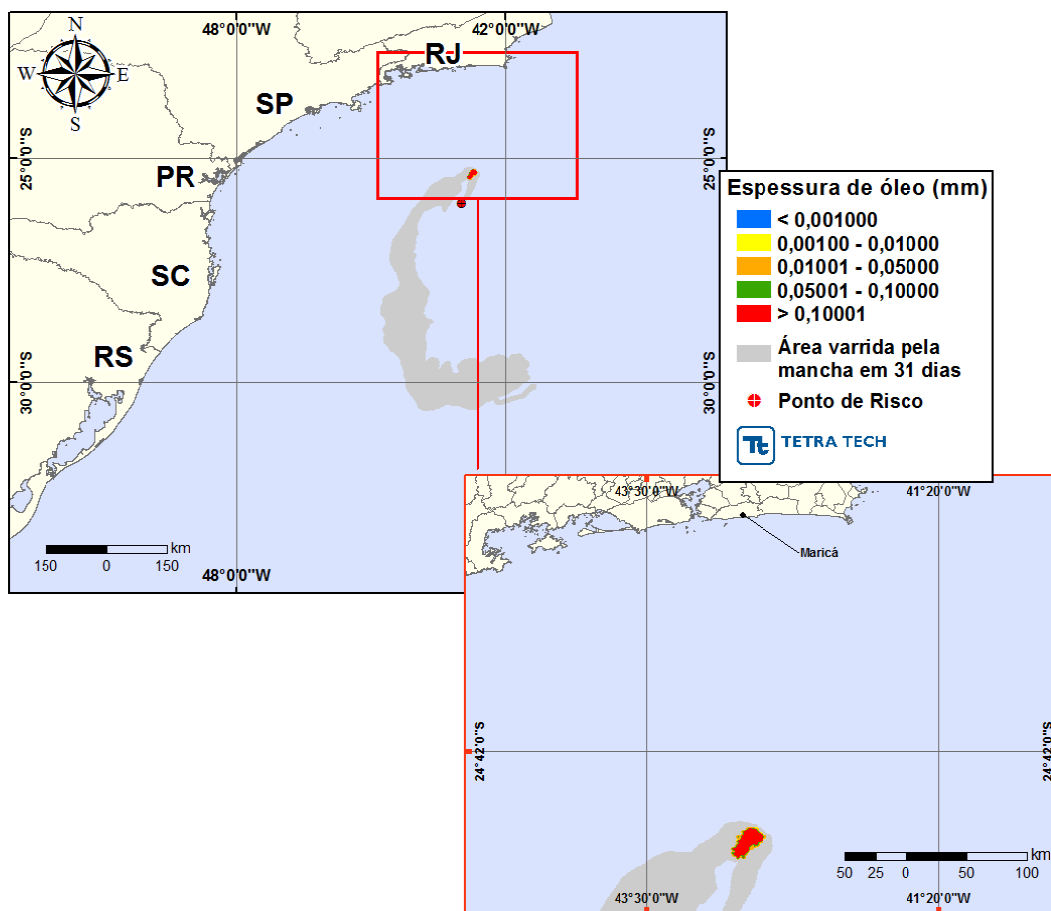


Figura III-191 - DET_MF_P2_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

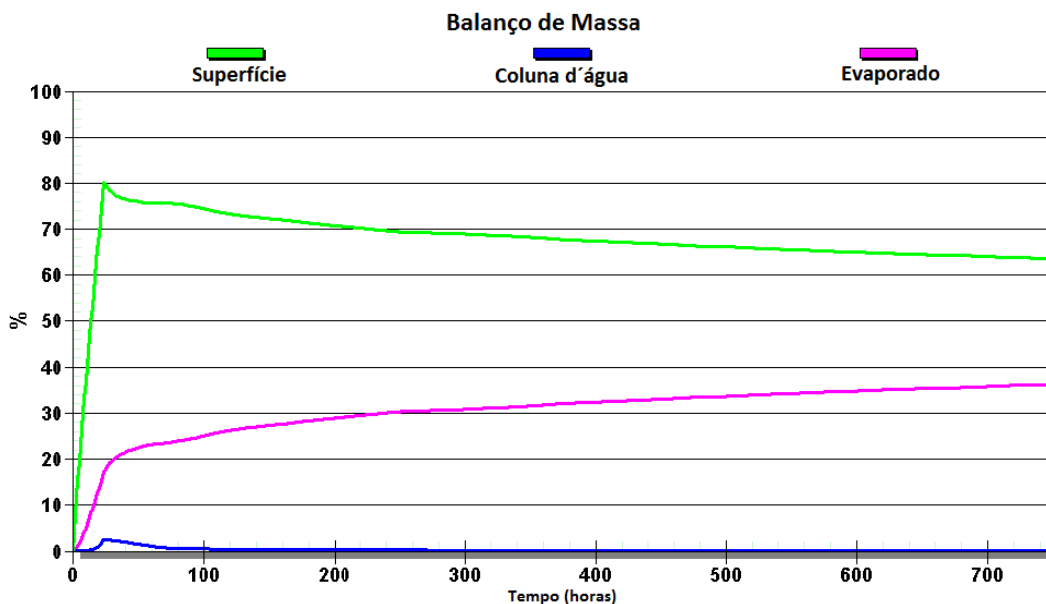


Figura III-192 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P2_BMS9_INV_PC.

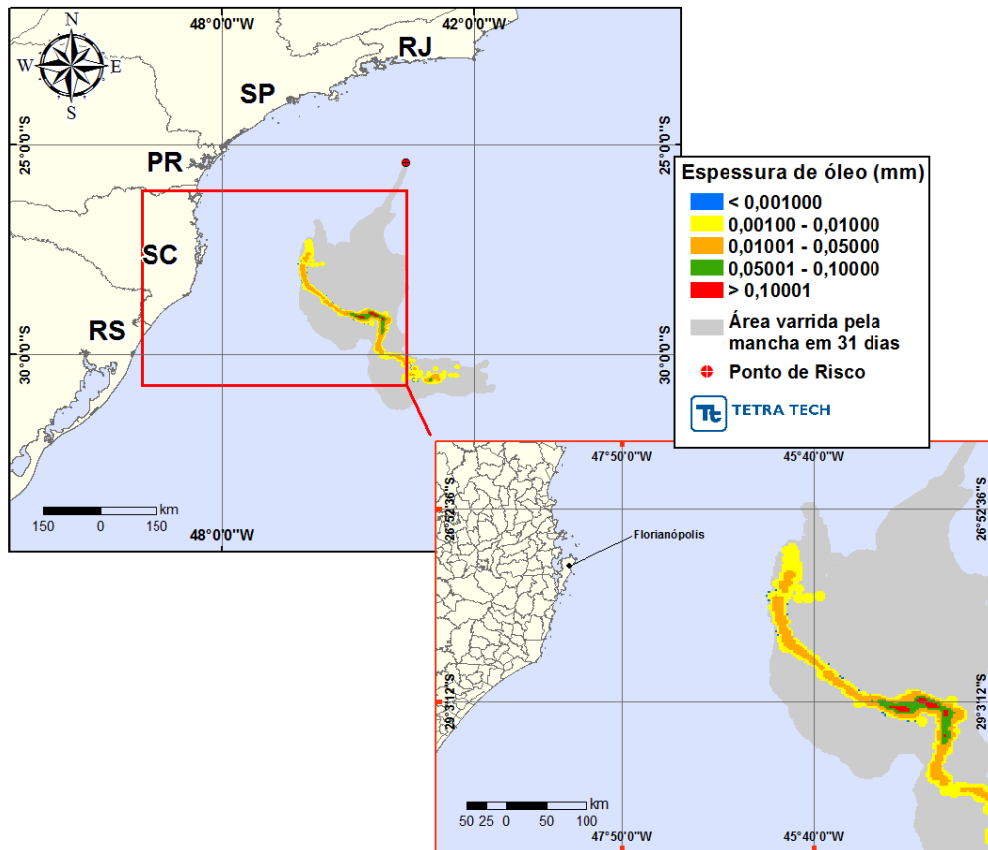


Figura III-193 - DET_MF_P3_BMS9_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

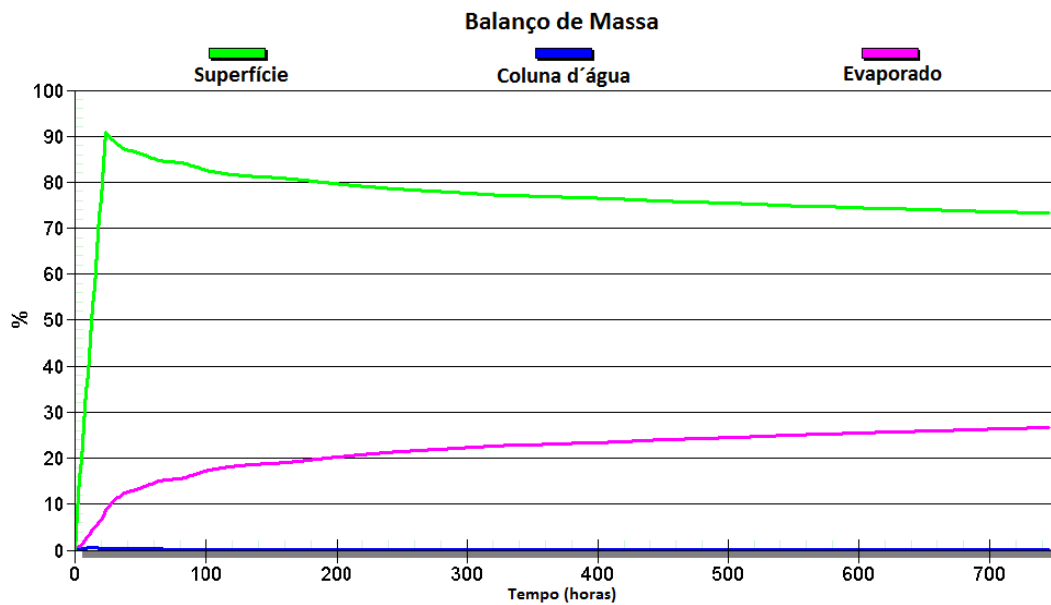


Figura III-194 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P3_BMS9_INV_PC.

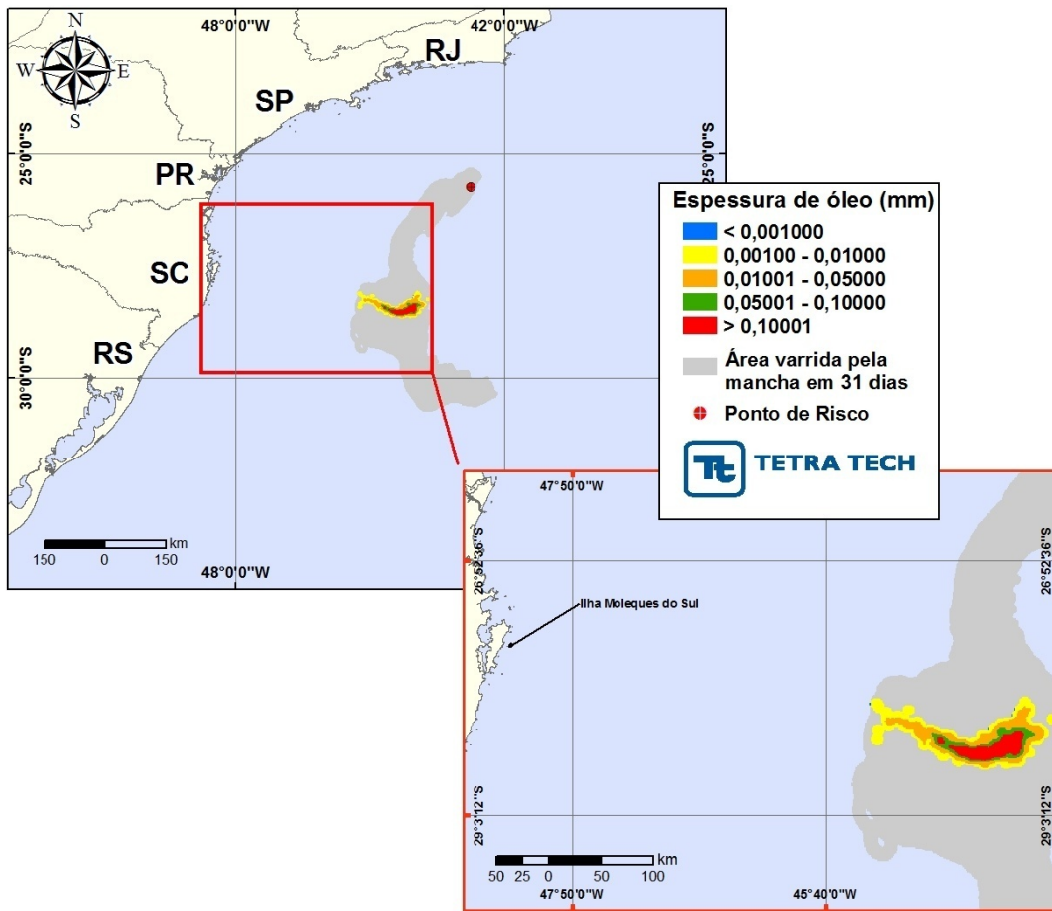


Figura III-195 - DET_MF_P4_BMS11_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

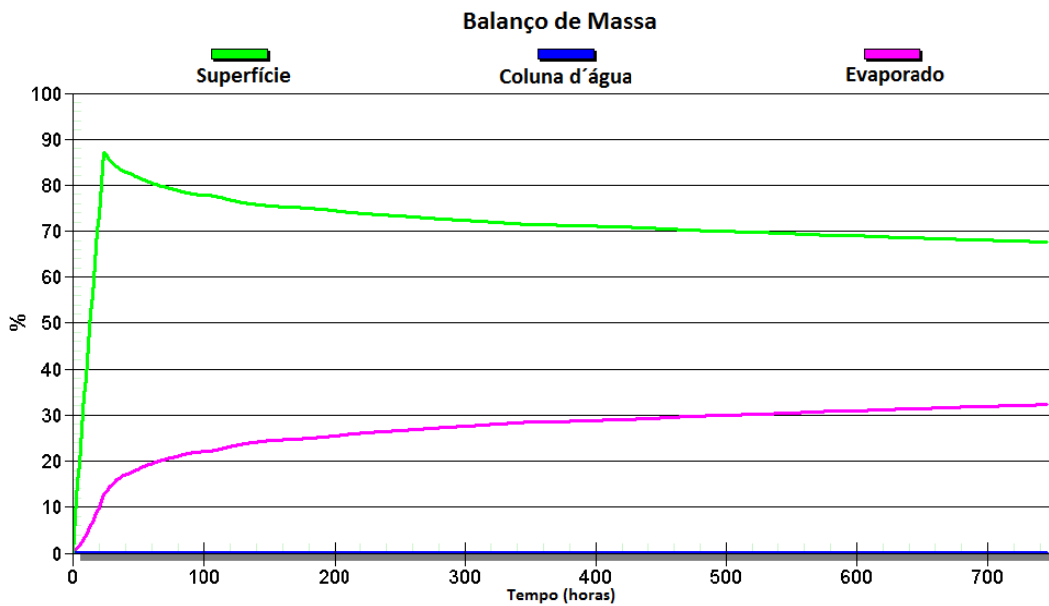


Figura III-196 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P4_BMS11_INV_PC.

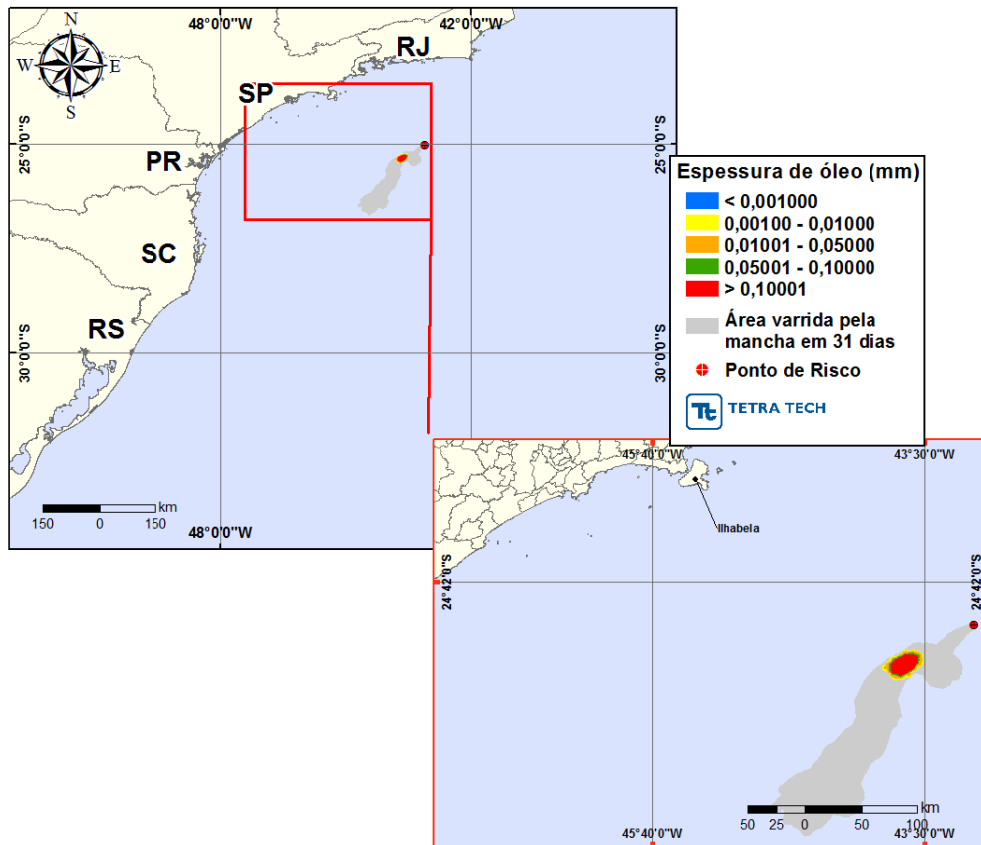


Figura III-197 - DET_MF_P5_BMS11_INV_PC Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

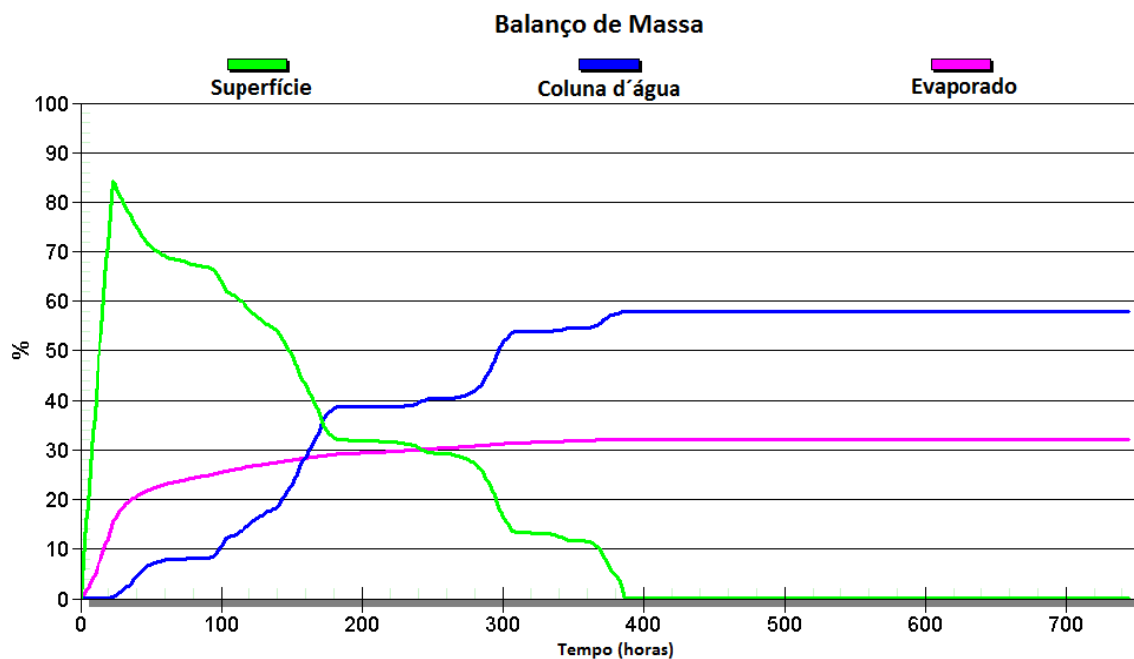


Figura III-198 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P5_BMS11_INV_PC.

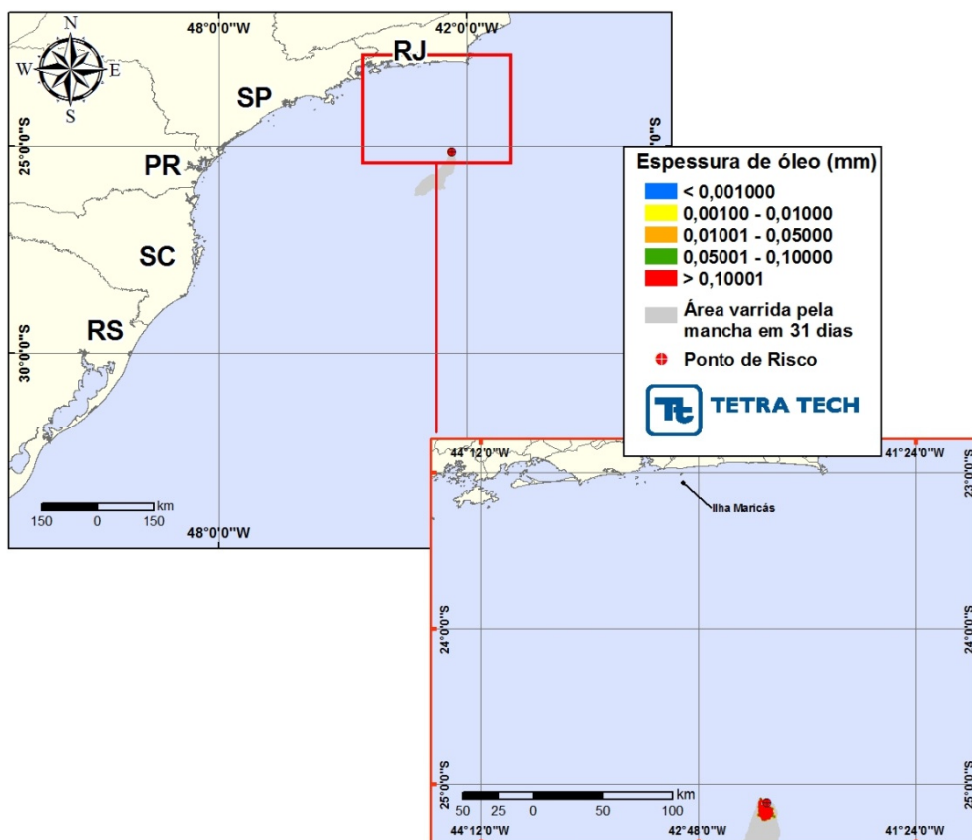


Figura III-199 - DET_MF_P6_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

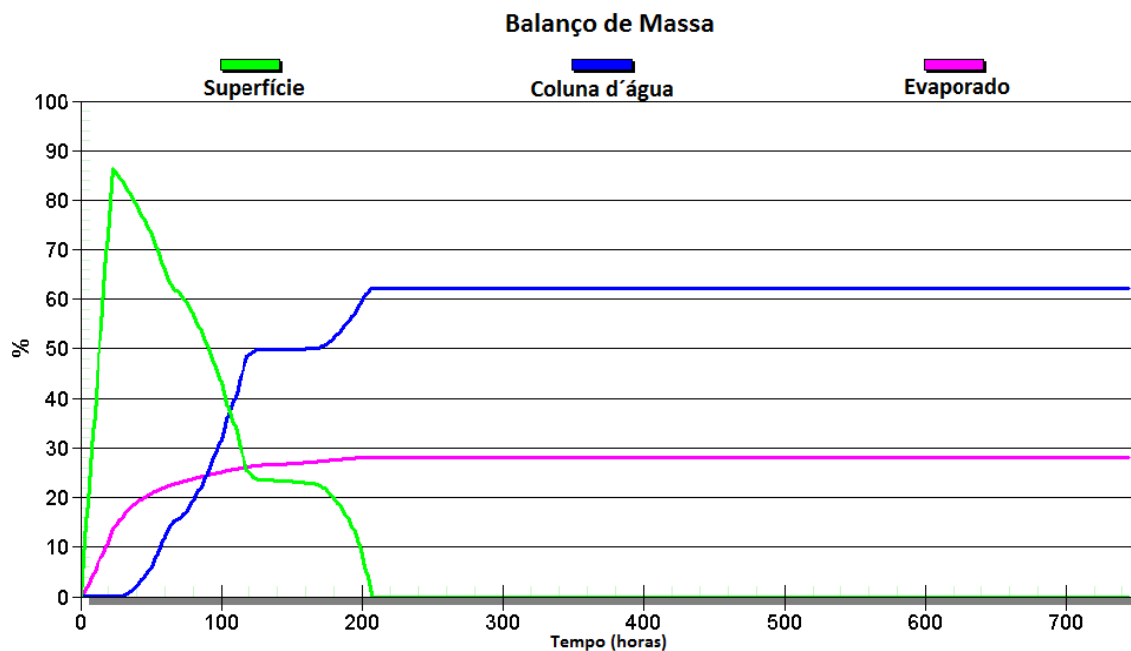


Figura III-200 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P6_ONEROSA_INV_PC.

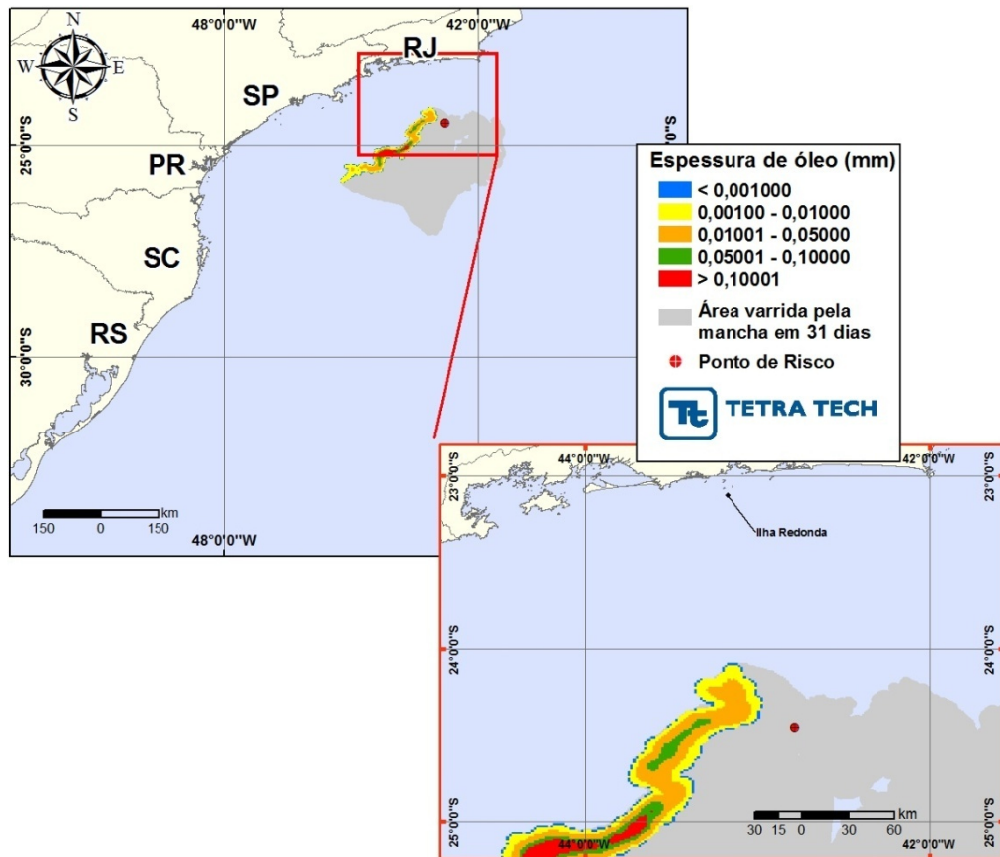


Figura III-201 - DET_MF_P7_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

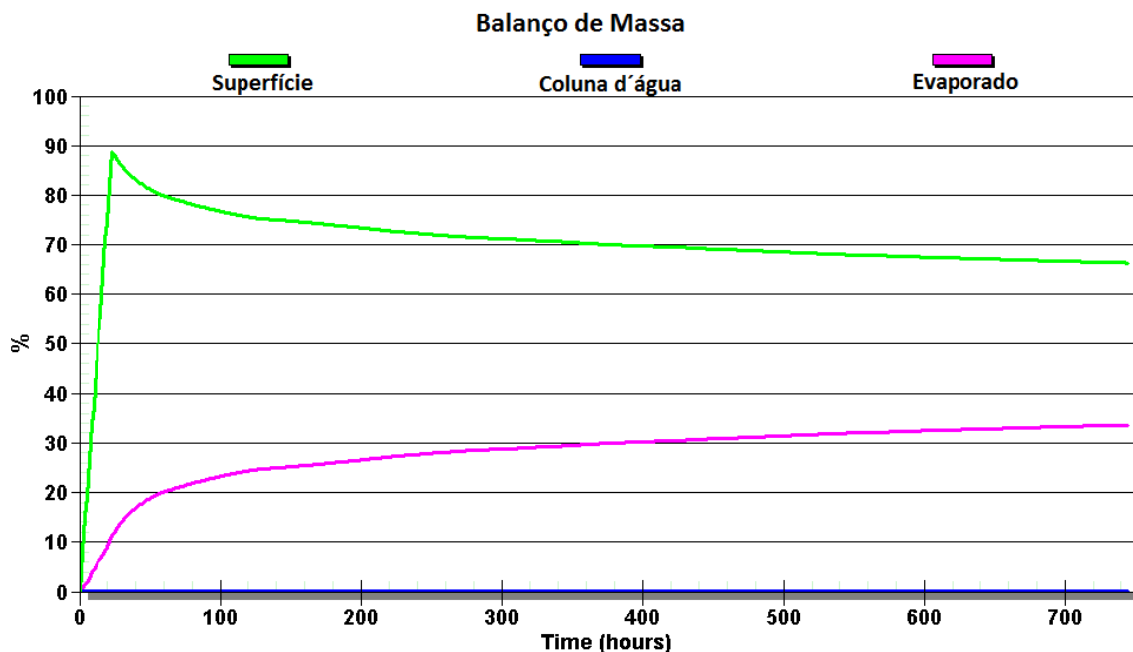


Figura III-202 - Balanço de massa do cenário DET_MF_P7_ONEROSA_INV_PC.

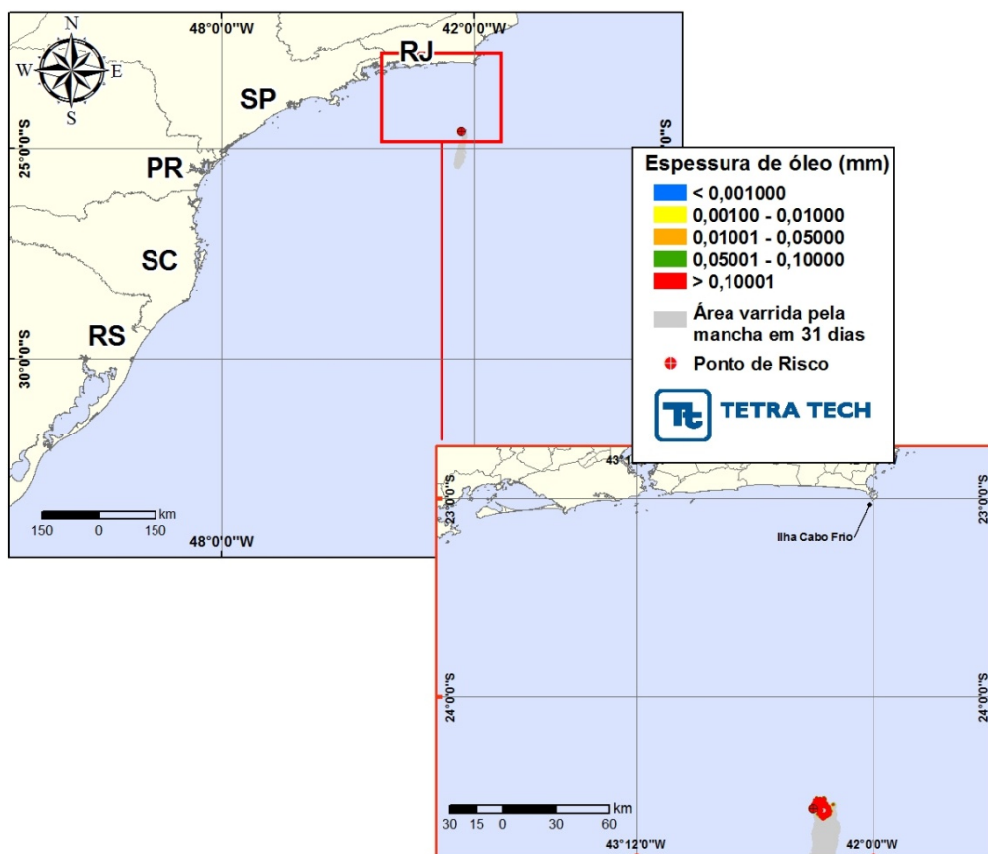


Figura III-203 - DET_MF_P8_ONEROSA_INV_PC. Cenário determinístico mais frequente para um derrame de 400.000,0 m³ (ao longo de 24 horas, simulado por 31 dias) ocorrido durante o inverno.

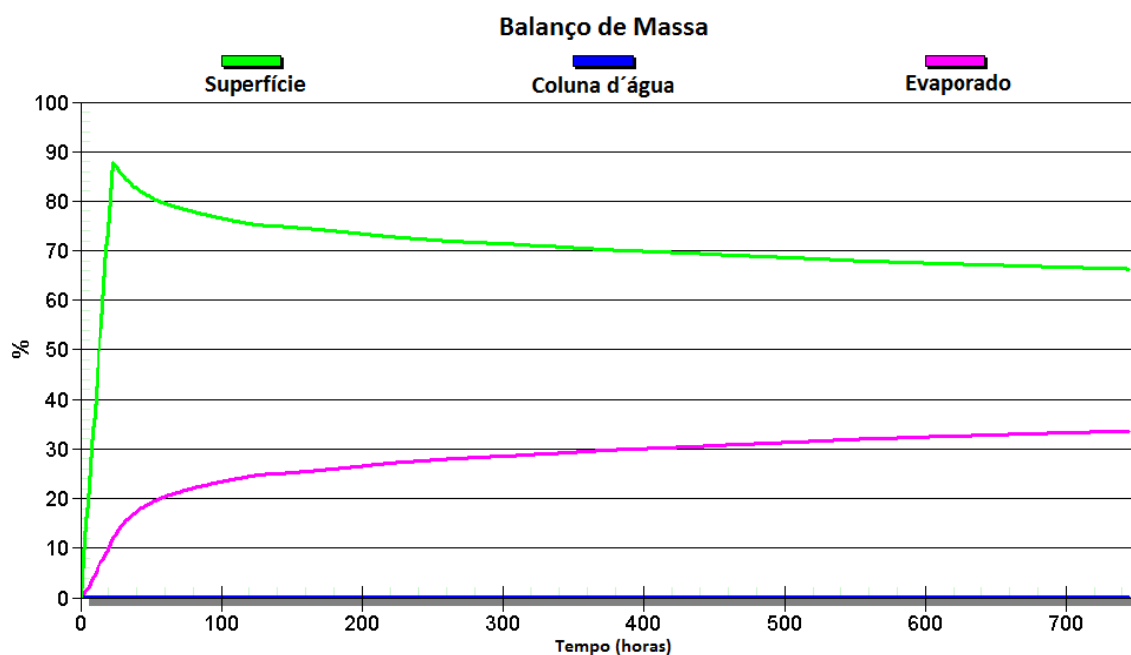


Figura III-204 - Balço de massa do cenário DET_MF_P8_ONEROSA_INV_PC.

A seguir, são apresentadas figuras demonstrando as condições meteorológicas e oceanográficas que atuaram nos cenários determinísticos para as condições mais frequentes. Como se trata de uma área geográfica, são apresentadas as figuras para o cenário mais crítico (menor tempo de toque) de verão e de inverno. Para ambos os períodos, o cenário mais crítico foi referente ao ponto P7 (Cessão Onerosa).

A Figura III-205 a Figura III-207 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de verão, a partir do início do derrame até o instante do primeiro toque na costa, ocorrido 569 horas após o início da simulação.

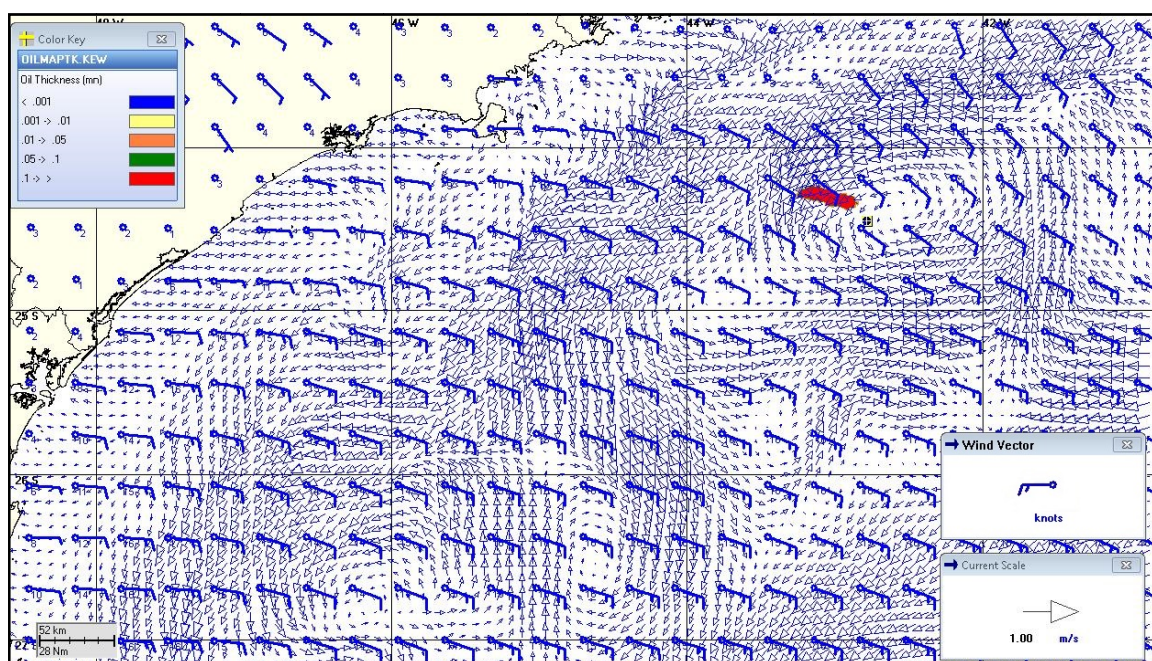


Figura III-205 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-SE.

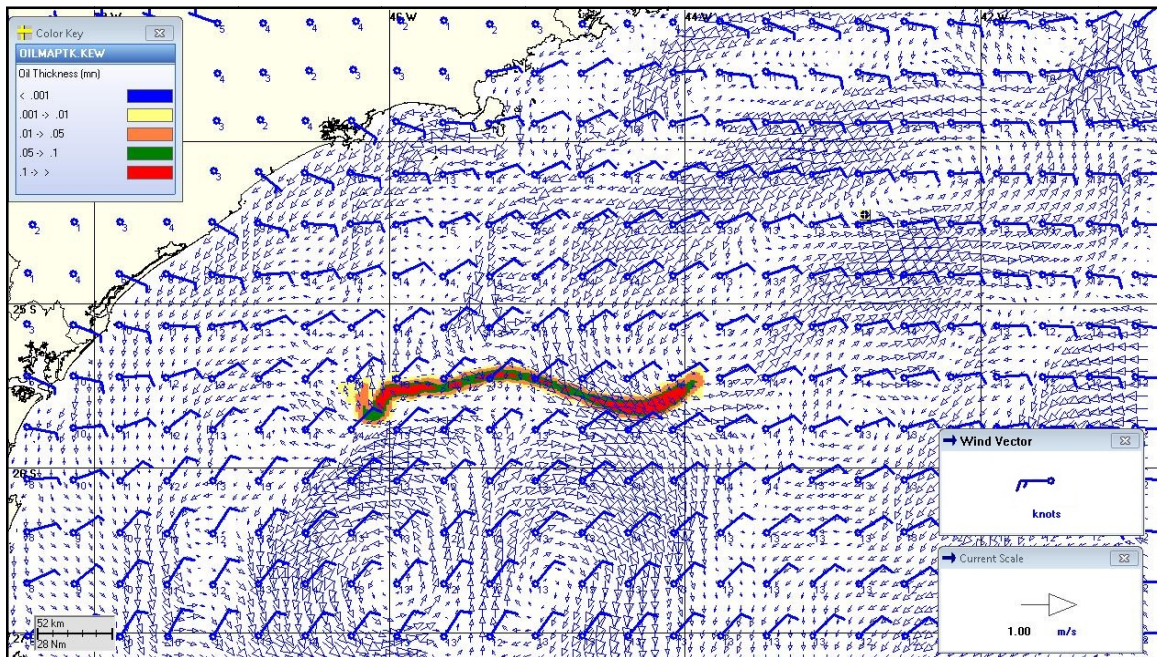


Figura III-206 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo em um instante intermediário da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SE; Vento-NE.

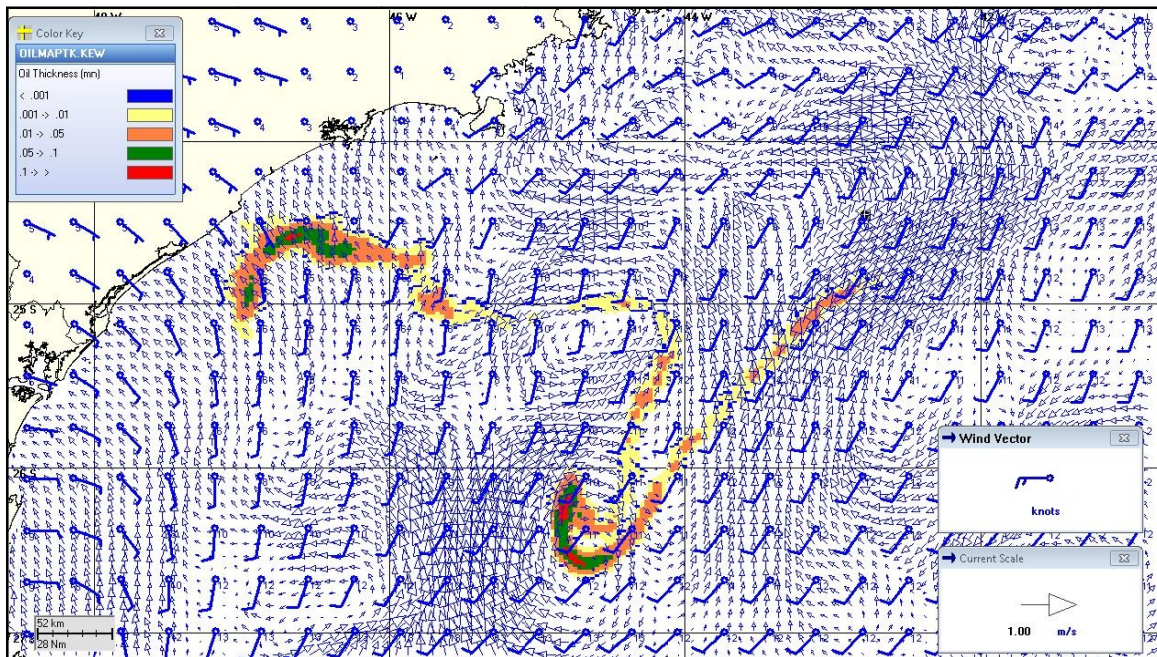


Figura III-207 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P7, no verão. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NW; Vento-SE.

A Figura III-208 a Figura III-210 apresentam ilustrações das condições meteorológicas e oceanográficas para alguns instantes do cenário determinístico mais frequente de inverno, a partir do início do derrame até o instante de maior proximidade da costa.

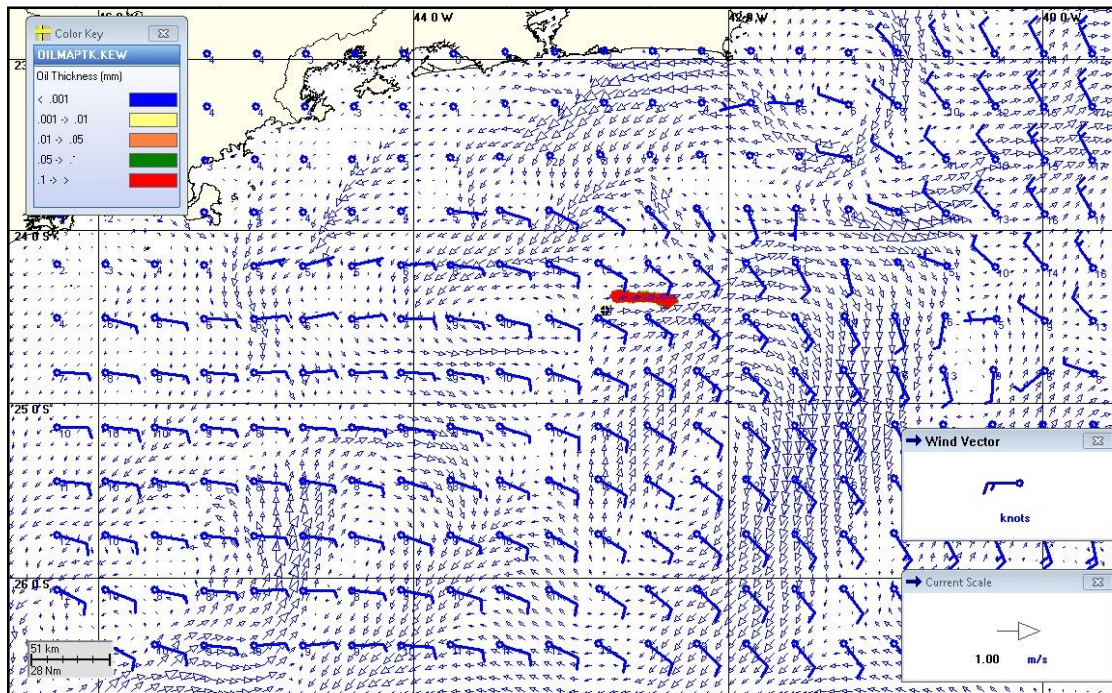


Figura III-208 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-SE.

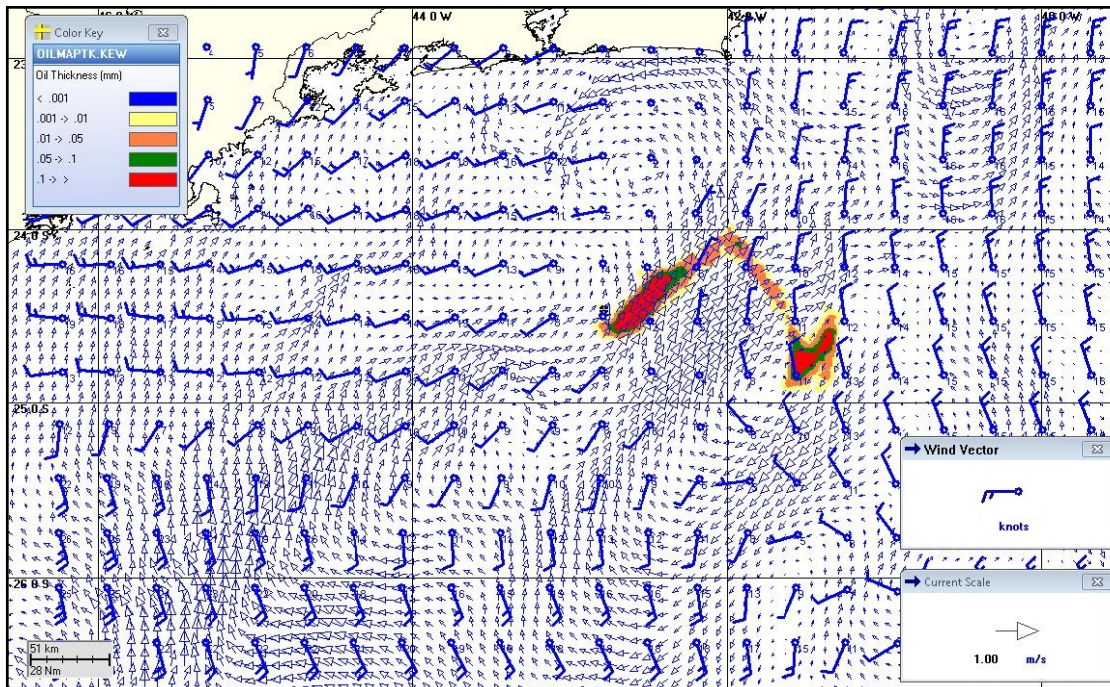


Figura III-209 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no início da simulação determinística mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-NE; Vento-N.

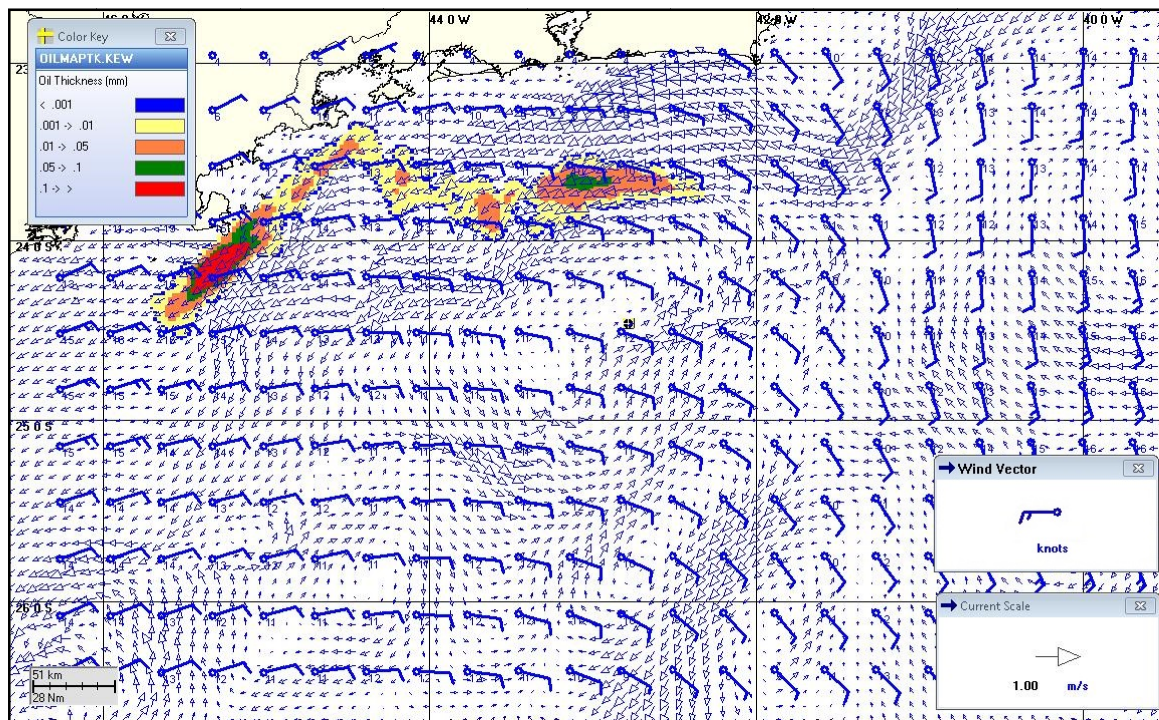


Figura III-210 - Condições meteorológicas e oceanográficas e espessuras da mancha de óleo no instante de maior proximidade da costa da simulação mais frequente do ponto P7, no inverno. Direção Predominante na mancha de óleo: Corrente-SW; Vento-E.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório são apresentados os estudos realizados para a determinação da trajetória e intemperismo de óleo decorrente de potenciais acidentes relativos às atividades de produção e escoamento de óleo e gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, Projeto Etapa 2, a partir de um conjunto de oito pontos de modelagem.

Foram simulados cenários probabilísticos e determinísticos (críticos e mais frequentes) de derrames de óleo, considerando: 1) o maior volume correspondente ao afundamento do FPSO de maior capacidade que irá atuar no âmbito do Projeto Etapa 2 (400.000,0 m³ derramados por 24 horas), calculado de acordo com a Resolução do CONAMA nº 398/08 (BRASIL, 2008); 2) condições sazonais de verão e inverno; e 3) características dos óleos que ocorrem em cada sub-região que compõe o Polo Pré-Sal.

O critério de parada utilizado nas simulações foi o tempo de 30 dias após o final do vazamento, ou seja, as simulações de afundamento de unidade (derrame ao longo de 24 horas) foram 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 chegada do óleo na costa (ou a menor distância para os casos nos quais não há probabilidade de toque na costa). Adicionalmente, foram realizadas simulações determinísticas referentes às condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes.

O sistema de modelos OILMAP da ASA-RPS foi utilizado para definir a área potencialmente ameaçada por derramamentos de óleo.

O campo de correntes característico dos padrões de circulação na região foi obtido a partir de um modelo numérico de mesoescala, baseado no HYCOM, desenvolvido pela PETROBRAS através do projeto REMO. Enquanto o campo de ventos foi baseado em dados de reanálise disponibilizados pelo NCEP.

Os resultados sobrepostos das simulações probabilísticas de pior caso, realizadas para os oito pontos do Polo Pré-Sal, mostraram que, no verão, a probabilidade de toque estende-se até uma região mais ao sul, num trecho de, aproximadamente, 1.668,2 km compreendido entre os municípios costeiros de Praia Grande (SP) e Santa Vitória do Palmar (RS). Já no inverno, as simulações alcançaram uma região um pouco mais ao norte, num trecho de, aproximadamente 1.489,0 km de Arraial do Cabo (RJ) até Laguna (SC).

Em condições de verão, observa-se a ocorrência de uma porcentagem maior de cenários com probabilidade de toque de óleo na costa quando comparado ao inverno. As maiores probabilidades de toque na costa ocorreram na Ilha Deserta, pertencente ao Município de Bombinhas (SC), sendo de 17% no verão e 14% no inverno.

O menor tempo de toque na costa foi calculado para o Município de Arraial do Cabo (RJ) durante o inverno, sendo de 129 horas. No verão, a Ilha da Galé, pertencente ao Município de Bombinhas (SC), apresentou o menor tempo de toque (375 horas). Para ambos os períodos, o menor tempo foi resultante dos cenários de derrame de pior caso e de 200 m², a partir do ponto P1 (verão) e do ponto P8 (inverno).

Através da análise dos resultados também é possível observar a influência dos diferentes tipos de óleos simulados. Os cenários do ponto de modelagem P5 e P6, conduzidos com os óleos 4-RJS-647 e 3-RJS-662-A, apresentaram áreas de probabilidade de óleo na superfície da água significativamente inferiores aos demais cenários. Associa-se este comportamento à baixa viscosidade destes dois óleos, cujos valores são, no mínimo, 50 vezes inferiores a viscosidade dos demais. Esta característica reduz a permanência do óleo na superfície da água, devido à maior dispersão e entranhamento.

Os resultados das simulações dos cenários determinísticos críticos mostraram que o maior volume final de óleo que chega à costa foi de 205.102,0 m³ para o verão e 30.566,0 m³ para o inverno, volumes estes resultantes dos cenários de derrame a partir dos pontos de modelagem P1 (verão) e P8 (inverno). Ainda com relação aos cenários determinísticos críticos, no geral, observa-se que a evaporação, a interação com a linha de costa e o

entranhamento, em alguns casos, são os principais processos responsáveis pela redução da massa de óleo nas simulações realizadas.

Nos cenários determinísticos para as condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes, observa-se que, somente os cenários de verão, simulados a partir dos pontos de modelagem P1 e P7, apresentaram toque de óleo na costa. Ambos os toques ocorreram 500 horas após o início do derrame e atingiram a Ilha da Galé (Bombinhas, SC) e a Ilha da Queimada Grande (Itanhaém, SP), respectivamente.

Em conclusão, este trabalho mostrou como a modelagem de derrames de óleo por área, considerando em cada ponto as hipóteses mais conservativas em relação ao tipo de óleo e volume de pior caso, fornece uma visão abrangente e integrada das possíveis trajetórias de óleos hipoteticamente derramados na região.

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

V BIBLIOGRAFIA

BLECK, R.; G.R. HALLIWELL Jr, A.J. WALLCRAFT, S.N. CARROLL, K. KELLY & K. RUSHING, 2002. User's Manual. Details of the numerical code [online]. Disponível na Internet via <<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.

CENPES (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello), 2012. Modelagem de derrame de óleo na Bacia de Santos para determinação do ano que constituirá a base hidrodinâmica da região Sudeste. RT TEO 079/2012. Relatório Parcial. Agosto 2012. 13pp.

IBAMA, 2009. Nota Técnica N°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.

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

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

VI EQUIPE TÉCNICA

Equipe da Empresa Consultora Tetra Tech Consultoria Ltda.

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

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

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

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

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

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

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

ANEXO A - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELOS OILMAP

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A.1 FORMULAÇÃO DO MODELO

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

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

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

onde

- Δt = passo de tempo (s);
- $\vec{X}_{t-\Delta t}$ = posição em $t - \Delta t$;
- \vec{U}_{oil} = velocidade da mancha (m/s).

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

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

onde

- \vec{U}_w = componente da velocidade devido ao vento e às ondas (m/s);
- \vec{U}_t = componente da velocidade devido às correntes de maré (m/s);
- \vec{U}_r = componente da velocidade devido ao fluxo residual (m/s);
- \vec{U}_e = componente da velocidade devido ao fluxo de Ekman (m/s);
- \vec{U}_p = componente da velocidade devido ao *blowout* (m/s);
- α = 0 para derrame de superfície, 1 para subsuperfície;
- β = 0 para derrame sem *blowout*, 1 para *blowout*.

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

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

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

onde

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

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

C_1 = fator de deriva (%).

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

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

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

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

onde

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

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

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

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

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

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

onde

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

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

Δt = passo de tempo (s);

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

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

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

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

onde

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

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

V_m = volume da superfície da mancha (m³);

t = tempo (s).

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

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

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

onde

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

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

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

R_s = raio de uma partícula (m);

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

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

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

onde

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

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

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

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

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

onde

T_0 = ponto de ebulição inicial (K);

T_G = gradiente da curva de destilação modificada;

T = temperatura do ambiente (K);

A, B = constantes adimensionais;

θ = exposição à evaporação.

A exposição à evaporação, θ , é definida por:

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

onde

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

A = área da mancha (m²);

t = tempo (s);

V_0 = volume do derrame de óleo (m³).

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

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

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

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

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

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

onde

- P = pressão do vapor do óleo (atm);
- V = volume do óleo (m^3);
- R = constante universal dos gases;
- T = temperatura ambiente (K).

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

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

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

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

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

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

onde

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

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

S = fração da superfície do mar coberta pelo óleo;

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

d = diâmetro da partícula de óleo (m);

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

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

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

onde

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm^3);

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

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

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

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

onde

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

μ = viscosidade do óleo (cP);

ρ = densidade do óleo (g/cm^3).

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

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

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

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

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

onde

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

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

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

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

onde

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

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

T_w = período de onda significativo (s).

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

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

onde

A = área superficial da mancha (m^2);

dt = passo de tempo (s);

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

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

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

onde

H_b = altura da quebra da onda (m).

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

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

onde

d_i = diâmetro da gotícula (m);

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

ρ_0 = densidade do óleo (kg/m^3);

ρ_w = densidade da água (kg/m^3);

ν_w = viscosidade da água (m^2/s).

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

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

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

onde

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

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

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

onde

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

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

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

onde

dt = passo de tempo (s).

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

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

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

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

onde

U_w = velocidade do vento (m/s);

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

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

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

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

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

onde

μ_0 = viscosidade inicial do óleo (cP);

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

C_0 = constante de emulsificação (~0,65).

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

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

onde

μ_0 = viscosidade inicial do óleo (cP);

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

F_v = fração evaporada da superfície da mancha.

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

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

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

onde

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

A_s = área de uma partícula na superfície.

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

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

onde

i = parâmetro do tipo de costa;

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

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

W_i = largura do elemento de grade atingido pelo óleo;

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

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

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

onde

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

t = tempo (dias);

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

A.2 DADOS DE ENTRADA

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

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

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

A.3 BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANEXO B - TESTES PARA DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS PROBABILÍSTICOS

O número de simulações adotado para a modelagem probabilística de transporte de óleo foi definido com base em testes preliminares realizados com diferentes números de simulações. Nestes testes buscou-se identificar a quantidade mínima, ou quantidade ideal, de simulações que representa uma estabilização no padrão do deslocamento do óleo.

A seguir, são apresentados os resultados obtidos para cenários com 600 e 800 simulações, referentes ao ponto de modelagem P1, para o período de verão e hipótese acidental de pior caso. Na Figura B1 são apresentados os contornos de probabilidade de óleo na água e de tempo mínimo de deslocamento do óleo na água, para cada um dos cenários. Observa-se que, apesar de o cenário com 800 simulações apresentar um aumento de 33,3 % no número de simulações utilizado no presente estudo (600 simulações), os resultados não apresentam variações significativas.

Desta forma, com base nos testes realizados, observou-se que os cenários com 600 simulações apresentam um padrão de deslocamento similar aos cenários com 800 simulações. Aumentando o número de simulações, a partir dessa quantidade, não ocorrem variações significativas nos resultados da modelagem. Devido ao elevado tempo computacional para o processamento de um maior número de simulações, optou-se pela realização de cenários probabilísticos com 600 simulações.

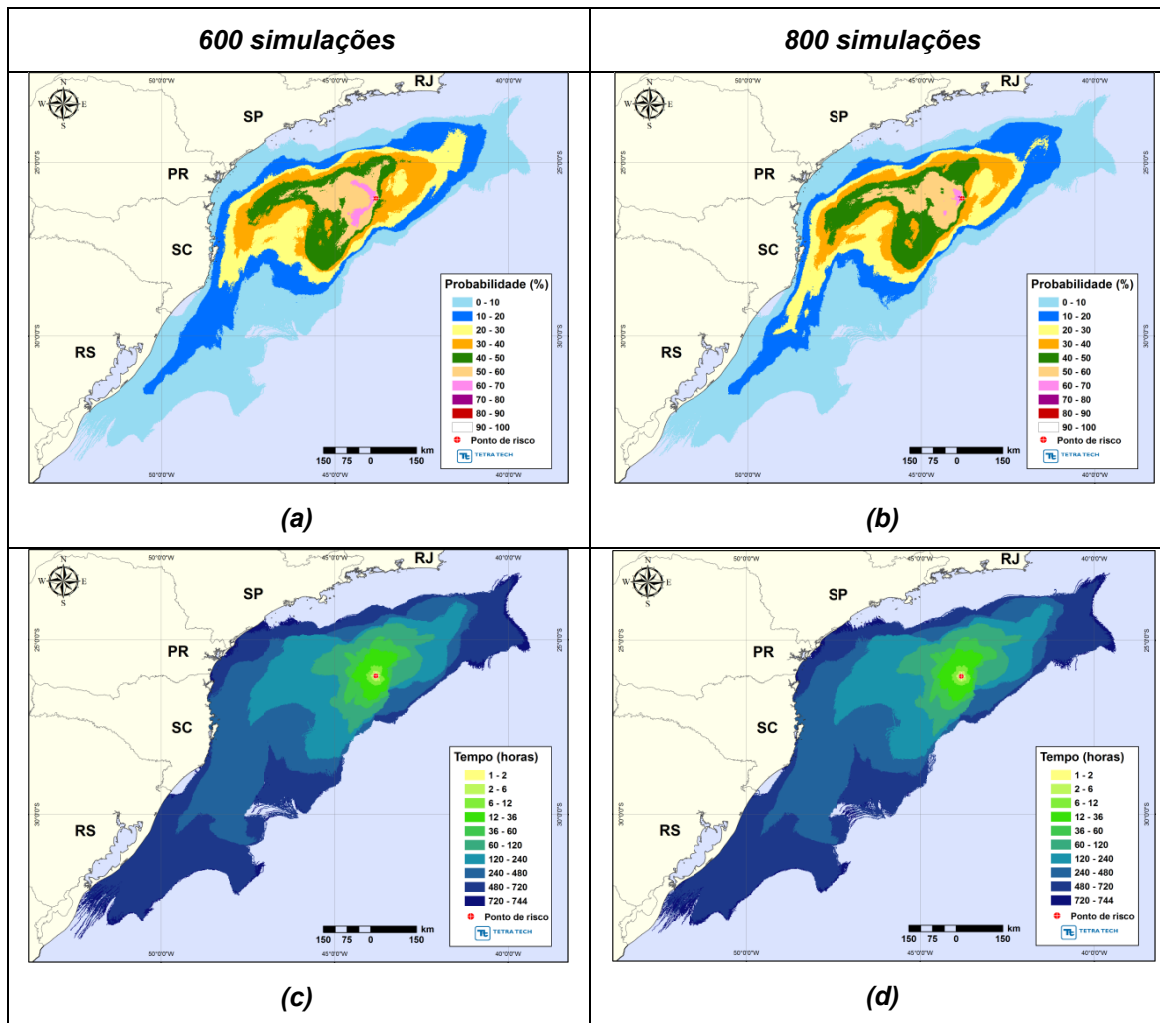


Figura B1 - Contornos de probabilidade do óleo na água (a e b) e de tempo mínimo de deslocamento do óleo (c e d) para o cenário de pior caso do ponto de modelagem P1, durante período de verão. Comparação de resultados com 600 e com 800 simulações.

ANEXO C - ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS MAIS FREQUENTES

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

A Figura C-1 apresenta estes resultados para os pontos 1 a 8 durante o período de verão enquanto que a Figura C-2 apresenta os resultados para o período de inverno. Fica evidente que os pontos mais próximos à costa apresentam maior variabilidade, provavelmente devido à maior influência da passagem de sistemas frontais e da ação de vórtices gerados pelo fluxo da Corrente do Brasil; os pontos mais distantes apresentam um padrão mais definido, independente da estação.

Durante o verão, os pontos P1 e P2 apresentam grande variabilidade, não havendo um fluxo bem definido na região. A série de dados extraída para os pontos P3, P4 e P5 apresenta menor variabilidade, havendo duas direções predominantes. Os pontos restantes apresentam padrão definido, com uma direção predominante.

Com relação ao inverno, todos os pontos com exceção de P2 e P4 apresentam padrão definido, contanto com uma direção predominante. Nos pontos P2 e P4 a corrente apresenta um grande espalhamento nas direções observadas.

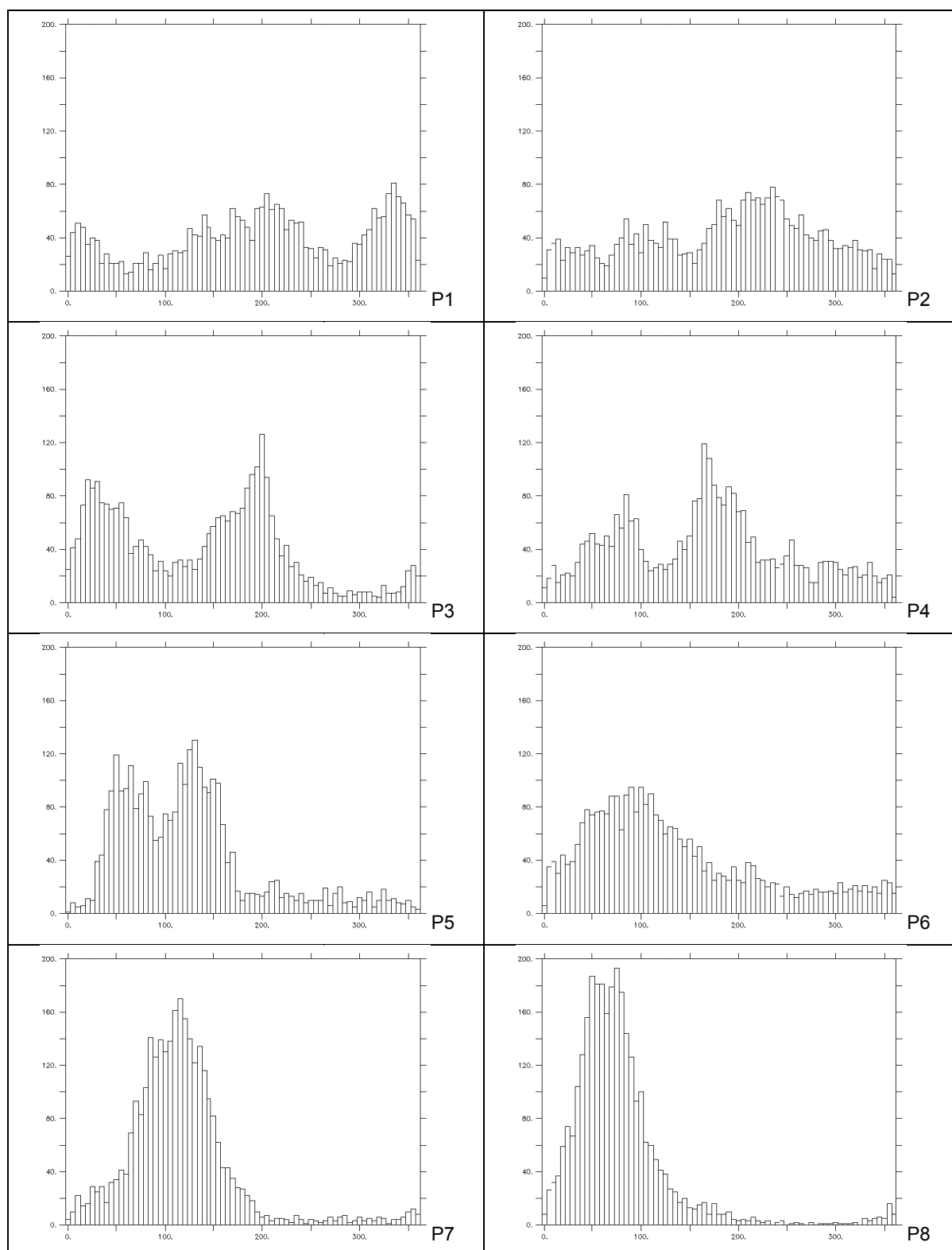


Figura C-1 - Histogramas de ocorrência de direção de corrente (considerando intervalo de 5°, em número de ocorrências) para o período de verão (janeiro a março).

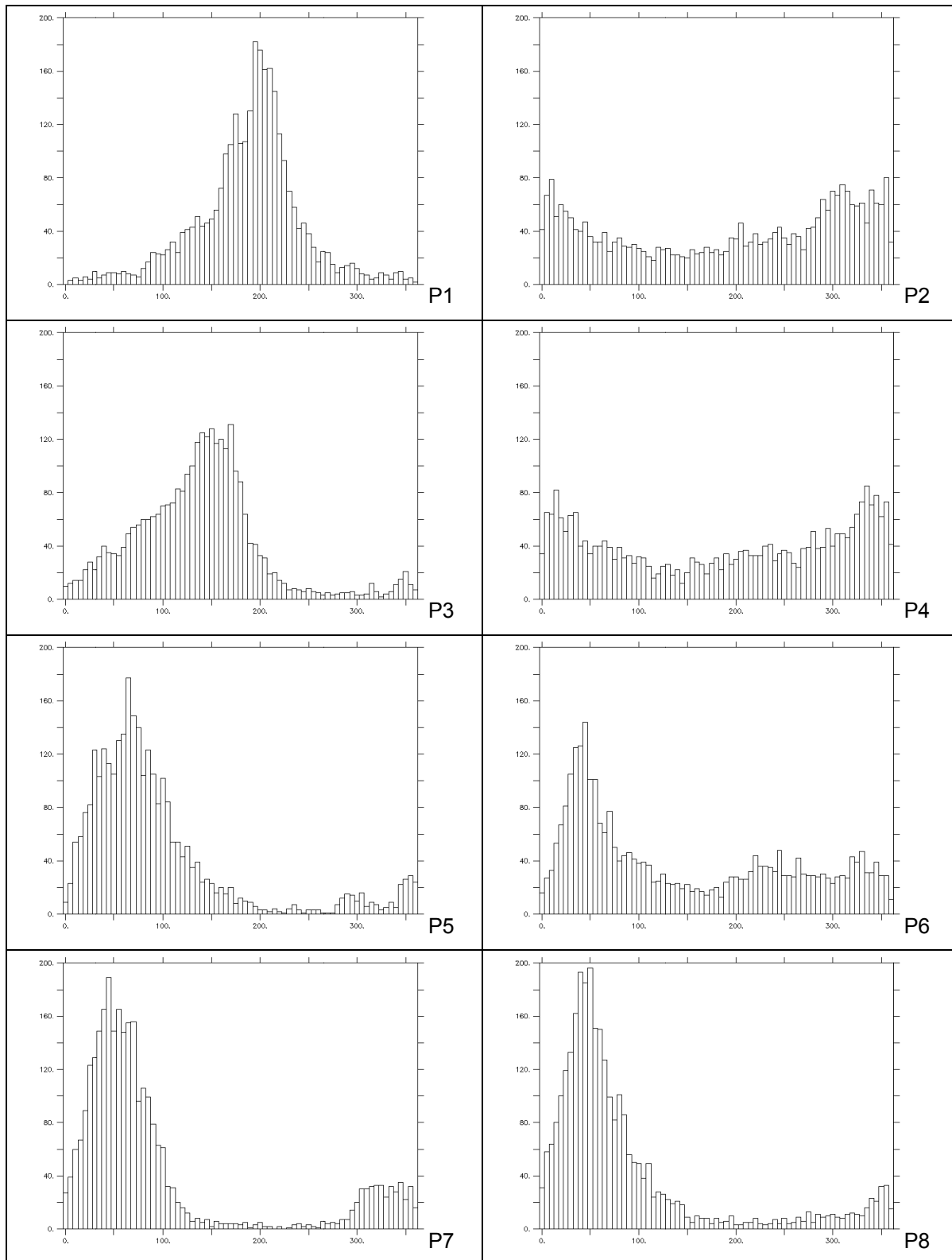


Figura C-2 - Histogramas de ocorrência de direção de corrente (considerando intervalo de 5°, em número de ocorrências) para o período de inverno (junho a agosto).

Com relação ao padrão de vento, não há grande diferença entre os períodos de verão e inverno, sendo bem marcada a predominância dos ventos de NNE, direção ligada à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

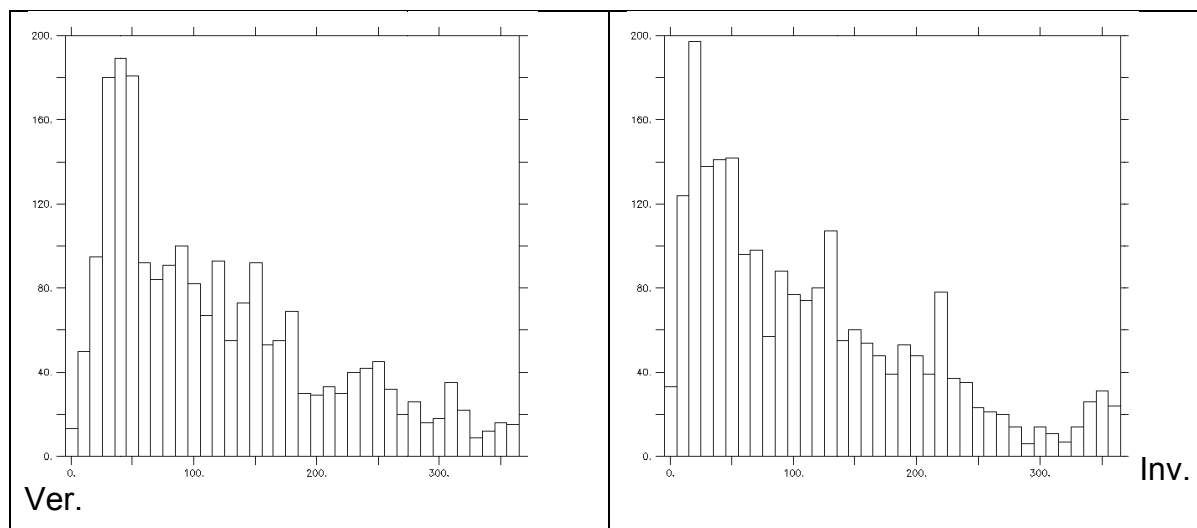


Figura C-3 - Histogramas de ocorrência de direção do vento (considerando intervalo de 5°, em número de ocorrências) para os períodos de verão (janeiro a março) inverno (junho a agosto).

ANEXO D – MODELAGEM DE DERRAME DE DIESEL MARÍTIMO A PARTIR DO GASODUTO LULA NORTE – FRANCO NOROESTE

Com o objetivo de dar suporte à PETROBRAS na elaboração dos estudos ambientais para a atividade de produção e escoamento de óleo e gás do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, Projeto Etapa 2, apresenta-se, neste anexo, os dados de entrada e resultados das simulações com óleo diesel marítimo para o Gasoduto Lula Norte - Franco Noroeste.

A Figura D-1 apresenta a localização do ponto de modelagem para o qual foram realizadas as simulações numéricas de potenciais acidentes com derrame de óleo diesel marítimo.

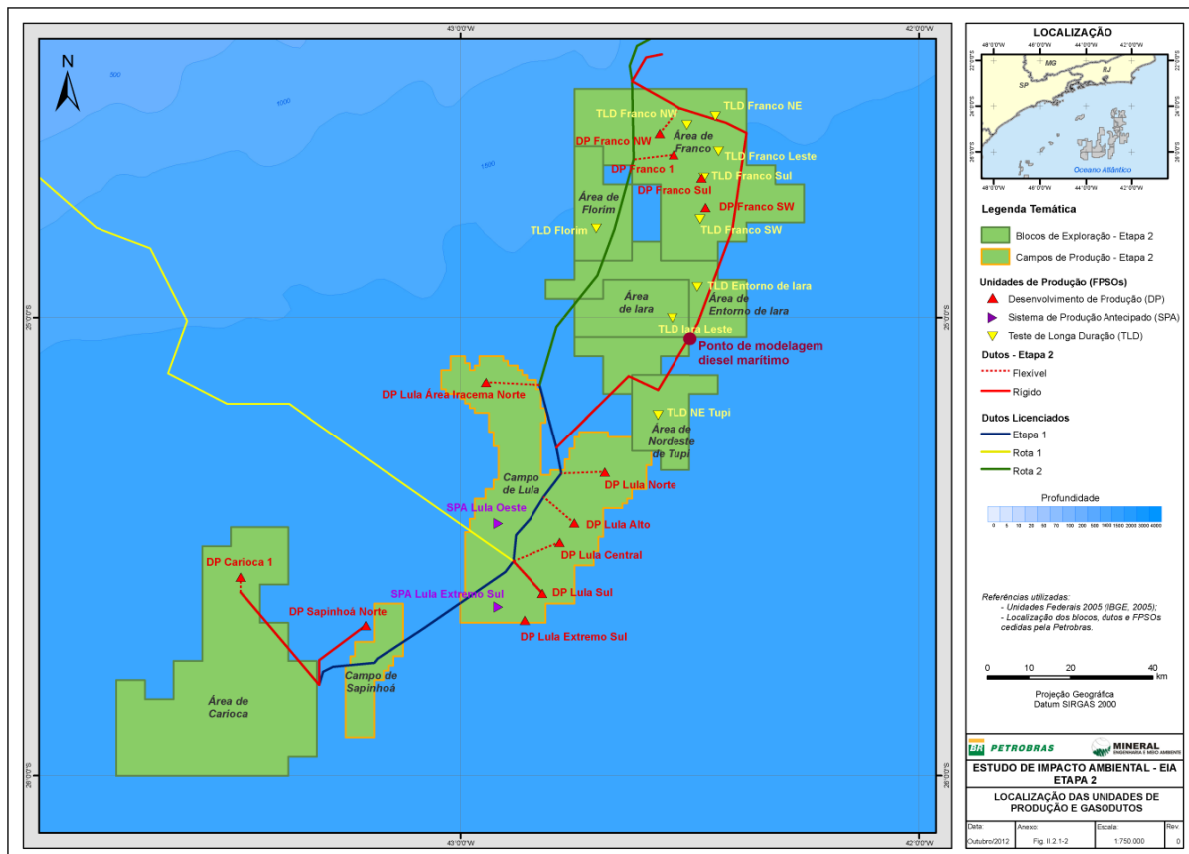


Figura D-1 - Localização do ponto de modelagem. Fonte: PETROBRAS.

Os campos de vento e de correntes utilizado na modelagem de derrame de diesel marítimo são os mesmos apresentados no Capítulo II do presente relatório.

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

A seguir, o Item D.2 descreve os cenários acidentais de óleo e suas características. Os resultados das simulações probabilísticas são apresentados no Capítulo D.3.

D.1 MODELAGEM DE DERRAME DE DIESEL MARÍTIMO

Na modelagem de derrame de diesel marítimo foi utilizado o modelo OILMAP, desenvolvido pela ASA-RPS (Anexo A do presente relatório). Este modelo é uma ferramenta utilizada para o acompanhamento e previsão do deslocamento e intemperismo de qualquer tipo de óleo derramado em acidentes com petróleo.

D.1.1 Ponto de Modelagem e Volumes de Derrame

A posição geográfica do ponto de modelagem foi definida de modo a representar o Gasoduto Lula Norte - Franco Noroeste, no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, Projeto Etapa 2. A Tabela D-1 apresenta as coordenadas geográficas do mesmo (*datum* SIRGAS2000).

Tabela D-1 - Coordenadas (SIRGAS2000) do ponto de modelagem.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
GASODUTO	24°55'02,01"S	42°29'51,09"W

Fonte: PETROBRAS.

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

- a. Pequeno: 8,0 m³;
- b. Médio: 200,0 m³;
- c. Pior caso: 1.500,0 m³.

Todos os cenários simulados consideram que o vazamento de todo o volume de diesel marítimo foi instantâneo, ou seja, no instante inicial das simulações.

D.1.2 Características do Produto Utilizado

O produto de derrame adotado nas simulações foi o óleo diesel marítimo. As informações foram fornecidas pela PETROBRAS e complementadas com o banco de dados da TETRA TECH; as mesmas encontram-se na Tabela D-2.

Tabela D-2 - Características do óleo Diesel Marítimo.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	<i>DIESEL MARÍTIMO</i>
Grau API	31,30
Densidade (g/cm ³)	0,869
Viscosidade dinâmica (cP) a 20°C	11,5
Tensão interfacial (din./cm)	20,00
Ponto de ebulição inicial (K)	453,70
Gradiente da curva de evaporação	241,33
Constante de evaporação A	15,99
Constante de evaporação B	16,25

Fonte: PETROBRAS/TETRA TECH.

D.1.3 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).

D.1.4 Resumo dos Cenários Simulados

As simulações para a determinação da dispersão de diesel marítimo foram realizadas utilizando-se o modelo OILMAP no modo probabilístico, considerando duas sazonalidades; verão (janeiro a março) e ao inverno (junho a agosto). A Tabela D-3 apresenta um resumo dos cenários simulados.

Tabela D-3 - Cenários considerados nas simulações probabilísticas.

CENÁRIOS	PRODUTO (PETRÓLEO)	VOLUME (m ³)	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	ESTAÇÃO DO ANO
GASODUTO_DIESEL_VER_8	Diesel Marítimo	8,0	Instantâneo	30 dias	Verão
GASODUTO_DIESEL_VER_200	Diesel Marítimo	200,0	Instantâneo	30 dias	Verão
GASODUTO_DIESEL_VER_PC	Diesel Marítimo	1.500,0	Instantâneo	30 dias	Verão
GASODUTO_DIESEL_INV_8	Diesel Marítimo	8,0	Instantâneo	30 dias	Inverno
GASODUTO_DIESEL_NV_200	Diesel Marítimo	200,0	Instantâneo	30 dias	Inverno
GASODUTO_DIESEL_NV_PC	Diesel Marítimo	1.500,0	Instantâneo	30 dias	Inverno

D.2 RESULTADOS DA MODELAGEM DE DERRAME DE DIESEL MARÍTIMO

Neste item são apresentados os resultados das simulações probabilísticas de derrame de diesel marítimo no Gasoduto Lula Norte - Franco Noroeste.

Cabe aqui ressaltar que, em todas as ilustrações de intervalos de probabilidade de óleo na água e costa, apresentadas a seguir, o valor correspondente ao limite superior dos intervalos da escala de cores está incluído na classe. Assim, por exemplo, no intervalo de probabilidade de 10-20% estão incluídas as probabilidades superiores a 10% e menores ou iguais a 20%.

As ilustrações dos contornos de tempo correspondem ao tempo mínimo de deslocamento de diesel marítimo 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.

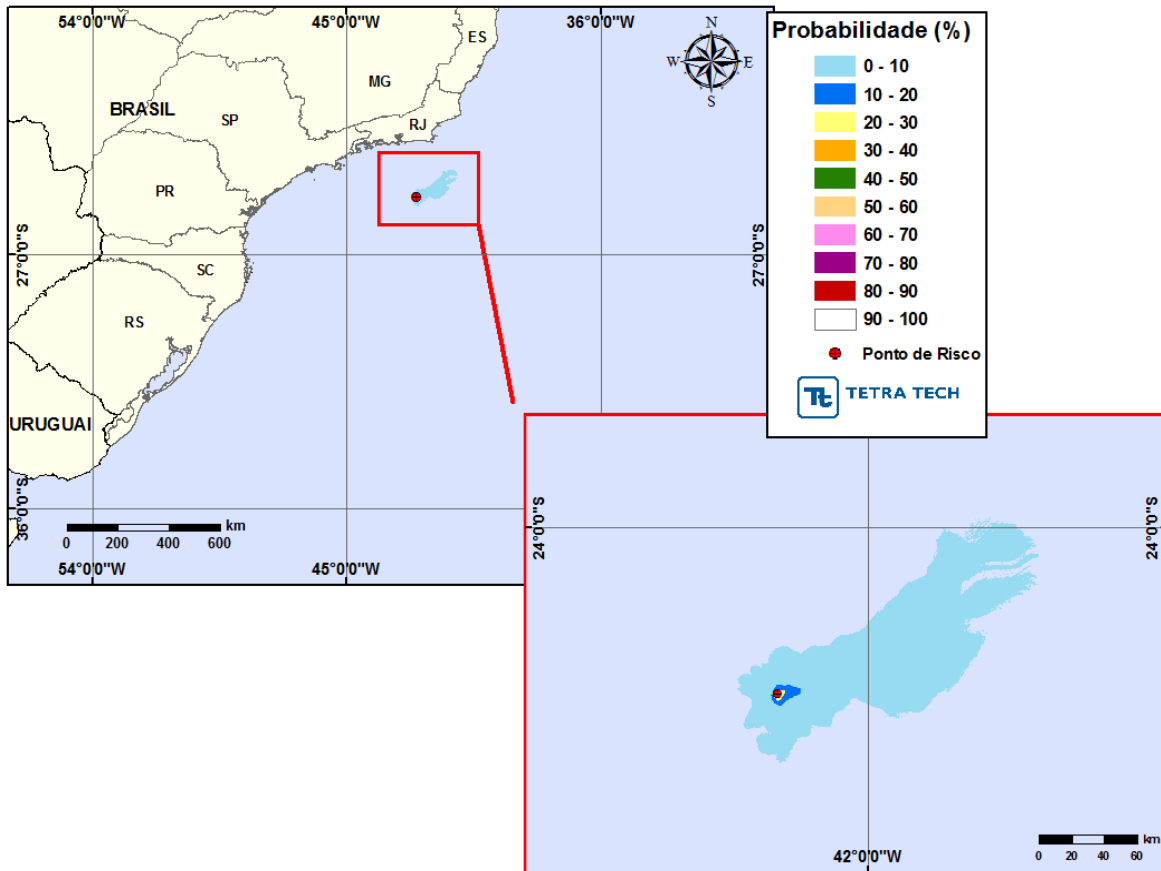


Figura D-2 - Cenário GASODUTO_VER_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

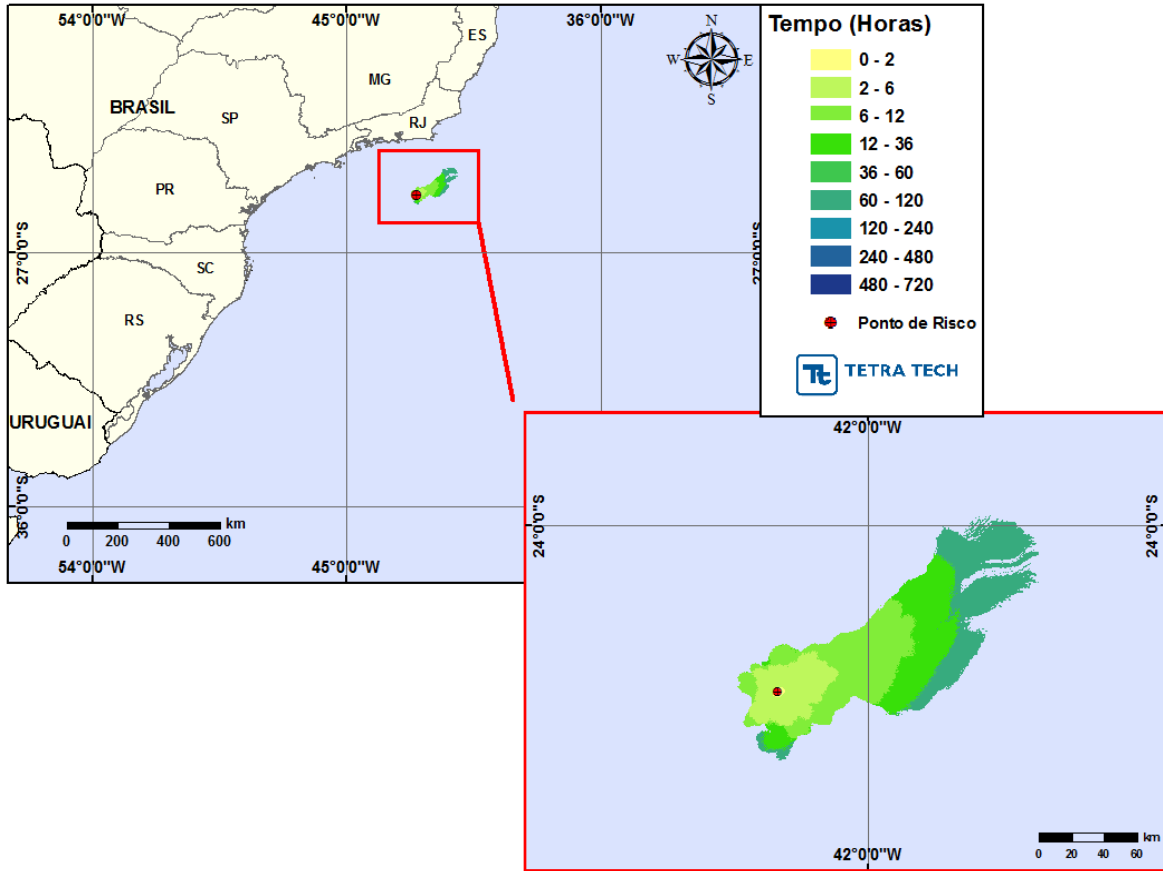


Figura D-3 - Cenário GASODUTO_VER_8. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

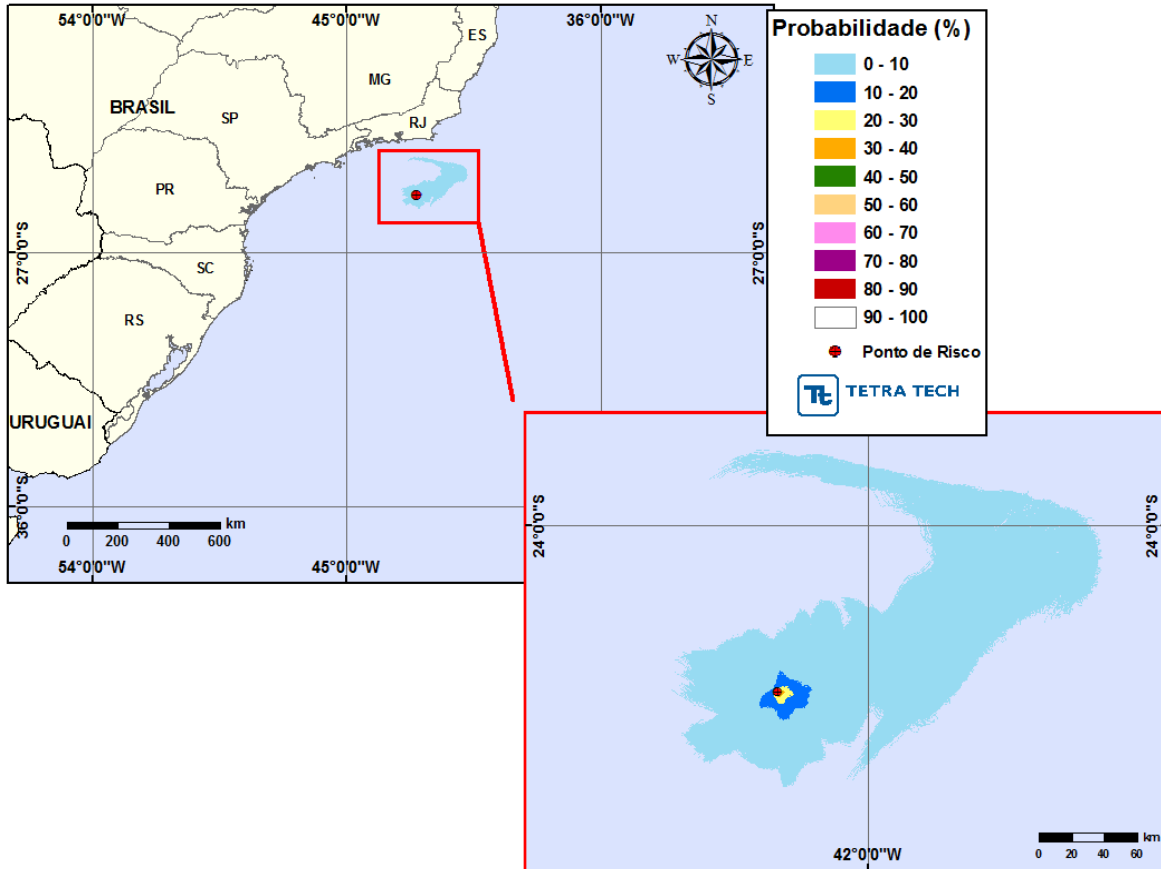


Figura D-4 - Cenário GASODUTO_VER_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

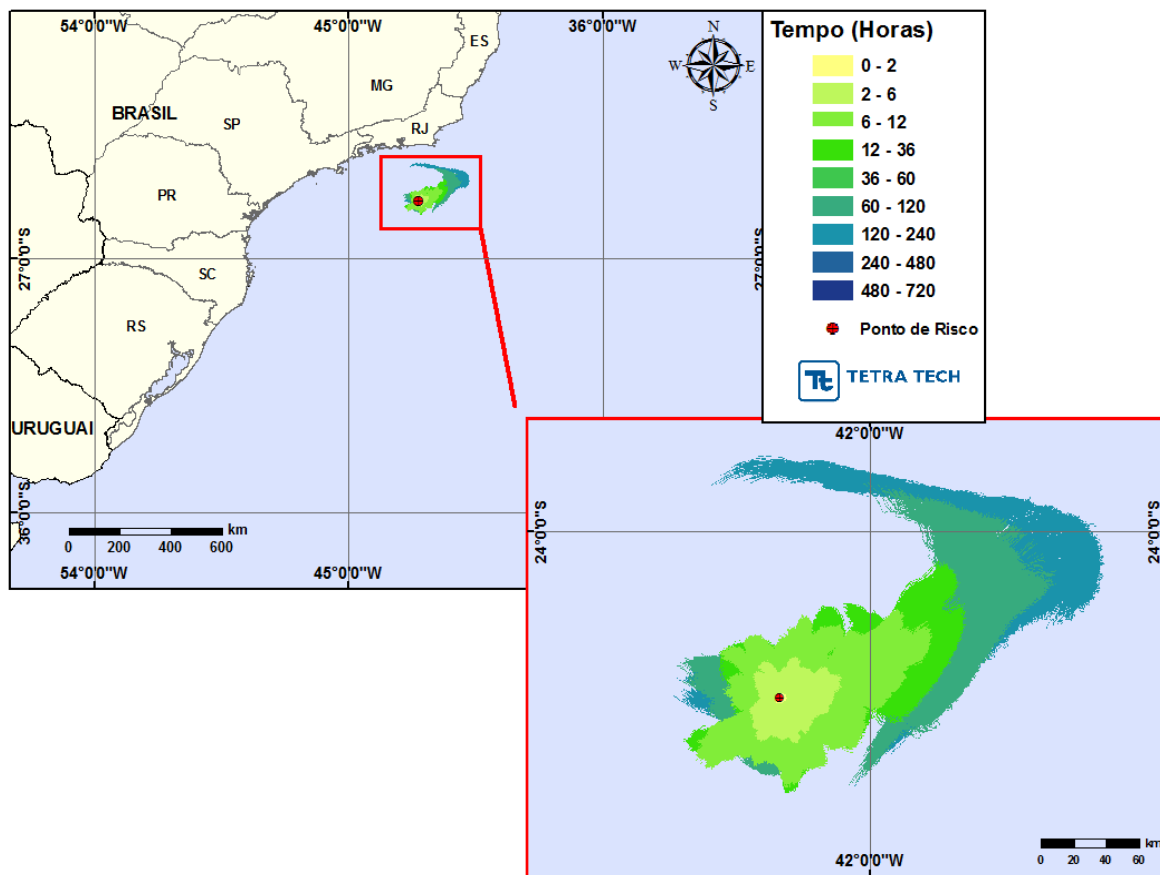


Figura D-5 - Cenário GASODUTO_VER_200. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

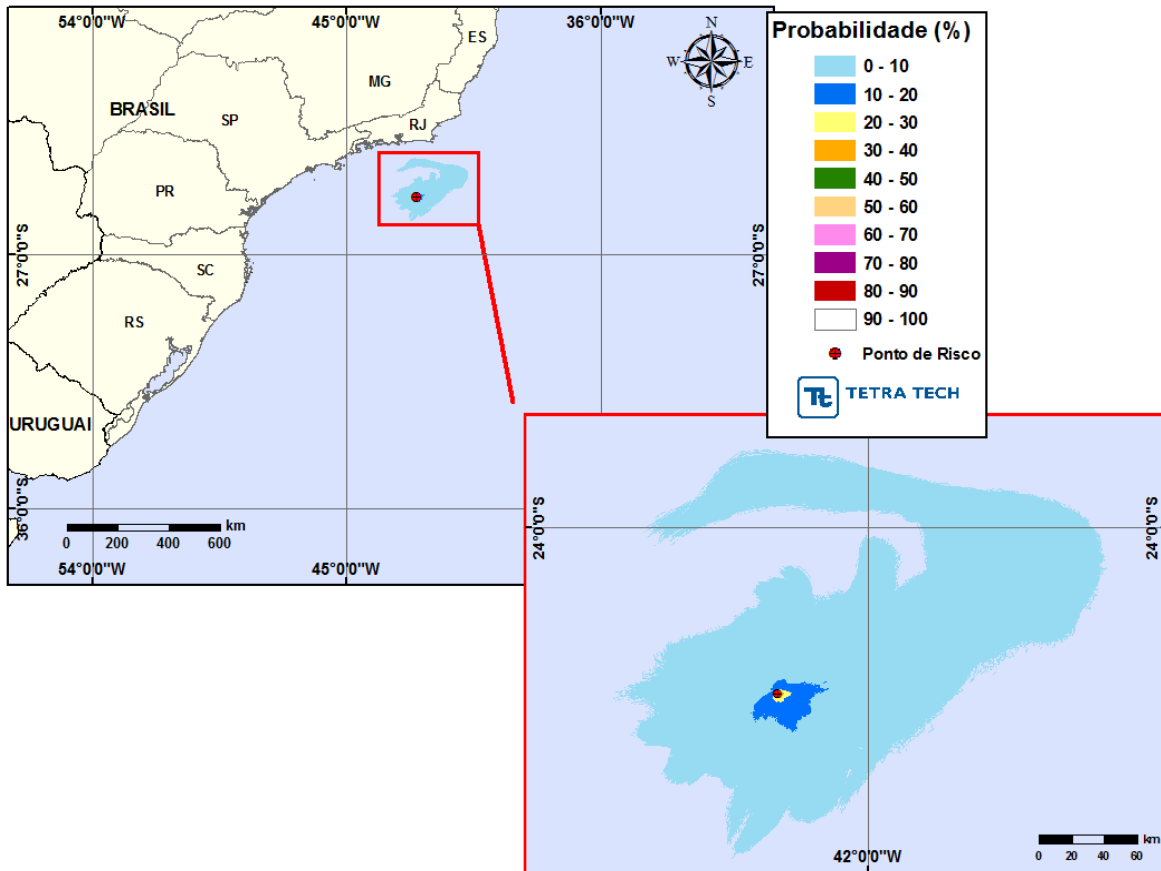


Figura D-6 - Cenário GASODUTO_VER_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 1.500,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

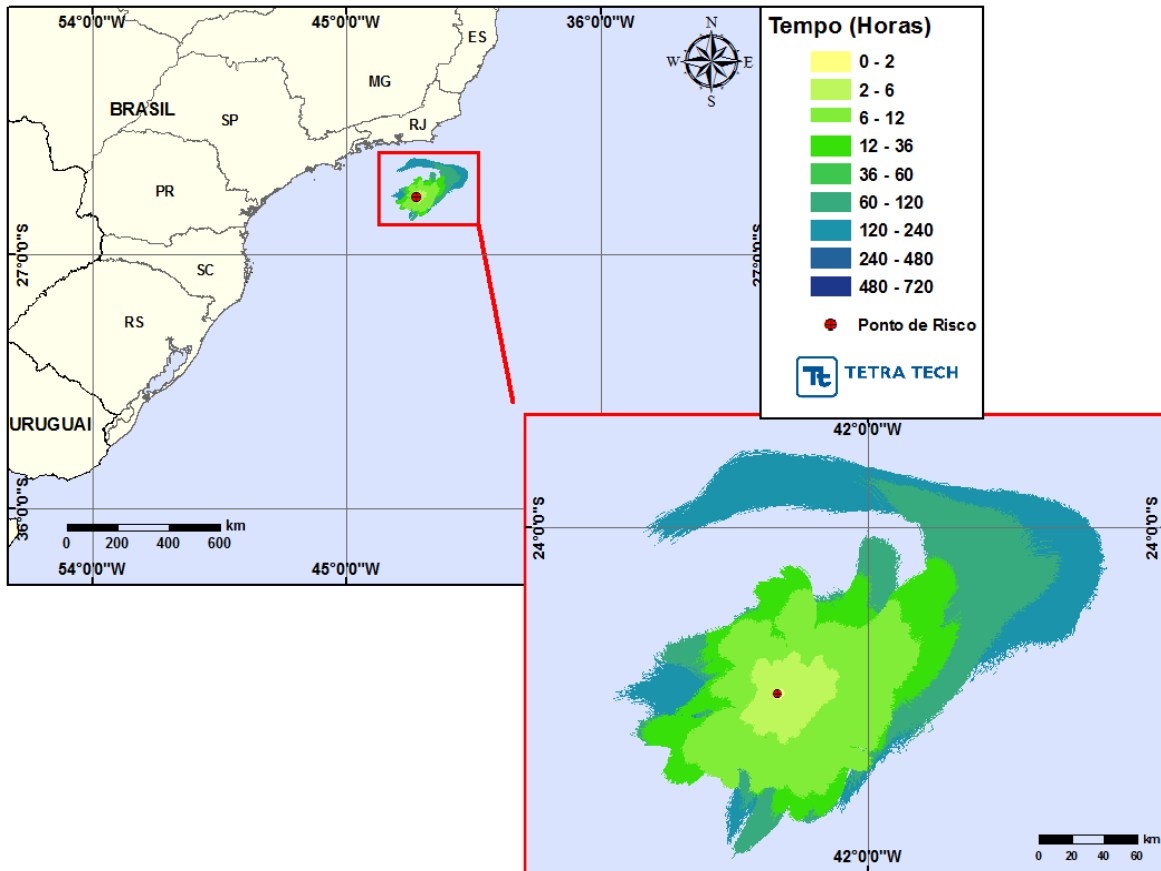


Figura D-7 - Cenário GASODUTO_VER_PC. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de verão (janeiro a março), com derrame de 1.500,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

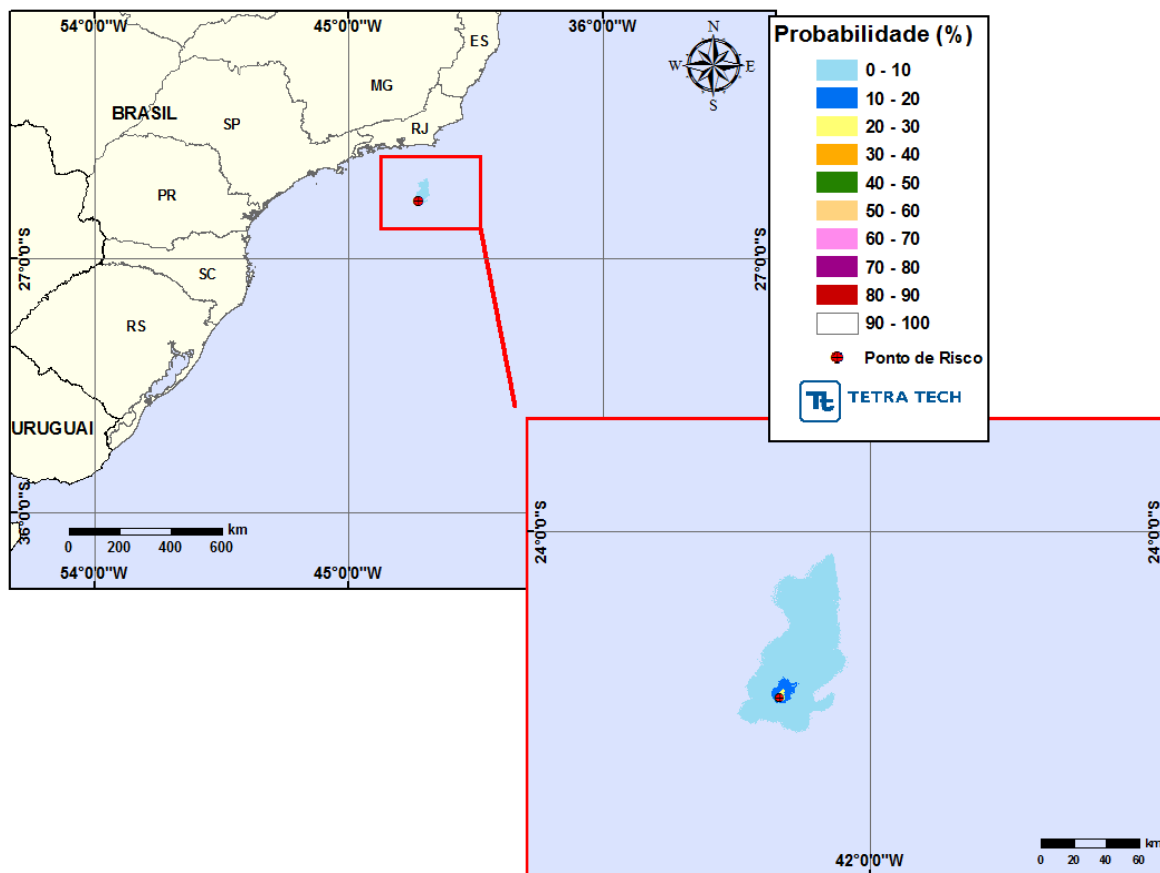


Figura D-8 - Cenário GASODUTO_INV_8. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

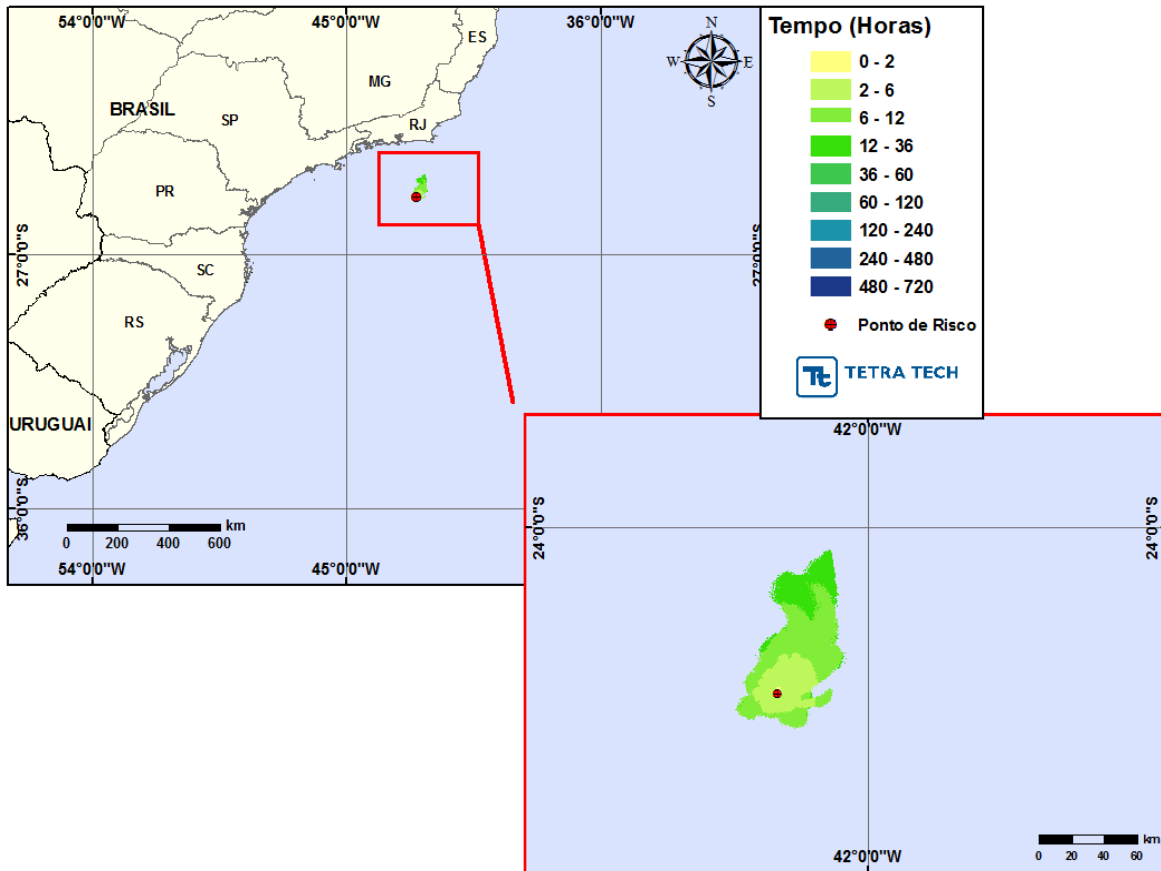


Figura D-9 - Cenário GASODUTO_INV_8. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 8,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

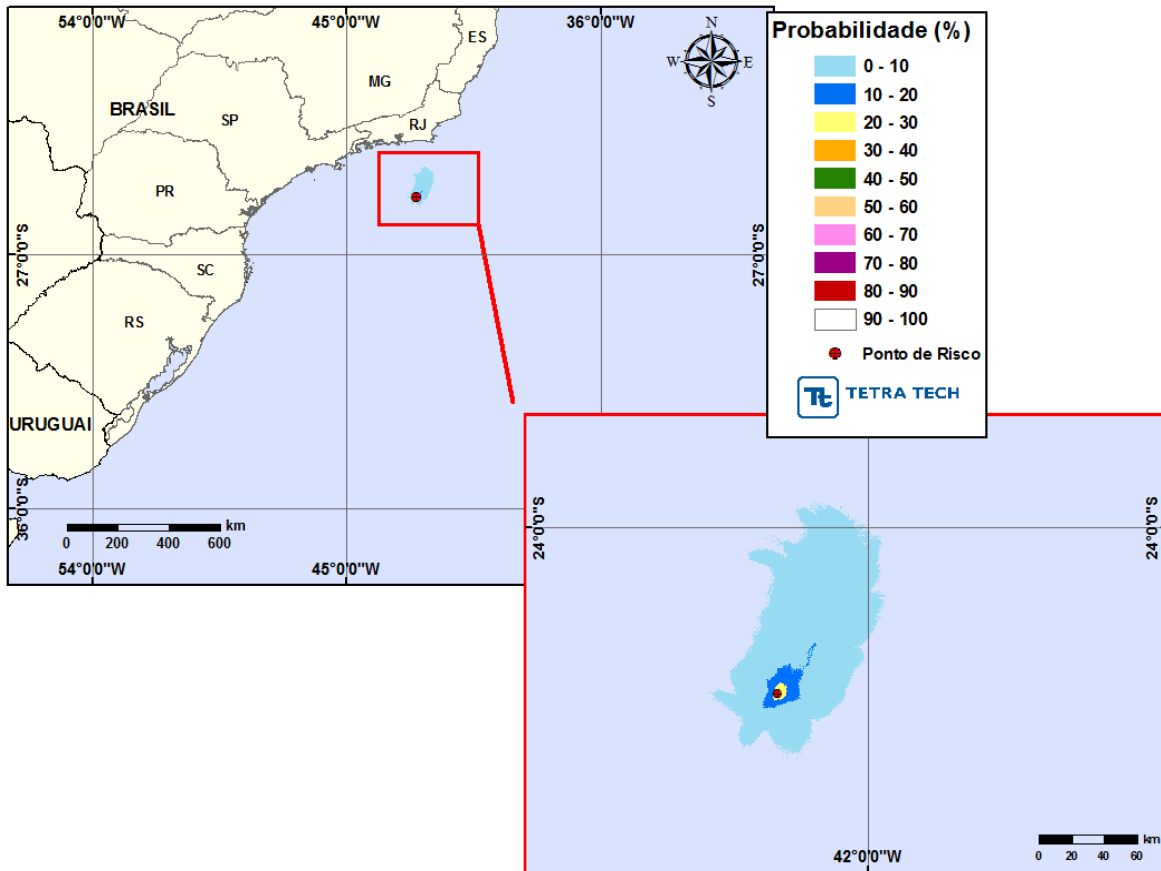


Figura D-10 - Cenário GASODUTO_INV_200. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

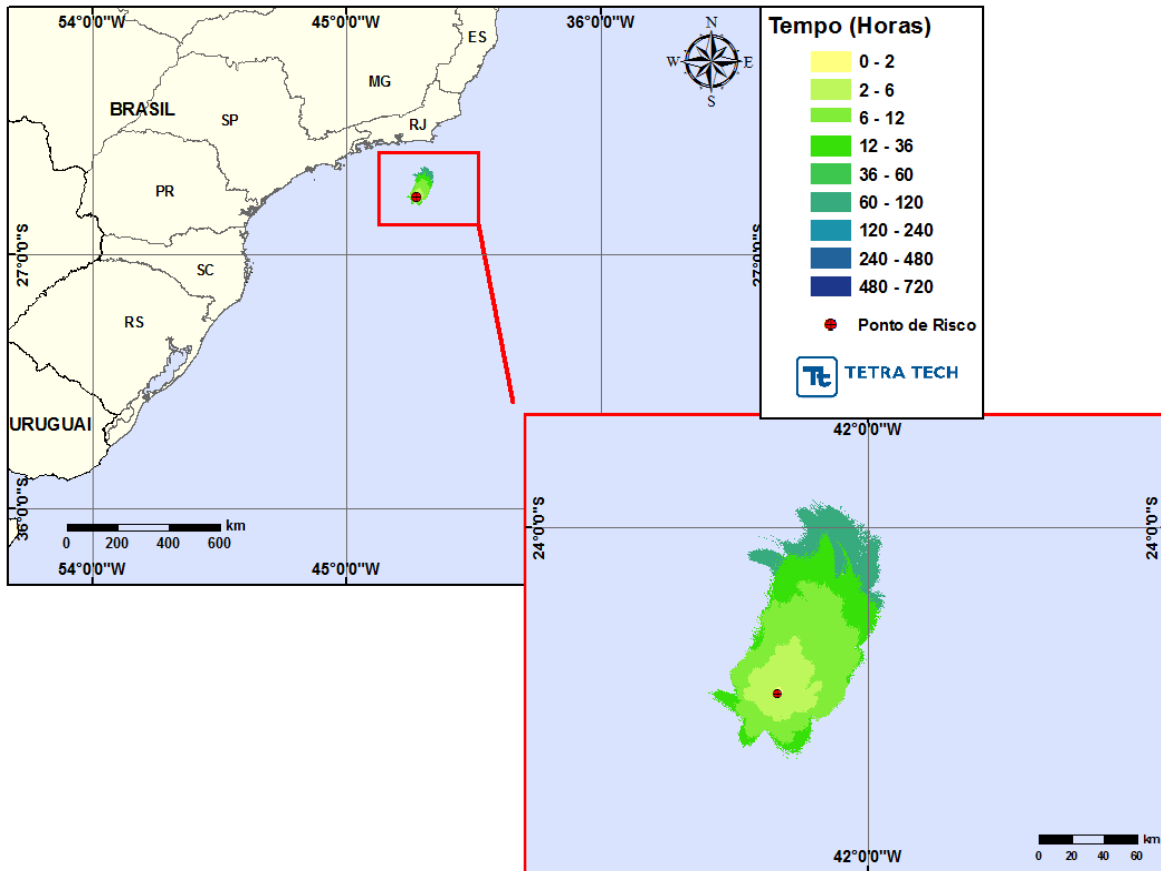


Figura D-11 - Cenário GASODUTO_INV_200. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 200,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

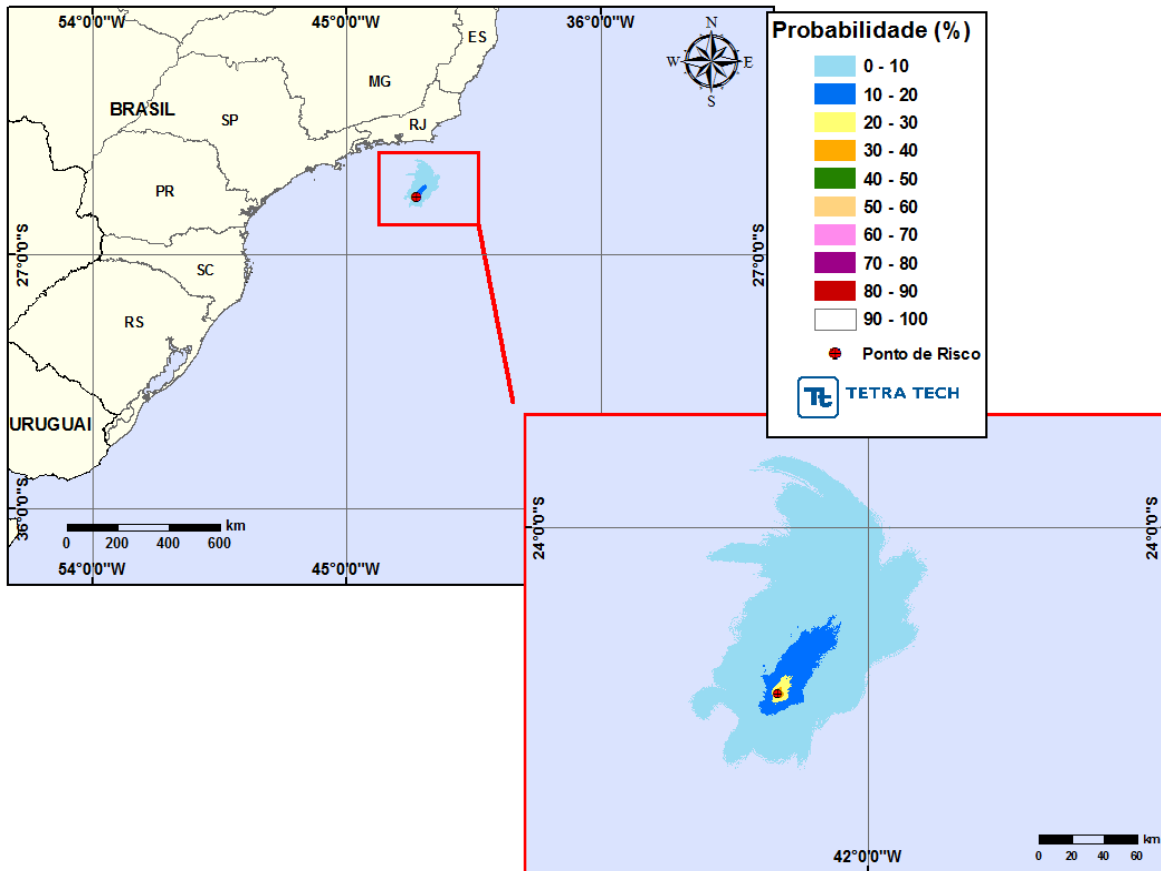


Figura D-12 - Cenário GASODUTO_INV_PC. Contornos de probabilidade de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 1.500,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

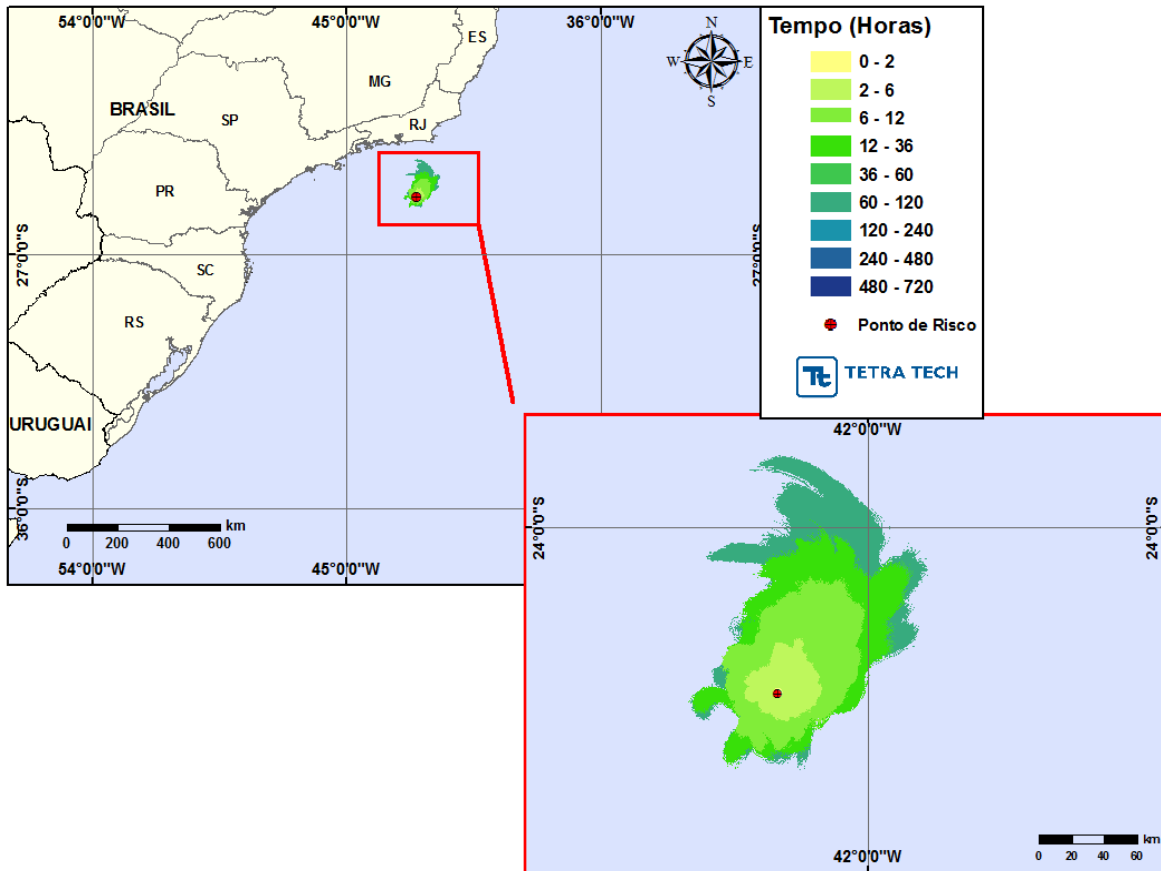


Figura D-13 - Cenário GASODUTO_INV_PC. Contornos de tempo de deslocamento de óleo na água para um acidente ocorrendo a partir do gasoduto, durante os meses de inverno (junho a agosto), com derrame de 1.500,0 m³ (instantâneo), após 30 dias de simulação.

D.3 BIBLIOGRAFIA

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

IBAMA, 2009. Nota Técnica N°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.