



RELATÓRIO TÉCNICO [REV. 00]  
**MODELAGEM DE TRANSPORTE DE ÓLEO**  
Blocos BM-ES-37-38-39-40-41

Preparado para:  
ECOLOGY | PERENCO

Preparado por:  
Anna Paula Fagundes  
Leandro Calil  
Leonardo Marques da Cruz

Revisado por:  
Júlio Augusto de Castro Pellegrini

26 de Agosto de 2009

**PROOCEANO**

AV. RIO BRANCO, 311 / 1224 CENTRO  
CEP 20.0040-009 RIO DE JANEIRO RJ  
TEL | FAX +55 21 2532-5666  
WWW.PROOCEANO.COM.BR

RELATÓRIO TÉCNICO [REV.00]

**MODELAGEM DE TRANSPORTE DE ÓLEO**  
**Blocos BM-ES-37-38-39-40-41**

Preparado para:  
ECOLOGY | PERENCO

Preparado por:  
Anna Paula Fagundes  
Leandro Calil  
Leonardo Marques da Cruz

Revisado por:  
Júlio Augusto de Castro Pellegrini

26 de Agosto de 2009



**ÍNDICE:**

Lista de Figuras .....	4
Lista de Tabelas .....	15
I..... INTRODUÇÃO .....	17
II..... METODOLOGIA .....	18
II.1.    Modelo de transporte e dispersão de poluentes. ....	18
II.1.1. <i>Modo Determinístico</i> .....	18
II.1.2. <i>Modo Probabilístico</i> .....	26
III... CARACTERÍSTICAS DA SIMULAÇÃO .....	28
IV.... FORÇANTES .....	29
IV.1.    Variabilidade Ambiental .....	34
V..... RESULTADOS .....	35
V.1.    Ponto de Fronteira 1 .....	37
V.1.1. <i>Modo Probabilístico</i> .....	37
V.1.2. <i>Modo Determinístico</i> .....	69
V.2.    Ponto de Fronteira 2 .....	97
V.2.1. <i>Modo Probabilístico</i> .....	97
V.2.2. <i>Modo Determinístico</i> .....	129
V.3.    Ponto de Fronteira 3 .....	157
V.3.1. <i>Modo Probabilístico</i> .....	157
V.3.2. <i>Modo Determinístico</i> .....	189
V.4.    Ponto de Fronteira 4 .....	217
V.4.1. <i>Modo Probabilístico</i> .....	217
V.4.2. <i>Modo Determinístico</i> .....	249
V.5.    Balanços de Massa (ou Processos do Intemperismo) .....	281
VI.... CONCLUSÃO .....	284

**VII . BIBLIOGRAFIA ..... 286**
**Lista de Figuras**

Figura 1: Localização dos blocos (BM-ES-37-38-39-40-41) e pontos de fronteira. Legenda: em preto – limite dos blocos; PF – pontos de fronteira .....	17
Figura 2: Representação esquemática da separação sazonal dos dados para a modelagem probabilística. ....	26
Figura 3: Representação esquemática da combinação dos dados de vento e corrente para a simulação probabilística. ....	27
Figura 4: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença de constituinte no STROLL.....	28
Figura 5: Rosa dos ventos nos meses de janeiro a junho na região do Bloco BM-ES-37-38-39-40-41..	32
Figura 6: Rosa dos ventos nos meses de julho a dezembro na região do Bloco BM- ES-37-38-39-40-41..	33
Figura 7: Séries temporais das componentes “u” e “v”, do vento, para a região dos blocos BM-ES-37-38-39-40-41, com o número de zeros ascendentes presentes nas séries. ....	35
Figura 8: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	38
Figura 9: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	39
Figura 10: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	40
Figura 11: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	41
Figura 12: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	43
Figura 13: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	44
Figura 14: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	45
Figura 15: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	46
Figura 16: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	48
Figura 17: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	49
Figura 18: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.....	50
Figura 19: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 1. ....	51
Figura 20: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	52
Figura 21: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	53

Figura 22: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1. ....	54
Figura 23: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.....	55
Figura 24: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.....	56
Figura 25: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.....	57
Figura 26: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	58
Figura 27: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	59
Figura 28: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.....	60
Figura 29: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 1.....	61
Figura 30: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	64
Figura 31: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	65
Figura 32: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	66
Figura 33: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.....	67
Figura 34: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.....	68
Figura 35: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.....	69
Figura 36: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	70
Figura 37: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	71
Figura 38: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	71
Figura 39: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 90 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	72
Figura 40: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	72
Figura 41: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	73
Figura 42: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	73
Figura 43: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.....	74
Figura 44: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	74

Figura 45: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	75
Figura 46: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	75
Figura 47: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	76
Figura 48: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	77
Figura 49: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	78
Figura 50: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	79
Figura 51: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	80
Figura 52: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	81
Figura 53: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	82
Figura 54: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	83
Figura 55: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	84
Figura 56: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	85
Figura 57: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	86
Figura 58: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	87
Figura 59: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	88
Figura 60: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	89
Figura 61: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	90
Figura 62: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	91
Figura 63: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	92
Figura 64: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	93
Figura 65: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	94
Figura 66: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	95
Figura 67: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1. ....	96

Figura 68: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas freqüentes, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	97
Figura 69: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	98
Figura 70: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	99
Figura 71: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	100
Figura 72: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	101
Figura 73: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	103
Figura 74: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	104
Figura 75: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	105
Figura 76: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	106
Figura 77: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	108
Figura 78: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	109
Figura 79: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	110
Figura 80: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 2. ....	111
Figura 81: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	112
Figura 82: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	113
Figura 83: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	114
Figura 84: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	115
Figura 85: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	116
Figura 86: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2. ....	117
Figura 87: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	118
Figura 88: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	119
Figura 89: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	120
Figura 90: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 2. ....	121
Figura 91: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	124



Figura 92: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	125
Figura 93: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	126
Figura 94: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	127
Figura 95: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	128
Figura 96: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	129
Figura 97: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	130
Figura 98: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	131
Figura 99: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	131
Figura 100: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	132
Figura 101: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 192 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	132
Figura 102: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	133
Figura 103: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	133
Figura 104: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	134
Figura 105: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	134
Figura 106: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	135
Figura 107: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	135
Figura 108: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	136
Figura 109: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	137
Figura 110: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	138
Figura 111: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	139
Figura 112: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	140
Figura 113: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	141
Figura 114: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	142



Figura 115: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	143
Figura 116: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	144
Figura 117: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	145
Figura 118: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	146
Figura 119: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	147
Figura 120: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	148
Figura 121: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	149
Figura 122: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	150
Figura 123: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	151
Figura 124: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	152
Figura 125: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	153
Figura 126: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	154
Figura 127: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	155
Figura 128: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2. ....	156
Figura 129: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	157
Figura 130: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	158
Figura 131: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	159
Figura 132: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	160
Figura 133: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	161
Figura 134: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	163
Figura 135: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	164
Figura 136: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	165
Figura 137: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	166

Figura 138: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	168
Figura 139: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	169
Figura 140: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	170
Figura 141: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 3. ....	171
Figura 142: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	172
Figura 143: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	173
Figura 144: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	174
Figura 145: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	175
Figura 146: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	176
Figura 147: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3. ....	177
Figura 148: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	178
Figura 149: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	179
Figura 150: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	180
Figura 151: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 3. ....	181
Figura 152: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	184
Figura 153: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	185
Figura 154: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	186
Figura 155: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	187
Figura 156: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	188
Figura 157: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	189
Figura 158: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	190
Figura 159: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	191
Figura 160: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	191
Figura 161: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	192

Figura 162: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 186 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	192
Figura 163: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	193
Figura 164: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	193
Figura 165: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	194
Figura 166: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	194
Figura 167: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	195
Figura 168: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	195
Figura 169: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	196
Figura 170: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	197
Figura 171: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	198
Figura 172: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	199
Figura 173: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	200
Figura 174: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	201
Figura 175: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	202
Figura 176: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	203
Figura 177: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	204
Figura 178: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	205
Figura 179: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	206
Figura 180: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	207
Figura 181: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	208
Figura 182: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	209
Figura 183: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	210
Figura 184: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	211

Figura 185: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	212
Figura 186: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	213
Figura 187: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	214
Figura 188: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	215
Figura 189: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3. ....	216
Figura 190: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	217
Figura 191: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	218
Figura 192: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	219
Figura 193: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	220
Figura 194: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	221
Figura 195: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	223
Figura 196: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	224
Figura 197: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	225
Figura 198: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m <sup>3</sup> , no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	226
Figura 199: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	228
Figura 200: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	229
Figura 201: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	230
Figura 202: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala da direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 4. ....	231
Figura 203: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	232
Figura 204: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	233
Figura 205: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	234
Figura 206: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	235
Figura 207: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	236

Figura 208: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	237
Figura 209: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	238
Figura 210: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	239
Figura 211: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	240
Figura 212: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 4. ....	241
Figura 213: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	244
Figura 214: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	245
Figura 215: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	246
Figura 216: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	247
Figura 217: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	248
Figura 218: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	249
Figura 219: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	250
Figura 220: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	251
Figura 221: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	252
Figura 222: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 132 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	253
Figura 223: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	254
Figura 224: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	255
Figura 225: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	256
Figura 226: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	257
Figura 227: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	258
Figura 228: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	259
Figura 229: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	260
Figura 230: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	261



Figura 231: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	261
Figura 232: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	262
Figura 233: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	263
Figura 234: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	264
Figura 235: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	265
Figura 236: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	266
Figura 237: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	267
Figura 238: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias. Ponto de Fronteira 4. ....	268
Figura 239: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	269
Figura 240: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	270
Figura 241: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4. ....	271
Figura 242: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	271
Figura 243: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	272
Figura 244: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	273
Figura 245: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	274
Figura 246: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	275
Figura 247: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	276
Figura 248: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	277
Figura 249: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	278
Figura 250: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	279
Figura 251: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	280
Figura 252: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	281
Figura 253: Evolução Temporal do Balanço de Massa ao longo da Simulação. Ponto de Fronteira 4. ....	281
Figura 254: Balanço de Massa, após 6 horas de simulação. ....	282



Figura 255: Balanço de Massa, após 12 horas de simulação.....	282
Figura 256: Balanço de Massa, após 24 horas de simulação.....	282
Figura 257: Balanço de Massa, após 36 horas de simulação.....	283
Figura 258: Balanço de Massa, após 48 horas de simulação.....	283
Figura 259: Balanço de Massa, após 120 horas de simulação. ....	283
Figura 260: Balanço de Massa, após 1440 horas de simulação.....	284

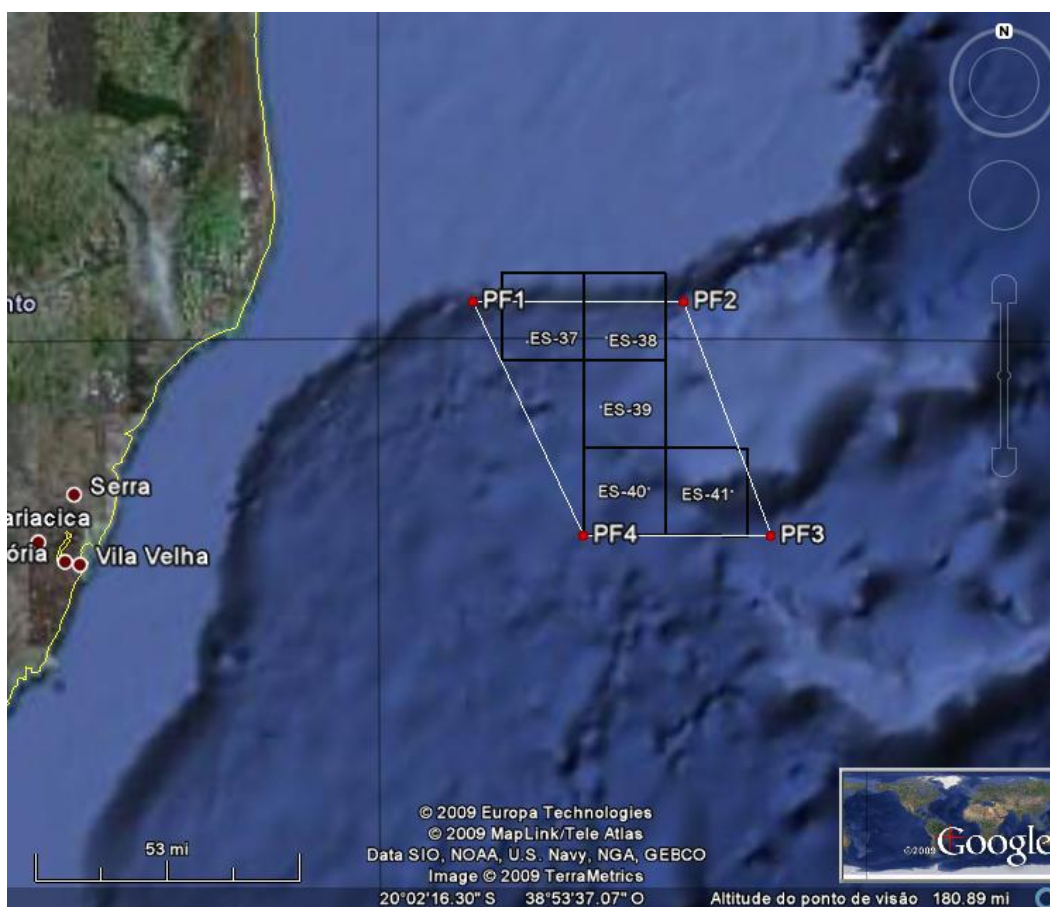
### Lista de Tabelas

Tabela 1: Características do óleo utilizadas na simulação. ....	29
Tabela 2: Local do Vazamento. ....	29
Tabela 3: Ordem de apresentação dos resultados. ....	37
Tabela 4: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	42
Tabela 5: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	47
Tabela 6: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de <i>blow-out</i> , nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1. ....	62
Tabela 7: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	102
Tabela 8: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	107
Tabela 9: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de <i>blow-out</i> , nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2. ....	122
Tabela 10: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	162
Tabela 11: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	167
Tabela 12: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de <i>blow-out</i> , nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3. ....	182
Tabela 13: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	222
Tabela 14: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m <sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4. ....	227

Tabela 15: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4. .... 242

## I. INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve os resultados obtidos na modelagem numérica do transporte de óleo no mar para 4 (quatro) pontos de vazamento. Os locais de vazamento são os pontos de fronteira (PF1, PF2, PF3 e PF4) que formam um polígono, onde encontram-se os blocos BM-ES-37-38-39-40-41, Bacia do Espírito Santo, costa sudeste do litoral brasileiro (Figura 1).



**Figura 1: Localização dos blocos (BM-ES-37-38-39-40-41) e pontos de fronteira. Legenda: em preto – limite dos blocos; PF – pontos de fronteira**

Para contextualizar a questão, a metodologia aplicada para a realização das simulações, os modelos numéricos e os dados físicos usados serão também descritos.

## II. METODOLOGIA

### II.1. Modelo de transporte e dispersão de poluentes.

As simulações numéricas apresentadas nesse estudo foram feitas com o STROLL, modelo desenvolvido pela PROOCEANO para estudos de transporte de contaminantes no mar. O STROLL é um modelo lagrangeano capaz de simular o transporte advectivo-turbulento em até 3 dimensões além dos processos de intemperismo e a perda de massa de diversos tipos de contaminantes.

O STROLL possui dois modos de operação: determinístico e probabilístico.

A modelagem determinística consiste em estudar o comportamento do contaminante em um determinado cenário ambiental, apresentando instantâneos deste comportamento em tempos definidos pelo usuário.

Cabe à simulação probabilística, averiguar o comportamento do contaminante sob a influência de uma extensa combinação de cenários ambientais e determinar a probabilidade de presença e o tempo mínimo de chegada do mesmo em cada região do domínio do modelo.

Uma breve descrição destes modos, bem como dos processos de intemperismo será apresentada a seguir.

#### II.1.1. Modo Determinístico

A emissão de óleo no mar é representada pela inserção de um número de elementos  $n_e$  a cada intervalo de tempo  $\Delta t$  na região fonte. Considerando uma vazão  $Q$  m<sup>3</sup>/s, o volume inicialmente associado a cada elemento será:

$$q_{e,t=0} = \frac{Q\Delta t}{n_e} \quad (11.2-1)$$

O transporte advectivo de cada elemento é dado através do cálculo de sua posição  $p_e$  a cada passo de tempo. Com isso, a posição do elemento  $e$  no instante  $t$  é dada por:

$$p_{e,t+1} = p_{e,t} + \Delta t \frac{dp_e}{dt} + \frac{\Delta t^2}{2} \frac{d^2 p_e}{dt^2} \quad (11.2-2)$$

Onde:

$$\frac{dp_{i,e}}{dt} = \bar{u}_i \quad \text{é a velocidade e} \quad (11.2-3)$$

$$\frac{d^2 p_{i,e}}{dt^2} = \frac{d\bar{u}_i}{dt} = \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \quad \text{a aceleração} \quad (11.2-4)$$

Para  $i = 1, 2$ . A velocidade  $\bar{u}_i$  ( $u$  e  $v$ ) é obtida através de interpolação bi-linear no espaço e linear no tempo, dos dados fornecidos pelo modelo hidrodinâmico e pelo campo de vento, cuja contribuição, nesse caso, é de 1,5% de sua intensidade.

A aceleração é obtida através da derivação no tempo dos valores de velocidade interpolados. Os valores de velocidade utilizados são fornecidos por um modelo hidrodinâmico externo.

A difusão turbulenta do material é simulada através de modelos de passos aleatórios (*random walk models*), cuja idéia central consiste em adicionar um desvio de velocidade aleatório  $\bar{u}'_i$  às velocidades advectivas (Csanady, 1972).

#### II.1.1.1. Intemperismo

O STROLL simula os principais processos de intemperismo que ocorrem no óleo quando este é derramado no mar: espalhamento, evaporação, emulsificação e dispersão, e as consequentes mudanças nas propriedades físicas, como a densidade e a viscosidade.

#### II.1.1.2. Viscosidade e Densidade do Contaminante

A variação temporal da densidade do óleo ( $\rho_o(t)$ ) é calculada de forma indireta, em função do conteúdo de água ( $Wc$ ) presente na mistura e da fração de óleo evaporada ( $frac_{evap}$ ), que são calculadas a cada passo de tempo do modelo, segundo a formulação apresentada à seguir:

$$\rho_o(t) = Wc * \rho_{\acute{a}gua} + (1 - Wc) \rho_0 \left[ 1 - c_1 (T - T_{\acute{a}gua}) (1 - c_2 frac_{evap}) \right] \quad (11.2-5)$$

onde  $\rho_o$  é a densidade do óleo,  $\rho_0$  é a densidade inicial do óleo,  $\rho_{\acute{a}gua}$  a densidade da água,  $T$  e  $T_{\acute{a}gua}$  a temperatura do óleo e da água, respectivamente,  $frac_{evap}$  a fração de óleo evaporada, e  $c_1$  e  $c_2$  são constantes empíricas e podem variar em função do tipo de óleo. No entanto, segundo Lehr (2002), valores razoáveis são de  $0,008K^{-1}$  e 0,18, respectivamente.

A viscosidade do constituinte  $\mu$  varia ao longo de sua trajetória, sendo parametrizada por Mackay *et al.* (1983) *apud* Lehr *et al.* (2002).

$$\mu = \mu_0 \cdot \exp \left[ C_{evap} frac_{evap} + \frac{C_{emul} Wc}{1 - C_{emul} 2} + C_{temp} \left( \frac{T_{\acute{a}gua} - T}{T_{\acute{a}gua} T} \right) \right] \quad (11.2-6)$$

onde  $\mu_0$  é a viscosidade inicial do constituinte,  $C_{evap}$  é a constante de evaporação e igual a 5000 K (NOAA, 2000),  $C_{temp}$  uma constante empírica adimensional que depende do tipo de óleo, podendo variar entre 1 e 10, seguindo Mackay *et al.* (1980) é utilizado o valor de 5. Para as constantes adimensionais  $C_{emul1}$  e  $C_{emul2}$ , NOAA(2000) sugere valores de 2,5 e 0,65, respectivamente.

### II.1.1.3. Espalhamento

Admitindo que a fase inicial do espalhamento (gravitacional-inercial) de uma mancha de óleo é muito curta, o STROLL parte da fase gravitacional-viscosa para calcular o espalhamento, assumindo que quando a espessura da mancha decresce até um determinado valor, o espalhamento termina. Assim o raio  $R_0$  da área inicial é calculado por:

$$R_0 = \frac{K_2^2}{K_1} \left( \frac{V_0^5 g \Delta}{\mu_{\text{água}}} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (11.2-7)$$

onde  $K_1$  e  $K_2$ , recomendado por Flores *et al* (1999) *apud* Soto (2004), são iguais a 0,57 e 0,725, respectivamente,  $V_0$  o volume inicial do óleo derramado,  $\mu_{\text{água}}$  a viscosidade da água e  $\Delta$  a diferença relativa de densidade da água e do óleo:

$$\Delta = \frac{\rho_{\text{água}} - \rho_{\text{óleo}}}{\rho_{\text{óleo}}} \quad (11.2-8)$$

### II.1.1.4. Evaporação

O STROLL utiliza o modelo de evaporação proposto por Jones (1997), o qual se baseia na relação de Mackay & Matsugu (1973), porém considerando o óleo como sendo uma mistura de componentes. Essa abordagem é também conhecida com modelo de Pseudo-Componentes, onde a taxa de evaporação pode ser obtida por:

$$\frac{dV_j}{dt} = \frac{K_j A \bar{V}_j \chi_j P_j}{R T} \quad (11.2-9)$$

onde  $j$  varia de acordo com o número de pseudo-componentes, nesse caso, cinco.  $K_j$  é o coeficiente de transferência de massa do pseudo-componente;  $A$  é a área da mancha;  $\bar{V}_j$  é o volume molar do pseudo-componente;  $\chi_j$  é a fração molar do componente;  $P_j$  é a pressão de vapor do pseudo-componente;  $R$  é a constante universal dos gases e  $T$  é a temperatura.



A fração molar de cada pseudo-componente muda com o tempo e é constituída pela razão entre o número de moles do pseudo-componente, que é obtido dividindo-se o seu volume por seu volume molar, e a soma do número de moles total da mistura.

O coeficiente de transferência de massa do pseudo-componente é calculado por:

$$K_j = 0,0048 \cdot U^{7/9} \cdot Z^{-1/9} \cdot Sc_j^{-2/3} \quad (II.2-10)$$

Onde  $U$  é a velocidade do vento;  $Z$  é o comprimento da mancha na direção do vento; e  $Sc$  é o número de Schmidt, sendo utilizado o mesmo valor para todos os pseudo-componentes e, segundo NOAA (2000), igual a 2,7.

Tais valores variam ao longo da simulação, sendo recalculados internamente, para cada pseudo-componente e a cada passo de tempo, no modelo.

O volume molar de cada pseudo-componente é obtido através de uma correlação de dados de pontos de ebulição e volumes molares de uma série de alcanos com números de carbonos variando entre 3 e 20 (C3 e C20), expressa por:

$$\bar{V}_j = 7 \times 10^{-5} - (2,102 \times 10^{-7} BP_j) + [1 \times 10^{-9} (BP_j)^2] \quad (II.2-11)$$

Onde  $BP_j$  é o ponto de ebulição de cada componente, calculado internamente no modelo, segundo NOAA (2000), por:

$$BP_j = T_0 + \frac{dT}{df} \frac{(j - 1/2)}{5} \quad (II.2-12)$$

Sendo que:

$$\frac{dT}{df} = 1356,7 - 247,36 \cdot \ln(API) \quad (II.2-13)$$

$$T_0 = 457,16 - 3,3447 \cdot API \quad (11.2-14)$$

A pressão de vapor de cada pseudo-componente na temperatura ambiente é obtida através de seus pontos de ebulição, utilizando-se a Equação de Antoine, segundo Lyman *et al.* (1990) *apud* Jones (1997):

$$\ln \frac{P_j}{P^0} = \frac{\Delta S_j \cdot (BP_j - C)^2}{R \cdot BP_j} \cdot \left[ \frac{1}{BP_j - C} - \frac{1}{T - C} \right] \quad (11.2-15)$$

onde  $P^0$  é a pressão atmosférica;  $\Delta S_i = 8,75 + 1,987 \log(BP_i)$ , é a variação na entropia do componente oriunda da vaporização e  $C = (0,19 \cdot BP_i) - 18$  é uma constante determinada a partir do ponto de ebulição do pseudo-componente.

O coeficiente de transferência de massa é calculado segundo Mackay & Matsugu (1973):

$$K_i = 0,0048 \cdot U^{7/9} \cdot Z^{-1/9} \cdot Sc_j^{-2/3} \quad (11.2-16)$$

onde  $U$  é a velocidade do vento;  $Z$  é o comprimento da mancha na direção do vento; e  $Sc$  é o número de Schmidt do pseudo-componente.

O número de Schmidt expressa a razão entre a viscosidade cinemática do ar com a difusividade molecular do pseudo-componente.

Para obter-se a difusividade molecular do pseudo-componente usa-se a seguinte aproximação, segundo (Thibodeaux, 1979 *apud* Jones, 1997):

$$D_j = D_{\text{água}} \sqrt{\frac{MW_{\text{água}}}{MW_j}} \quad (11.2-17)$$

onde  $D_{\text{água}}$  é a difusividade molecular da água; e  $MW_{\text{água}}$  é o peso molecular da água.

O peso molecular de cada pseudo-componente é calculado através de uma correlação também obtida de uma série de alcanos C3 a C20:

$$MW_j = 0,04132 - \left( 1,985 \cdot 10^{-4} \cdot BP_j \right) + \left[ 9,494 \cdot 10^{-7} \cdot (BP_j)^2 \right] \quad (11.2-18)$$

Reescrevendo a equação em termos de volume e volume molar, as taxas de evaporação de cada pseudo-componente pode ser obtida por:

$$\frac{dV_j}{dt} = - \frac{A \cdot K_j \cdot P_j \cdot V_j}{R \cdot T \cdot \sum_{k=1}^{nc} \frac{V_j}{V_k}} \quad (11.2-19)$$

#### 11.1.1.5. Emulsificação

A incorporação de água no óleo é descrita no modelo por uma equação proposta por Mackay *et al* (1980):

$$\frac{dfrac_{wv}}{dt} = K_w (1 + W)^2 \left( 1 - \frac{frac_{wv}}{frac_{wv}^{final}} \right) \quad (11.2-20)$$

em que  $frac_{wv}$  é a fração volumétrica de água incorporada na emulsão,  $frac_{wv}^{final}$  é a fração final de água incorporada e  $K_w$  uma constante empírica e igual a  $1,6 \times 10^{-6}$ .

#### 11.1.1.6. Dispersão

A formulação utilizada para o cálculo do entranhamento no STROLL é baseada no modelo desenvolvido por Delvigne & Sweeney (1988) a partir de estudos sobre o entranhamento ou dispersão superficial e subsuperficial de óleo, realizados em laboratório.

Nesse modelo, a taxa de entranhamento por unidade de área é expressa por:

$$Q(d_0) = C_0 \cdot D_{ba}^{0,57} \cdot S_{COV} \cdot F_{wc} \cdot d_0^{0,7} \cdot \Delta d \quad (11.2-21)$$

onde  $Q(d_0)$  é a taxa de entranhamento por unidade de área no intervalo  $\Delta d$  de diâmetros de gotículas de óleo em torno de  $d_0$   $\left( d_0 - \frac{1}{2} \Delta d \text{ a } d_0 + \frac{1}{2} \Delta d \right)$ ;  $d_0$  é o diâmetro da gotícula de óleo;  $C_0$  é uma constante de dispersão, relacionada a viscosidade do óleo;  $D_{ba}$  é a energia de dissipação por ondas;  $S_{COV}$  é o fator de cobertura da superfície do mar por óleo ( $0 \leq S_{COV} \leq 1$ ), sendo  $S_{COV} = 1$  para manchas contínuas;  $F_{wc}$  é a fração da superfície do mar suscetível a quebra de ondas (encapelamento) por unidade de tempo.

A energia de dissipação por ondas por unidade de área é calculada por:

$$D_{ba} = 0,0034 \cdot \rho_w \cdot g \left[ \frac{HS}{\sqrt{2}} \right]^2 \quad (11.2-22)$$

onde  $HS$  é a altura significativa de ondas, podendo ser calculada por:  $HS = \frac{0,243 \cdot U^2}{g}$ ,

sendo  $U$  a velocidade do vento;  $\rho_w$  é a densidade da água; e  $g$  a aceleração da gravidade.

Para estimar a fração da superfície do mar suscetível ao encapelamento, o modelo utiliza a formulação proposta por Monahan (1971), Ding & Farmer (1994) *apud* Lehr & Simecek-Beatty (2000) e Lehr & Simecek-Beatty (2000), sendo:

$$F_{wc} = \frac{0,025 \cdot (U - 3)}{T_M} \rightarrow 0 \leq U \leq 4;$$

$$F_{wc} = \frac{0,01 \cdot U + 0,01}{T_M} \rightarrow U > 4,$$
(11.2-23)

onde  $T_M$  é a constante de tempo de Monahan (1971), sendo  $T_M = 3,85$  para água do mar.

Segundo Lehr & Simecek-Beatty (2000), variações nos diâmetros das gotículas de óleo acarretam em diferentes flutuabilidades para as mesmas, causando estratificação na concentração de óleo na coluna de água. Ainda segundo esses autores, a partir 50 a 100  $\mu$  de diâmetro, as partículas apresentam flutuabilidade neutra, sendo o movimento dominado pela dispersão horizontal e vertical sobre os efeitos de flutuabilidade.

O intervalo de diâmetro das gotículas de óleo utilizado no STROLL, assim como o modelo ADIOS2 (Lehr, 2002) varia entre  $d_{\min} = 0\mu$  a  $d_{\max} = 70\mu$ .

A constante de dispersão  $C_0$ , segundo Delvigne & Hulsen (1994) pode ser obtida através da seguinte relação:

$$C_0 = 1827 \cdot \nu^{0,0658} \quad \square \nu < 125 cSt;$$

$$C_0 = 1827 \cdot \nu^{1,1951} \quad \square \nu > 125 cSt;$$
(11.2-24)

onde  $\nu$  é a viscosidade do óleo.

Integrando a taxa de entranhamento por unidade de área no intervalo  $\Delta d$  de diâmetros de gotículas de óleo ( $Q(d_0)$ ) no intervalo de gotículas  $d_{\min}$  a  $d_{\max}$ , obtêm-se:

$$Q = \frac{d_{\max}}{1,7} \cdot C_0 \cdot D_{ba}^{0,57} \cdot F_{wc} \cdot S_{cov}$$
(11.2-25)

sendo  $Q$  a taxa de entranhamento total, por unidade de área.

Para estimar a penetração máxima do óleo na coluna de água o modelo utiliza a equação proposta por Delvigne & Sweeney (1988):

$$Z_i = (1,5 \pm 0,35) \cdot H_b \quad (11.2-26)$$

onde  $H_b$  é a altura de quebra da onda.

#### 11.1.1.7. Cálculo da Espessura

A espessura do óleo associada a cada elemento é dada por:

$$esp_e(x, y, t) = \frac{q_e}{2\pi[\sigma(t)]^2} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{x - p_{x,e}(t)}{\sigma(t)}\right)^2 + \left(\frac{y - p_{y,e}(t)}{\sigma(t)}\right)^2\right]\right\} \quad (11.2-27)$$

onde  $q_e$  é o volume de cada elemento,  $x$  e  $y$  as coordenadas do ponto de grade,  $p_{x,e}$  e  $p_{y,e}$  a posição do centro de massa de cada elemento e  $\sigma_i^2(t)$  é a variância da distribuição, relacionado à turbulência local através da equação:

$$D = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2(t)}{dt} \quad (11.2-28)$$

sendo  $D$  a difusividade turbulenta isotrópica horizontalmente, parametrizada à partir do escoamento, obtido do modelo hidrodinâmico, segundo a formulação de Smagorinsky:

$$D = C \Delta x \Delta y \left[ \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 \right]^{1/2} \quad (11.2-29)$$

onde  $\Delta x$  e  $\Delta y$  são os intervalos de discretização da grade e  $C$  é a constante de Smagorinsky, cujos valores para o oceano variam da ordem de 0,1 a 0,2 (Oey *et al.*, 1985a e b).

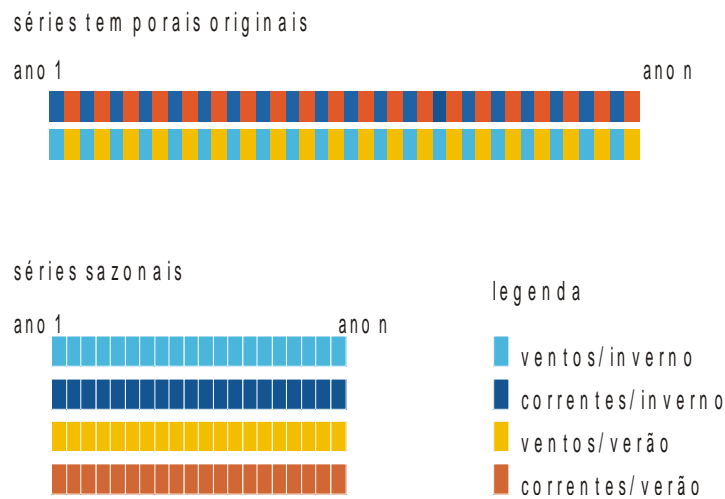
A espessura resultante de todo o descarte é então obtida através da soma da contribuição de cada elemento:

$$ESP(x, y, t) = \sum_{e=1}^{n_e} esp_e(x, y, t) \quad (11.2-30)$$

### 11.1.2. Modo Probabilístico

Na abordagem probabilística utilizada são realizadas diversas simulações determinísticas, considerando-se todos os processos citados nos itens anteriores, em diferentes cenários meteo-oceanográficos. Este módulo do STROLL tem por objetivo verificar a probabilidade de presença do constituinte na região estudada, bem como o tempo de chegada, a fim de determinar um cenário crítico para o descarte de contaminantes na região.

De acordo com os cenários meteo-oceanográficos locais, as séries temporais de vento e corrente são repartidas em 4 séries sazonais – correntes-verão, correntes-inverno, ventos-verão, ventos-inverno – conforme apresentado no esquema da Figura 2.

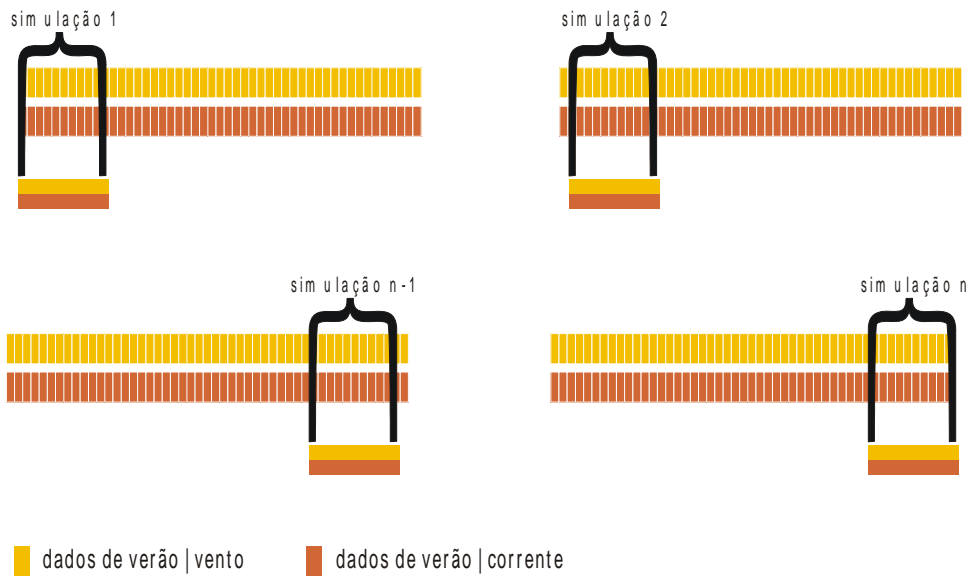


**Figura 2: Representação esquemática da separação sazonal dos dados para a modelagem probabilística.**

As séries de vento e corrente são então combinadas em diversos arranjos de forma a contemplar de forma ideal os possíveis cenários ambientais (Figura 3).



exemplo: probabilístico de verão



**Figura 3: Representação esquemática da combinação dos dados de vento e corrente para a simulação probabilística.**

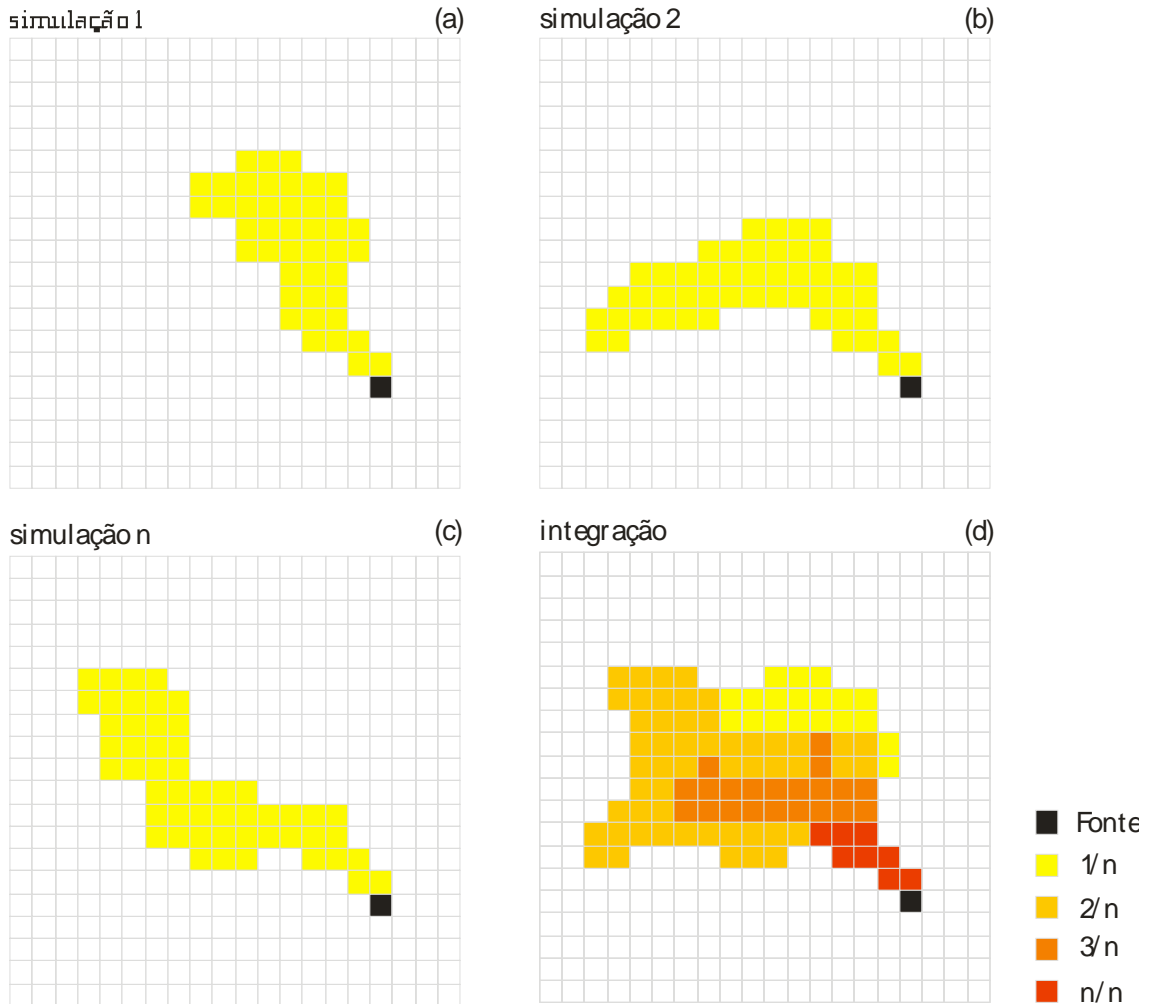
Cada combinação de vento e corrente irá determinar um comportamento para o vazamento. O modelo identifica, em cada combinação, os pontos de grade onde a espessura da mancha do constituinte esteve acima do limiar determinado (Figura 4 , b e c):

$$I(x, y) = 1 \quad \text{se } ESP(x, y, t) \geq \text{lim}$$

$$I(x, y) = 0 \quad \text{se } ESP(x, y, t) < \text{lim}$$

A probabilidade de presença do poluente será dada pela normalização do número de vezes em que a mancha esteve acima do limiar em cada ponto de grade pelo número de combinações  $n_{com}$  realizadas (Figura 4 d):

$$P(x, y) = \sum_{i_{sim}=1}^{n_{com}} \left( \frac{I(x, y)}{n_{com}} \right) \quad (11.2-31)$$



**Figura 4: Representação esquemática do cálculo da probabilidade de presença de constituinte no STROLL.**

Além da probabilidade de presença do constituinte, o módulo probabilístico do STROLL fornece também os tempos de chegada da mancha em cada ponto de grade do domínio, em cada simulação.

### III. CARACTERÍSTICAS DA SIMULAÇÃO

As simulações foram realizadas considerando eventos de *blow-out* com vazamento contínuo por 30 dias (720 horas), em 2 (dois) cenários sazonais, verão e inverno, para cada ponto de fronteira (1, 2, 3 e 4). Após a disponibilização de todo óleo na água, o comportamento de sua deriva foi acompanhado por mais 30 dias. Portanto ao final das simulações foram totalizados 60 dias de simulação (1440 horas).

Além da simulação de *blow-out*, na qual é considerado o volume de pior caso (31.955 m<sup>3</sup>), foram ainda realizadas simulações para vazamentos instantâneos de pequeno e médio volume, 8 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>, respectivamente. Nesses casos as simulações duraram 30 dias.

Em todas as simulações considerou-se como critério de existência de óleo espessuras maiores ou iguais ao limiar de  $3 \times 10^{-7}$  metros (limiar de detecção) (ELPN/IBAMA, 2002).

A seguir, na Tabela 1 e na Tabela 2, serão apresentadas as características do óleo e o local do vazamento, respectivamente.

**Tabela 1: Características do óleo utilizadas na simulação.**

Parâmetro	Valor	Unidade	Temperatura
API	37,9		
Densidade	819,843	Kg/m <sup>3</sup>	50°C
Viscosidade	2,54085	cp	50°C

FONTE: PERENCO

**Tabela 2: Local do Vazamento.**

Coordenadas Geográficas	
<b>Ponto de Fronteira 1</b>	
Latitude	19° 34' 54,91"S
Longitude	39° 5' 8,99"O
<b>Ponto de Fronteira 2</b>	
Latitude	19° 34' 54,91"S
Longitude	38° 26' 48,80"O
<b>Ponto de Fronteira 3</b>	
Latitude	20° 15' 1,76"S
Longitude	38° 10' 45,20"O
<b>Ponto de Fronteira 4</b>	
Latitude	20° 15' 1,76"S
Longitude	38° 45' 1,37"O

FONTE: PERENCO

A seguir serão apresentadas as forçantes utilizadas durante a simulação probabilística.

#### IV. FORÇANTES

Os dados de vento utilizados como forçante no modelo são provenientes das Reanálises do NCEP – *National Centers for Environmental Prediction* – (Kalnay *et al.*, 1996). A base de dados conhecida como “Reanálises do NCEP” foi originada a partir de uma cooperação entre o NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e o NCAR (*National Center for Atmospheric Research*), com intuito de produzir inicialmente uma rede

de 40 anos de dados meteorológicos globais com base nas análises dos campos atmosféricos (Kalnay *et al.*, 1996). Posteriormente, esse projeto foi ampliado para uma janela de tempo de 50 anos (Kistler *et al.*, 2001), e atualmente, estão disponíveis mais de 60 anos (1948-atual) de dados.

A Reanálise do NCEP (R-1) usa o estado da arte em sistemas de assimilação de dados e um banco de dados mais completo possível, abrangendo informações meteorológicas primárias das mais diversas fontes associadas aos dados do modelo atmosférico global do NCEP (Kistler *et al.*, 2001).

Estes dados são amplamente utilizados pela comunidade científica, sendo, portanto adequados para utilização em estudos dessa natureza. Os dados primários utilizados para gerar as reanálises são de diferentes origens:

- Dados globais de radiossondas.
- Dados da superfície do mar obtidos através do projeto COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) no período de 1983 a 1996 (13 anos), originados de diversas fontes, dentre elas, observações de navios, bóias fixas, bóias móveis e estações oceânicas próximas à superfície.
- Dados aéreos, originados de observações por aeronaves em todo o globo, geralmente associados a projetos como GARP (Global Atmospheric Research Program) e GATE (Global Atlantic Tropical Experiment), por exemplo.
- Dados de Satélite, que começaram a ser obtidos em 1967, através de diversos programas. Atualmente, o NCEP/NCAR utiliza dados fornecidos pelo projeto TOVS (Operational Vertical Sounder System), com variáveis em três dimensões, cuja resolução espacial média é de 2,5 graus.
- Dados de vento em superfície, obtidos pelo sensor espacial Microwave/Imager (SSM/I) a partir de 1987, submetidos ao tratamento feito pela rede neural de KRANSNOPOLSKY *et al.* (1995) apud KALNAY *et al.* (1996).
- Dados de cobertura de nuvens obtidos por estimativas dos dados de Satélites Meteorológicos Geoestacionários (SMG). Esses dados estão disponíveis desde 1978.

Todos os dados utilizados nas reanálises passam por um rigoroso controle de qualidade e recebem um tratamento diferenciado de acordo com a forma de obtenção. Utilizando-se técnicas de interpolação espaço-temporal, que levam em consideração não somente a estatística como também a dinâmica dos fenômenos meteorológicos (análise objetiva).

As reanálises foram criadas por um sistema complexo de programas, bibliotecas, algoritmos e dados, que envolvem diversas etapas no processamento, tais como, decodificação, controle de qualidade, análises, previsão, pós-processamento e armazenamento. Conseqüentemente, o processo se tornou propenso a erros humanos. Neste contexto, surgiu a Reanálise 2 (R-2), que além de minimizar os erros humanos no processamento, incorporou atualizações no modelo de previsão e diagnóstico (Kanamitsu *et al.*, 2002). Outro fator determinante para o desenvolvimento da R-2, foi o aumento significativo da quantidade e da qualidade dos dados coletados a partir do final dos anos 70. Assim, ao contrário da R-1 que está disponível de 1948 até os dias de hoje, a R-2 encontra-se disponível a partir de 1/1/1979 (CAMPOS, 2009).

O projeto R-2 (NCEP - DOE AMIP-II Reanalysis) refere-se a uma série global atualizada, de 1979 até 2008, que corrige os erros de processamento da R-1, utilizando um modelo de previsão e um sistema de assimilação de dados mais robustos. Assim, é gerada uma reanálise mais consistente e recomendada para usuários que eram afetados por alguns erros presentes na R-1. Dentre estes erros, podemos citar as análises de transientes no Hemisfério Sul; o uso de temperaturas próximas à superfície e cobertura de neve sobre os continentes no Hemisfério Norte durante o inverno; análise da umidade dos solos; análises do balanço de neve; e sensibilidade das análises à mudanças no modelo de assimilação (Kanamitsu *et al.*, 2002).

Deve ser ressaltado que a R-2, embora tenha passado por melhorias significativas, representa uma atualização da R-1, e não uma nova geração da reanálise. Os produtos da R-2 estão disponíveis para o público através do Centro de Diagnósticos Climáticos do NCAR, e através da página: <http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html>.

Para as simulações conduzidas nesse estudo foram tratados 30 anos de dados (1979 a 2008) da R-2, com uma frequência temporal de 6 horas (4 dados por dia). A resolução espacial na área em questão é de aproximadamente 1.8°. Essa análise subsidiou a definição de dois períodos com características distintas na direção do vento, fato que influencia diretamente o transporte do óleo.

A seguir, são apresentadas as rosas dos ventos, elaboradas para o período analisado, na região dos Blocos BM-ES-37-38-39-40-41 (Figura 5 e Figura 6).

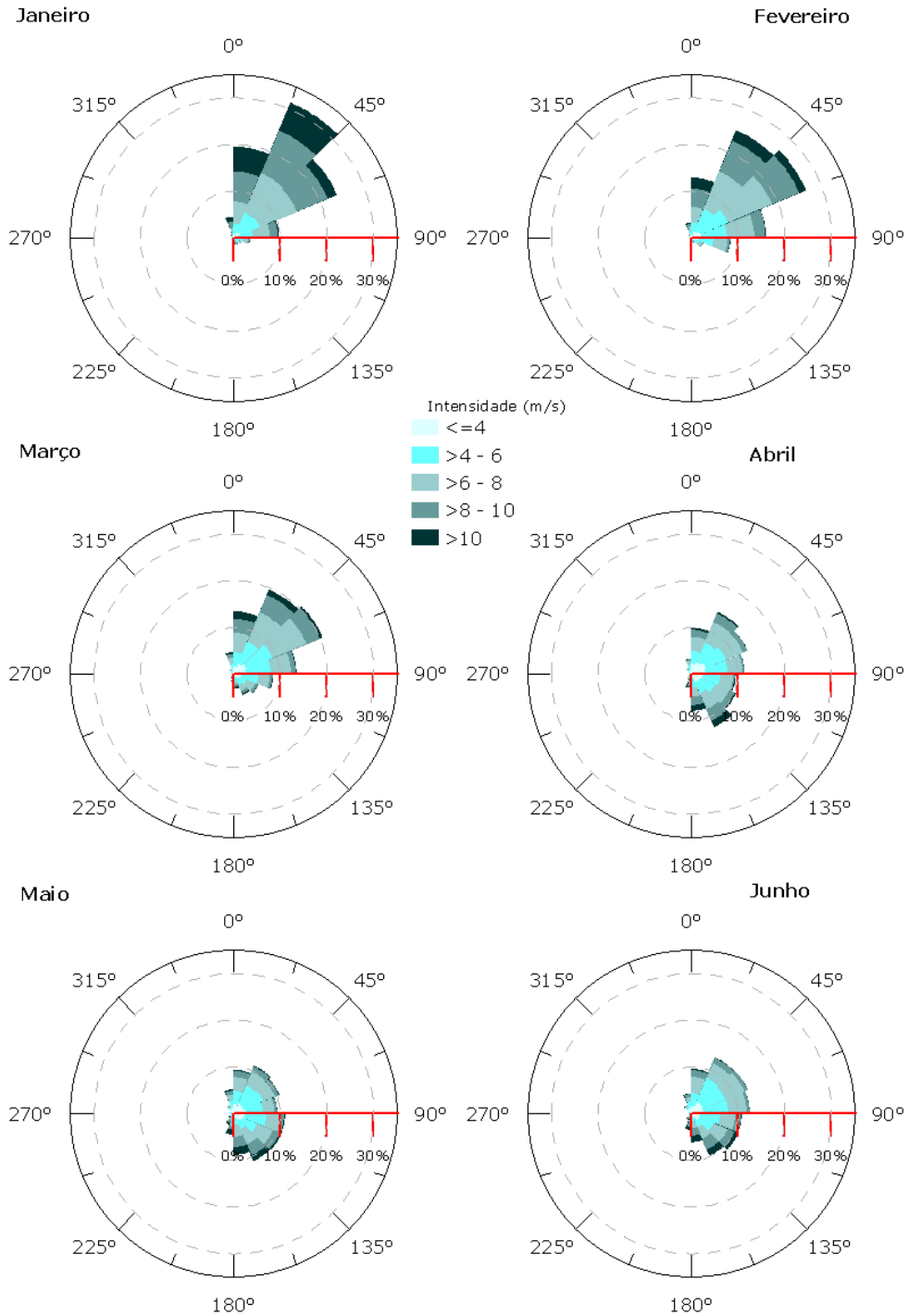


Figura 5: Rosa dos ventos nos meses de janeiro a junho na região do Bloco BM-ES-37-38-39-40-41.



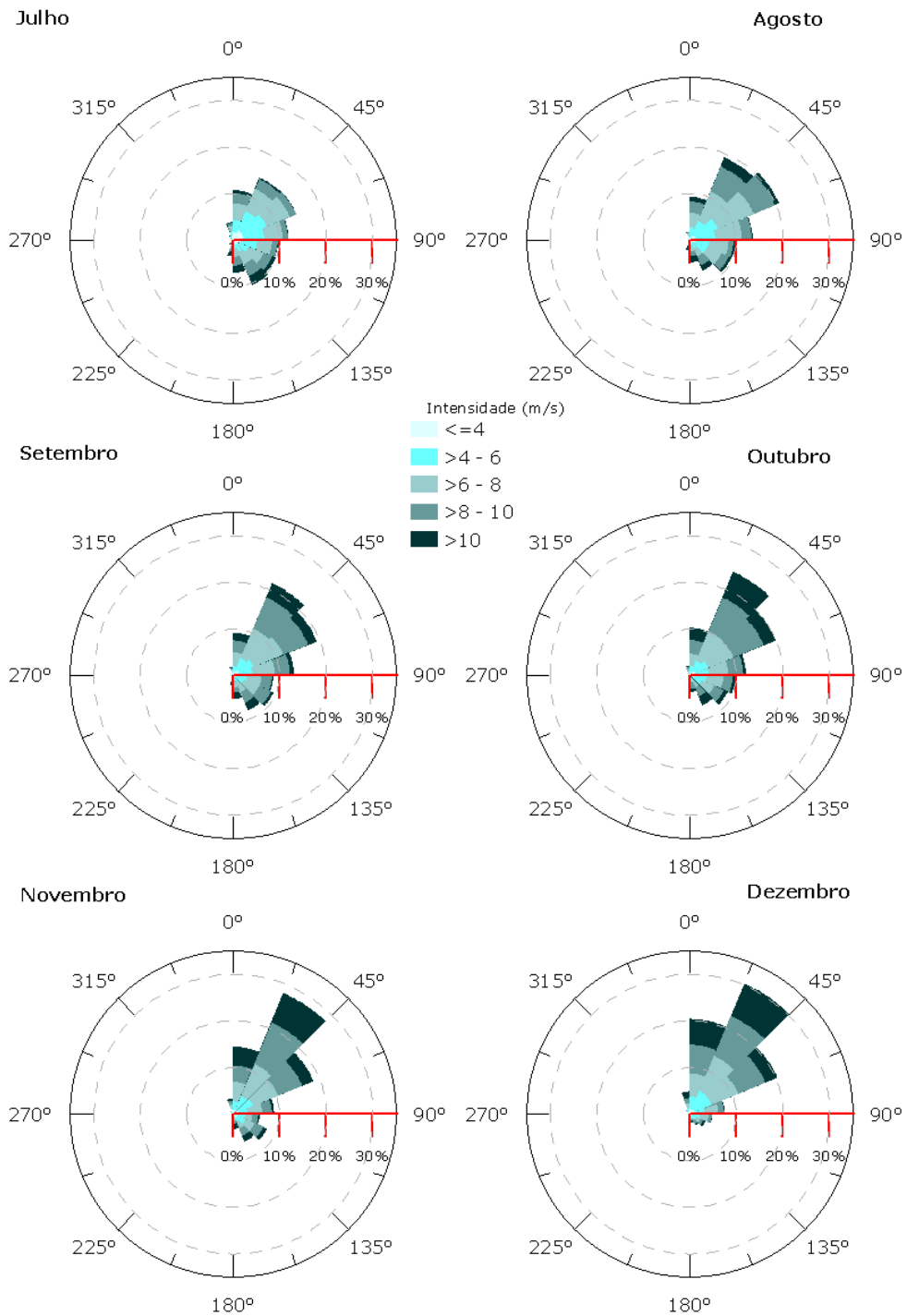


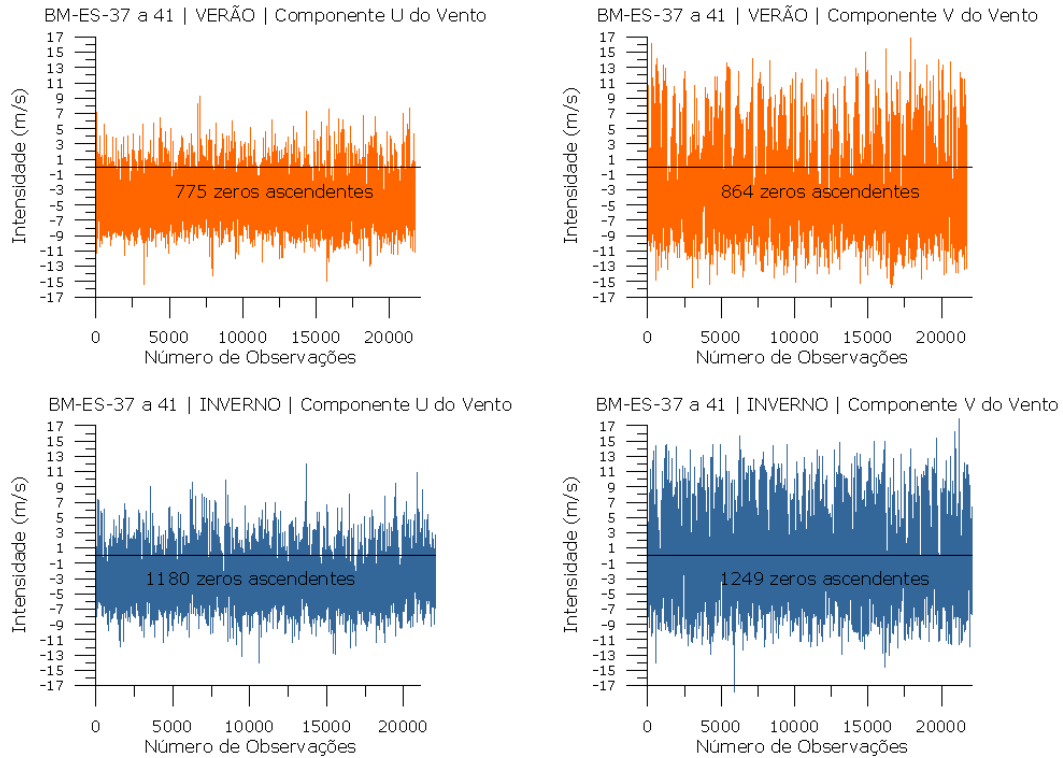
Figura 6: Rosa dos ventos nos meses de julho a dezembro na região do Bloco BM-ES-37-38-39-40-41..

Nota-se um claro domínio dos ventos de nordeste ao longo de todo o ano, influência do domínio da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) na circulação atmosférica da região. No período entre os meses de setembro e fevereiro, a ocorrência dos ventos intensos de nordeste é ainda mais acentuada, tendo sido esse o período definido como de verão para as simulações de óleo. Entre março e agosto, embora ainda exista uma acentuada ocorrência de ventos de nordeste, estes apresentam intensidades menos expressivas, sendo nesse período observa-se uma maior incidência de eventos extremos de vento associados à direção sudeste, devido a maior ocorrência de sistemas frontais nessa época do ano. Devido a essas diferenças, o período entre os meses de março e agosto foi definido como de inverno para as simulações conduzidas.

Os dados de correntes utilizados foram obtidos da base de dados da PROOCEANO. Nesse estudo foi analisada uma série temporal de 1 ano de dados, sendo utilizado na modelagem um período de 6 meses, característicos para cada situação sazonal. Uma descrição detalhada dos mesmos encontra-se no Relatório de Modelagem Hidrodinâmica, onde é descrita a dinâmica oceânica dessa região.

#### IV.1. Variabilidade Ambiental

Com objetivo de avaliar a variabilidade das escalas temporais transientes presentes nos dados de ventos analisados e utilizados nesse relatório, foi realizada uma análise de zeros ascendentes (zero-up-crossing). Essa análise consiste na identificação dos momentos ao longo de toda série onde as componentes do vento trocam de sinal (de negativo para positivo). Os resultados podem ser observados na Figura 7.



**Figura 7: Séries temporais das componentes “u” e “v”, do vento, para a região dos blocos BM-ES-37-38-39-40-41, com o número de zeros ascendentes presentes nas séries.**

Observa-se que a no período de verão, o número de zeros ascendentes ficou próximo a 800, tanto para a componente zonal (u), como para a meridional (v). No período de inverno, ambas ficaram próximas a 1200. Considerando que os dados correspondem a um período de 30 anos (aproximadamente 15 anos para cada cenário ambiental: verão e inverno), e que o intervalo entre as medições é de 6 horas, podemos estimar uma escala mínima de variabilidade significativa de aproximadamente 4,5 dias no período de inverno e de 6,8 dias no período de verão.

Assim, tendo como base a metodologia proposta por Elliot (2004), para uma correta representação dessa variabilidade na modelagem probabilística de óleo, os números mínimos de simulações aconselháveis seriam de 1249 e 864, para os períodos de inverno e verão, respectivamente. Adotando uma estratégia conservadora serão utilizadas 1250 simulações nos dois cenários sazonais.

## V. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os mapas de probabilidade de presença de óleo e tempo mínimo de chegada para as simulações de vazamentos de 8, 200 e 31.955m<sup>3</sup>, para os cenários de verão e inverno.

Para a obtenção destes resultados foram realizadas 1.250 diferentes simulações para cada cenário (verão e inverno) nos diferentes volumes de vazamento 8, 200 e 31.955m<sup>3</sup>, para os quatro pontos de fronteira totalizando 30.000 possíveis cenários ambientais de vazamento.

Os cenários críticos, para serem simulados no modo determinístico, serão definidos através da análise dos resultados sazonais dos volumes de pior caso (*blow-out*), sendo escolhida a situação onde o óleo atinja a costa no menor período de tempo possível após o início do vazamento.

Também serão apresentadas duas trajetórias que representarão a deriva do óleo nas condições meteo-oceanográficas mais frequentes da região. Devido às características locais são necessários dois cenários sazonais para representar as condições meteo-oceanográficas dominantes. No período de verão, observa-se na região a presença semi-permanente de um vórtice ciclônico, entre 20° e 21° S, denominado vórtice de Vitória. No período de inverno essa feição não se faz presente de forma tão marcante (Fragoso, 2004). A escolha de dois cenários tenta mostrar a influência dessa feição, em um possível acidente com vazamento de óleo no mar nos 4 pontos de fronteira dos Blocos BM-ES-37-38-39-40-41.

O intemperismo do óleo será apresentado ao final do estudo, através de gráficos que apresentam o balanço de massa do constituinte, ao longo da simulação.

A Tabela 3, a seguir, resume a forma como os resultados serão apresentados.

**Tabela 3: Ordem de apresentação dos resultados.**

<b>Modo Probabilístico</b>
<b><i>Vazamentos instantâneos (8 e 200 m<sup>3</sup>) *</i></b>
Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo
Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
Tabela comparativa de probabilidade e tempo mínimo, entre os cenários
<b><i>Blowout - Vazamento de pior caso (31.955 m<sup>3</sup>) *</i></b>
Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo
Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo
Volume Máximo de Óleo na Costa
Histogramas de Tempo de Chegada de Óleo Próximo à Costa
Tabela comparativa de probabilidade, tempo e volume de óleo, entre os cenários
Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo
<b>Modo Determinístico *</b>
Crítico
Condições Meteo-oceanográficas frequentes
Evolução Temporal de Volume de Óleo Acumulado na Costa
Intemperismo

\* cenário de verão e inverno, para cada ponto de fronteira (1,2,3 e 4).

## V.1. Ponto de Fronteira 1

### V.1.1. Modo Probabilístico

#### V.1.1.1. Vazamento de 8m<sup>3</sup>

##### V.1.1.1.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> no cenário de verão, ponto de fronteira 1 é apresentado na Figura 8, enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 9.

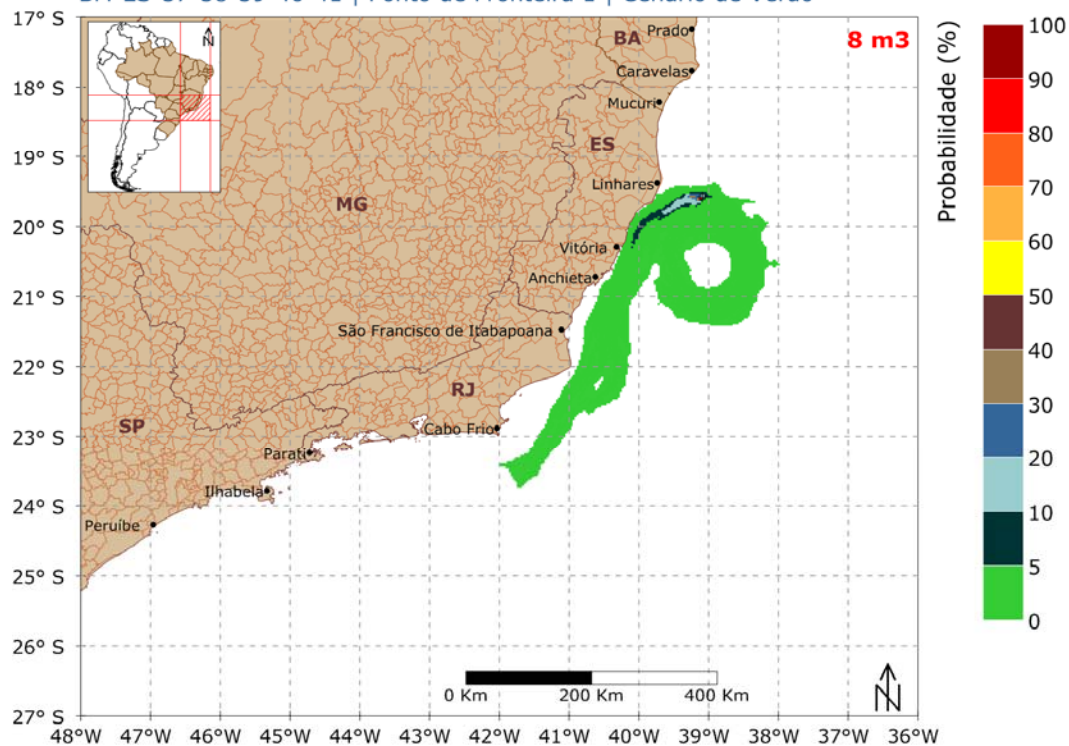
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 8: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Neste cenário a deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço. Houve probabilidade de 5-0% do óleo atingir a costa desde Linhares até Guarapari, no estado do Espírito Santo (Tabela 4).



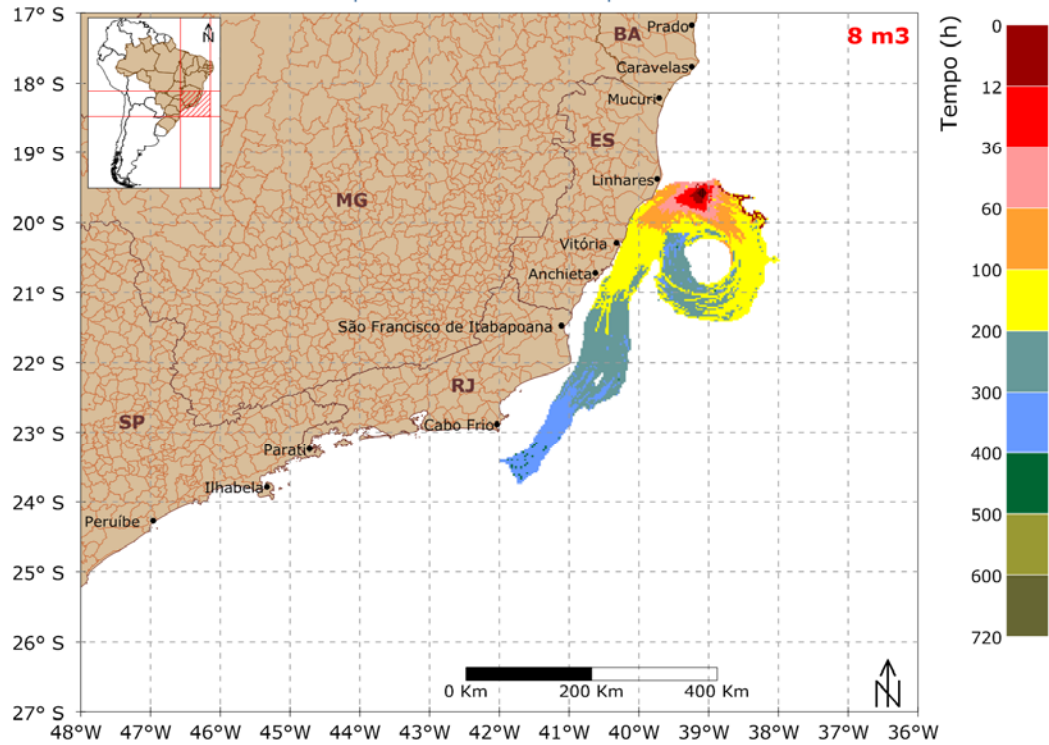
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 9: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Observa-se que o tempo mínimo de chegada do óleo na costa foi de 60-100 horas, em Linhares – ES (Tabela 4).

#### V.1.1.1.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno, ponto de fronteira 1 encontra-se na Figura 10 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 11.

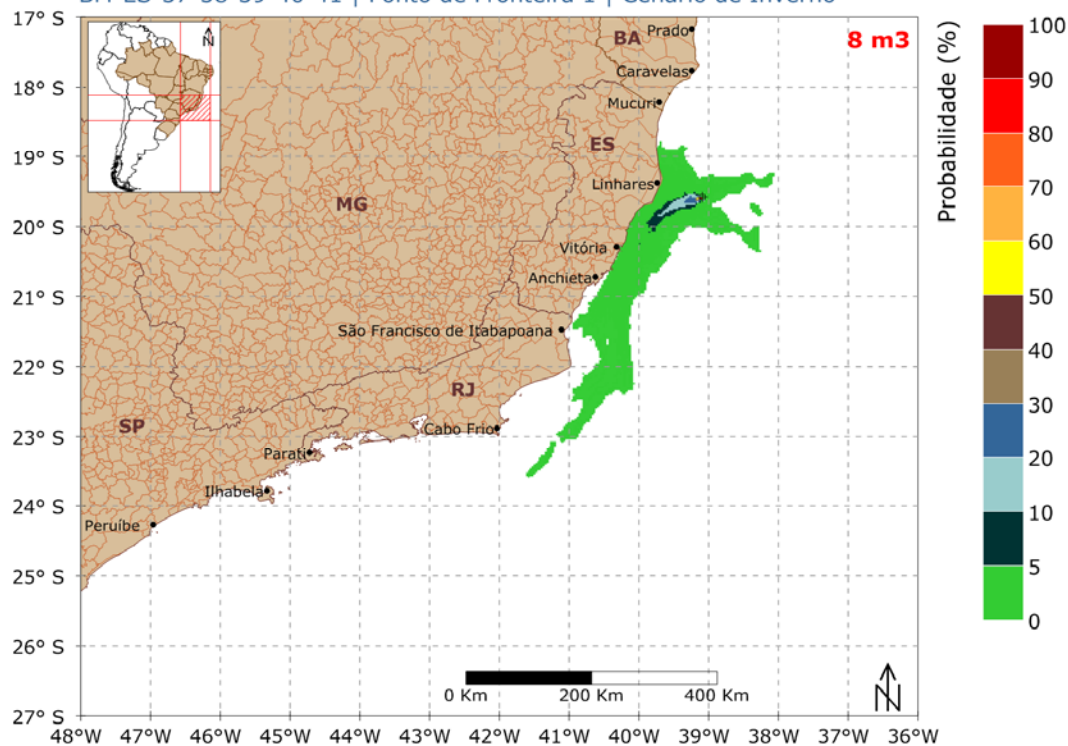
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 10: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Neste cenário a deriva também foi preferencial para sudoeste do poço, porém também foram registradas derivas rumo a noroeste. O óleo pode atingir a costa de São Mateus até Guarapari – ES com probabilidade de 5-0% (Tabela 4).

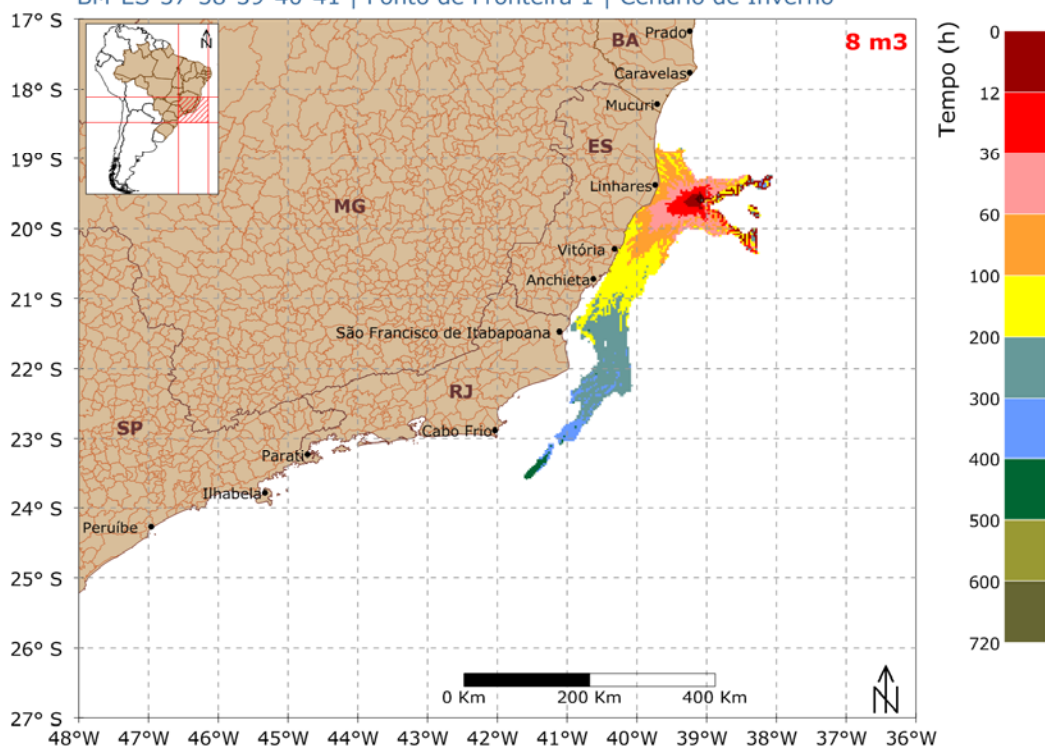
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 11: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

O tempo mínimo de chegada de óleo na costa também foi de 60-100 horas na região de São Mateus até Aracruz, estado do Espírito Santo.

A seguir, na Tabela 4, serão apresentados as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo para cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um evento de pequeno volume, ponto de fronteira 1.

**Tabela 4: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1.**

MUNICÍPIOS (PF1)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	São Mateus	-	5 - 0	-	60 - 100
	Linhares	5 - 0	5 - 0	60 - 100	60 - 100
	Aracruz	5 - 0	5 - 0	100 - 200	60 - 100
	Fundão	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Serra	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Vitória	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Vila Velha	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Guarapari	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200

#### V.1.1.2. Vazamento de 200m<sup>3</sup>

##### V.1.1.2.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de médio porte (200 m<sup>3</sup>), no cenário de verão, ponto de fronteira 1 encontra-se na Figura 12 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 13.

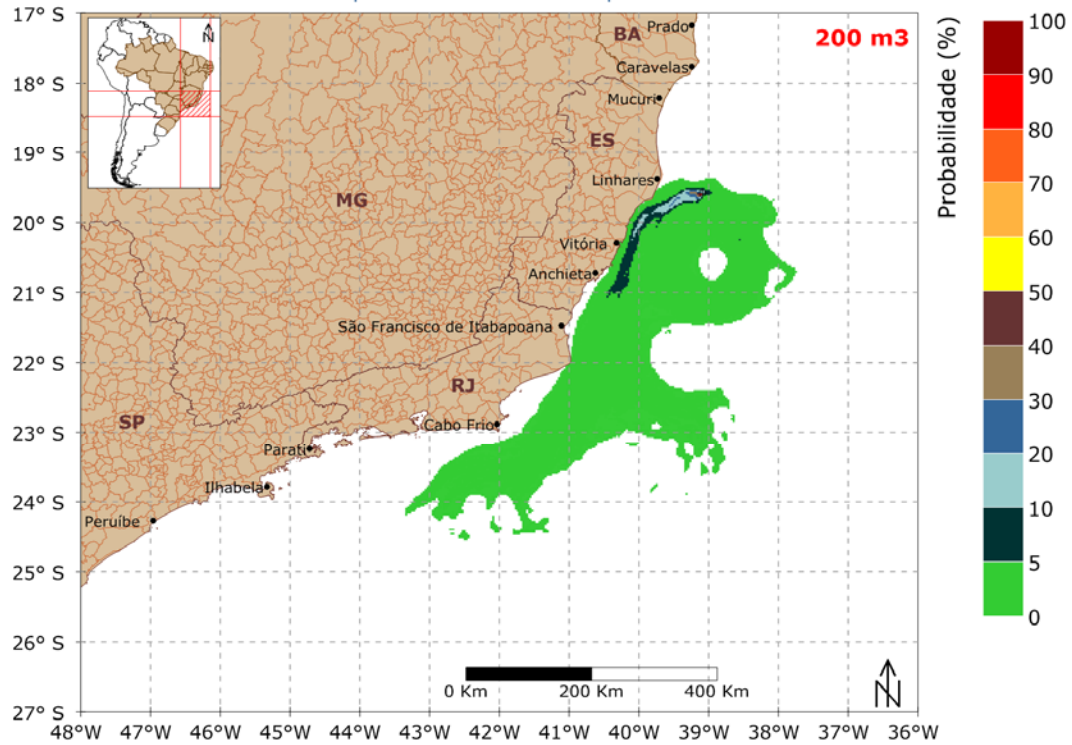
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 12: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Podemos observar no Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo, que a deriva do óleo foi preferencial para sudoeste do poço e que a probabilidade da costa ser atingida é de 5-10% (Tabela 5). A região que pode ser atingida estende-se de Linhares a Guarapari, no estado do Espírito Santo, e São João da Barra e Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro.



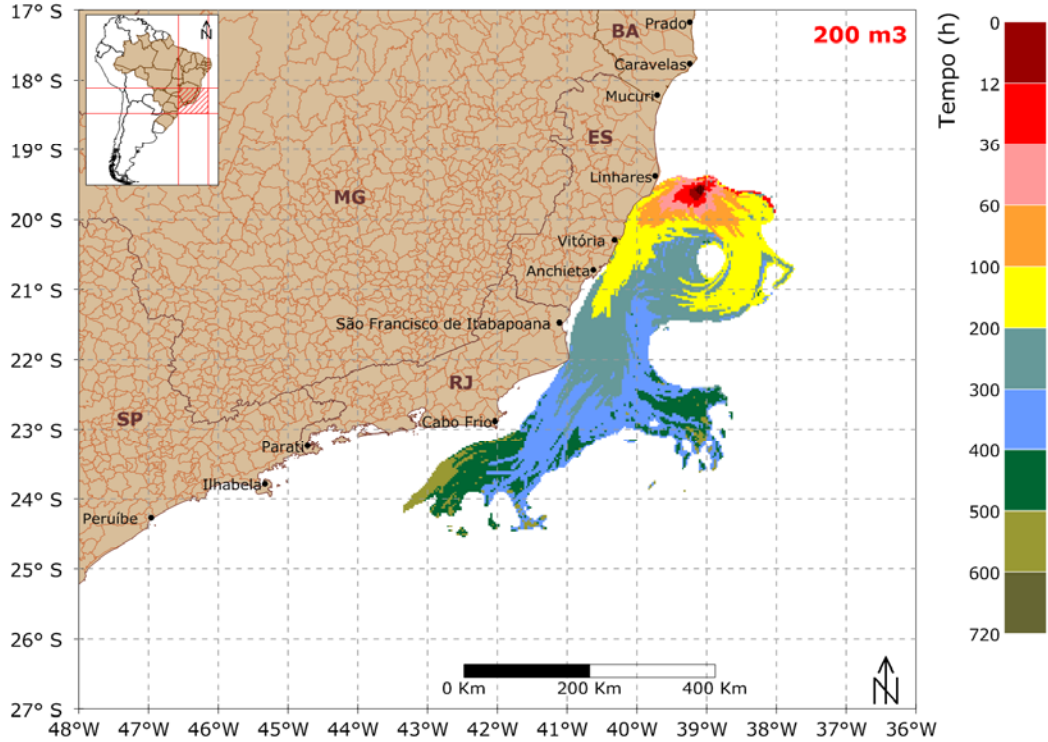
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 13: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Observa-se na Figura 13, que o tempo mínimo da chegada do óleo na costa foi de 60-100 horas, no município de Linhares, estado do Espírito Santo. O estado do Rio de Janeiro pode ser atingido no tempo mínimo de 200-300 horas (Tabela 5)

**V.1.1.2.2. Inverno**

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 200 m<sup>3</sup> no cenário de inverno, ponto de fronteira 1 encontra-se na Figura 14 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 15.



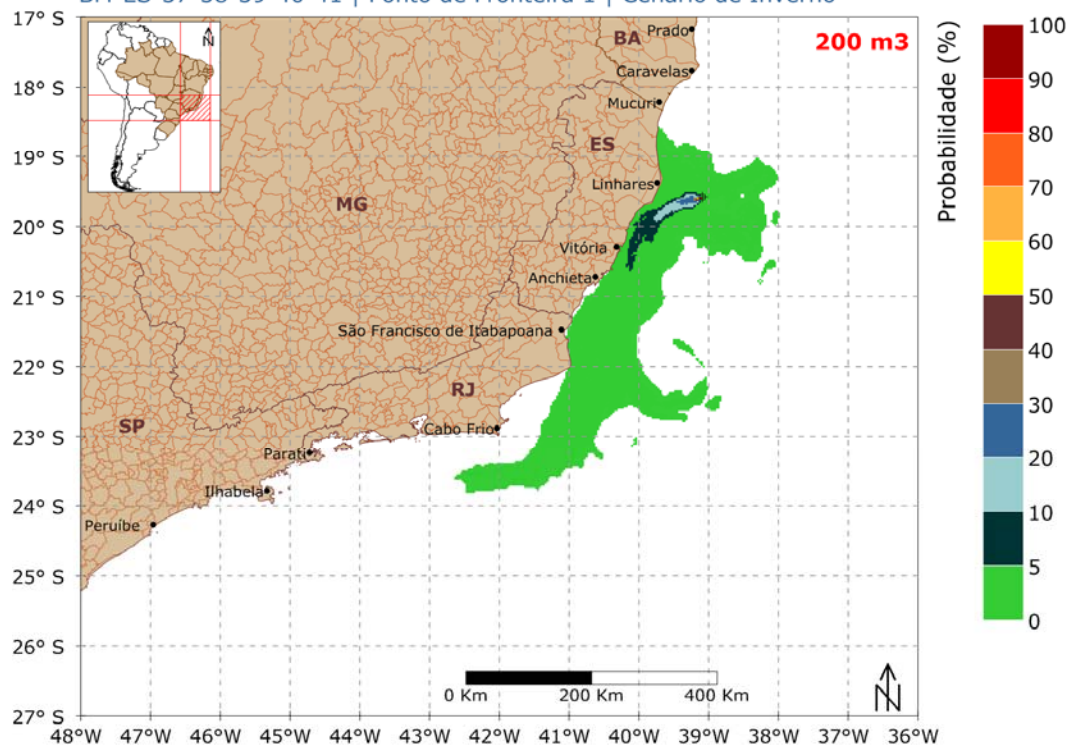
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 14: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Nesse cenário, a extensão de costa que pode apresentar óleo é maior, esta se encontra entre Conceição da Barra até Anchieta, no estado do Espírito Santo, e de São Francisco do Itabapoana até Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro (Tabela 5).

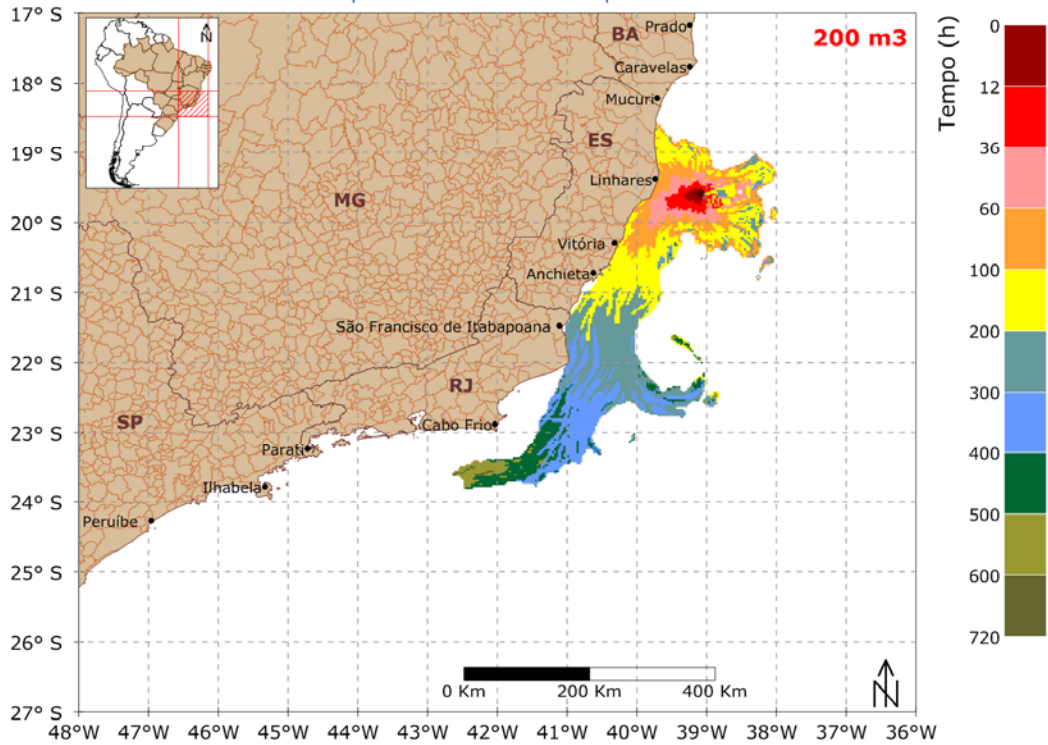
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 15: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Neste cenário, o tempo mínimo de toque na costa também foi de 60-100 horas após o início da simulação, no estado do Espírito Santo. O estado do Rio de Janeiro apresentou tempo mínimo de 200-300 horas.

A seguir, na Tabela 5, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um derrame de médio volume (200 m<sup>3</sup>).

Tabela 5: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1.

MUNICÍPIOS (PF1)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	Conceição da Barra	-	5 - 0	-	60 - 100
	São Mateus	-	5 - 0	-	60 - 100
	Linhares	5 - 0	5 - 0	60 - 100	60 - 100
	Aracruz	5 - 0	5 - 0	100 - 200	60 - 100
	Fundão	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Serra	5 - 0	5 - 0	100 - 200	60 - 100
	Vitória	5 - 0	5 - 0	100 - 200	60 - 100
	Vila Velha	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Guarapari	5 - 0	5 - 0	100 - 200	100 - 200
	Anchieta	-	5 - 0	-	100 - 200
	Piúma	-	-	-	-
	Itapemirim	-	-	-	-
	Marataízes	-	-	-	-
	Presidente Kennedy	-	-	-	-
RJ	São Francisco de Itabapoana	-	5 - 0	-	200 - 300
	São João da Barra	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Campos dos Goytacazes	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300

#### V.1.1.3. Blow-out

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas simulações probabilísticas de *blow-out*. Para esses cenários foi considerado um vazamento contínuo durante 30 (trinta) dias. O tempo simulado abrange os 30 dias de vazamento e mais 30 dias após o término do mesmo, totalizando 60 dias de simulação.

##### V.1.1.3.1. Verão

O Mapa de Probabilidade e o Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo para um cenário de *blow-out* com volume vazado de 31.955m<sup>3</sup>, no período de verão, ponto de fronteira 1 são apresentados na Figura 16 e Figura 17, respectivamente.

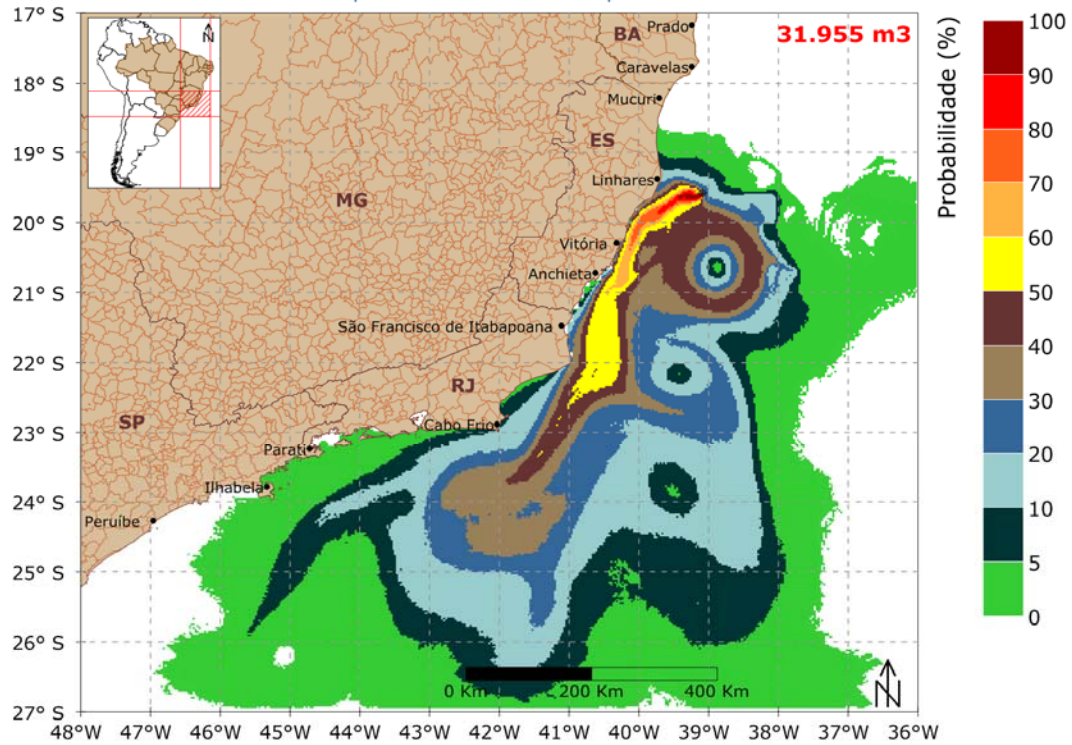
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 16: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

A deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço, porém derivas rumo a noroeste também foram observadas e resultaram em chegada de óleo na costa. A maior probabilidade registrada, 50-40%, ocorreu em Serra e Guarapari no estado do Espírito Santo.

A região de costa que pode apresentar óleo estendeu-se de Conceição da Barra – ES até São Sebastião – SP (Tabela 6).



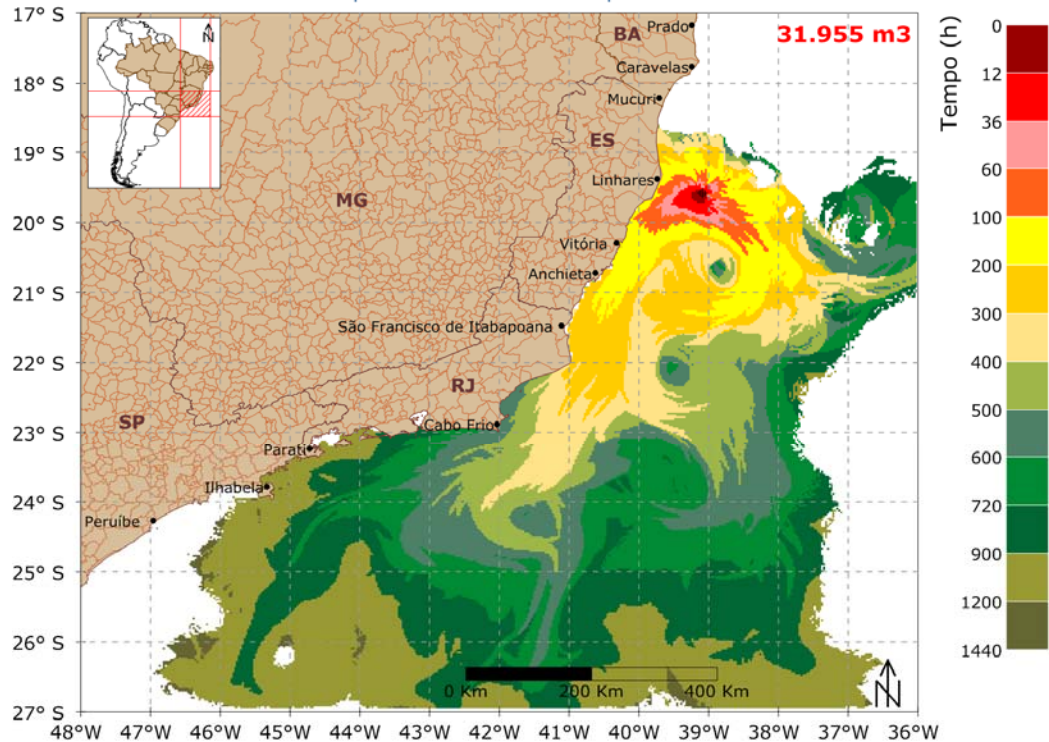
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



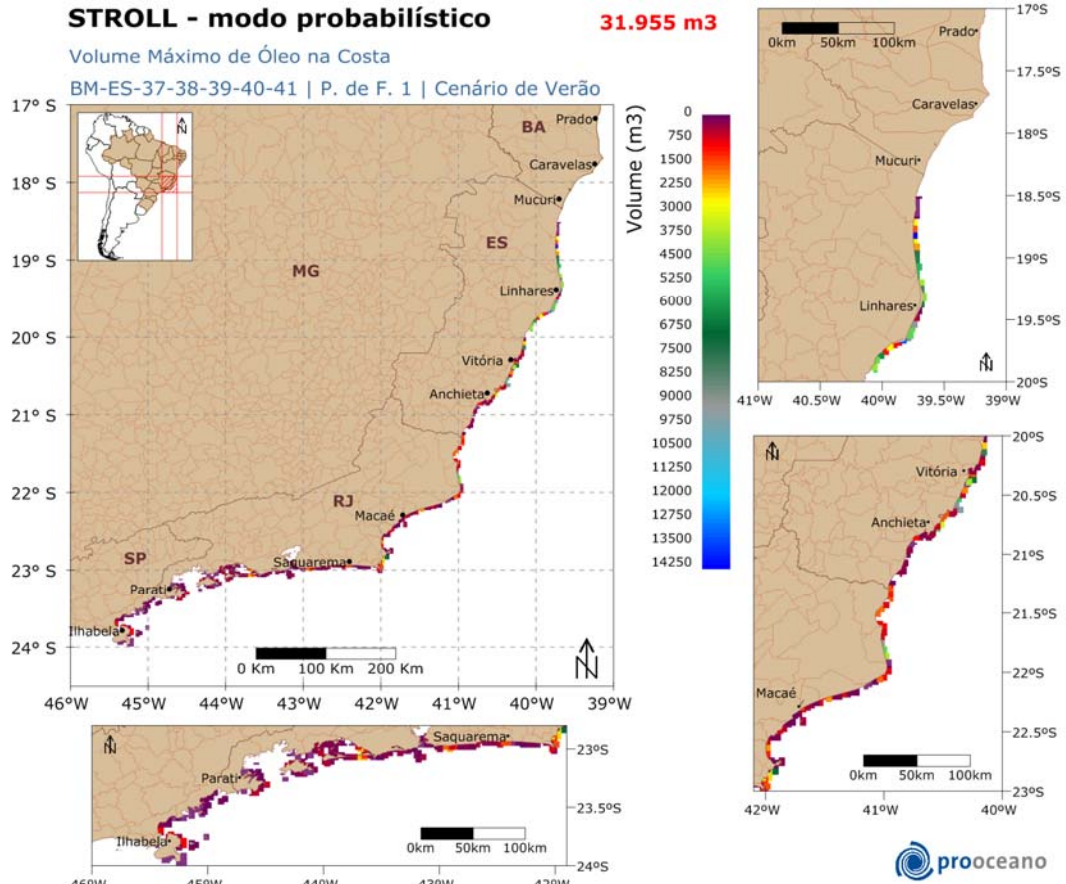
**Figura 17: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

O menor tempo mínimo de toque na costa, nesse cenário, ocorreu entre 100-200 horas, entre Linhares e Guarapari, estado do Espírito Santo.

Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo podem apresentar óleo na costa com o tempo mínimo de 200-300h, e 900-1200h, respectivamente (Tabela 6).

Para obtenção do volume máximo de óleo na costa, os elementos de grade que representam a mesma são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de volumes máximos de óleo que atingem cada elemento de grade ao longo das  $n$  simulações. Ao final, têm-se um mapa dos volumes máximos por unidade de área, ou espessuras máximas, que atingiram os elementos de grade que representam a costa. (Figura 18).

Para contabilizar os volumes máximos por município, são utilizados os volumes máximos de óleo presentes nos elementos de grade mais próximos a cada município costeiro.



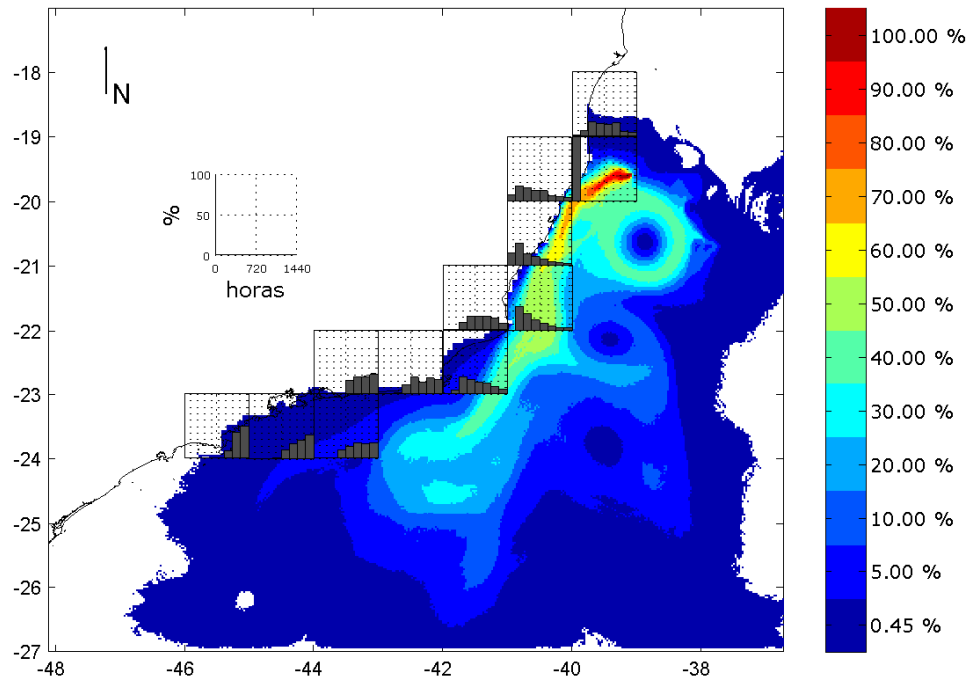
**Figura 18: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Ao analisarmos o volume máximo de óleo que atinge a costa (Figura 18), observamos que o município que apresentou o maior valor foi São Mateus – ES, 14.520 m<sup>3</sup> (Tabela 6). Também podemos observar que os menores valores encontram-se na extremidade sul do mapa.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 19). O gráfico de probabilidade de presença de óleo com os histogramas de tempo de chegada facilita a análise conjunta dos resultados.

Os histogramas foram elaborados para cada quadrado de 1 grau de resolução, onde os gráficos estão centrados. No cálculo dessa estatística são levados em consideração todos os tempos de chegada de óleo no interior de cada quadrado supracitado.





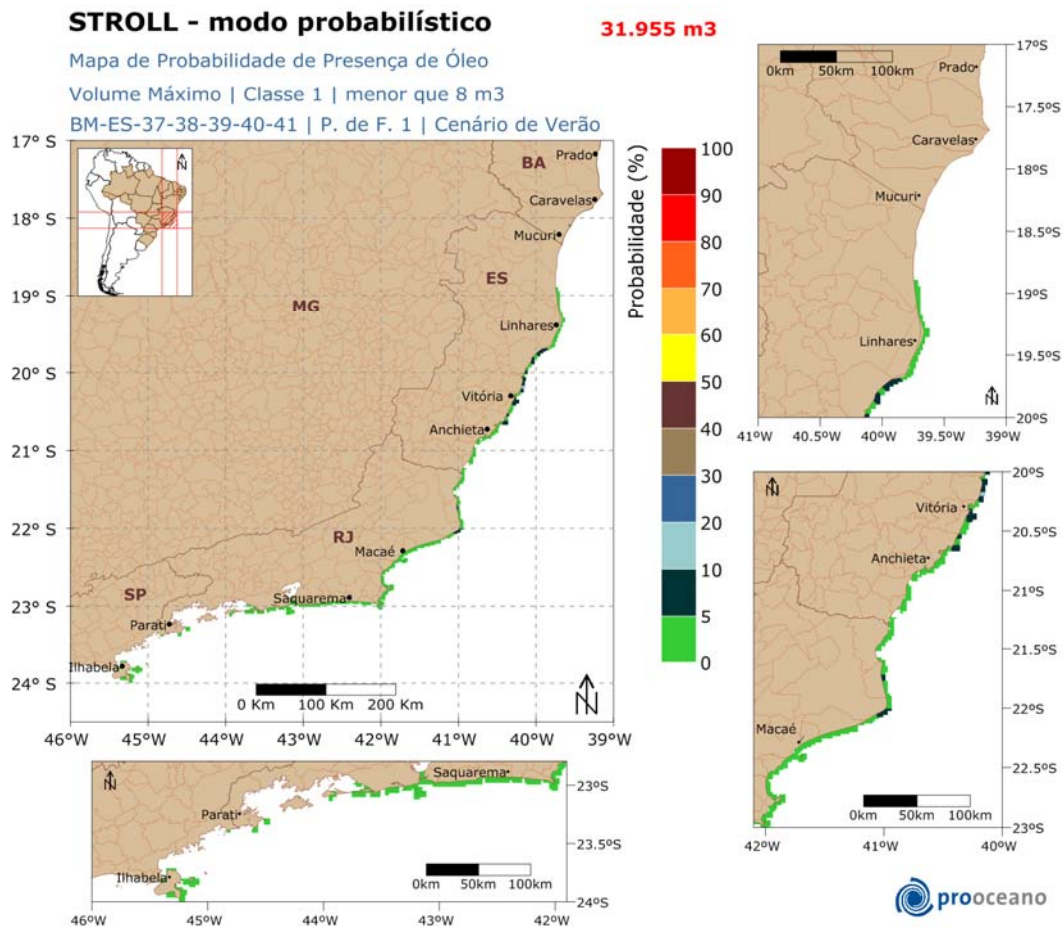
**Figura 19: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 1.**

Os histogramas de tempo de chegada, no cenário de verão, mostraram que nas regiões com maior probabilidade de presença de óleo, a maior parte dos tempos de chegada, ocorrem antes da metade da simulação (720h). No limite sul do mapa, os tempos de chegada estão concentrados na 2ª metade da simulação (720-1440h).

#### ***Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo***

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 20, Figura 21 e Figura 22) e volumes médios (Figura 23, Figura 24 e Figura 25) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que  $8 \text{ m}^3$ ; Classe 2 – 8 a  $200 \text{ m}^3$ ; e Classe 3 – maior que  $200 \text{ m}^3$ .



**Figura 20: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Nesta classe, observamos probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume (menor que 8m<sup>3</sup>) desde o estado do Espírito Santo até São Paulo, predominando a probabilidade de 5-0%. Porém algumas regiões, principalmente, no estado do Espírito Santo apresentaram probabilidade 10-5%.

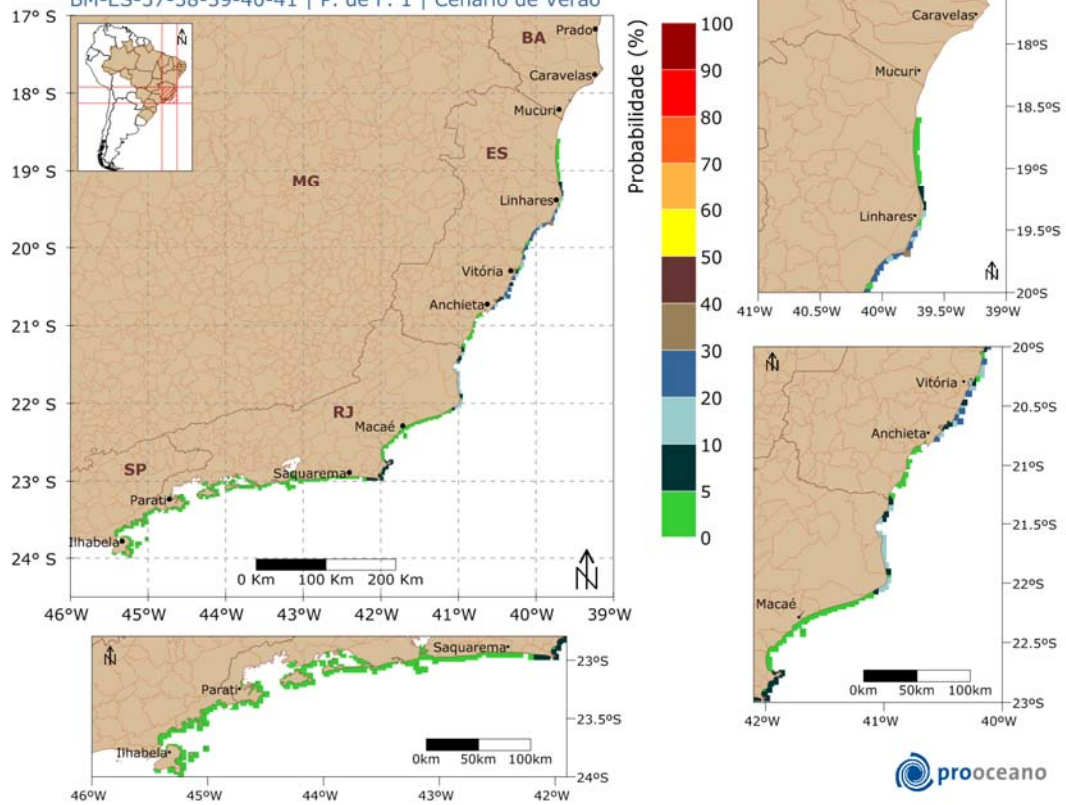
**STROLL - modo probabilístico**

31.955 m<sup>3</sup>

Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

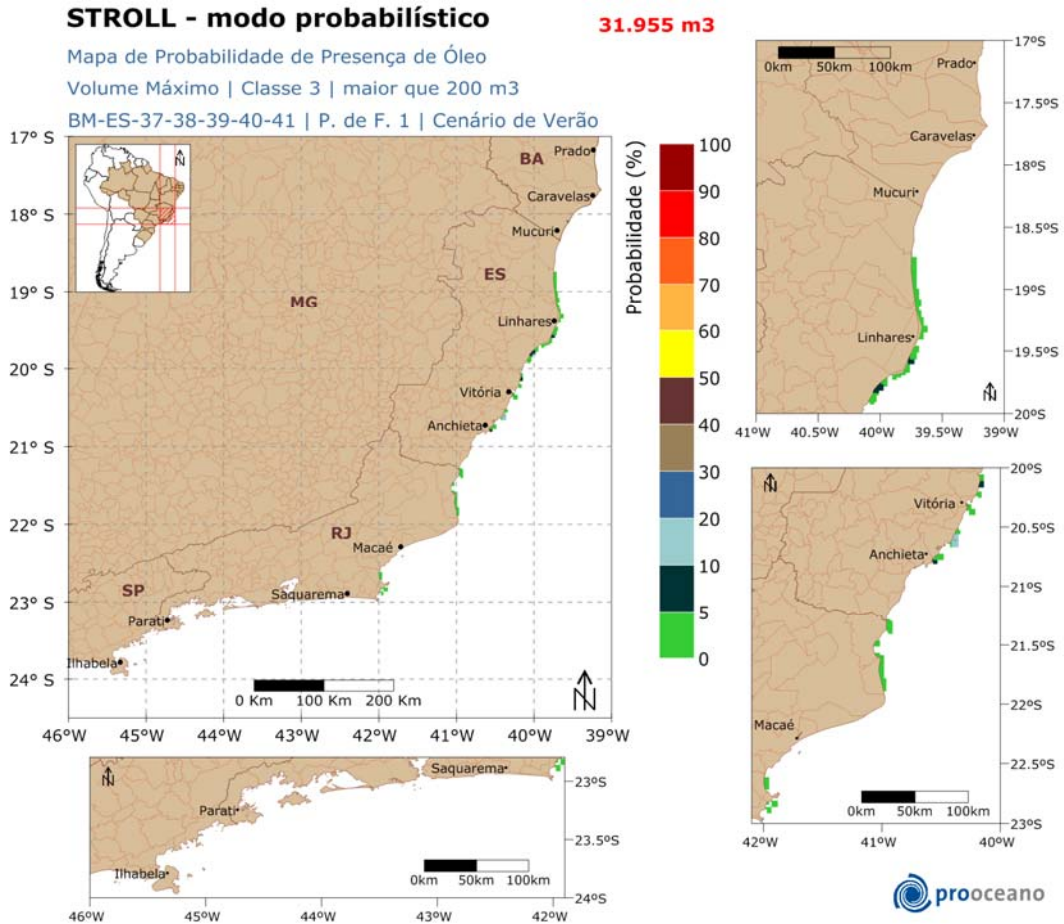
Volume Máximo | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | P. de F. 1 | Cenário de Verão



**Figura 21: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) probabilidades maiores foram registradas, sendo que Linhares – ES foi o município que apresentou a maior, 40-30%.



**Figura 22: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Nesta classe (maior que 200m<sup>3</sup>) observamos locais na maior parte do Espírito Santo e alguns lugares no Rio de Janeiro com probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume. A maior probabilidade foi registrada em Guarapari, 20-10%



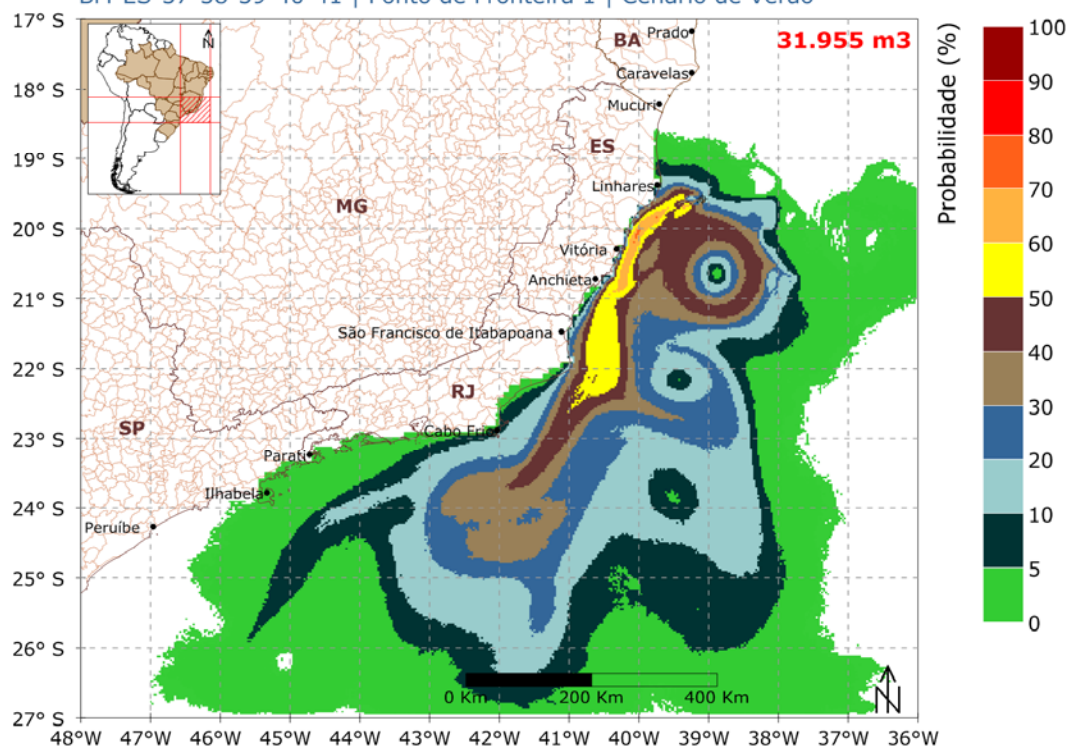
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 23: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Neste mapa de probabilidade de presença de volume médio de óleo na classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>) observamos que todas as regiões na costa já apresentadas na Figura 16 (mapa de probabilidade de presença de óleo) estão incluídas neste também.

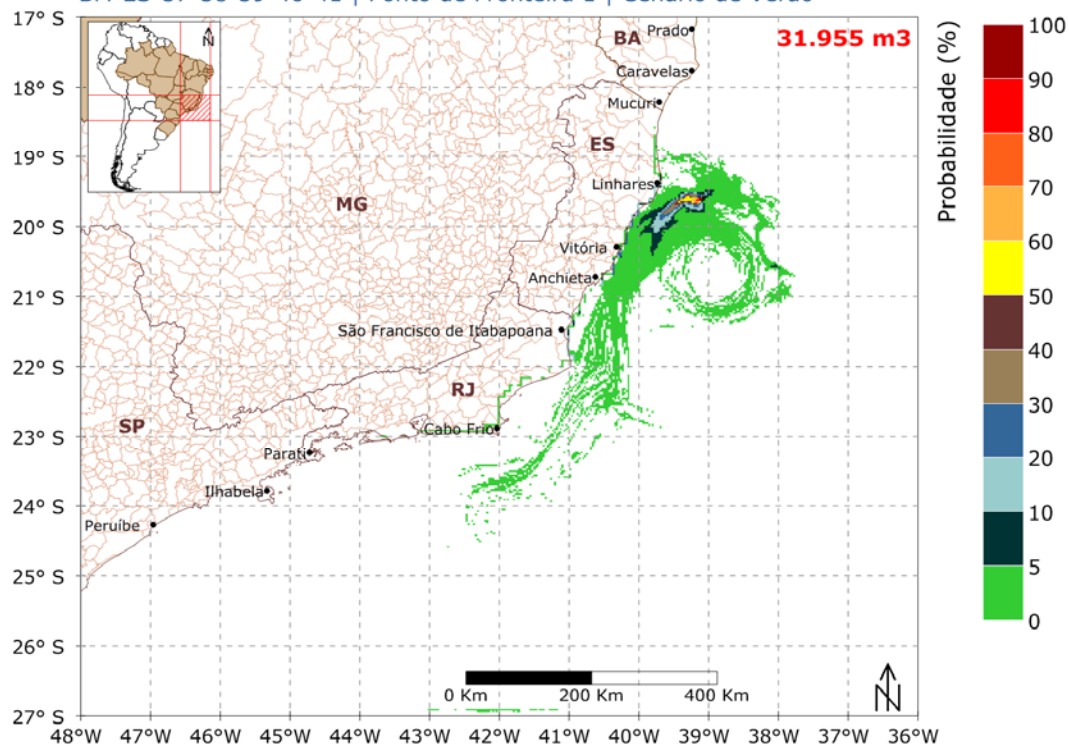
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 24:** Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.

Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) de volume médio os municípios localizados no estado do Espírito Santo foram os que apresentaram a maior probabilidade, 30-20%, de serem atingidos pelo óleo nesta faixa de volume médio.

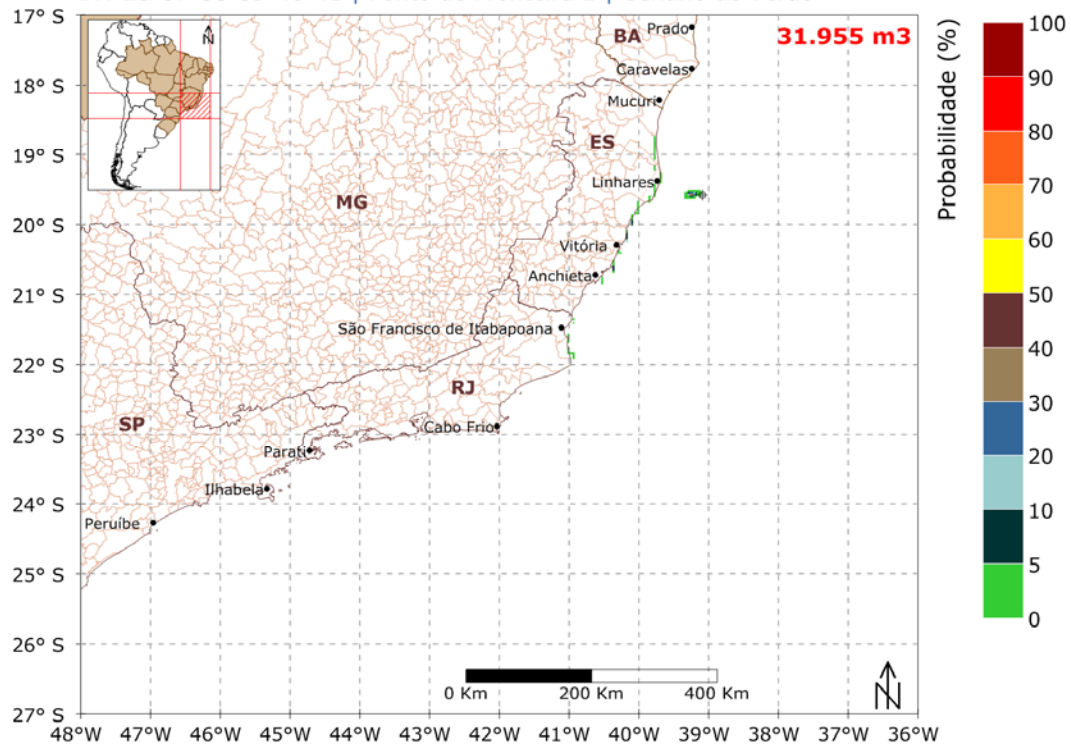


## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
 Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Verão



**Figura 25: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 1.**

Na classe 3 (maior que 200m<sup>3</sup>) de volume médio foram identificados locais com probabilidade de presença de óleo nesta classe de volume, nas proximidades do poço, no estado do Espírito Santo e ao norte do estado do Rio de Janeiro. A maior probabilidade, 20-10% foi registrada em Serra – ES.

### V.1.1.3.2. Inverno

A seguir, na Figura 26 à Figura 29, serão apresentados os resultados obtidos no período de inverno, ponto de fronteira 1 para um cenário de *blow-out*, volume vazado de 31.955 m<sup>3</sup>.

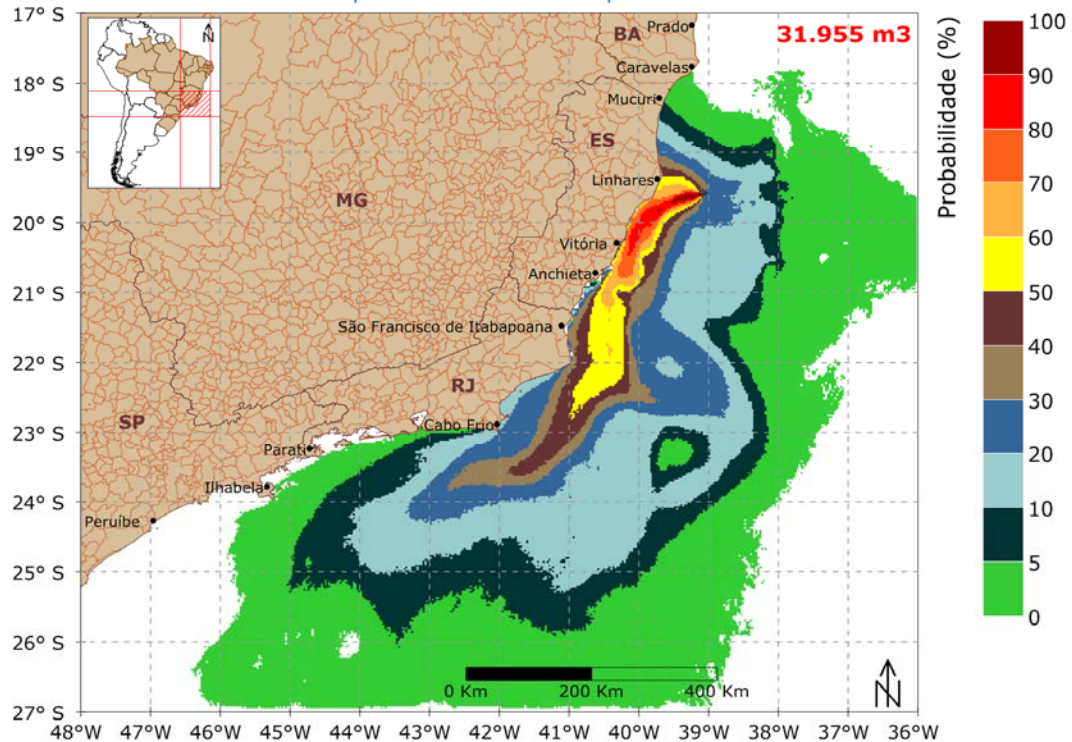
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 26: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Nesse cenário a deriva do óleo também foi preferencial para sudoeste do poço, no entanto, as derivas rumo a nordeste tiveram uma presença maior neste cenário, devido principalmente à passagem de sistemas frontais nesta época do ano.

A região com maior probabilidade de presença de óleo, 80-70% foi registrada no estado do Espírito Santo (Tabela 6).

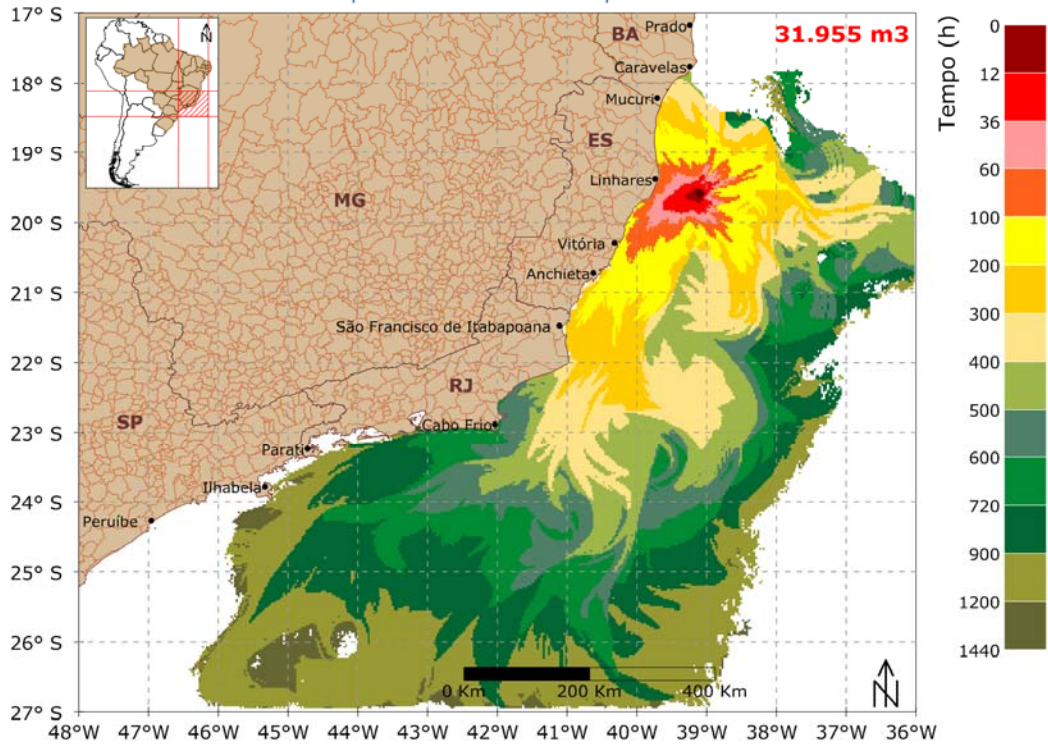
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 27: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

No cenário de inverno o tempo mínimo de chegada de óleo foi menor que o do cenário de verão, 60-100 horas, atingindo Linhares e Aracruz, estado do Espírito Santo, neste intervalo de tempo. Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram tempo mínimo de 200-300h e 900-1200 horas, respectivamente (Tabela 6).



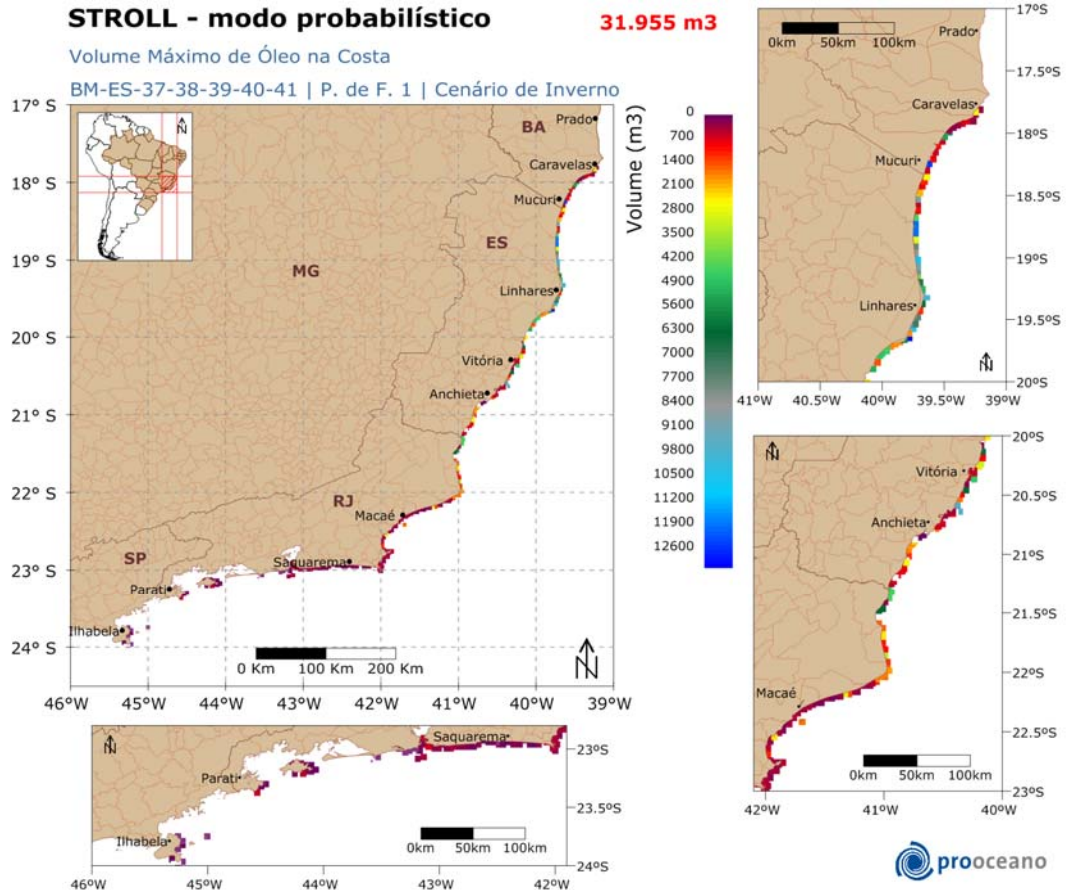
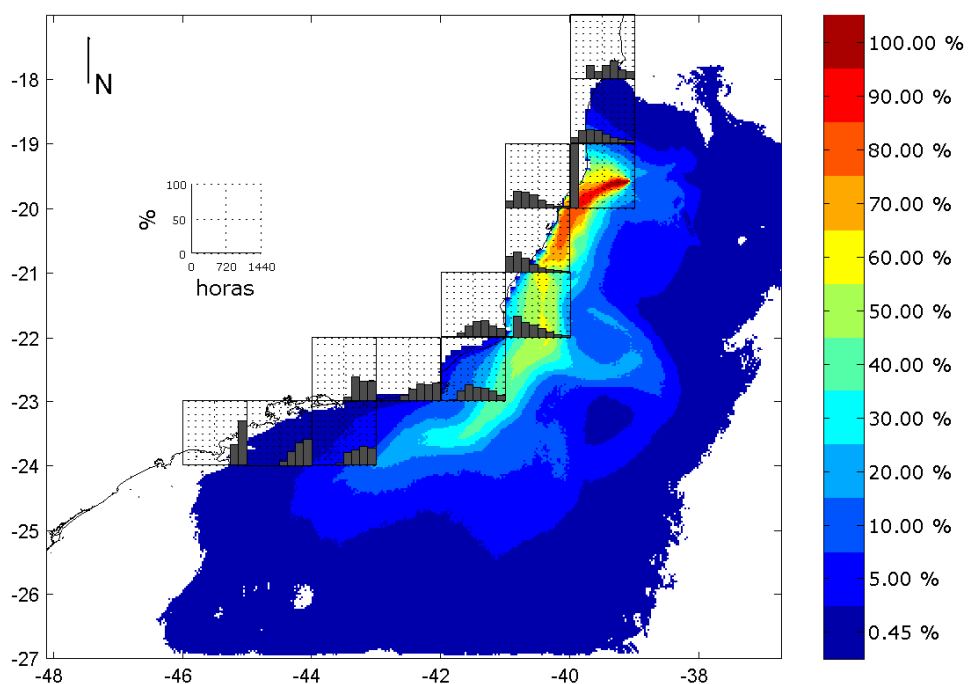


Figura 28: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.

Os maiores volumes máximos de óleo na costa foram registrados no estado da Bahia e Espírito Santo, sendo o máximo registrado em Linhares – ES, 13.241m<sup>3</sup> (Tabela 6). No limite sul do mapa de probabilidade foram observados os menores valores de volume máximo.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 29).



**Figura 29: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 1.**

No cenário de inverno as regiões de maior probabilidade de presença de óleo apresentam tempos de chegada na primeira metade da simulação (0-720h). No limite norte e sul do mapa os tempos de chegada concentram-se na 2ª metade da simulação (720-1440h).

A seguir, na Tabela 6, serão apresentados os volumes máximos, as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de serem atingidos pelo óleo em um evento de *blow-out*.

**Tabela 6: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 1.**

MUNICÍPIOS (PF1)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
BA	Caravelas	-	2720,00	-	5 - 0	-	400-500
	Nova Viçosa	-	850,00	-	5 - 0	-	300-400
	Mucuri	-	12654,00	-	10 - 5	-	200-300
ES	Conceição da Barra	2920,30	12124,00	5 - 0	20 - 10	300 - 400	100 - 200
	São Mateus	14520,00	12124,00	10 - 5	40 - 30	200 - 300	100 - 200
	Linhares	13570,00	13241,00	40 - 30	80 - 70	100 - 200	60 - 100
	Aracruz	6384,40	5258,70	40 - 30	80 - 70	100 - 200	60 - 100
	Fundão	34,14	2045,00	20 - 10	40 - 30	100 - 200	100 - 200
	Serra	867,45	4842,70	50 - 40	80 - 70	100 - 200	100 - 200
	Vitória	444,77	2417,00	30 - 20	30 - 20	200 - 300	100 - 200
	Vila Velha	5274,80	6572,90	40 - 30	50 - 40	100 - 200	100 - 200
	Guarapari	9779,40	9683,60	50 - 40	70 - 60	100 - 200	100 - 200
	Anchieta	500,51	1773,50	5 - 0	50 - 40	200 - 300	200 - 300
	Piúma	1183,50	175,00	5 - 0	10 - 5	200 - 300	300 - 400
	Itapemirim	486,01	2881,00	5 - 0	20 - 10	200 - 300	200 - 300
	Marataízes	387,98	2644,40	10 - 5	30 - 20	200 - 300	200 - 300
	Presidente Kennedy	1654,40	4563,60	20 - 10	30 - 20	300 - 400	200 - 300



**Tabela 6: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno (continuação). Ponto de Fronteira 1.**

MUNICÍPIOS (PF1)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
RJ	São Francisco de Itabapoana	1919,10	6530,90	30 - 20	40 - 30	200 - 300	200 - 300
	São João da Barra	9447,00	4231,80	30 - 20	40 - 30	200 - 300	200 - 300
	Campos dos Goytacazes	1808,20	4231,80	30 - 20	40 - 30	300 - 400	400 - 500
	Quissamã	2147,60	3247,40	10 - 5	20 - 10	300 - 400	400 - 500
	Carapebus	1565,80	590,96	5 - 0	20 - 10	500 - 600	500 - 600
	Macaé	1565,80	2044,40	10 - 5	20 - 10	500 - 600	500 - 600
	Rio das Ostras	909,82	3003,50	5 - 0	20 - 10	500 - 600	500 - 600
	Casimiro de Abreu	726,16	3077,10	5 - 0	20 - 10	500 - 600	600 - 720
	Armação dos Búzios	7159,70	551,66	10 - 5	20 - 10	500 - 600	500 - 600
	Cabo Frio	3669,70	1206,60	10 - 5	20 - 10	500 - 600	600 - 720
	Arraial do Cabo	2314,60	764,27	20 - 10	20 - 10	500 - 600	600 - 720
	Araruama	138,05	349,23	10 - 5	10 - 5	600 - 720	600 - 720
	Saquarema	1556,00	397,78	5 - 0	5 - 0	600 - 720	600 - 720
	Maricá	1781,70	560,85	5 - 0	5 - 0	600 - 720	720 - 900
	Niterói	805,59	746,19	5 - 0	5 - 0	720 - 900	720 - 900
	Rio de Janeiro	2475,80	550,69	5 - 0	5 - 0	720 - 900	720 - 900
	Itaguaí*	146,91	-	5 - 0	-	900 - 1200	-
	Mangaratiba*	146,91	-	5 - 0	-	900 - 1200	-
	Angra dos Reis*	146,91	-	5 - 0	-	900 - 1200	-
	Iha Grande (Angra dos Reis)	963,90	535,41	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	720 - 900
Parati	693,99	632,14	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200	
SP	Ubatuba	666,45	-	5 - 0	-	900 - 1200	-
	Caraguatatuba	977,78	-	5 - 0	-	900 - 1200	-
	Ihabela	1053,20	157,42	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	São Sebastião	977,78	-	5 - 0	-	900 - 1200	-

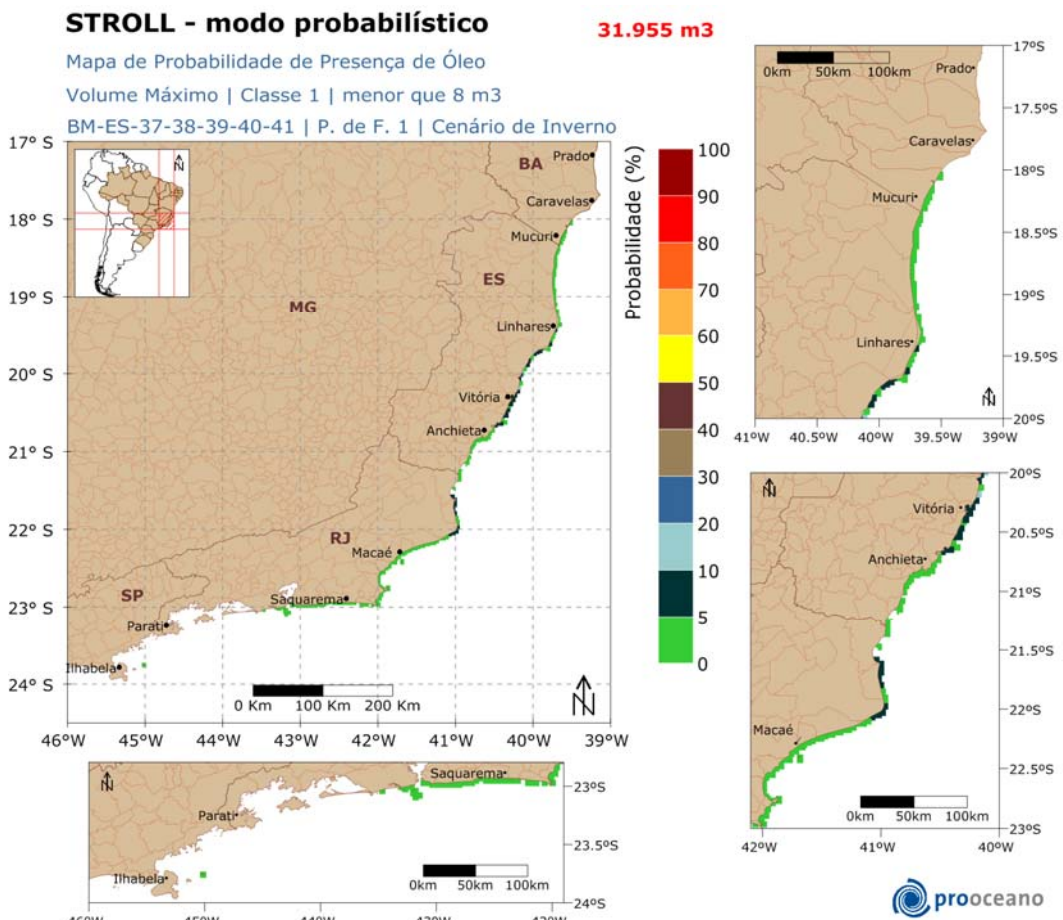
\* valores referentes à entrada da Baía de Sepetiba.

#### **Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo**

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 30, Figura 31 e Figura 32) e volumes médios (Figura 33, Figura 34 e Figura

35) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.



**Figura 30: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

As regiões que podem apresentar óleo na costa nesta faixa de volume (menor 8m<sup>3</sup>) estenderam-se do estado da Bahia até o Rio de Janeiro com probabilidade máxima de 10-5%.

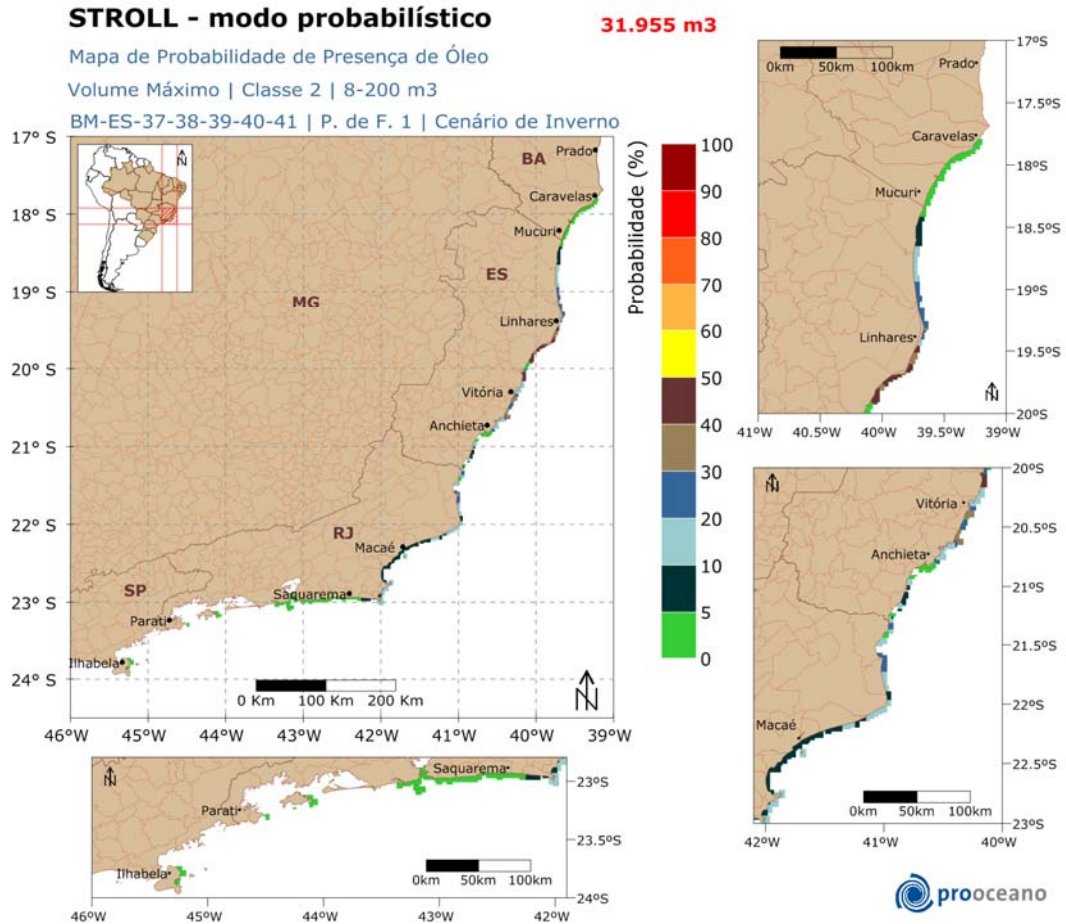
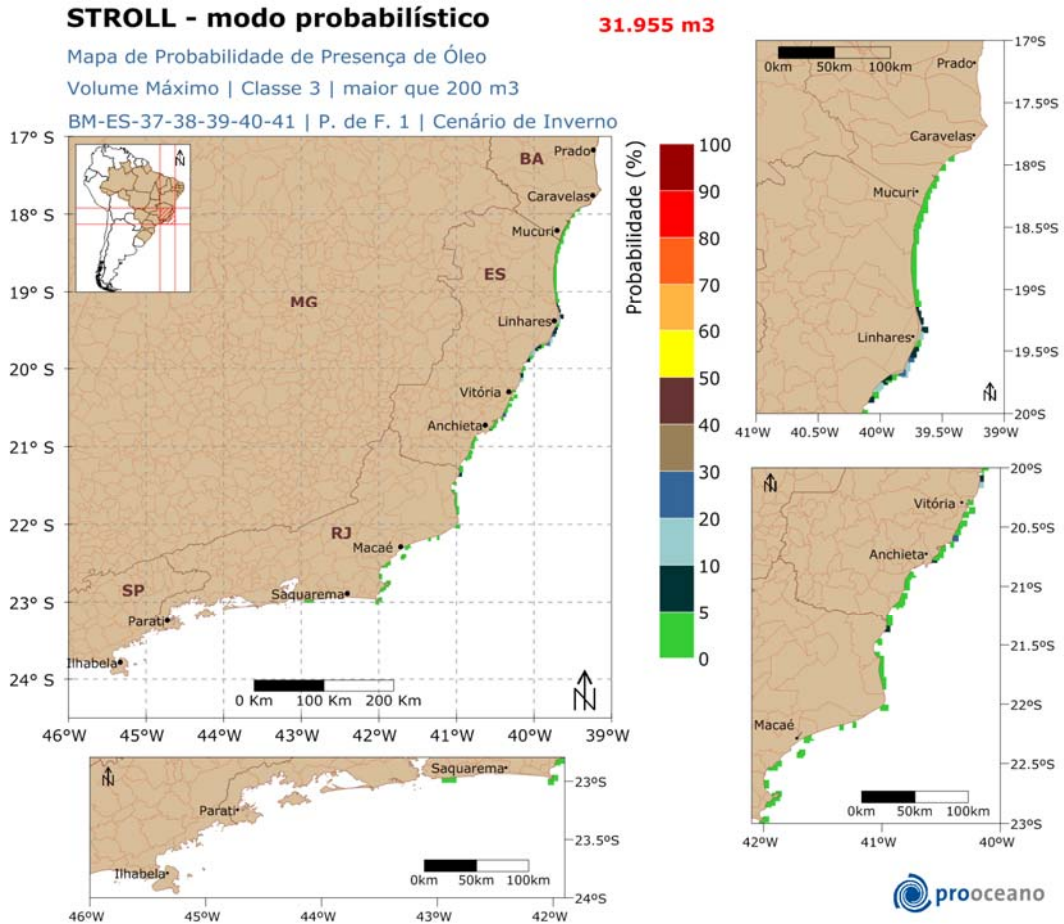


Figura 31: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.

Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) locais na costa do estado da Bahia e de São Paulo apresentaram probabilidade 5-0%. Espírito Santo foi o que teve maior probabilidade 50-40%, enquanto o Rio de Janeiro a máxima registrada foi 30-20% nesta faixa de volume.



**Figura 32: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Nesta faixa de volume (maior que 200m<sup>3</sup>) o estado da Bahia e a maior parte dos locais que apresentam probabilidade de presença de óleo no estado do Rio de Janeiro tiveram probabilidade 5-0%, enquanto a máxima foi registrada no Espírito Santo, 20-10%.



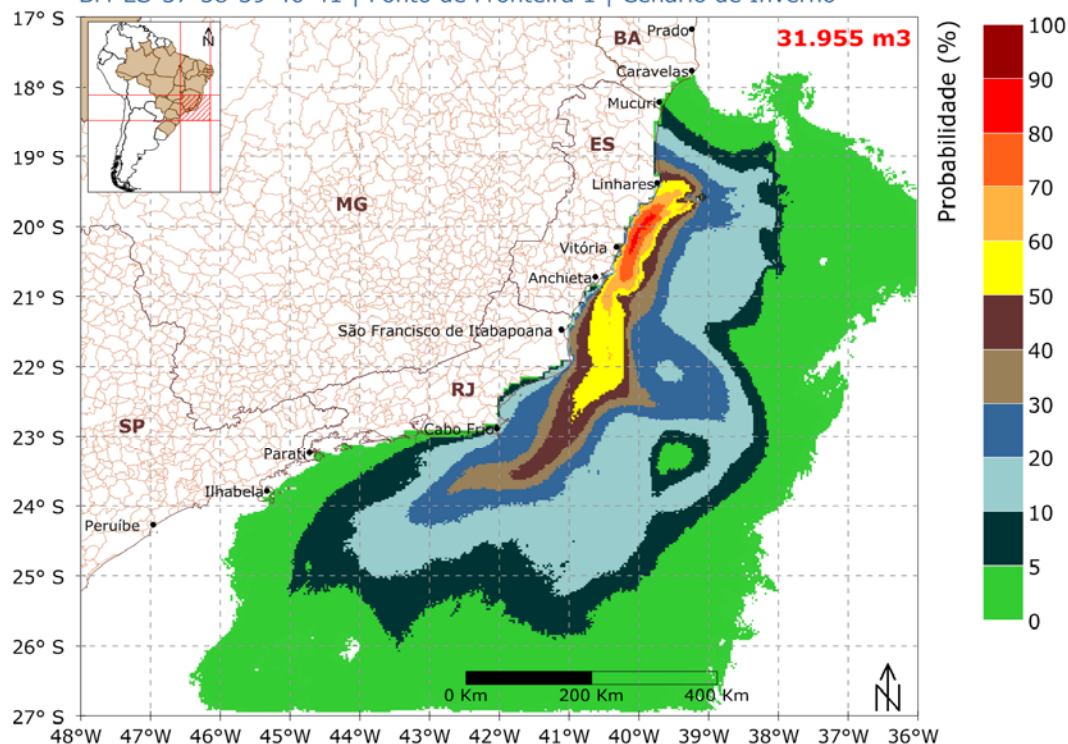
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 33: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Todas as regiões identificadas na Figura 26 (Mapa de Probabilidade de Óleo) também podem apresentar óleo nesta faixa de volume médio, classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>).

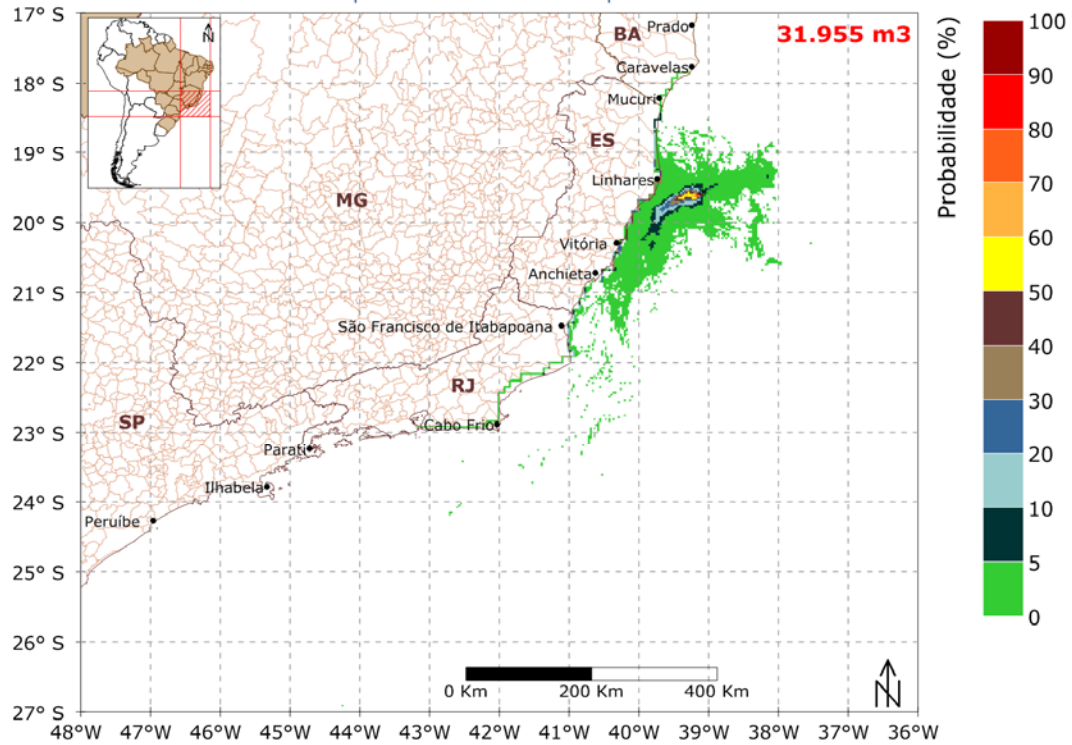
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 34: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) regiões desde a Bahia até o Rio de Janeiro podem apresentar óleo nesta classe de volume. O estado do Espírito Santo foi o que apresentou maior probabilidade, 50-40%.

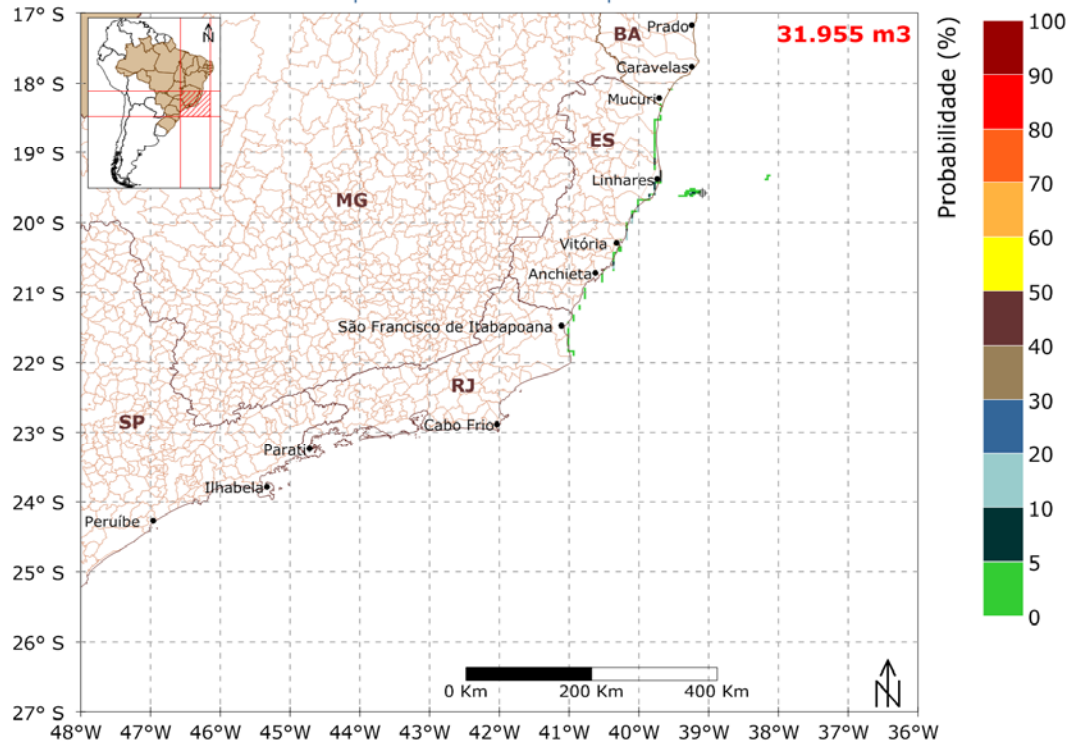


## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 1 | Cenário de Inverno



**Figura 35: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

Alguns locais próximos ao poço, no estado do Espírito Santo e ao norte do estado do Rio de Janeiro, foram identificados com probabilidade de presença de óleo nesta faixa de volume (maior que 200m<sup>3</sup>), sendo a máxima probabilidade, 20-10%, registrada no Espírito Santo.

### V.1.2. Modo Determinístico

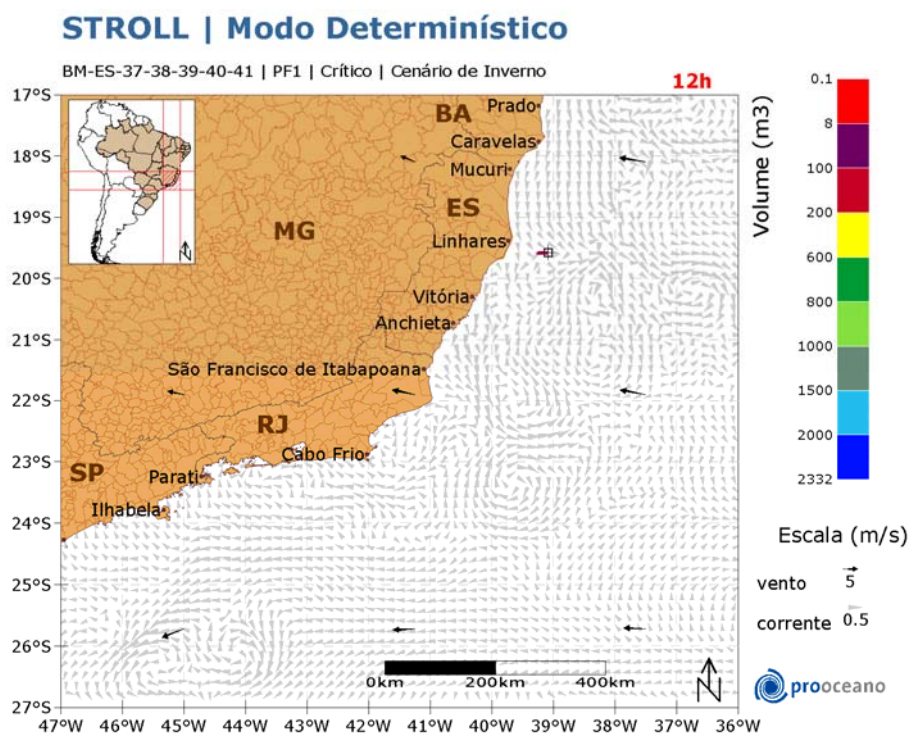
Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas foi identificado o cenário crítico para ocorrência de um evento de *blow-out* no ponto de fronteira 1, BM-ES-37-38-39-40-41. O cenário que apresentou o menor tempo mínimo de toque na costa foi o de inverno, 60-100 horas, portanto será apresentada uma trajetória crítica ocorrida neste cenário.

Também serão apresentadas duas trajetórias que representarão a deriva do óleo nas condições meteo-oceanográficas mais frequentes da região, nos cenários sazonais de verão e inverno conforme estabelecido no item V.

Nas figuras serão apresentados os instantâneos com os resultados da simulação da dispersão de óleo realizada para a situação escolhida. São também mostrados nas figuras os campos de vento e correntes que transportaram o óleo nesse cenário.

#### V.1.2.1. Crítico

Na Figura 36 à Figura 46 é mostrada a trajetória do óleo no cenário de inverno para a situação crítica, onde o óleo atinge a costa mais rapidamente.



**Figura 36: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.**

### STROLL | Modo Determinístico

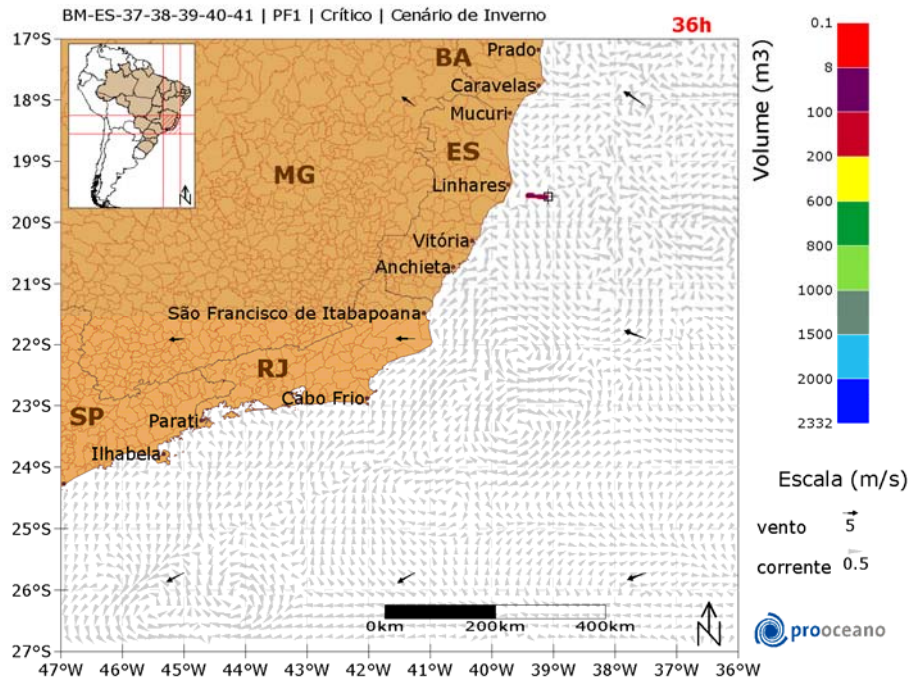


Figura 37: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

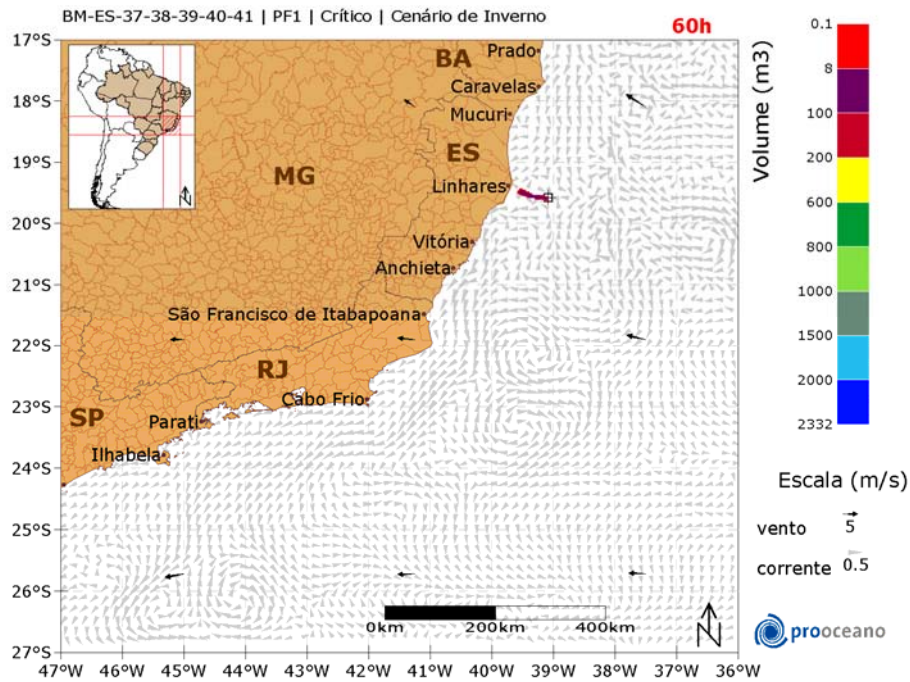


Figura 38: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

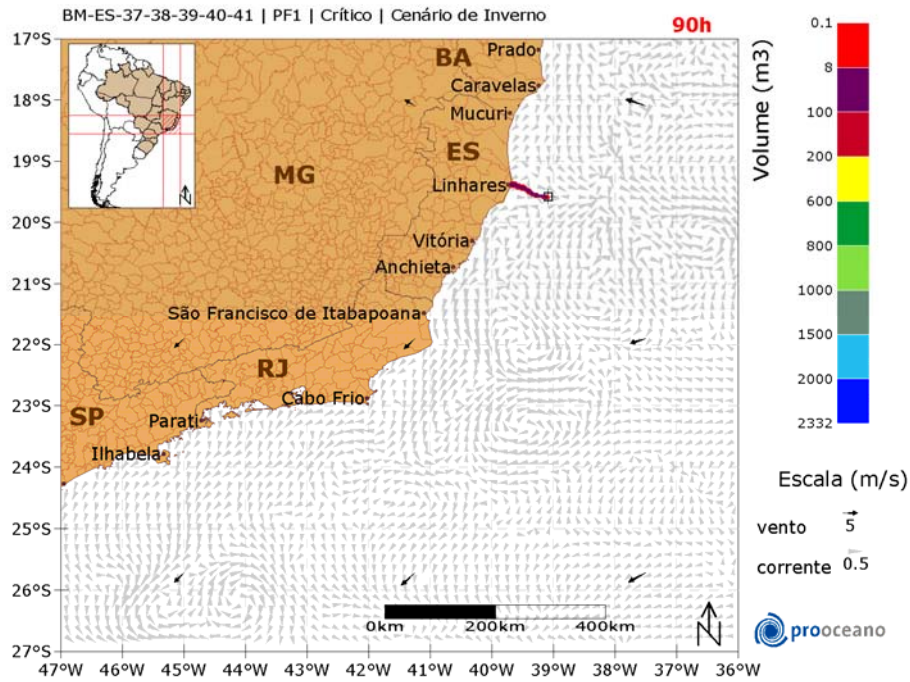


Figura 39: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 90 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

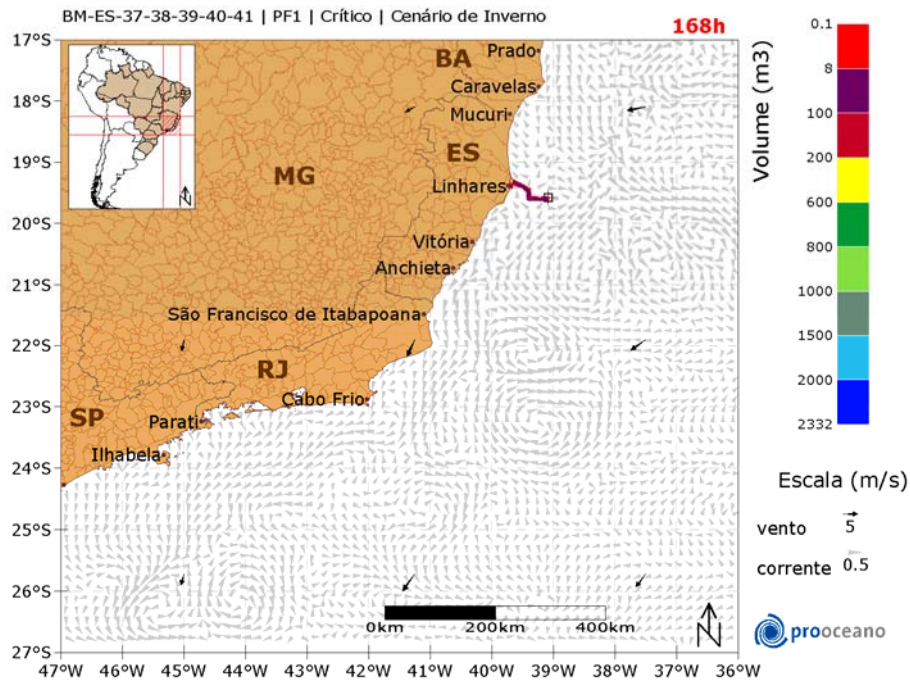


Figura 40: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

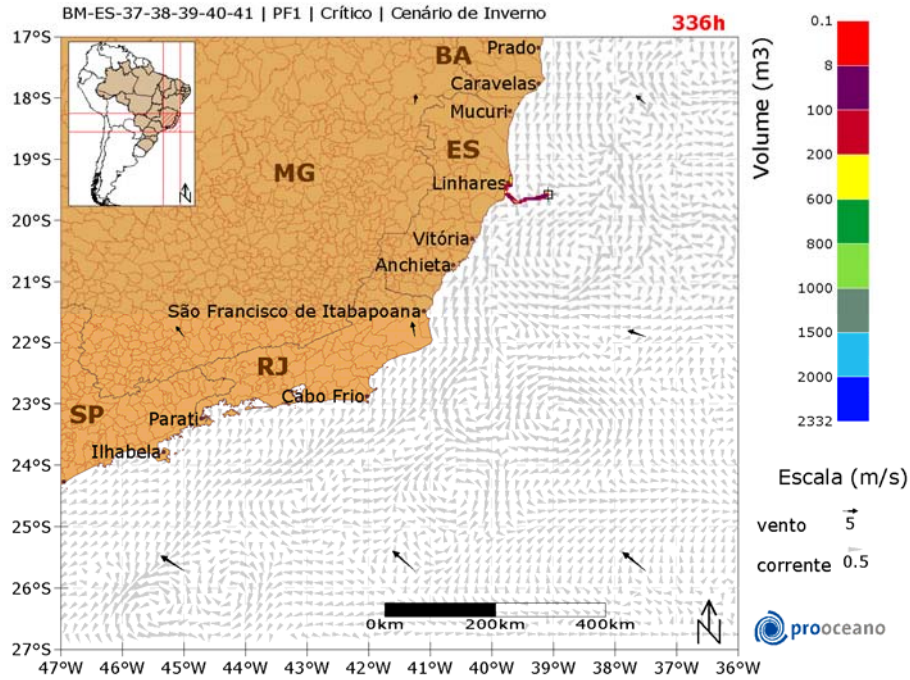


Figura 41: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

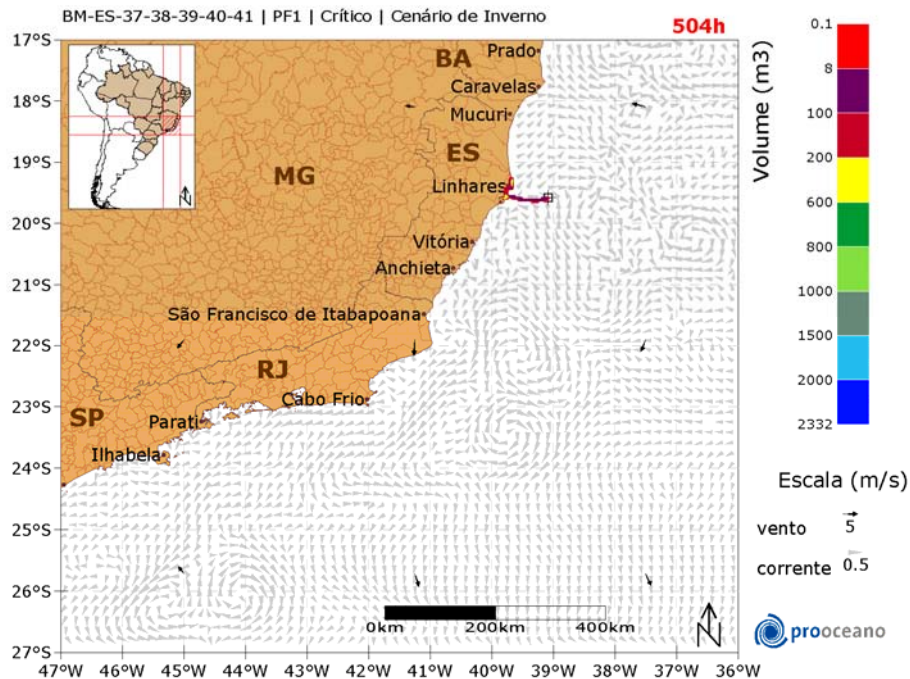


Figura 42: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

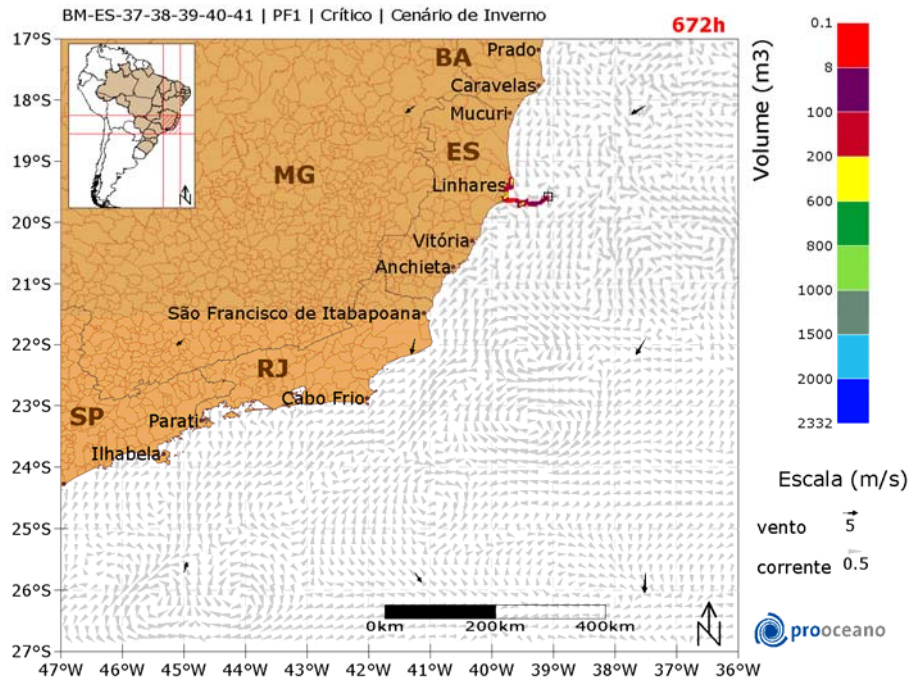


Figura 43: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

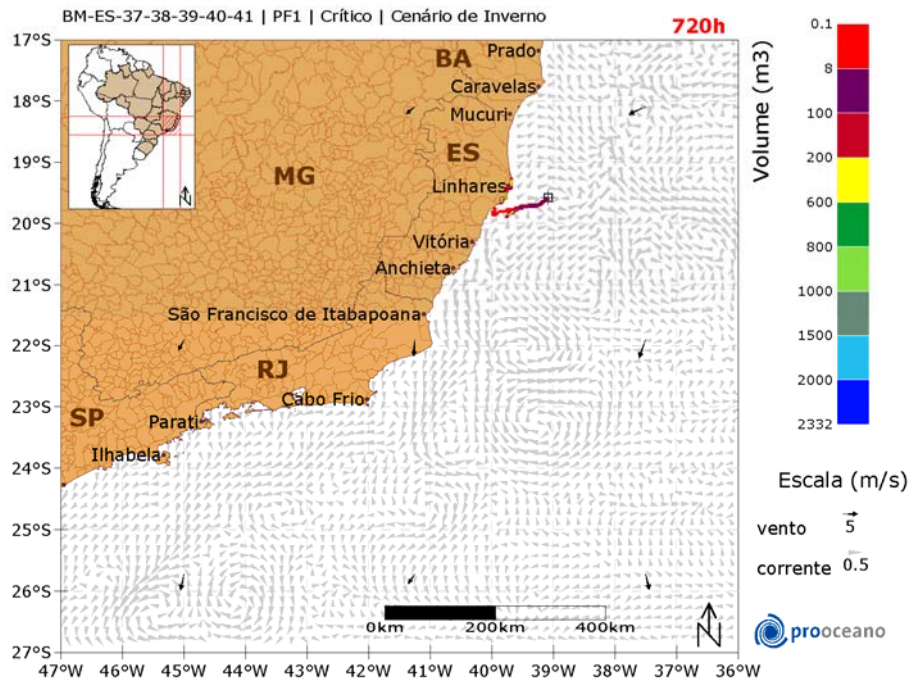


Figura 44: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

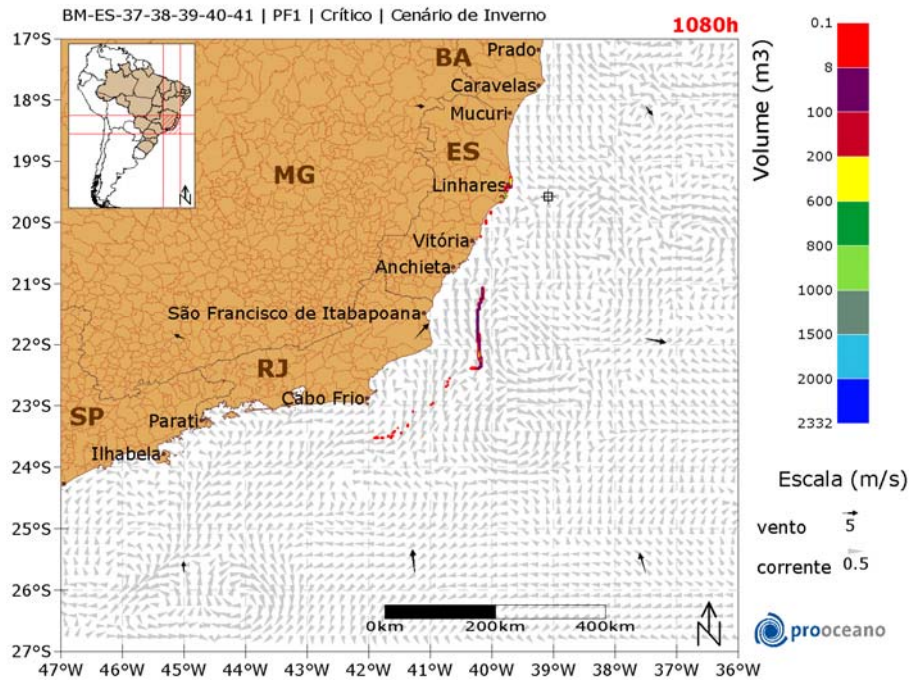


Figura 45: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

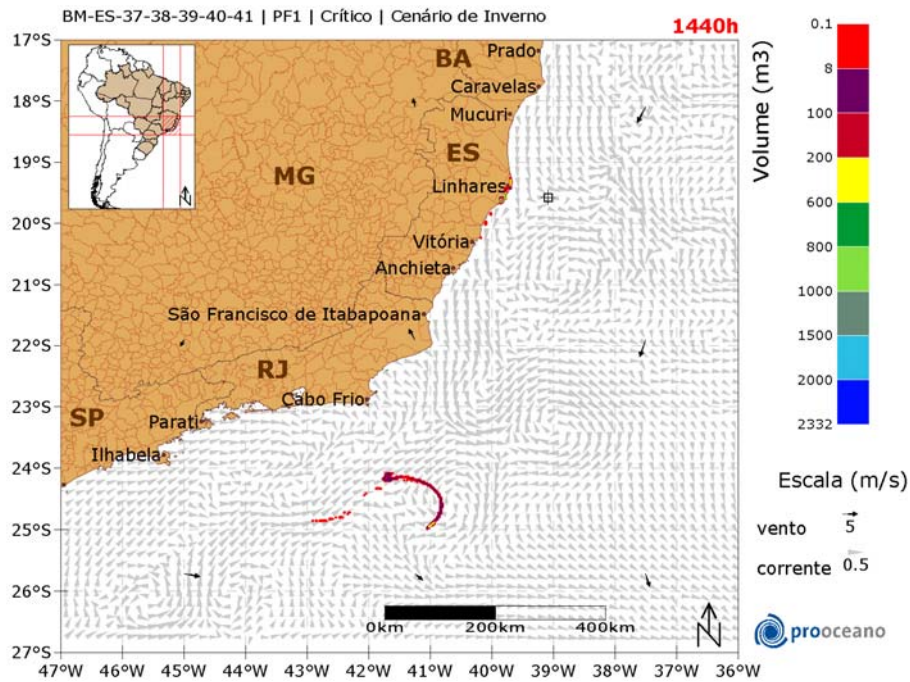
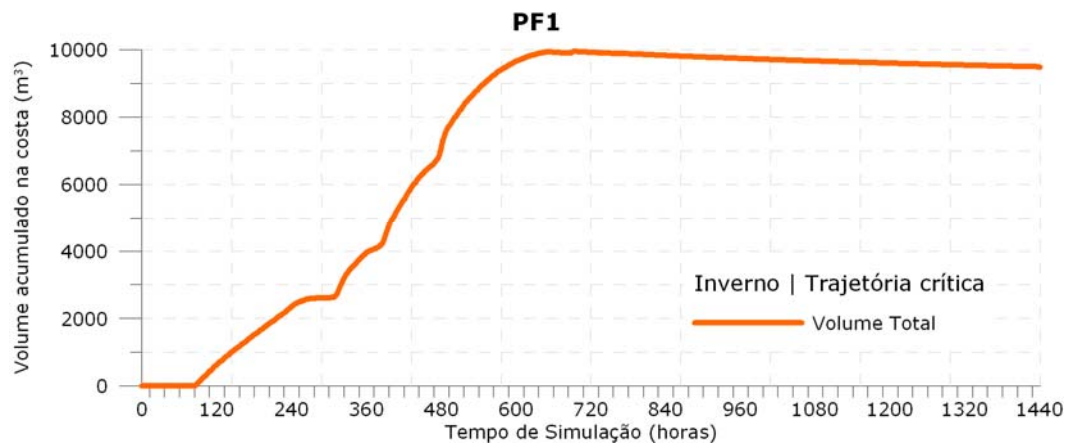


Figura 46: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.

O óleo derivou rumo a noroeste do poço. O toque na costa ocorreu em 90 horas, no município de Linhares, estado do Espírito Santo. Após alcançar a linha de costa o óleo iniciou sua deriva rumo a sudoeste. Ao final da simulação, 1440 horas, parte do óleo remanescente encontra-se na costa de Linhares a Serra – ES, e no oceano na latitude de 25°S, aproximadamente.

No gráfico (Figura 47), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa, ~10.000 m<sup>3</sup>, foi alcançado em aproximadamente 700 horas após o início da simulação.



**Figura 47: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.**

#### V.1.2.2. Condições Meteo-oceanográficas frequentes

A seguir, na Figura 48 à Figura 57 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no verão.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

12h

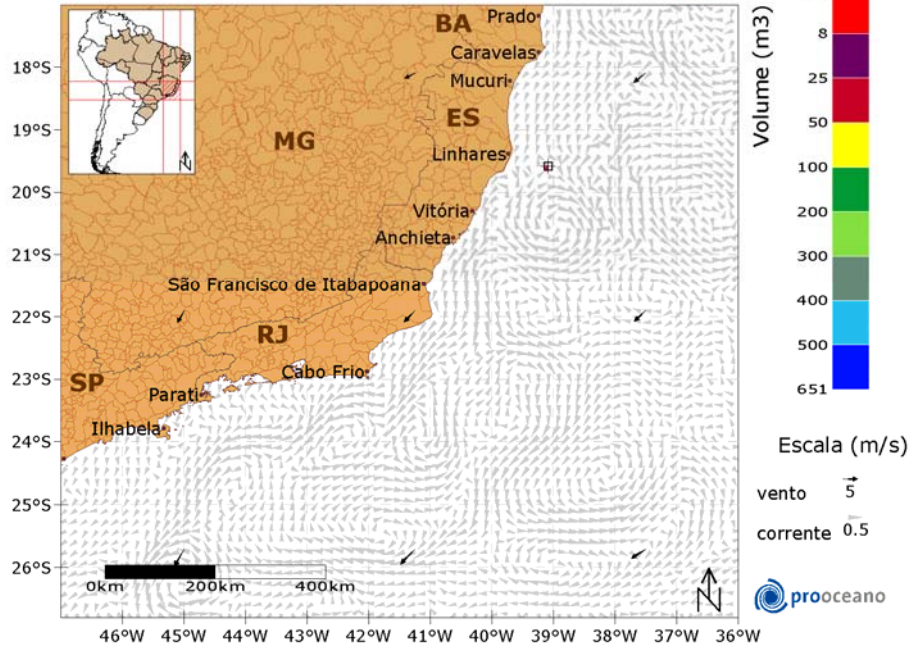


Figura 48: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

36h

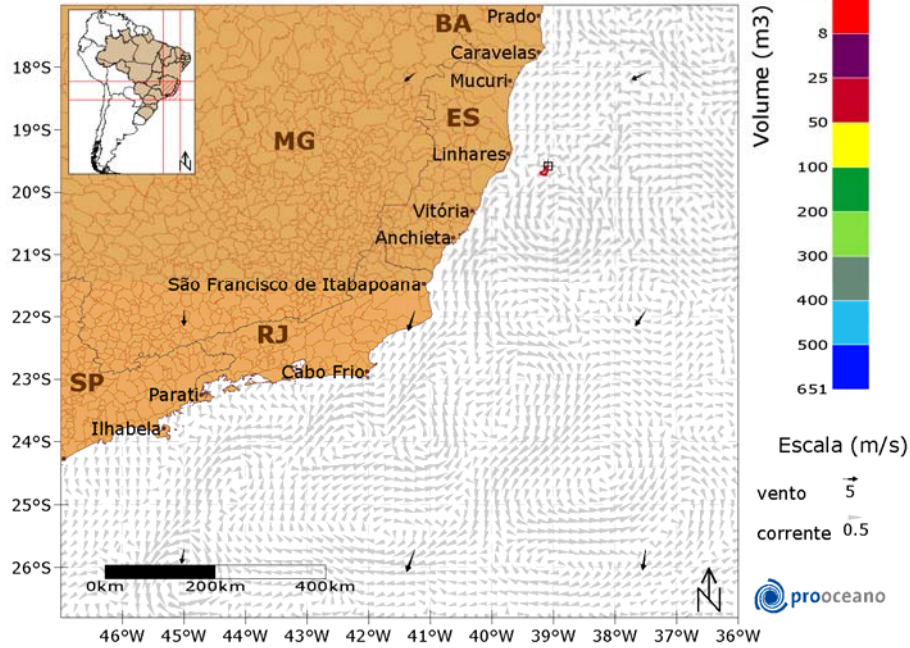


Figura 49: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

60h

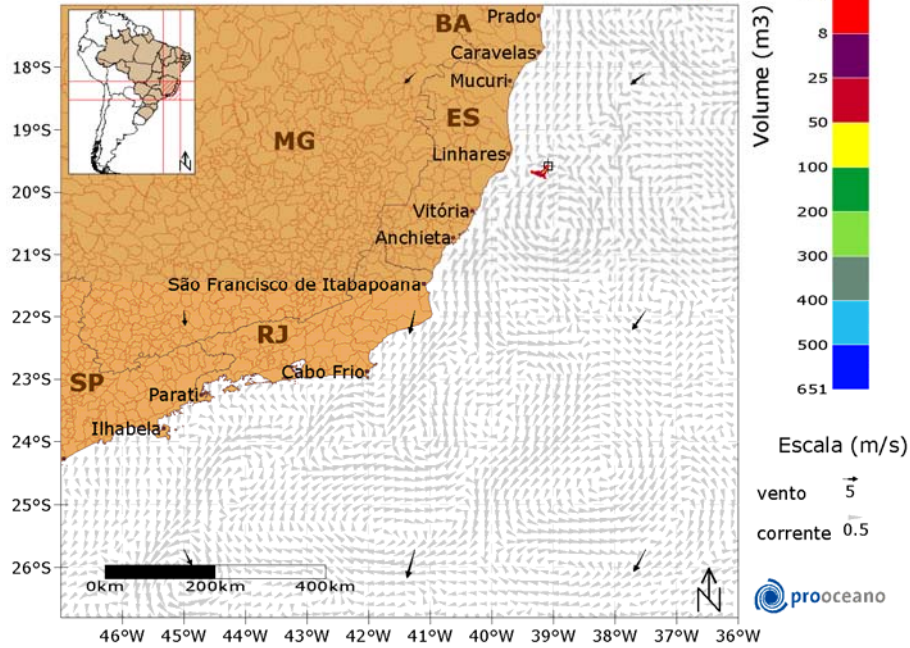


Figura 50: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

168h

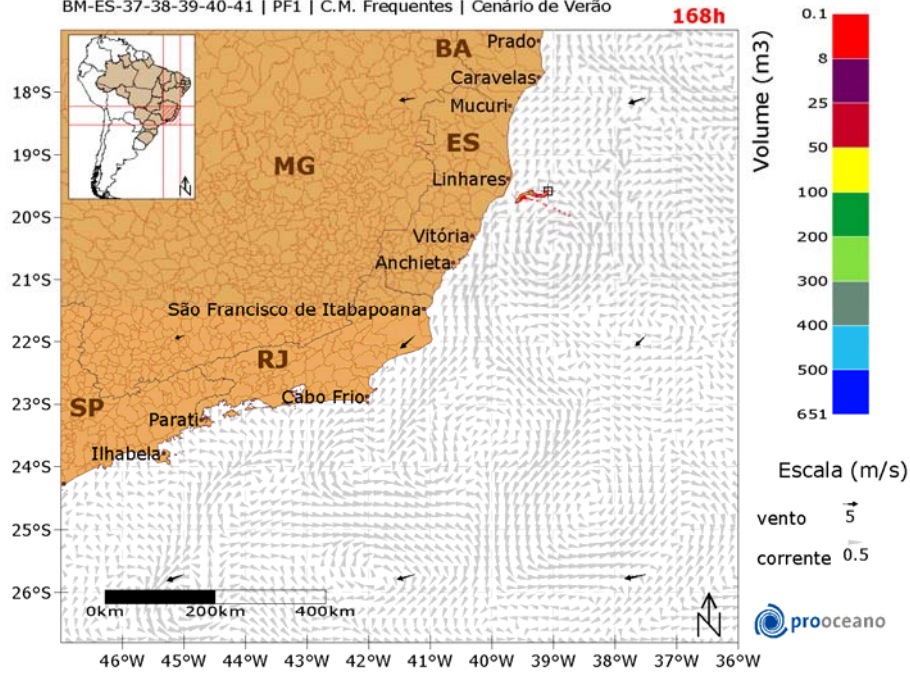


Figura 51: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

336h

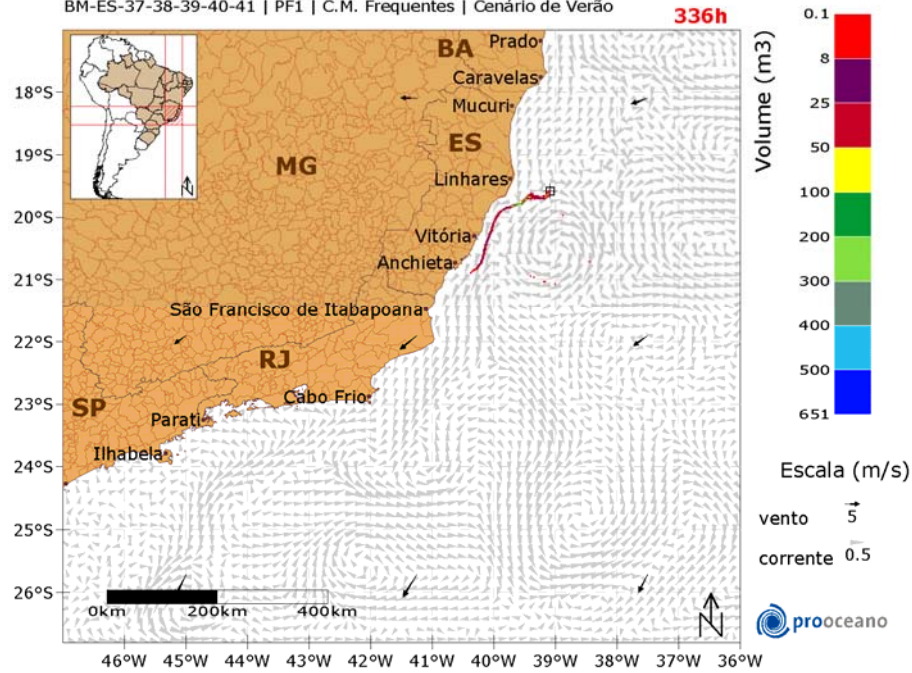


Figura 52: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

504h

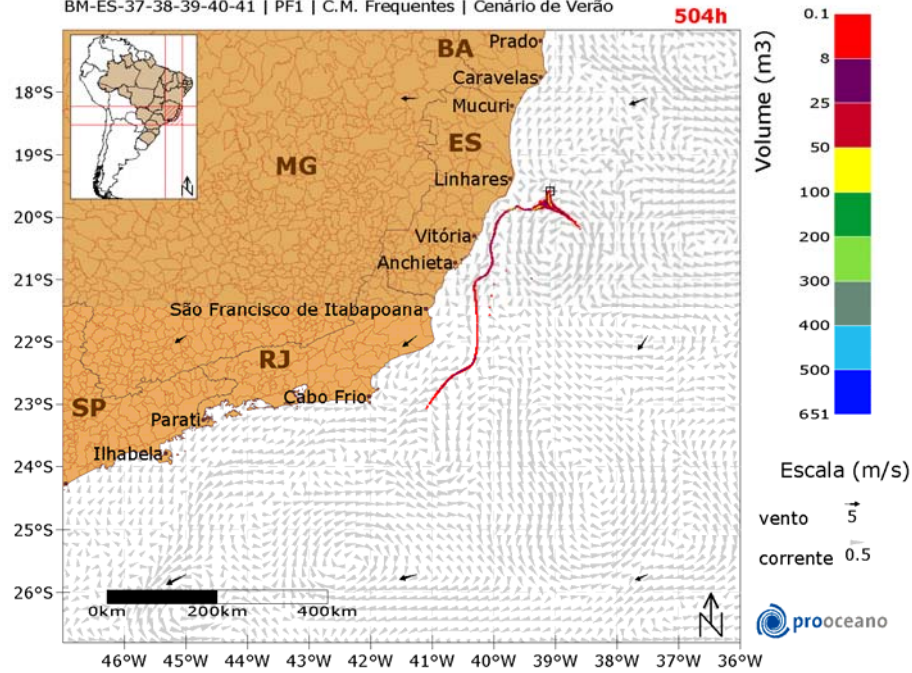


Figura 53: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

672h

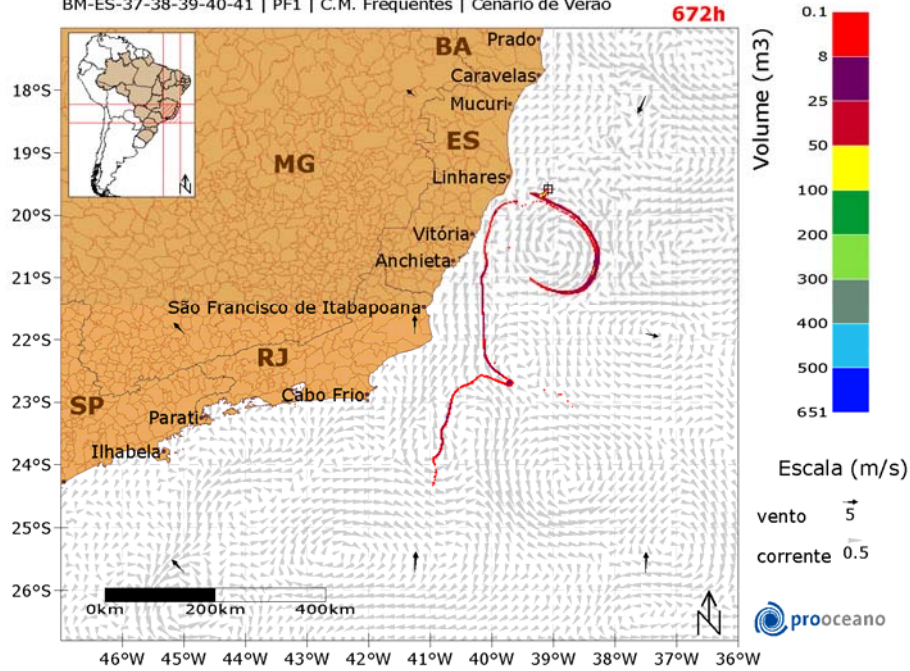


Figura 54: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

720h

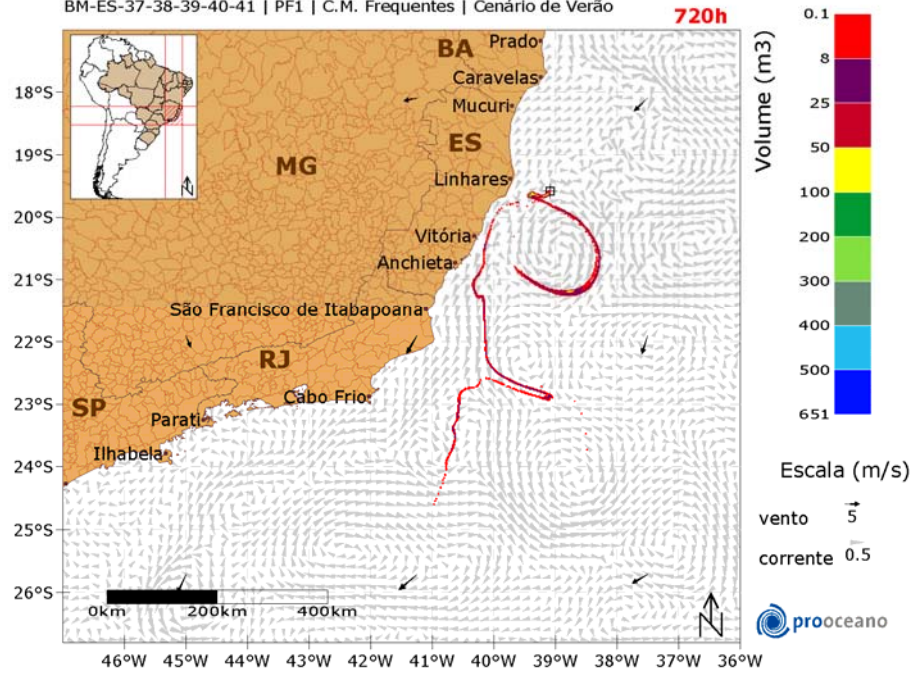


Figura 55: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1080h

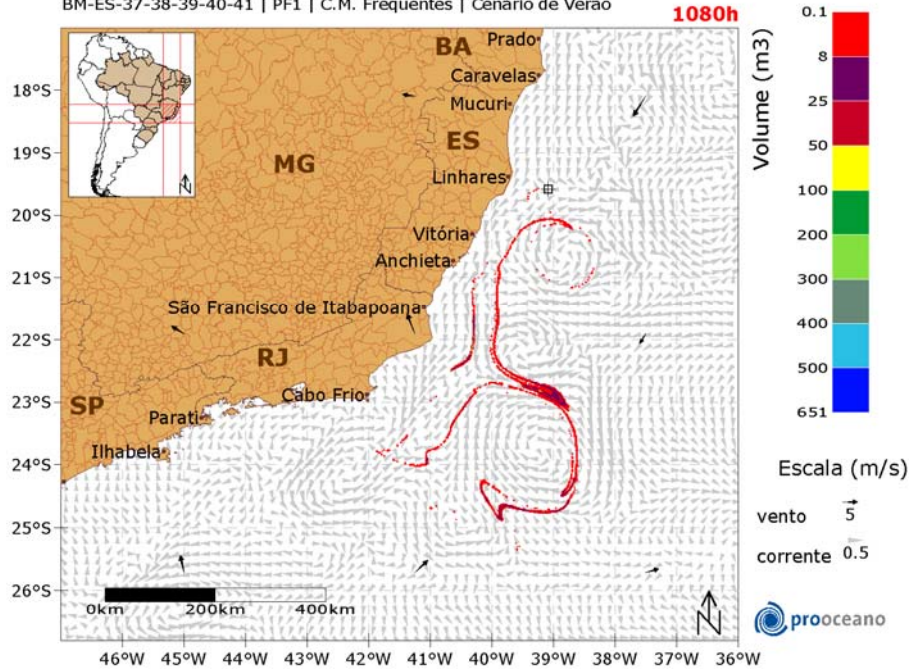
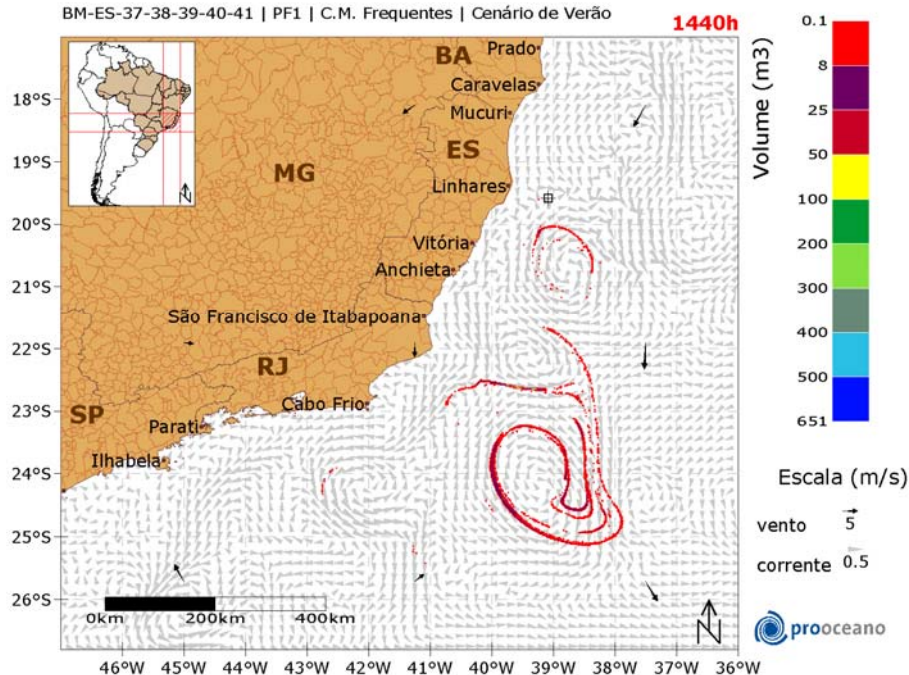


Figura 56: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF1 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1440h



**Figura 57: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.**

A deriva do óleo ocorreu rumo a sudoeste do poço durante toda a simulação. Em 7 dias de simulação o óleo se aproxima da costa, porém não chega a atingir a mesma. Ao final da simulação o óleo remanescente encontra-se na latitude mínima de 25,5°S, aproximadamente.

A seguir na Figura 58 à Figura 67 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no inverno.

### STROLL | Modo Determinístico

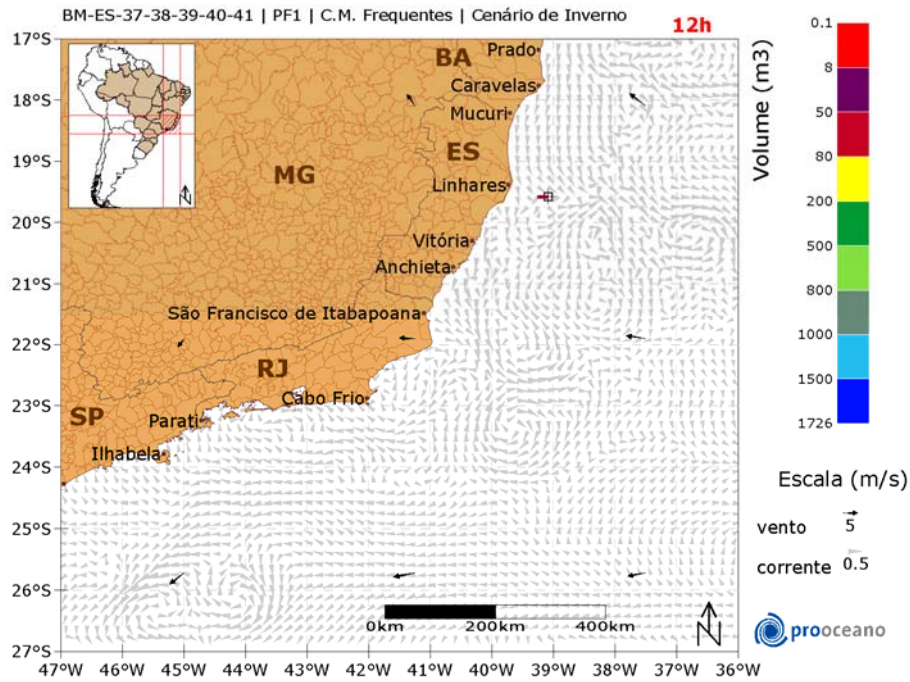


Figura 58: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

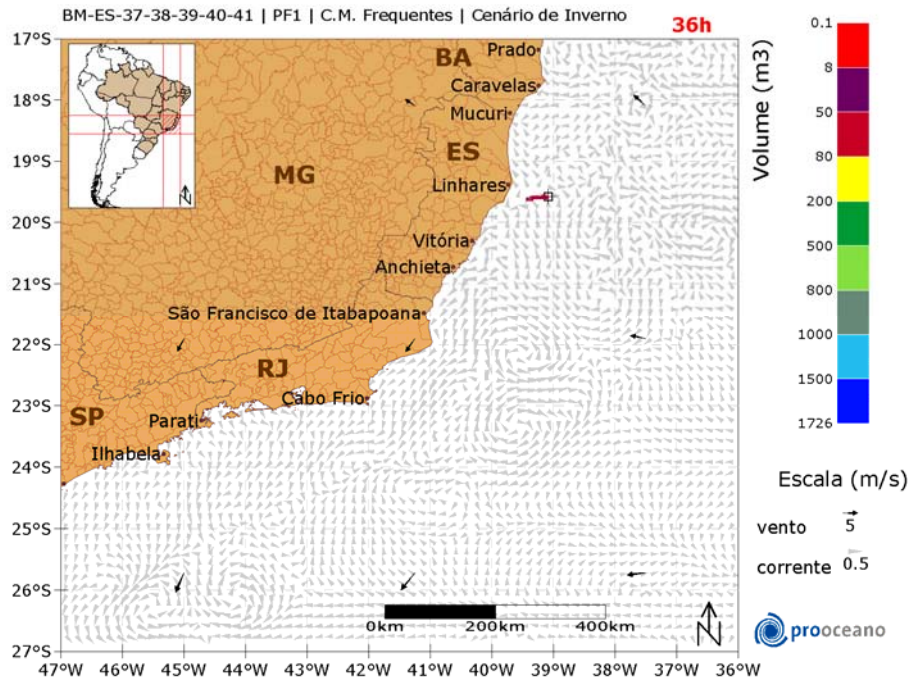


Figura 59: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

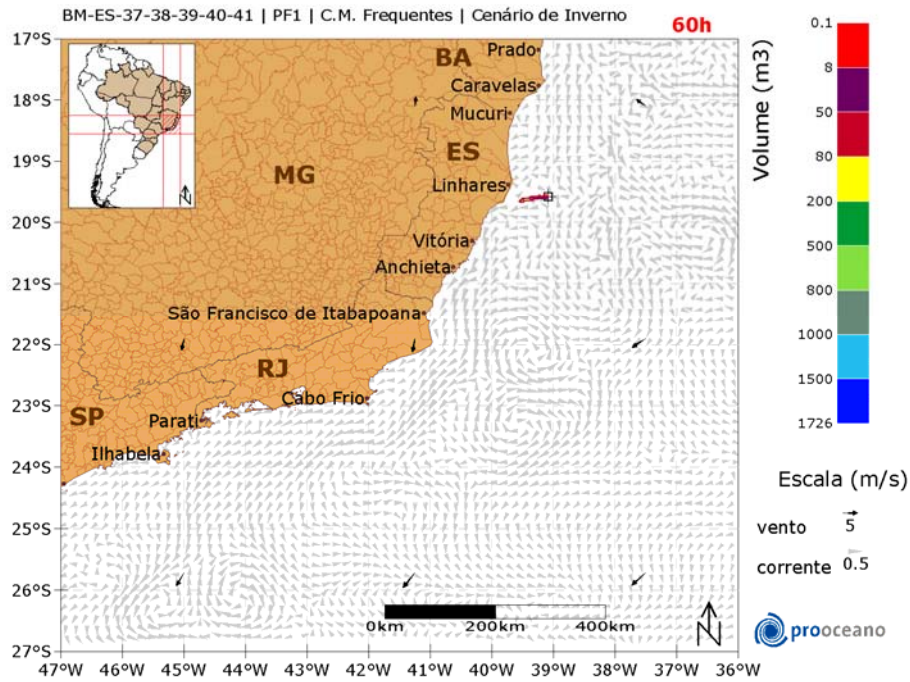


Figura 60: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

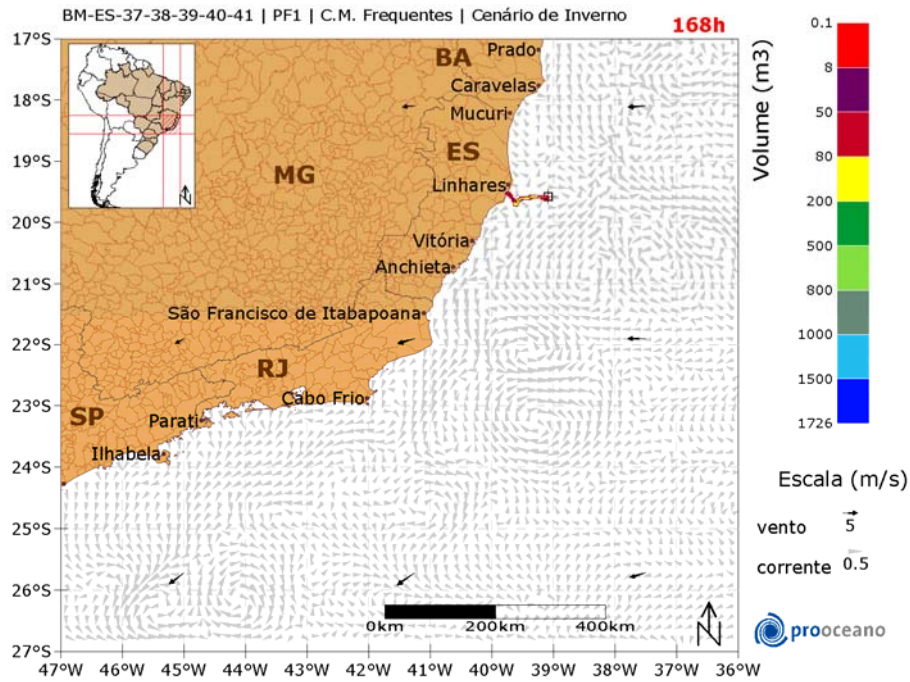


Figura 61: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

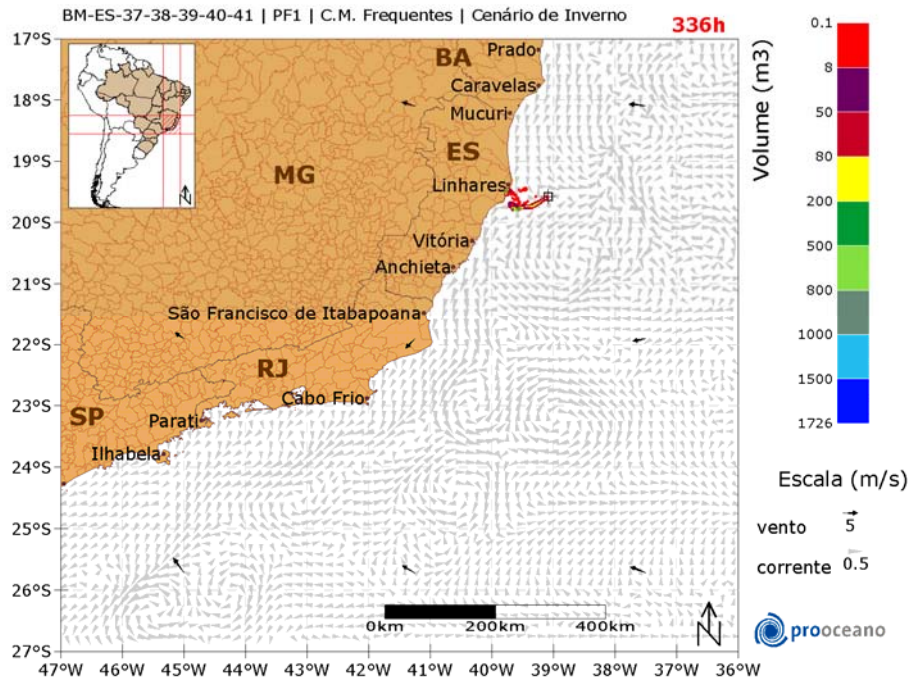


Figura 62: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

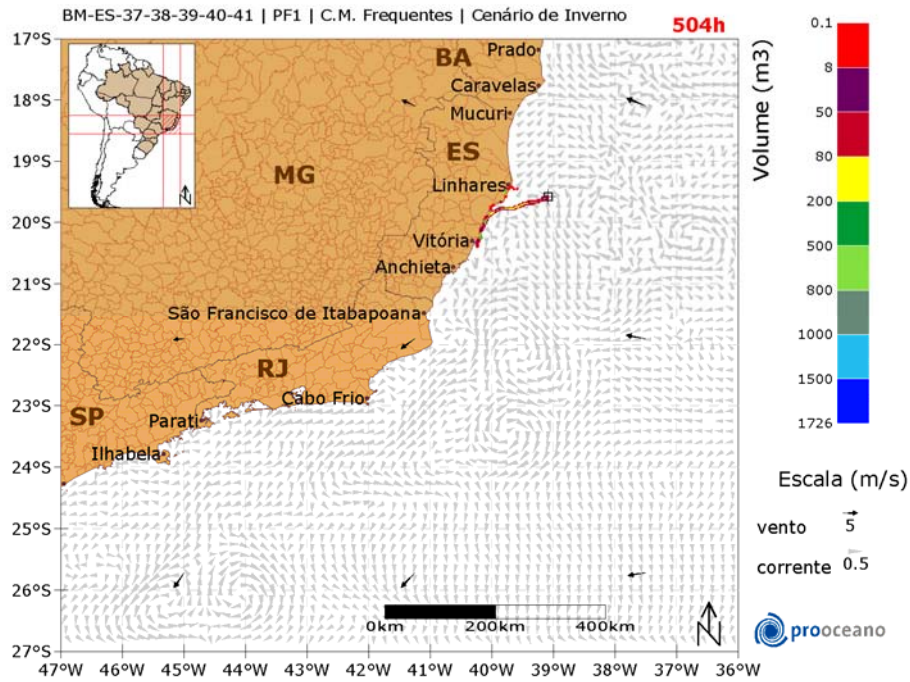


Figura 63: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

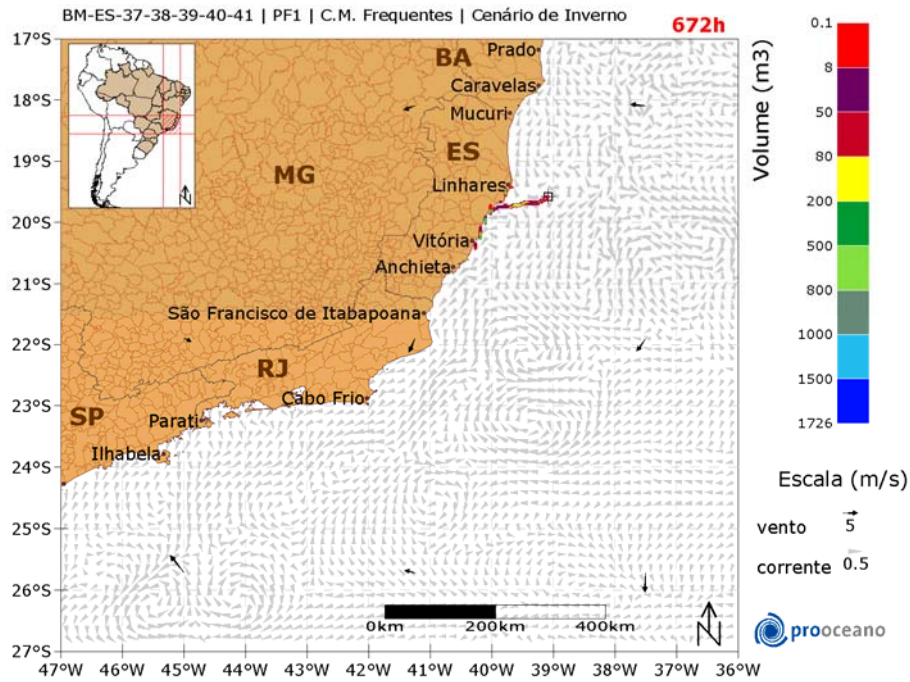


Figura 64: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 1.



### STROLL | Modo Determinístico

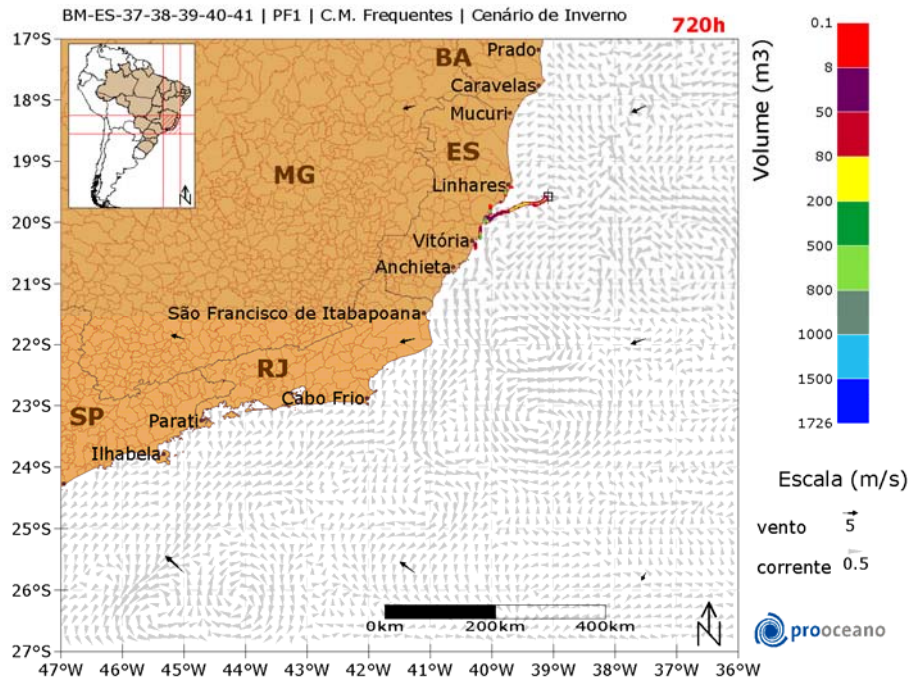


Figura 65: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

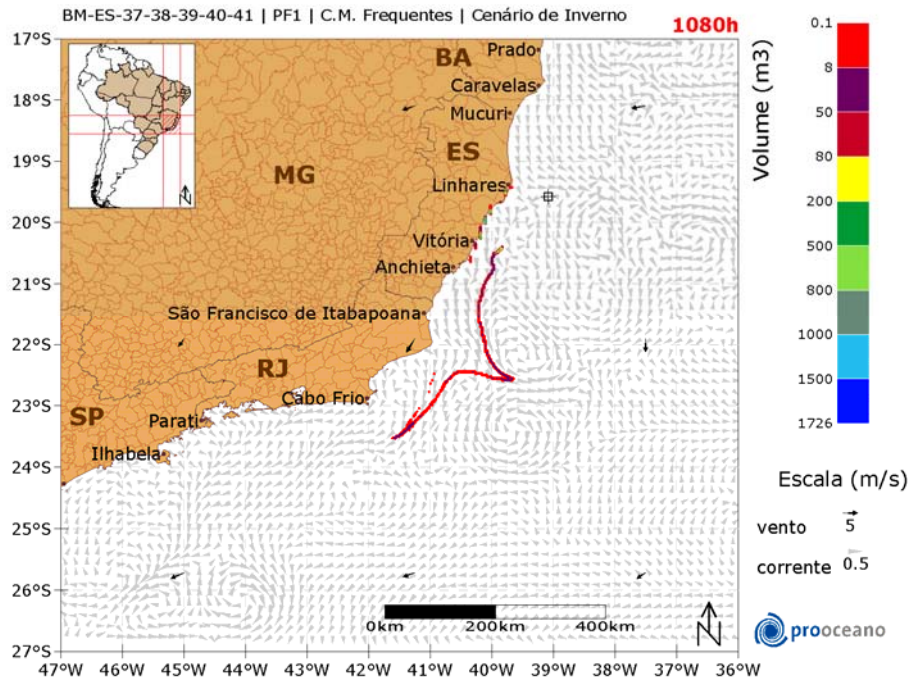
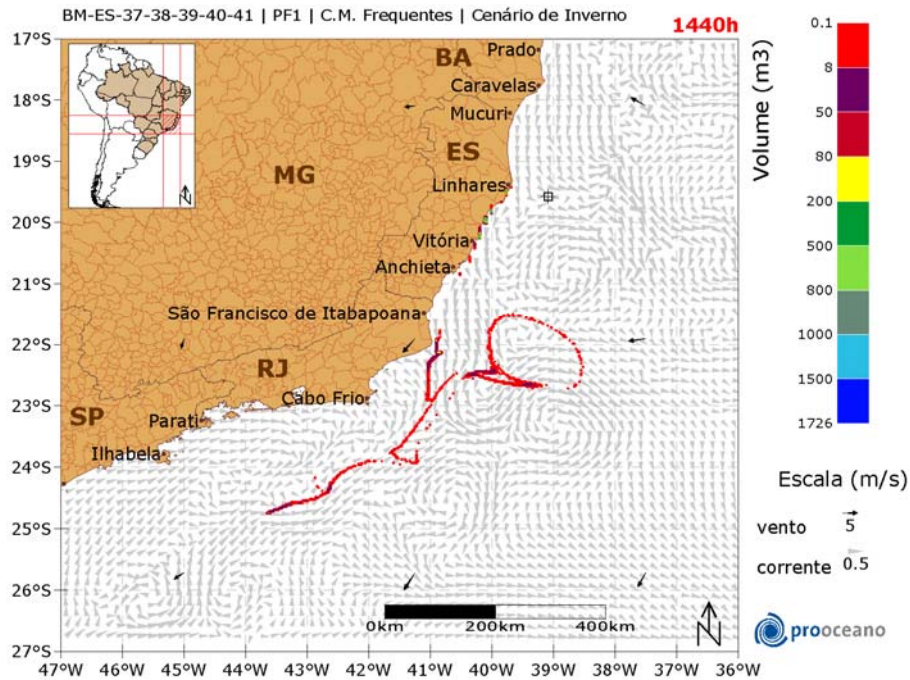


Figura 66: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.

### STROLL | Modo Determinístico

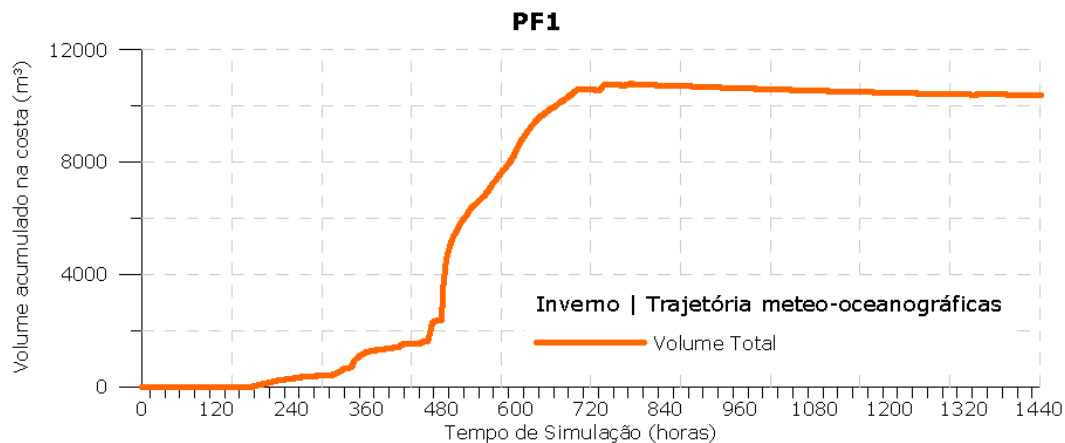


**Figura 67: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 1.**

A deriva do óleo inicialmente foi rumo a oeste do poço, quando em 168 horas de simulação o óleo já se encontrava na costa de Linhares – ES. Após esse momento a deriva ocorreu rumo a sudoeste do poço. Ao final da simulação, 1440 horas, a região atingida estendeu-se de Linhares a Vitória, no estado do Espírito Santo.

No gráfico (Figura 68), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 11.000 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 750 horas após o início da simulação.



**Figura 68:** Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 1.

## V.2. Ponto de Fronteira 2

### V.2.1. Modo Probabilístico

#### V.2.1.1. Vazamento de 8m<sup>3</sup>

##### V.2.1.1.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> no cenário de verão, ponto de fronteira 2 é apresentado na Figura 69, enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 70.



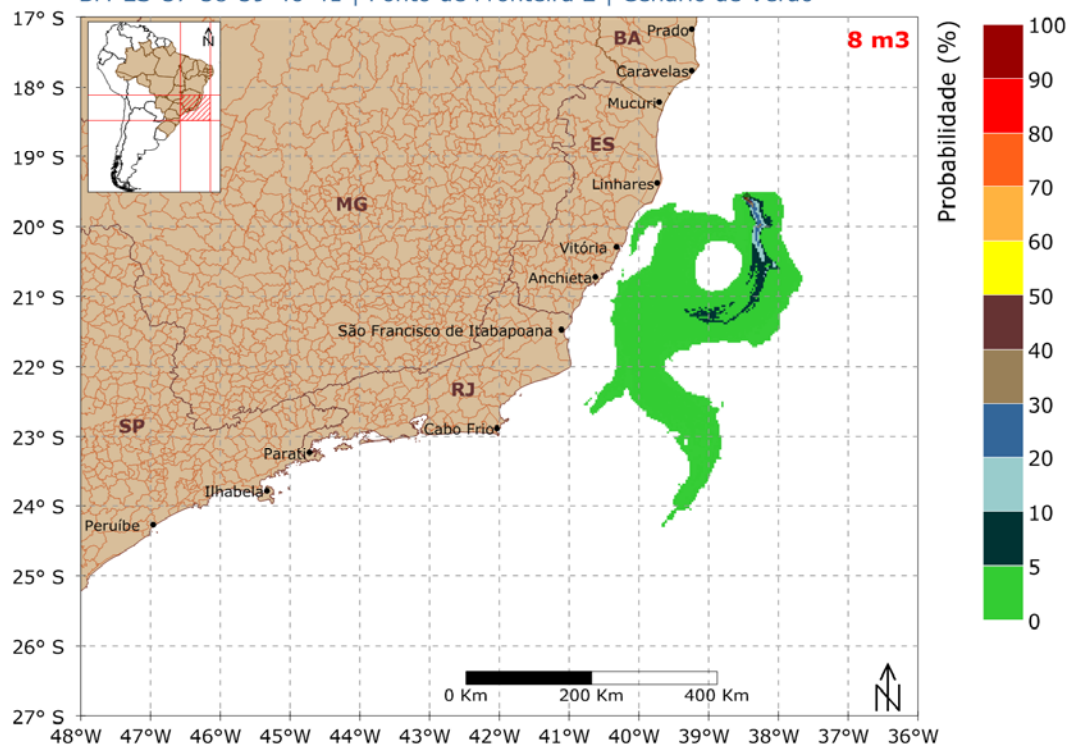
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 69: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Neste cenário a deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço, porém derivas a sudeste também foram observadas. Não houve probabilidade do óleo atingir a costa.

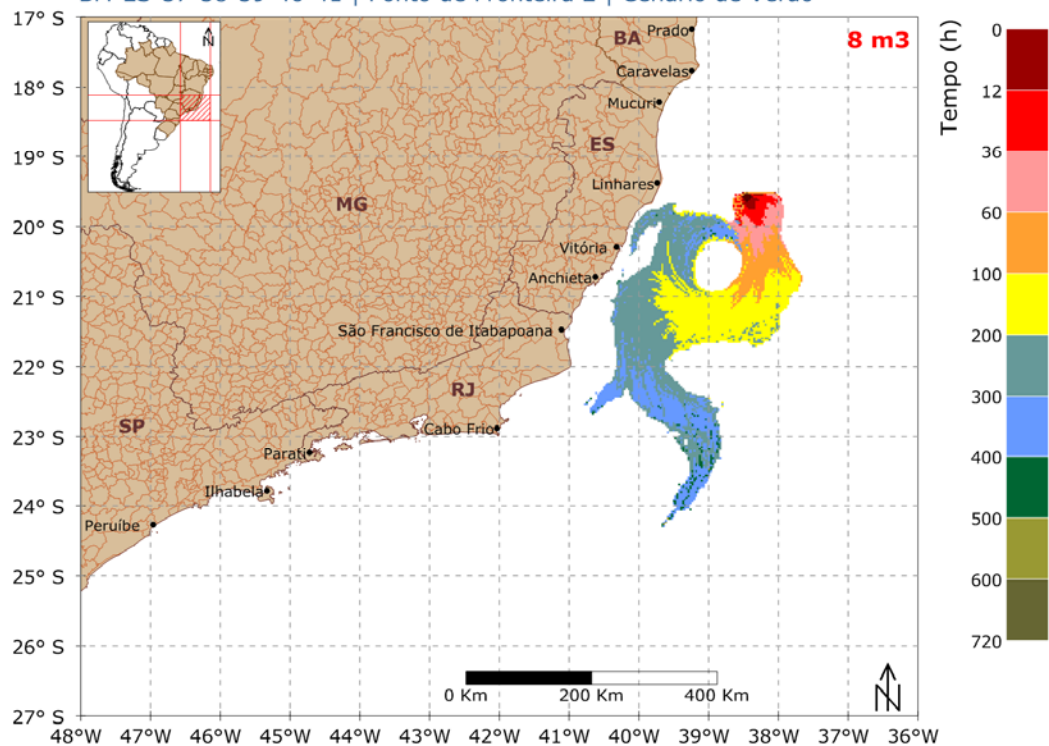
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 70: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de  $8 \text{ m}^3$ , no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Observa-se que a maior parte da área com probabilidade de presença de óleo é atingida com o tempo mínimo de 200-300 horas após o início do vazamento.

### V.2.1.1.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de  $8 \text{ m}^3$ , no cenário de inverno, encontra-se na Figura 71 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 72.

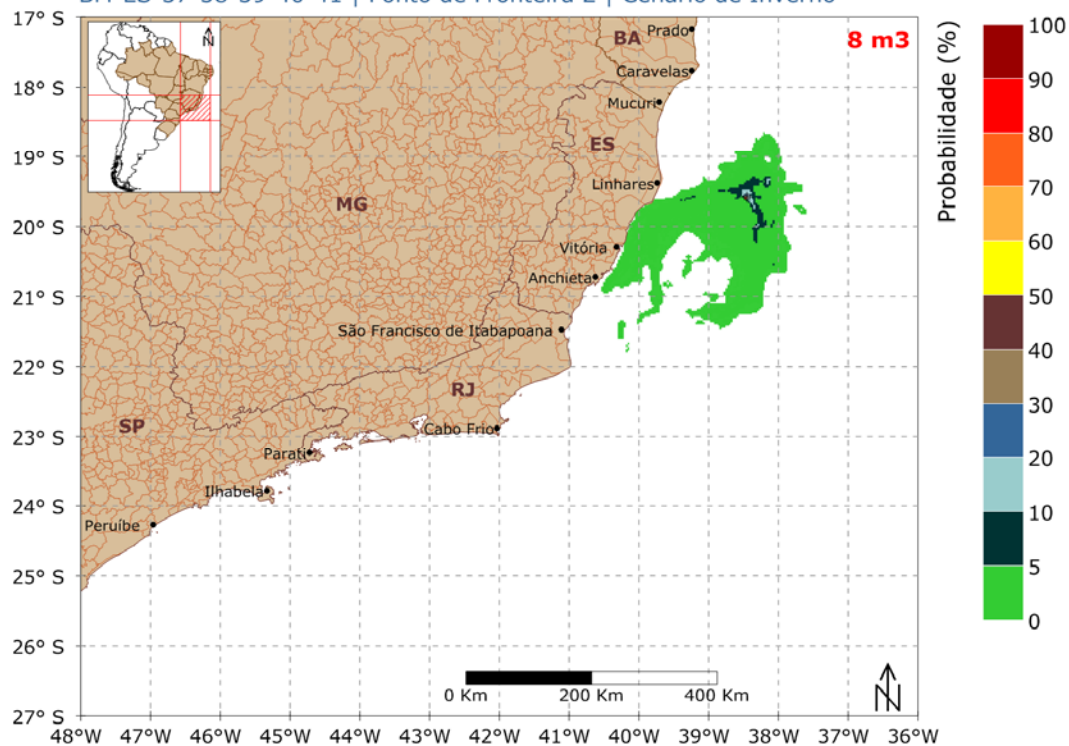
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 71: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

Neste cenário a deriva também foi preferencial para sudoeste do poço, e a região com probabilidade de presença de óleo, 5-0%, estendeu-se de Linhares a Vitória, no estado do Espírito Santo.

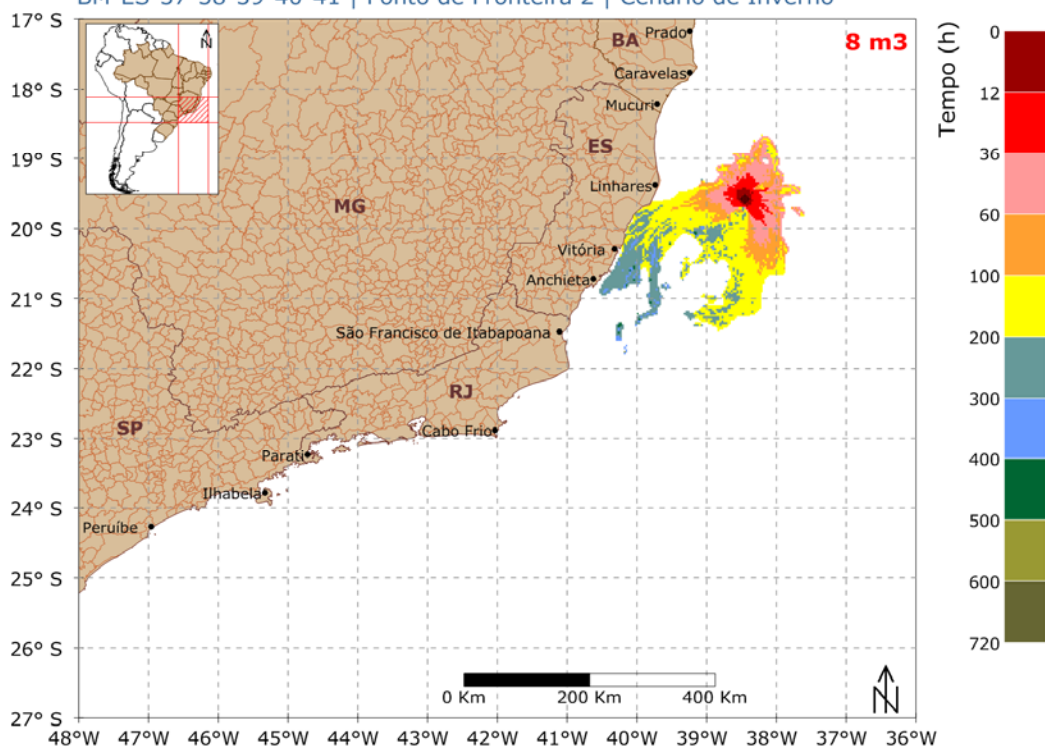
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 72: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

O tempo mínimo de toque na costa foi de 100-200 horas após o início do vazamento.

A seguir, na Tabela 7, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo para cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um evento de pequeno volume.



**Tabela 7: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2.**

MUNICÍPIOS (PF2)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	<b>Linhares</b>	-	5 - 0	-	100 - 200
	<b>Aracruz</b>	-	5 - 0	-	100 - 200
	<b>Fundão</b>	-	5 - 0	-	100 - 200
	<b>Serra</b>	-	5 - 0	-	100 - 200
	<b>Vitória</b>	-	5 - 0	-	100 - 200

#### V.2.1.2. Vazamento de 200m3

##### V.2.1.2.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de médio porte (200 m<sup>3</sup>), no cenário de verão, ponto de fronteira 2 encontra-se na Figura 73 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 74.

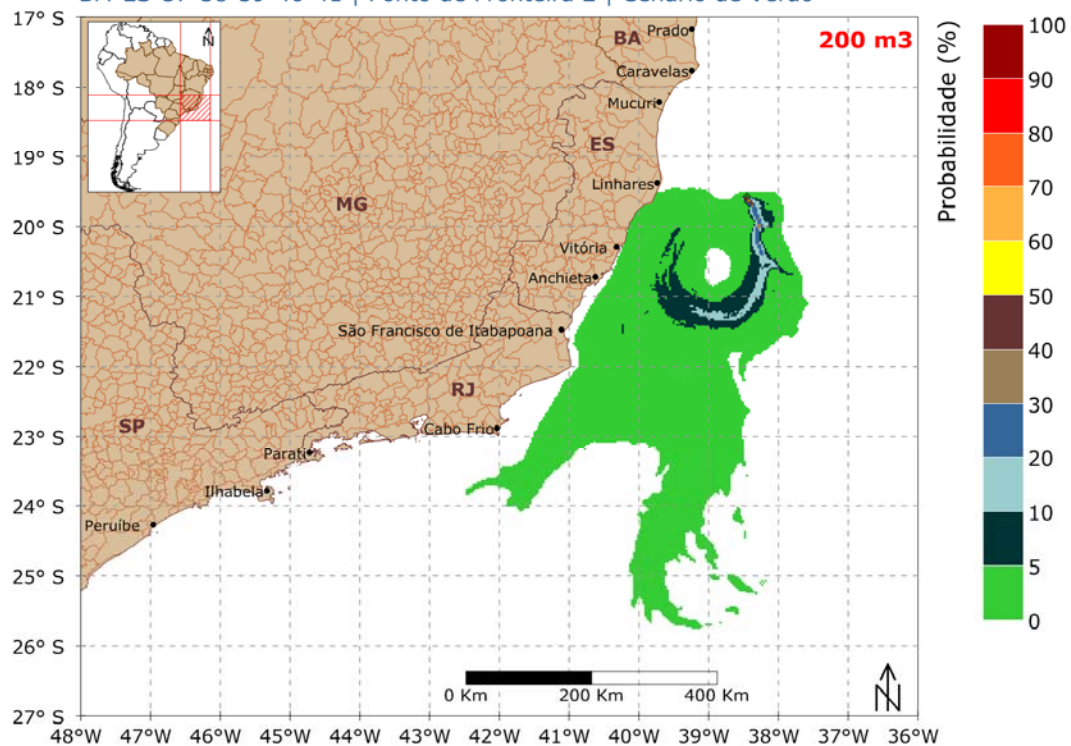
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 73: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Pode-se observar no Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo que a deriva do óleo foi preferencial para sudoeste do poço e que a probabilidade da costa ser atingida é de 5-0%, de Linhares a Vitória - ES (Tabela 8).

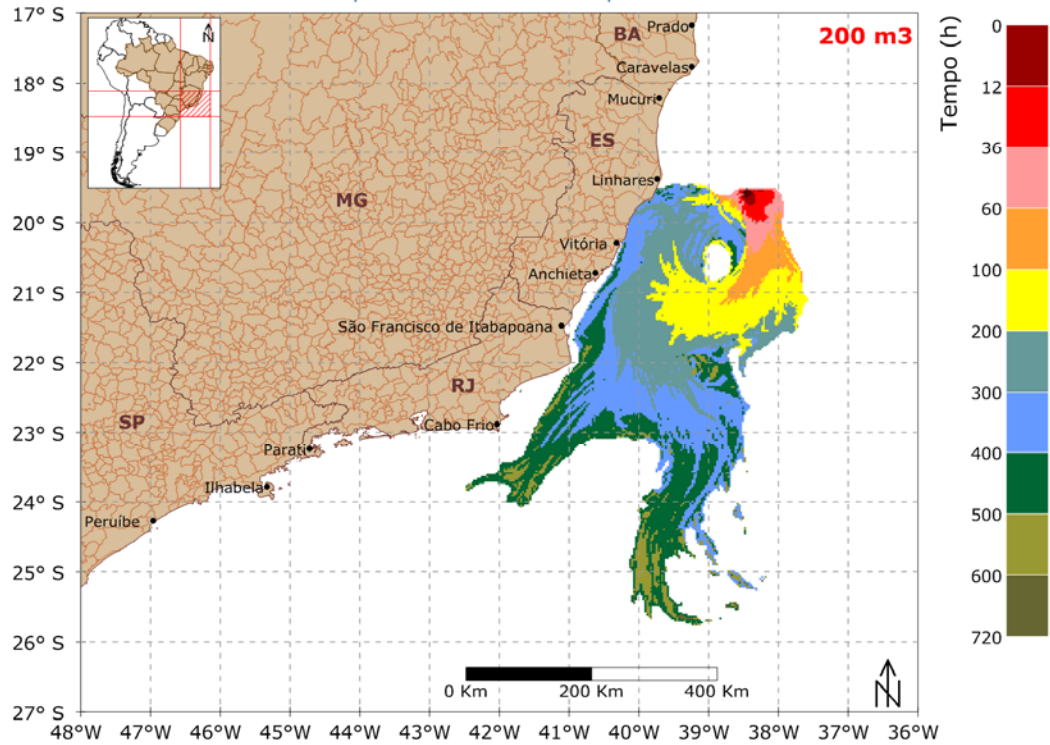
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 74: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Observa-se que o tempo mínimo da chegada do óleo na costa foi de 200-300 horas, no município de Linhares e Aracruz, estado do Espírito Santo (Tabela 8).

#### V.2.1.2.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 200 m<sup>3</sup> no cenário de inverno encontra-se na Figura 75 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 76.

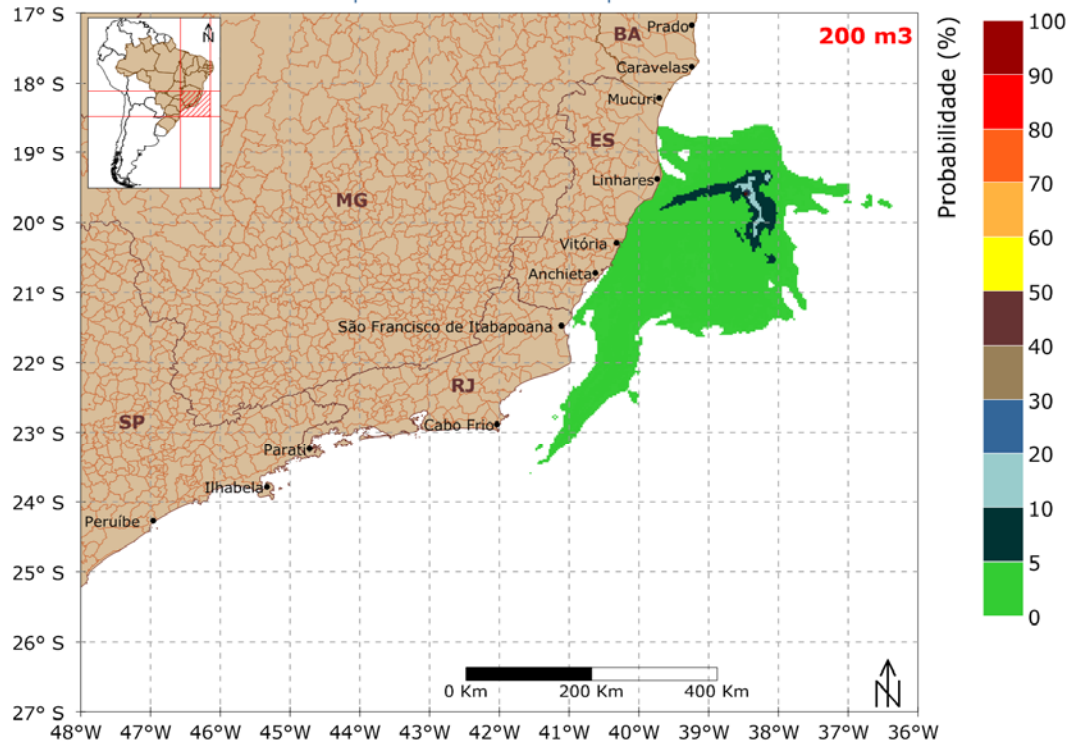
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 75: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

Nesse cenário, os municípios entre Conceição da Barra e Guarapari, estado do Espírito Santo apresentaram probabilidade de presença de óleo, 5-0% na costa.



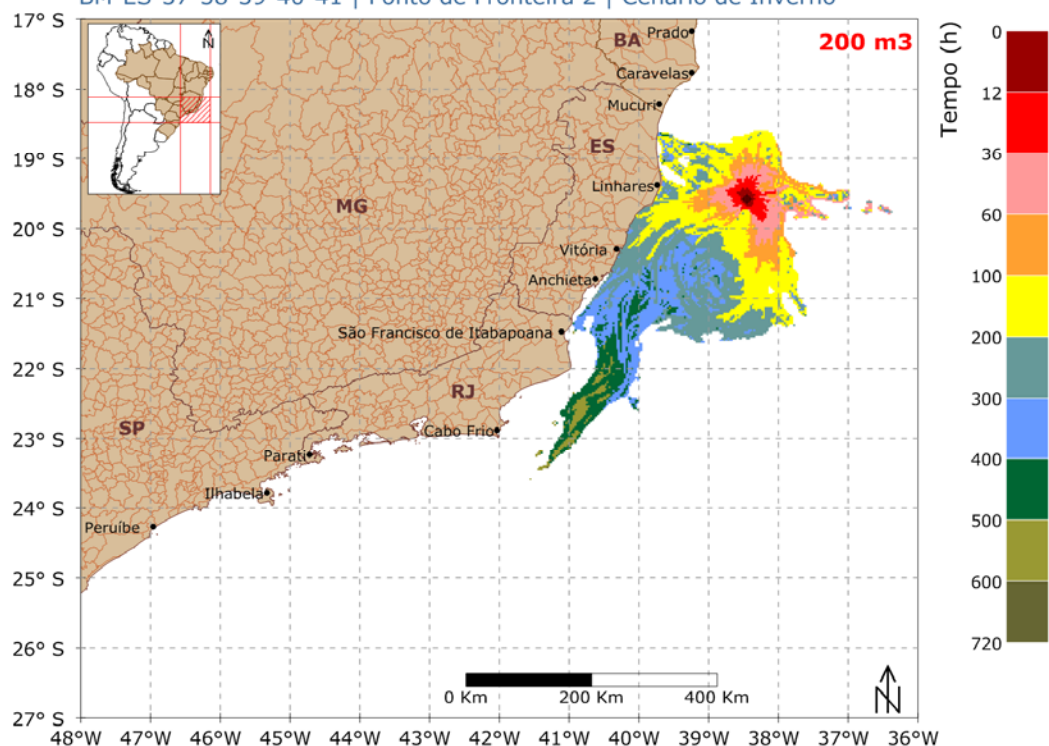
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 76: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

Neste cenário, o tempo mínimo de toque na costa foi menor, 100-200 horas, após o início da simulação.

A seguir, na Tabela 8, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um derrame de médio volume (200 m<sup>3</sup>).

**Tabela 8: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2.**

MUNICÍPIOS (PF2)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	Conceição da Barra	-	5 - 0	-	100 - 200
	São Mateus	-	5 - 0	-	300 - 400
	Linhares	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Aracruz	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Fundão	5 - 0	5 - 0	300 - 400	200 - 300
	Serra	5 - 0	5 - 0	300 - 400	200 - 300
	Vitória	5 - 0	5 - 0	300 - 400	200 - 300
	Vila Velha		5 - 0		200 - 300
	Guarapari		5 - 0		200 - 300

#### V.2.1.3. Blow-out

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas simulações probabilísticas de *blow-out*. Para esses cenários foi considerado um vazamento contínuo durante 30 (trinta) dias. O tempo simulado abrange os 30 dias de vazamento e mais 30 dias após o término do mesmo, totalizando 60 dias de simulação.

##### V.2.1.3.1. Verão

O Mapa de Probabilidade e o Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo para um cenário de *blow-out* com volume vazado de 31.955m<sup>3</sup>, no período de verão, ponto de fronteira 2 são apresentados na Figura 77 a Figura 78.

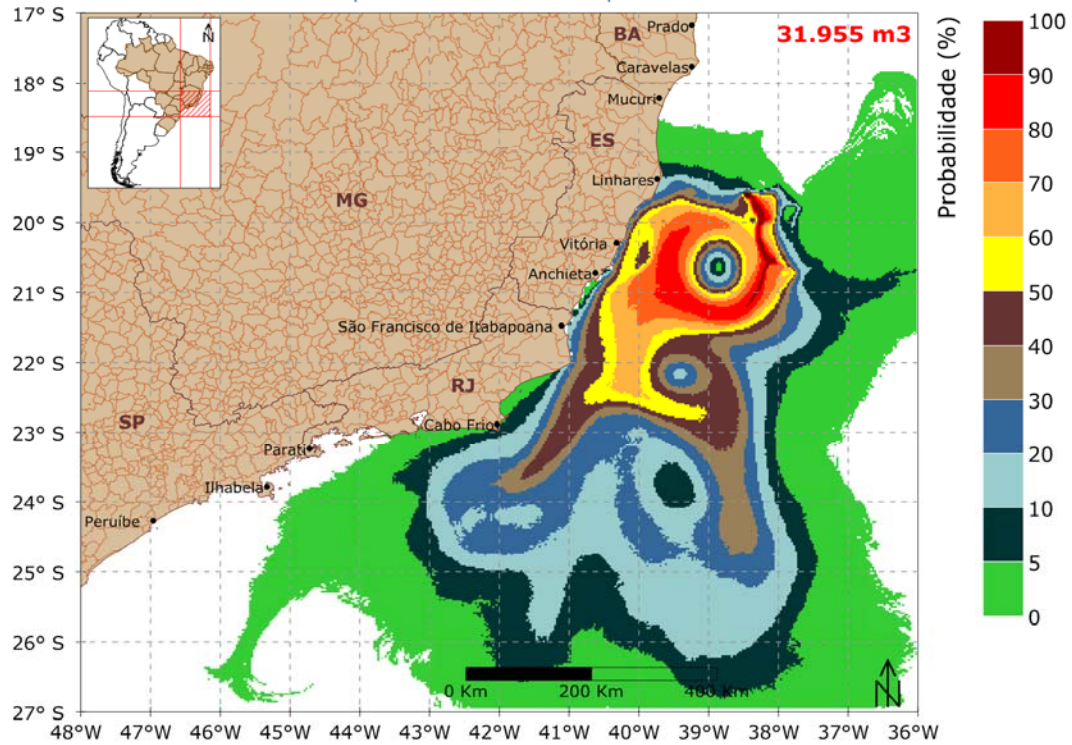
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 77: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

A deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço, porém derivas rumo a nordeste também foram observadas. A maior probabilidade registrada, 40-30%, ocorreu no estado do Espírito Santo (Tabela 9).

A área na costa que pode apresentar probabilidade de presença de óleo estende-se de Conceição da Barra – ES até o Rio de Janeiro – RJ.

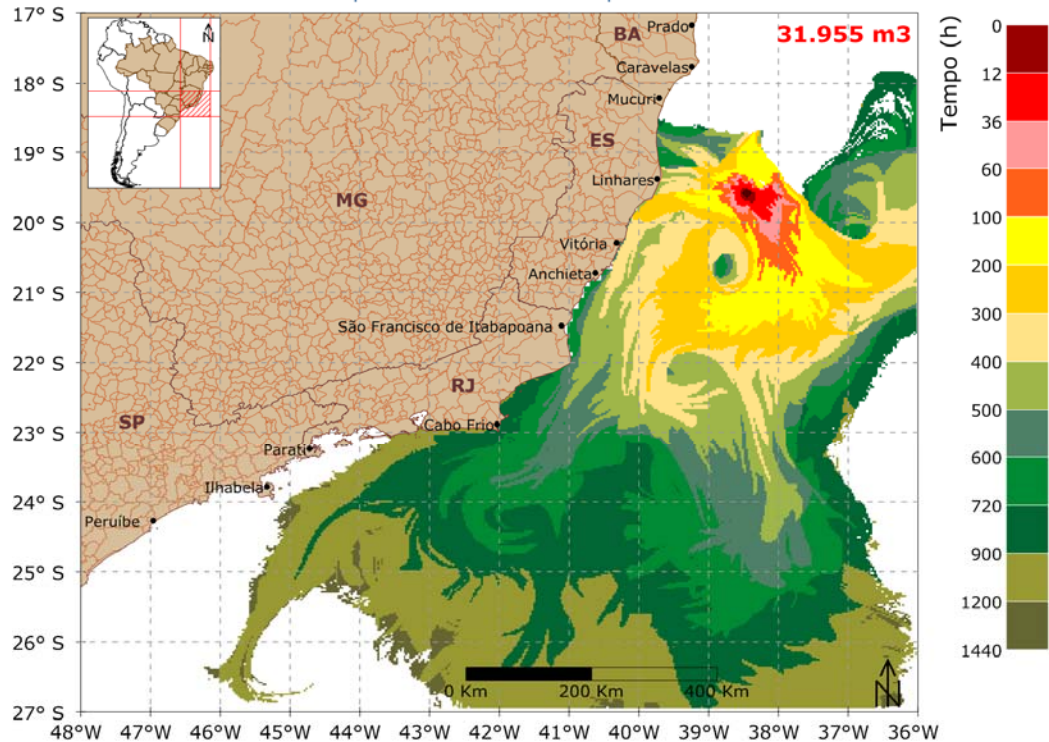
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



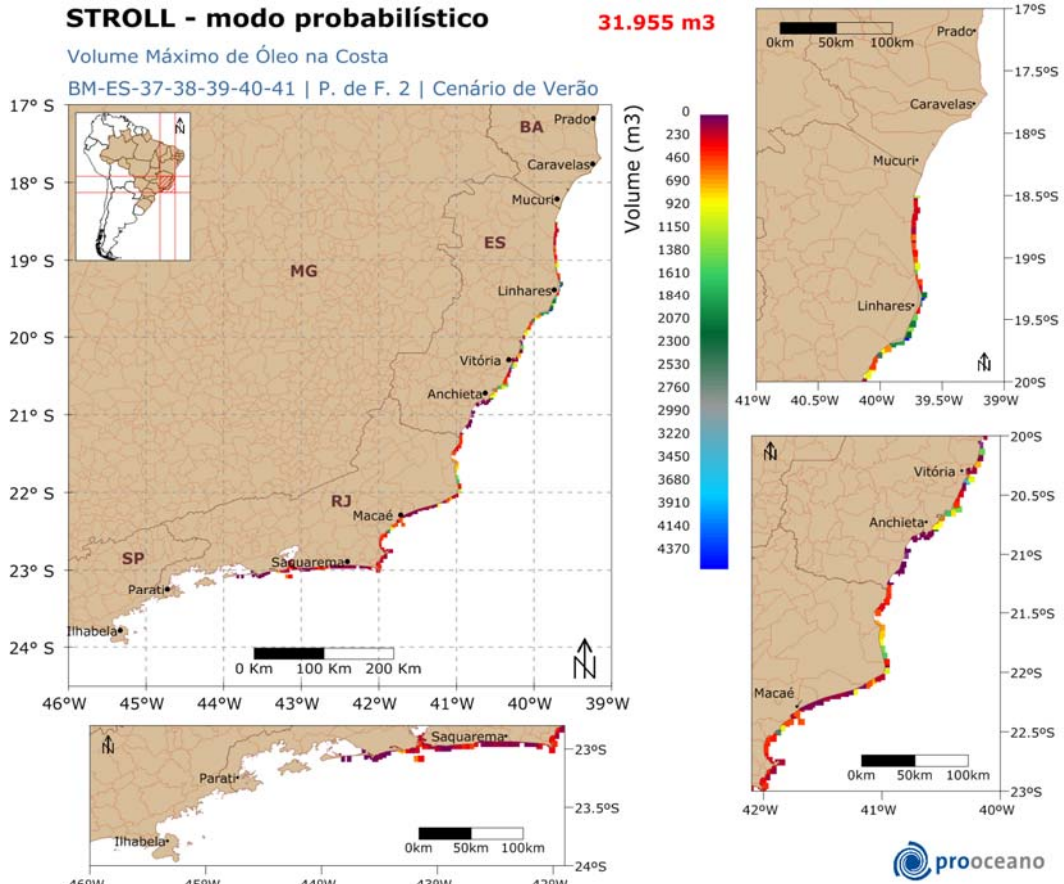
**Figura 78: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

O menor tempo mínimo de toque na costa, nesse cenário, ocorreu entre 200-300 horas, no município de Linhares e Aracruz, no estado do Espírito Santo. O estado do Rio de Janeiro pode ser atingido com o tempo mínimo de 600-720 horas (Tabela 9).

Para obtenção do volume máximo de óleo na costa, os elementos de grade que representam a mesma são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de volumes máximos de óleo que atingem cada elemento de grade ao longo das  $n$  simulações. Ao final, têm-se um mapa dos volumes máximos por unidade de área, ou espessuras máximas, que atingiram os elementos de grade que representam a costa.

Para contabilizar os volumes máximos por município, são utilizados os volumes máximos de óleo presentes nos pontos de grade mais próximos a cada município costeiro (Figura 79).



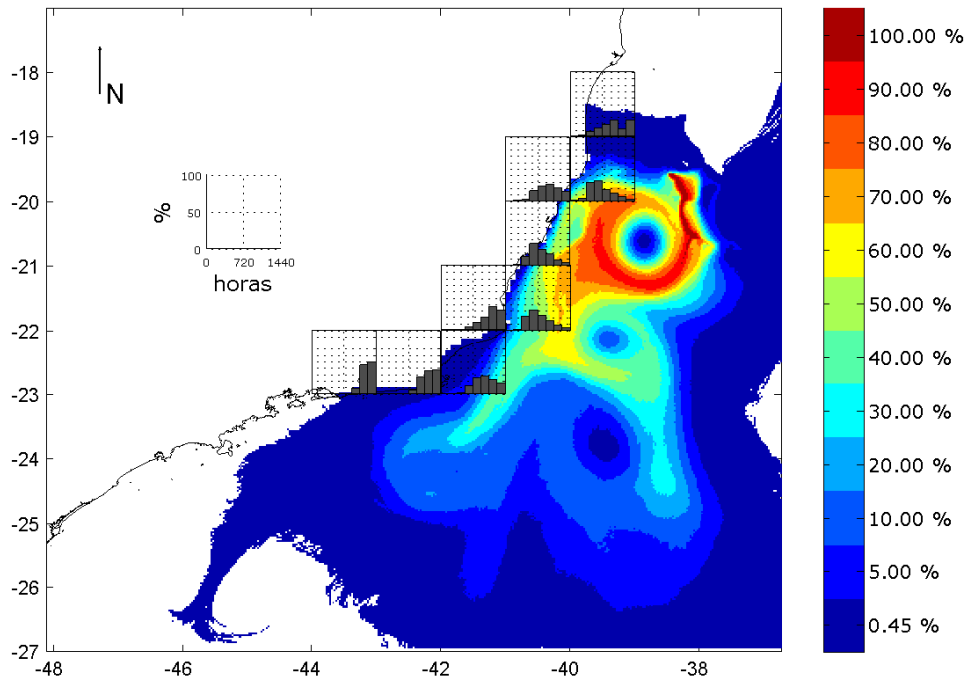


**Figura 79: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Ao analisarmos o volume máximo de óleo que atinge a costa, observamos que o município que apresentou o maior valor foi Linhares – ES, 4585,60 m<sup>3</sup> (Tabela 9). Também podemos observar que os menores valores encontram-se nas extremidades norte e sul do mapa.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 80). O gráfico de probabilidade de presença de óleo com os histogramas de tempo de chegada facilita a análise conjunta dos resultados.

Os histogramas foram elaborados para cada quadrado de 1 grau de resolução, onde os gráficos estão centrados. No cálculo dessa estatística são levados em consideração todos os tempos de chegada de óleo no interior de cada quadrado supracitado.



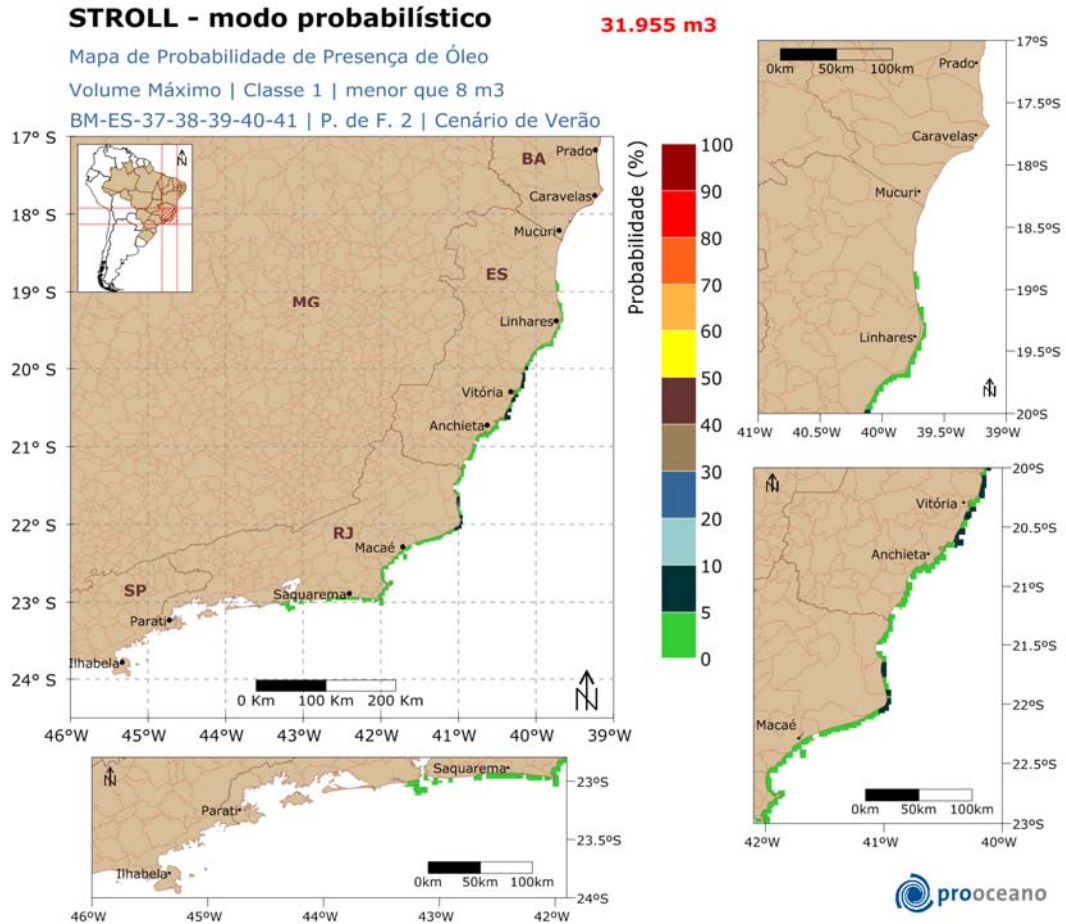
**Figura 80: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 2.**

Os histogramas de tempo de chegada, no cenário de verão, mostraram que nas regiões com maior probabilidade de presença de óleo, a maior parte dos tempos de chegada, ocorrem antes da metade da simulação (720h). No limite sul do mapa, os tempos de chegada estão concentrados na 2ª metade da simulação (720-1440h).

#### ***Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo***

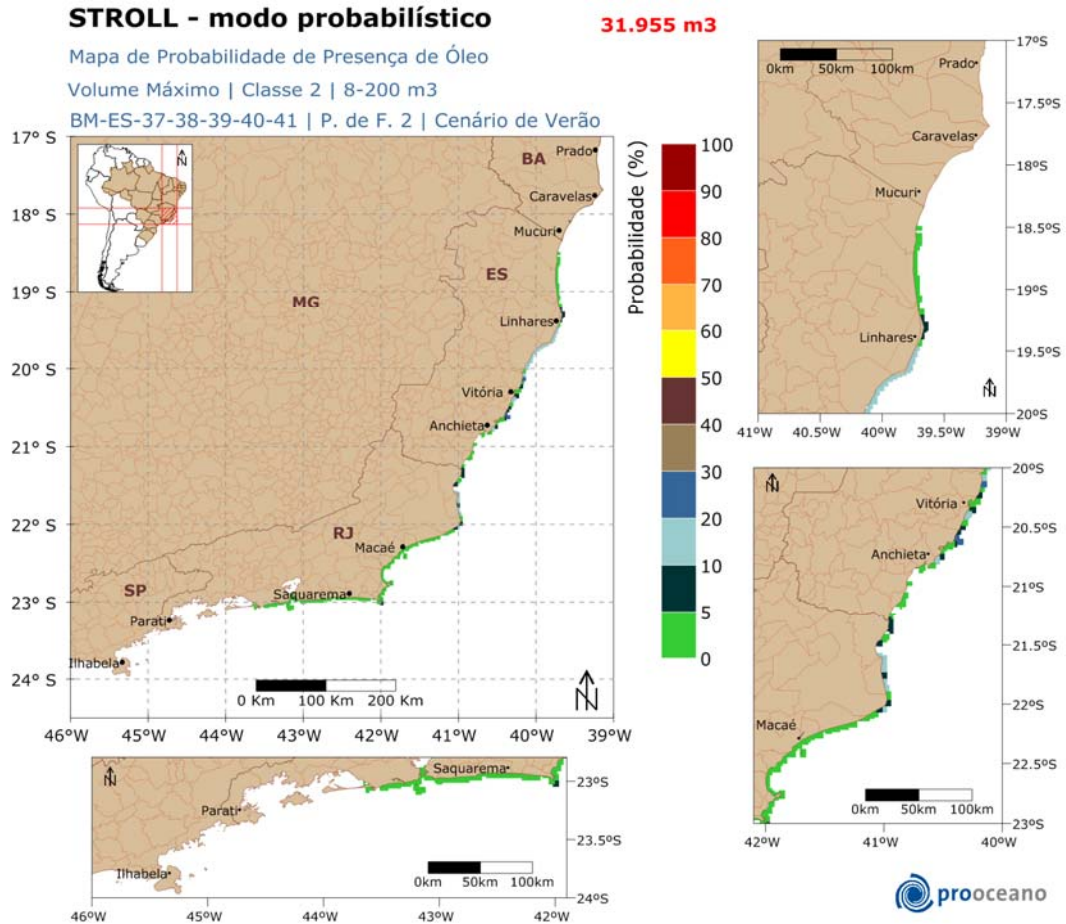
A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 81, Figura 82 e Figura 83) e volumes médios (Figura 84, Figura 85 e Figura 86) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que  $8 \text{ m}^3$ ; Classe 2 – 8 a  $200 \text{ m}^3$ ; e Classe 3 – maior que  $200 \text{ m}^3$ .



**Figura 81: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

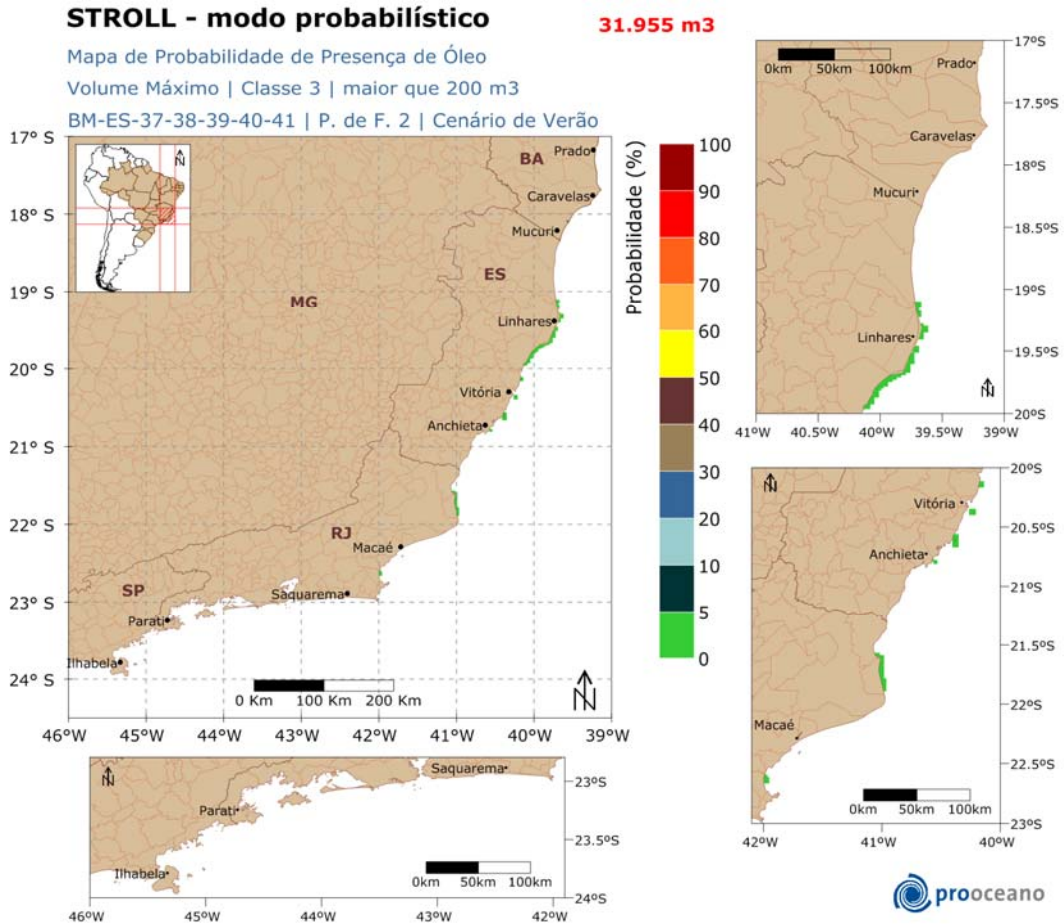
Nesta classe, observamos probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume (menor que 8m<sup>3</sup>) nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, sendo a máxima probabilidade 10-5%.



**Figura 82: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Esta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) pode ser encontrada nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, sendo que as maiores probabilidades, 30-20% foram registradas no Espírito Santo.





**Figura 83: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Nesta classe (maior que 200m<sup>3</sup>) observamos apenas probabilidades de presença de óleo de 5-0%, nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

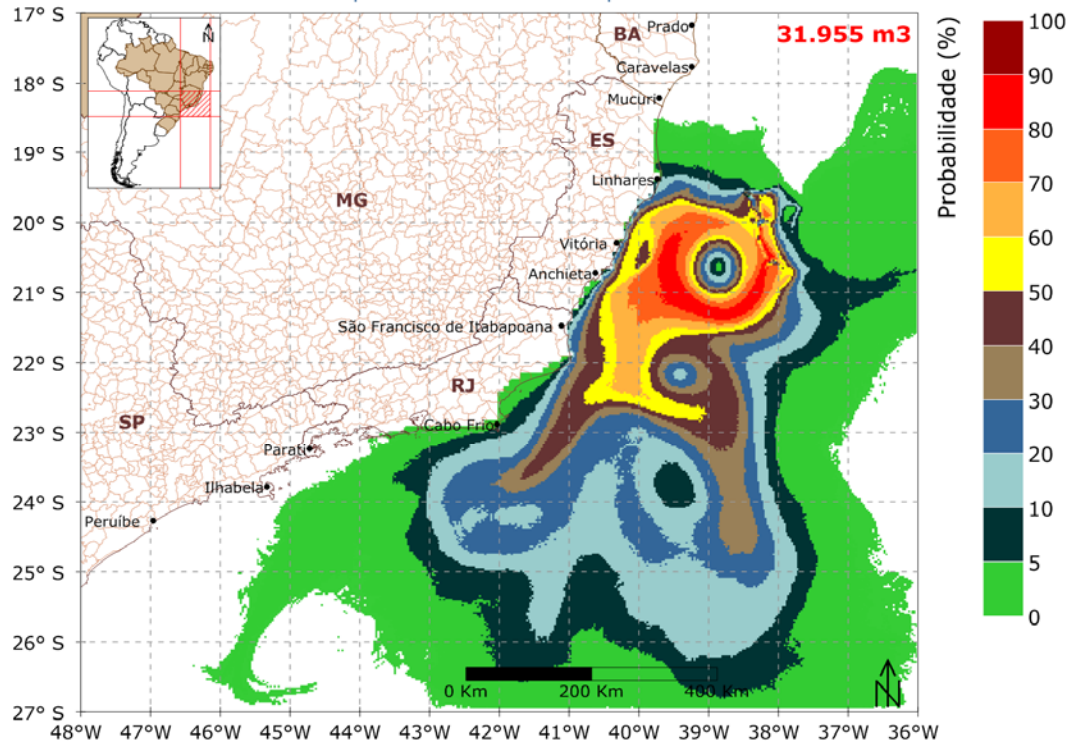
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 84: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Neste mapa de probabilidade de presença de volume médio de óleo da classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>) observamos que todas as regiões já apresentadas na Figura 77 (mapa de probabilidade de presença de óleo) estão incluídas neste também.

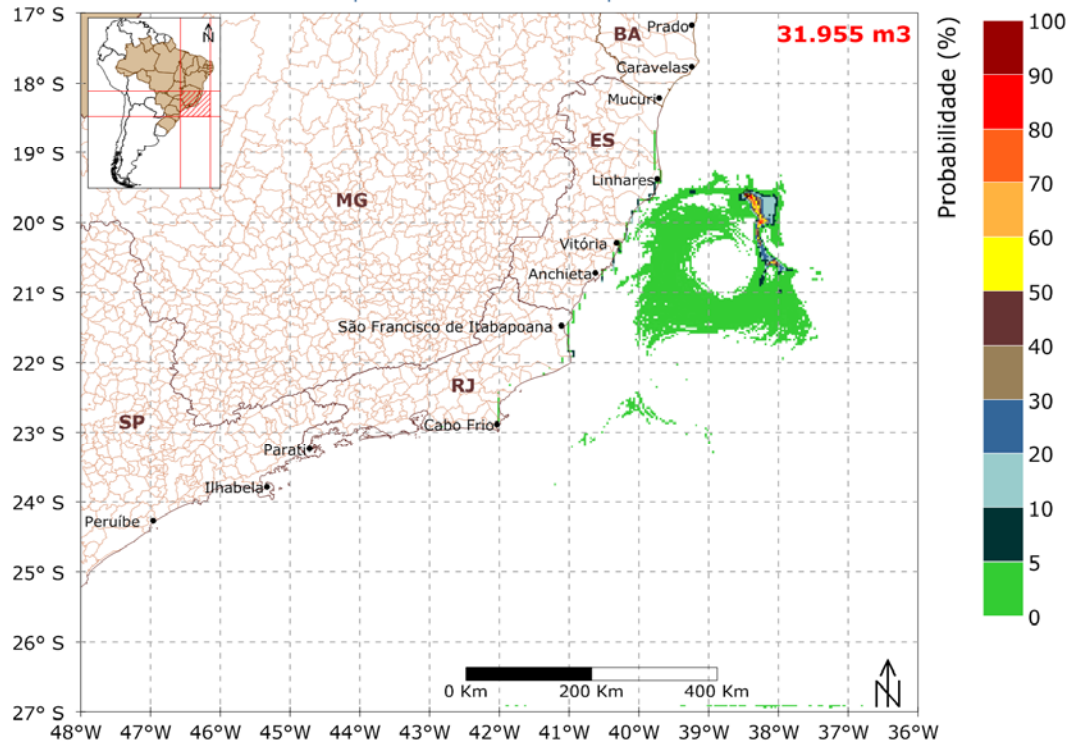
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 85: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

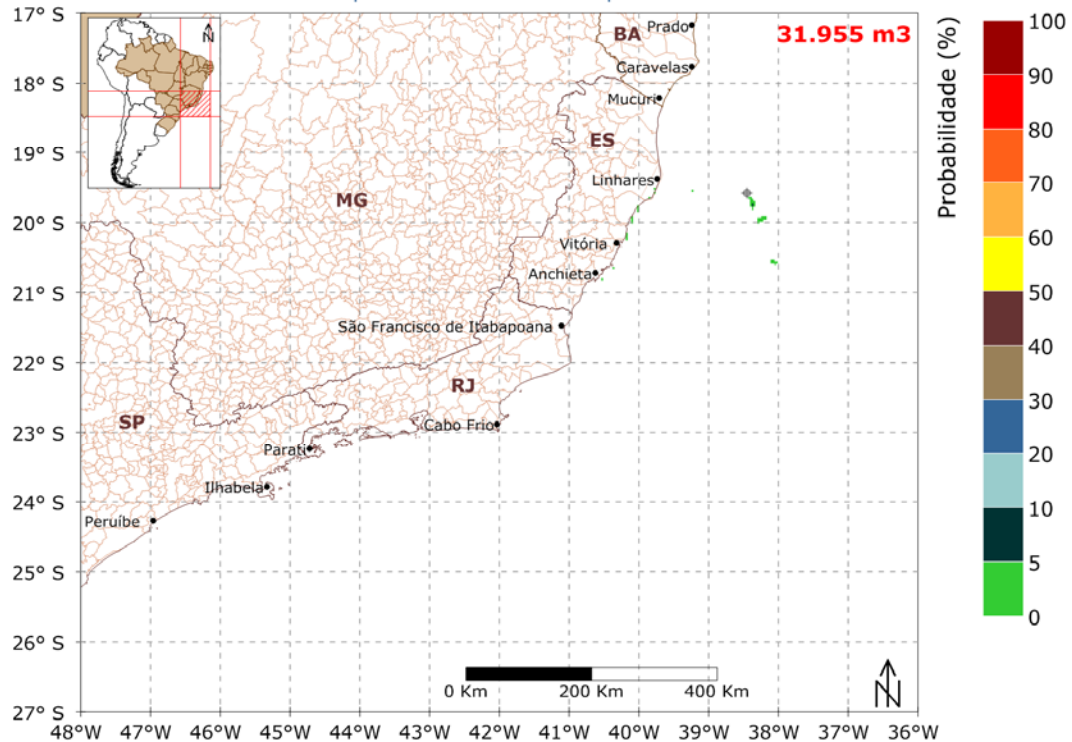
Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) de volume médio os municípios localizados no estado do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro podem ser atingidos pelo óleo nesta faixa de volume médio. O Espírito Santo foi o que apresentou a maior probabilidade, 20-10%, assim como as regiões a leste do poço.

## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Verão



**Figura 86: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 2.**

Na classe 3 (maior que 200m<sup>3</sup>) de volume médio somente foram identificados alguns locais com probabilidade 5-0% na costa do Espírito Santo e nas proximidades do poço.

### V.2.1.3.2. Inverno

A seguir, nas Figura 87 à Figura 96 serão apresentados os resultados obtidos no período de inverno para um cenário de *blow-out*, volume vazado de 31.955 m<sup>3</sup>.



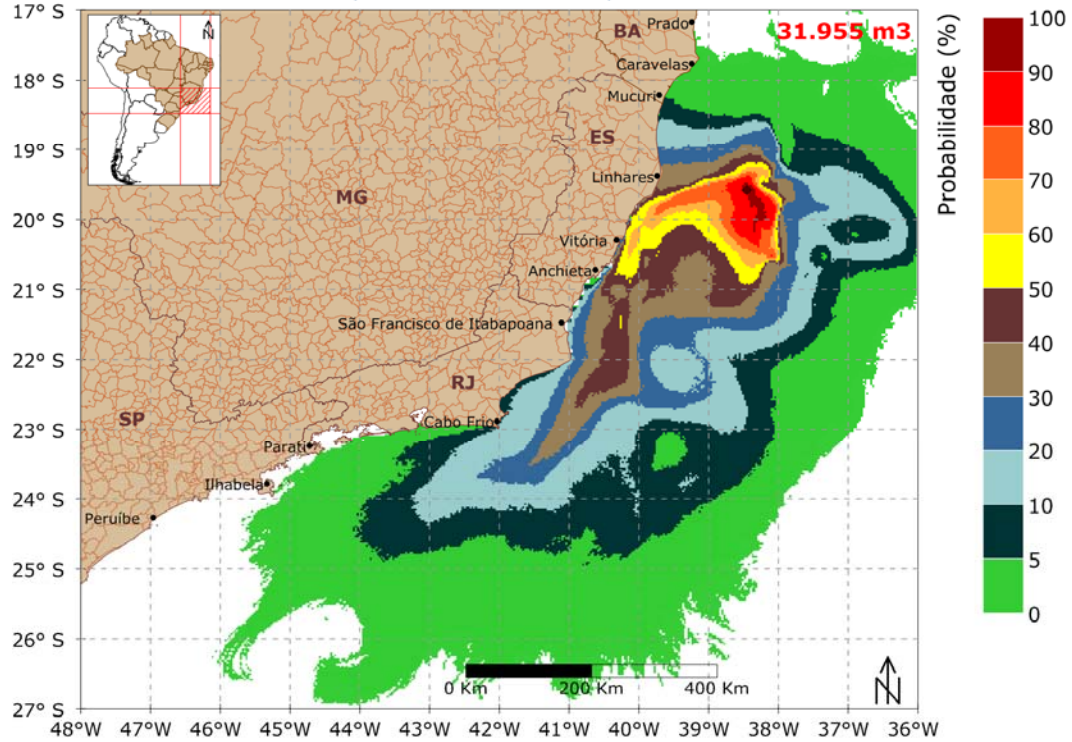
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 87: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

Nesse cenário a deriva do óleo também foi preferencial para sudoeste do poço, no entanto, as derivas rumo a nordeste tiveram uma presença maior neste cenário, devido principalmente à passagem de sistemas frontais nesta época do ano.

O município que apresentou a maior probabilidade de presença de óleo, 60-50% foi Serra - ES.

A região que pode ser atingida pelo óleo estende-se de Prado – BA a Parati – RJ, além de Ilhabela, no estado de São Paulo (Tabela 9)

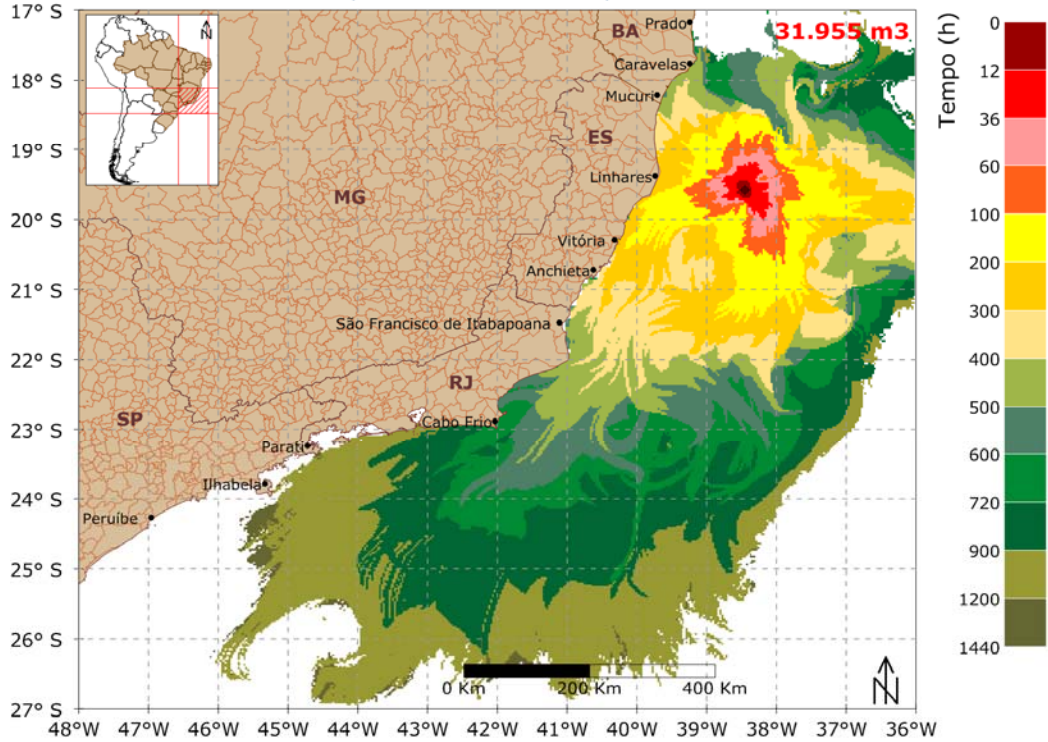
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

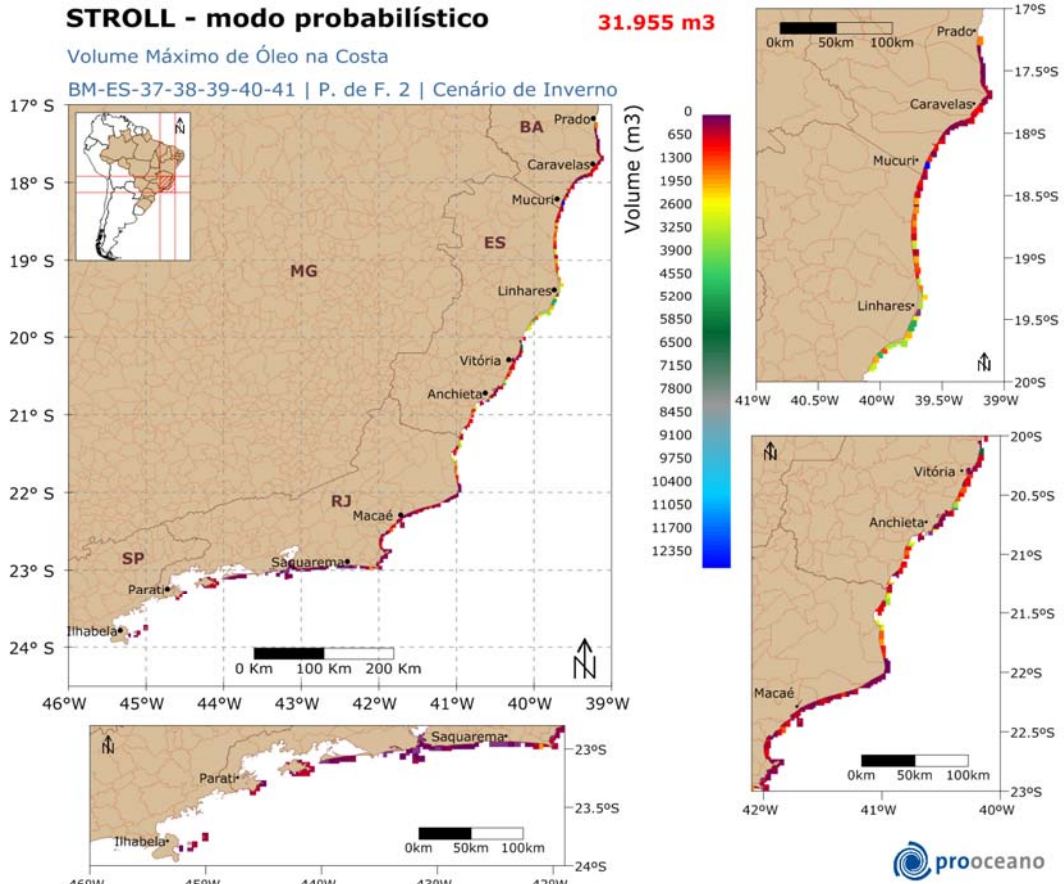
Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 88: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

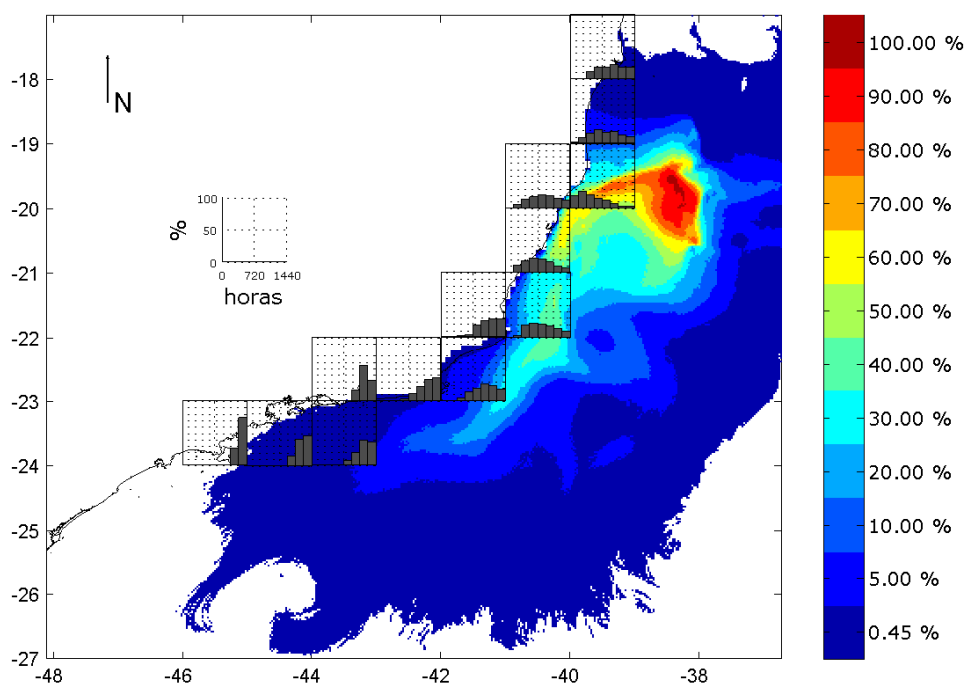
No cenário de inverno o tempo mínimo de chegada de óleo na costa foi maior que o do cenário de verão, 200-300 horas, atingindo a maioria dos municípios do estado do Espírito Santo. O estado da Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram tempo mínimo de 400-500h, 300-400h e 900-1200 horas, respectivamente, após o início da simulação (Tabela 9).



**Figura 89: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

O maior volume máximo de óleo na costa foi registrado no estado da Bahia no município de Mucuri, 12.864m<sup>3</sup> (Tabela 9). No limite sul do mapa de probabilidade foram observados os menores valores de volume máximo.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 90).



**Figura 90: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 2.**

No cenário de inverno as regiões de maior probabilidade de presença de óleo apresentam tempos de chegada na primeira metade da simulação (0-720h). No limite norte e sul do mapa os tempos de chegada concentram-se na 2ª metade da simulação (720-1440h).

A seguir, na Tabela 9, serão apresentados os volumes máximos, as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de serem atingidos pelo óleo em um evento de *blow-out*.



**Tabela 9: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 2.**

MUNICÍPIOS (PF2)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
BA	Prado	-	1731,30	-	5 - 0	-	600 - 720
	Alcobaça	-	621,97	-	5 - 0	-	400 - 500
	Caravelas	-	937,21	-	5 - 0	-	400 - 500
	Nova Viçosa	-	781,78	-	5 - 0	-	400 - 500
	Mucuri	-	12864,00	-	10 - 5	-	400 - 500
ES	Conceição da Barra	1209,30	2040,90	5 - 0	20 - 10	500 - 600	200 - 300
	São Mateus	981,26	3314,70	5 - 0	30 - 20	500 - 600	200 - 300
	Linhares	4585,60	5188,50	30 - 20	50 - 40	200 - 300	100 - 200
	Aracruz	2749,90	7528,20	40 - 30	50 - 40	200 - 300	100 - 200
	Fundão	79,88	169,06	10 - 5	20 - 10	500 - 600	200 - 300
	Serra	1483,50	656,54	40 - 30	60 - 50	300 - 400	200 - 300
	Vitória	564,98	644,67	10 - 5	20 - 10	500 - 600	200 - 300
	Vila Velha	2299,90	3601,90	30 - 20	30 - 20	500 - 600	200 - 300
	Guarapari	1641,90	7687,10	40 - 30	40 - 30	300 - 400	200 - 300
	Anchieta	103,22	652,61	5 - 0	30 - 20	500 - 600	600 - 720
	Piúma	74,47	443,09	5 - 0	5 - 0	600 - 720	400 - 500
	Itapemirim	60,06	3564,70	5 - 0	10 - 5	600 - 720	300 - 400
	Marataízes	304,39	1063,70	10 - 5	10 - 5	600 - 720	300 - 400
	Presidente Kennedy	438,96	2058,90	10 - 5	20 - 10	600 - 720	300 - 400

**Tabela 9: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno (continuação). Ponto de Fronteira 2.**

MUNICÍPIOS (PF2)	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)		
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	
RJ	São Francisco de Itabapoana	699,77	3668,90	20 - 10	20 - 10	600 - 720	300 - 400
	São João da Barra	1582,90	2876,80	20 - 10	20 - 10	600 - 720	400 - 500
	Campos dos Goytacazes	1073,00	293,67	20 - 10	20 - 10	500 - 600	400 - 500
	Quissamã	963,31	1260,60	10 - 5	10 - 5	720 - 900	500 - 600
	Carapebus	120,33	334,43	5 - 0	10 - 5	720 - 900	500 - 600
	Macaé	537,60	1256,70	5 - 0	10 - 5	720 - 900	500 - 600
	Rio das Ostras	2583,80	1425,50	5 - 0	10 - 5	720 - 900	500 - 600
	Casimiro de Abreu	421,92	842,99	5 - 0	10 - 5	900 - 1200	500 - 600
	Armação dos Búzios	484,15	457,01	5 - 0	20 - 10	720 - 900	600 - 720
	Cabo Frio	484,15	872,28	5 - 0	10 - 5	720 - 900	500 - 600
	Arraial do Cabo	417,36	962,43	10 - 5	20 - 10	720 - 900	600 - 720
	Araruama	128,43	197,88	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	720 - 900
	Saquarema	169,75	197,88	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	720 - 900
	Maricá	481,25	171,18	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Niterói	367,57	188,12	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Rio de Janeiro	1067,60	466,47	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Itaguaí*	-	562,74	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Mangaratiba*	-	562,74	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Angra dos Reis*	-	562,74	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Ilha Grande (Angra dos Reis)	-	635,07	-	5 - 0	-	900 - 1200
Parati	-	537,36	-	5 - 0	-	900 - 1200	
SP	Ubatuba	-	-	-	-	-	-
	Caragatatuba	-	-	-	-	-	-
	Ilhabela	-	123,13	-	5 - 0	-	900 - 1200

\* valores referentes à entrada da Baía de Sepetiba.

### **Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo**

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 91, Figura 92 e Figura 93) e volumes médios (Figura 94, Figura 95 e Figura 96) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.

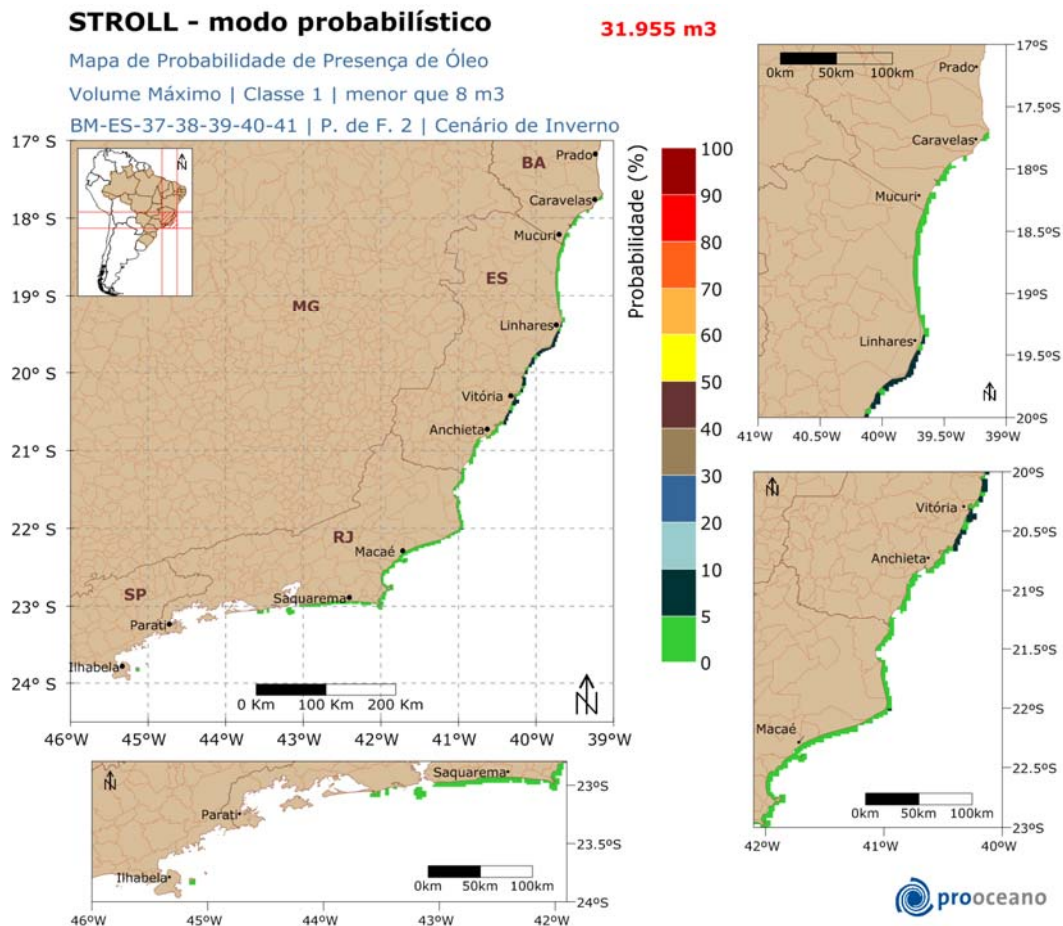
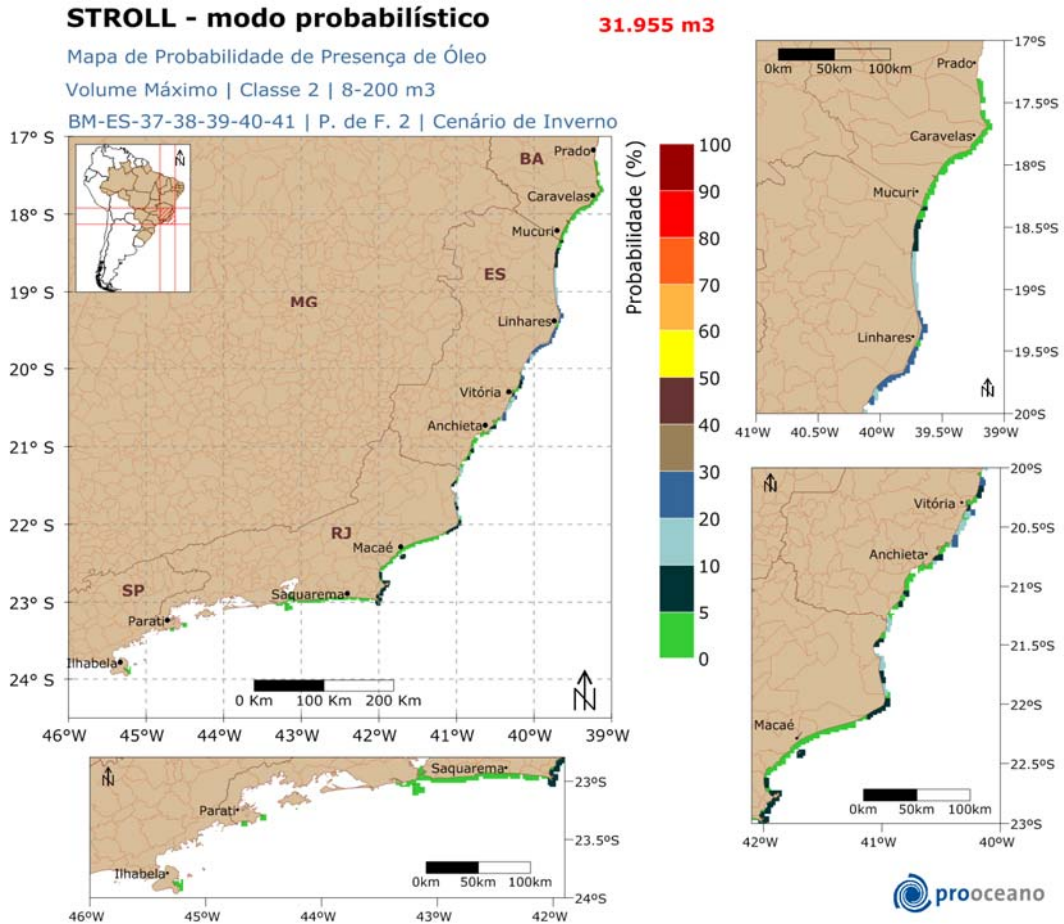


Figura 91: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.

As regiões que podem apresentar óleo na costa nesta faixa de volume (menor 8m<sup>3</sup>) estenderam-se do estado da Bahia até o Rio de Janeiro com probabilidade de 5-0%. Porém no Espírito Santo também são encontrados locais com probabilidade de 10-5%.



**Figura 92: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

A máxima probabilidade registrada para essa classe (8-200m<sup>3</sup>) de volume foi encontrada no estado do Espírito Santo. As menores probabilidades, 5-0% encontram-se nas extremidades do mapa, ou seja, ao sul da Bahia, a oeste do Rio de Janeiro e na Ilhabela - SP



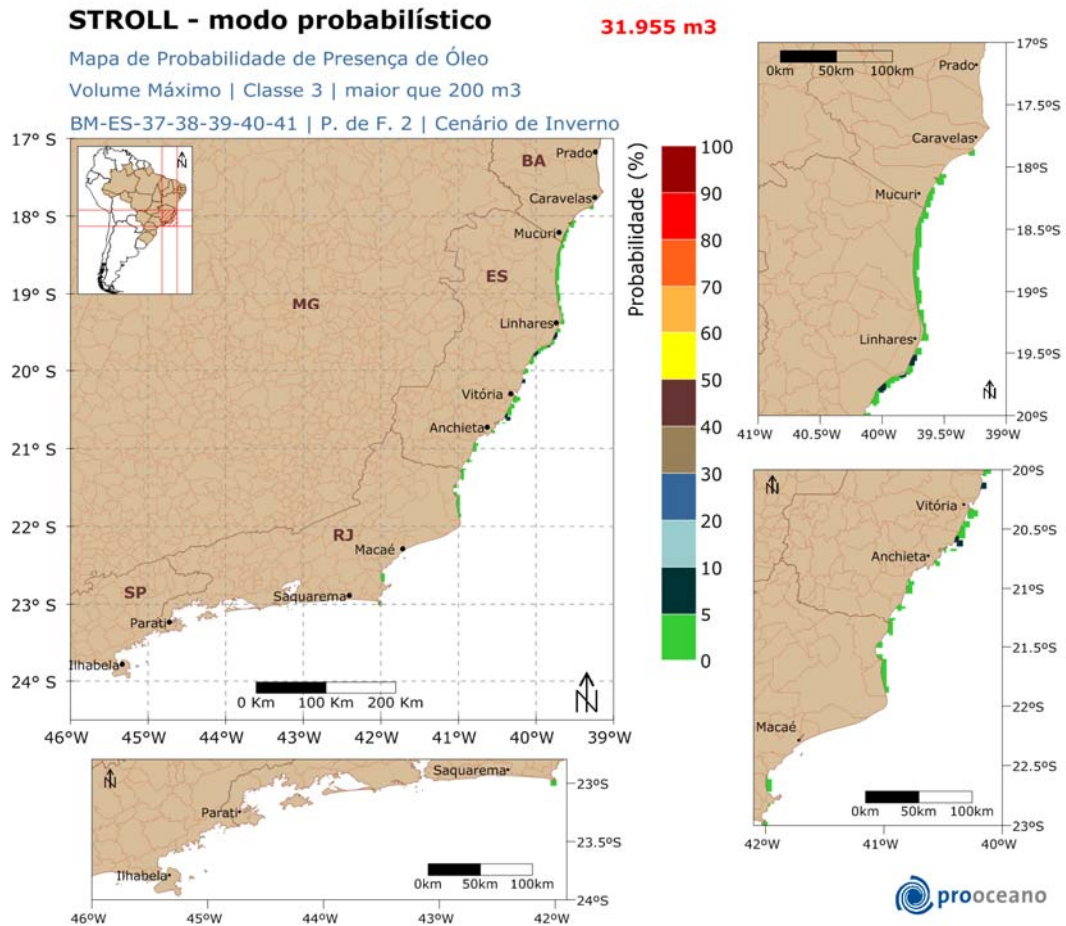


Figura 93: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.

Esta faixa volume (maior que 200m<sup>3</sup>) apresentou probabilidade 5-0% na maior parte das regiões, porém em alguns locais do Espírito Santo encontra-se a probabilidade 10-5%.

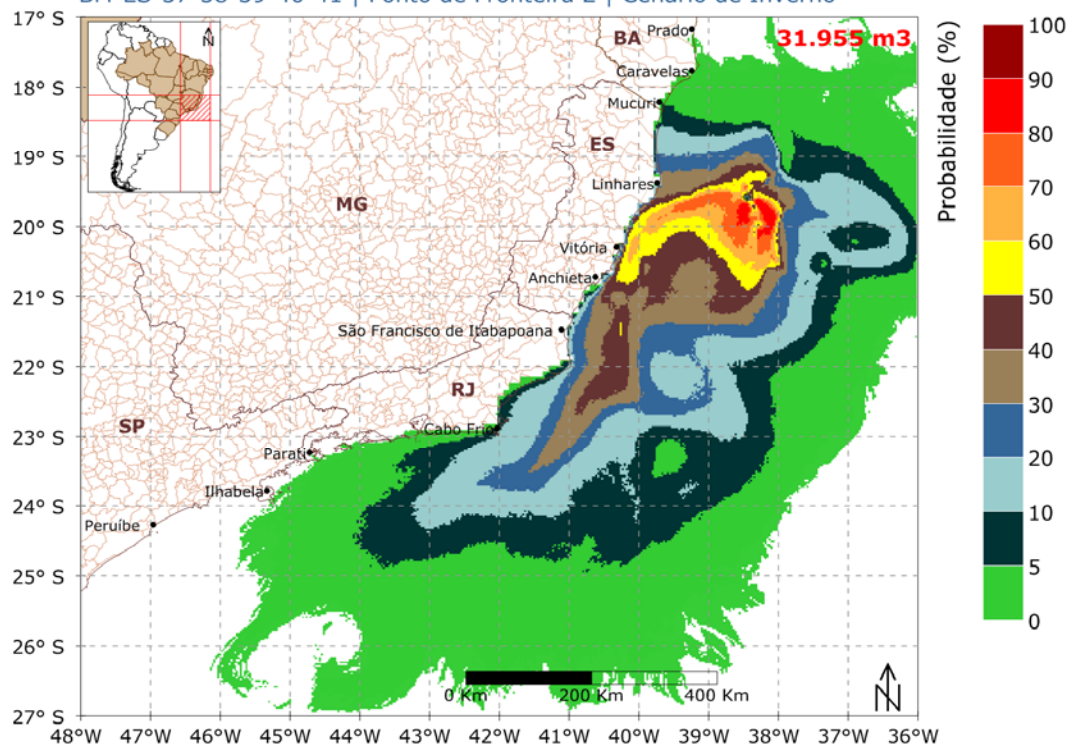
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 94:** Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.

Todas as regiões identificadas na Figura 87 (Mapa de Probabilidade de Óleo) também podem apresentar óleo nesta faixa de volume médio, classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>).

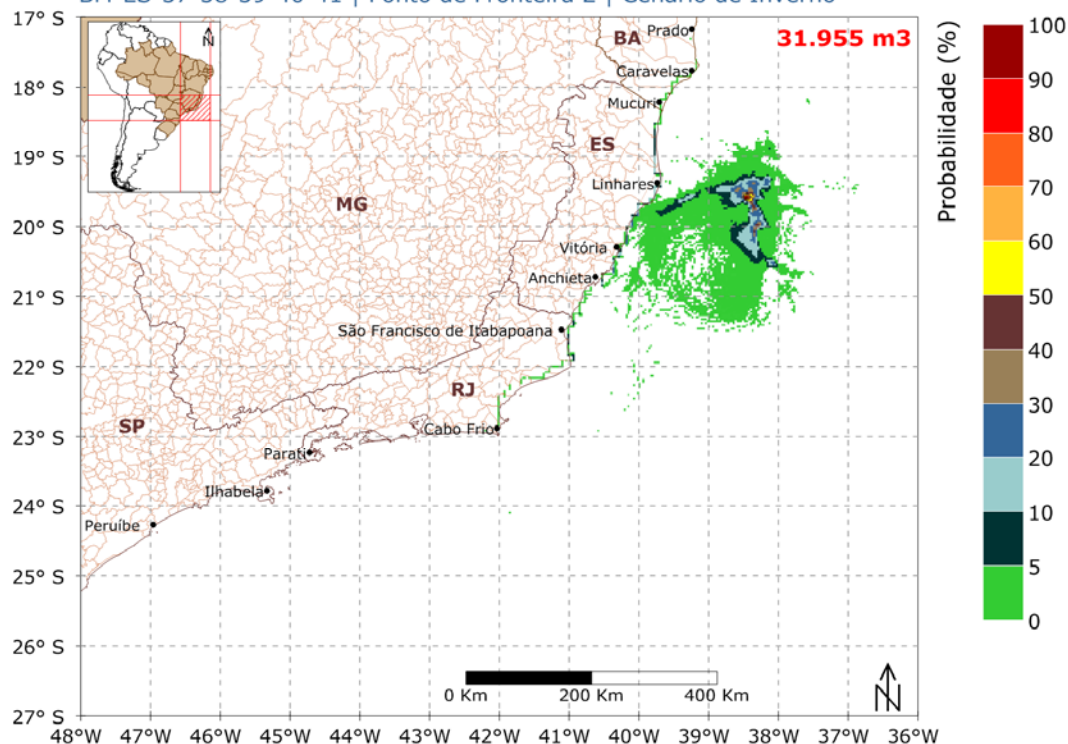
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 95: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

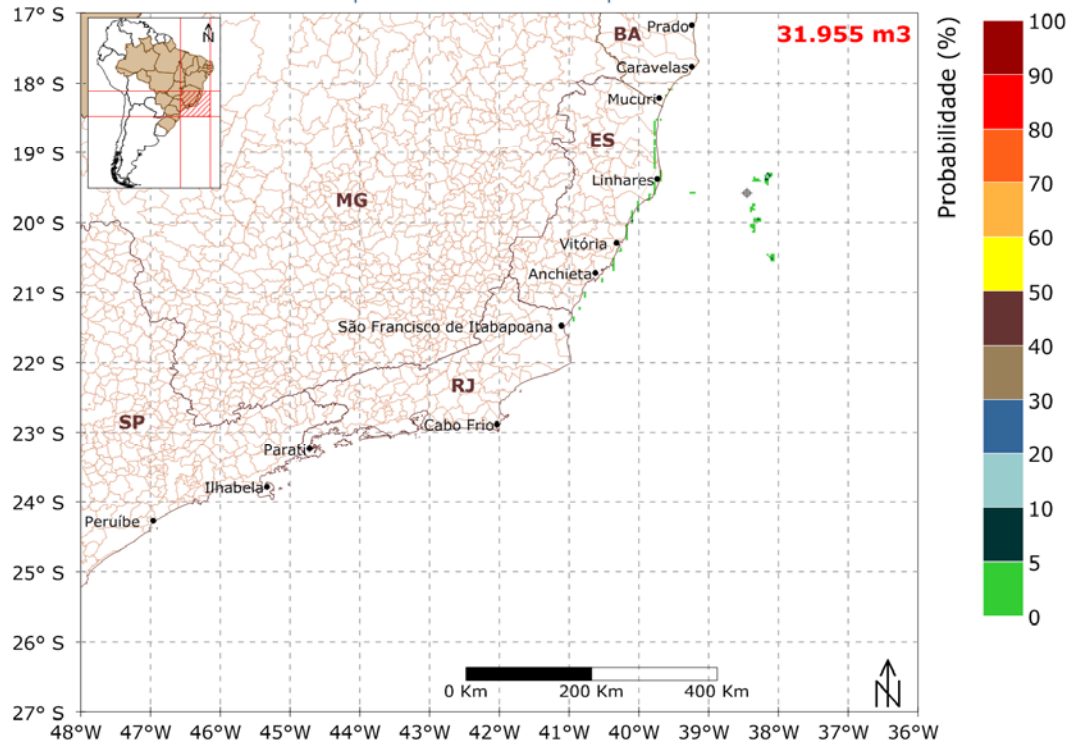
Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro podem apresentar óleo na sua costa. A máxima probabilidade, 30-20% foi registrada no Espírito Santo.

## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 2 | Cenário de Inverno



**Figura 96:** Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.

A única probabilidade de presença de óleo nesta faixa de volume (maior que 200m<sup>3</sup>) na costa foi de 5-10%. Estando presente no estado do Espírito Santo, em Mucuri – BA e São Francisco do Itabapoana - RJ

### V.2.2. Modo Determinístico

Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas foi identificado o cenário crítico para ocorrência de um evento de *blow-out* no ponto de fronteira 2, BM-ES-37-38-39-40-41. O cenário que apresentou o menor tempo mínimo de toque na costa foi o de inverno, 100-200 horas, portanto será apresentada uma trajetória crítica ocorrida neste cenário.

Também serão apresentadas duas trajetórias que representarão a deriva do óleo nas condições meteo-oceanográficas mais frequentes da região, nos cenários sazonais de verão e inverno conforme estabelecido no item V.



Nas figuras serão apresentados os instantâneos com os resultados da simulação da dispersão de óleo realizada para a situação escolhida. São também mostrados nas figuras os campos de vento e correntes que transportaram o óleo nesse cenário.

### V.2.2.1. Crítico

Na Figura 97 a Figura 107 é mostrada a trajetória do óleo no cenário de inverno para a situação crítica, onde o óleo atinge a costa mais rapidamente.

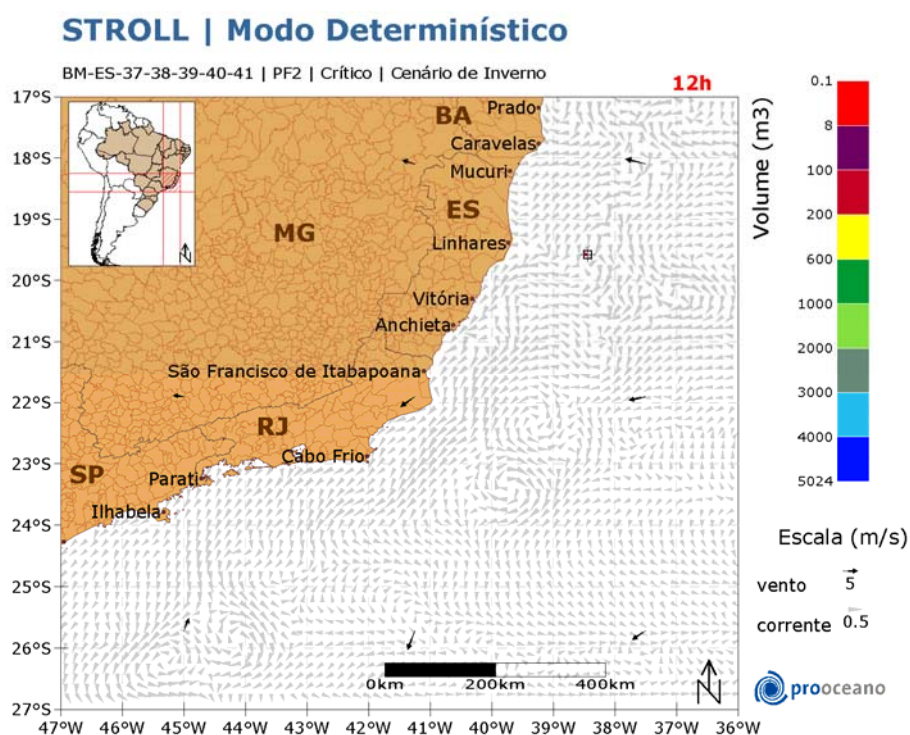


Figura 97: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

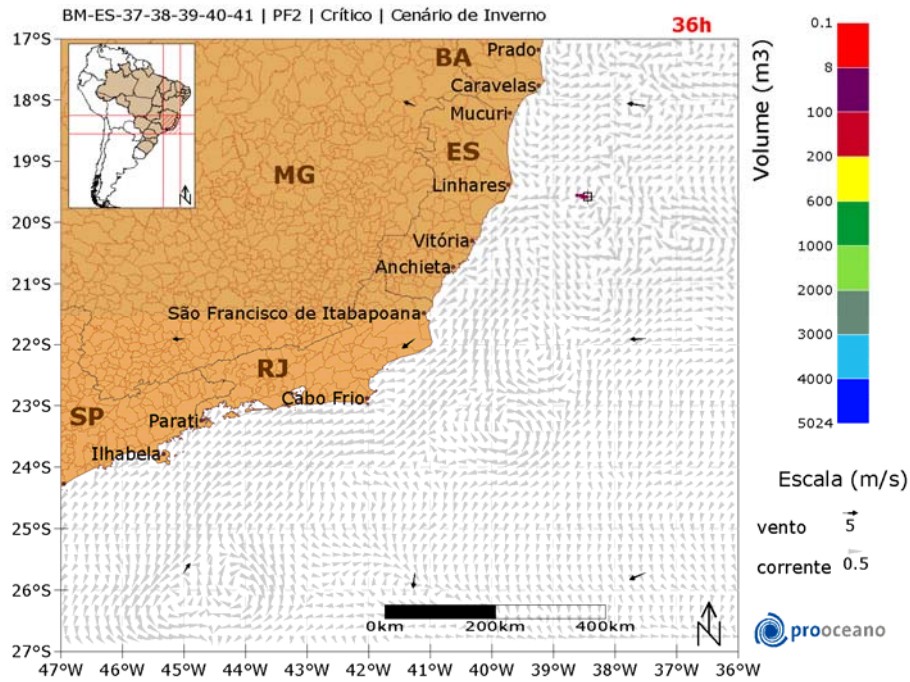


Figura 98: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

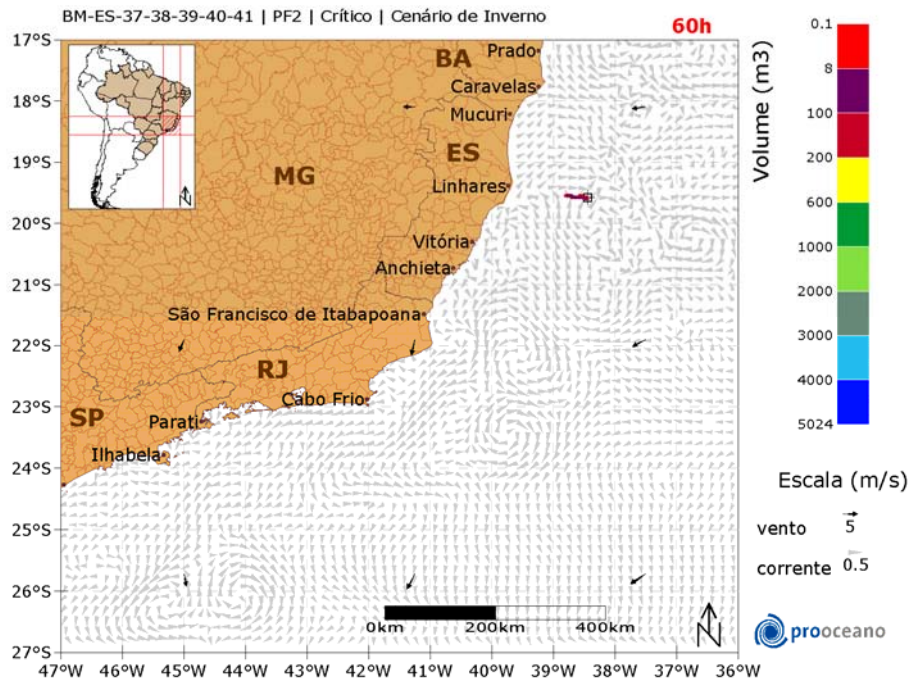


Figura 99: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

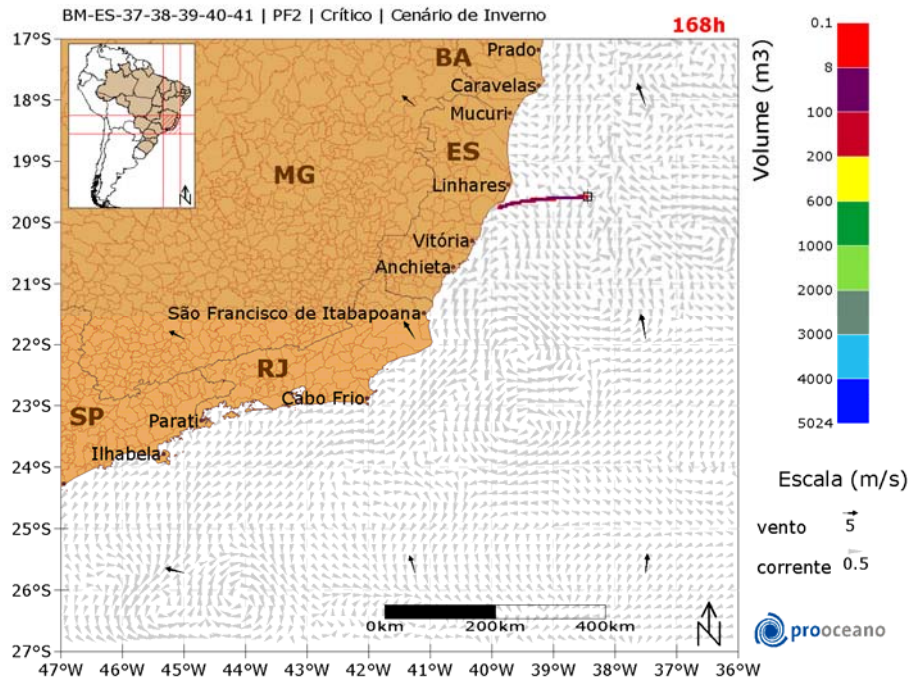


Figura 100: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

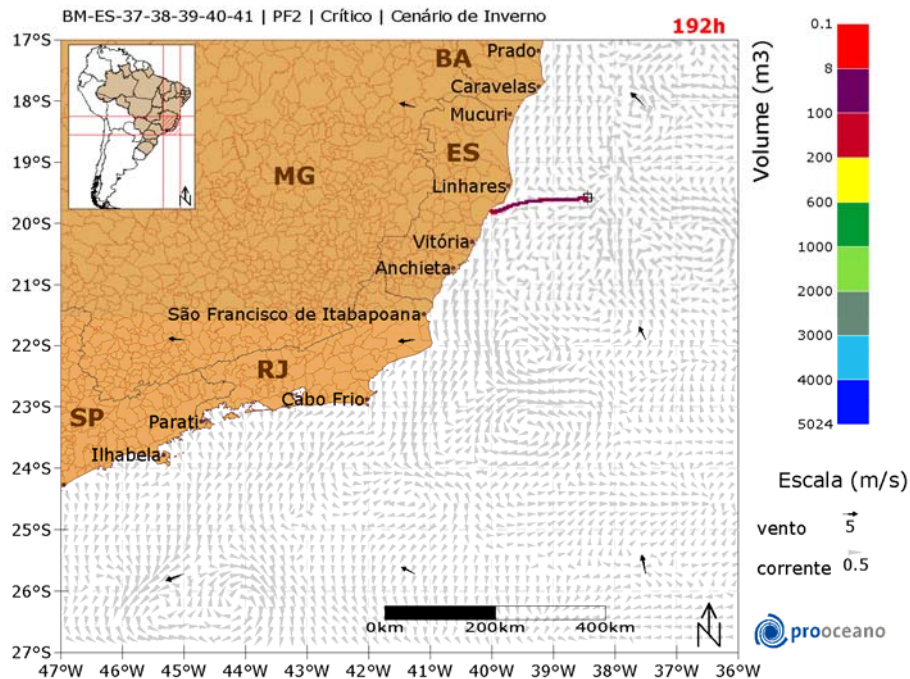


Figura 101: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 192 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

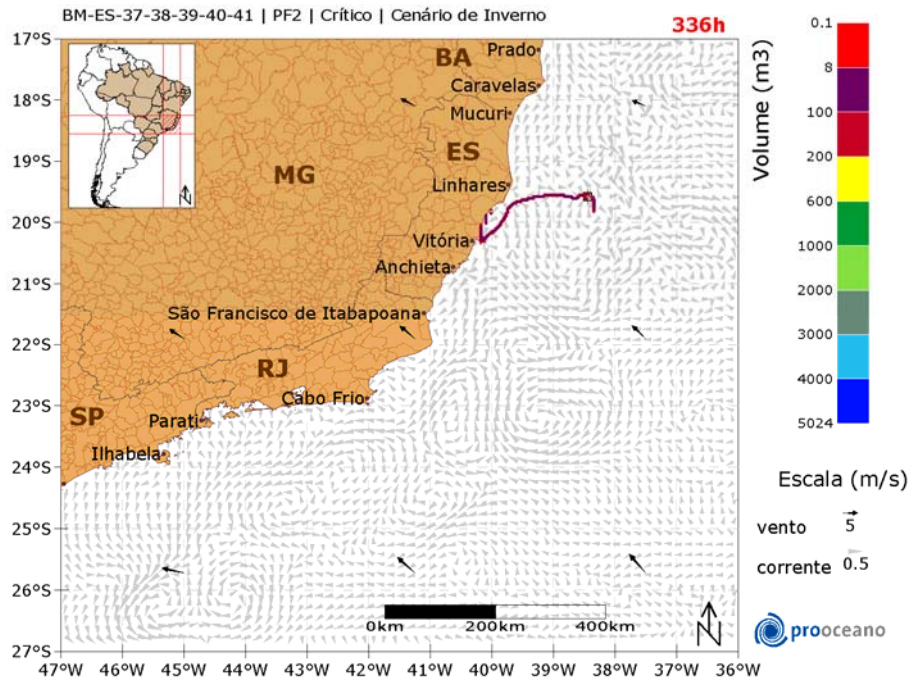


Figura 102: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

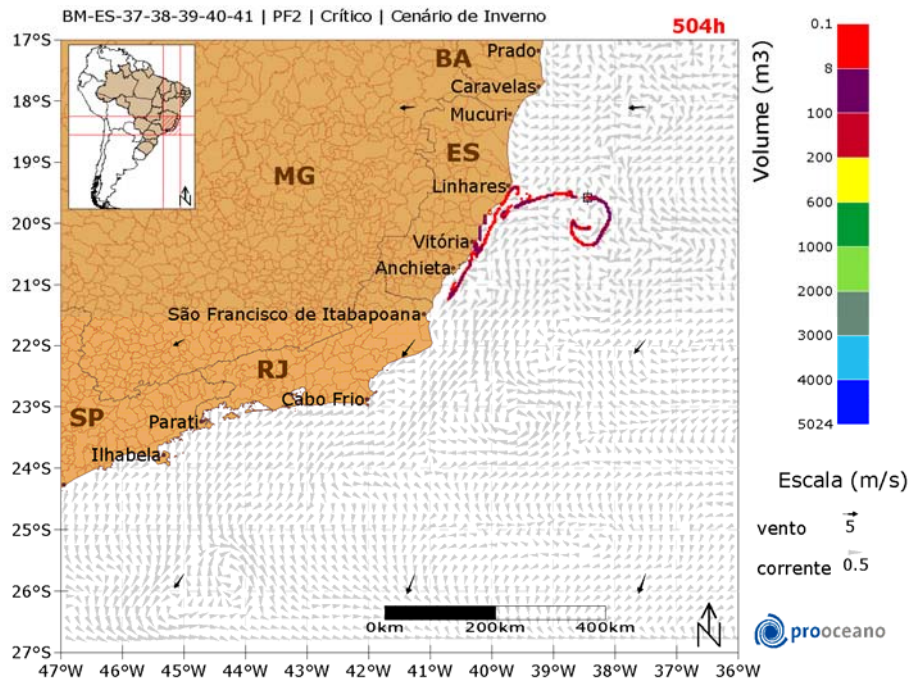


Figura 103: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

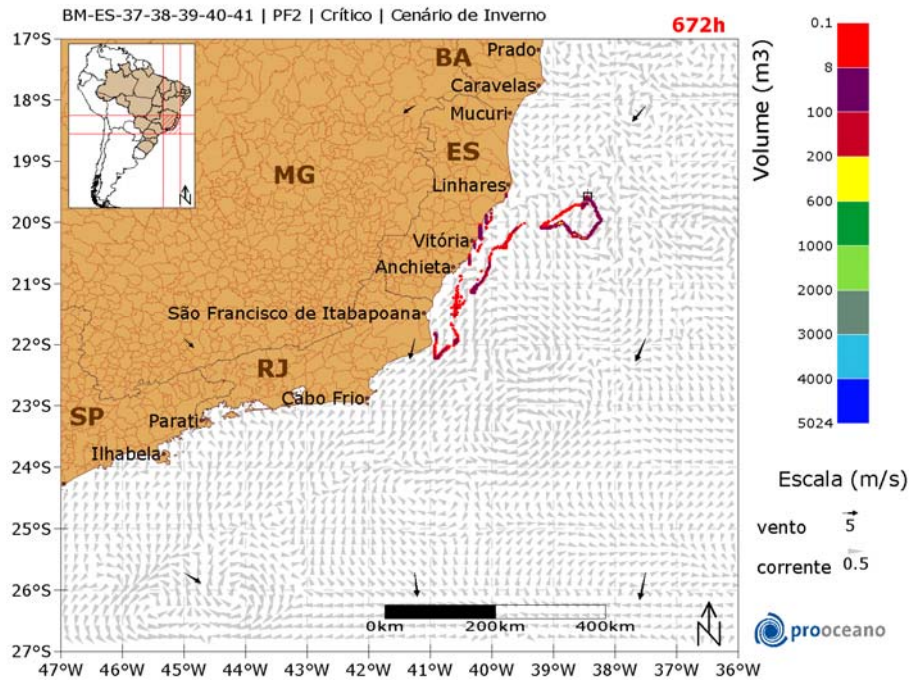


Figura 104: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

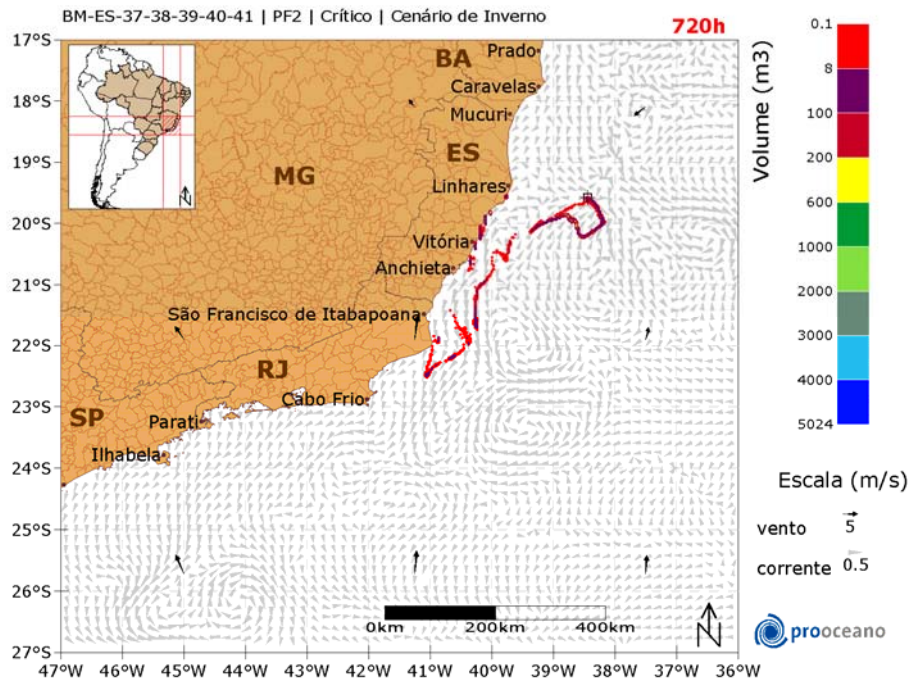


Figura 105: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

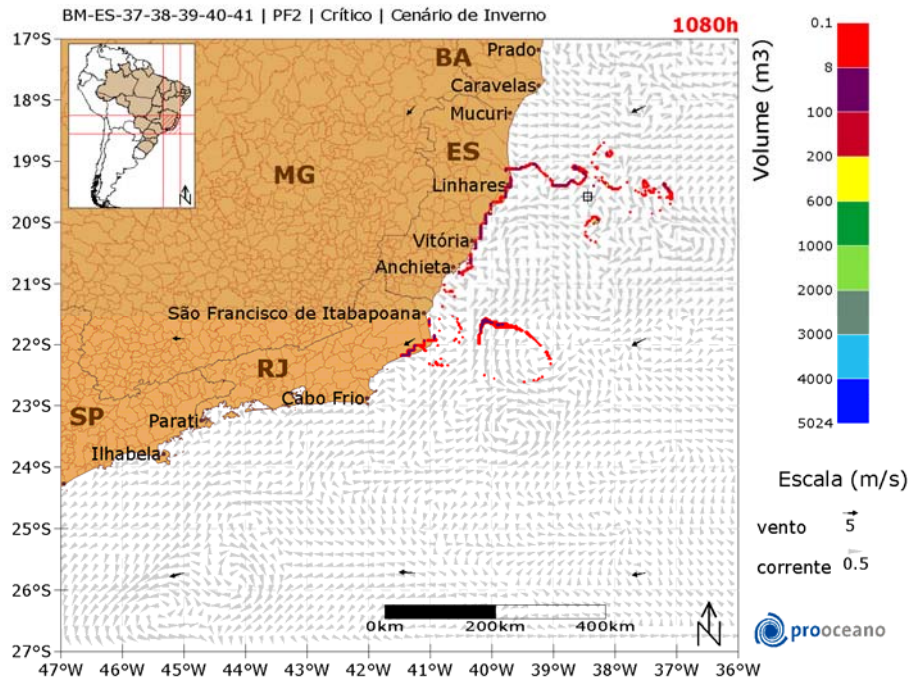


Figura 106: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

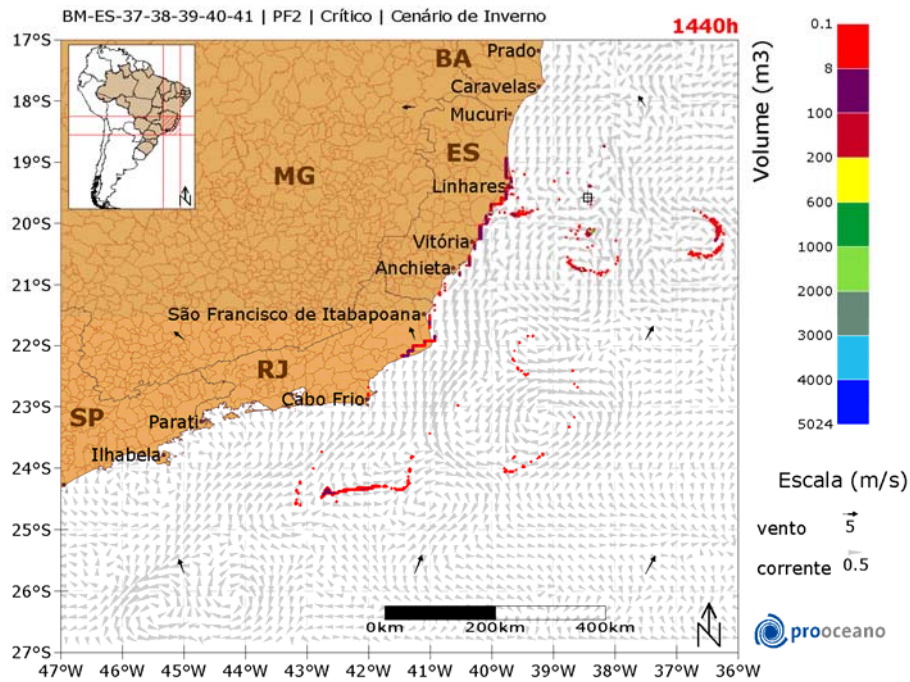
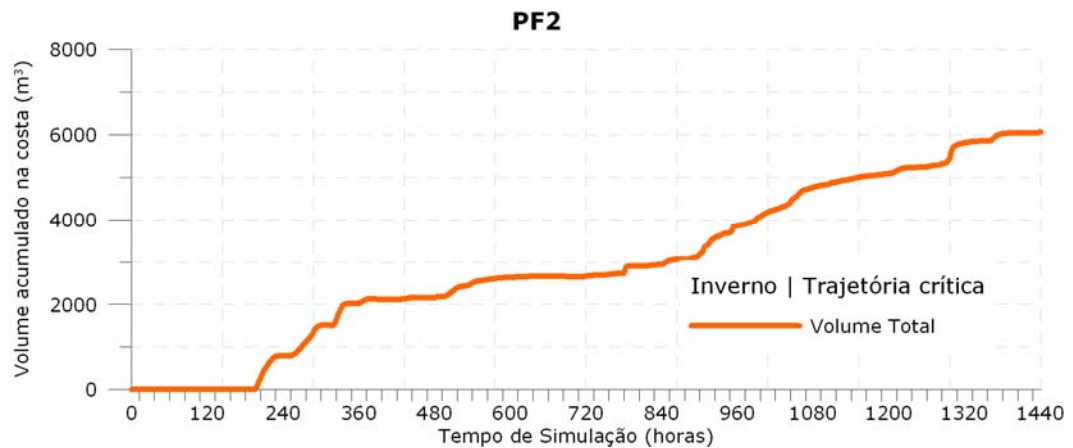


Figura 107: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

Observa-se a deriva do óleo rumo a sudoeste do poço durante toda a simulação. Em 192 horas há o toque na costa na região de Linhares e Aracruz, estado do Espírito Santo. Após o final da simulação, 1440 horas a área atingida pelo óleo encontra-se, de forma geral, entre São Mateus e Arraial do Cabo.

No gráfico (Figura 108), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 6.000 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 1400 horas após o início da simulação.



**Figura 108: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

#### V.2.2.2. Condições Meteo-oceanográficas frequentes

A seguir, na Figura 109 à Figura 118 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no verão.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

12h

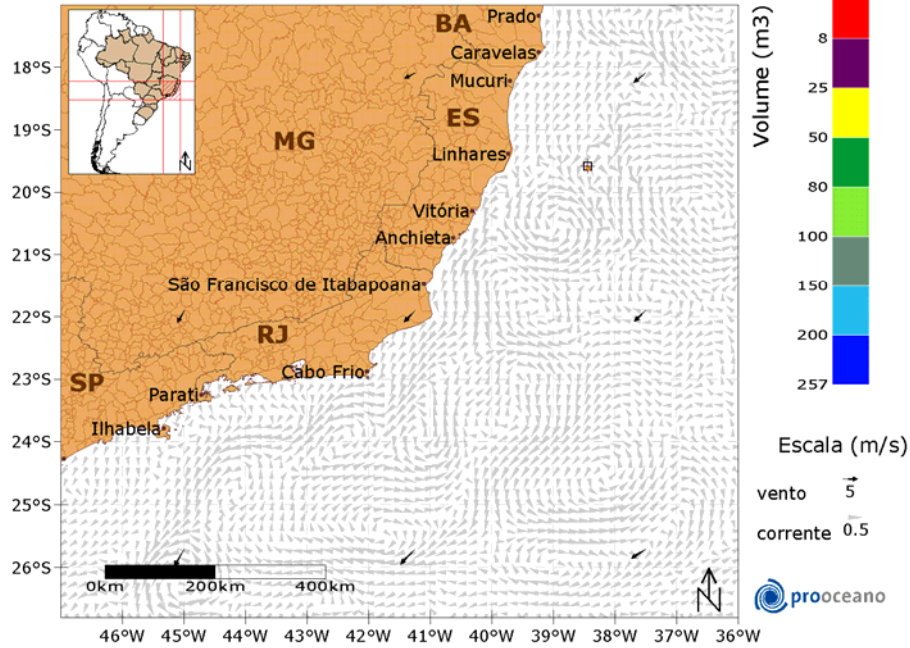


Figura 109: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

36h

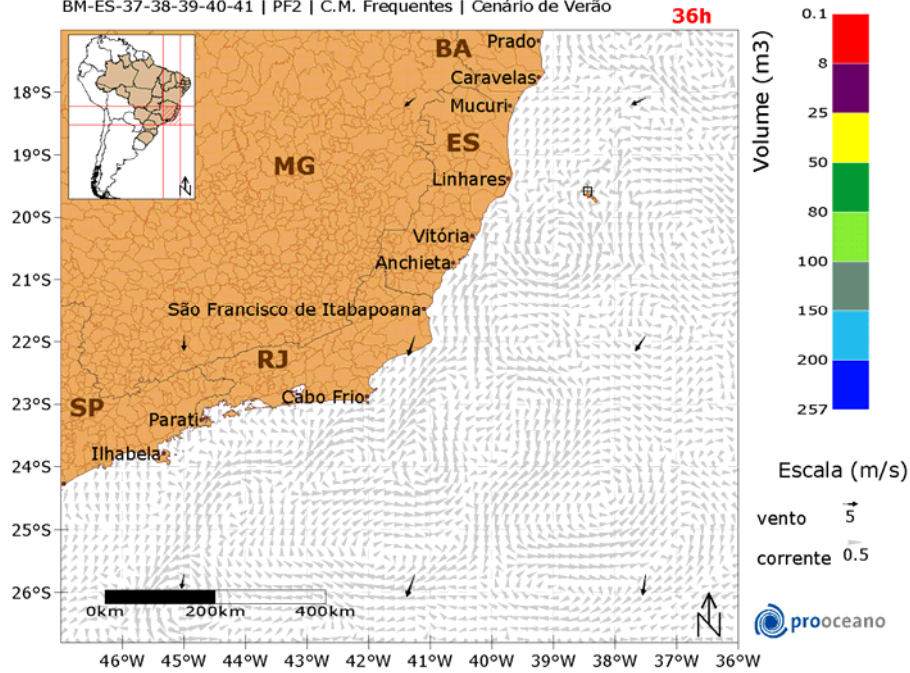


Figura 110: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

60h

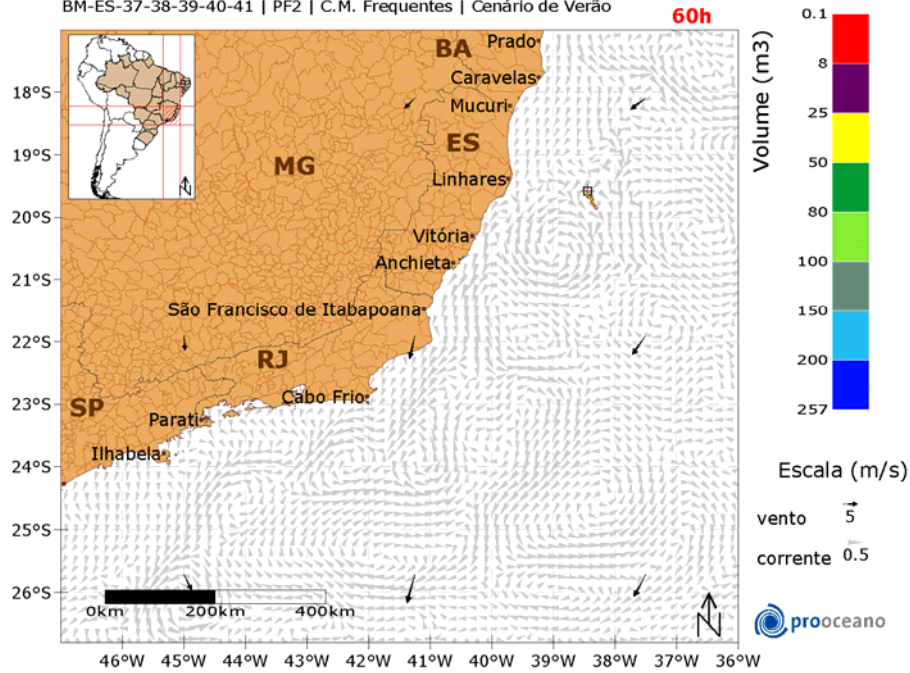


Figura 111: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

168h

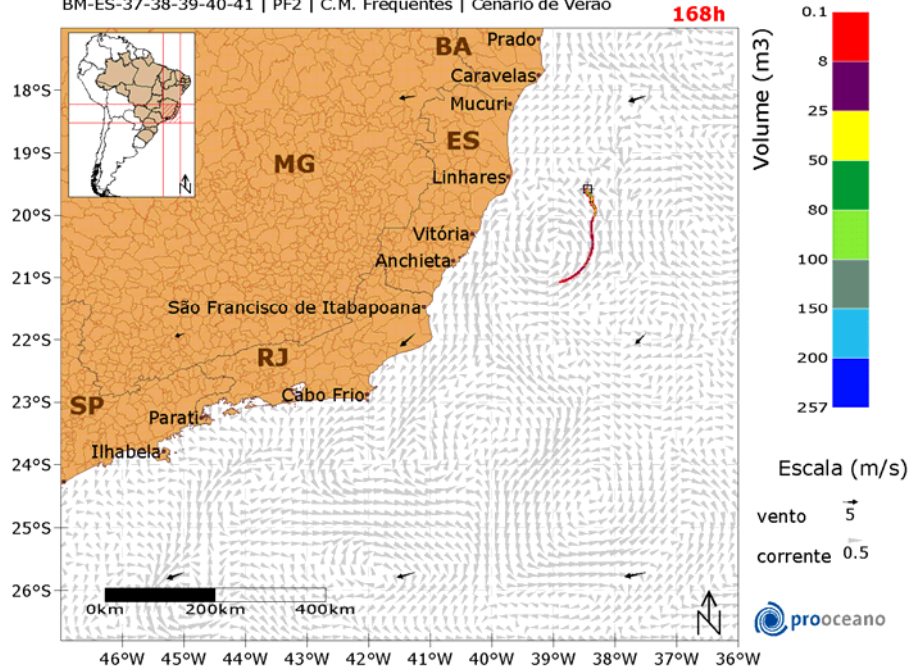


Figura 112: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

336h

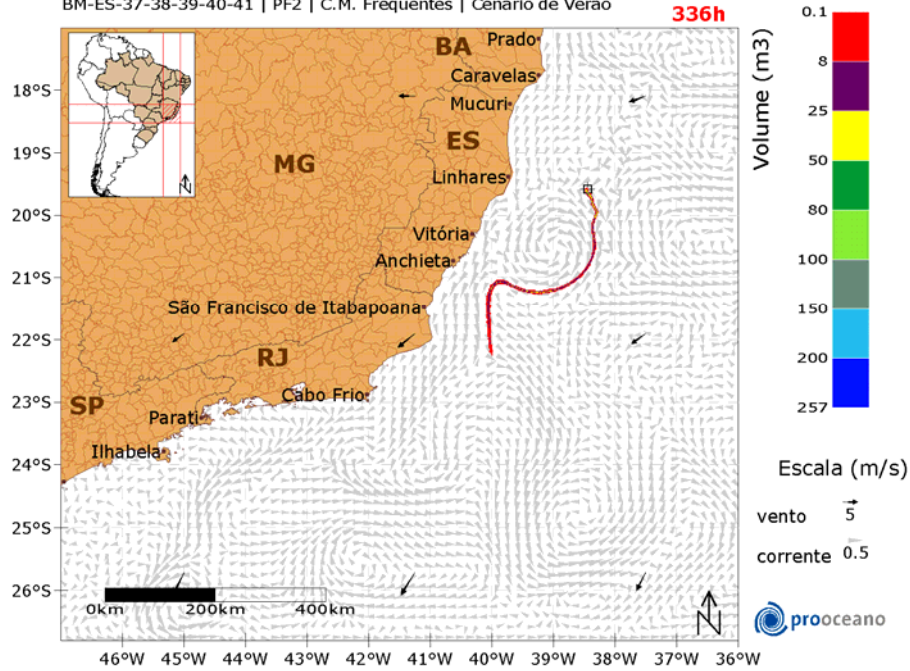


Figura 113: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

504h

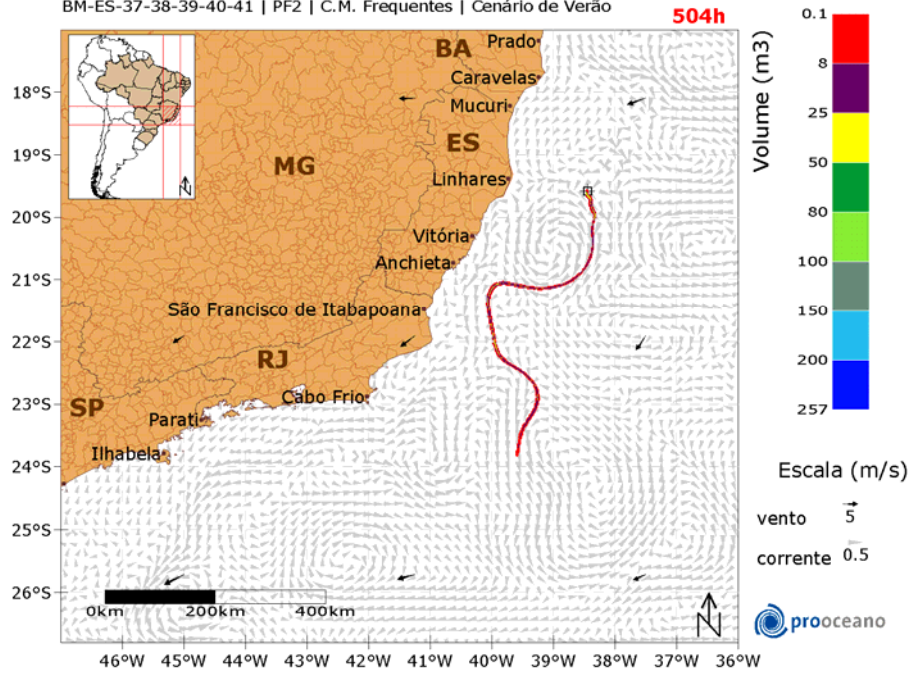


Figura 114: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

672h

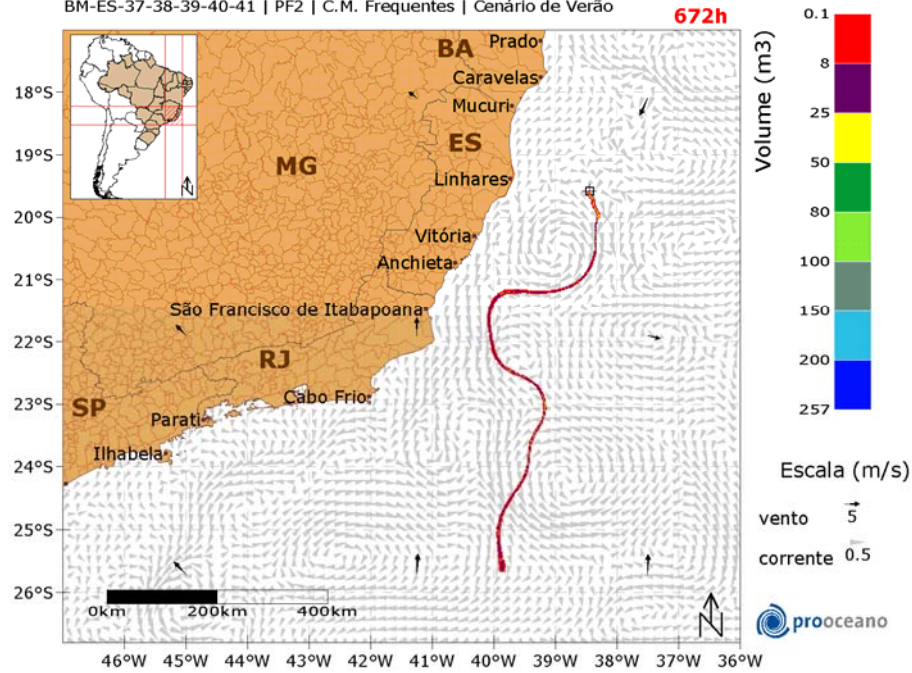


Figura 115: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

720h

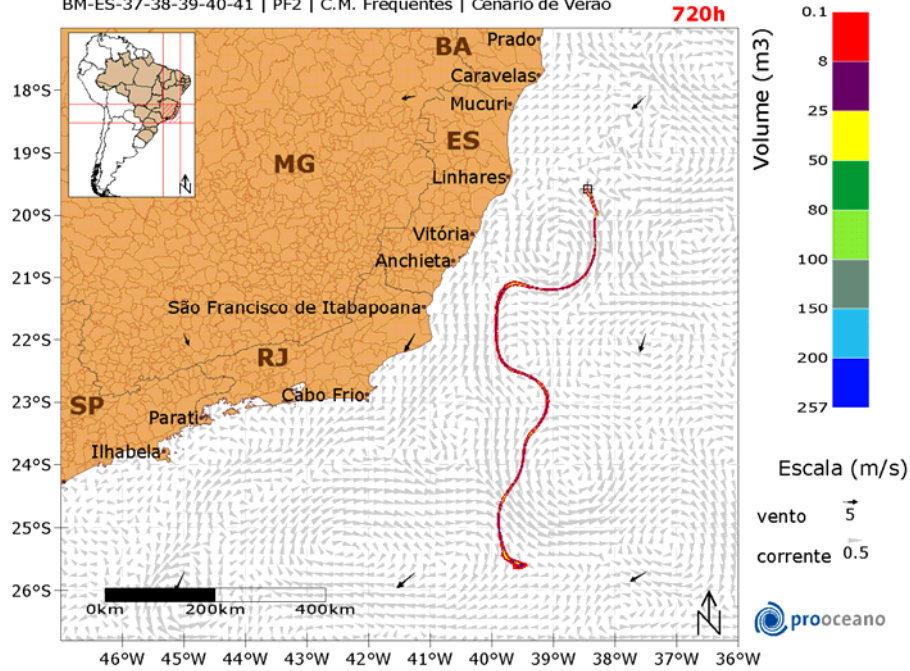


Figura 116: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1080h

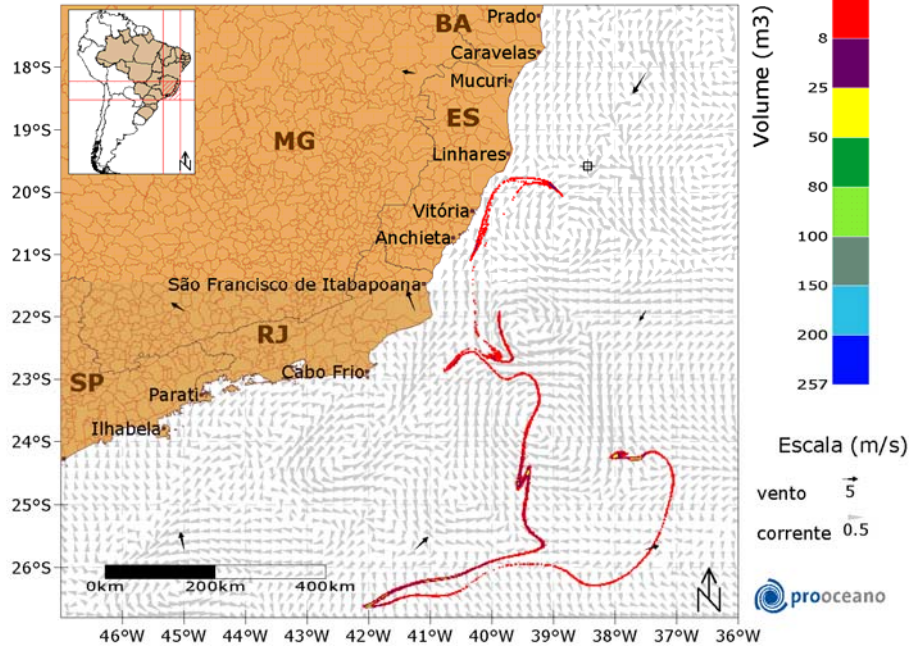
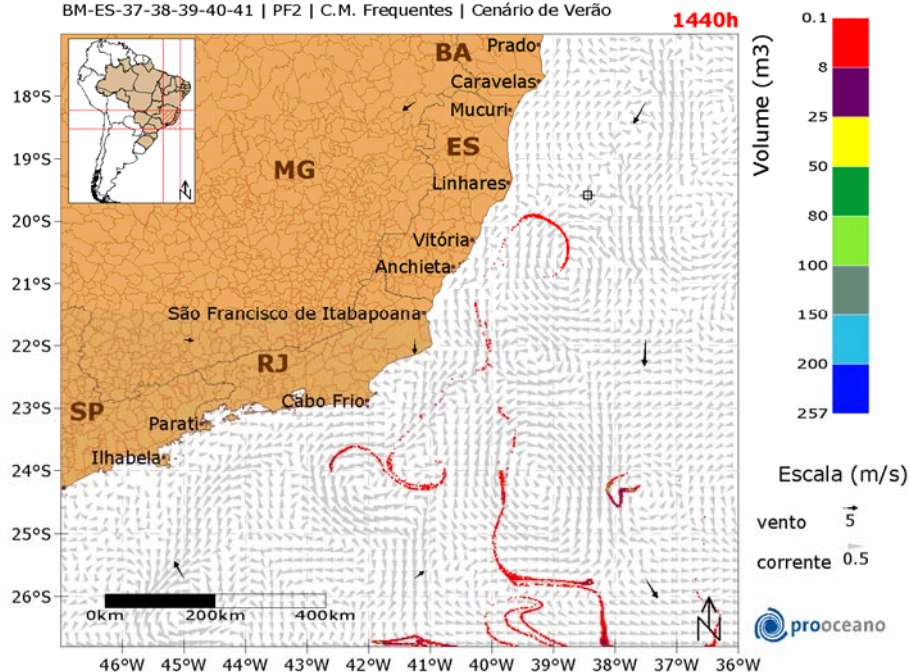


Figura 117: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.



## STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF2 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão



**Figura 118:** Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

A deriva do óleo ocorreu rumo a leste do poço inicialmente, depois inciou-se a deriva rumo a sudoeste do poço. Ao final da simulação parte do óleo remanescente encontra-se na latitude de 27°S, aproximadamente.

A seguir na Figura 119 à Figura 128 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no inverno.

### STROLL | Modo Determinístico

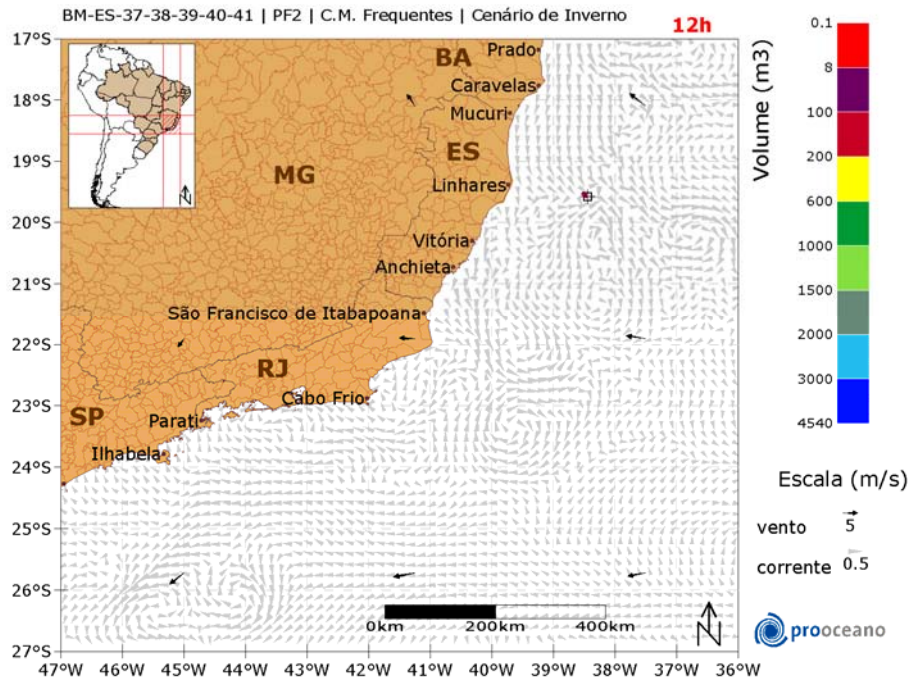


Figura 119: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

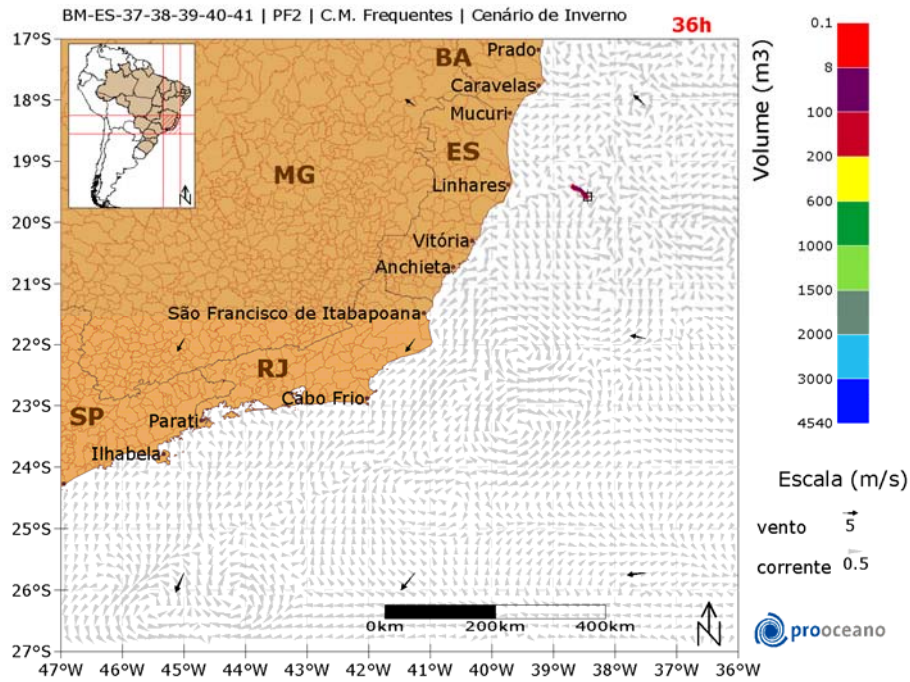


Figura 120: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

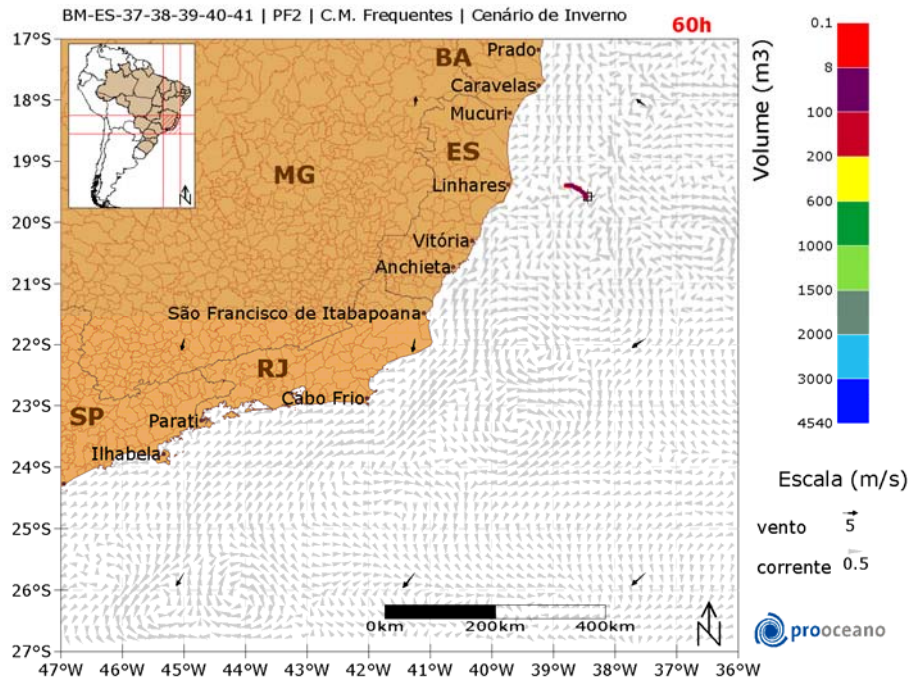


Figura 121: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

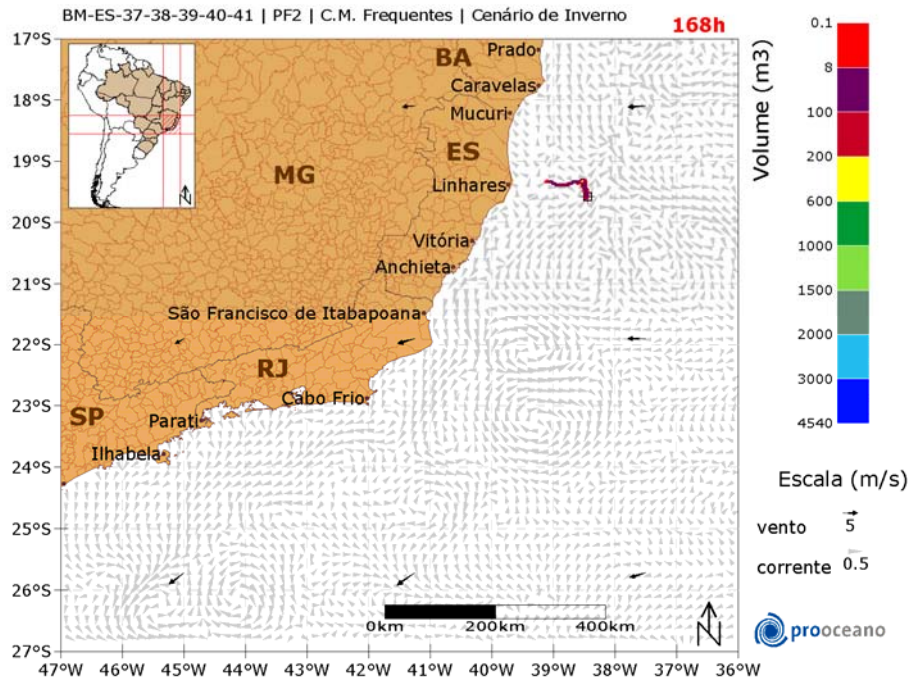


Figura 122: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

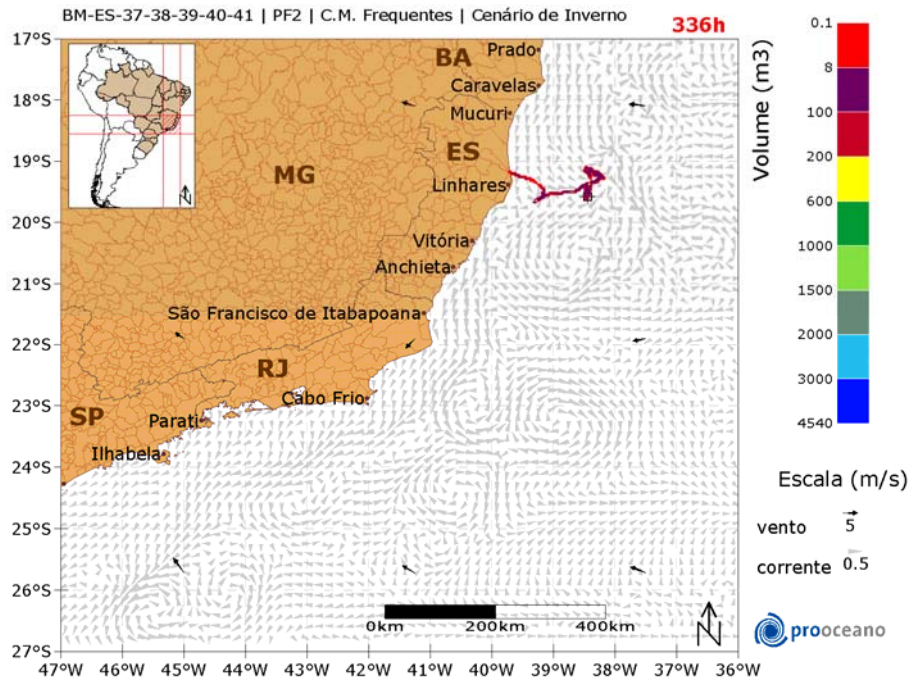


Figura 123: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

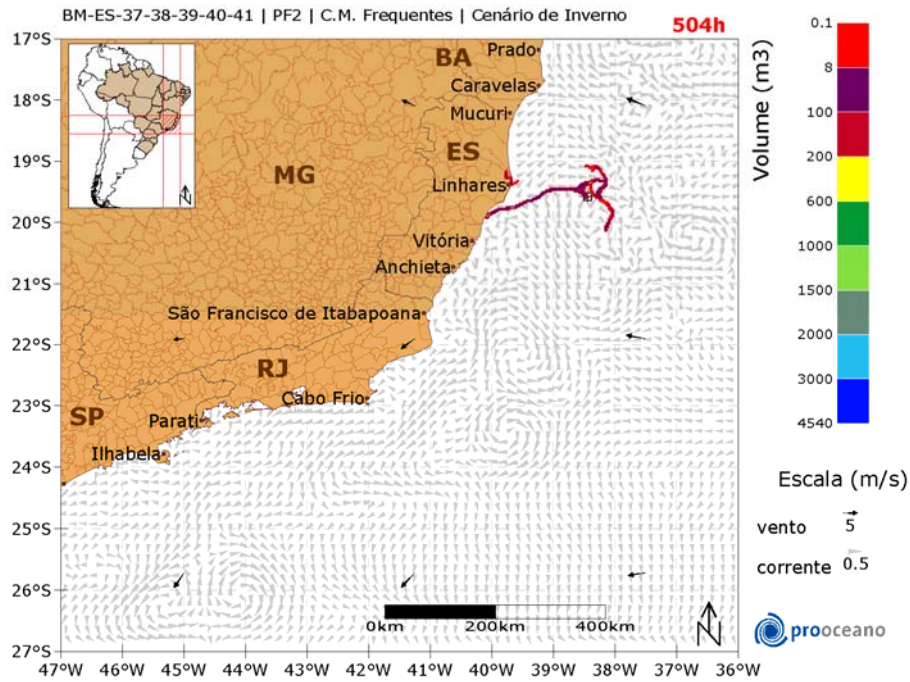


Figura 124: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

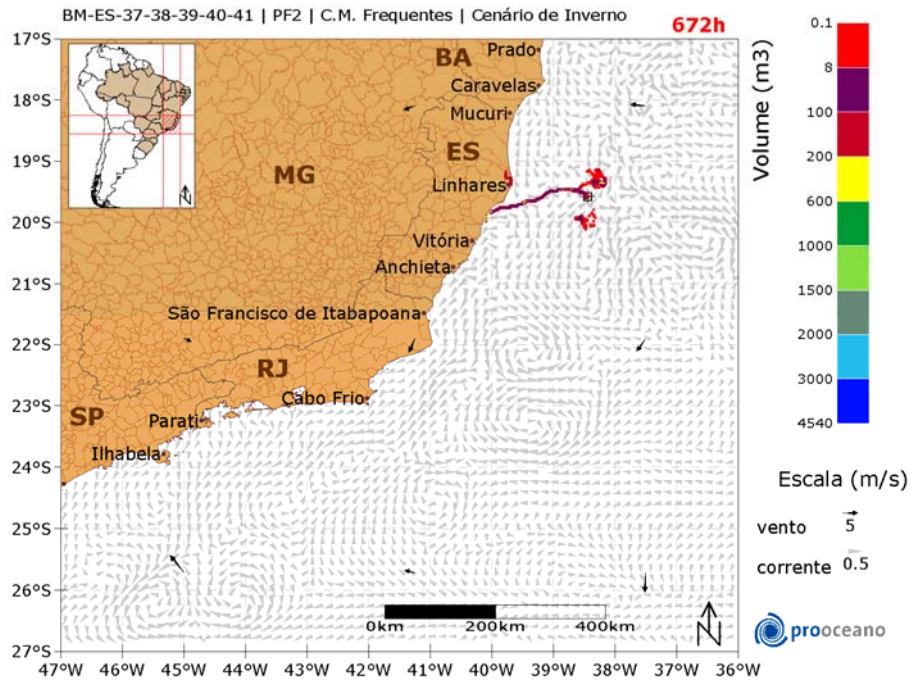


Figura 125: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 2.



### STROLL | Modo Determinístico

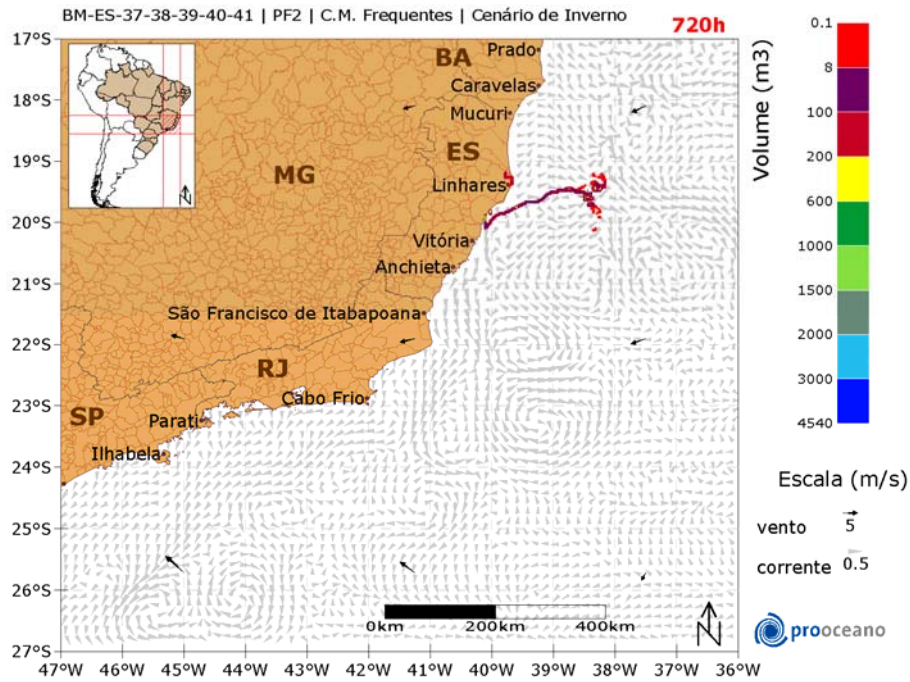


Figura 126: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

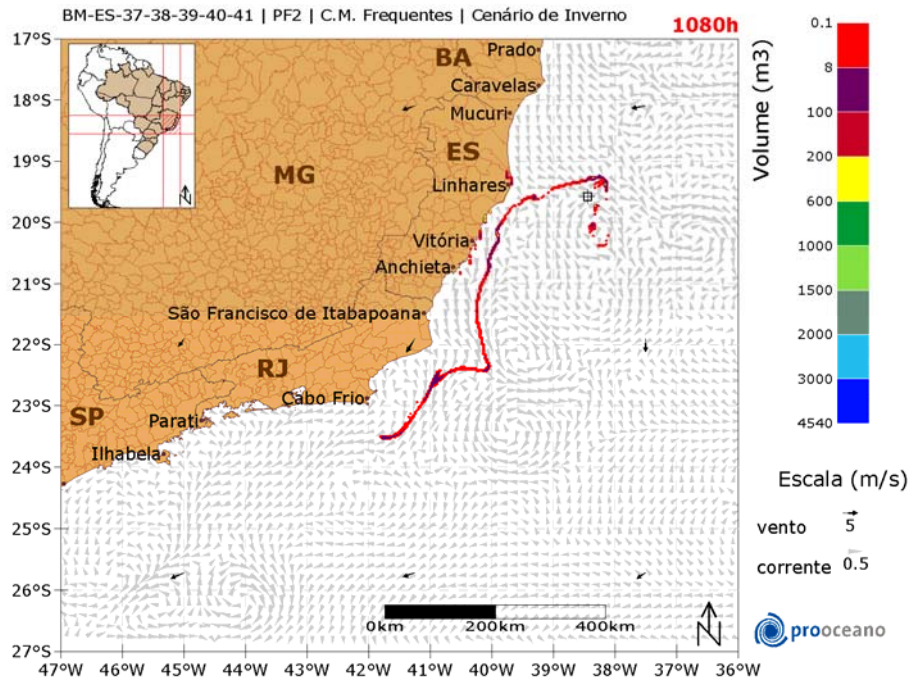
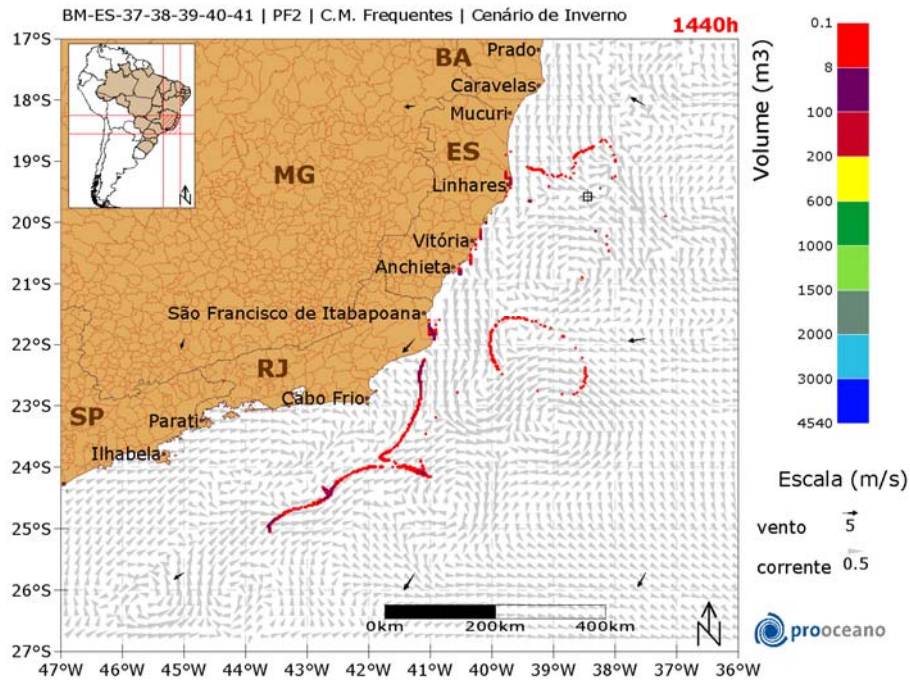


Figura 127: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.

### STROLL | Modo Determinístico

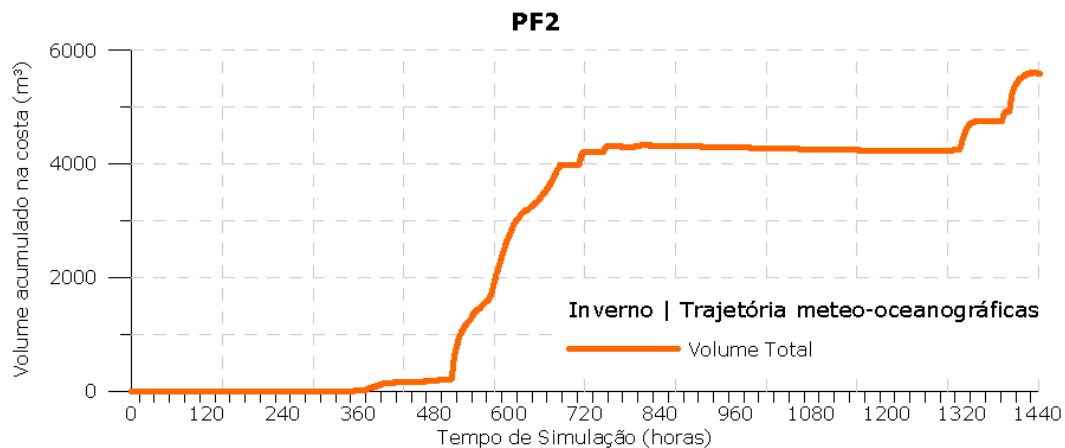


**Figura 128: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 2.**

A deriva do óleo ocorreu rumo a noroeste do poço inicialmente. Em 336 horas o óleo já se encontrava na costa do município de Linhares, começando o deslocamento para sudoeste. No final da simulação, 1440 horas, a região que apresenta óleo na costa, de forma geral, estendeu-se de São Mateus – ES a São João da Barra.

No gráfico (Figura 129), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 5.500 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 1440 horas após o início da simulação.



**Figura 129: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas freqüentes, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 2.**

### V.3. Ponto de Fronteira 3

#### V.3.1. Modo Probabilístico

##### V.3.1.1. Vazamento de 8m3

###### V.3.1.1.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> no cenário de verão, ponto de fronteira 3 é apresentado na Figura 130, enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 131.



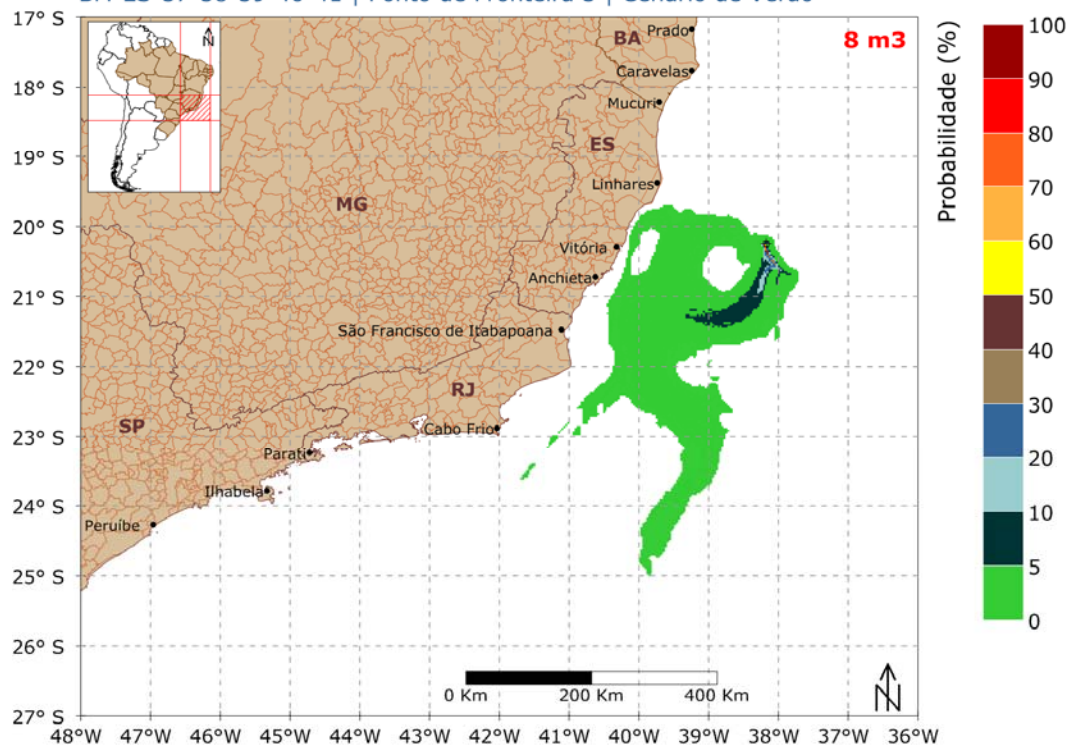
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 130: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Neste cenário a deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço. Não houve probabilidade do óleo atingir a costa.

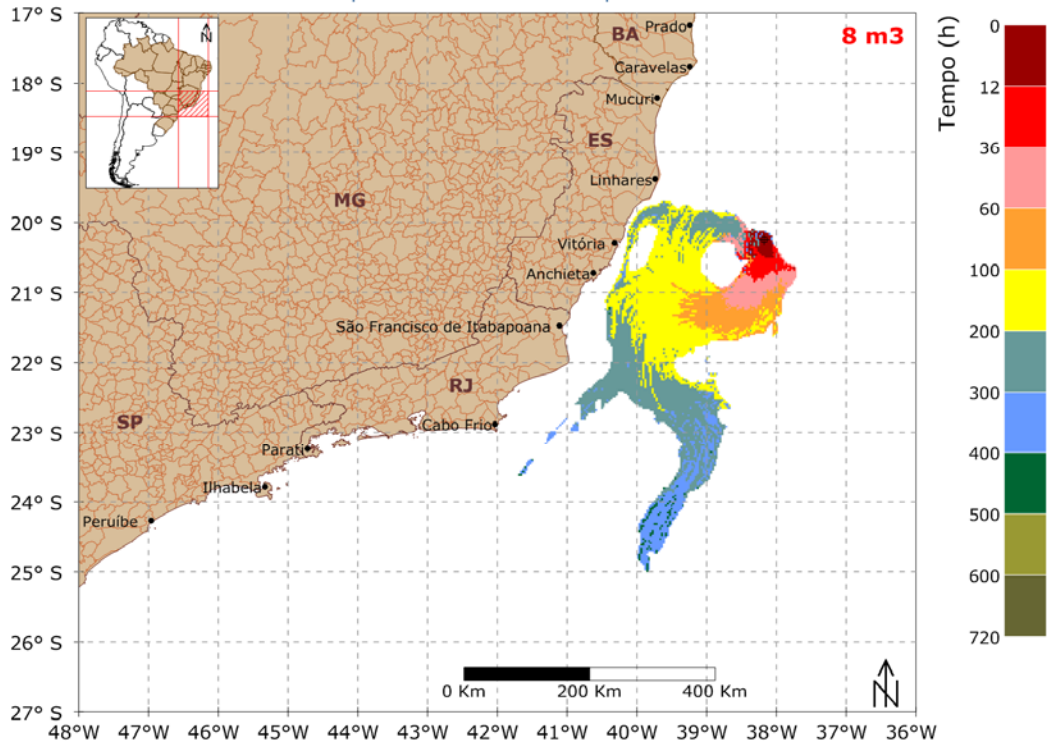
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 131: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Observa-se que a maior parte das áreas com probabilidade de presença de óleo foram atingidas com o tempo mínimo de 200-300 horas após o início do vazamento.

#### V.3.1.1.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno, encontra-se na Figura 132 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 133.

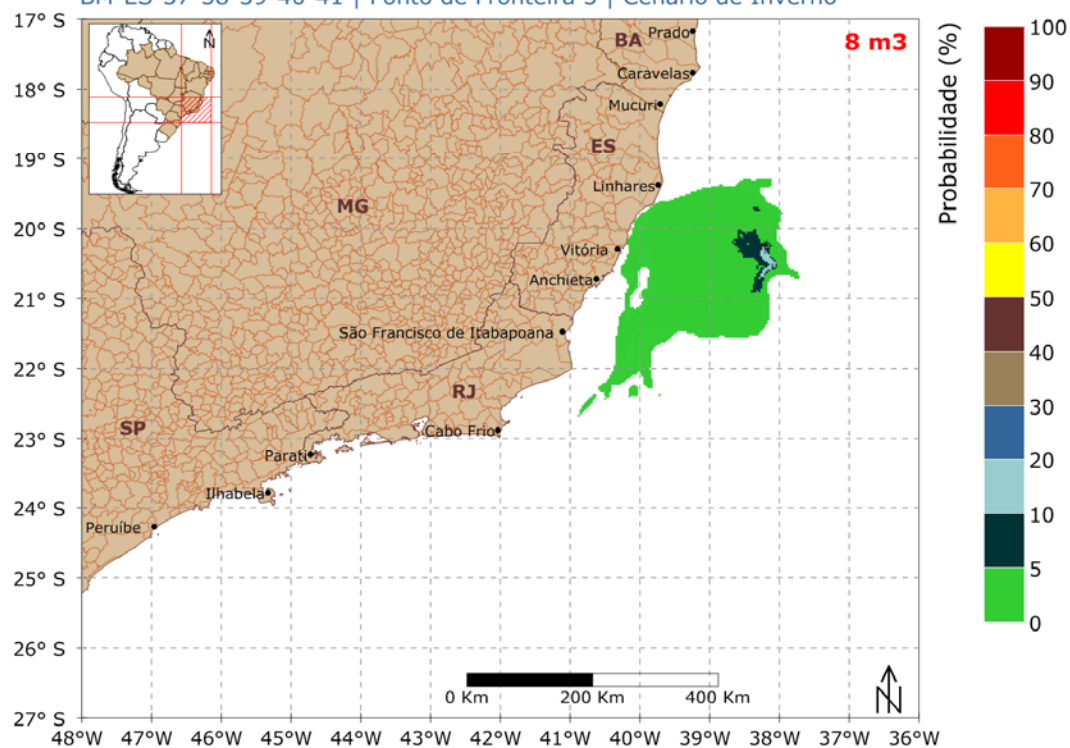
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 132: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

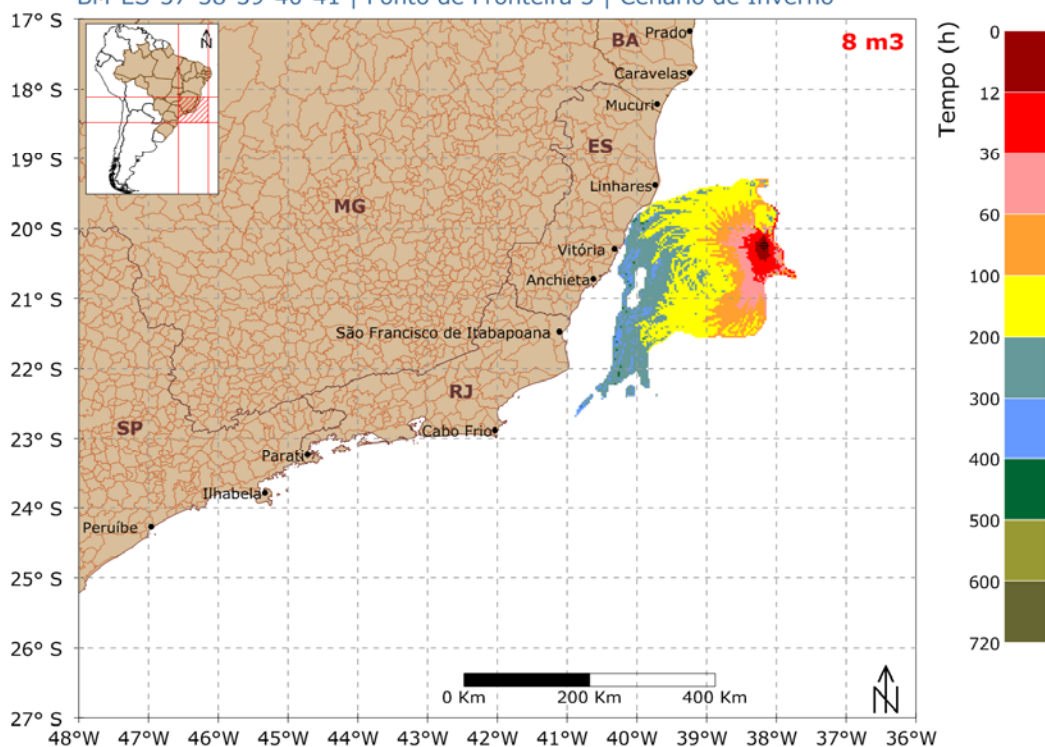
Neste cenário a deriva também foi preferencial para sudoeste do poço, porém houve probabilidade do óleo atingir a costa, 5-0%, em alguns municípios do estado do Espírito Santo (Tabela 10).

**STROLL - modo probabilístico**

Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 133: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

O tempo mínimo de chegada do óleo na costa foi de 100-200 horas em Linhares – ES.

A seguir, na Tabela 10, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo para cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um evento de pequeno volume.



**Tabela 10: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3.**

MUNICÍPIOS (PF3)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	Linhares	-	5 - 0	-	100 - 200
	Aracruz	-	5 - 0	-	200 - 300
	Fundão	-	-	-	-
	Serra	-	5 - 0	-	200 - 300

#### V.3.1.2. Vazamento de 200m<sup>3</sup>

##### V.3.1.2.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de médio porte (200 m<sup>3</sup>), no cenário de verão, ponto de fronteira 3 encontra-se na Figura 134 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 135.

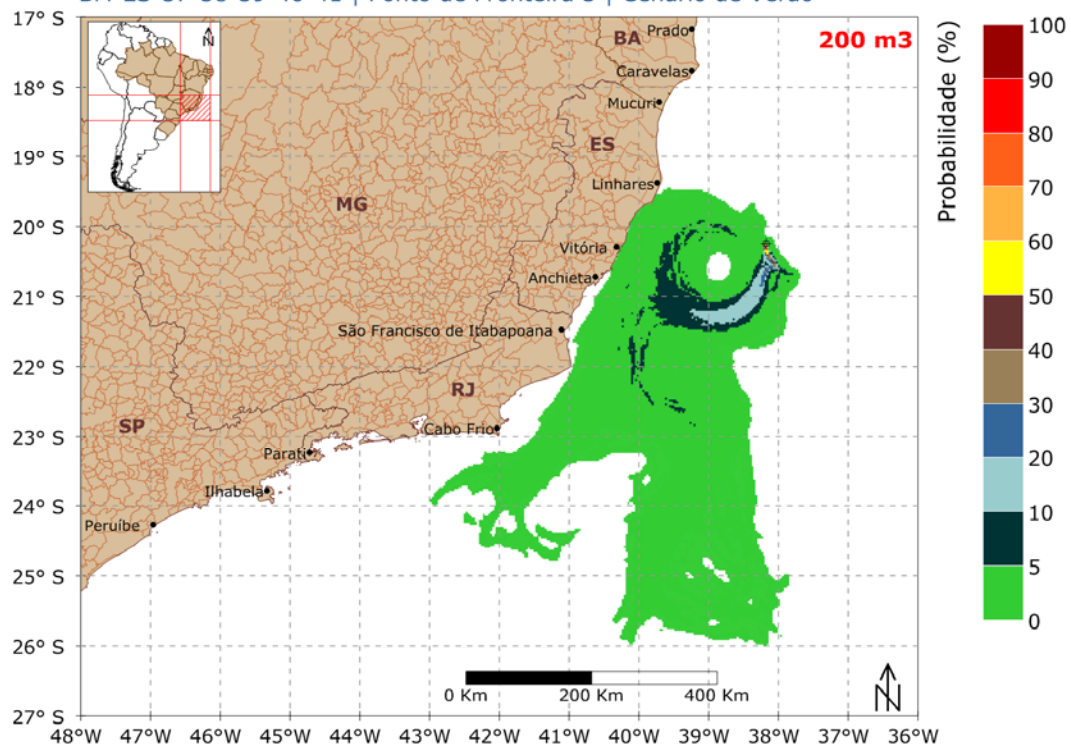
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 134: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Podemos observar no Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo, que a deriva do óleo foi preferencial para sudoeste do poço e que a probabilidade da costa ser atingida é de 5-0% do município de Linhares à Guarapari, no estado do Espírito Santo (Tabela 11).

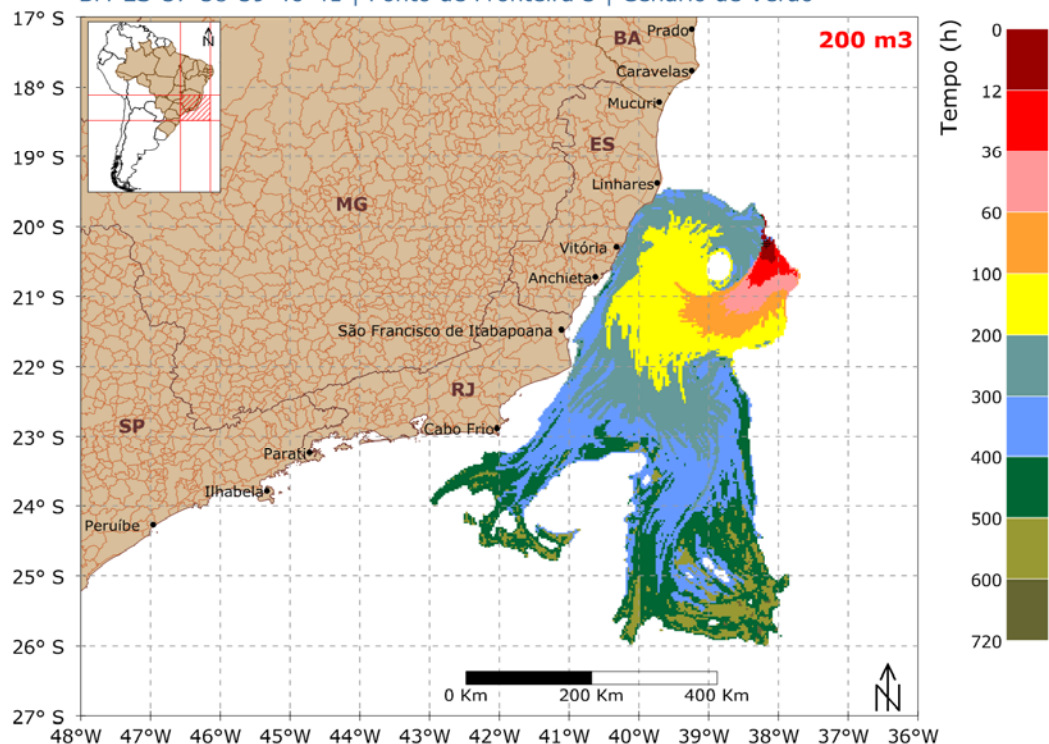
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 135: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Observa-se que o tempo mínimo da chegada do óleo na costa foi de 200-300 horas, em todos os municípios que tiveram probabilidade de presença de óleo (Tabela 11).

#### V.3.1.2.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 200 m<sup>3</sup> no cenário de inverno encontra-se na Figura 136 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 137.

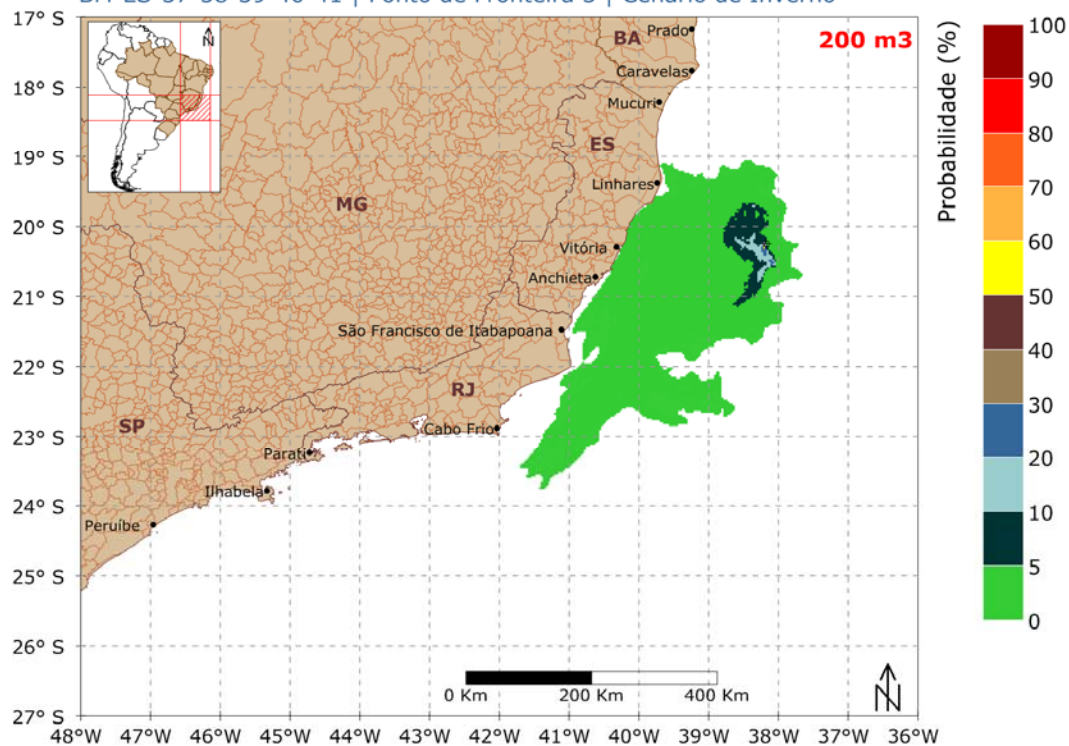
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 136: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Nesse cenário, os mesmos municípios que tiveram probabilidade de presença de óleo no verão também estiveram presentes neste cenário com probabilidade de 5-0% (Tabela 11).



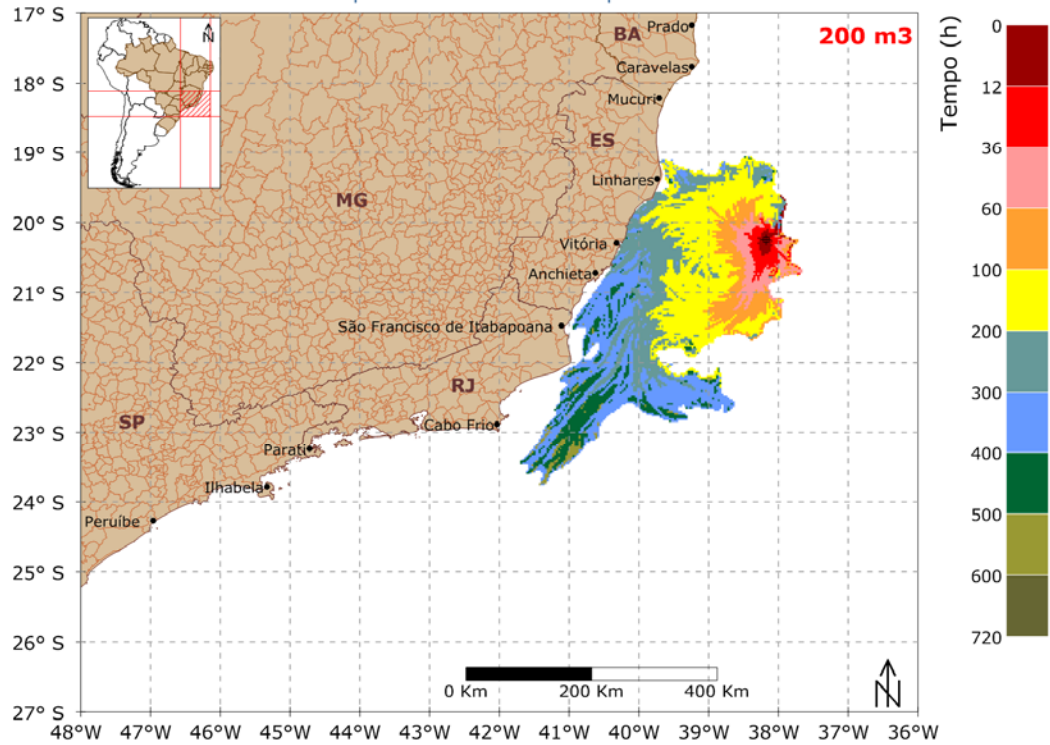
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 137: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Neste cenário, o tempo mínimo de toque na costa também foi de 200-300 horas, após o início da simulação.

A seguir, na Tabela 11, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um derrame de médio volume (200 m<sup>3</sup>).

**Tabela 11: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3.**

MUNICÍPIOS (PF3)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	Linhares	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Aracruz	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Fundão	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Serra	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Vitória	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Vila Velha	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Guarapari	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300

#### V.3.1.3. Blow-out

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas simulações probabilísticas de *blow-out*. Para esses cenários foi considerado um vazamento contínuo durante 30 (trinta) dias. O tempo simulado abrange os 30 dias de vazamento e mais 30 dias após o término do mesmo, totalizando 60 dias de simulação.

##### V.3.1.3.1. Verão

O Mapa de Probabilidade e o Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo para um cenário de *blow-out* com volume vazado de 31.955m<sup>3</sup>, no período de verão, ponto de fronteira 3, são apresentados na Figura 138 e Figura 139, respectivamente.

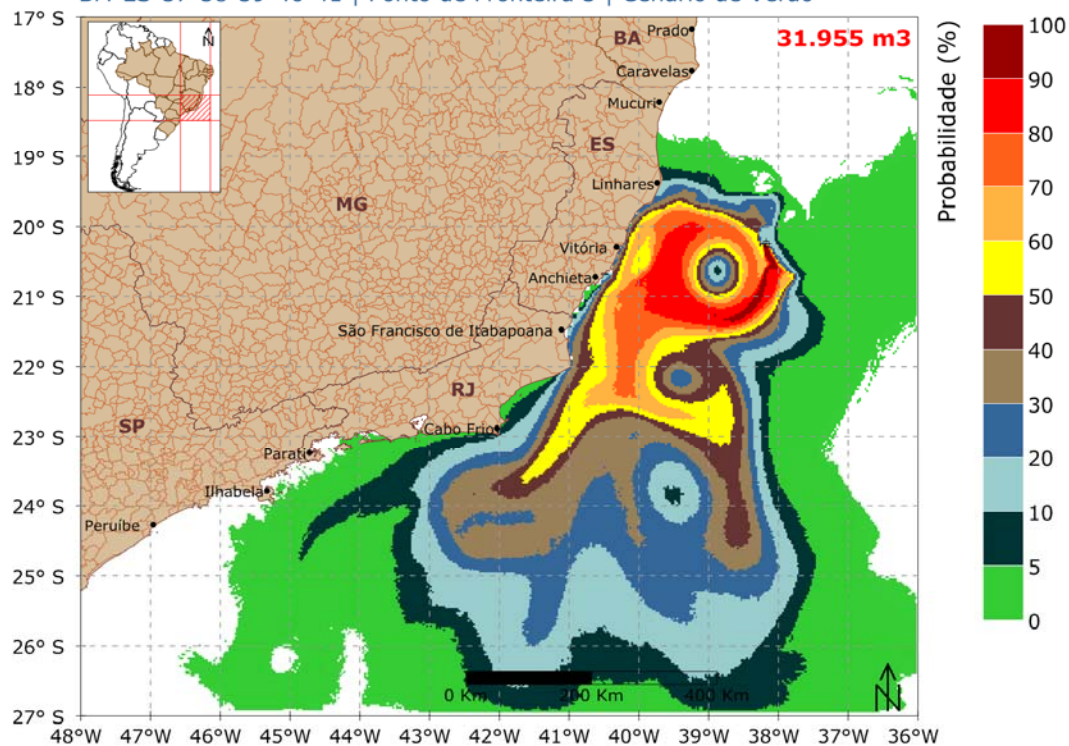
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 138: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

A deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço, porém derivas rumo a noroeste também foram observadas. A maior probabilidade registrada, 50-40%, ocorreu no município de Fundão, no estado do Espírito Santo.

A região com probabilidade de óleo estendeu-se de Conceição da Barra – ES à Ilha Grande- RJ, além da Ilhabela- SP (Tabela 12).

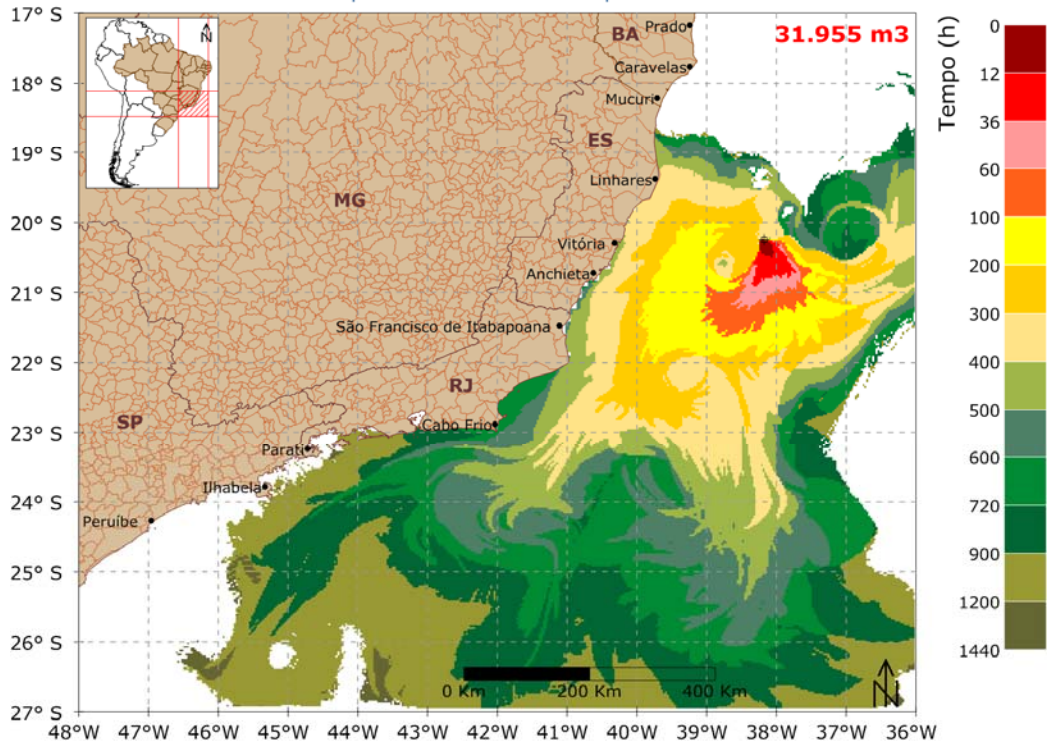
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 139: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

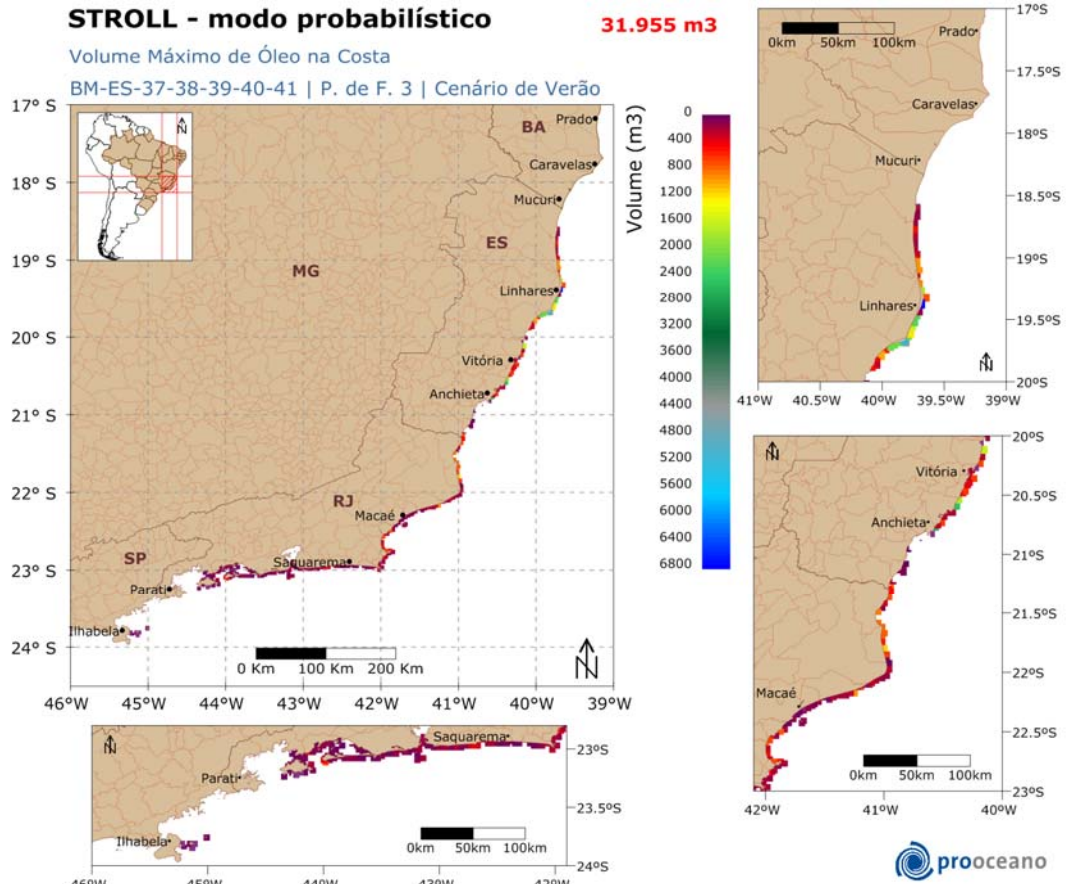
O menor tempo mínimo de toque na costa, nesse cenário, ocorreu entre 300-400 horas, nos municípios entre Linhares e Serra, estado do Espírito Santo.

Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo podem ser atingidos com o tempo mínimo de 400-500h e 900-1200 horas, respectivamente (Tabela 12).

Para obtenção do volume máximo de óleo na costa, os elementos de grade que representam a mesma são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de volumes máximos de óleo que atingem cada elemento de grade ao longo das  $n$  simulações. Ao final, têm-se um mapa dos volumes máximos por unidade de área, ou espessuras máximas, que atingiram os elementos de grade que representam a costa. (Figura 140).

Para contabilizar os volumes máximos por município, são utilizados os volumes máximos de óleo presentes nos pontos de grades mais próximos a cada município costeiro.



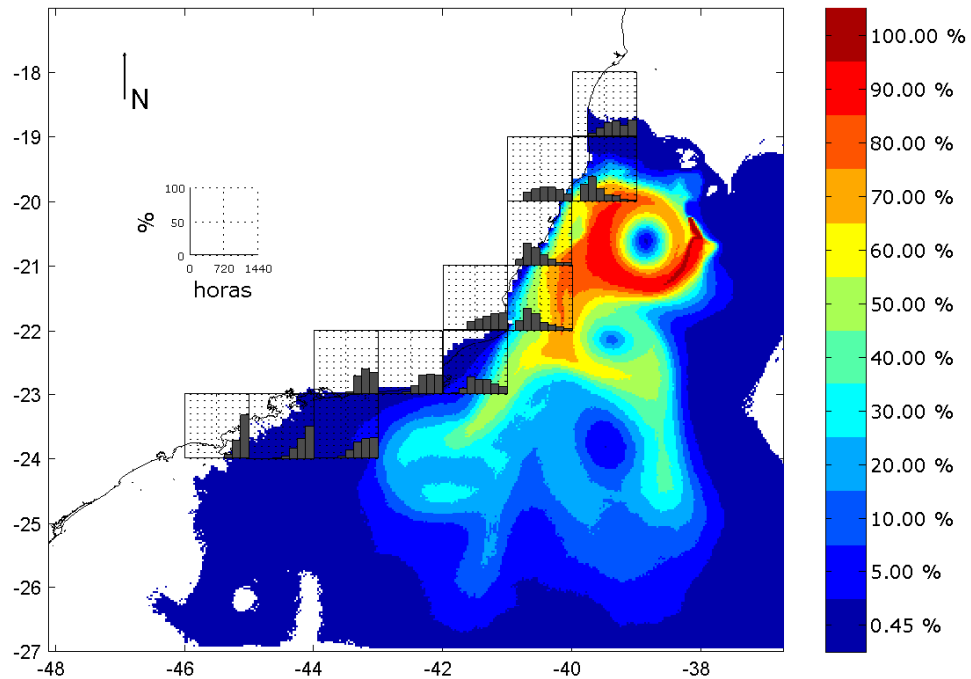


**Figura 140: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Ao analisarmos o volume máximo de óleo que atinge a costa, observamos que o município que apresentou o maior valor foi Linhares - ES, 6904,40 m<sup>3</sup> (Tabela 12). Também podemos observar que os menores valores encontram-se nas extremidades norte e sul do mapa.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 141). O gráfico de probabilidade de presença de óleo com os histogramas de tempo de chegada facilita a análise conjunta dos resultados.

Os histogramas foram elaborados para cada quadrado de 1 grau de resolução, onde os gráficos estão centrados. No cálculo dessa estatística são levados em consideração todos os tempos de chegada de óleo no interior de cada quadrado supracitado.



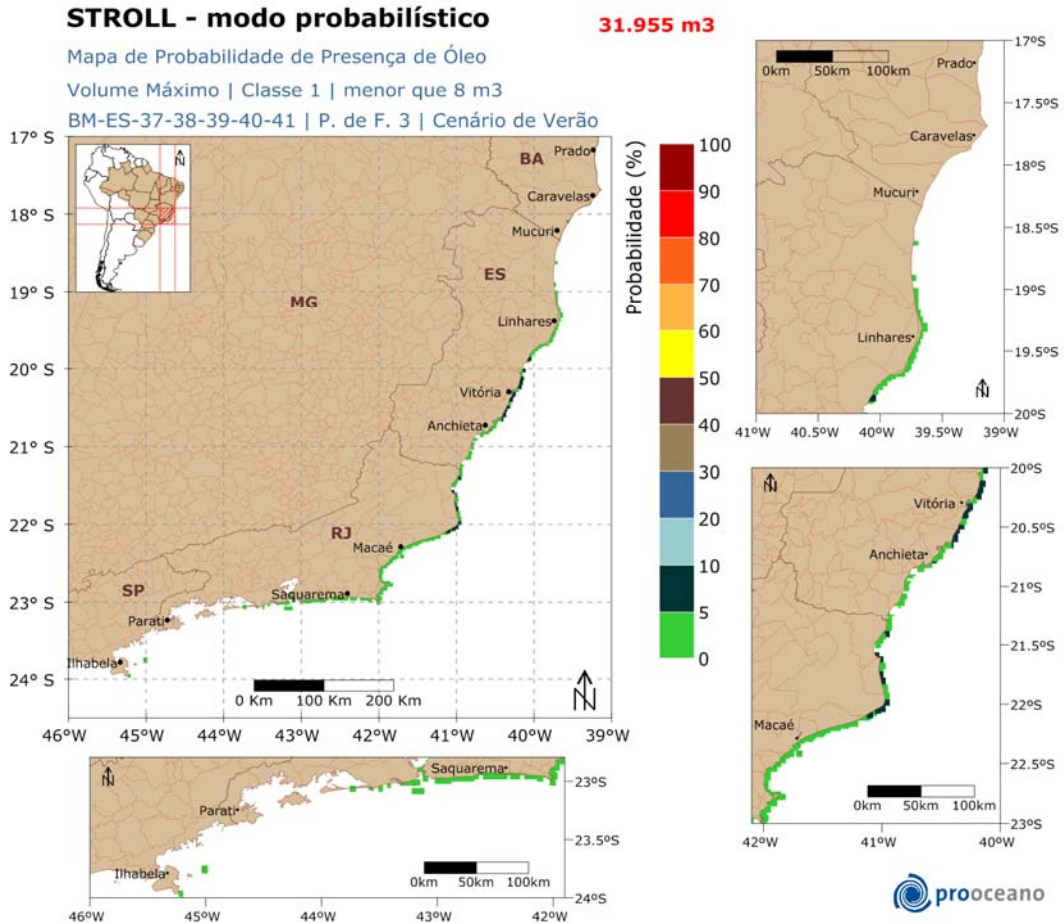
**Figura 141: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala a direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 3.**

Os histogramas de tempo de chegada, no cenário de verão, mostraram que nas regiões com maior probabilidade de presença de óleo, a maior parte dos tempos de chegada, ocorrem antes da metade da simulação (720h). No limite norte e sul do mapa, os tempos de chegada estão concentrados na 2ª metade da simulação (720-1440h).

#### **Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo**

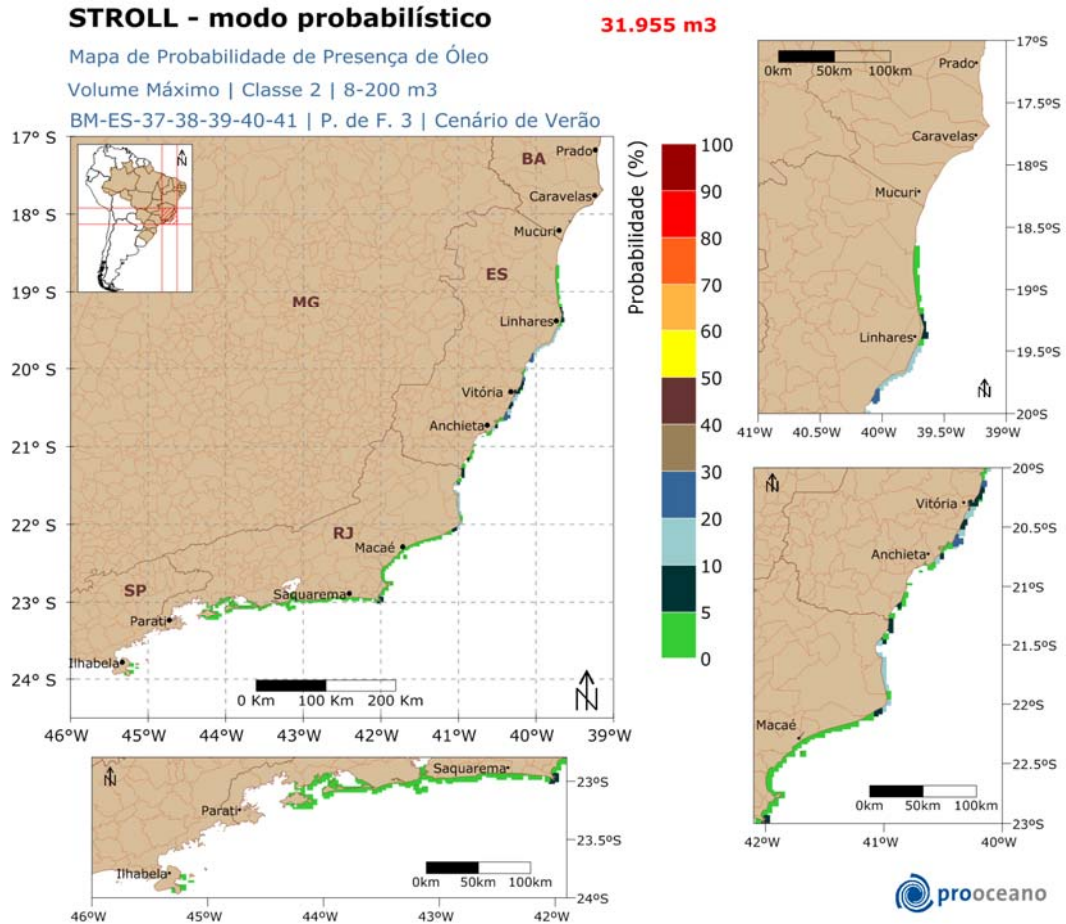
A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 142, Figura 143 e Figura 144) e volumes médios (Figura 145, Figura 146 e Figura 147) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.



**Figura 142: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

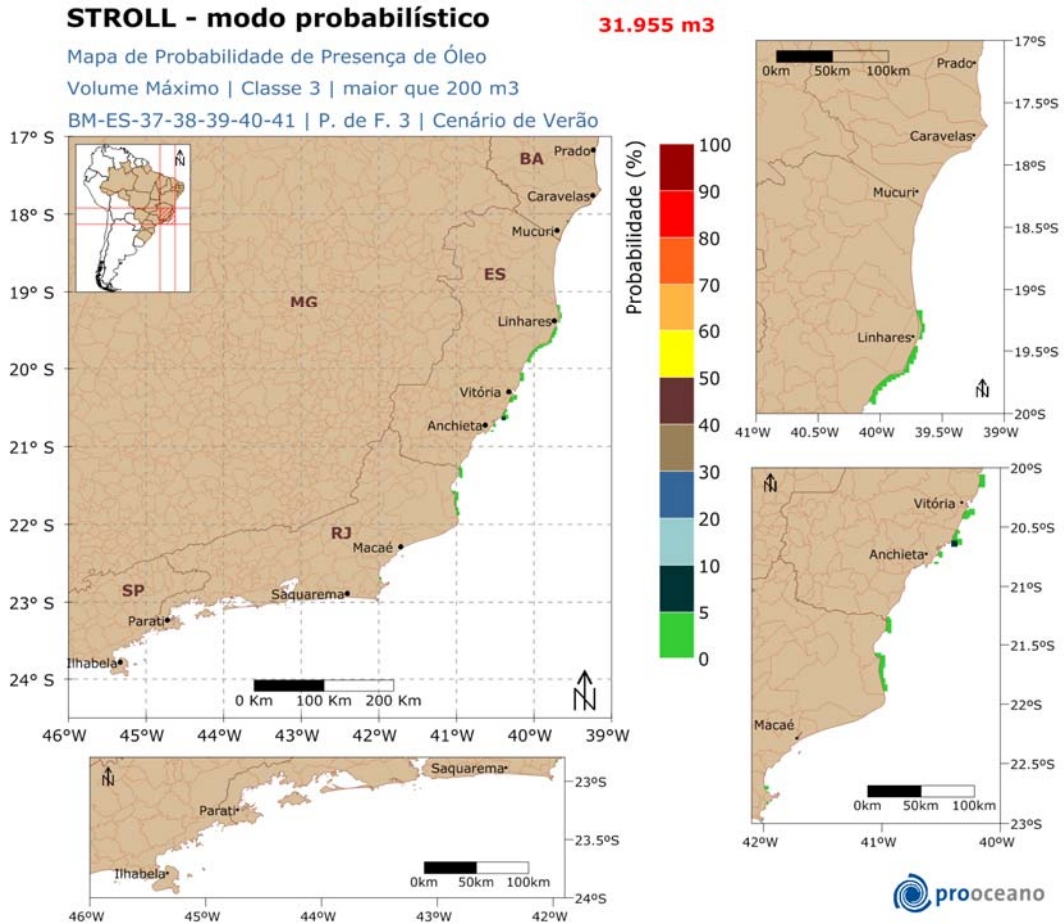
Nesta classe, observamos probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume (menor que 8m<sup>3</sup>) nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e na Ilhabela – SP. A maior probabilidade encontrada foi de 10-5%.



**Figura 143: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Todos os estados englobados pela Classe 1 também apresentam probabilidade nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>). No entanto, probabilidades maiores foram registradas, 30-20% no Espírito Santo.





**Figura 144: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Nesta classe (maior que 200m<sup>3</sup>) observamos apenas probabilidades de presença de óleo em alguns locais no Espírito Santo e ao norte do Rio de Janeiro, sendo que a máxima probabilidade, 10-5% foi registrada em Guarapari – ES.



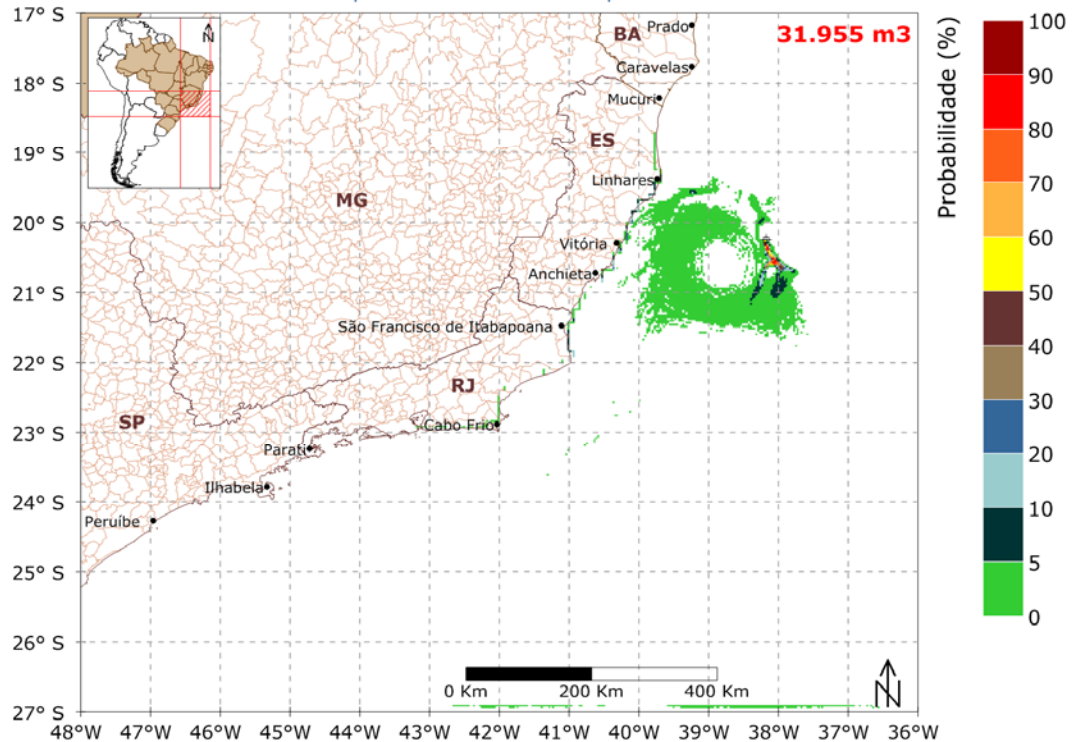
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 146: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

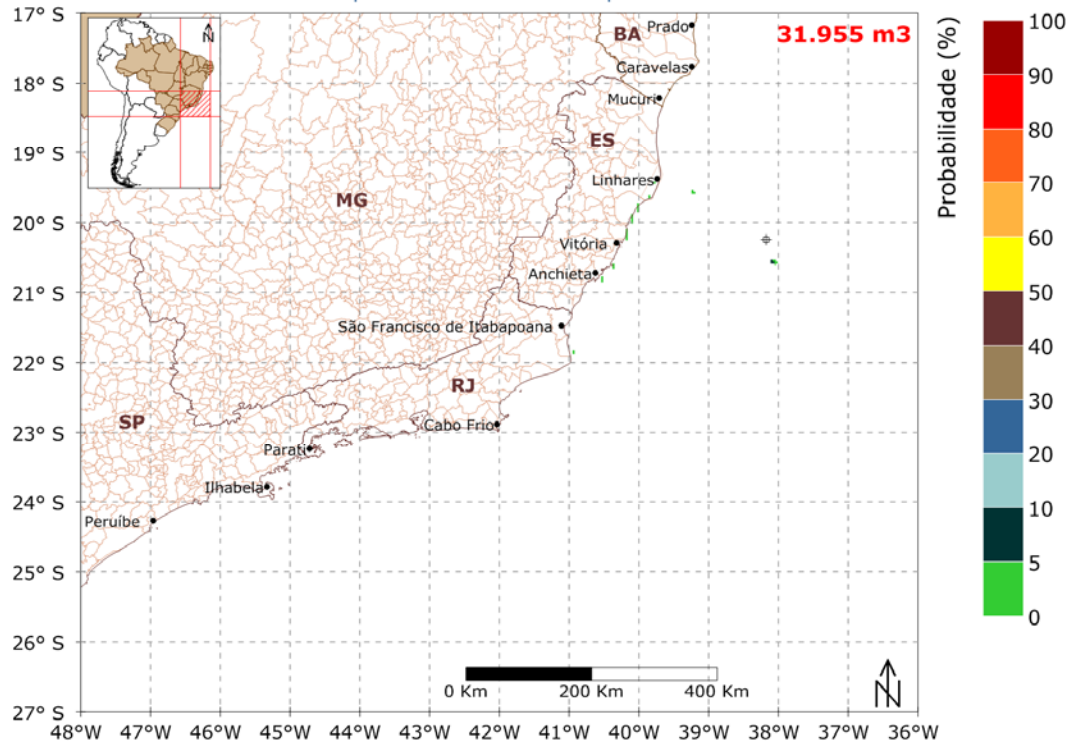
Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) de volume médio a maior probabilidade, 30-20%, foi registrada no estado do Espírito Santo. Alguns municípios do Rio de Janeiro também apresentaram probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume, porém com valores menores.

## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
 Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Verão



**Figura 147: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 3.**

Na classe 3 (maior que 200m<sup>3</sup>) de volume médio somente foram identificados localidades costeiras com probabilidade 5-0%, na costa do Espírito Santo e nas proximidades do poço.

### V.3.1.3.2. Inverno

A seguir, nas Figura 148 a Figura 157, serão apresentados os resultados obtidos no período de inverno para um cenário de *blow-out*, volume vazado de 31.955 m<sup>3</sup>.



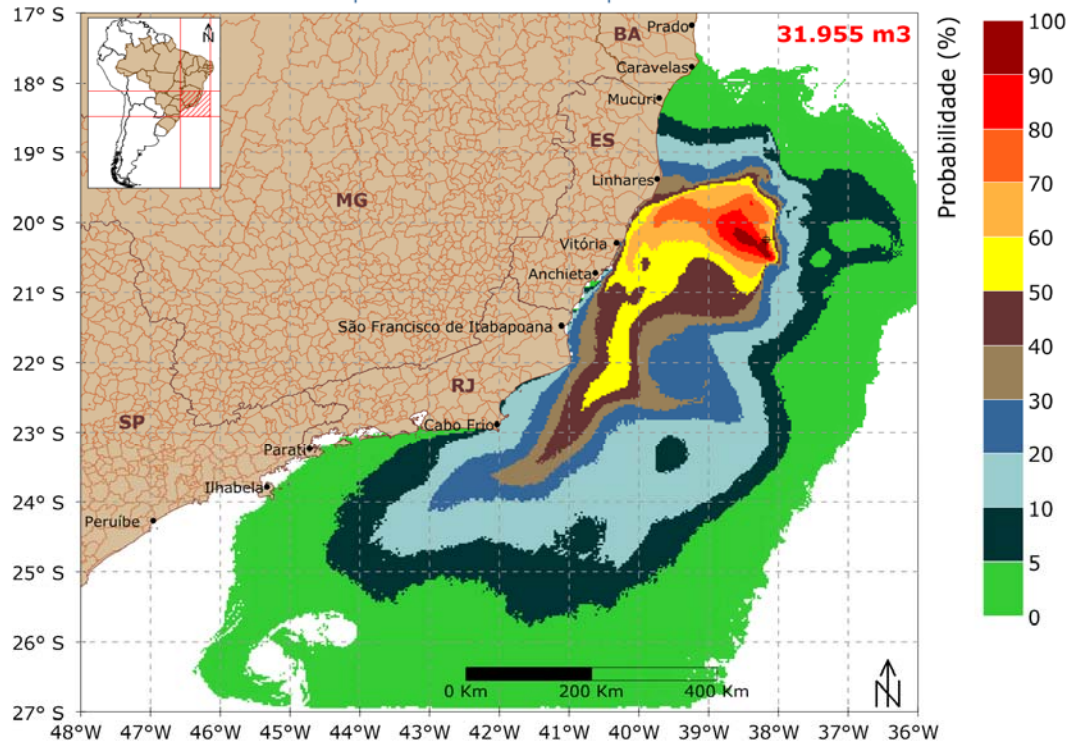
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 148: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Nesse cenário a deriva do óleo também foi preferencial para sudoeste do poço, no entanto, as derivas rumo a nordeste tiveram uma presença maior neste cenário, devido principalmente à passagem de sistemas frontais nesta época do ano.

O óleo pode estar presente na costa desde Alcobaça - BA até Parati - RJ, além da Ilhabela - SP.

A região com maior probabilidade de presença de óleo, 60-50% foi registrada no município de Serra, estado do Espírito Santo (Tabela 12).

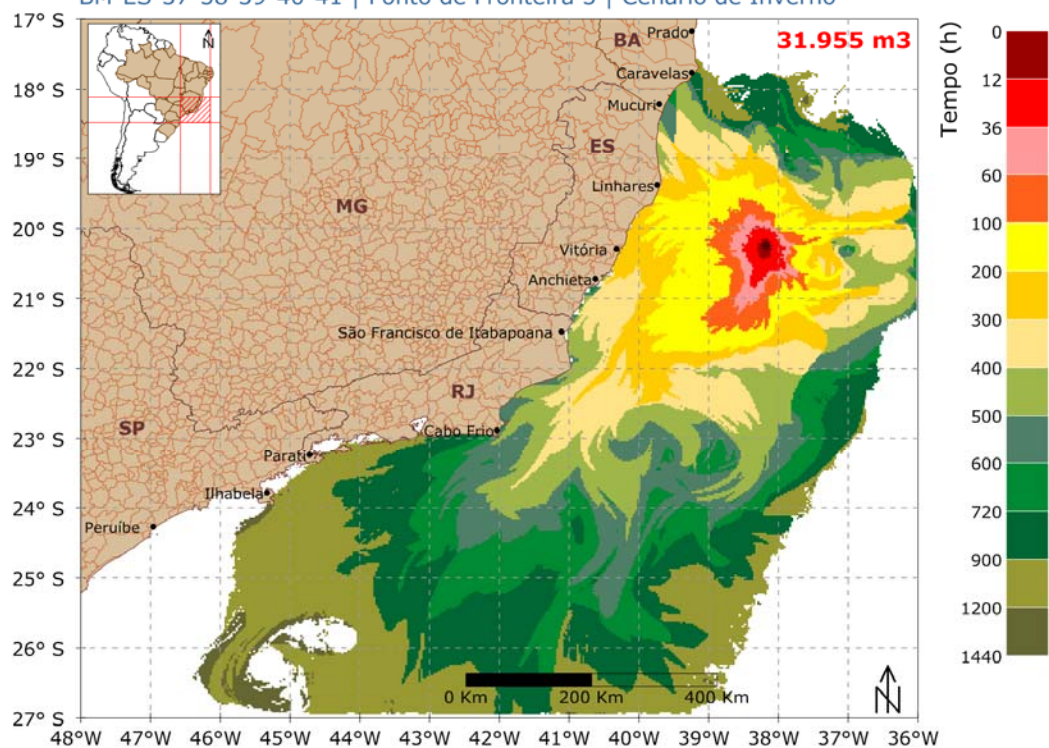
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 149: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

No cenário de inverno o tempo mínimo de chegada de óleo foi menor que o do cenário de verão, 100-200 horas, atingindo Linhares, estado do Espírito Santo, neste intervalo de tempo. Os estados da Bahia e Rio de Janeiro apresentaram tempo mínimo de 400-500h, enquanto São Paulo, de 900-1200 horas (Tabela 12).

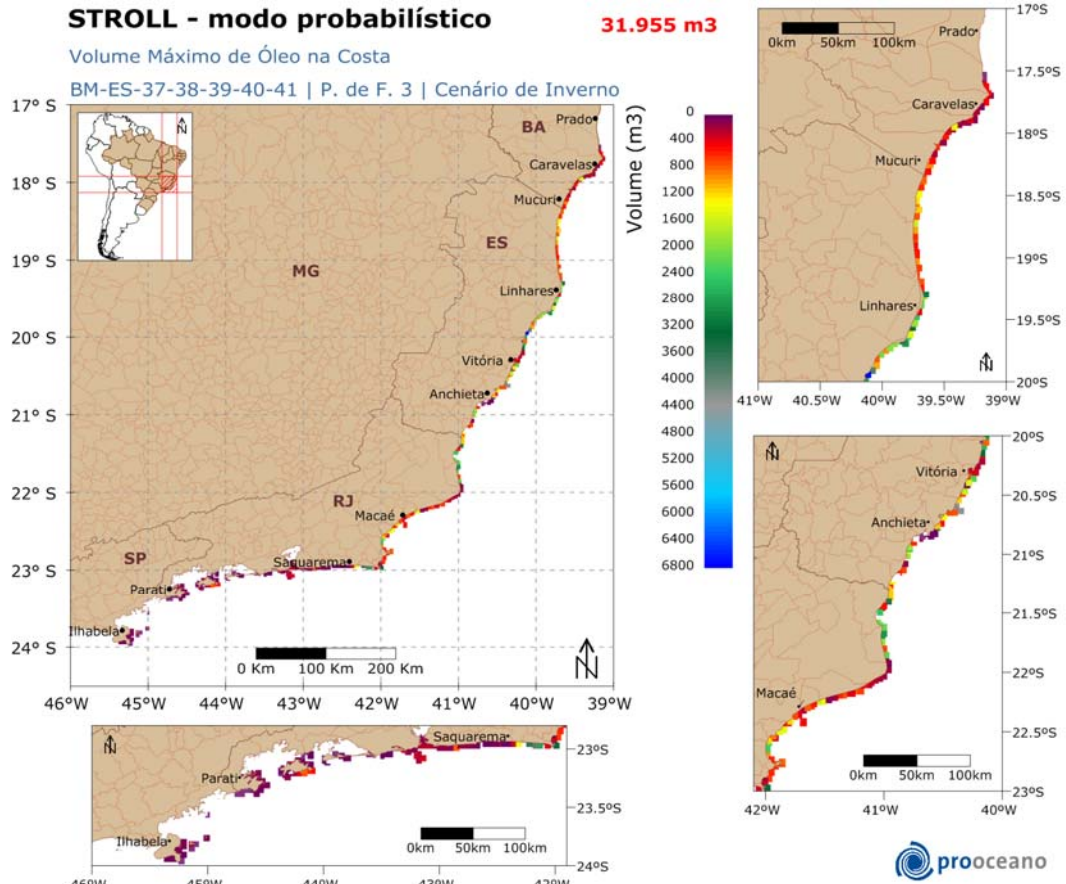
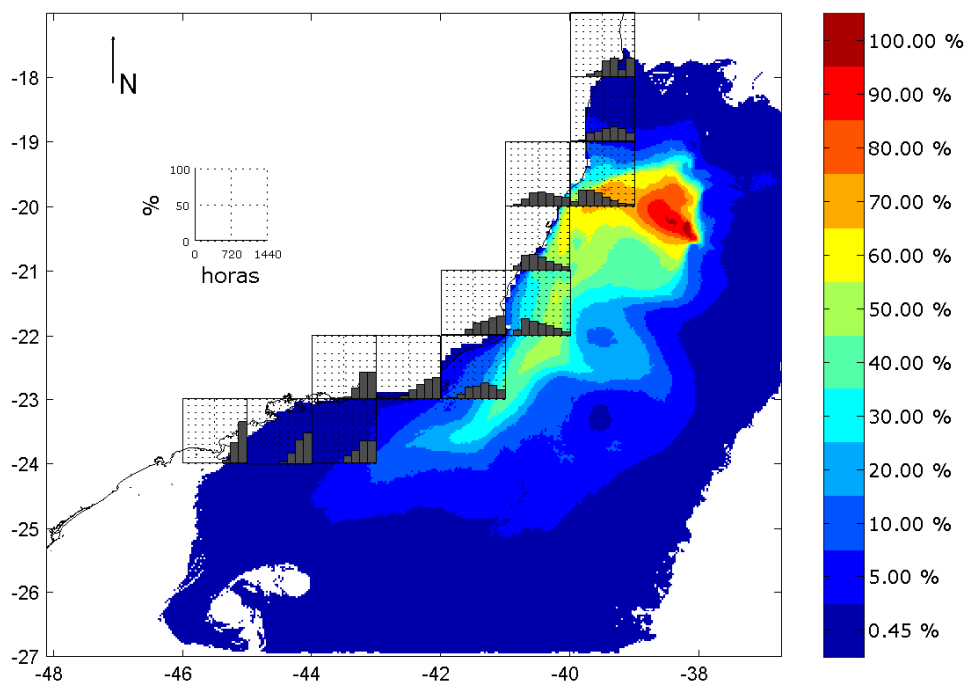


Figura 150: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.

O maior volume máximo de óleo na costa foi registrado em Aracruz – ES, 6862,10 m<sup>3</sup> (Tabela 12). No limite sul do mapa de probabilidade foram observados os menores valores de volume máximo.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 151).



**Figura 151: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 3.**

No cenário de inverno as regiões de maior probabilidade de presença de óleo apresentam tempos de chegada na primeira metade da simulação (0-720h). No limite norte e sul do mapa os tempos de chegada concentram-se na 2ª metade da simulação (720-1440h).

A seguir, na Tabela 12, serão apresentados os volumes máximos, às classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de serem atingidos pelo óleo em um evento de *blow-out*.



Tabela 12: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 3.

MUNICÍPIOS (PF3)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
BA	Alcobaça	-	548,29	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Caravelas	-	548,29	-	5 - 0	-	720 - 900
	Nova Viçosa	-	1468,20	-	5 - 0	-	400 - 500
	Mucuri	-	985,62	-	5 - 0	-	500 - 600
ES	Conceição da Barra	306,39	1652,50	5 - 0	10 - 5	900 - 1200	300 - 400
	São Mateus	1217,40	1652,50	5 - 0	20 - 10	400 - 500	300 - 400
	Linhares	6904,40	3669,20	30 - 20	50 - 40	300 - 400	100 - 200
	Aracruz	4448,50	6862,10	40 - 30	40 - 30	300 - 400	200 - 300
	Fundão	50,95	849,57	30 - 20	20 - 10	300 - 400	200 - 300
	Serra	1819,30	491,43	50 - 40	60 - 50	300 - 400	200 - 300
	Vitória	286,53	710,40	20 - 10	20 - 10	400 - 500	200 - 300
	Vila Velha	1772,10	1674,70	30 - 20	30 - 20	400 - 500	200 - 300
	Guarapari	2525,50	4358,90	40 - 30	50 - 40	400 - 500	300 - 400
	Anchieta	37,58	48,69	5 - 0	5 - 0	500 - 600	500 - 600
	Piúma	94,28	622,89	5 - 0	5 - 0	500 - 600	600 - 720
	Itapemirim	159,94	2459,80	5 - 0	10 - 5	500 - 600	400 - 500
	Marataízes	282,42	3606,20	5 - 0	10 - 5	500 - 600	400 - 500
	Presidente Kennedy	870,05	1420,40	20 - 10	20 - 10	400 - 500	500 - 600

**Tabela 12: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno (continuação). Ponto de Fronteira 3.**

MUNICÍPIOS (PF3)	Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)		
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	
RJ	São Francisco de Itabapoana	932,64	3392,10	30 - 20	30 - 20	400 - 500	400 - 500
	São João da Barra	1232,50	2921,40	30 - 20	30 - 20	400 - 500	400 - 500
	Campos dos Goytacazes	310,65	1941,70	30 - 20	20 - 10	400 - 500	400 - 500
	Quissamã	1075,10	995,48	10 - 5	10 - 5	600 - 720	500 - 600
	Carapebus	228,85	1694,40	5 - 0	10 - 5	600 - 720	400 - 500
	Macaé	198,09	768,51	5 - 0	20 - 10	600 - 720	400 - 500
	Rio das Ostras	838,93	1496,30	5 - 0	10 - 5	600 - 720	400 - 500
	Casimiro de Abreu	497,91	2253,90	5 - 0	10 - 5	600 - 720	500 - 600
	Armação dos Búzios	841,09	860,80	10 - 5	20 - 10	600 - 720	500 - 600
	Cabo Frio	896,46	2422,20	10 - 5	20 - 10	600 - 720	500 - 600
	Arraial do Cabo	316,92	4847,70	20 - 10	20 - 10	600 - 720	500 - 600
	Araruama	92,54	1859,10	5 - 0	5 - 0	600 - 720	720 - 900
	Saquarema	289,27	380,38	5 - 0	5 - 0	600 - 720	720 - 900
	Maricá	483,81	821,18	5 - 0	5 - 0	720 - 900	720 - 900
	Niterói	284,03	326,05	5 - 0	5 - 0	720 - 900	900 - 1200
	Rio de Janeiro	496,29	365,05	5 - 0	5 - 0	720 - 900	900 - 1200
	Itaguaí*	450,37	82,96	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Mangaratiba*	450,37	82,96	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Angra dos Reis*	450,37	82,96	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
	Ilha Grande (Angra dos Reis)	282,64	2059,20	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200
Parati	-	271,73	-	5 - 0	-	900 - 1200	
SP	Ubatuba	-	-	-	-	-	-
	Caraguatatuba	-	-	-	-	-	-
	Ilhabela	43,98	132,06	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	900 - 1200

\* valores referentes à entrada da Baía de Sepetiba.

### **Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo**

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 152, Figura 153 e Figura 154) e volumes médios (Figura 155, Figura 156 e Figura 157) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.

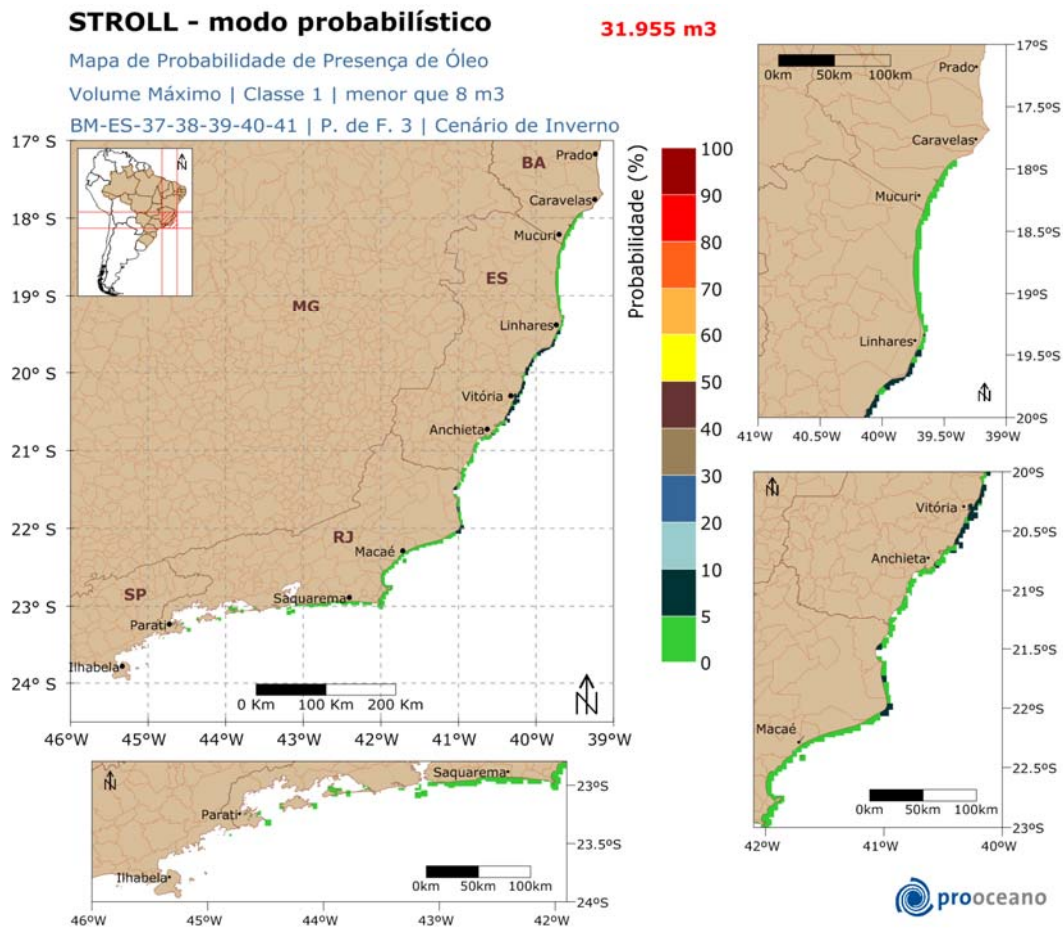
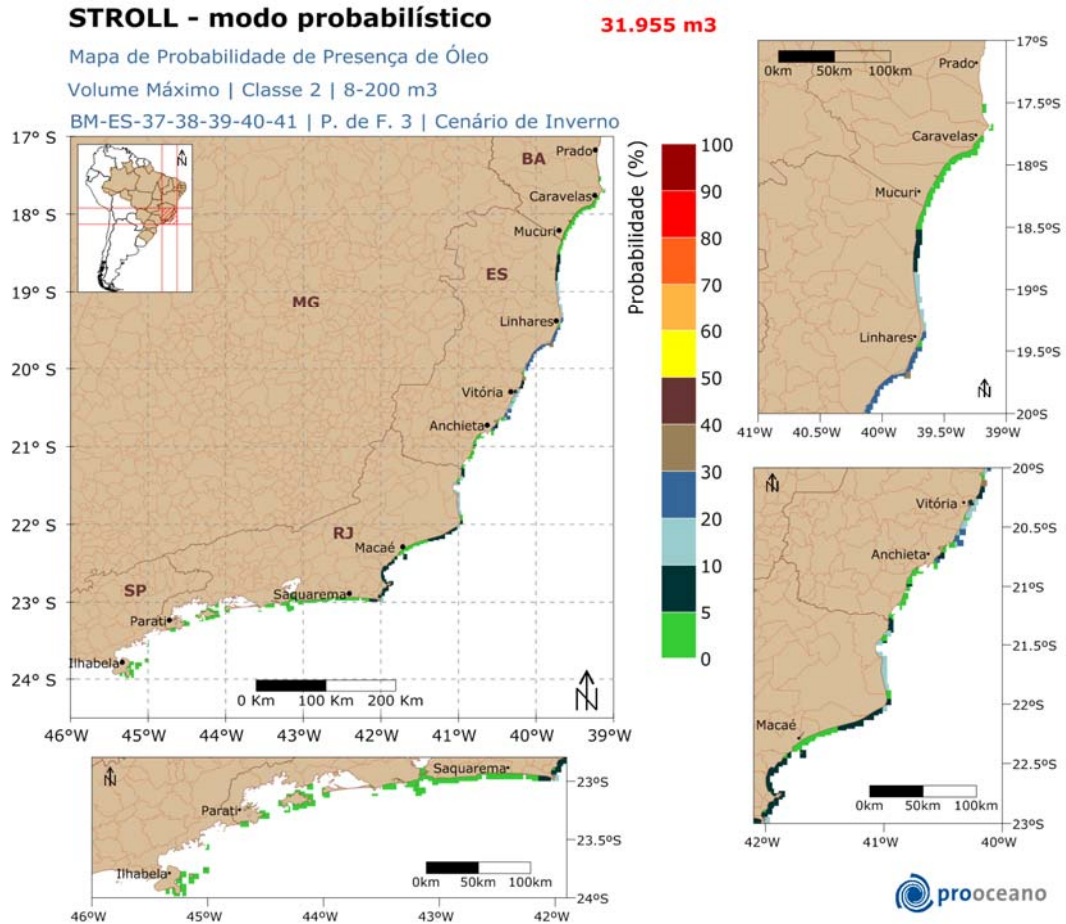


Figura 152: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.

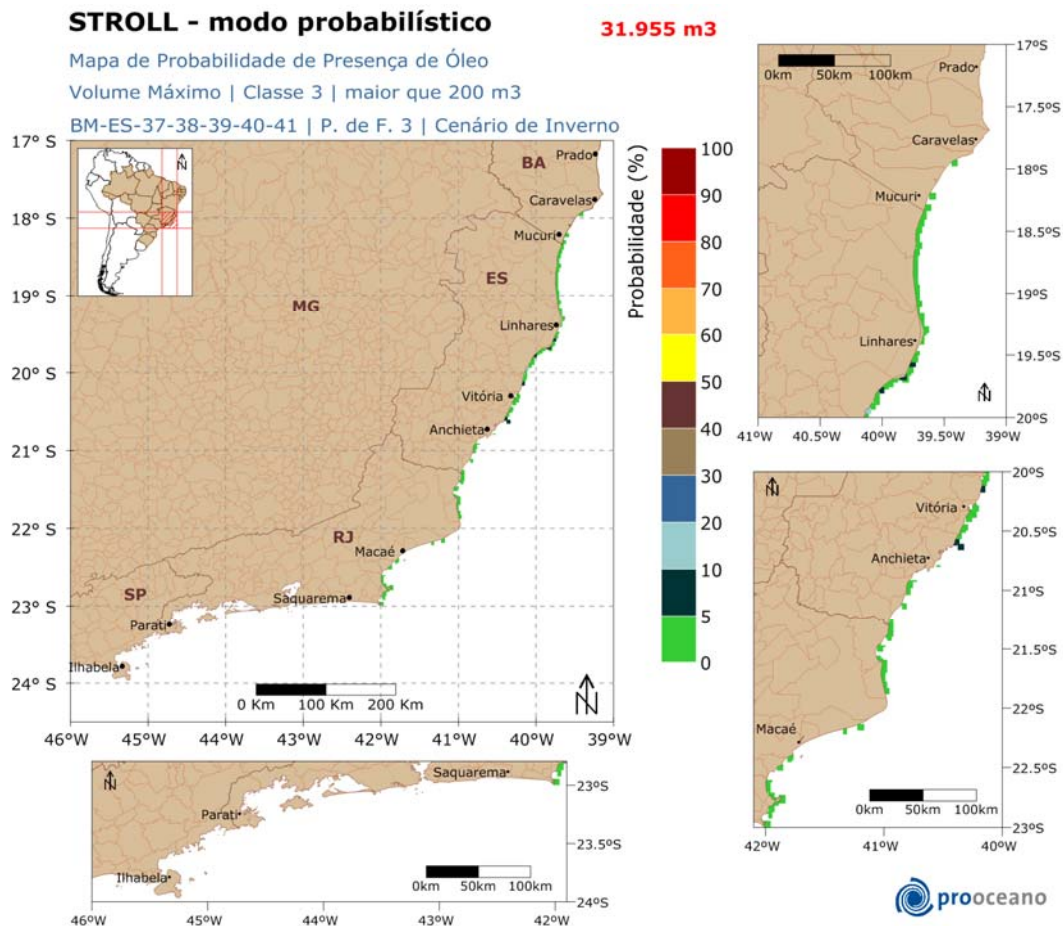
As regiões que podem apresentar óleo na costa nesta faixa de volume (menor 8m<sup>3</sup>) estenderam-se da Bahia ao Rio de Janeiro, sendo a máxima probabilidade, 10-5%, registrada no Espírito Santo e Rio de Janeiro.



**Figura 153: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) os locais na costa na Bahia e em São Paulo apresentaram probabilidade 5-0%, enquanto a máxima probabilidade, 40-30%, foi encontrada em alguns locais do estado do Espírito Santo.





**Figura 154: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Esta faixa volume (maior que 200m<sup>3</sup>) somente apresentou probabilidade máxima 10-5% em regiões do estado do Espírito Santo.

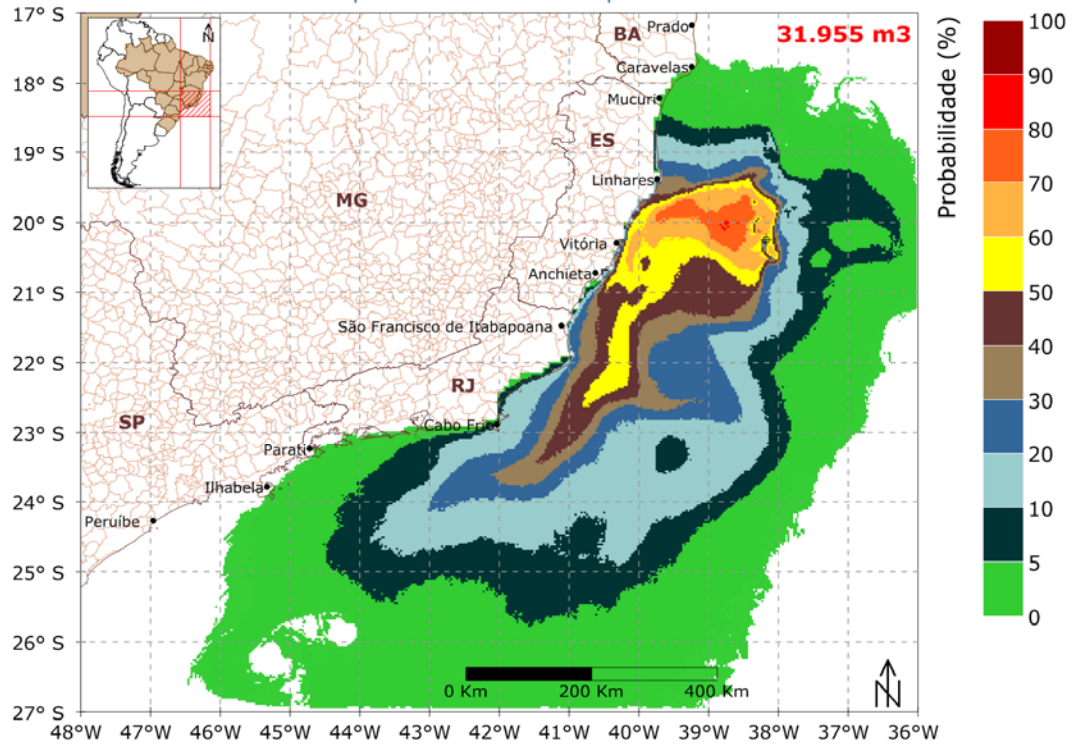
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 155: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Todas as regiões identificadas na Figura 148 (Mapa de Probabilidade de Óleo) também podem apresentar óleo nesta faixa de volume médio, classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>).

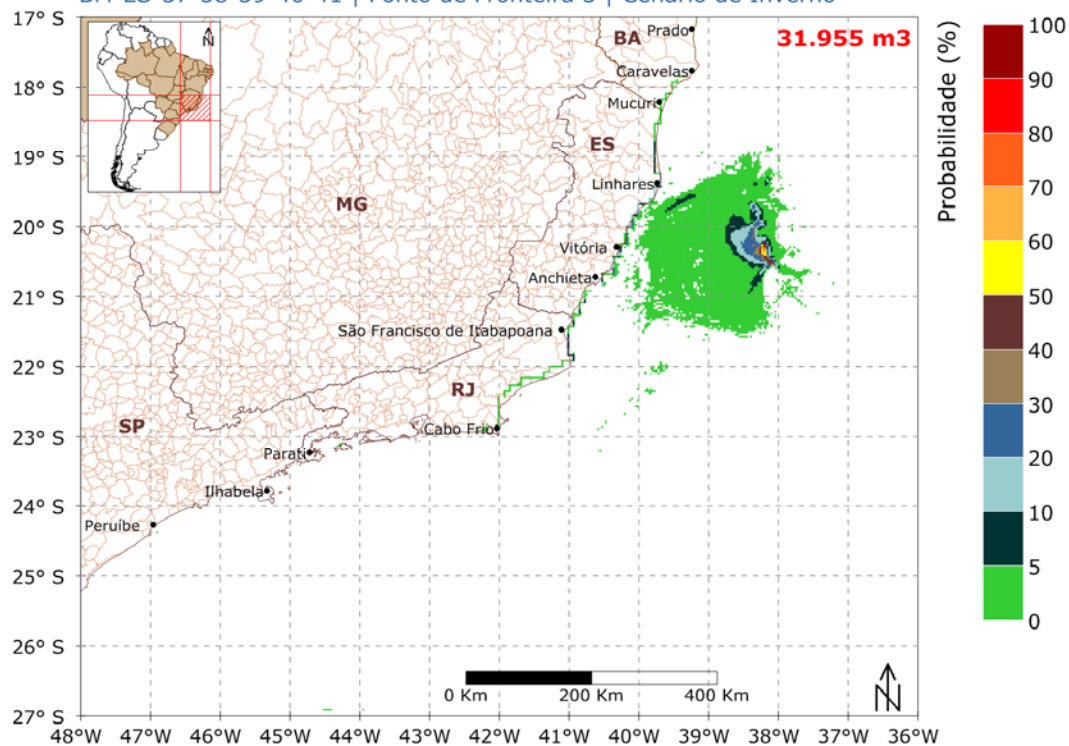
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 156: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

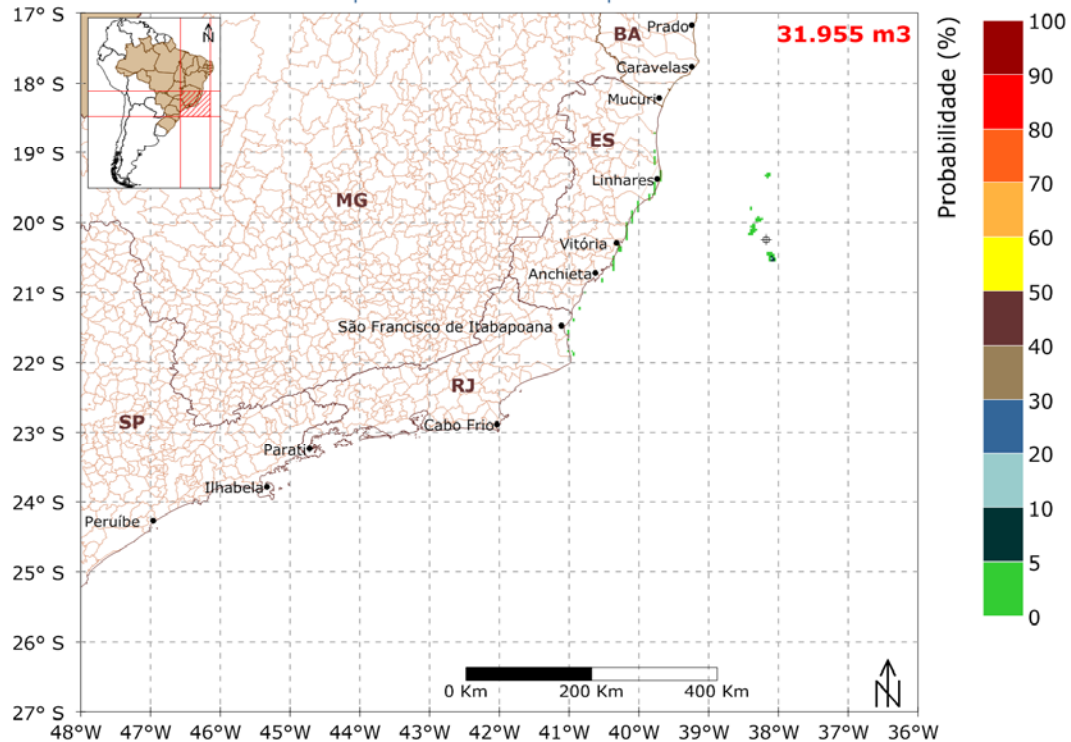
Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) regiões desde a Bahia até o Rio de Janeiro podem apresentar óleo com probabilidade de 5-0%, porém somente em alguns locais no Espírito Santo apresentaram probabilidade máxima de 30-20%.

## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo  
 Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 3 | Cenário de Inverno



**Figura 157: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

Somente alguns locais próximos ao poço e no estado do Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro foram identificados com probabilidade de presença de óleo nesta faixa de volume (maior que 200m<sup>3</sup>), porém, na costa, a máxima probabilidade foi de 5-0%

### V.3.2. Modo Determinístico

Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas foi identificado o cenário crítico para ocorrência de um evento de *blow-out* no ponto de fronteira 3, BM-ES-37-38-39-40-41. O cenário que apresentou o menor tempo mínimo de toque na costa foi o de inverno, 100-200 horas, portanto será apresentada uma trajetória crítica ocorrida neste cenário.

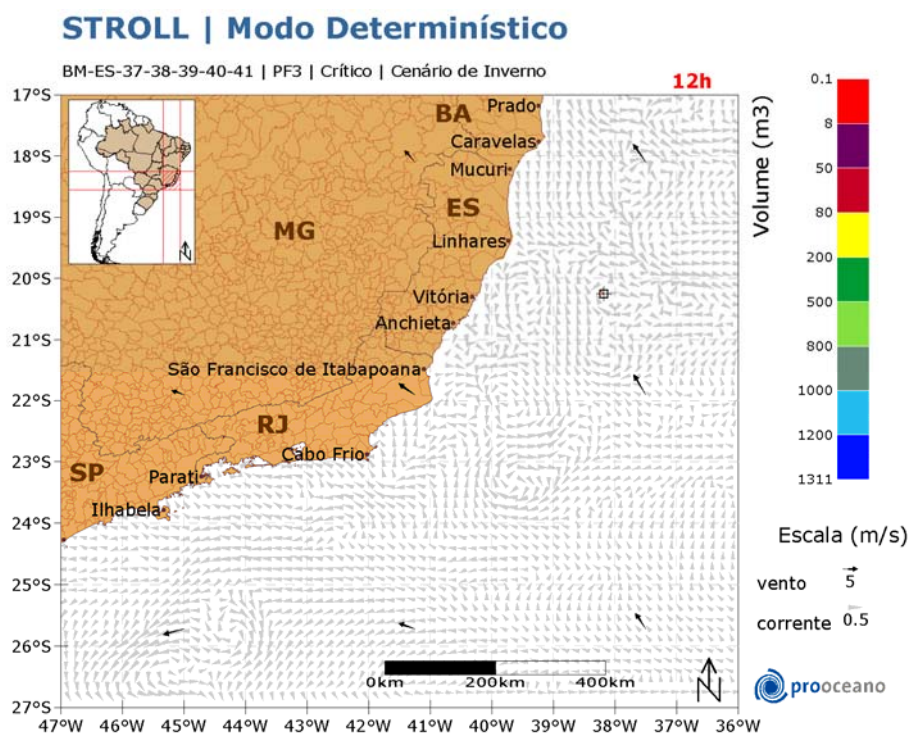
Também serão apresentadas duas trajetórias que representarão a deriva do óleo nas condições meteo-oceanográficas mais frequentes da região, nos cenários sazonais de verão e inverno conforme estabelecido no item V.



Nas figuras serão apresentados os instantâneos com os resultados da simulação da dispersão de óleo realizada para a situação escolhida. São também mostrados nas figuras os campos de vento e correntes que transportaram o óleo nesse cenário.

### V.3.2.1. Crítico

Na Figura 158 à Figura 168 é mostrada a trajetória do óleo no cenário de inverno para a situação crítica, onde o óleo atinge a costa mais rapidamente.



**Figura 158: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.**

### STROLL | Modo Determinístico

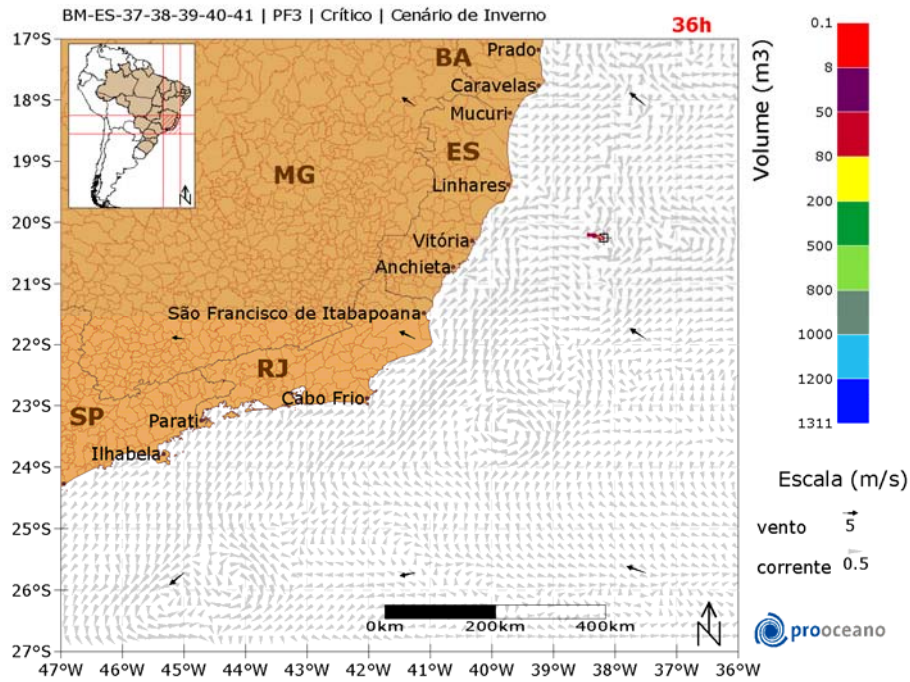


Figura 159: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

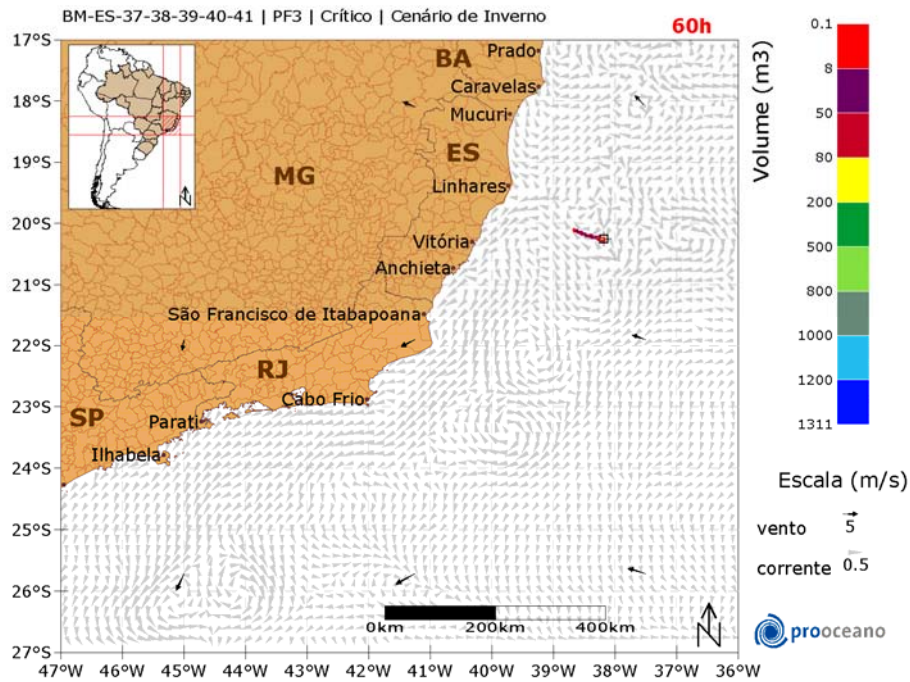


Figura 160: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

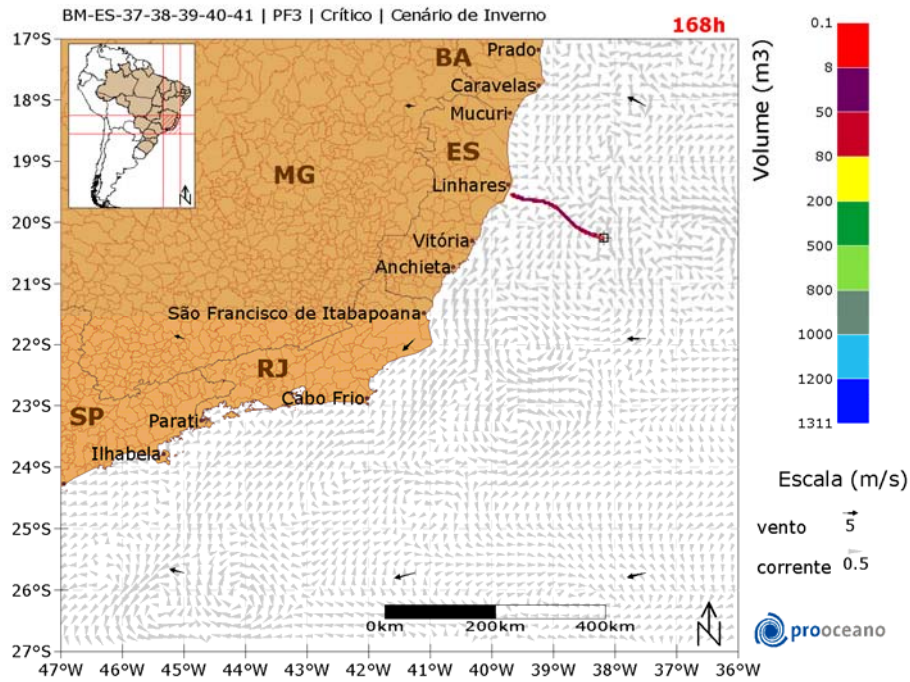


Figura 161: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

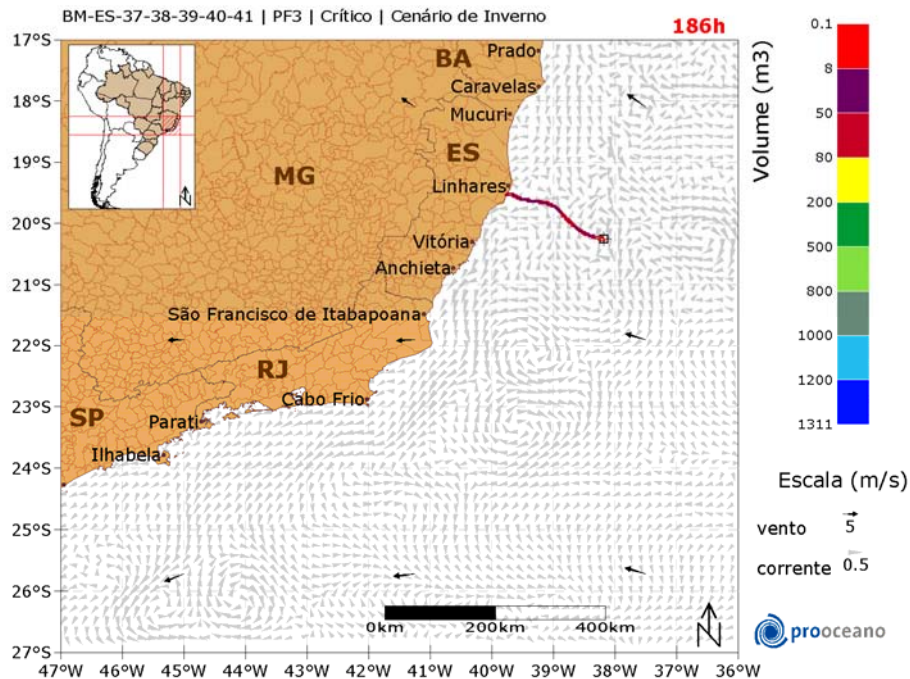


Figura 162: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 186 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

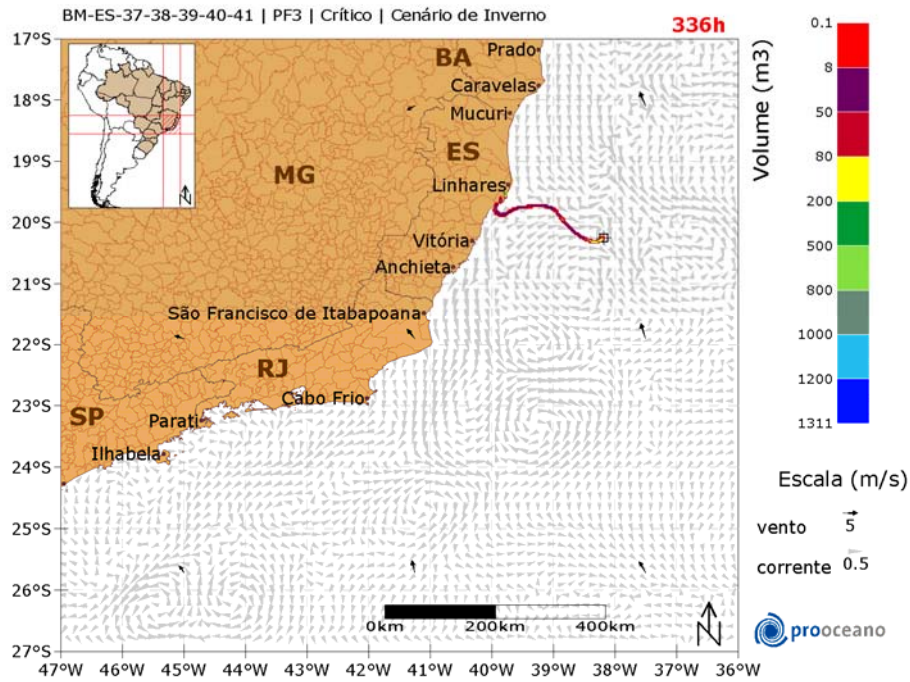


Figura 163: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

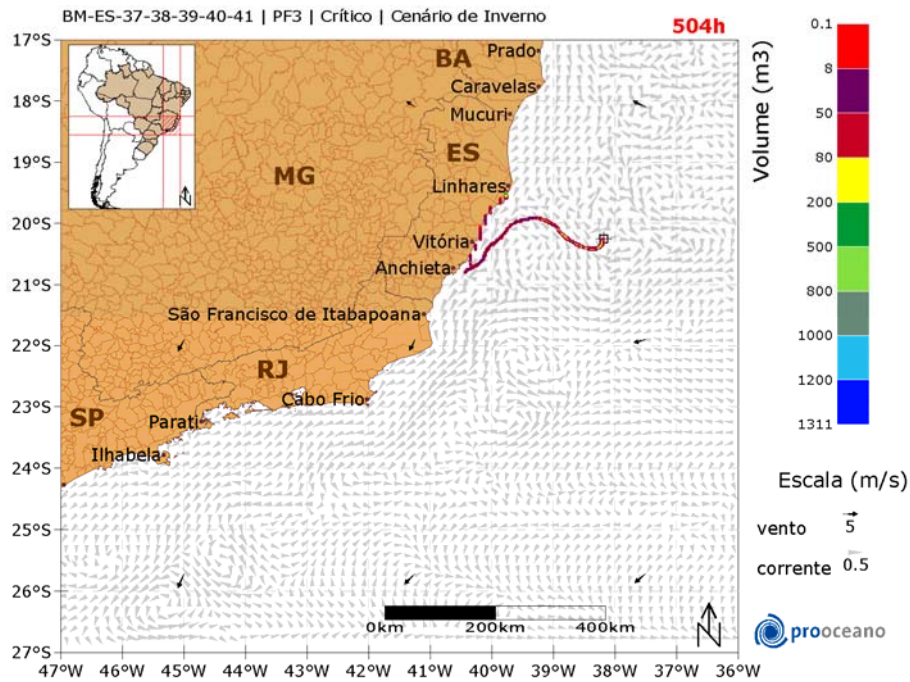


Figura 164: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

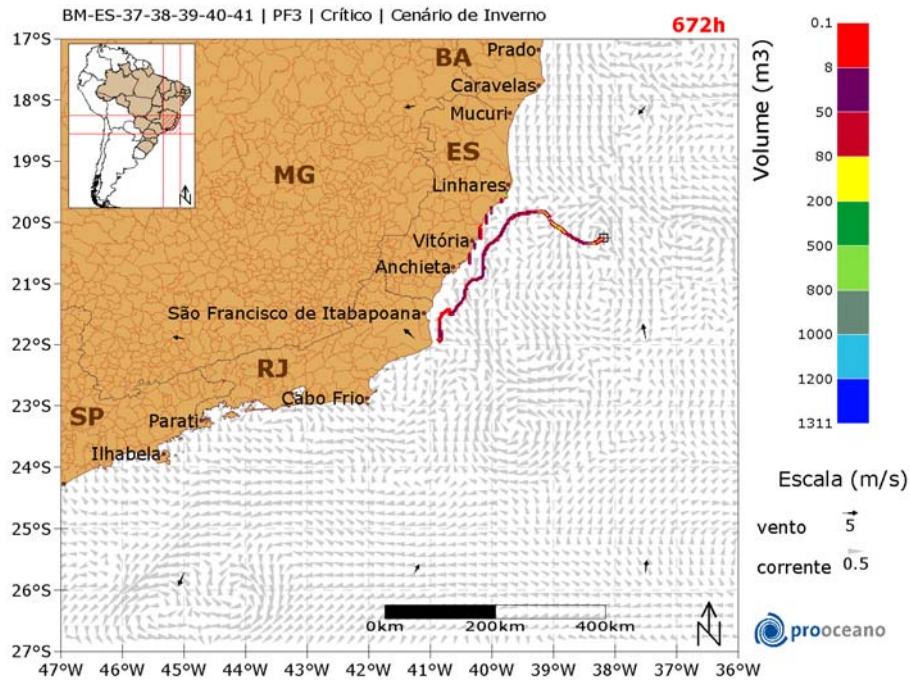


Figura 165: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

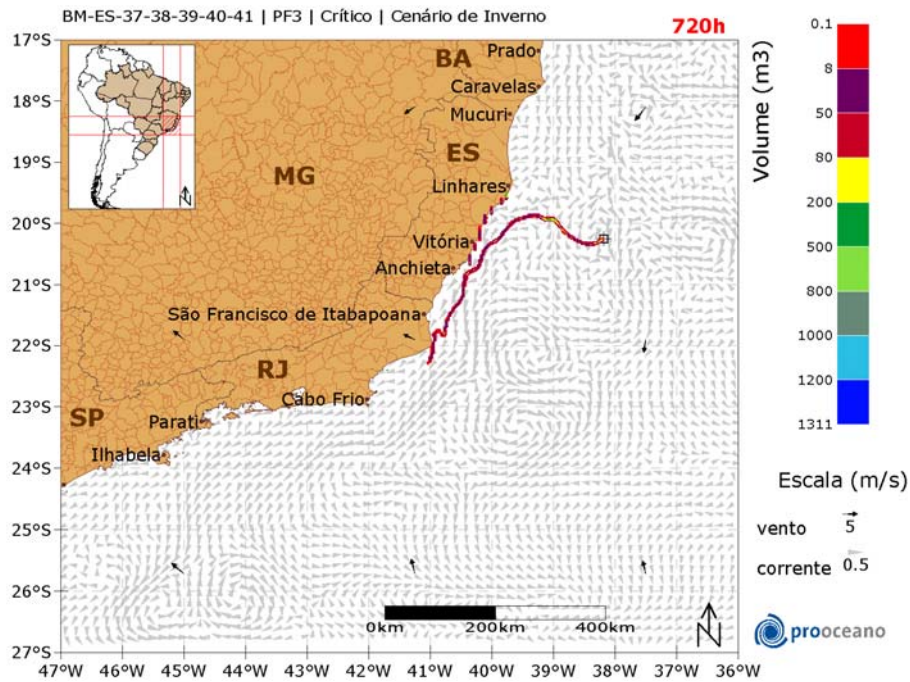


Figura 166: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

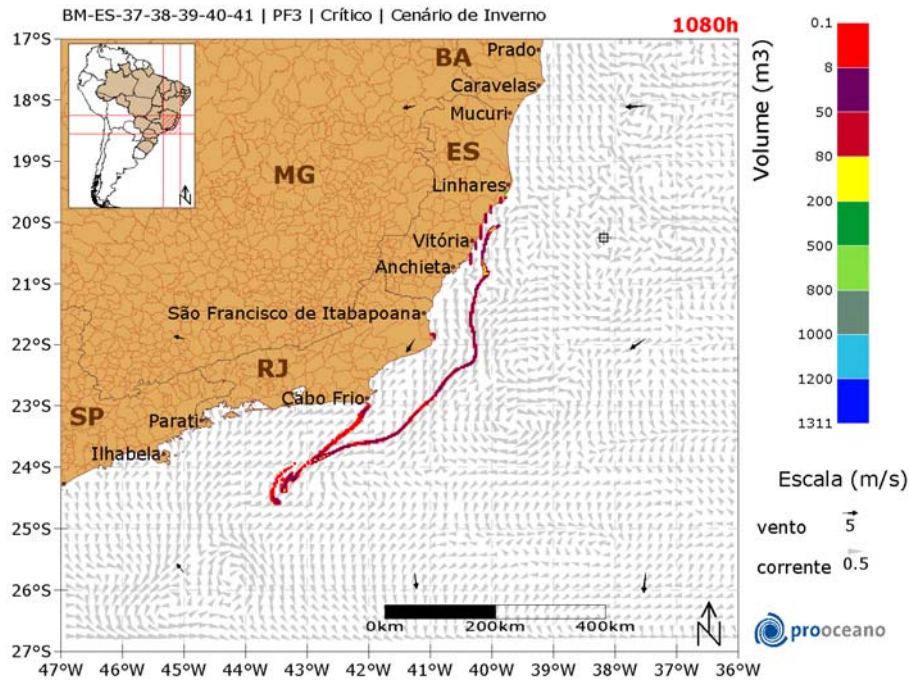


Figura 167: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

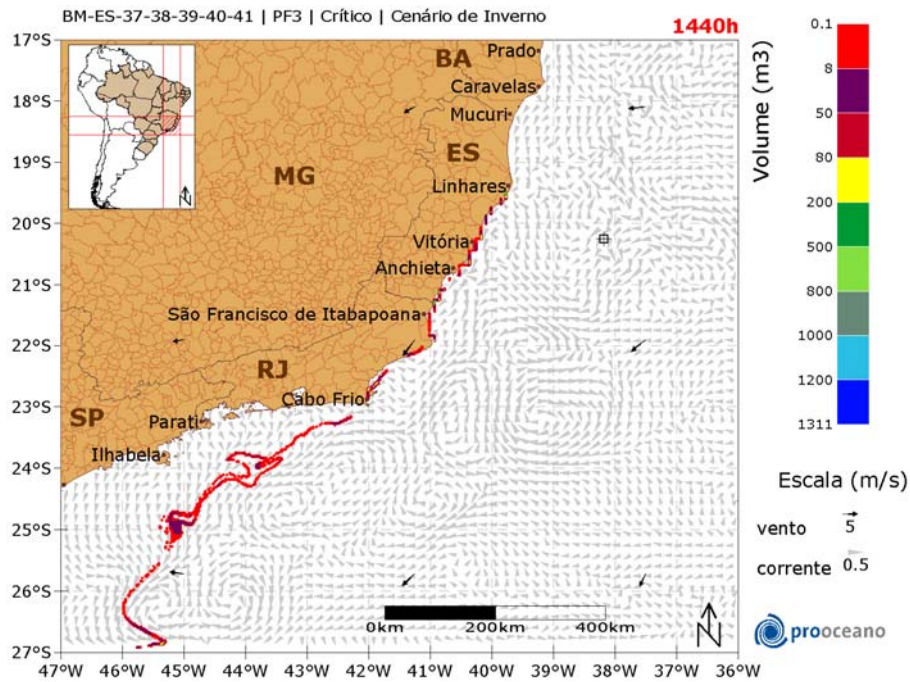
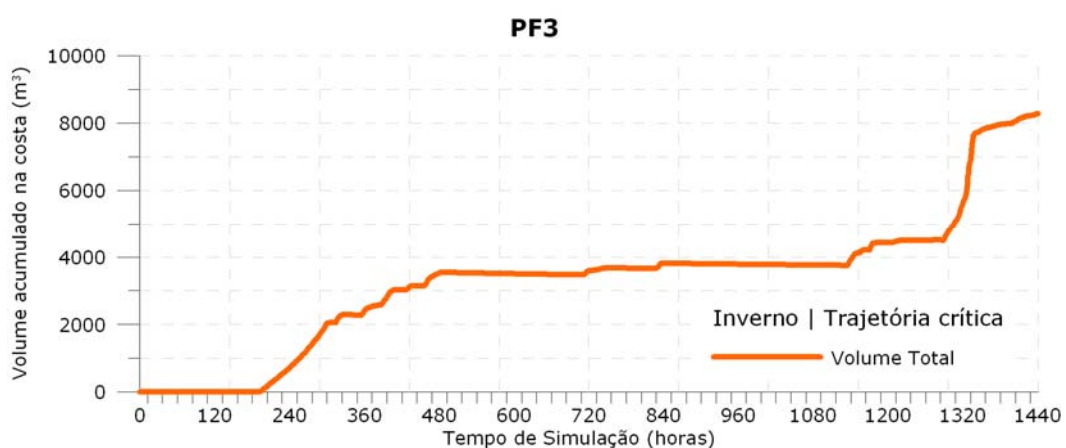


Figura 168: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

Neste cenário a deriva do óleo ocorreu para noroeste do poço, quando em 186 horas houve toque na costa na região de Linhares – ES. A partir desse momento iniciou-se a deriva para sul. Ao final da simulação, 1440 horas, o óleo atingiu, de forma geral, de Linhares – ES a Arraial do Cabo – RJ.

No gráfico (Figura 162), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 8.500 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 1440 horas após o início da simulação.



**Figura 169: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

#### V.3.2.2. Condições Meteo-oceanográficas frequentes

A seguir, na Figura 170 à Figura 179 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no verão.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

12h

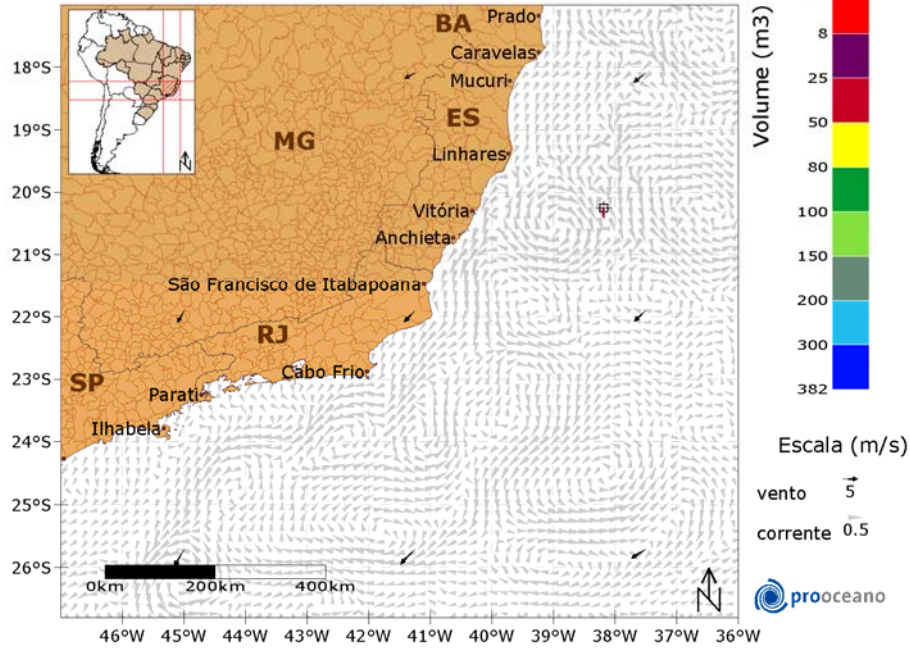


Figura 170: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

36h

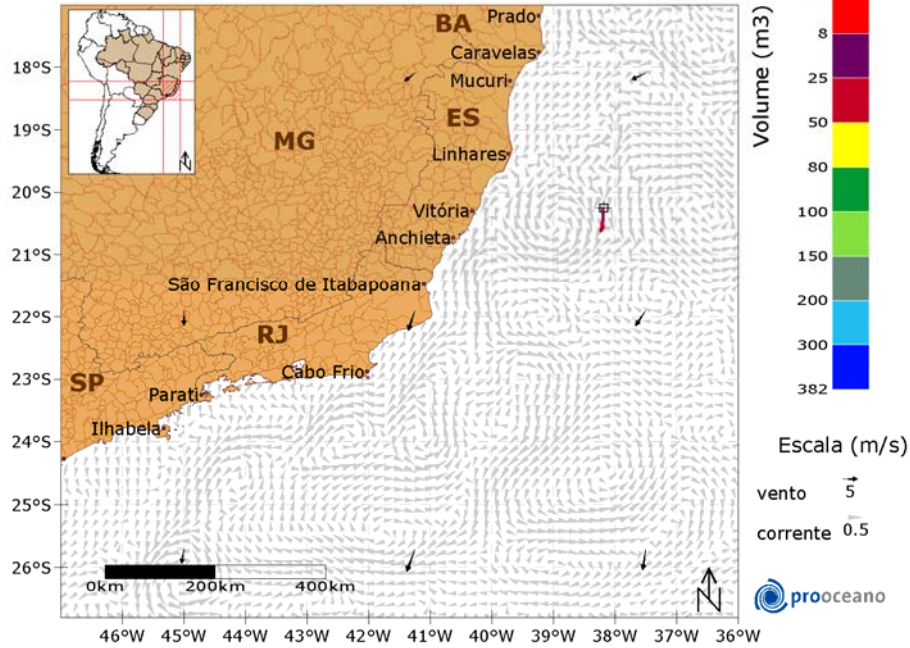


Figura 171: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

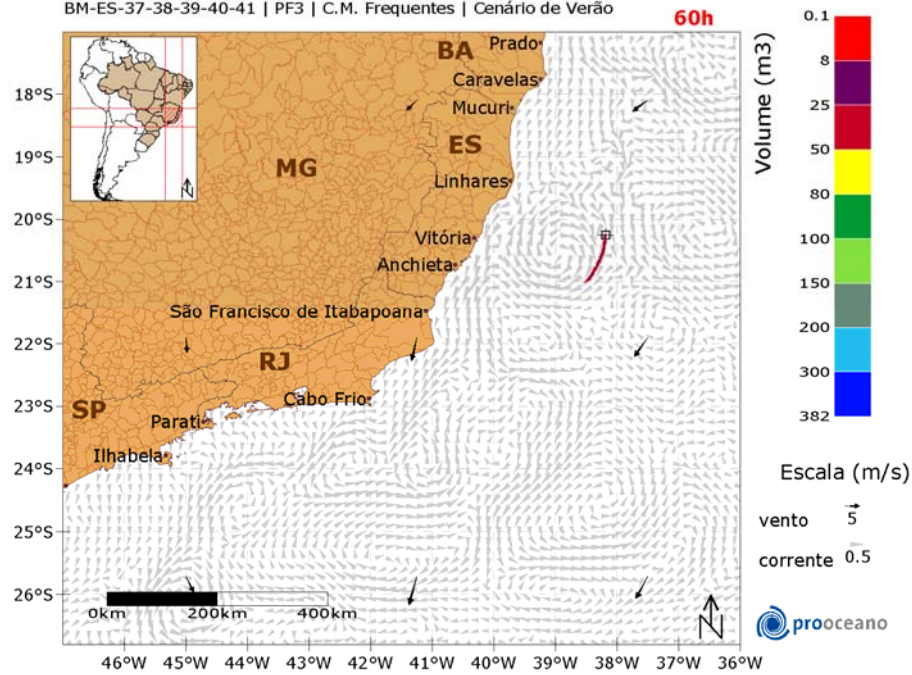


Figura 172: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

168h

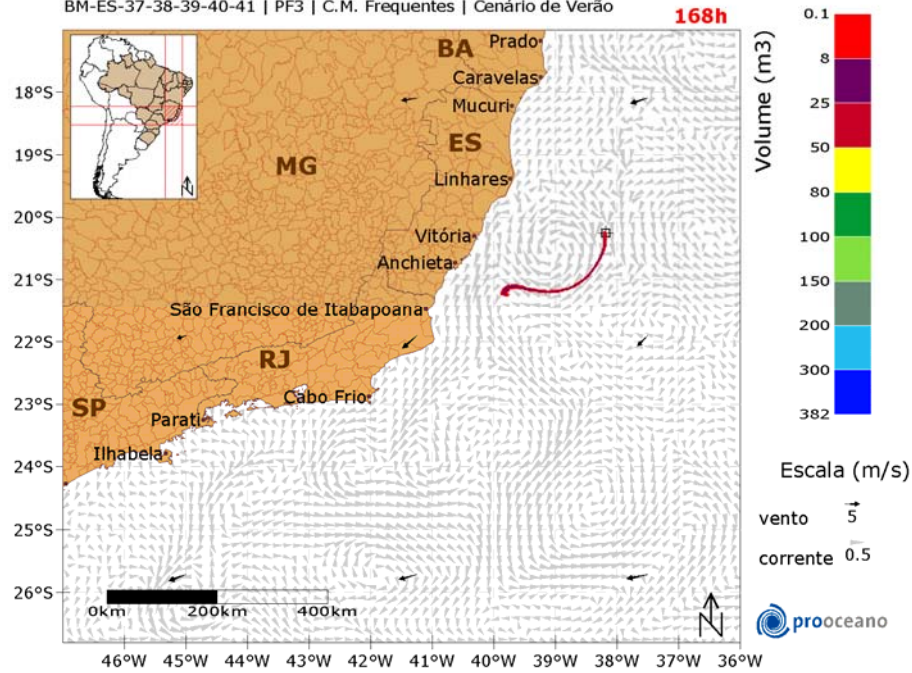


Figura 173: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

336h

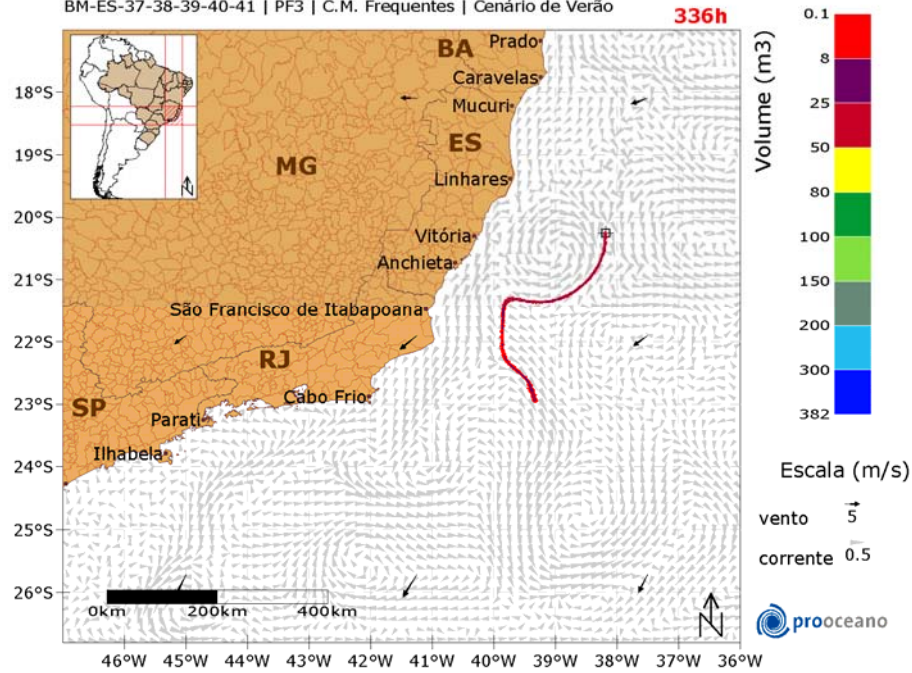


Figura 174: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

504h

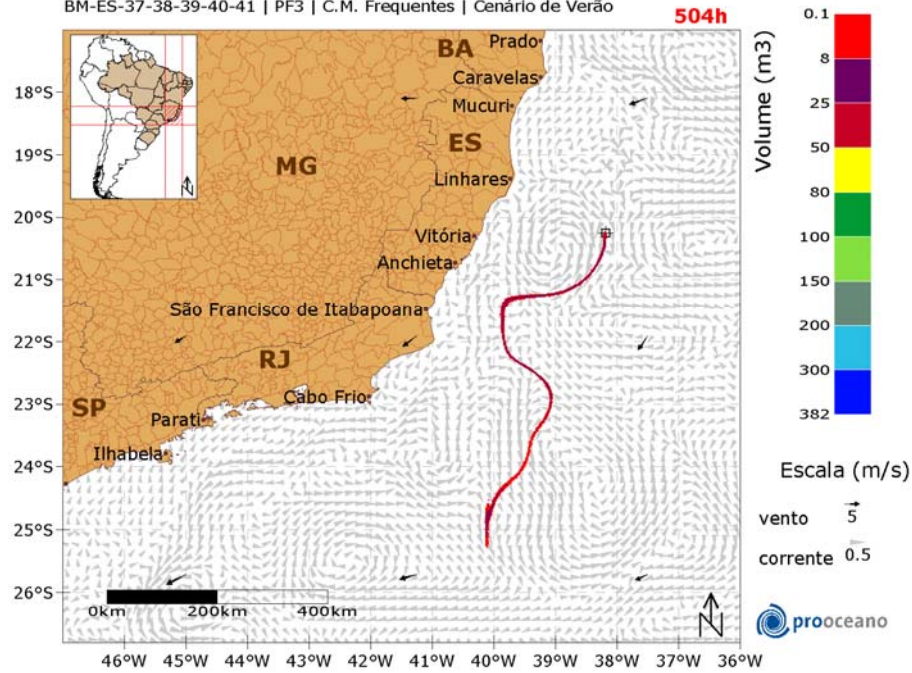


Figura 175: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

672h

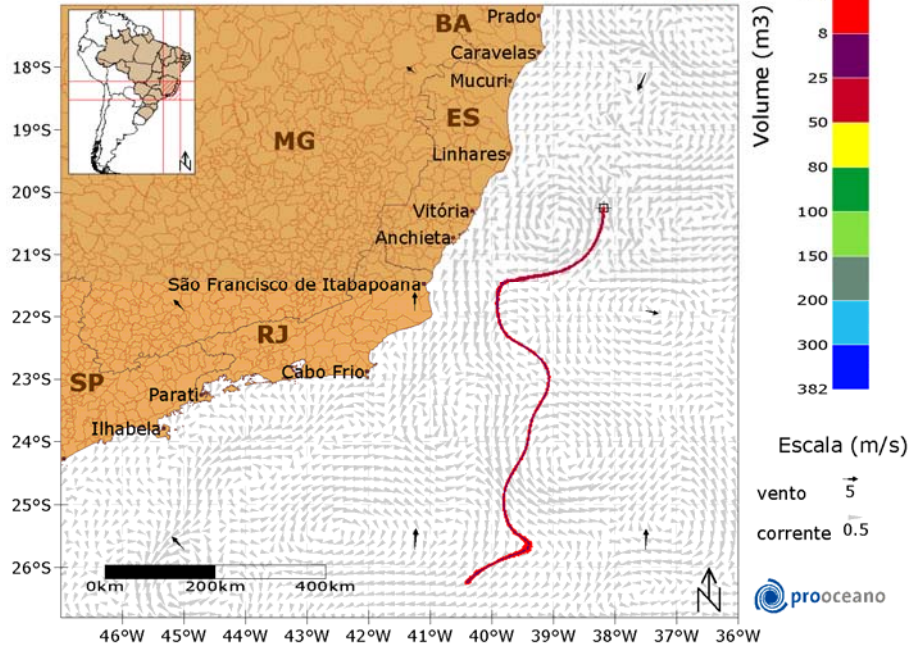


Figura 176: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

720h

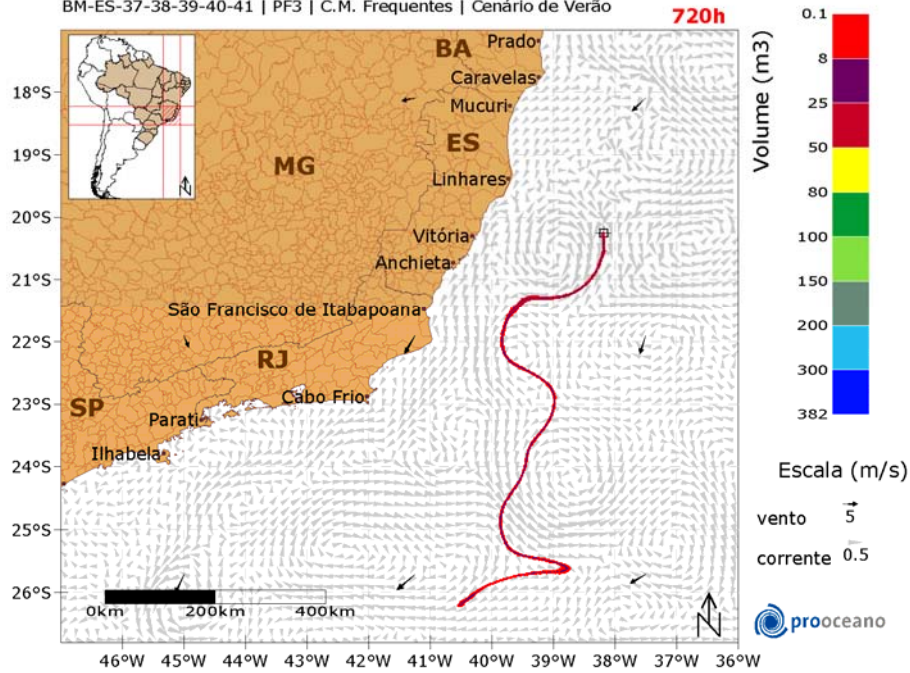


Figura 177: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1080h

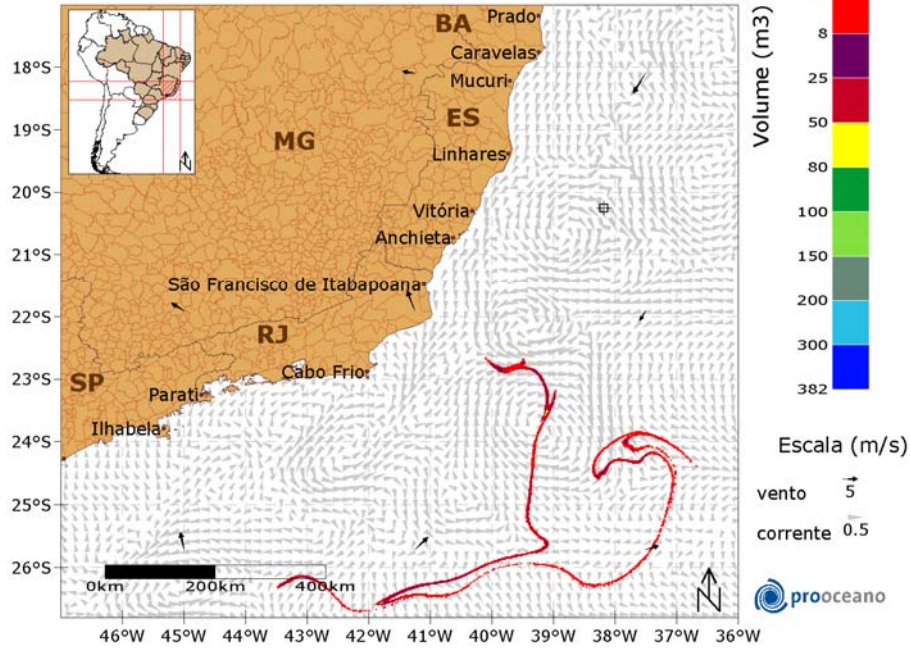


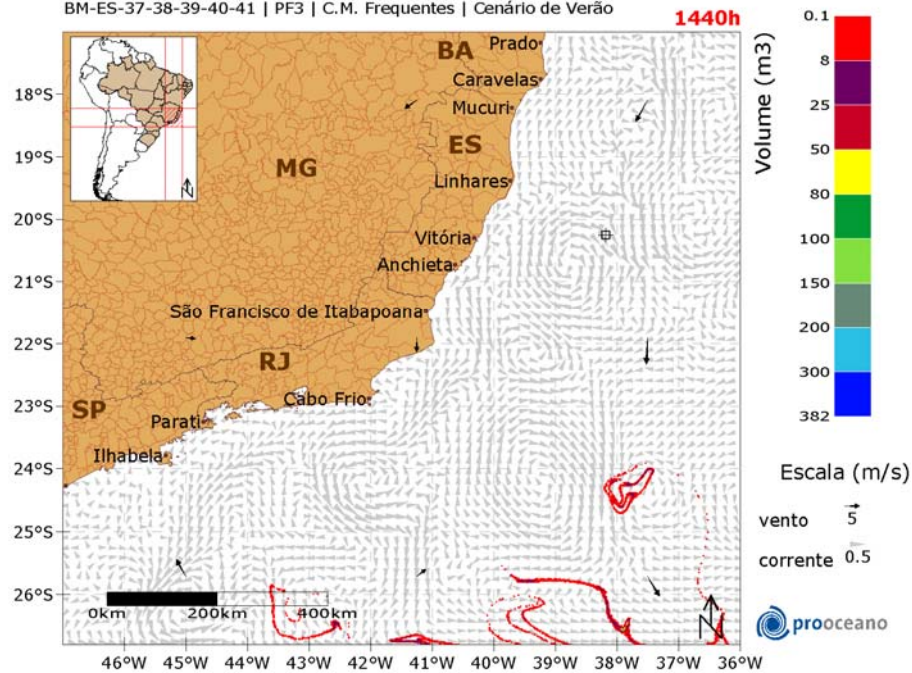
Figura 178: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF3 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1440h



**Figura 179: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.**

A deriva do óleo ocorreu rumo a sudoeste do poço durante toda a simulação, não havendo chegada de óleo na costa. Ao final da simulação a maior parte do óleo remanescente encontra-se na latitude de 27°S, aproximadamente.

A seguir na Figura 180 à Figura 189 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no inverno.

### STROLL | Modo Determinístico

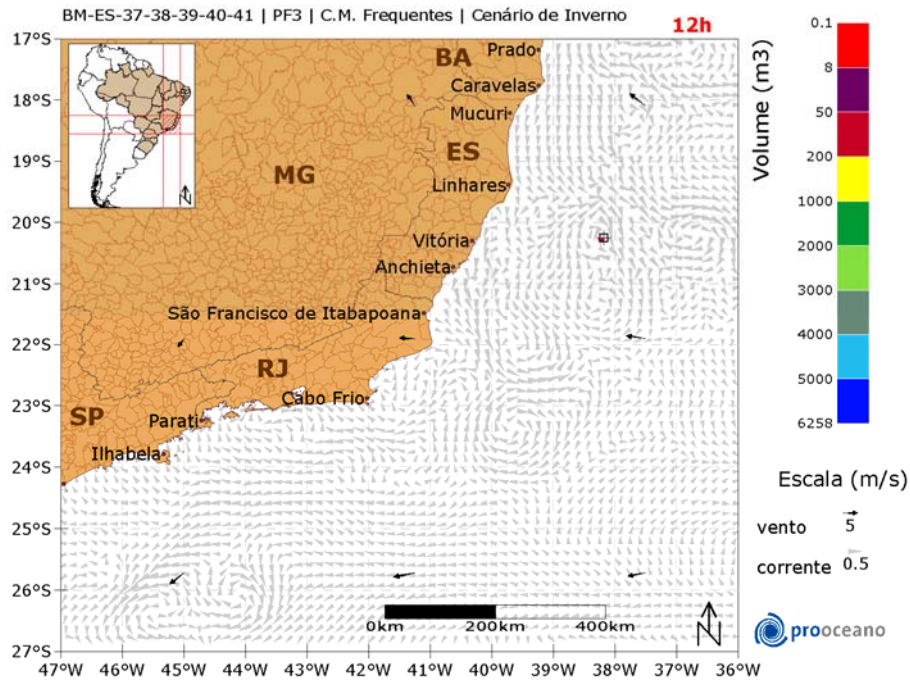


Figura 180: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

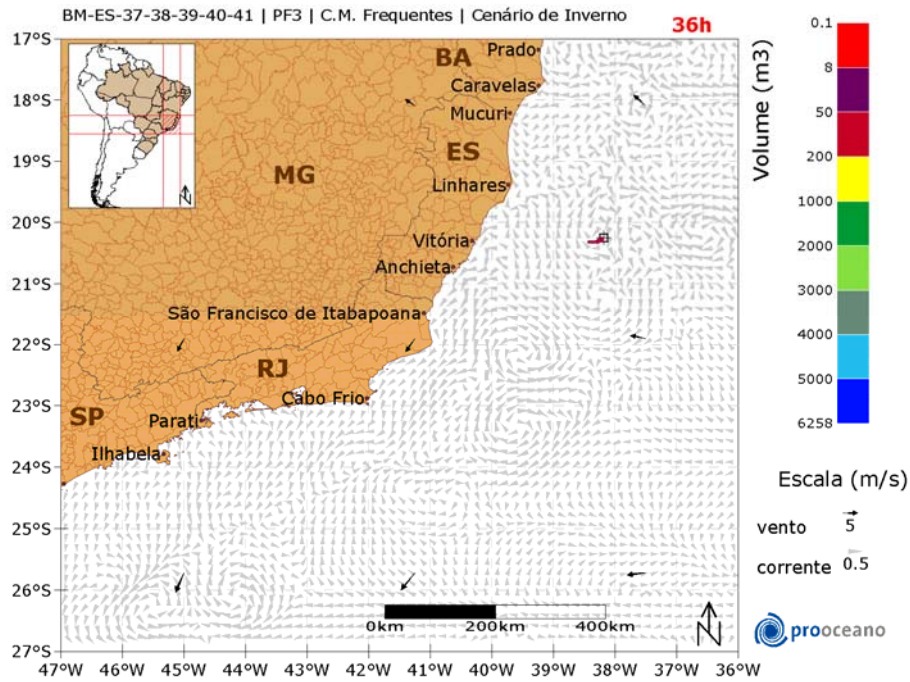


Figura 181: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

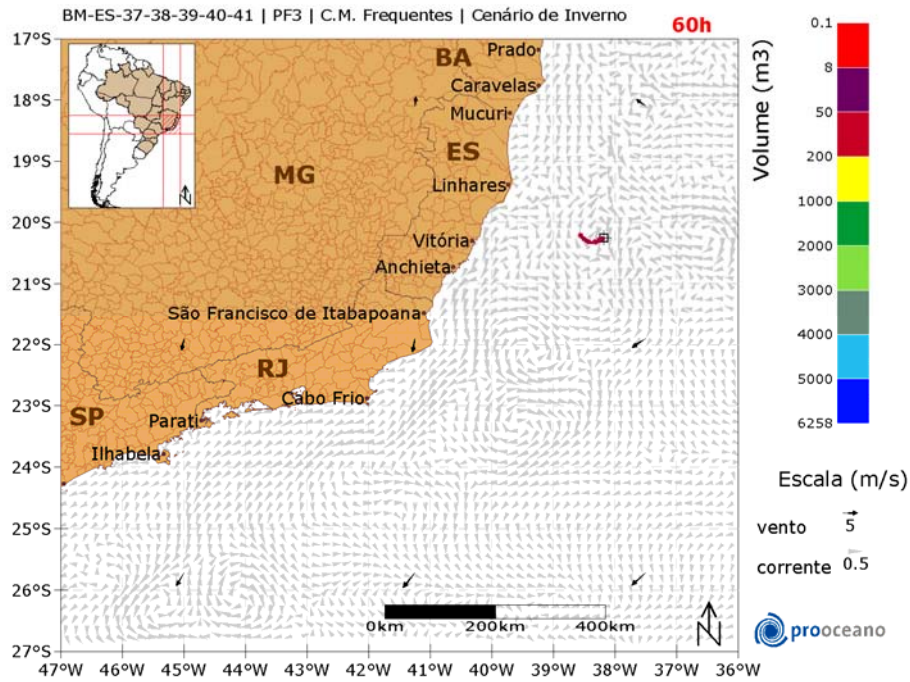


Figura 182: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

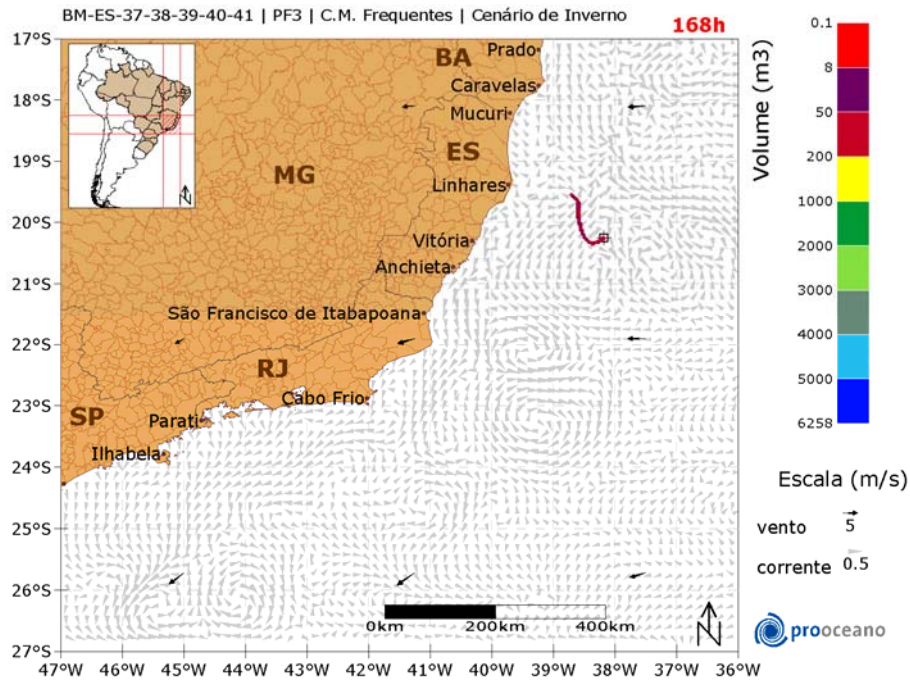


Figura 183: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

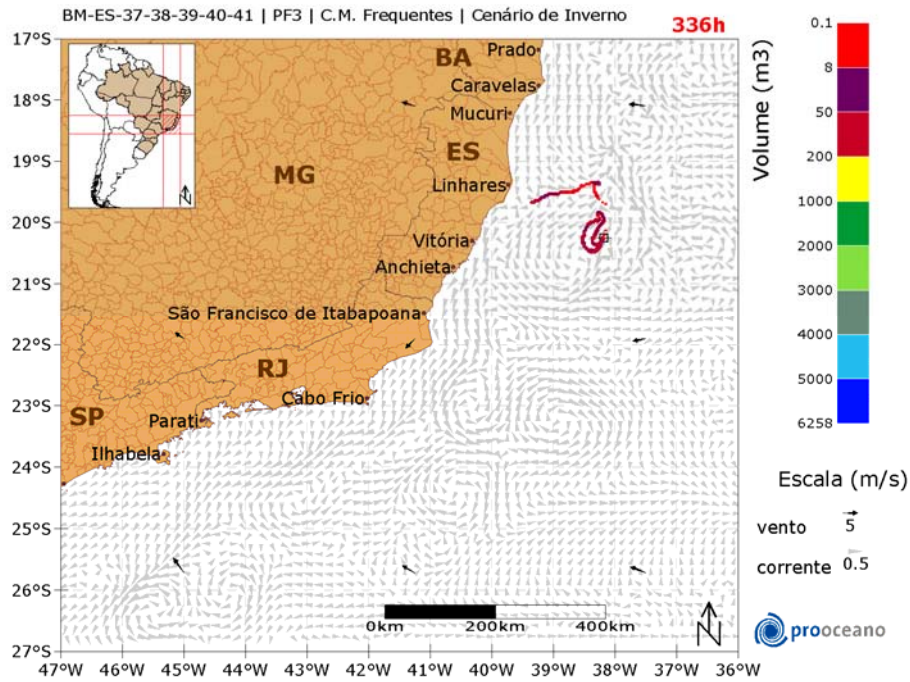


Figura 184: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

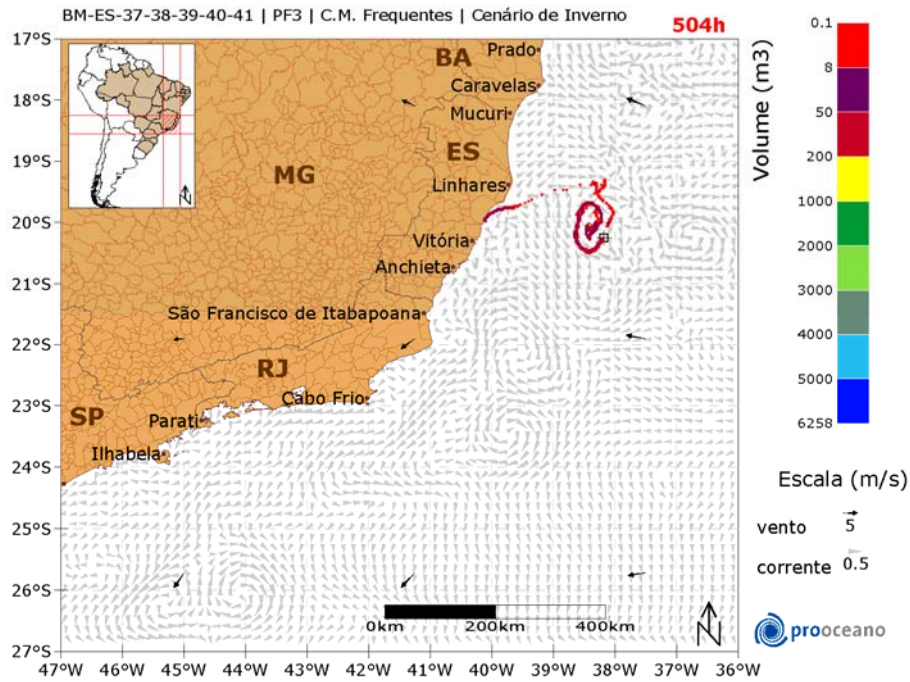


Figura 185: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

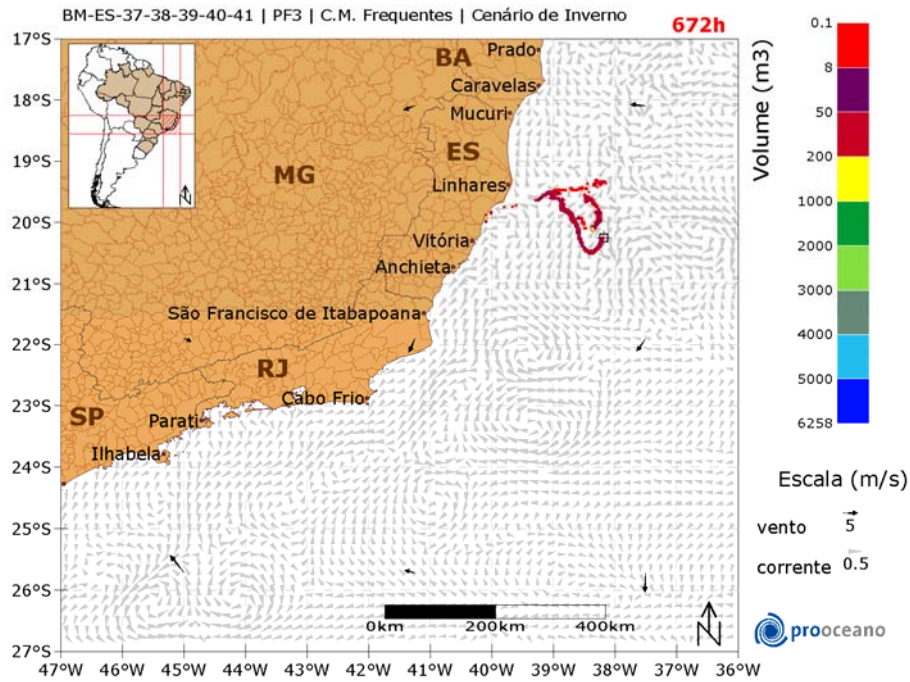


Figura 186: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 3.



### STROLL | Modo Determinístico

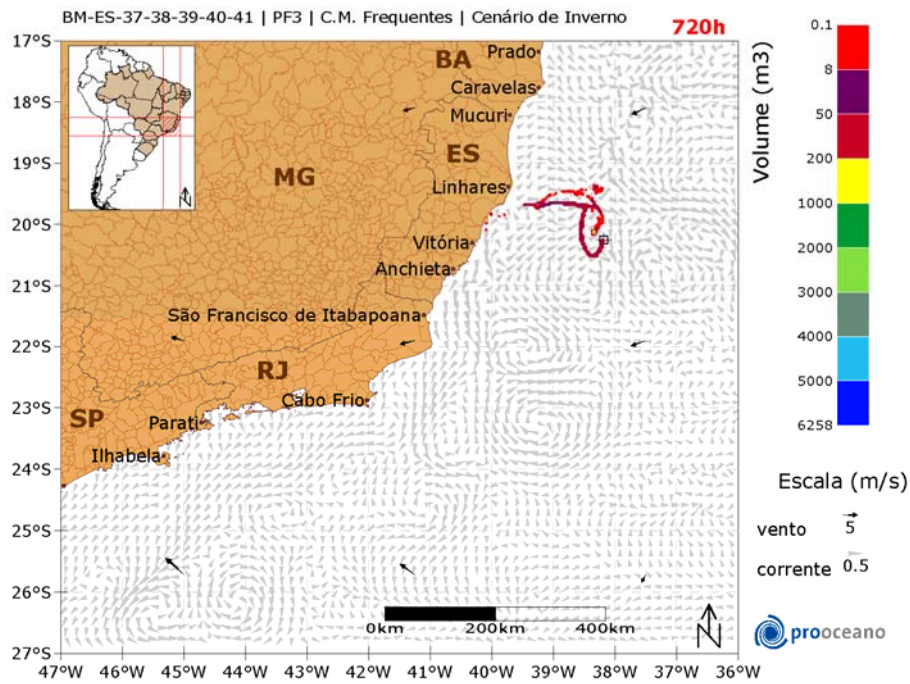


Figura 187: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

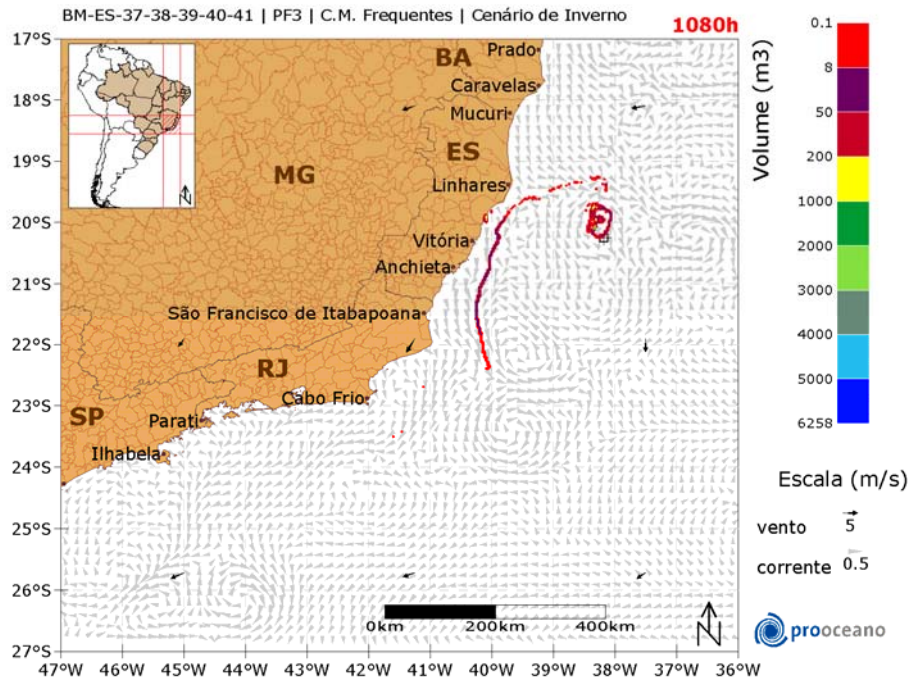
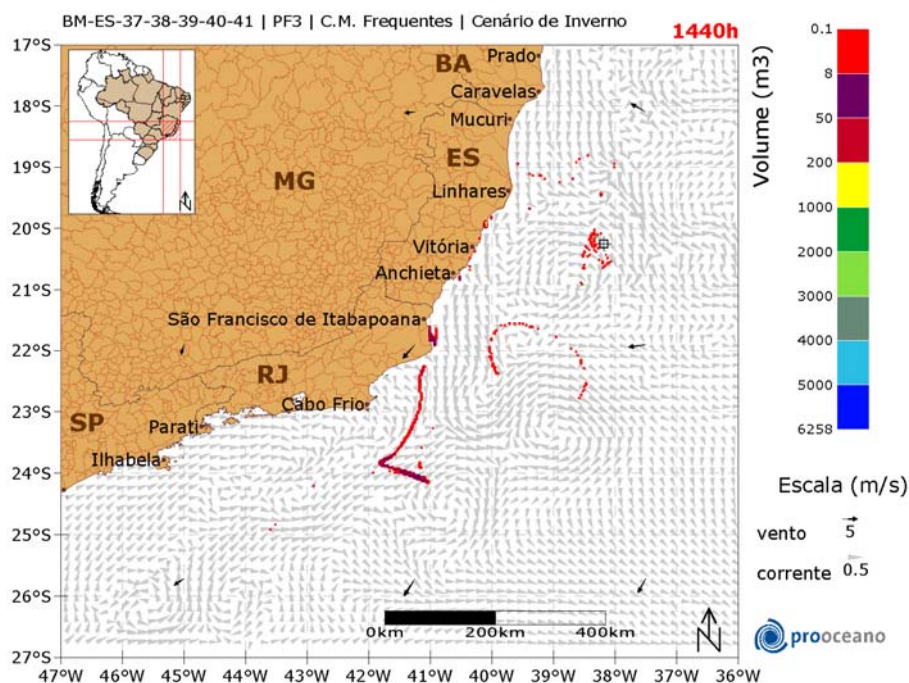


Figura 188: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.

### STROLL | Modo Determinístico

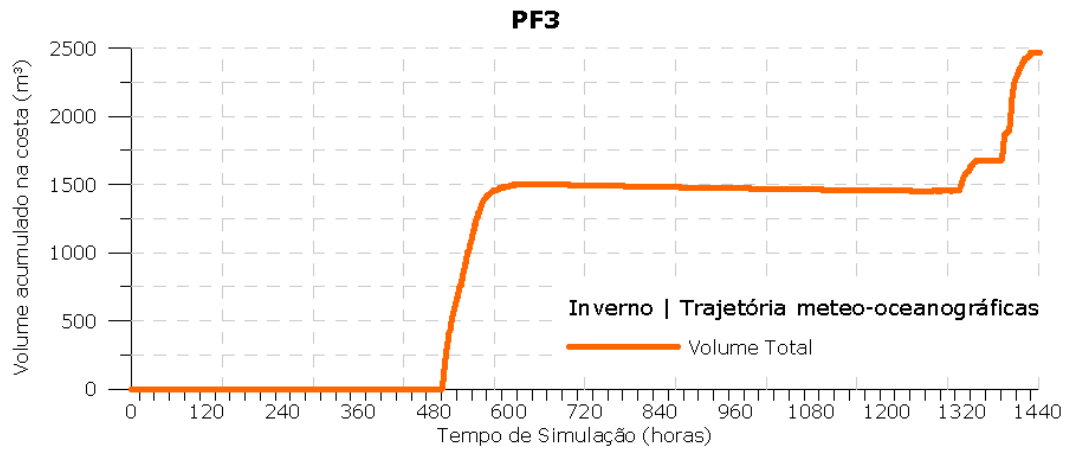


**Figura 189: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 3.**

A deriva do óleo nesta trajetória segue inicialmente para noroeste, em 336 horas já encontra-se mais a sul, quando em 504 horas parte do óleo já chegou na costa de Aracruz – ES. Ao final da simulação, 1440 horas, o óleo remanescente encontra-se em alguns locais da costa do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

No gráfico (Figura 190), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 2.500 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 1440 horas após o início da simulação.



**Figura 190: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 3.**

#### V.4. Ponto de Fronteira 4

##### V.4.1. Modo Probabilístico

##### V.4.1.1. Vazamento de 8m3

##### V.4.1.1.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> no cenário de verão, ponto de fronteira 4 é apresentado na Figura 191, enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 192.



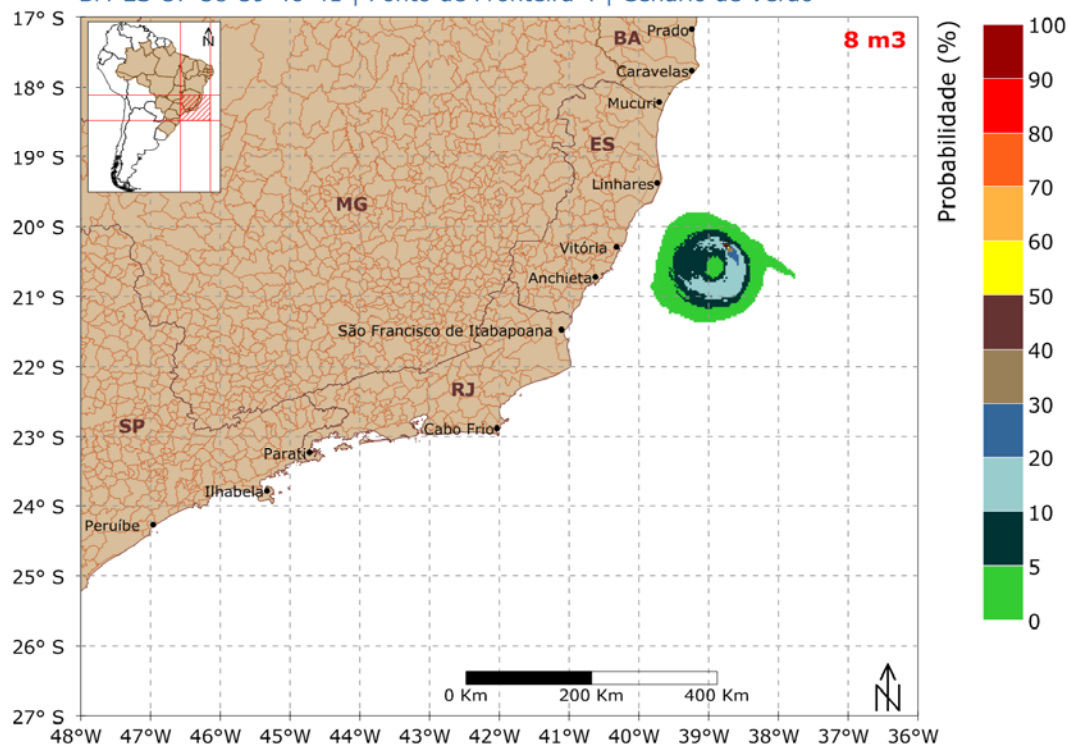
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 191: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Neste cenário a deriva do óleo ficou restrita às proximidades do poço, na região do vórtice de Vitória. Não houve probabilidade do óleo atingir a costa.

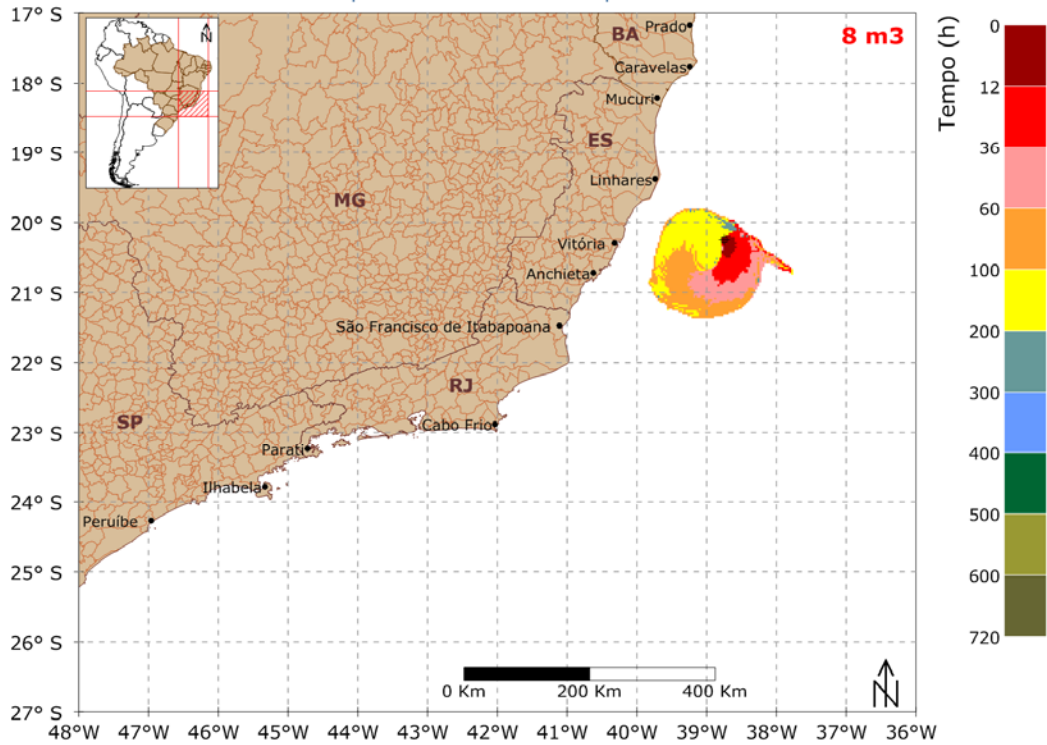
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 192: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Quase toda a região mais próxima à costa, com probabilidade de presença de óleo, foi atingida com o tempo mínimo de 100-200 horas.

**V.4.1.1.2. Inverno**

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno, ponto de fronteira 4 encontra-se na Figura 193 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 194.

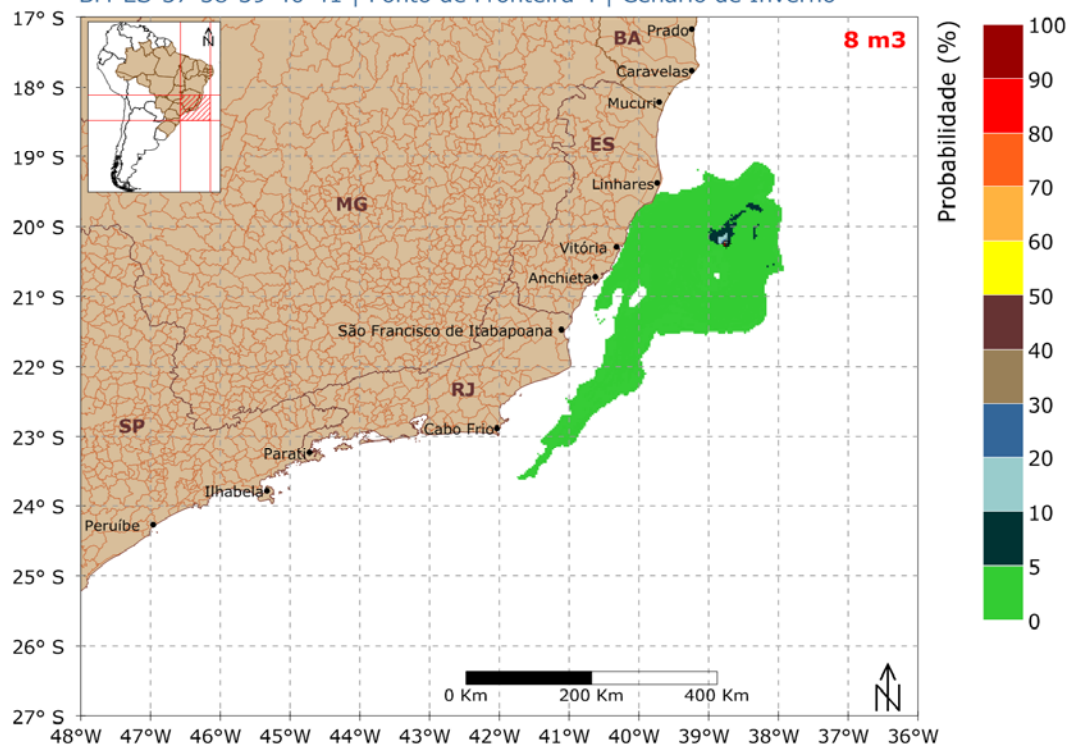
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 193: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

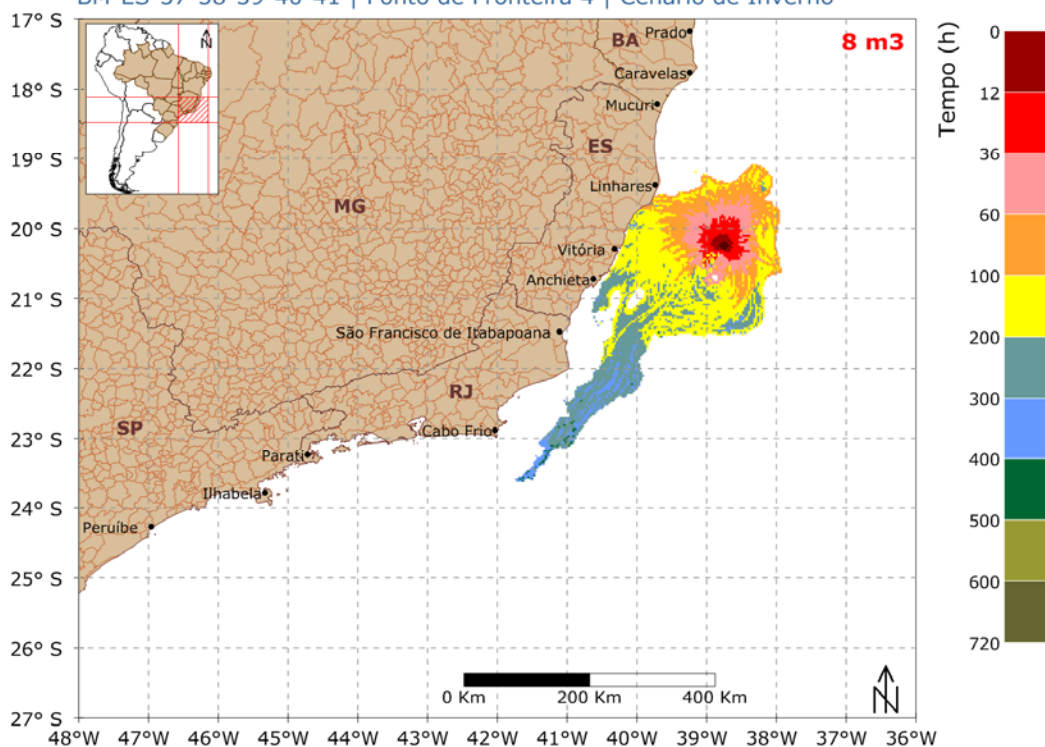
Neste cenário a deriva do óleo foi preferencial para sudoeste do poço, havendo possibilidade do óleo atingir a costa, 5-0%, em alguns municípios do estado do Espírito Santo (Tabela 13).

### STROLL - modo probabilístico

Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 194: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 8 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

O tempo mínimo de chegada do óleo na costa foi de 60-100 horas após o início da simulação.

A seguir, na Tabela 13, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo para cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um evento de pequeno volume.



**Tabela 13: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 8 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4.**

MUNICÍPIOS (PF4)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	Linhares	-	5 - 0	-	60 - 100
	Aracruz	-	5 - 0	-	60 - 100
	Fundão	-	-	-	-
	Serra	-	5 - 0	-	100 - 200
	Vitória	-	5 - 0	-	100 - 200

#### V.4.1.2. Vazamento de 200m<sup>3</sup>

##### V.4.1.2.1. Verão

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de médio porte (200 m<sup>3</sup>), no cenário de verão, ponto de fronteira 4, encontra-se na Figura 195 enquanto o tempo mínimo de chegada, encontra-se na Figura 196.

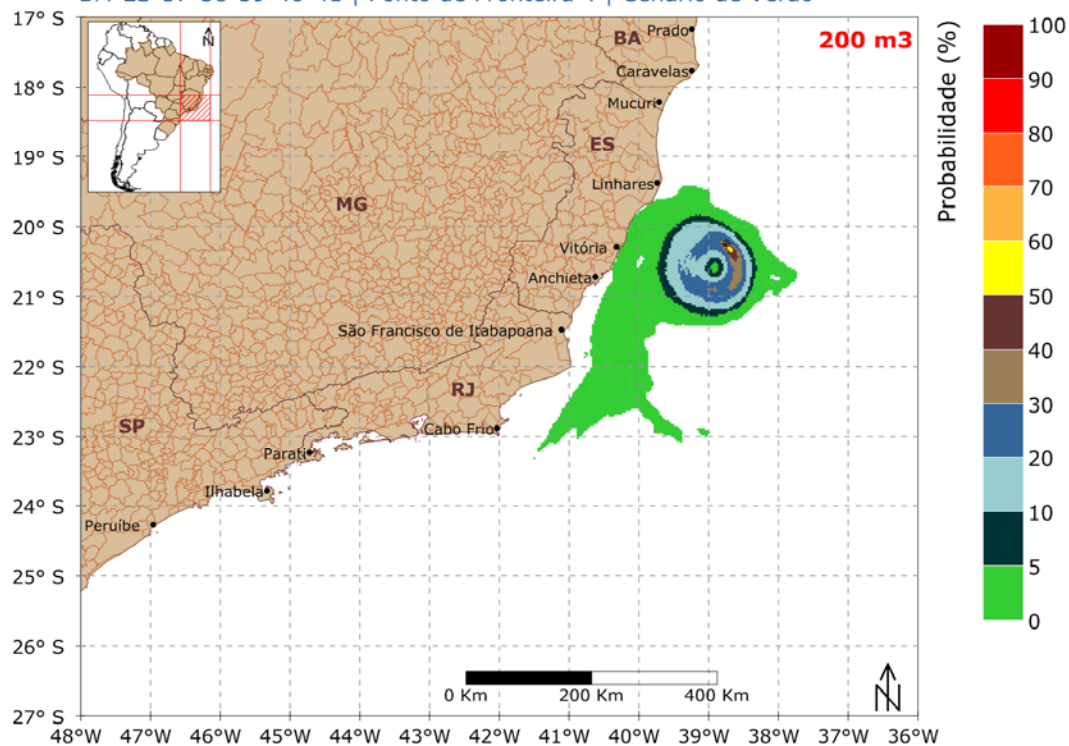
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 195: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Podemos observar no Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo, que a deriva do óleo foi preferencial para sudoeste do poço e que a probabilidade da costa ser atingida é de 5-0% (Tabela 14).

Os municípios que podem ser atingidos pelo óleo estenderam-se de Linhares a Guarapari, no estado do Espírito Santo.

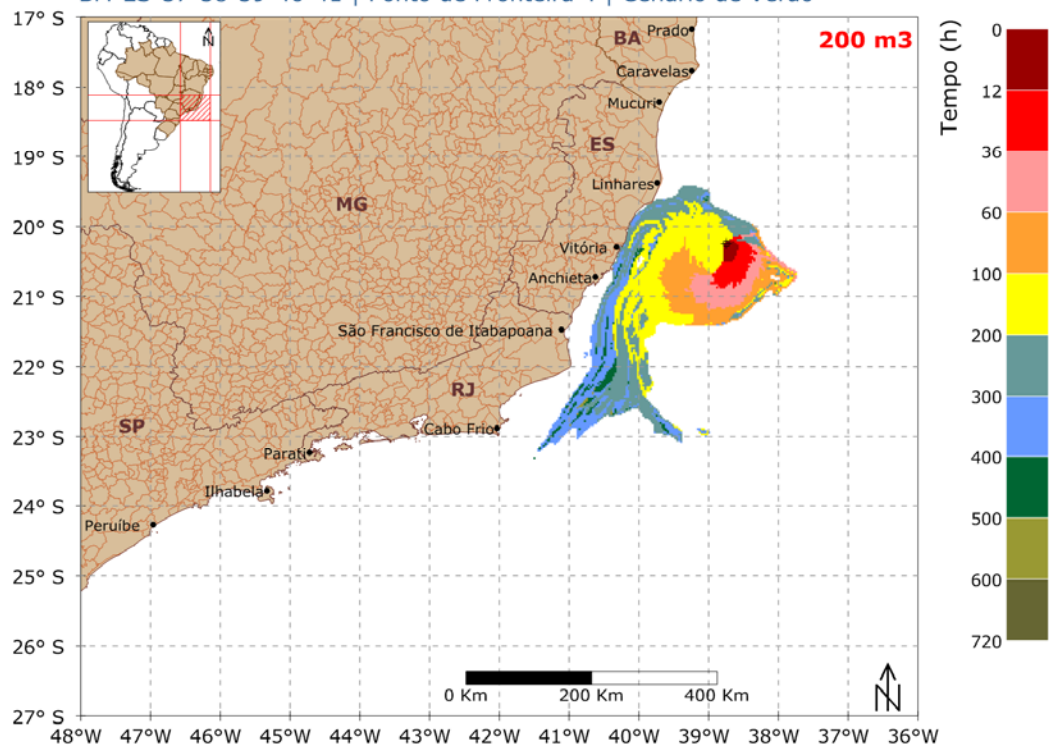
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 196: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Observa-se que o tempo mínimo da chegada do óleo na costa foi de 200-300 horas, em todos os municípios com probabilidade de presença de óleo (Tabela 14).

#### V.4.1.2.2. Inverno

O Mapa de Probabilidade de presença de óleo para o vazamento de 200 m<sup>3</sup> no cenário de inverno, ponto de fronteira 4, encontra-se na Figura 197 enquanto o tempo mínimo de chegada encontra-se na Figura 198.

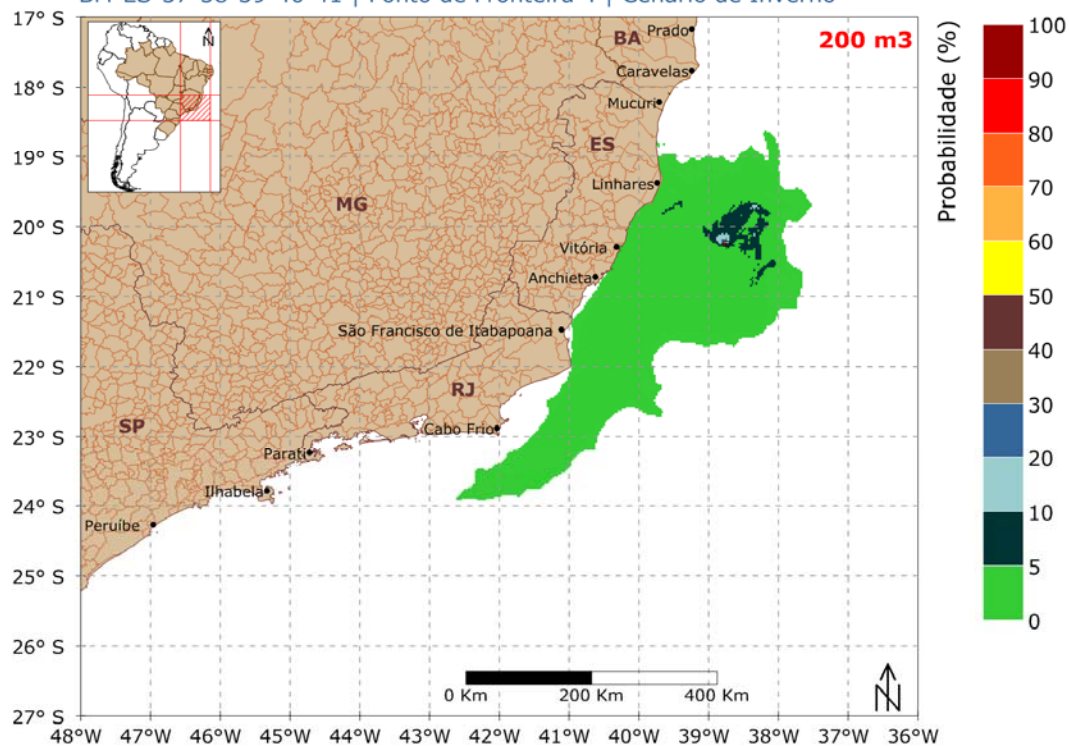
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 197: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Nesse cenário, a região que apresenta probabilidade de presença de óleo, 5-0%, na costa estendeu-se de São Mateus a Anchieta, no estado do Espírito Santo e de São Francisco do Itabapoana a Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro (Tabela 14).



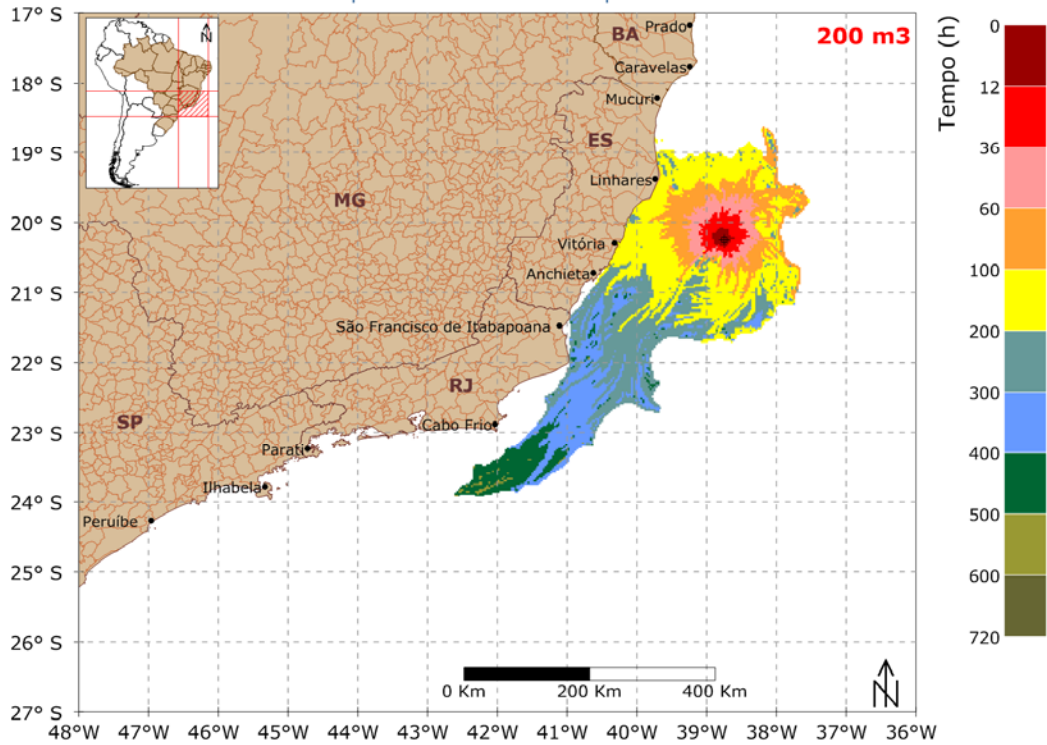
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Simulação 30 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 198: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo, para vazamento de 200 m<sup>3</sup>, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Neste cenário, o tempo mínimo de toque na costa foi menor, 100-200 horas, após o início da simulação, nos municípios localizados no estado do Espírito Santo.

A seguir, na Tabela 14, serão apresentadas as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de ser atingido pelo óleo em um derrame de médio volume (200 m<sup>3</sup>).

Tabela 14: Probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um derrame de 200 m<sup>3</sup> nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4.

MUNICÍPIOS (PF4)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
ES	São Mateus	-	5 - 0	-	100 - 200
	Linhares	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Aracruz	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Fundão	5 - 0	5 - 0	200 - 300	200 - 300
	Serra	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Vitória	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Vila Velha	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Guarapari	5 - 0	5 - 0	200 - 300	100 - 200
	Anchieta	-	5 - 0	-	100 - 200
	Piúma	-	-	-	-
	Itapemirim	-	-	-	-
	Marataízes	-	-	-	-
	Presidente Kennedy	-	-	-	-
RJ	São Francisco de Itabapoana	-	5 - 0	-	200 - 300
	São João da Barra	-	5 - 0	-	200 - 300
	Campos dos Goytacazes	-	5 - 0	-	200 - 300

#### V.4.1.3. Blow-out

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas simulações probabilísticas de *blow-out*. Para esses cenários foi considerado um vazamento contínuo durante 30 (trinta) dias. O tempo simulado abrange os 30 dias de vazamento e mais 30 dias após o término do mesmo, totalizando 60 dias de simulação.

##### V.4.1.3.1. Verão

O Mapa de Probabilidade e o Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo para um cenário de *blow-out* com volume vazado de 31.955m<sup>3</sup>, no período de verão, ponto de fronteira 4, são apresentados na Figura 199 e Figura 200, respectivamente.

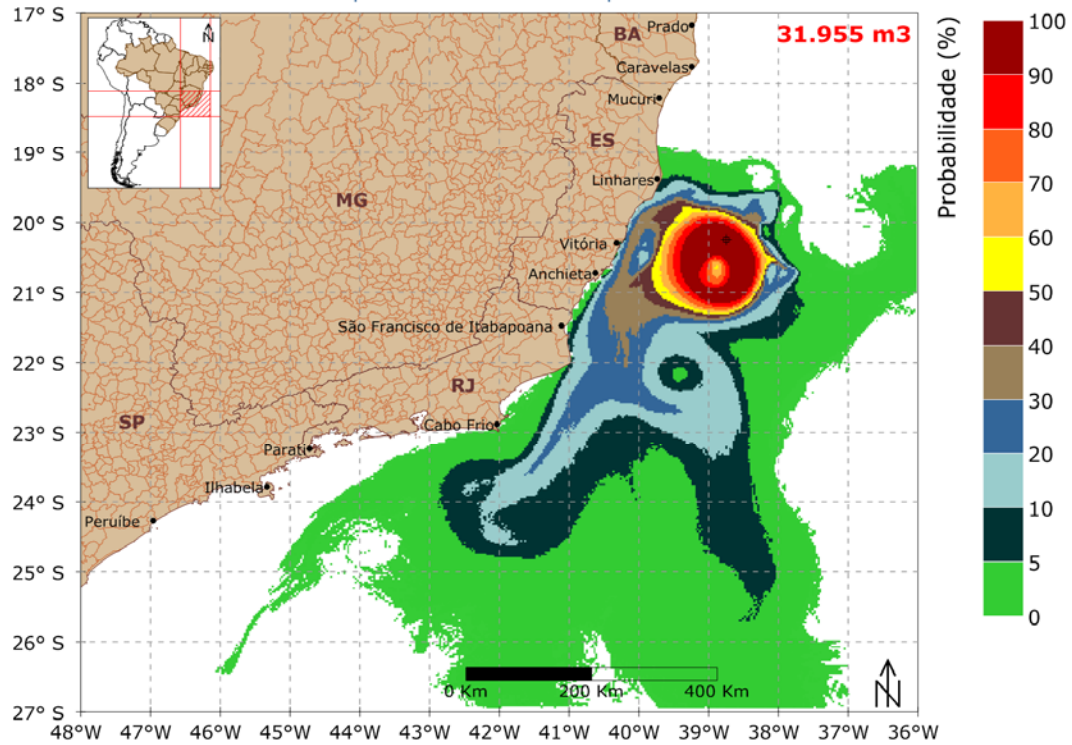
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 199: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

A deriva do óleo ocorreu preferencialmente para sudoeste do poço, porém derivas rumo a noroeste também foram observadas. A maior probabilidade registrada, 30-20%, ocorreu no município de Serra, no estado do Espírito Santo.

Neste cenário o óleo pode atingir desde São Mateus – ES até Quissamã – RJ, e de Cabo Frio até Arraijal do Cabo (Tabela 15).

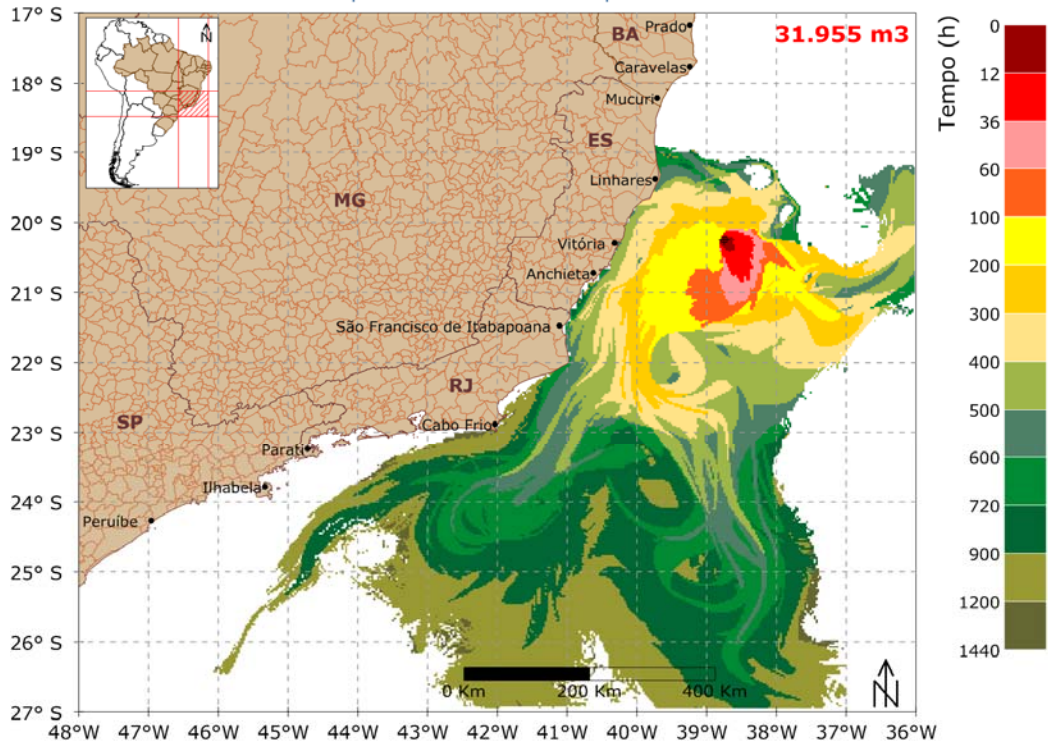
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



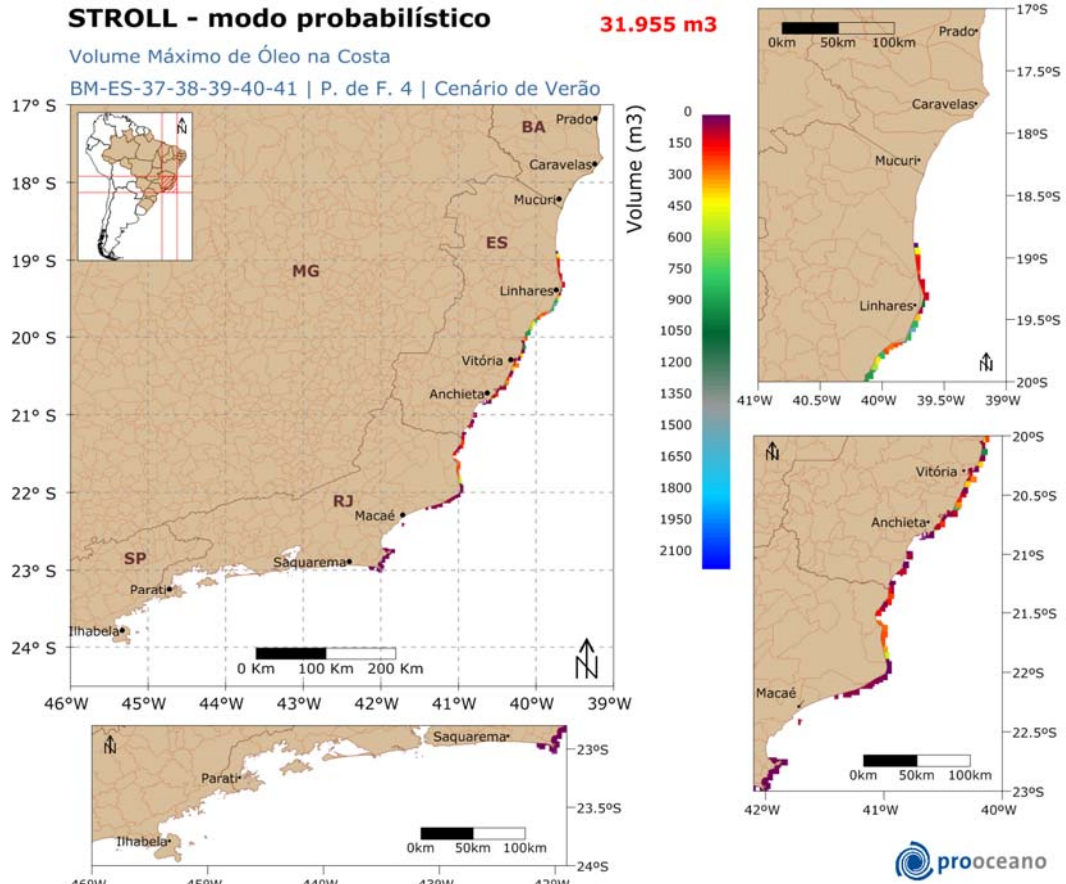
**Figura 200: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

O menor tempo mínimo de toque na costa, nesse cenário, ocorreu entre 300-400 horas, nos municípios de Linhares e Aracruz, no estado do Espírito Santo. O estado do Rio de Janeiro pode ser atingido com o tempo mínimo de 500-600 horas (Tabela 15).

Para obtenção do volume máximo de óleo na costa, os elementos de grade que representam a mesma são monitorados ao longo de toda a simulação. São armazenadas as informações de volumes máximos de óleo que atingem cada elemento de grade ao longo das  $n$  simulações. Ao final, têm-se um mapa dos volumes máximos por unidade de área, ou espessuras máximas, que atingiram os elementos de grade que representam a costa. (Figura 201).

Para contabilizar os volumes máximos por município, são utilizados os volumes máximos de óleo presentes nos pontos de grade mais próximos a cada município costeiro.



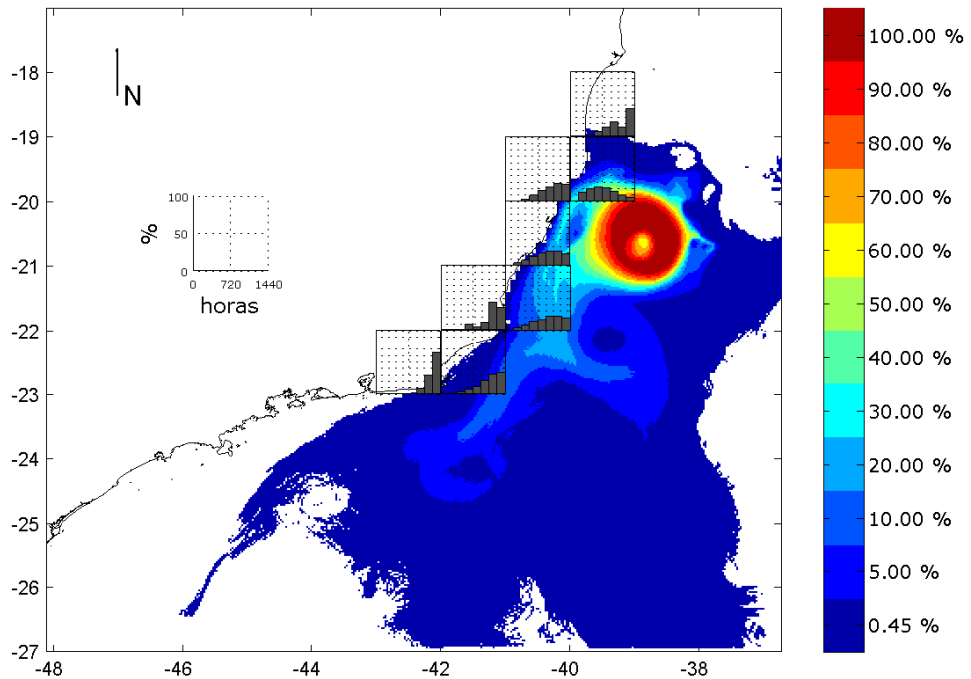


**Figura 201: Volume máximo de óleo na costa no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Ao analisarmos o volume máximo de óleo que atinge a costa, observamos que o município que apresentou o maior valor foi São Mateus – ES, 2194,4 m<sup>3</sup> (Tabela 15). Também podemos observar que os menores valores encontram-se na extremidade sul do mapa.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 202). O gráfico de probabilidade de presença de óleo com os histogramas de tempo de chegada facilita a análise conjunta dos resultados.

Os histogramas foram elaborados para cada quadrado de 1 grau de resolução, onde os gráficos estão centrados. No cálculo dessa estatística são levados em consideração todos os tempos de chegada de óleo no interior de cada quadrado supracitado.



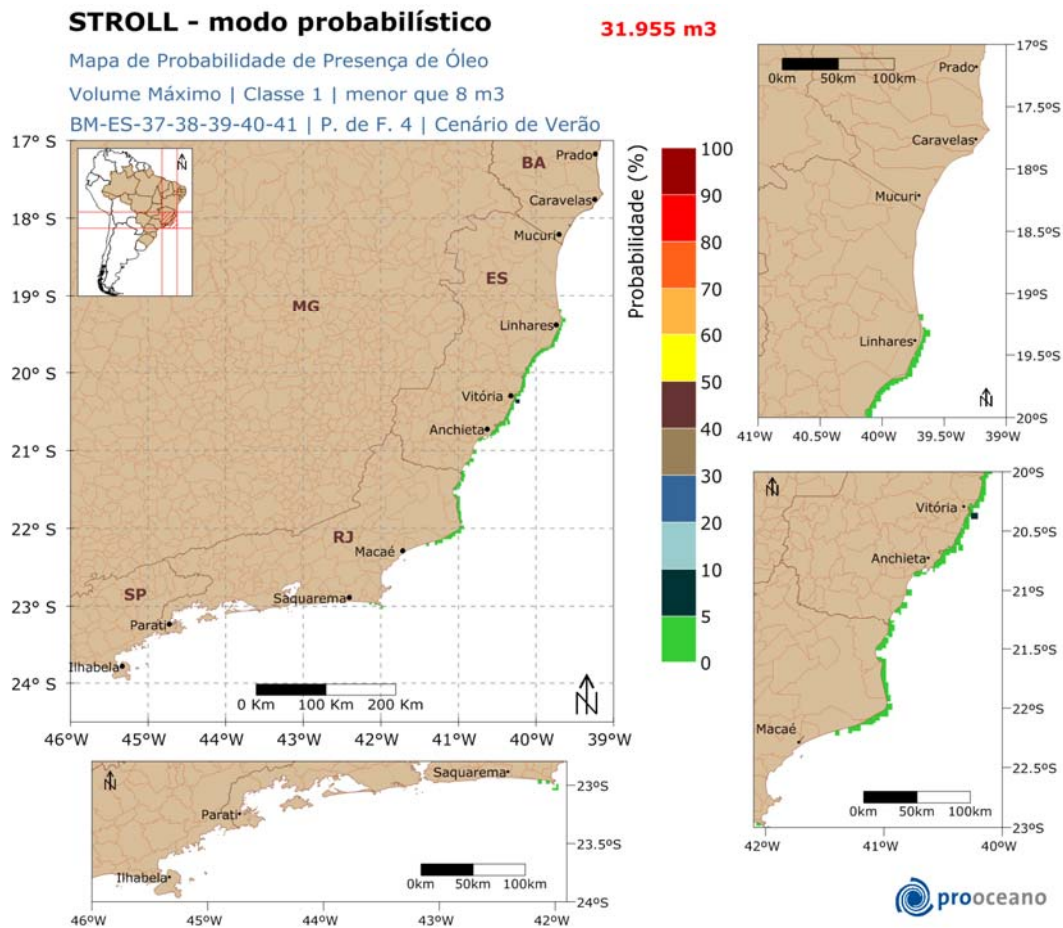
**Figura 202: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de verão. A escala da direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 4.**

Os histogramas de tempo de chegada, no cenário de verão, mostram que a maior parte dos tempos de chegada estão concentrados na 2ª metade da simulação (720-1440h).

#### ***Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo***

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 203, Figura 204 e Figura 205) e volumes médios (Figura 206, Figura 207 e Figura 208) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.



**Figura 203: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Nesta classe, observamos probabilidades de presença de óleo nesta faixa de volume (menor que 8m<sup>3</sup>) no estado do Espírito Santo e Rio de Janeiro, somente com probabilidade de 5-0%.

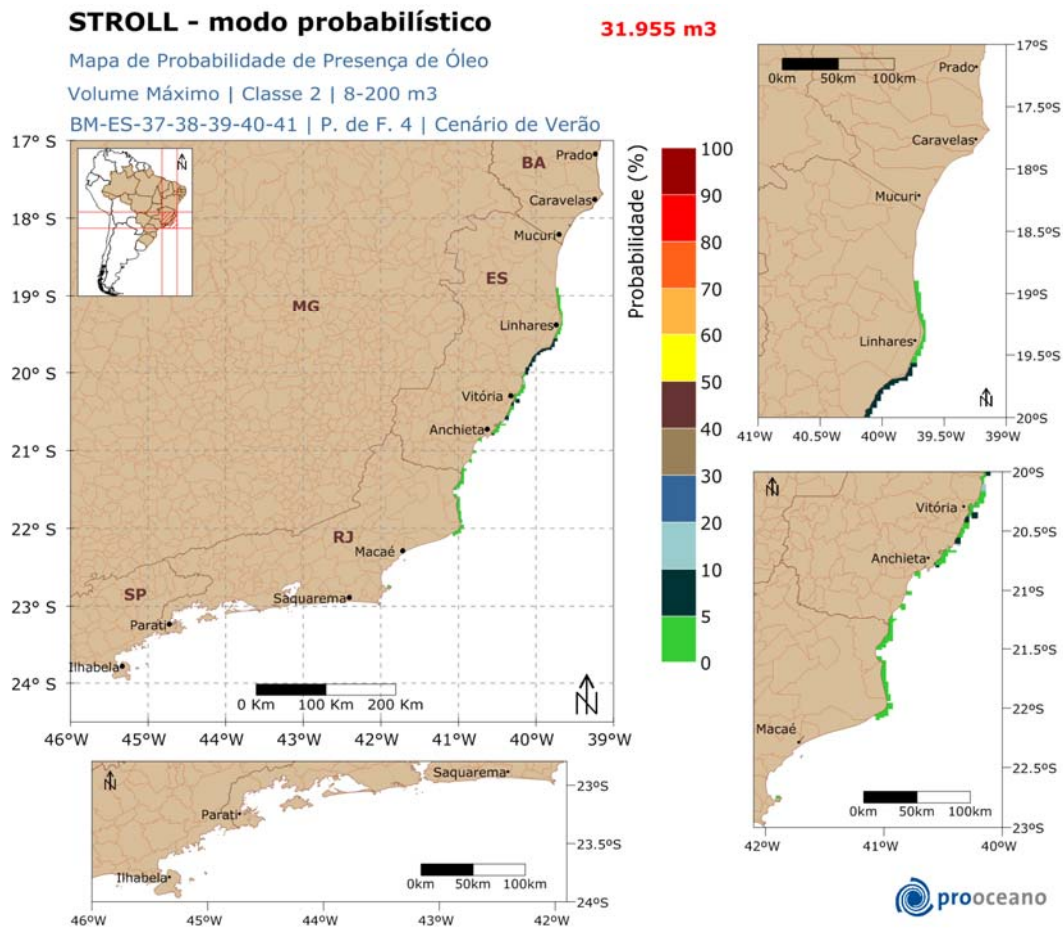


Figura 204: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.

Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) a máxima probabilidade para o Espírito Santo foi de 10-5% e para o Rio de Janeiro 5-0%.



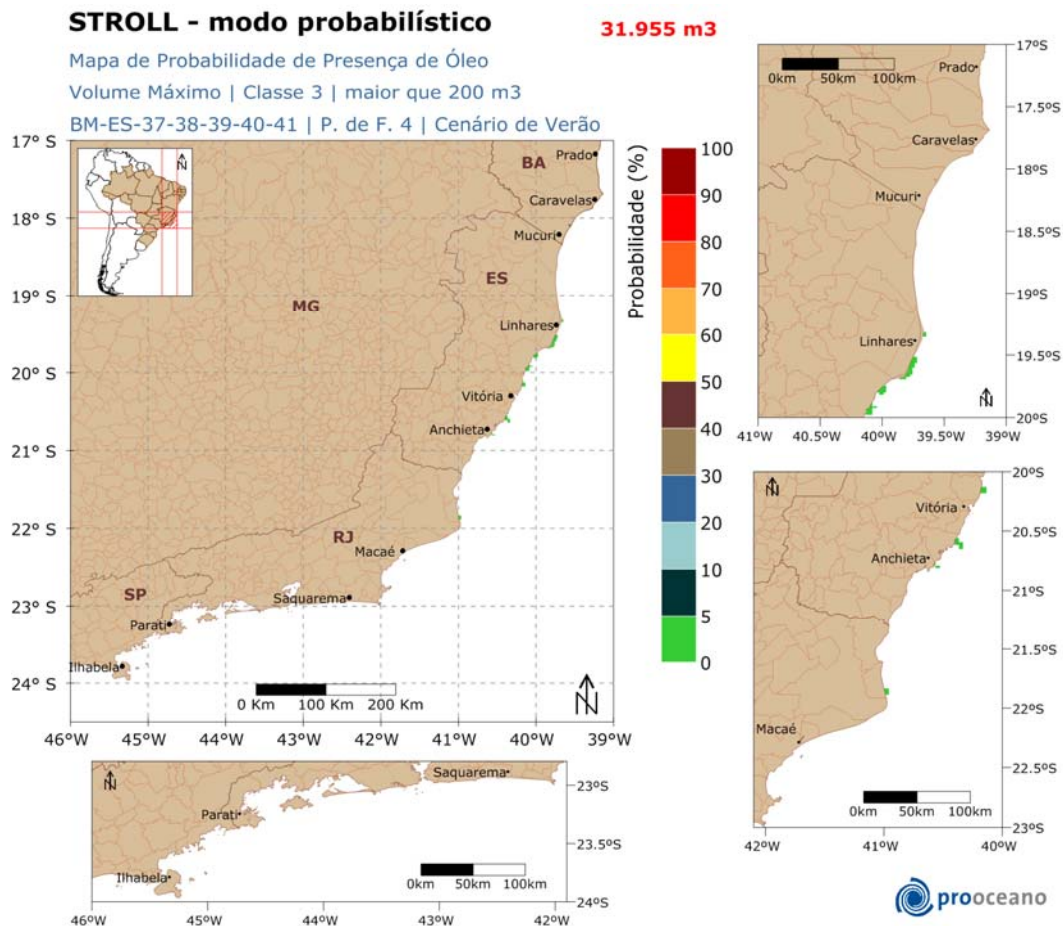


Figura 205: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.

Nesta classe (maior que 200m<sup>3</sup>) observamos poucos locais, todos no estado do Espírito Santo, com probabilidade de presença de óleo, 5-0%, nesta faixa de volume.

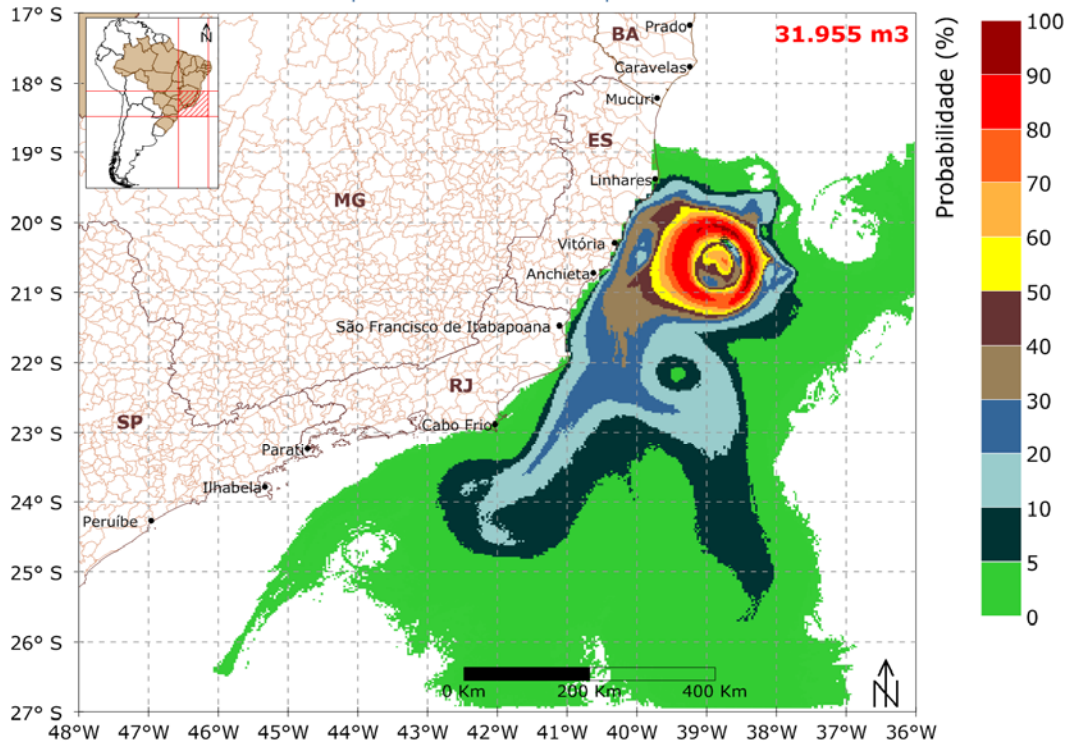
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 206: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Neste mapa de probabilidade de presença de volume médio de óleo da classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>) observamos que todas as regiões já apresentadas na Figura 199 (mapa de probabilidade de presença de óleo) estão incluídas neste também.

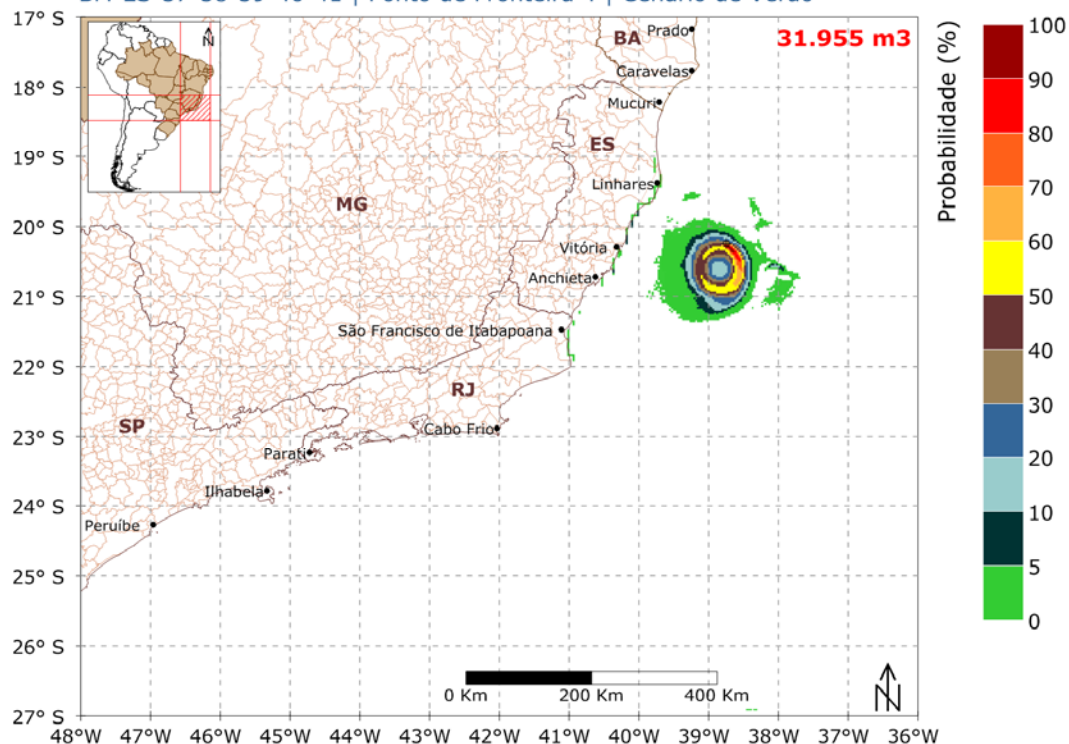
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 207: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) de volume médio a maior parte das áreas com probabilidade de presença de óleo ficaram restritas às proximidades do poço e ao vórtice de Vitória. Na costa a máxima probabilidade, 10-5%, foi registrada no estado do Espírito Santo.

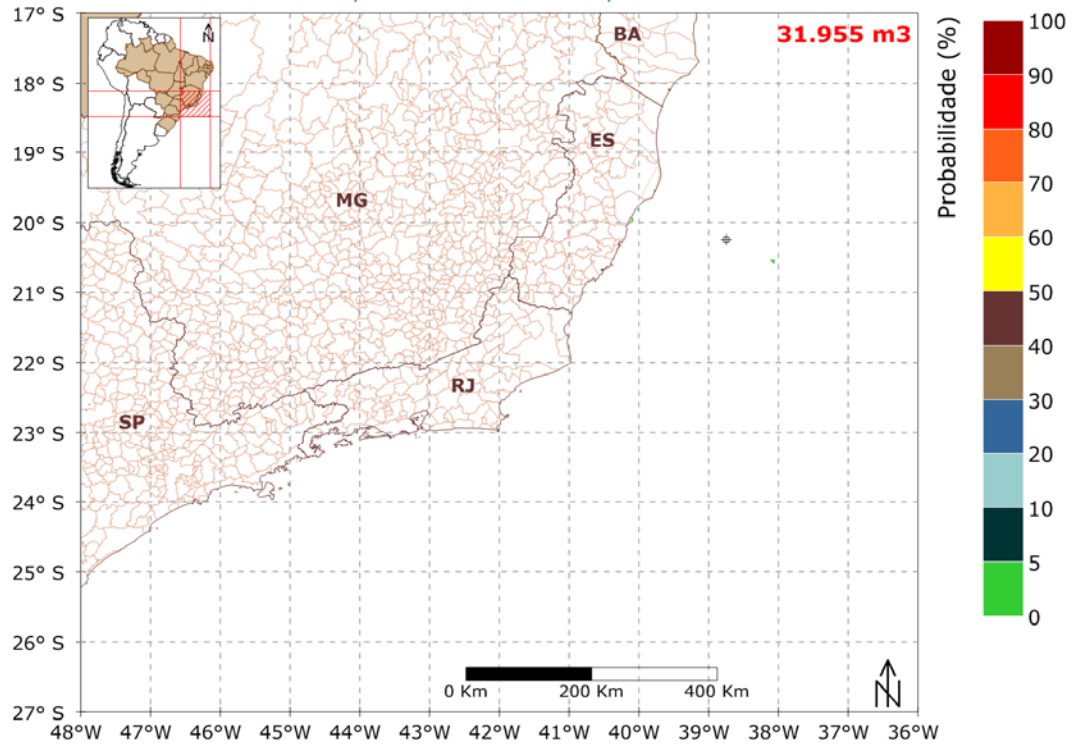
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Verão



**Figura 208: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

Na classe 3 (maior que 200m<sup>3</sup>) de volume médio somente foram identificados locais com probabilidade 5-0% na costa do Espírito Santo - ES.

### V.4.1.3.2. Inverno

A seguir, nas Figura 209 a Figura 218, serão apresentados os resultados obtidos no período de inverno para um cenário de *blow-out*, volume vazado de 31.955 m<sup>3</sup>.



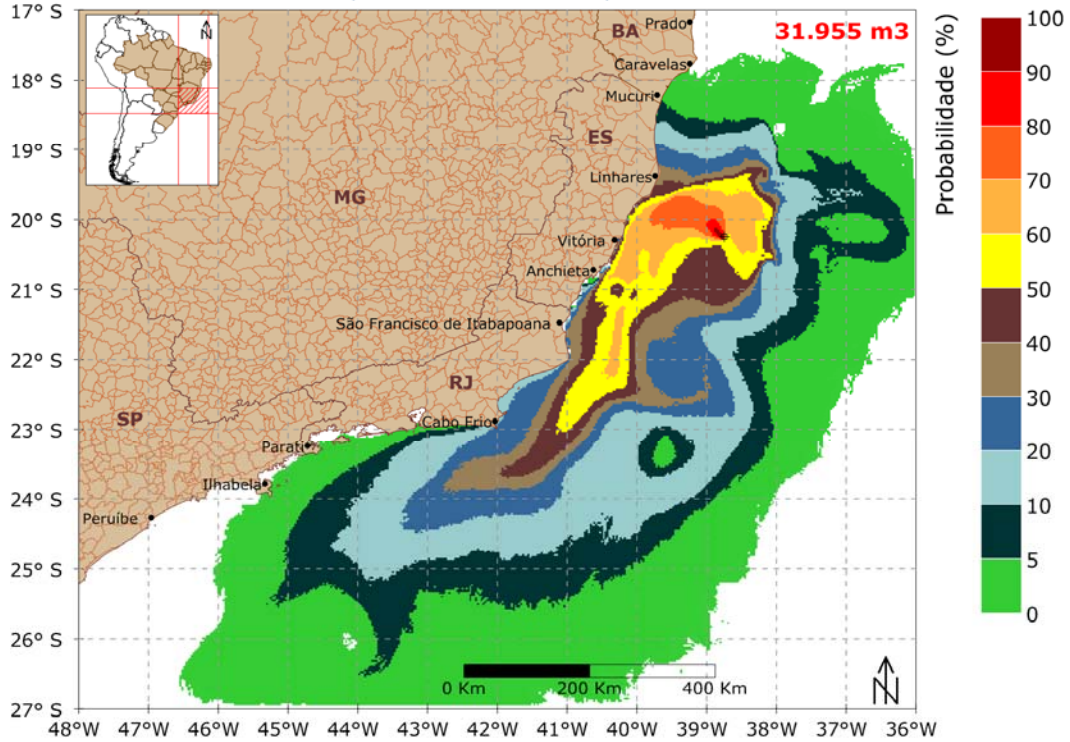
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 209: Mapa de Probabilidade de presença de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Nesse cenário a deriva do óleo também foi preferencial para sudoeste do poço, no entanto, as derivas rumo a noroeste tiveram uma presença maior neste cenário, devido principalmente à passagem de sistemas frontais nesta época do ano, podendo atingir o estado da Bahia.

A região com maior probabilidade de presença de óleo, 60-50% foi registrada no município de Aracruz e Serra, estado do Espírito Santo (Tabela 15).

Neste cenário o óleo pode atingir desde Caravelas – BA até Ubatuba – SP, além de Ilhabela – SP.

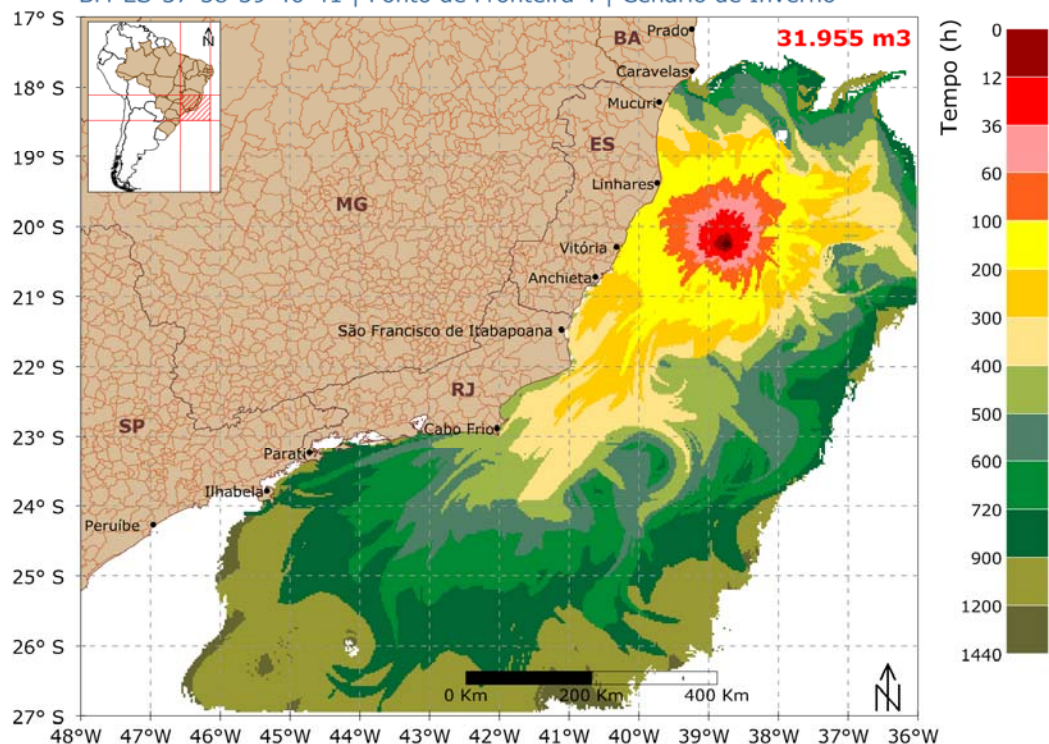
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de Óleo

Blow-out 30 dias | simulação 60 dias

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 210: Mapa de Tempo Mínimo de Chegada de óleo, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

No cenário de inverno o tempo mínimo de chegada de óleo foi menor que o do cenário de verão, 100-200 horas, atingindo de São Mateus a Guarapari, estado do Espírito Santo, neste intervalo de tempo. Os estados da Bahia, Rio de Janeiro apresentaram tempo mínimo de 300-400h, enquanto São Paulo, de 720-900 horas (Tabela 15).

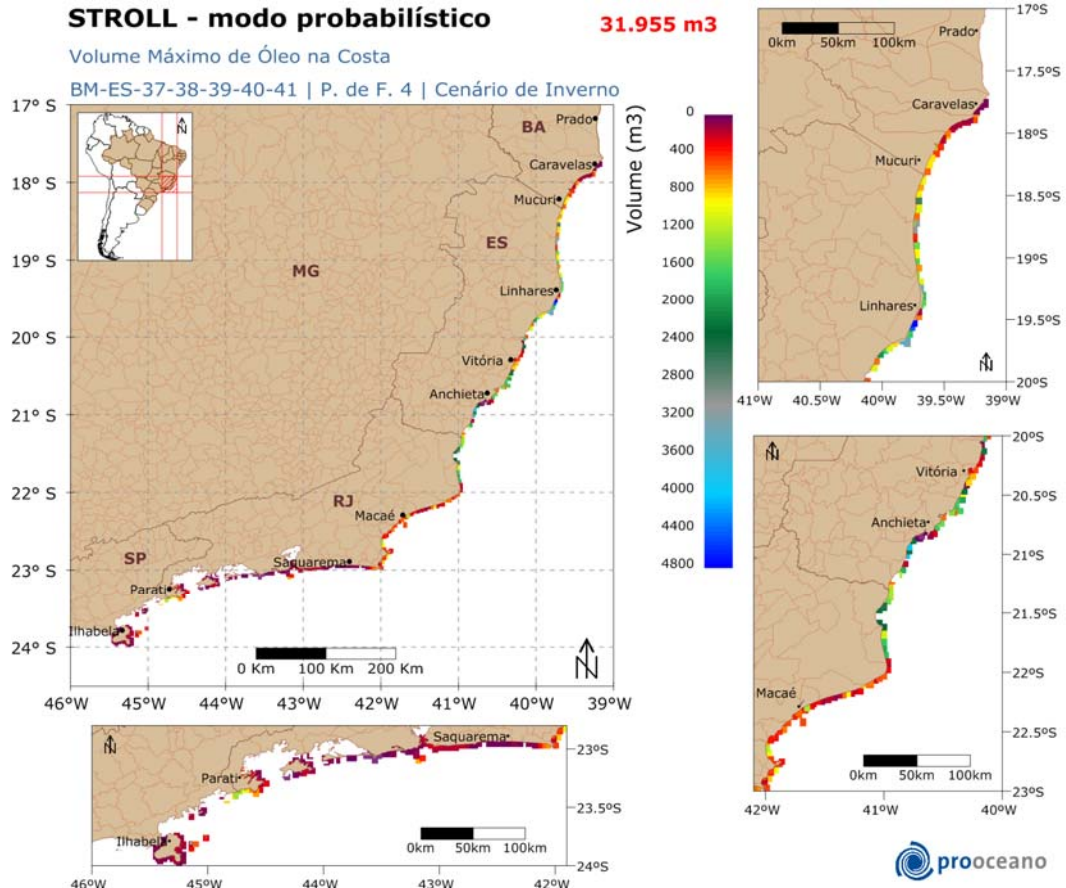
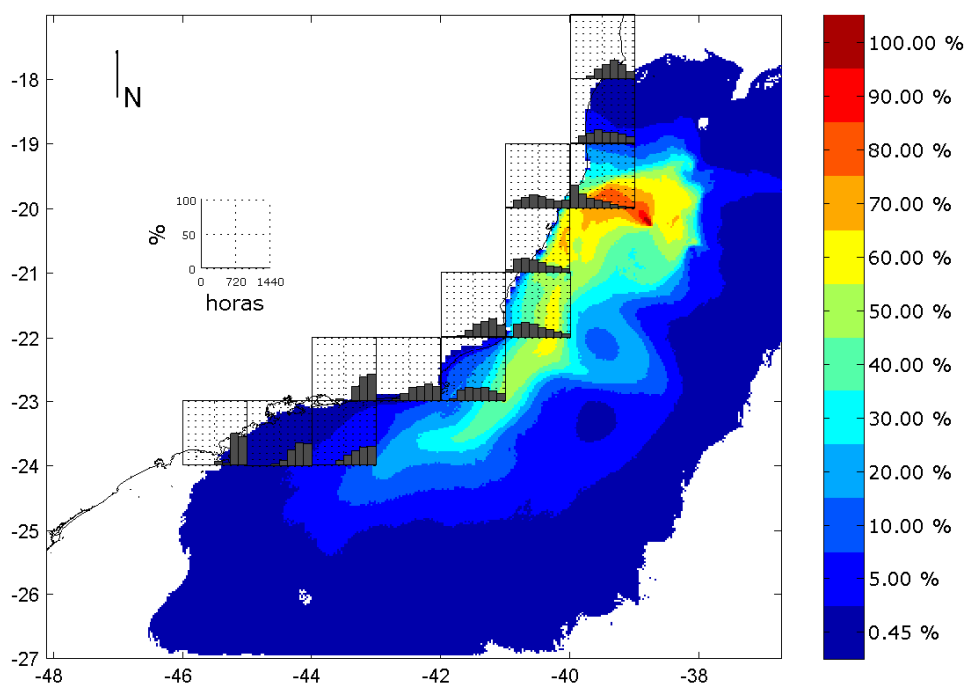


Figura 211: Volume máximo de óleo na costa no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.

Os maiores volumes máximos de óleo na costa foram registrados no estado do Espírito Santo nas proximidades de Linhares (4862,8 m<sup>3</sup>). No limite norte e sul do mapa de probabilidade foram observados os menores valores de volume máximo.

Para uma melhor análise dos tempos de chegada de óleo na costa, foram gerados histogramas com as frequências de ocorrência das classes de tempo mínimo de chegada de óleo na costa para toda a simulação probabilística (Figura 212).



**Figura 212: Histogramas de tempo de chegada de óleo na costa no cenário de inverno. A escala à direita é de probabilidade. Ponto de Fronteira 4.**

No cenário de inverno as regiões a oeste e próximas ao poço apresentaram mais tempos de chegada na primeira metade da simulação (0-720h). No limite norte e sul do mapa os tempos de chegada concentram-se na 2ª metade da simulação (720-1440h).

A seguir, na Tabela 15, serão apresentados os volumes máximos, as classes de probabilidade e tempo mínimo de chegada de óleo de cada município com possibilidade de serem atingidos pelo óleo em um evento de *blow-out*.



Tabela 15: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno. Ponto de Fronteira 4.

MUNICÍPIOS (PF4)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
BA	Caravelas	-	84,28	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Nova Viçosa	-	651,16	-	5 - 0	-	500 - 600
	Mucuri	-	1205,60	-	10 - 5	-	300 - 400
ES	Conceição da Barra	-	3157,80	-	20 - 10	-	200 - 300
	São Mateus	2194,40	3157,80	5 - 0	30 - 20	600 - 720	100 - 200
	Linhares	1578,10	4862,80	20 - 10	50 - 40	300 - 400	100 - 200
	Aracruz	1267,10	3420,90	20 - 10	60 - 50	300 - 400	100 - 200
	Fundão	229,46	17,88	5 - 0	40 - 30	500 - 600	100 - 200
	Serra	967,62	1970,30	30 - 20	60 - 50	400 - 500	100 - 200
	Vitória	71,85	514,95	10 - 5	30 - 20	500 - 600	100 - 200
	Vila Velha	473,46	2281,30	10 - 5	40 - 30	500 - 600	100 - 200
	Guarapari	870,48	1743,50	20 - 10	60 - 50	400 - 500	100 - 200
	Anchieta	23,54	120,02	5 - 0	40 - 30	900 - 1200	200 - 300
	Piúma	20,32	2305,00	5 - 0	5 - 0	900 - 1200	500 - 600
	Itapemirim	34,21	4097,60	5 - 0	20 - 10	720 - 900	300 - 400
	Marataízes	119,97	4097,60	5 - 0	20 - 10	720 - 900	300 - 400
	Presidente Kennedy	162,34	1304,50	5 - 0	30 - 20	720 - 900	300 - 400

**Tabela 15: Volume máximo, probabilidade de presença e tempo mínimo de chegada de óleo nos municípios com possibilidade de serem atingidos em um evento de *blow-out*, nos cenários de verão e inverno (continuação). Ponto de Fronteira 4.**

MUNICÍPIOS (PF4)		Volume Máximo (m <sup>3</sup> )		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo de Toque (h)	
		VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
RJ	São Francisco de Itabapoana	270,47	2397,70	10 - 5	40 - 30	500 - 600	300 - 400
	São João da Barra	524,54	2397,70	10 - 5	40 - 30	500 - 600	300 - 400
	Campos dos Goytacazes	59,74	593,72	10 - 5	30 - 20	500 - 600	300 - 400
	Quissamã	66,11	984,52	5 - 0	20 - 10	600 - 720	400 - 500
	Carapebus	-	1342,10	-	20 - 10	-	400 - 500
	Macaé	86,87	595,79	-	20 - 10	-	400 - 500
	Rio das Ostras	-	660,30	-	20 - 10	-	400 - 500
	Casimiro de Abreu	-	389,76	-	20 - 10	-	400 - 500
	Armação dos Búzios	37,30	1485,90	5 - 0	20 - 10	900 - 1200	400 - 500
	Cabo Frio	34,71	1485,90	5 - 0	20 - 10	1200 - 1440	400 - 500
	Arraial do Cabo	34,26	720,97	5 - 0	30 - 20	900 - 1200	400 - 500
	Araruama	-	140,21	-	10 - 5	-	400 - 500
	Saquarema	-	146,13	-	5 - 0	-	400 - 500
	Maricá	-	254,02	-	5 - 0	-	600 - 720
	Niterói	-	275,42	-	5 - 0	-	600 - 720
	Rio de Janeiro	-	422,57	-	10 - 5	-	500 - 600
	Itaguaí*	-	116,96	-	5 - 0	-	720 - 900
	Mangaratiba*	-	116,96	-	5 - 0	-	720 - 900
	Angra dos Reis*	-	116,96	-	5 - 0	-	720 - 900
	Ilha Grande (Angra dos Reis)	-	617,37	-	5 - 0	-	720 - 900
Parati	-	1913,00	-	5 - 0	-	720 - 900	
SP	Ubatuba	-	1358,20	-	5 - 0	-	900 - 1200
	Caraguatatuba	-	-	-	-	-	-
	Ilhabela	-	253,02	-	5 - 0	-	720 - 900
	São Sebastião	-	102,56	-	5 - 0	-	900 - 1200

\* valores referentes à entrada da Baía de Sepetiba.

### **Mapas de Probabilidade por Classes de Volume de Óleo**

A seguir serão apresentados mapas de probabilidade de ocorrência por classes de volume de óleo. Esses mapas foram elaborados, considerando os volumes máximos na costa (Figura 213, Figura 214 e Figura 215) e volumes médios (Figura 216, Figura 217 e Figura 218) presentes em cada ponto de grade, em cada uma das 1.250 simulações realizadas para cada cenário ambiental.

Foram consideradas três classes de volume, são elas: Classe 1 – menor que 8 m<sup>3</sup>; Classe 2 – 8 a 200 m<sup>3</sup>; e Classe 3 – maior que 200m<sup>3</sup>.

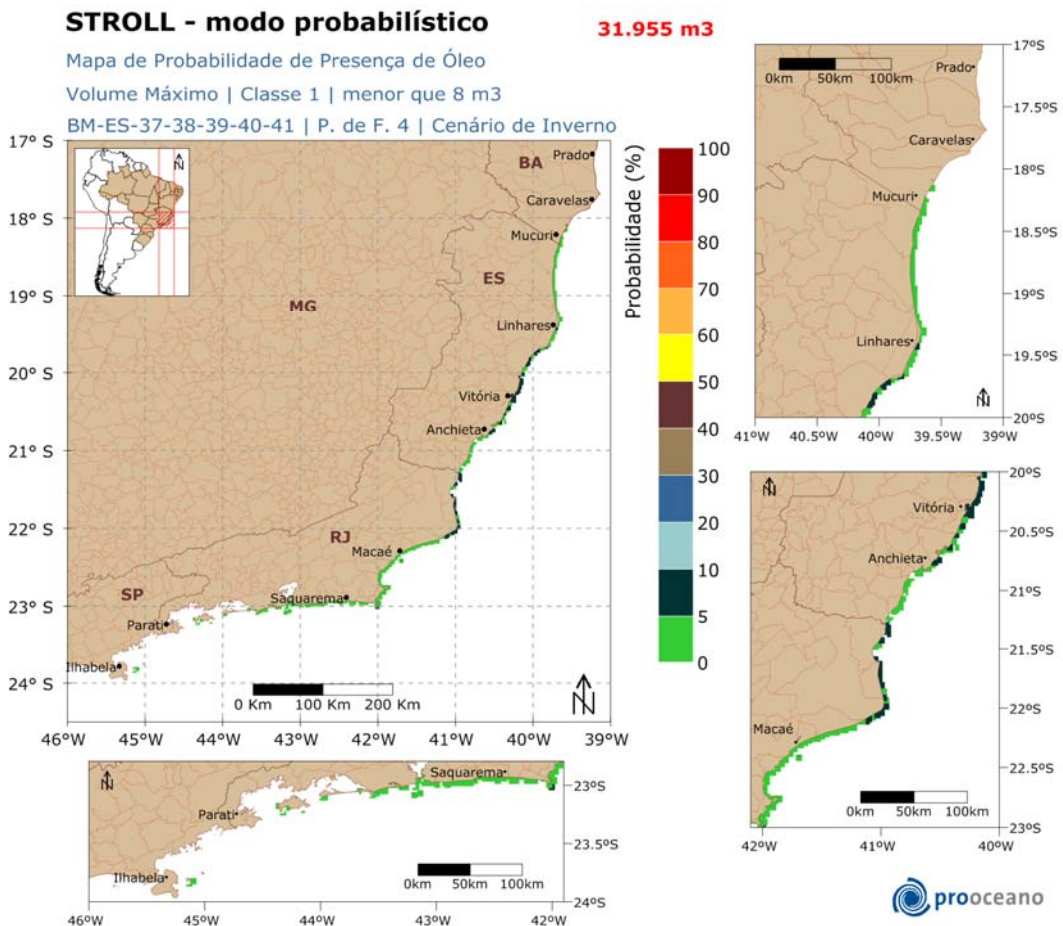


Figura 213: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.

As regiões que podem apresentar óleo na costa nesta faixa de volume (menor 8m<sup>3</sup>) estenderam-se da Bahia até o Rio de Janeiro com máxima probabilidade de 10-5%.

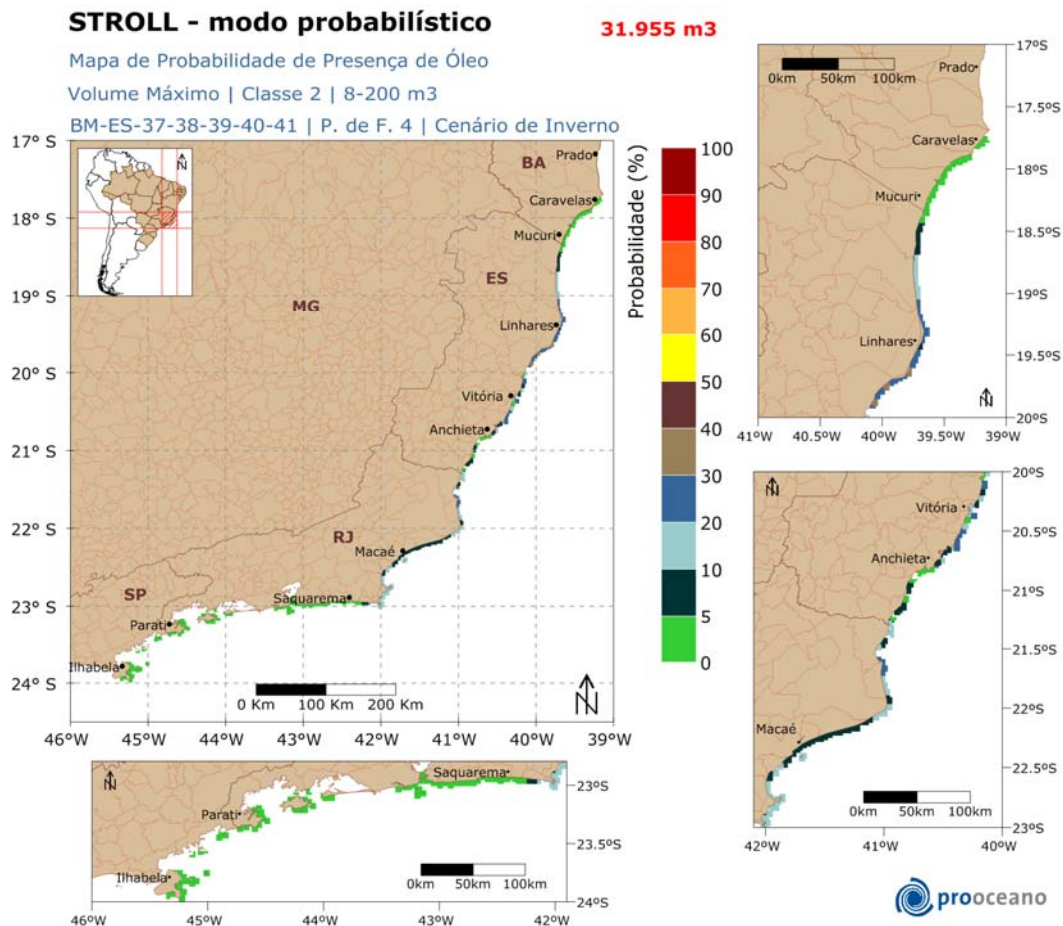


Figura 214: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.

Nesta classe (8-200m<sup>3</sup>) locais da costa do Espírito Santo até o Rio de Janeiro apresentaram possibilidade de presença de óleo, a máxima probabilidade, 40-30%, foi registrada no Espírito Santo.



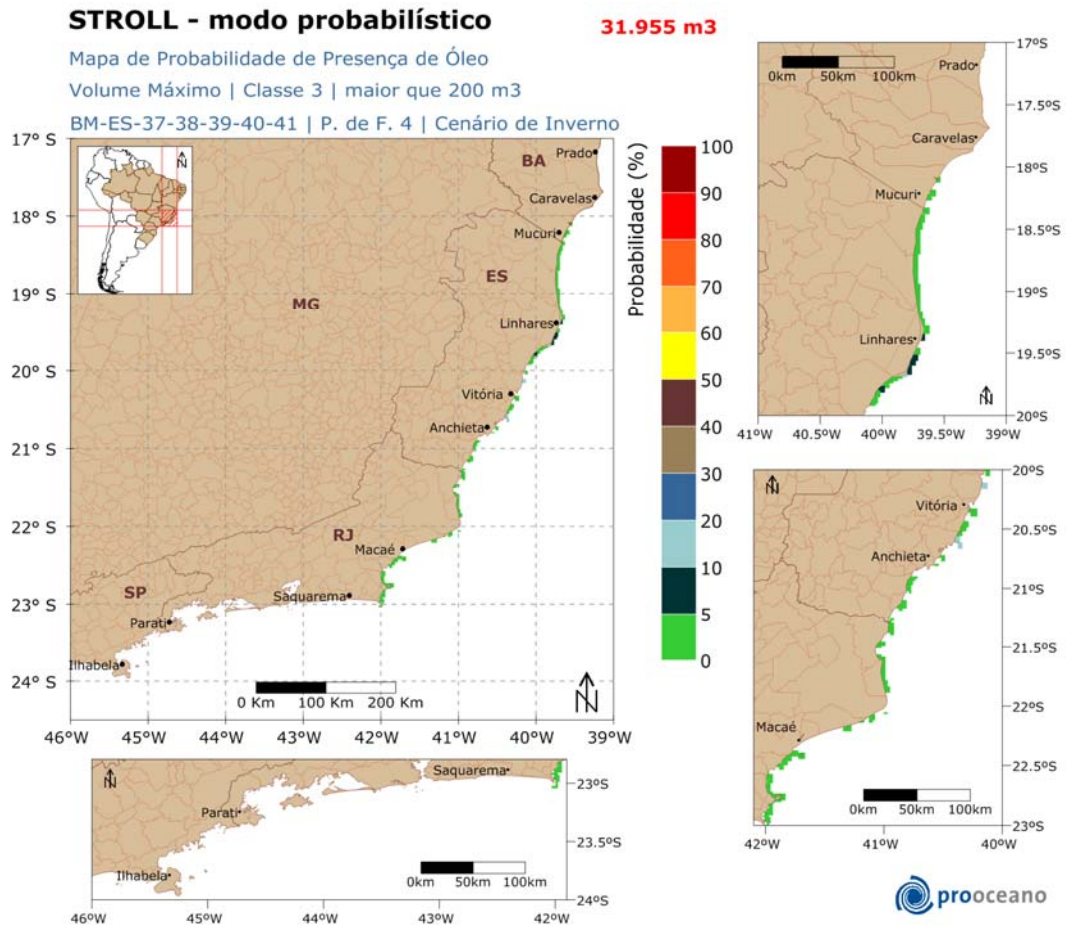


Figura 215: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume máximo, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.

Esta faixa volume (maior que 200m<sup>3</sup>) somente apresentou probabilidade máxima 20-10% em regiões do estado do Espírito Santo.

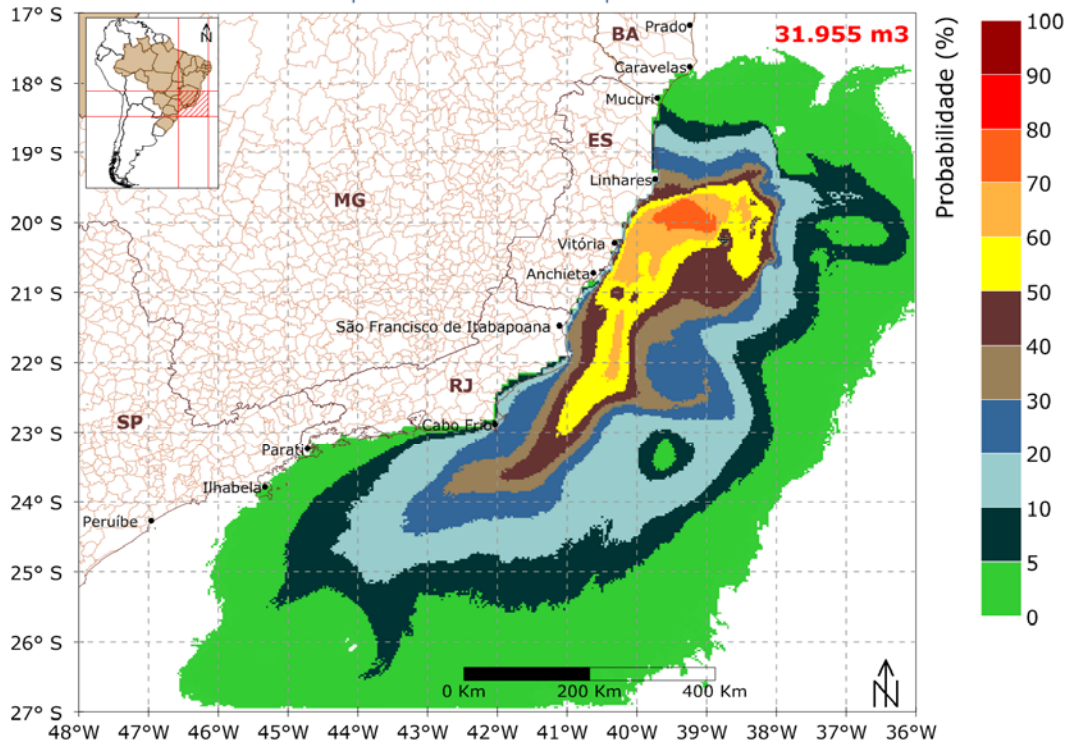
**STROLL - modo probabilístico**



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 1 | menor que 8 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 216: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 1, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Todas as regiões identificadas na Figura 209 (Mapa de Probabilidade de Óleo) também podem apresentar óleo nesta faixa de volume médio, classe 1 (menor que 8m<sup>3</sup>).

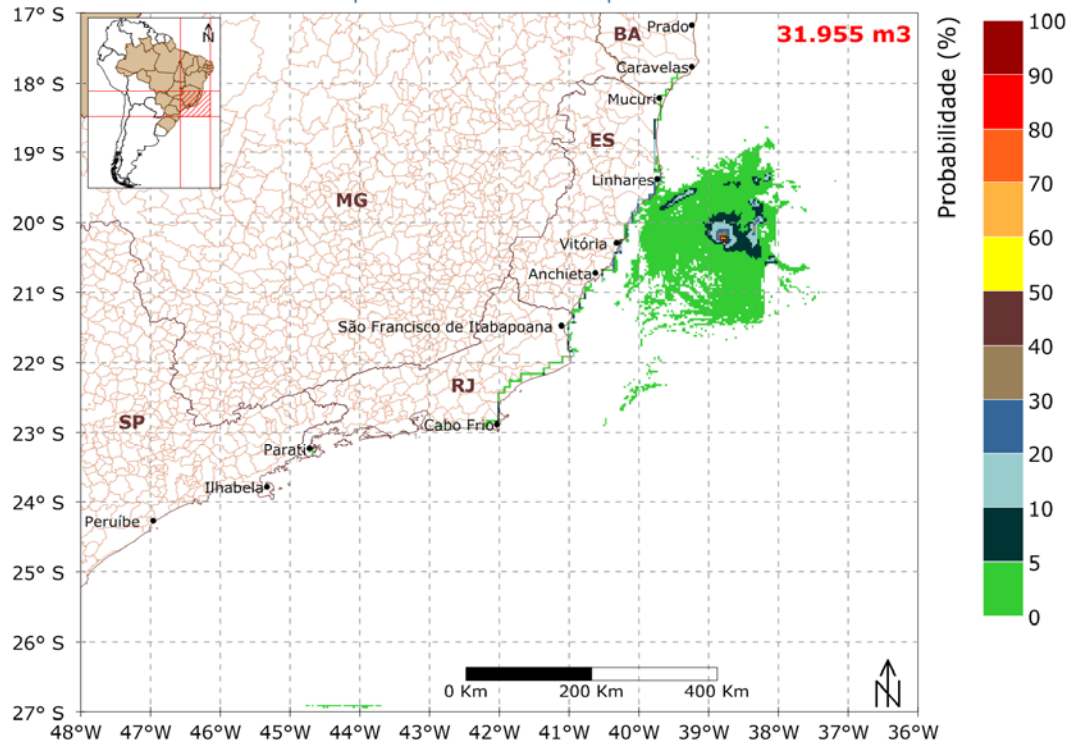
### STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 2 | 8-200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 217: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 2, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Nesta faixa de volume (8-200m<sup>3</sup>) a maior parte das regiões com probabilidade estão nas proximidades do poço. Na costa a máxima probabilidade, 40-30%, é encontrada no estado do Espírito Santo.

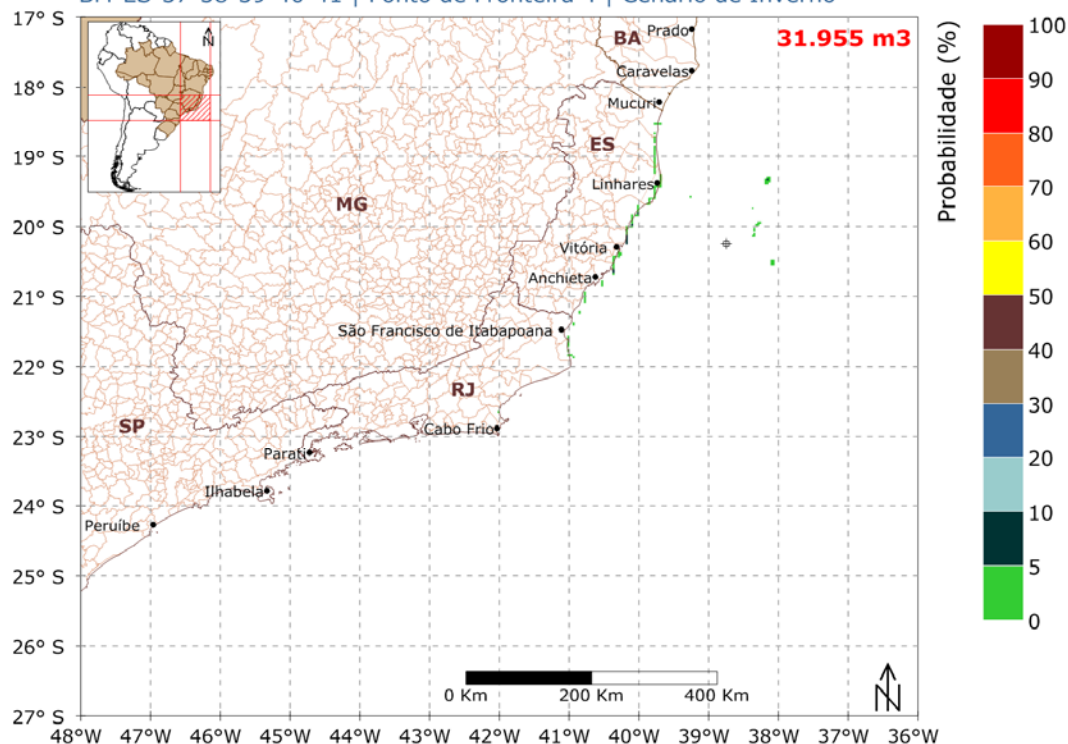
## STROLL - modo probabilístico



Mapa de Probabilidade de Presença de Óleo

Volume Médio | Classe 3 | maior que 200 m<sup>3</sup>

BM-ES-37-38-39-40-41 | Ponto de Fronteira 4 | Cenário de Inverno



**Figura 218: Mapa de Probabilidade de presença de óleo por faixa de volume médio, na Classe 3, para um vazamento de 30 dias, no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

Poucas áreas podem apresentar essa faixa de volume, sendo a máxima probabilidade, 10-5%, encontrada no estado do Espírito Santo.

### V.4.2. Modo Determinístico

Com base nos resultados obtidos nas simulações probabilísticas foi identificado o cenário crítico para ocorrência de um evento de *blow-out* no ponto de fronteira 4, BM-ES-37-38-39-40-41. O cenário que apresentou o menor tempo mínimo de toque na costa foi o de inverno, 100-200 horas, portanto será apresentada uma trajetória crítica ocorrida neste cenário.

Também serão apresentadas duas trajetórias que representarão a deriva do óleo nas condições meteo-oceanográficas mais frequentes da região, nos cenários sazonais de verão e inverno conforme estabelecido no item V.



Nas figuras serão apresentados os instantâneos com os resultados da simulação da dispersão de óleo realizada para a situação escolhida. São também mostrados nas figuras os campos de vento e correntes que transportaram o óleo nesse cenário.

#### V.4.2.1. Crítico

Na Figura 219 à Figura 229 é mostrada a trajetória do óleo no cenário de inverno para a situação crítica, onde o óleo atinge a costa mais rapidamente.

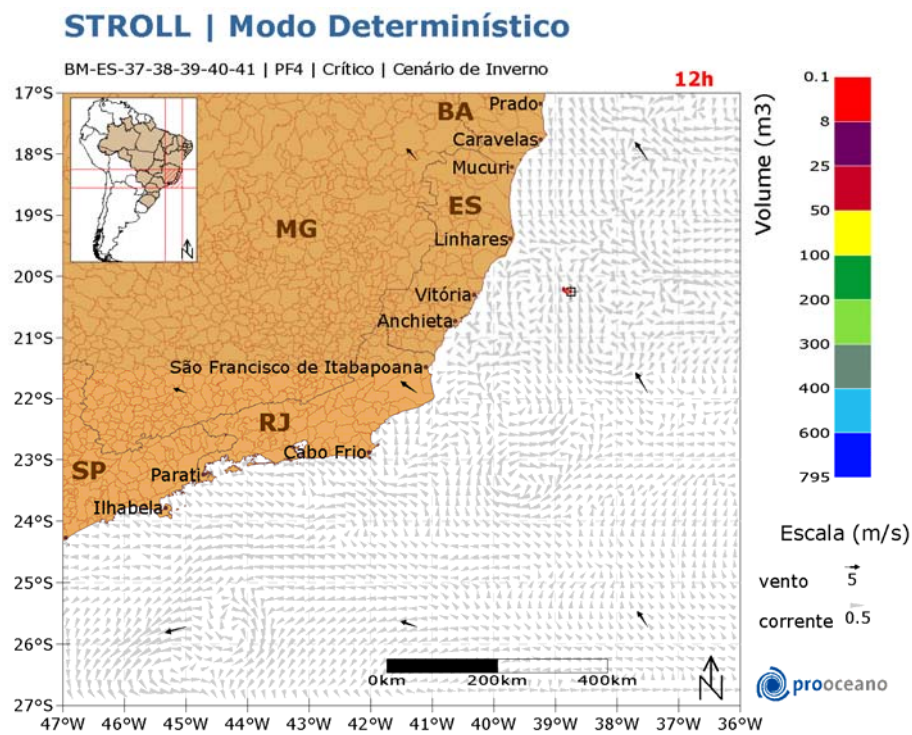


Figura 219: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

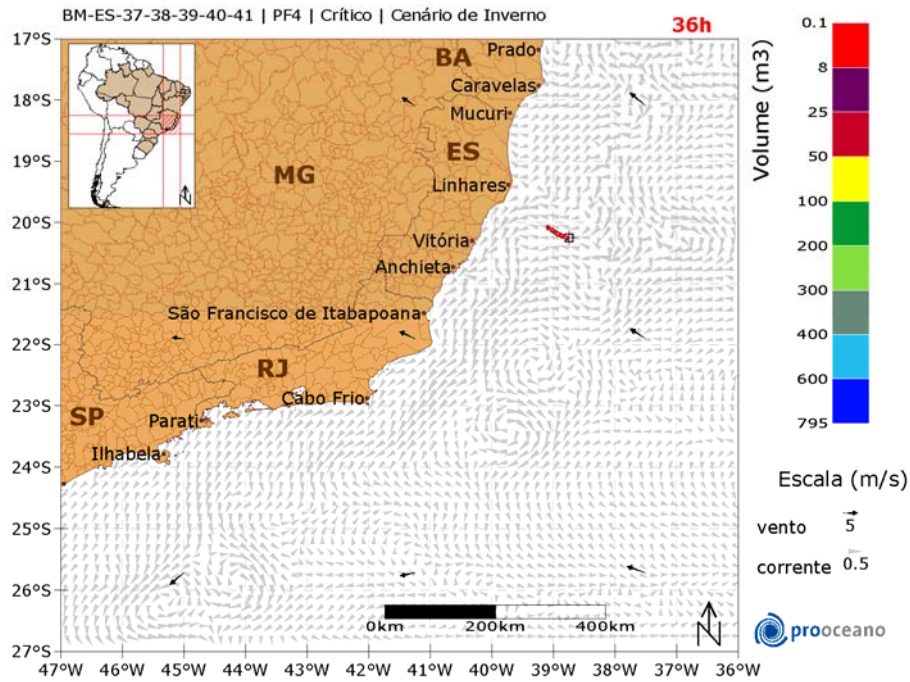


Figura 220: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

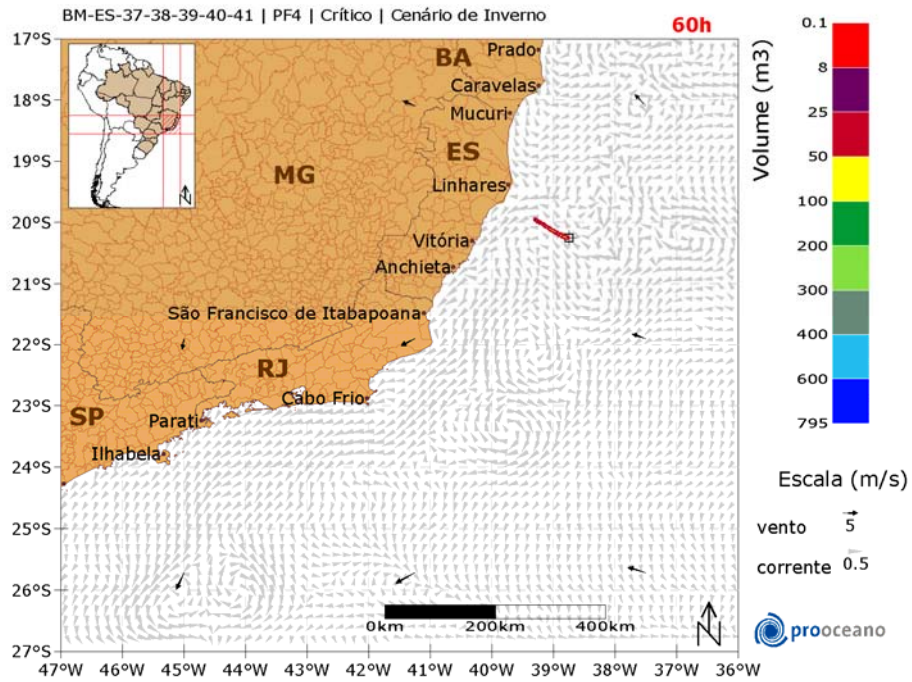


Figura 221: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

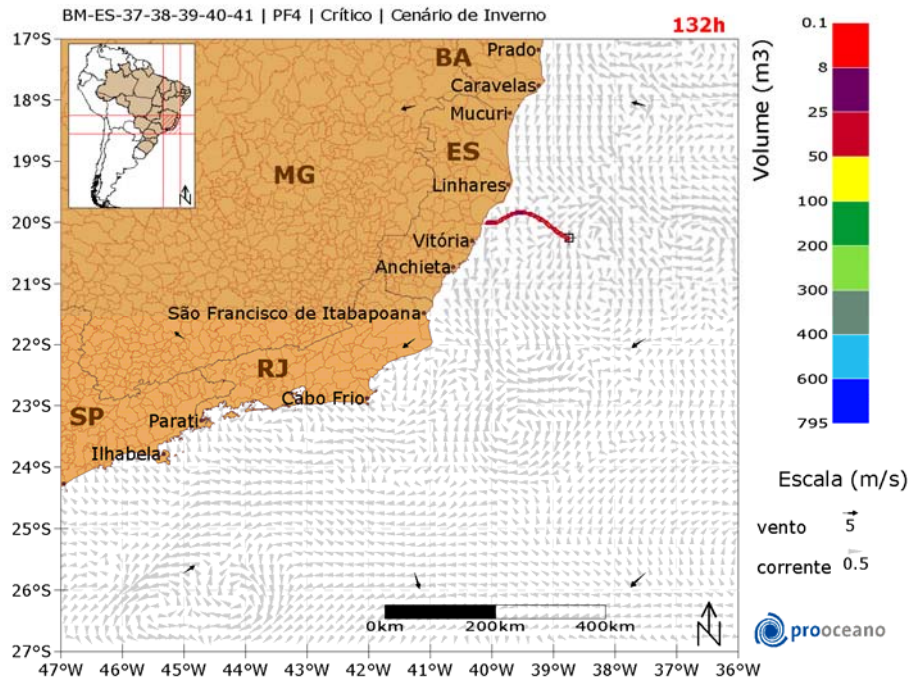


Figura 222: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 132 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

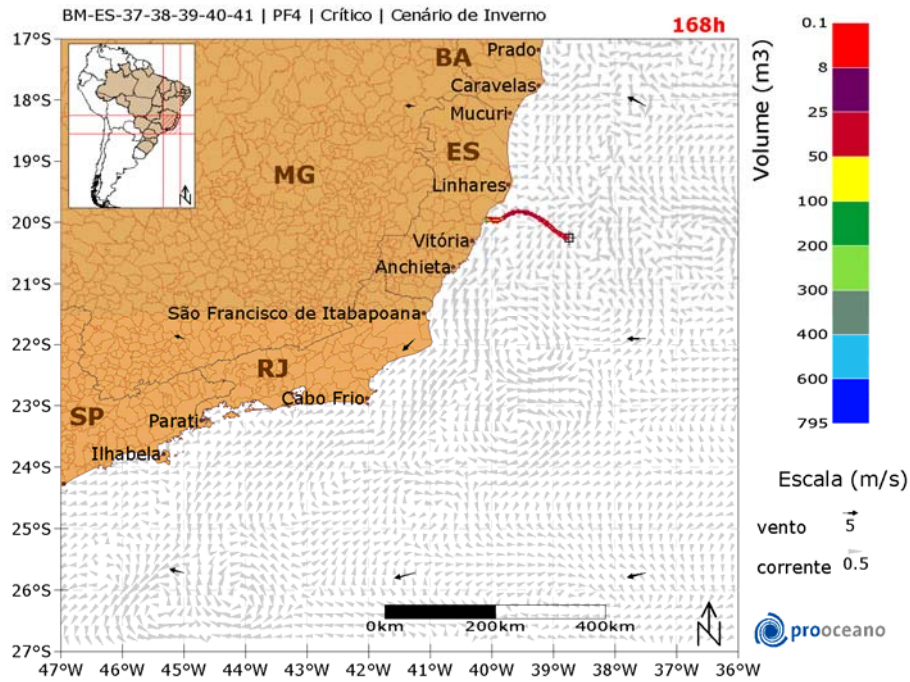


Figura 223: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

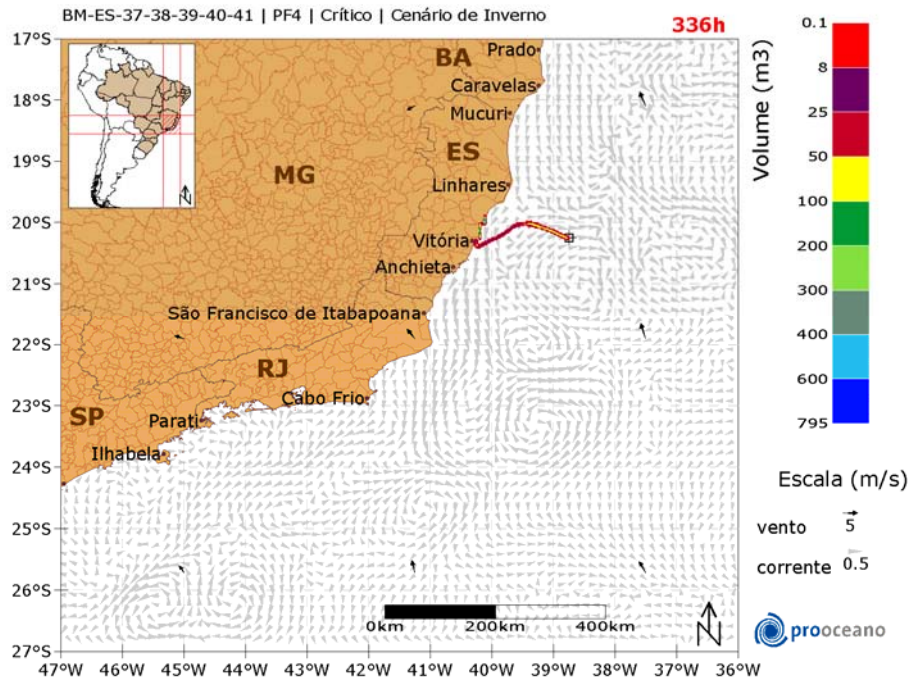


Figura 224: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

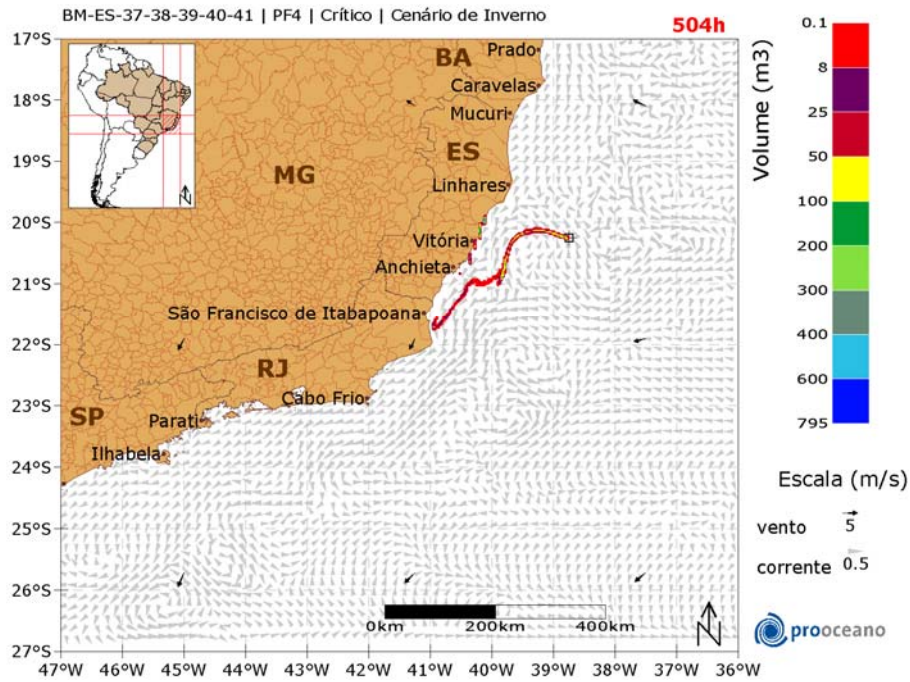


Figura 225: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

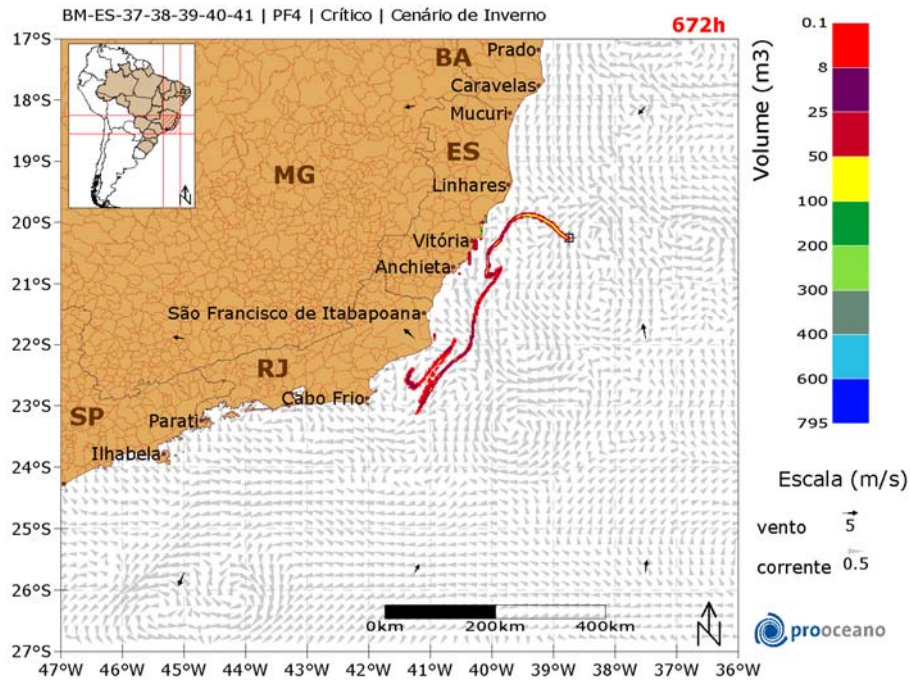


Figura 226: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

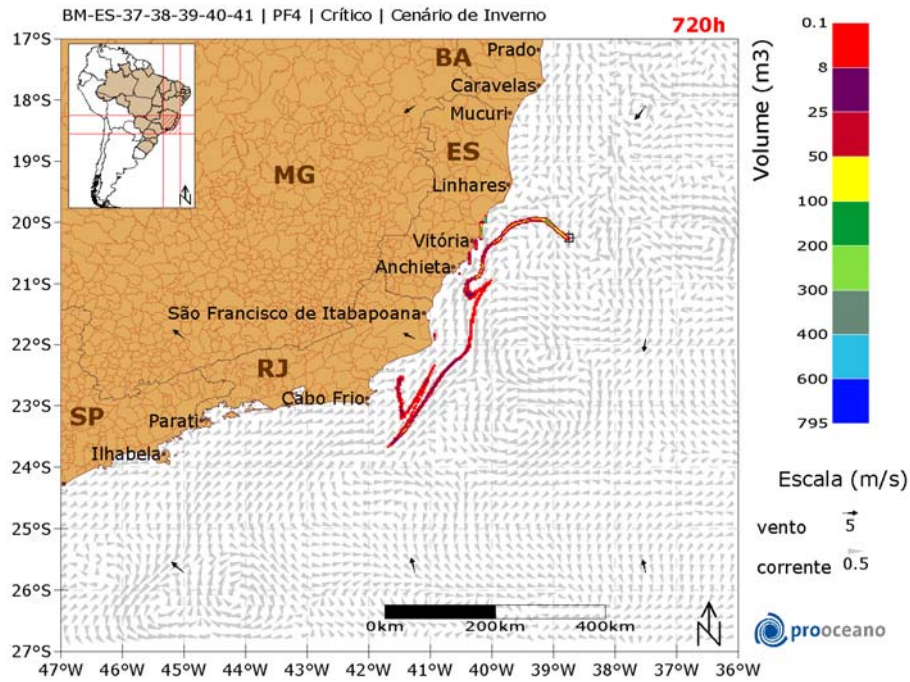


Figura 227: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

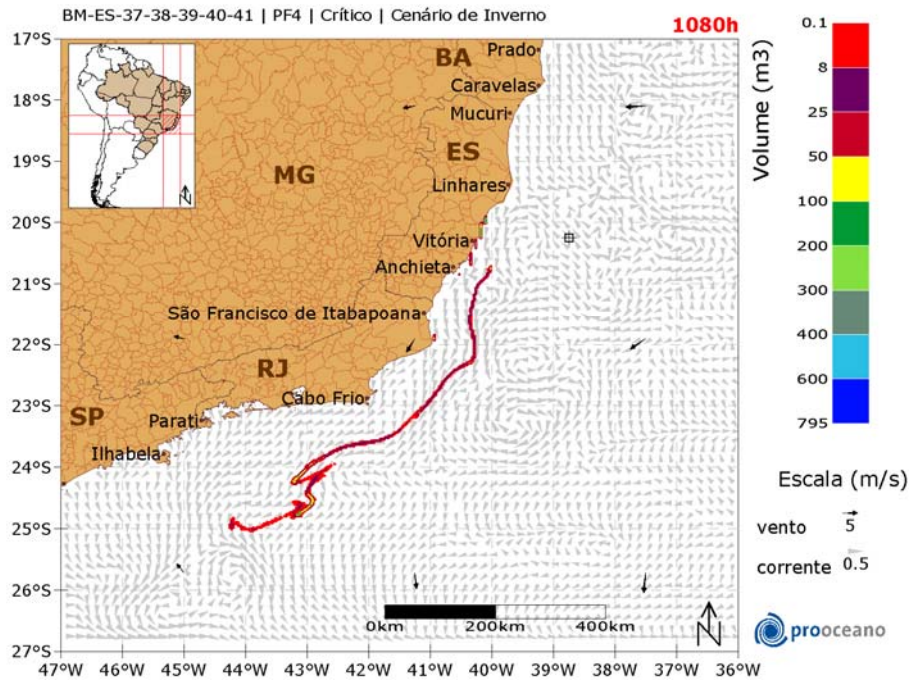
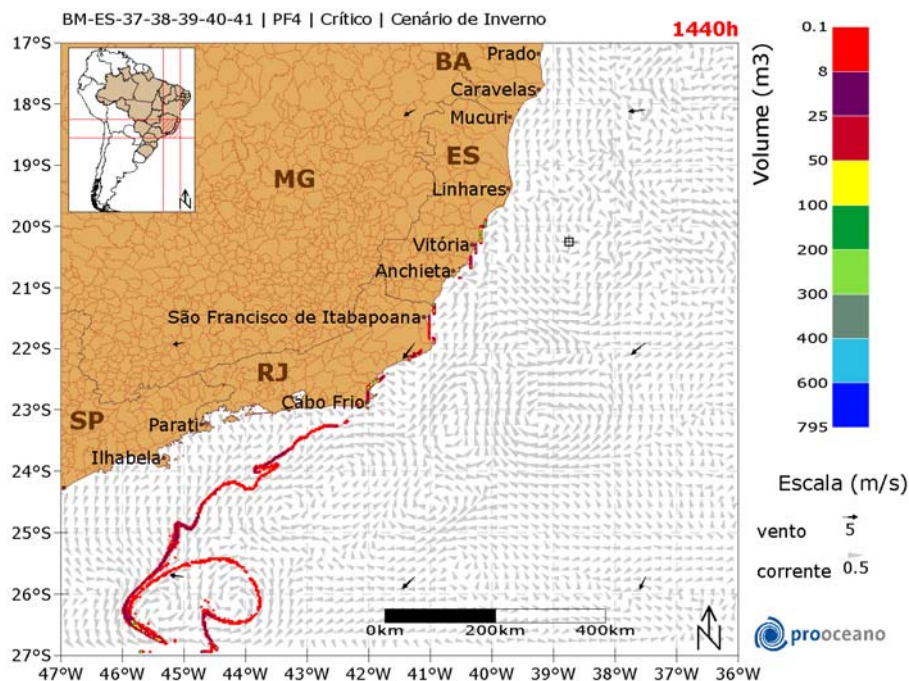


Figura 228: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.

## STROLL | Modo Determinístico



**Figura 229: Resultado da simulação determinística crítica, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.**

A deriva do óleo iniciou-se rumo a noroeste do poço, quando em 132 h houve o toque na costa na região de Linhares – ES. Após esse momento o óleo derivou rumo a sudoeste do poço. Ao final da simulação, 1440 horas, o óleo remanescente é encontrado na costa em algumas regiões entre Aracruz - ES e Arraial do Cabo - RJ.

No gráfico (Figura 230), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa, ~4.000 m<sup>3</sup>, foi alcançado em aproximadamente 600 horas após o início da simulação.



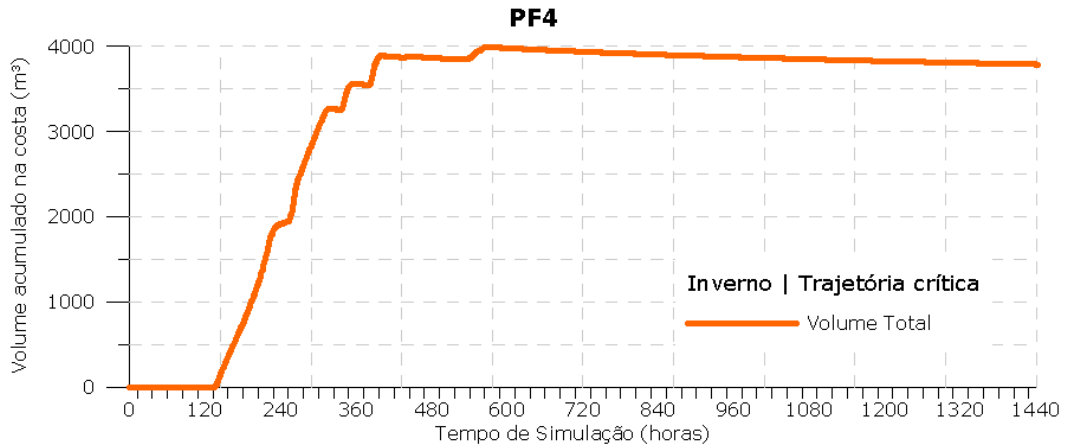


Figura 230: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória crítica no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.

#### V.4.2.2. Condições Meteo-oceanográficas frequentes

A seguir, na Figura 231 à Figura 251 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no verão.

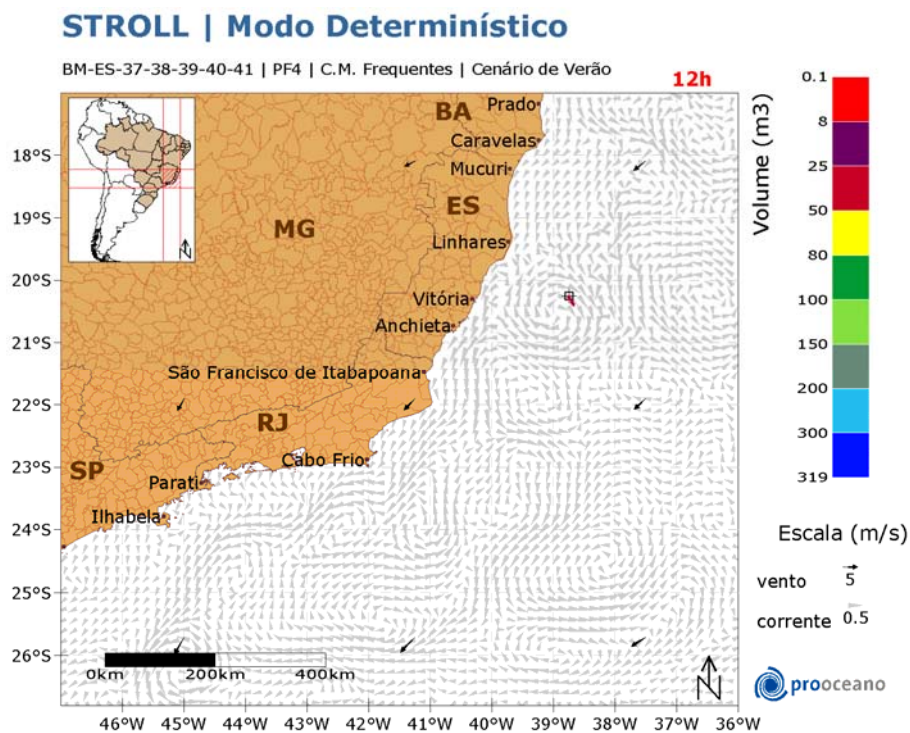


Figura 231: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

36h

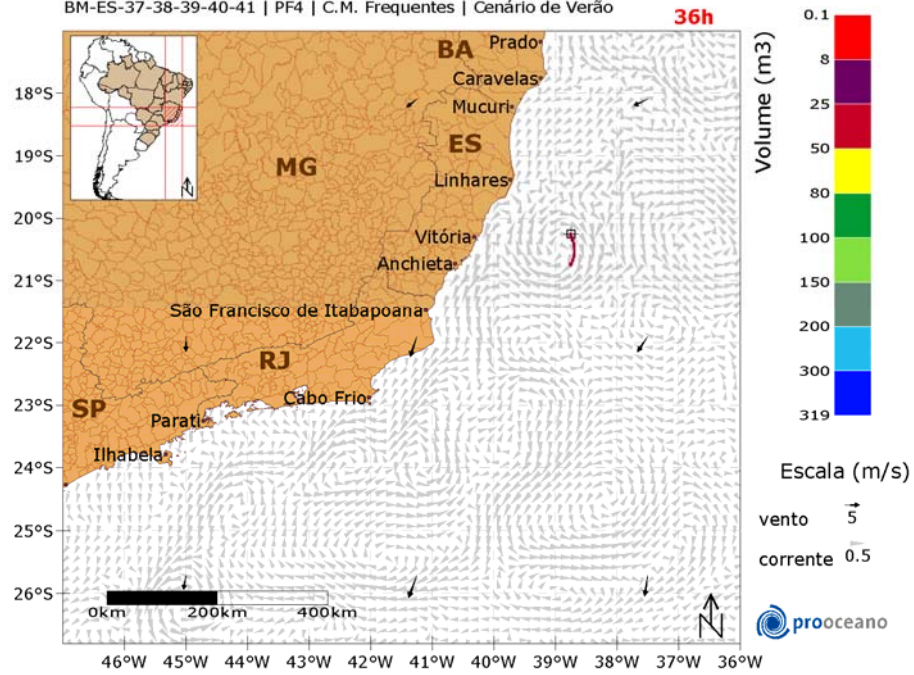


Figura 232: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

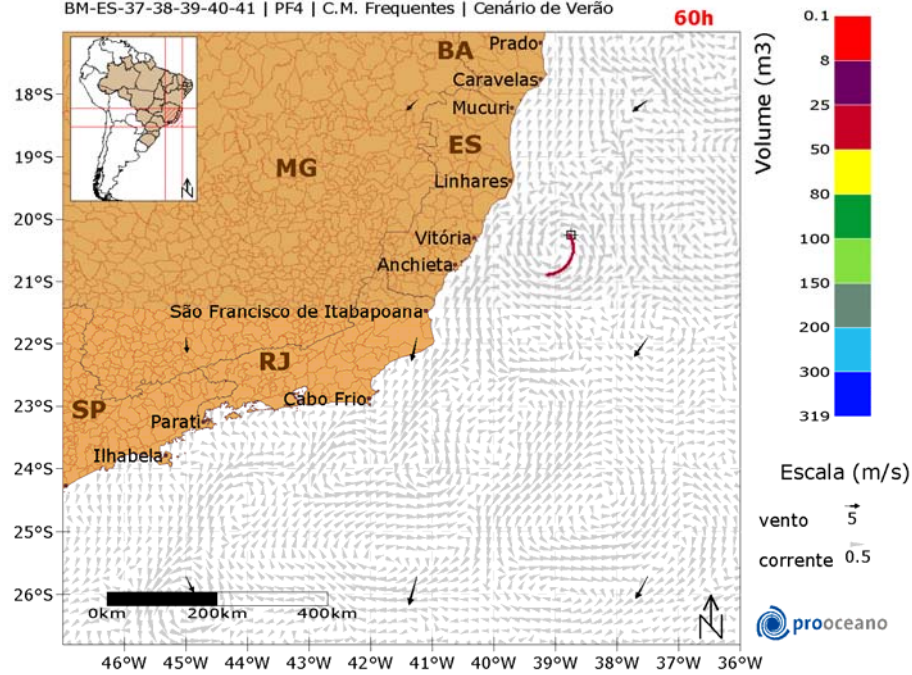


Figura 233: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

168h

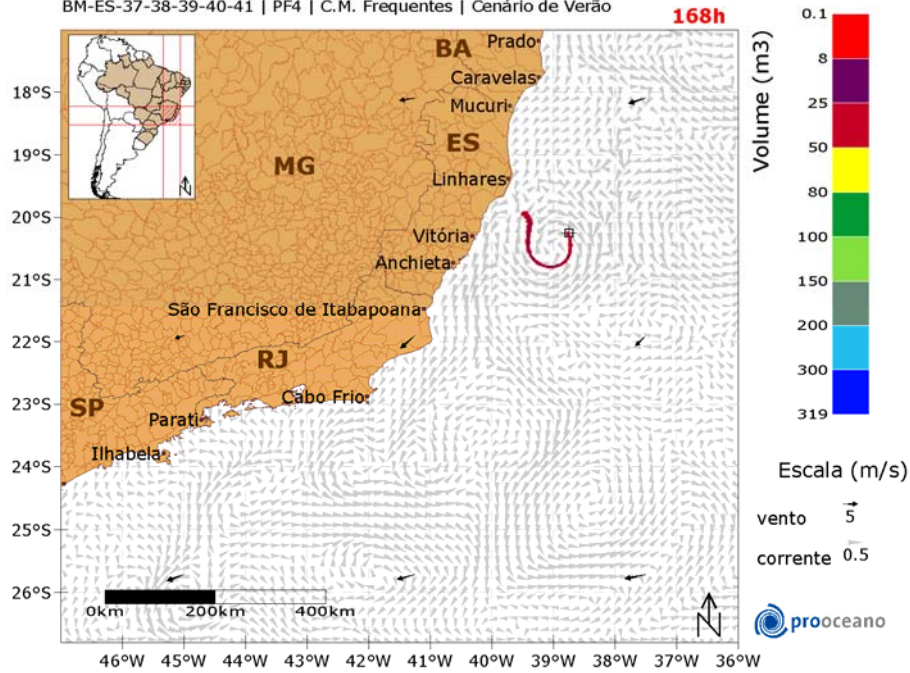


Figura 234: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

336h

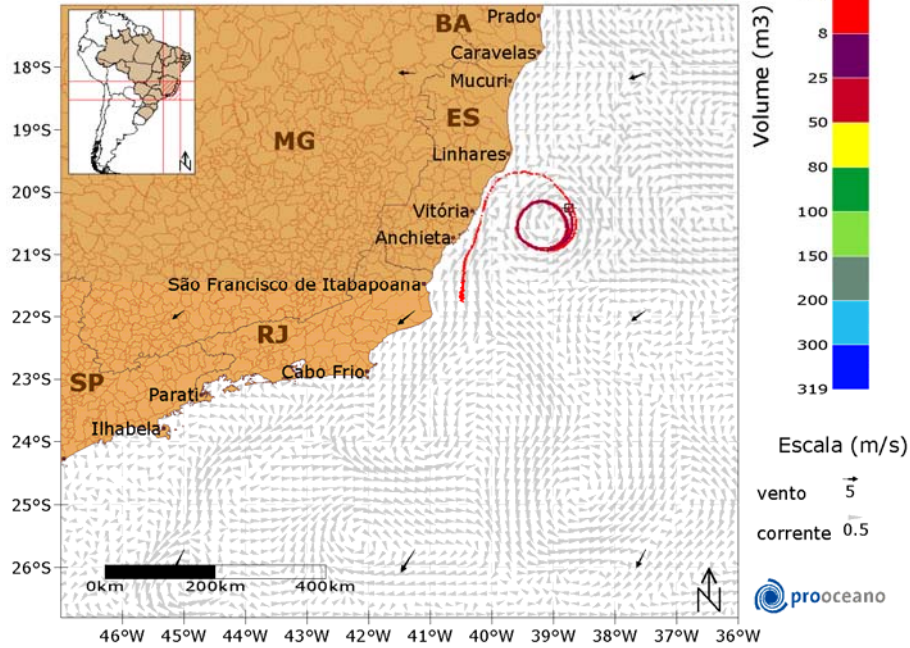


Figura 235: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

504h

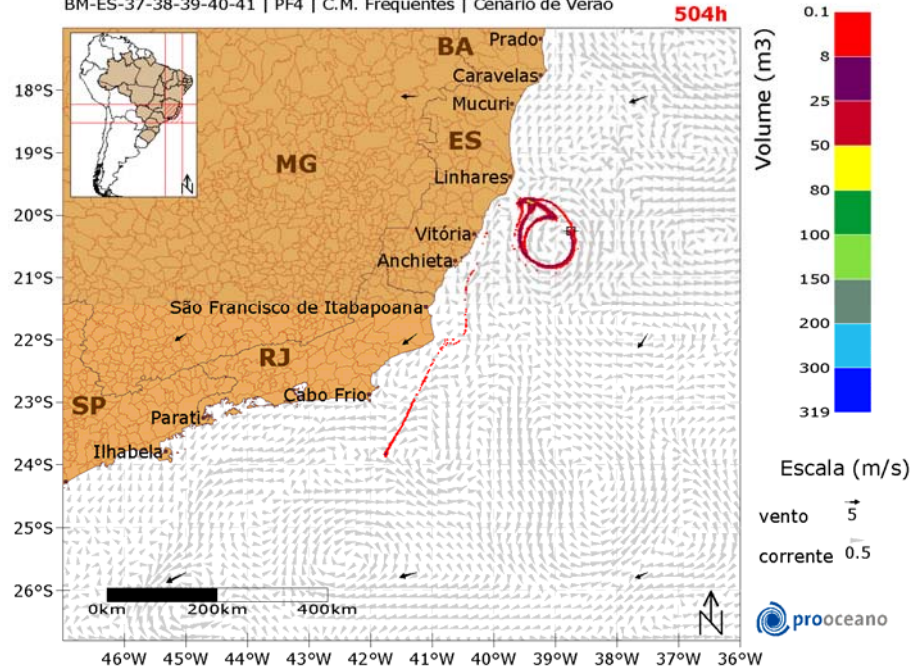


Figura 236: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

672h

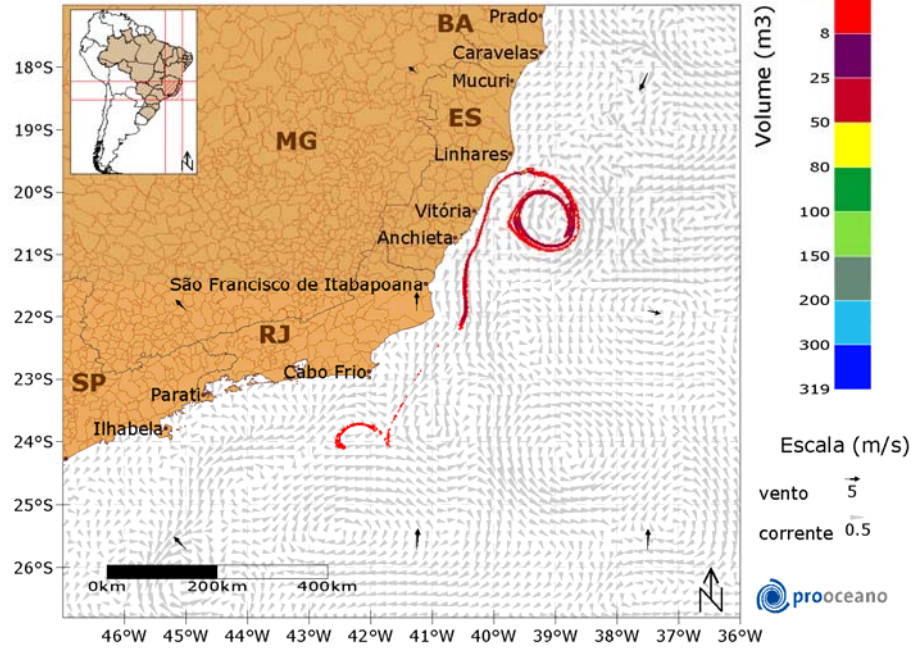


Figura 237: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

720h

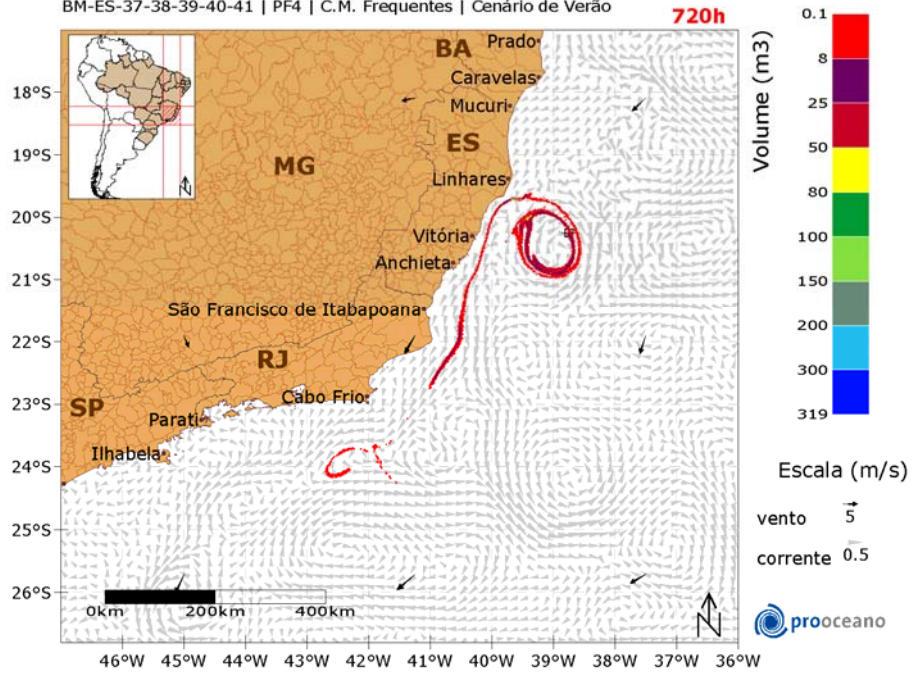


Figura 238: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 30 dias. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

1080h

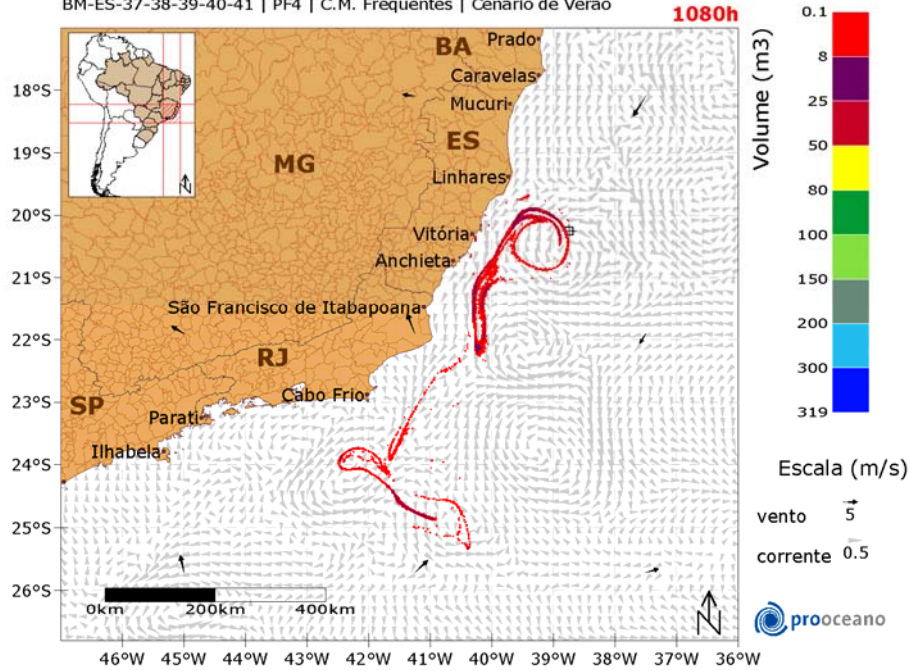
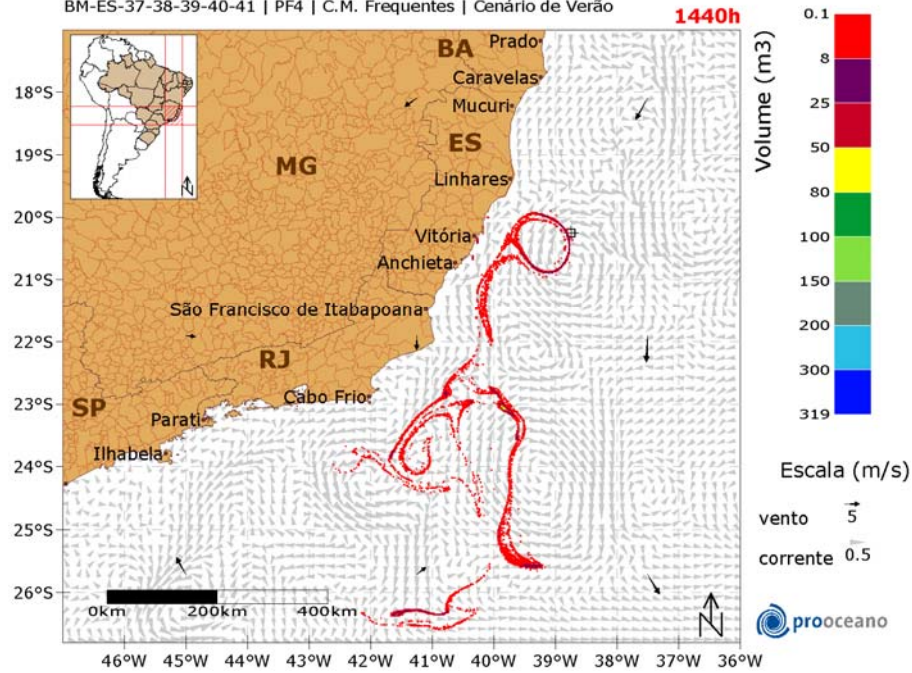


Figura 239: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

BM-ES-37-38-39-40-41 | PF4 | C.M. Frequentes | Cenário de Verão

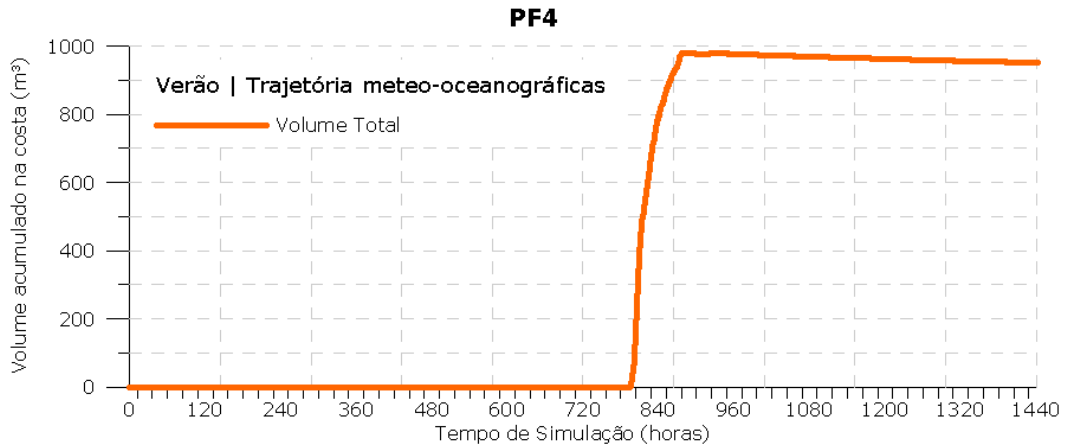


**Figura 240: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de verão, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.**

A deriva do óleo ocorreu rumo a sul do poço, quando em 168h é levada para noroeste. Em 1080 horas nota-se a presença do óleo em Serra - ES e adjacências. Ao final da simulação parte do óleo remanescente alcançou a latitude  $\sim 27^{\circ}\text{S}$ , em 1440 horas.

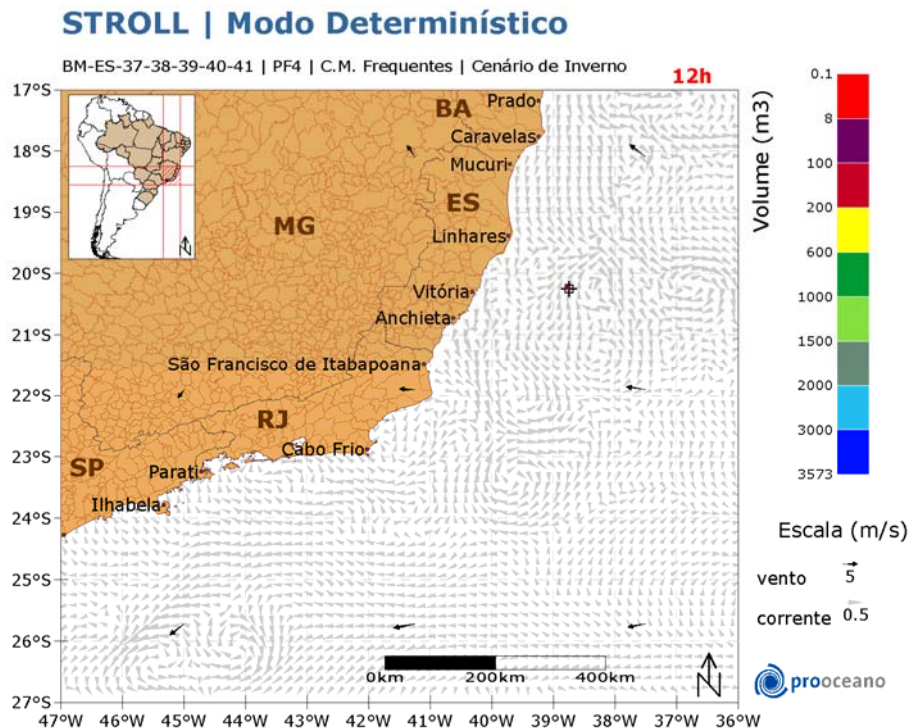
No gráfico (Figura 241), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa,  $\sim 1.000 \text{ m}^3$ , foi alcançado em aproximadamente 840 horas após o início da simulação.



**Figura 241: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes no cenário de verão. Ponto de Fronteira 4.**

A seguir na Figura 242 à Figura 251 é apresentada a trajetória do óleo em condições meteo-oceanográficas frequentes no inverno.



**Figura 242: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 12 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.**

### STROLL | Modo Determinístico

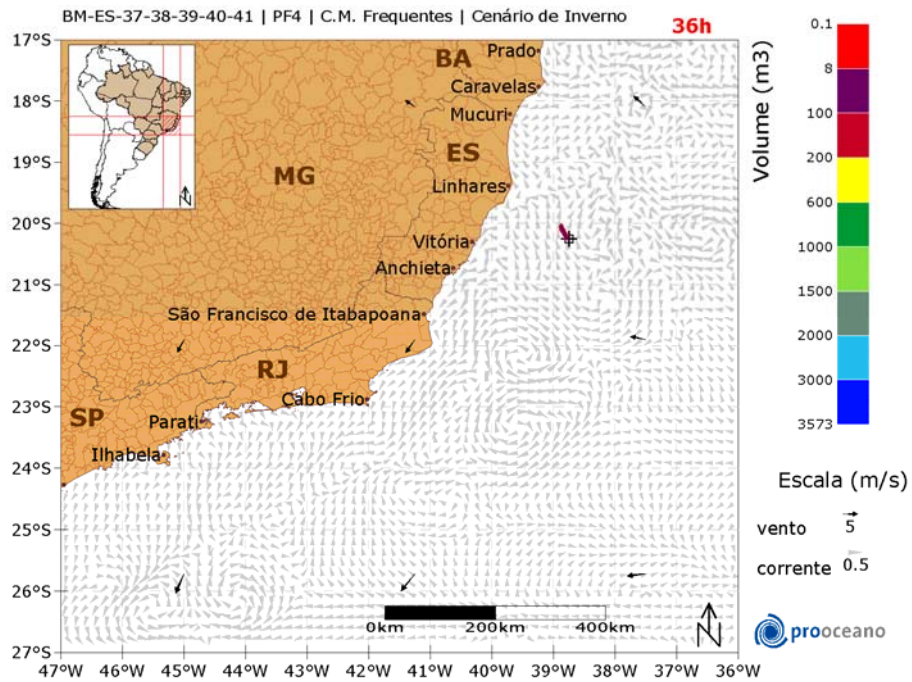


Figura 243: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 36 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

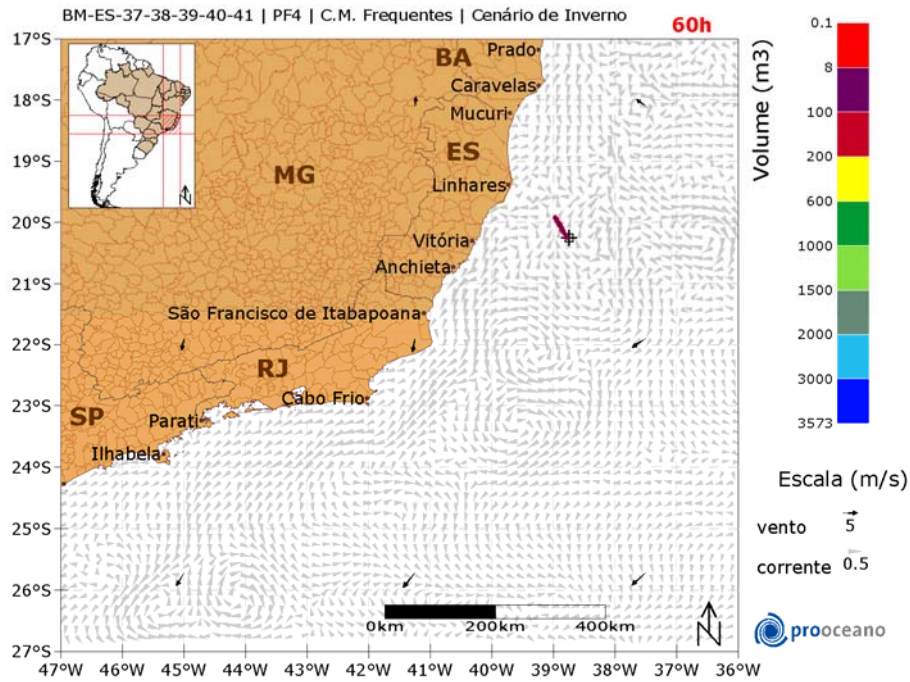


Figura 244: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 horas de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

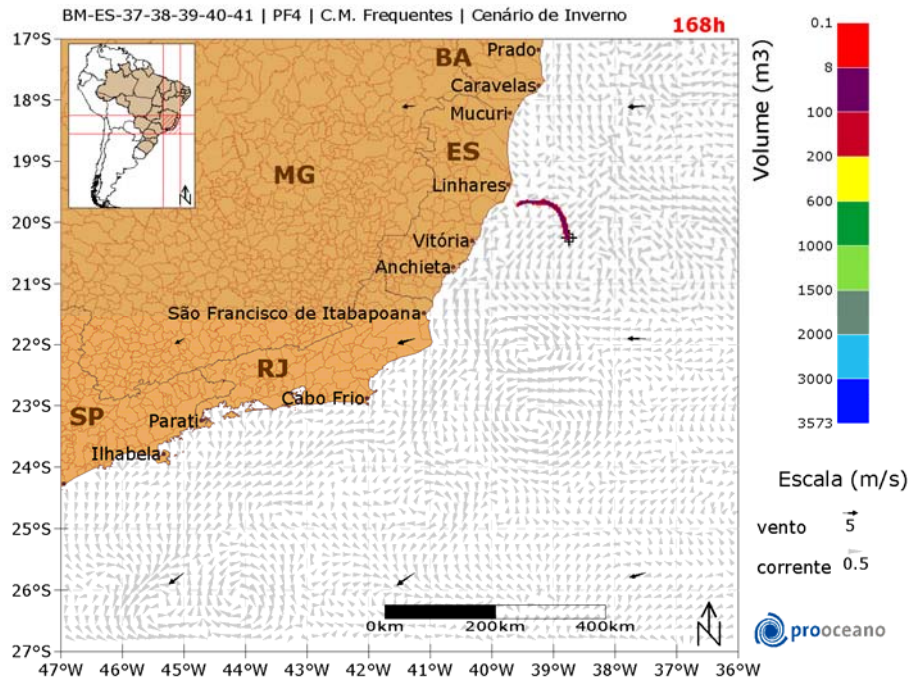


Figura 245: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 1 semana (7 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

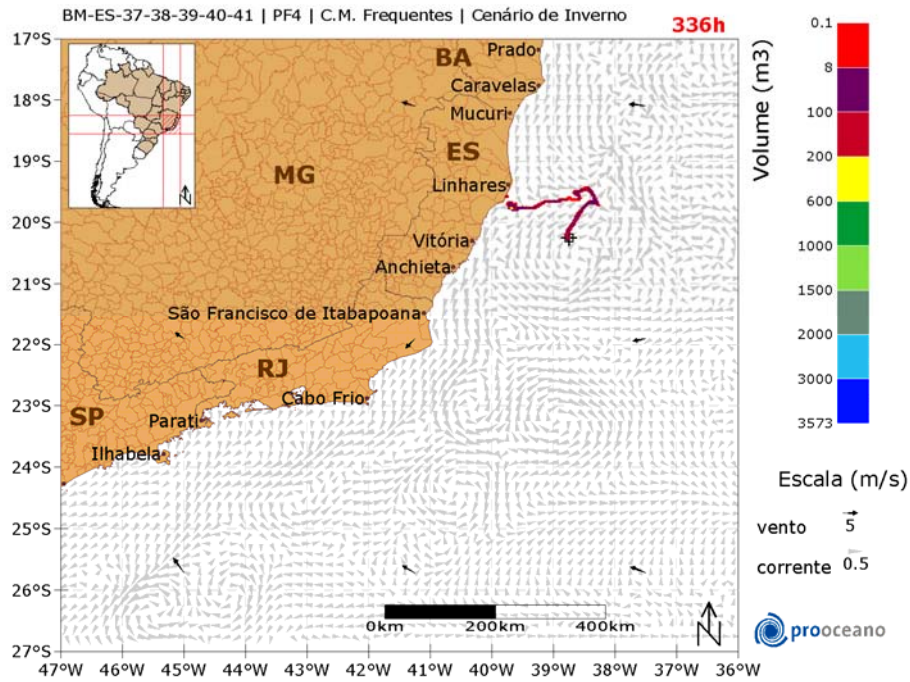


Figura 246: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 2 semanas (14 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

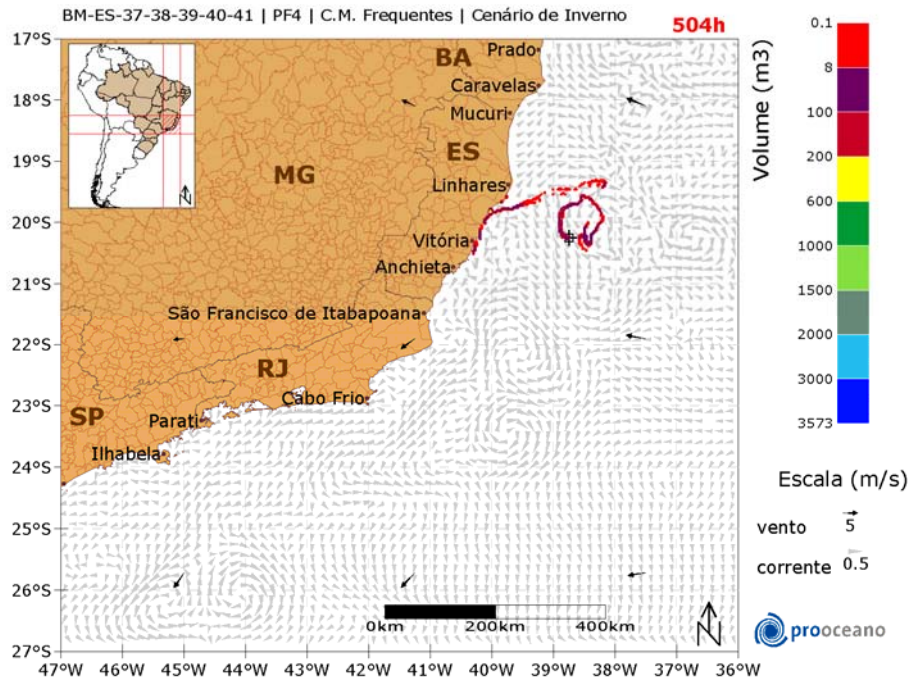


Figura 247: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 3 semanas (21 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

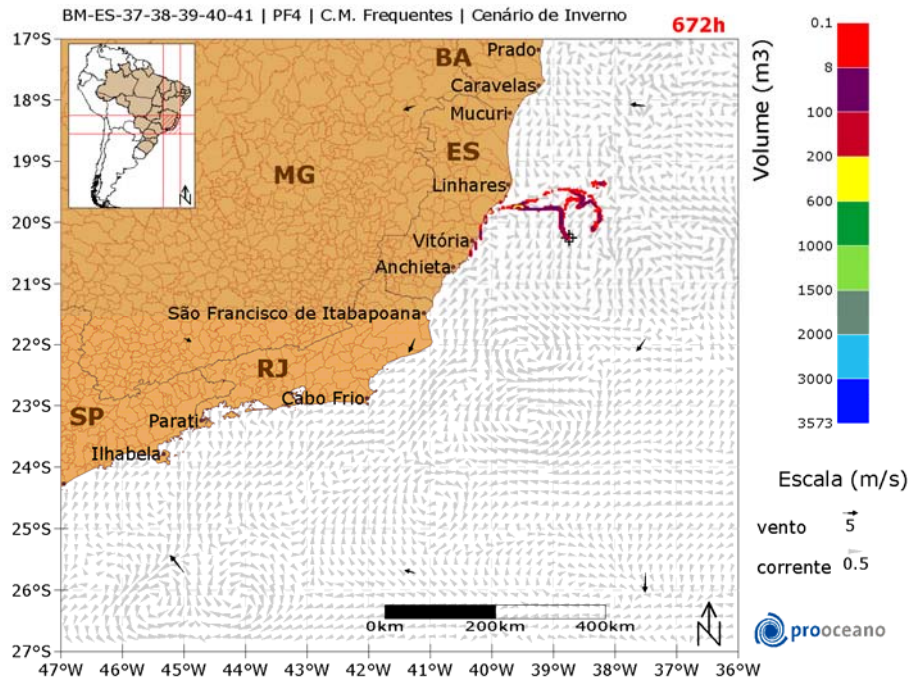


Figura 248: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 4 semanas (28 dias) de simulação. Ponto de Fronteira 4.



### STROLL | Modo Determinístico

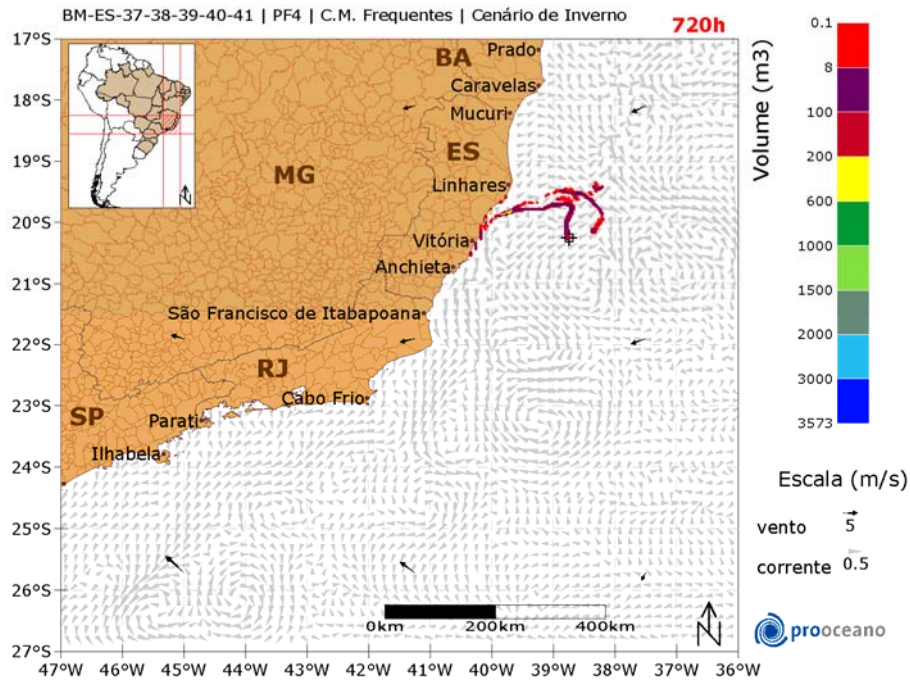


Figura 249: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 30 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

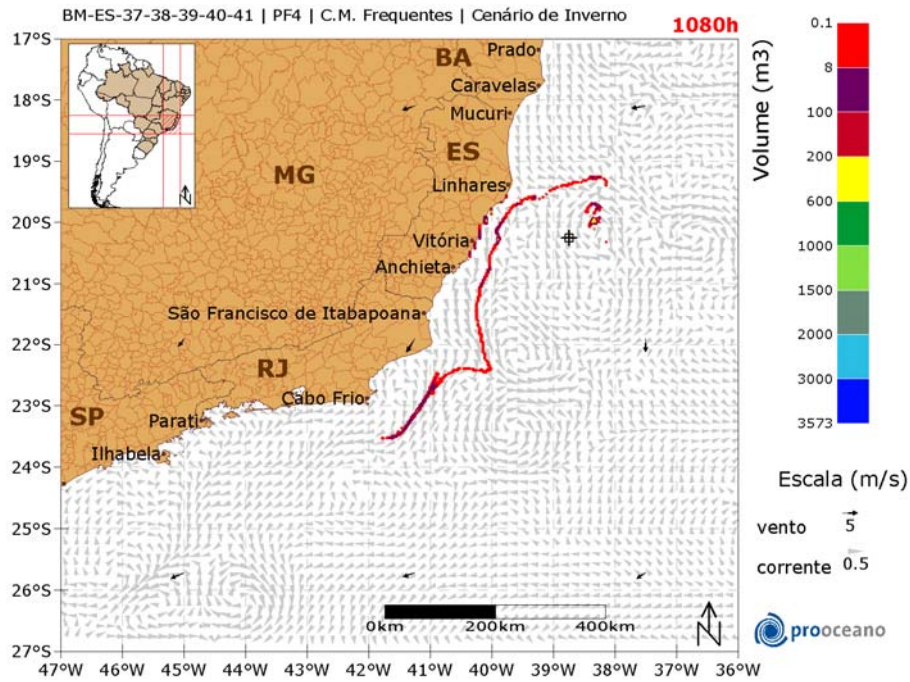
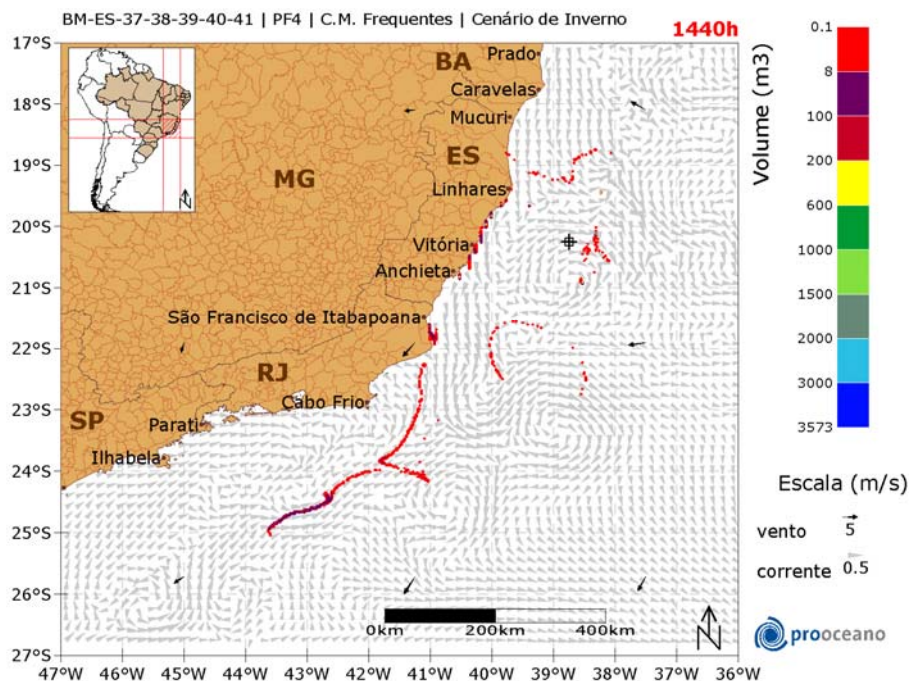


Figura 250: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 45 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.

### STROLL | Modo Determinístico

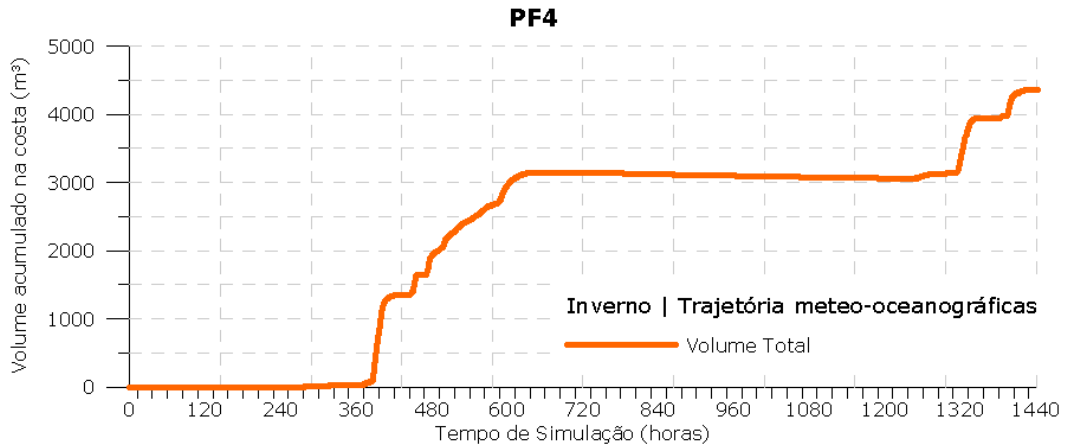


**Figura 251: Resultado da simulação determinística de condições meteo-oceanográficas frequentes, cenário de inverno, após 60 dias de simulação. Ponto de Fronteira 4.**

A deriva do óleo foi rumo a noroeste inicialmente, e depois predominou na direção sul. Em 336 horas de simulação já há óleo na costa, e ao final da simulação, 1440 horas, o óleo apresenta-se em alguns lugares da costa entre São Mateus – ES e Campos dos Goytacazes – RJ.

No gráfico (Figura 252), a seguir, é apresentada a evolução temporal do volume de óleo acumulado na costa ao longo da simulação.

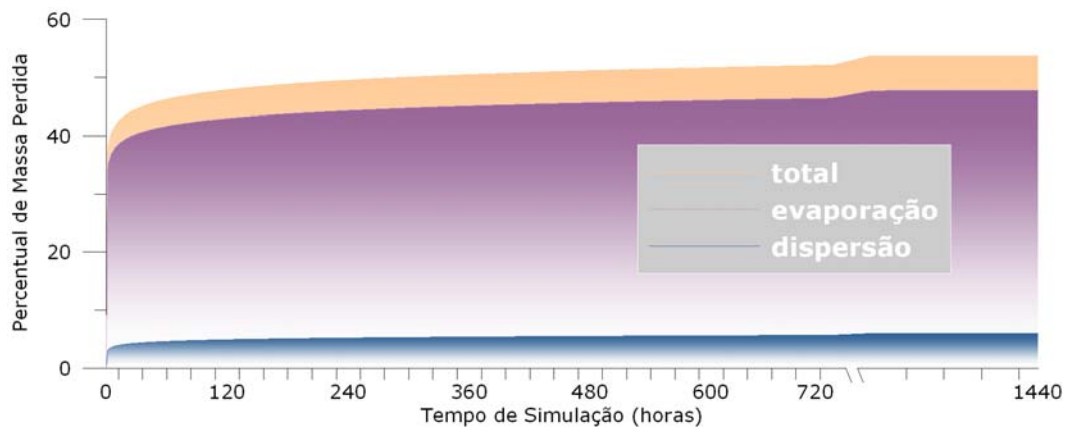
Observa-se que, o volume máximo de óleo acumulado na costa, ~4.500 m<sup>3</sup>, foi alcançado em aproximadamente 1400 horas após o início da simulação.



**Figura 252: Volume acumulado na costa durante a simulação da trajetória de condições meteo-oceanográficas frequentes no cenário de inverno. Ponto de Fronteira 4.**

#### V.5. Balanços de Massa (ou Processos do Intemperismo)

A evolução temporal do balanço de massa obtido nas simulações é apresentada na Figura 253.



**Figura 253: Evolução Temporal do Balanço de Massa ao longo da Simulação. Ponto de Fronteira 4.**

Ao final da simulação a massa total de óleo perdida foi de 53,75%, sendo que desse valor, a perda total por evaporação foi o processo mais efetivo, alcançando 47,80% do total. A perda de massa por dispersão consumiu apenas 5,95% do óleo.

O balanço de massa ao longo do tempo pode ser observado na Figura 254 à Figura 260.



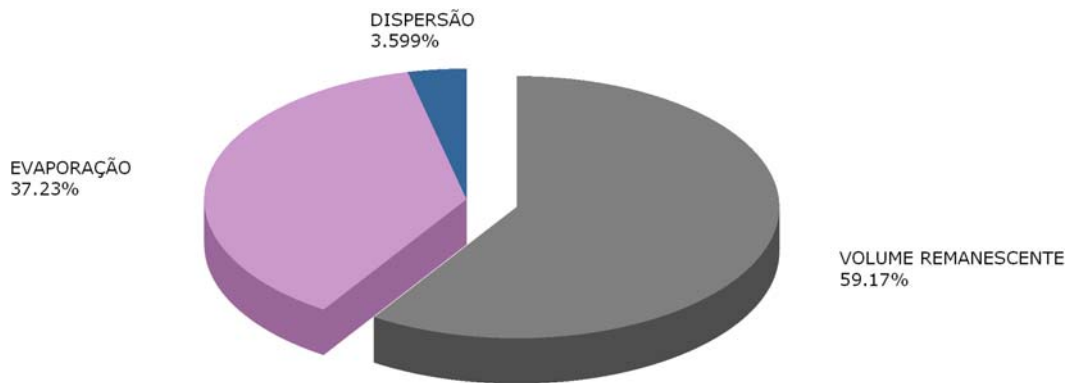


Figura 254: Balanço de Massa, após 6 horas de simulação.

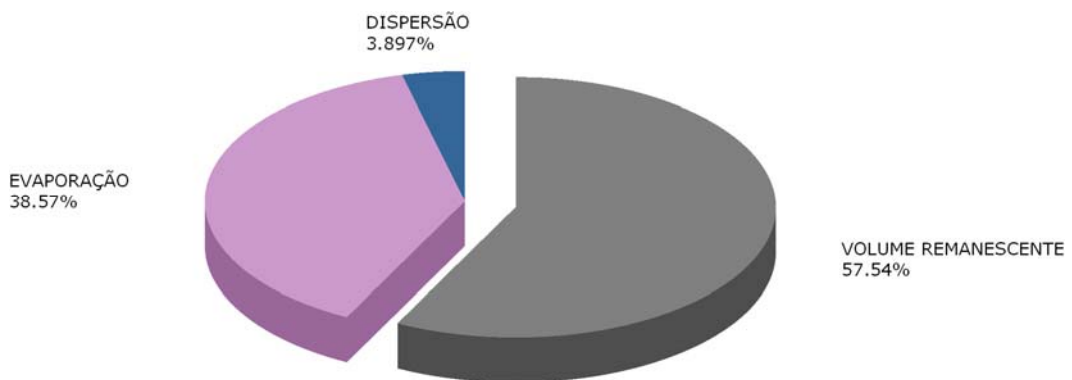


Figura 255: Balanço de Massa, após 12 horas de simulação.

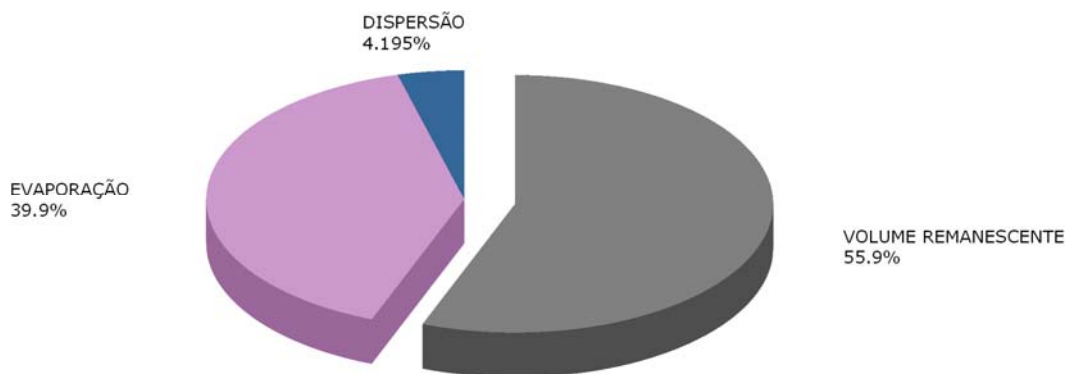


Figura 256: Balanço de Massa, após 24 horas de simulação.

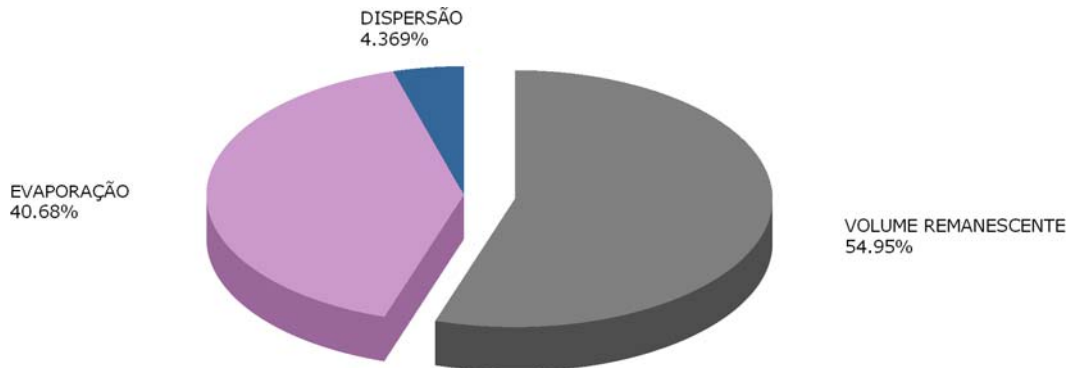


Figura 257: Balanço de Massa, após 36 horas de simulação.

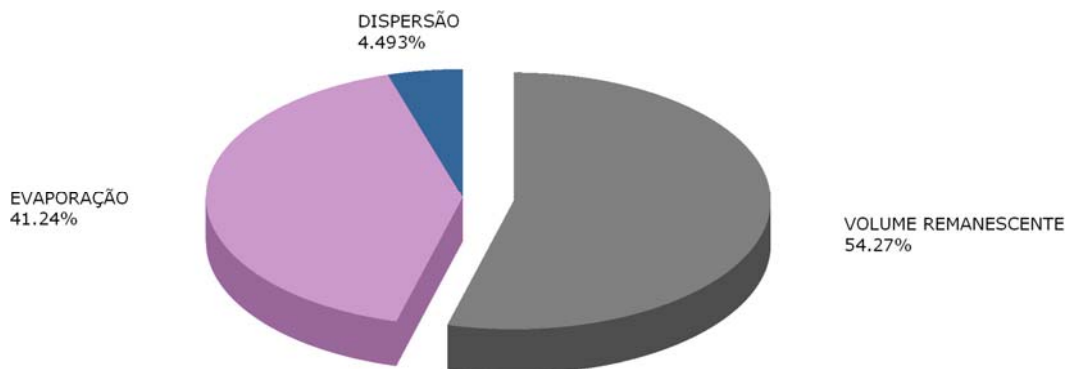


Figura 258: Balanço de Massa, após 48 horas de simulação.

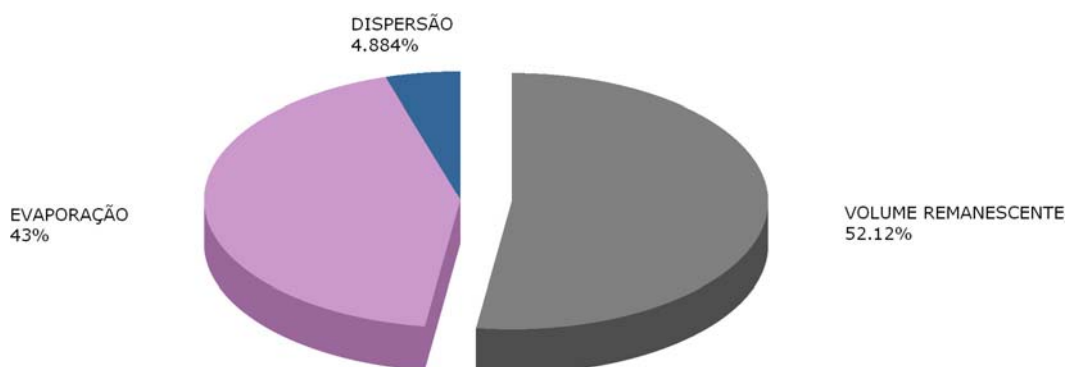
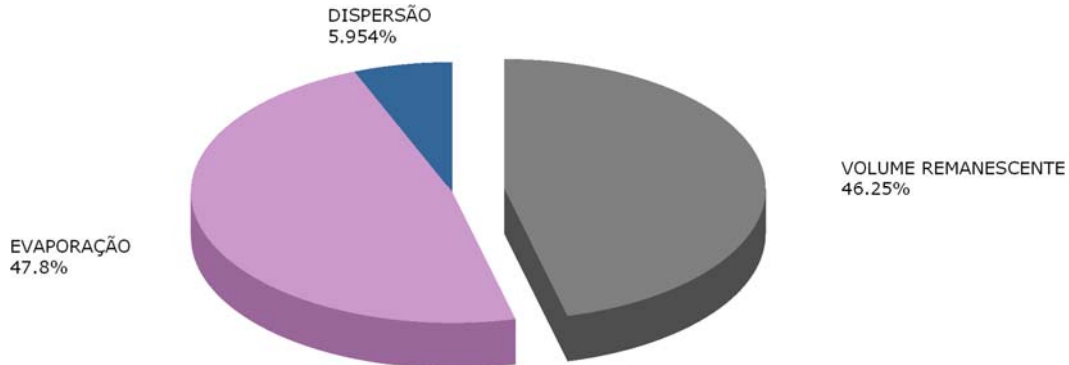


Figura 259: Balanço de Massa, após 120 horas de simulação.



**Figura 260: Balanço de Massa, após 1440 horas de simulação.**

## VI. CONCLUSÃO

Em todas as simulações probabilísticas, de pequeno e médio volume, além do *blow-out*, a deriva preferencial do óleo foi para sudoeste do poço, sendo que no inverno, derivas rumo a norte também foram observadas, devido, principalmente, a maior ocorrência de sistemas frontais nessa época do ano. No caso do cenário de verão nota-se em todas as simulações uma feição bastante marcante, o vórtice de Vitória, na latitude  $\sim 20,5^{\circ}\text{S}$ .

Para os quatro locais de vazamento (pontos de fronteira 1, 2, 3 e 4), considerando os três volumes simulados ( $8$ ,  $200$  e  $31.955\text{m}^3$ ), em quase todos os casos houve probabilidade do óleo atingir a costa. As exceções foram os vazamentos de pequeno porte ( $8\text{m}^3$ ), no cenário de verão, nos pontos de fronteira 2, 3 e 4, que não apresentaram possibilidade de presença de óleo na costa.

Nos vazamentos de pequeno ( $8\text{m}^3$ ) e médio ( $200\text{m}^3$ ) porte, a probabilidade de chegada de óleo na costa foi de 5-0%, e o menor tempo mínimo, 60-100h. Porém esse tempo só foi encontrado nos cenários de verão e inverno para o ponto de fronteira 1 e no cenário de inverno para o ponto de fronteira 4, no caso dos vazamentos de pequeno porte. No vazamento de médio volume observou-se esse tempo mínimo no verão e inverno do ponto de fronteira 1.

Em relação ao *blow-out*, para todos os pontos de vazamento, as maiores probabilidades de óleo e tempo mínimo de chegada na costa foram registradas no cenário de inverno. A maior probabilidade encontrada foi 80-70% e o menor tempo mínimo 60-100 horas, ambos ocorridos no cenário de inverno para o ponto de fronteira 1, que é o mais próximo da costa.

Como município mais ao norte que pode apresentar óleo na costa temos Prado, no estado da Bahia, que só apresentou probabilidade no cenário de inverno, ponto de fronteira 2. Dentre os municípios mais ao sul temos Ilhabela e São Sebastião no estado de São Paulo. Ilhabela apresenta possibilidade de óleo na costa para pelo menos um dos cenários em todas os pontos de vazamento simulados, e São Sebastião somente aparece em um dos cenários dos vazamentos a partir dos pontos de fronteira 1 e 4.

Os maiores volumes máximos foram sempre registrados em Linhares - ES e adjacências. Para as probabilidades por faixa de volume máximo e médio de óleo na costa, notou-se a presença de probabilidades mais altas na classe 2 (8-200m<sup>3</sup>) nos cenários de inverno.

No modo determinístico foram simuladas situações críticas de inverno para os quatro pontos de vazamento, 1, 2, 3 e 4, onde o toque na costa ocorreu em 90h, 192h, 186h e 132h, respectivamente. Nas duas trajetórias determinísticas em condições meteo-oceanográficas freqüentes de verão e inverno, simuladas para cada ponto de vazamento, tivemos toque na costa para todas as simulações do cenário de inverno, e para o cenário de verão, o toque só ocorreu na trajetória partindo do ponto de fronteira 4.

Os resultados obtidos em relação ao intemperismo do óleo mostraram que a massa total de óleo perdida foi de 53,7%, sendo que a evaporação consumiu 47,8% desse total em 1440 horas de simulação.



## VII. BIBLIOGRAFIA

CHASSIGNET, E. P., SMITH, L. T., HALLIWEL, G. R., et al., 2003, "North Atlantic Simulations with the HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM): Impact of the vertical coordinate choice, reference pressure, and termobaricity", *Journal Physical Oceanography*, v. 33, n. 12, pp. 2504-2526.

CSANADY, G. T., 1972. *Turbulent Diffusion in the Environment*. Geophysics and Astrophysics Monographs, Vol.3, 247 pp., D. Reidel Publishing Company, Dordrecht: Holland.

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

DELVIGNE G.A.L., HULSEN L. Simplified laboratory experiments of oil dispersion coefficient- Application of computations of natural oil dispersion. Proc. 17th AAM Oilspill Program Technical Seminar. Vancouver, Canada, 1994.

DING, L.; FARMER, D. M. 1994. Observations of breaking wave statistics. *Journal of Physical Oceanography* 24, 1368-1387.

ELLIOTT A.J. A probabilistic description of the wind over Liverpool Bay with application to oil spill simulations *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61 (2004) 569-581.

ELPN/IBAMA. Informação Técnica nº 023/2002. Modelagem de Derramamento de Óleo no Mar.

FLORES, et al. Computer Modeling of Oil Spill Trajectories with a High Accuracy Method. *Spill Science & Technology Bulletin*. v. 5, n.5-6, 1999, p. 323-330.

FRAGOSO, M. R., 2004. Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 173p.

GABIOUX, MARIELA. Estudo numérico dos meandros e vórtices da corrente do Brasil entre 22°S e 30°S [Rio de Janeiro] 2008 XVII, 138 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Oceânica, 2008) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

HYCOM, 2008, Assimilative Global Simulation (10/2008 to 11/2008), [online] Disponível via WWW. URL: [http://hycom.coaps.fsu.edu/data/glb\\_simulation.html](http://hycom.coaps.fsu.edu/data/glb_simulation.html).

JONES. R. 1997 A simplified Pseudo-component Oil evaporation Model. NOAA, USA in Proceedings of the Twentieth Arctic and Marine Oilspill Program, Technical Seminar, Volume 1, p.43-60. Vancouver, Canada.

KALNAY, E, M. KANAMITSU, R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLLEN, Y. ZHU, M. CHELLIAH, W. EBISUZAK, W. HIGGINS, J. JANOWIAK, K.C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A. LEETMAA, R. REYNOLDS, R. JENNE, D. JOSEPH, 1996: "The NCEP /NCAR 40-Year Reanalysis Project", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 437-470.

LEHR, W.J., SIMECEK-BEATTY, D., 2000. The relation of Langmuir circulation processes to the standard oil spill spreading, dispersion, and transport algorithms. *Spill Science and Technology Bulletin* 6, 247–253.

LEHR, W.J., JONES, R., EVANS, M., SIMECEK-BEATTY, D., OVERSTREET, R., 2002. Revisions of the ADIOS oil spill model. *Environmental Modelling and Software* 17, 191-199.

LYMAN, J. L.; REEHL, W.F.; ROSENBLATT, D.A. *Handbook of Chemical Property Estimation Methods*. American Chemical Society, Washington D.C., 1990.

MACKAY, D. & R. S. MATSUGU, 1973.: Evaporation rates of liquid hydrocarbon spills on land and water. *Can J. Chem. Eng.*, 51. 434-9.

MACKAY, D., I. BUIST, R. MASCARENHAS & S. PATERSON, 1980.: *Oil Spill Processes and Models*. Environmental Protection Service. Canada. Report EE-8.

MACKAY, D., SHIU, W.Y., HOSSAIN, K., STIVER, W., MCCURDY, D., PETERSON, S., TEBEAU, P. A., 1983. Development and Calibration of an Oil Spill Behavior Model, Report No. CG-D-27-83, United States Coast Guard Office of Research and Development, Groton, Conn., USA.

MONAHAN, E., 1971. Oceanic whitecaps. *Journal of Physical Oceanography* 1, 139–144.

NOAA, 2000. Evaporation Technical Notes in ADIOS 2 (Automated Data Inquiry for oil Spills).

OEY, L.-Y., G.L. MELLOR, and R.I. HIRES, 1985a. A three-dimensional simulation of the Hudson-Raritan estuary. Part I: Description of the model and model simulations, *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 1676-1692.

OEY, L.-Y., G.L. MELLOR, and R.I. HIRES, 1985b. A three-dimensional simulation of the Hudson-Raritan estuary. Part II: Comparison with observation, *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 1693-1709.

SOTO, Y. J. M. A modelagem hidrodinâmica como apoio a tomada de decisão em caso de derrame de óleo na parte interna do complexo estuarino Antonina-Paranaguá-PR. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. 2004.

THIBODEAUX, L.J. *Chemodynamics: Environmental Movement of Chemicals in Air, Water, and Soil*. John Wiley and Sons, New York, 501 p., 1979.

BLECK, R., 2002, "An Oceanic General Circulation Model Framed in Hybrid Isopycnic-Cartesian Coordinates", *Ocean Modelling*, v. 37, pp. 55-88.

