

Diagnóstico do Meio Físico (Meteorologia e Oceanografia) para a Bacia de Barreirinhas

Revisão 02

Setembro/2015





TETRA TECH
Rua Fidalga, 711
Vila Madalena – São Paulo – SP
CEP 05432-070
<http://www.tetrattech.com>



BG E&P Brasil
Av. República do Chile, 330, 25º andar, Torre
Oeste – Centro
Rio de Janeiro – RJ
CEP 20031-170
www.bg-group.com

Diagnóstico Meio Físico (Meteorologia e Oceanografia) ***para a Bacia de Barreirinhas***

Equipe Técnica TETRA TECH:

BRUNO SCHERR MARTINS
CAIO EADI STRINGARI
EDUARDO A. YASSUDA
GABRIEL CLAUZET
MARCO ANTÔNIO CORRÊA
MARIANA LINO GOUVÊA
RONALDO M. DE J. PALMEIRA,
TITO CONTE

Revisão 02
Setembro/2015

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

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

TETRA TECH, 2015. Diagnóstico do Meio Físico (Meteorologia e Oceanografia) para a Bacia de Barreirinhas. Relatório Técnico, Revisão 02 (16 de setembro de 2015). 225pp.

ÍNDICE GERAL

CONTROLE DE REVISÕES.....	1
ÍNDICE GERAL	3
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	16
RESUMO.....	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. METEOROLOGIA	20
2.1. BASES DE DADOS	20
2.2. TEMPERATURA DO AR.....	23
2.3. PRECIPITAÇÃO	27
2.4. EVAPORAÇÃO.....	30
2.5. UMIDADE RELATIVA	31
2.6. PRESSÃO ATMOSFÉRICA.....	36
2.7. REGIME DE VENTOS	40
2.8. CONDIÇÕES EXTREMAS DO REGIME DE VENTOS	52
3. OCEANOGRAFIA	57
3.1. BASES DE DADOS	57
3.2. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE	62
3.2.1. Distribuição Espacial.....	63
3.2.2. Temperatura e Salinidade - Ano da Modelagem de Óleo (2014).....	90
3.2.3. Seções e Perfis.....	96
3.2.4. Massas d'água.....	126
3.3. CORRENTES	140
3.3.1. Circulação de Baixa Frequência.....	140
3.3.2. Circulação de Alta Frequência	144
3.3.3. Circulação Superficial por Boias de Deriva.....	144
3.3.4. Estrutura Vertical de Correntes	157
3.4. REGIME DE MARÉS	178
3.5. REGIME DE ONDAS	184
3.5.1. Energia	209
3.5.2. Correntes de Deriva Litorânea	210
3.6. CONDIÇÕES EXTREMAS.....	211

3.6.1. Correntes	211
3.6.2. Ondas	213
3.6.3. Elevação da Superfície do Mar	216
3.7. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS.....	217
4. BIBLIOGRAFIA	220

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos blocos da BG E&P Brasil na Bacia de Barreirinhas.	19
Figura 2 - Localização dos parâmetros meteorológicos analisados.	22
Figura 3 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	23
Figura 4 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	24
Figura 5 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	24
Figura 6 - Campo de temperatura média do ar (°C) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	25
Figura 7 - Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal (°C) de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	26
Figura 8 - Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal (°C) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.	26
Figura 9 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Verão de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	27
Figura 10 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Outono de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	28
Figura 11 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Inverno de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	28
Figura 12 - Campo de precipitação média (mm/mês) para a Primavera de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	29
Figura 13 - Precipitação média mensal (mm) de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010.	30
Figura 14 - Precipitação média mensal (mm) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.	30
Figura 15 - Evaporação média mensal (mm) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.	31
Figura 16 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	32
Figura 17 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	33
Figura 18 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	33

Figura 19 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	34
Figura 20 - Umidade relativa do ar média mensal (%) de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010.	35
Figura 21 - Umidade relativa do ar média mensal (%) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.....	35
Figura 22 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	36
Figura 23 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	37
Figura 24 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	37
Figura 25 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).	38
Figura 26 - Pressão atmosférica média mensal (hPa) de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.....	39
Figura 27 - Pressão atmosférica média mensal (hPa) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.....	39
Figura 28 - Campo médio do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).....	41
Figura 29 - Campo médio do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).....	41
Figura 30 - Campo médio do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).....	42
Figura 31 - Campo médio do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).....	42
Figura 32 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	44
Figura 33 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	45
Figura 34 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	45
Figura 35 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.....	46
Figura 36 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Verão de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	46
Figura 37 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Outono de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	47
Figura 38 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Inverno de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	47

Figura 39 - Histograma direcional dos vetores do vento para a Primavera de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	48
Figura 40 - Estatística boxplot da intensidade do vento a 10 m de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	51
Figura 41 - Estatística boxplot da intensidade do vento de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	52
Figura 42 - Histograma direcional dos vetores de ventos extremos de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	53
Figura 43 - Histograma de frequência de ocorrência de extremos de ventos para cada estação do ano de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	54
Figura 44 - Histograma direcional dos vetores de ventos extremos de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	55
Figura 45 - Histograma de frequência de ocorrência de extremos de ventos para cada estação do ano de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	56
Figura 46 - Localização dos parâmetros oceanográficos analisados.	61
Figura 47 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por CTDs entre os anos de 1969 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.	64
Figura 48 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por XBTs entre os anos de 1966 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC entre os anos de 1957 - 2009.	65
Figura 49 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por MBTs entre os anos de 1941 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.	65
Figura 50 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por perfiladores de deriva entre os anos de 1997 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.	66
Figura 51 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por garrafas de reversão entre os anos de 1873 a 2009 utilizadas para as médias climatológicas do NODC.	66
Figura 52 - Localização geográfica de perfis de temperatura e salinidade na região dos Blocos coletados por CTDs (pontos pretos) e perfiladores (pontos rosa) entre os anos de 1995 a 2009 utilizadas para comparação com as médias climatológicas do perfil do NODC (ponto vermelho).	67
Figura 53 - Perfis verticais climatológicos de salinidade para as quatro estações do ano até 1500 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.	68
Figura 54 - Perfis verticais climatológicos de salinidade para as quatro estações do ano até 600 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.	69
Figura 55 - Perfis verticais climatológicos de temperatura para as quatro estações do ano até 1500 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.	69
Figura 56 - Perfis verticais climatológicos de temperatura para as quatro estações do ano até 600 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.	70
Figura 57 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	72
Figura 58 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	72
Figura 59 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	73
Figura 60 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	73

Figura 61 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	74
Figura 62 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	74
Figura 63 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	75
Figura 64 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	75
Figura 65 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	76
Figura 66 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	76
Figura 67 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	77
Figura 68 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	77
Figura 69 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	78
Figura 70 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	78
Figura 71 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	79
Figura 72 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	79
Figura 73 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	80
Figura 74 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	80
Figura 75 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	81
Figura 76 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	81
Figura 77 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	82
Figura 78 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	82
Figura 79 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	83
Figura 80 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	83
Figura 81 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	84
Figura 82 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	84
Figura 83 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	85
Figura 84 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	85

Figura 85 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	86
Figura 86 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	86
Figura 87 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	87
Figura 88 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	87
Figura 89 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	88
Figura 90 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	88
Figura 91 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	89
Figura 92 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).	89
Figura 93 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o verão de 2014.	91
Figura 94 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o outono de 2014.	91
Figura 95 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o inverno de 2014.	92
Figura 96 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para a primavera de 2014.	92
Figura 97 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o verão de 2014.	93
Figura 98 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o outono de 2014.	94
Figura 99 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o inverno de 2014.	94
Figura 100 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para a primavera de 2014.	95
Figura 101 - Localização das seções verticais e perfis verticais utilizados.	96
Figura 102 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região dos blocos.	97
Figura 103 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região dos blocos.	98
Figura 104 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região dos blocos.	98
Figura 105 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região dos blocos.	99
Figura 106 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região dos blocos.	100
Figura 107 - Seção vertical de salinidade representando o período de outono para a região dos blocos.	100
Figura 108 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região dos blocos.	101

Figura 109 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região dos blocos.....	101
Figura 110 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de verão para a região dos blocos.	102
Figura 111 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de outono para a região dos blocos.	103
Figura 112 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de inverno para a região dos blocos.	103
Figura 113 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de inverno para a região dos blocos.	104
Figura 114 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de verão na região dos blocos.....	105
Figura 115 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de outono na região dos blocos.....	105
Figura 116 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de inverno na região dos blocos.....	106
Figura 117 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de primavera na região dos blocos.....	106
Figura 118 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.....	108
Figura 119 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região da ilha de Marajó.....	108
Figura 120 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.....	109
Figura 121 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região da ilha de Marajó.....	109
Figura 122 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.....	110
Figura 123 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.....	111
Figura 124 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.....	111
Figura 125 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região da ilha de Marajó.....	112
Figura 126 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.....	113
Figura 127 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de outono para a região da ilha de Marajó.....	113
Figura 128 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.....	114
Figura 129 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.....	114
Figura 130 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de verão na região da Ilha de Marajó.....	115
Figura 131 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de outono na região da Ilha de Marajó.....	116
Figura 132 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de inverno na região da Ilha de Marajó.....	116

Figura 133 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de primavera na região da Ilha de Marajó.	117
Figura 134 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região paralela à costa.	118
Figura 135 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região paralela à costa.	118
Figura 136 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região paralela à costa.	119
Figura 137 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região paralela à costa.	119
Figura 138 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região paralela à costa.	120
Figura 139 - Seção vertical de salinidade representando o período de outono para a região paralela à costa.	121
Figura 140 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região paralela à costa.	121
Figura 141 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região paralela à costa.	122
Figura 142 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de verão para a região paralela à costa.	123
Figura 143 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de outono para a região paralela à costa.	123
Figura 144 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de inverno para a região paralela à costa.	124
Figura 145 - Seção vertical de densidade (kg/m ³ -1000) representando o período de primavera para a região paralela à costa; escala vertical.	124
Figura 146 - Seções verticais sazonais de temperatura dos cruzeiros do REVIZEE apresentados em Silva et. al. (2009).	125
Figura 147 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de verão.	129
Figura 148 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de outono.	130
Figura 149 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de inverno.	130
Figura 150 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de primavera.	131
Figura 151 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de verão.	131
Figura 152 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de outono.	132
Figura 153 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de inverno.	132
Figura 154 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de primavera.	133
Figura 155 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de verão.	134
Figura 156 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de outono.	134

Figura 157 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de inverno.	135
Figura 158 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de primavera.	135
Figura 159 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de verão.	136
Figura 160 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de outono.	136
Figura 161- Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de inverno.....	137
Figura 162 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de primavera.	137
Figura 163 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de verão.	138
Figura 164 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de outono.	138
Figura 165 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de inverno.....	139
Figura 166 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de primavera.	139
Figura 167 - Representação esquemática da circulação média e anéis anticiclônicos na porção oeste do oceano Atlântico Tropical; em vermelho, trajetórias das massas de água quentes, e em azul, trajetórias da APAN. As correntes indicadas são: Corrente Norte do Brasil (CNB), Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCOP); Sub-Corrente Equatorial (SCE); Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE); Corrente Sul Equatorial (CSE) (adaptada de DENGLE et al., 2004).	141
Figura 168 - Estrutura vertical do transporte de volume residual resultante da composição de levantamentos de dados hidrográficos entre 1990 a 2002 para a longitude de 35°W e latitudes de 5°S a 5°N, apresentando as correntes de baixa frequência que regem a circulação do Atlântico Equatorial (Adaptado de SCHOTT et. al., 2003).	143
Figura 169 - Representação da população de derivadores mantidos pelo programa da NOAA, ao todo 1267 derivadores. Fonte: NOAA.	145
Figura 170 - Média climática de verão da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).	146
Figura 171 - Média climática de outono da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).	147
Figura 172 - Média climática de inverno da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).	147
Figura 173 - Média climática de primavera da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).	148
Figura 174 - Localização da Bacia de Barreirinhas, dos blocos e dos pontos de lançamento dos derivadores do Projeto Megabar.....	149
Figura 175 - Trajetórias dos derivadores lançados no Projeto Megabar.	150
Figura 176 - Derivador ISPHERE em detalhe (esquerda) e após o lançamento (direita).	151
Figura 177 - Representação esquemática de um derivador do tipo SVP (esquerda) e imagem após lançamento (direita).	152
Figura 178 - Campo de vento do dia 20/03/2015 12:00 (GMT) sobreposto à trajetória de todos os derivadores do tipo ISPHERE. Fonte: NCEP/GFS.	153

Figura 179 - Campo de vento do dia 10/08/2015 12:00 (GMT) sobreposto a trajetória de todos os derivadores do tipo ISPHERE. Fonte: NCEP GFS.	154
Figura 180 - Séries temporais das componentes U e V da corrente medida pelo derivador SVP-2C (acima) e espectro de energia no domínio da frequência das mesmas séries (abaixo).	155
Figura 181 - Séries temporais das componentes U e V da corrente medida pelo derivador SVP-5A (acima) e espectro de energia no domínio da frequência das mesmas séries (abaixo).	156
Figura 182 - Localização da linha de fundeios WOCE ACM7 utilizadas no estudo.	158
Figura 183 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 6 profundidades (50, 100, 150, 200, 250 e 300 m), entre setembro de 1989 e outubro de 1990, no fundeiro K327 do experimento ACM7 do WOCE.	159
Figura 184 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K327 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de setembro de 1989 à outubro de 1990.	160
Figura 185 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 6 profundidades (72, 246, 824, 1990, 2588 e 3695 m), entre setembro de 1989 e outubro de 1990, no fundeiro K328 do experimento ACM7 do WOCE.	161
Figura 186 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 72 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990. ..	162
Figura 187 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 824 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	163
Figura 188 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2588 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	164
Figura 189 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 12 profundidades 50, 100, 150, 200, 250, 300, 847, 1.440, 1.745, 2.042 e 3.235 entre outubro de 1990 e setembro de 1991, no fundeiro K340 do experimento ACM7 do WOCE.	166
Figura 190 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.	167
Figura 191 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 847 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.	168
Figura 192 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2.042 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.	169
Figura 193 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 11 profundidades 50, 101, 151, 199, 430, 687, 1.483, 1.785, 2.985, 3.785 e 4.035 entre outubro de 1992 e março de 1994, no fundeiro K361 do experimento ACM7 do WOCE.	170
Figura 194 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	171
Figura 195 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 430 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	172
Figura 196 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeiro K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2985 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	173
Figura 197 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k327 do experimento ACM7 do WOCE entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	175
Figura 198 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k328 do experimento ACM7 do WOCE entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	176
Figura 199 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k340 do experimento ACM7 do WOCE entre outubro de 1990 a setembro de 1991.	177
Figura 200 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k361 do experimento ACM7 do WOCE entre outubro de 1992 a março de 1994.	178
Figura 201 - Mapa cotidal de amplitude para a componente harmônica M_2	183

Figura 202 - Mapa cotidal de fase para a componente harmônica M_2 .	183
Figura 203 - Série temporal da elevação da superfície do mar para a região dos blocos.	184
Figura 204 - Localização dos pontos utilizados em Pianca et al. (2010) para caracterizar o clima de ondas da costa brasileira.	186
Figura 205 - Histogramas direcionais das características sazonais das ondas para o trecho N-NE da costa brasileira (ponto W5). As legendas dos histogramas à esquerda correspondem à altura de onda, em metros. As legendas dos histogramas à direita são referentes ao período de pico em segundos (Fonte: PIANCA et. al., 2010).	188
Figura 206 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de verão.	190
Figura 207 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de outono.	191
Figura 208 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de inverno.	192
Figura 209 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de primavera.	193
Figura 210 - Campo de direção de ondas para o período de verão (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).	194
Figura 211 - Campo de direção de ondas para o período de outono (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).	194
Figura 212 - Campo de direção de ondas para o período de inverno (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).	195
Figura 213 - Campo de refração de ondas para o período de primavera (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).	195
Figura 214 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-215 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	197
Figura 215 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-252 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	198
Figura 216 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-340 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	199
Figura 217 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-344 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	200
Figura 218 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o bloco BAR-388 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	201
Figura 219 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-215.	202
Figura 220 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-252.	202
Figura 221 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-340.	203
Figura 222 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-344.	203
Figura 223 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-388.	204
Figura 224 - Histogramas direcionais de energia das onda (kJ/m^2) sobre o Bloco BAR-340 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.	210
Figura 225 - Histograma direcional dos extremos de correntes sobre o Bloco BAR-340 (5% com as maiores intensidades).	212

Figura 226 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de correntes para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências diárias).	213
Figura 227 - Histograma direcional de altura significativa e período de pico dos extemos de onda sobre o Bloco BAR-340 (5% com as maiores alturas significativas).	214
Figura 228 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de onda para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências horárias).	215
Figura 229 - Série temporal horária da elevação da superfície do mar sem o efeito de maré astronômica (azul), destacando o limiar extremo com os 5% dos maiores valores registrados (vermelho), para o ponto BAR-340 no período de 1979 a 2010.....	216
Figura 230 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de elevação da superfície do mar para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências horárias).	217
Figura 231 - Distribuição sedimentar de superfície de fundo entre o Amapá e o Ceará. Fonte: Projeto Piatam Oceano.	218
Figura 232 - Distribuição dos teores de carbonato da superfície de fundo entre o Amapá e o Ceará. Fonte: Projeto Piatam Oceano.	219

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações das bases de dados de parâmetros meteorológicos (coordenadas em Datum SIRGAS2000).	21
Tabela 2 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	48
Tabela 3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	49
Tabela 4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	49
Tabela 5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	49
Tabela 6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	50
Tabela 7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	50
Tabela 8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	50
Tabela 9 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	51
Tabela 10 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos extremos de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.	54
Tabela 11 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos extremos de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.	55
Tabela 12 - Informações das bases de dados de parâmetros oceanográficos com distribuição espacial (datum SIRGAS2000).	58
Tabela 13- Informações das seções verticais de medição de parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS200).	59
Tabela 14 - Informações das estações pontuais de medição de parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS2000).	59
Tabela 15 - Localização geográfica das seções verticais e perfis verticais	96
Tabela 16 - Coordenadas geográficas do lançamento dos derivadores do Projeto Megabar.	150
Tabela 17 - Coordenadas, profundidades de coleta e de lâmina d'água das coletas dos dados de corrente do WOCE para a região da Bacia de Barreirinhas, região Norte da costa brasileira.	158
Tabela 18 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K327 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de setembro de 1989 à outubro de 1990.	160
Tabela 19 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 72 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	162
Tabela 20 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 824 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.	163

Tabela 21 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio k328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2588 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990. ...	164
Tabela 22 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.	167
Tabela 23 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 847 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.	168
Tabela 24 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2.042 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.....	169
Tabela 25 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	171
Tabela 26 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 430 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	172
Tabela 27 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2985 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.	173
Tabela 28 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas do Porto Luiz Correia.....	179
Tabela 29 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas da Plataforma JP-15.....	180
Tabela 30 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas do Porto de Tutóia.	181
Tabela 31 - Localização dos pontos sobre os blocos, utilizados para análise de ondas.	196
Tabela 32 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de verão.	205
Tabela 33 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de verão.	205
Tabela 34 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de outono.	206
Tabela 35 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de outono.	206
Tabela 36 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de inverno.	207
Tabela 37 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de inverno.	207
Tabela 38 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de primavera.	208
Tabela 39 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de primavera.	208
Tabela 40 - Tabela de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos extremos de correntes (5% com as maiores intensidades) sobre o Bloco BAR-340.	213
Tabela 41 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção dos extremos de onda (5% com as maiores alturas significativas) sobre o Bloco BAR-340.	215
Tabela 42 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção dos extremos de onda (5% com as maiores alturas significativas) sobre o Bloco BAR-340.	215

RESUMO

Para dar suporte à BG E&P Brasil na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) referente às operações de exploração na Bacia de Barreirinhas, a TETRA TECH apresenta o presente relatório técnico, consistindo nos itens de meteorologia e oceanografia do diagnóstico de meio físico na região da Bacia de Barreirinhas, localizada na região Nordeste Brasileira, para os blocos exploratórios BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388.

Para a caracterização da região com relação ao regime de ventos, chuvas, circulação oceânica, temperatura do ar e da água, evaporação, umidade, pressão atmosférica, salinidade, densidade, regime de ondas, marés, sedimentação e características químicas da água do mar, foram utilizados dados pretéritos disponíveis em bases de dados globais, resultados de modelos meteorológicos e hidrodinâmicos, além de dados pertencentes à BG E&P Brasil e banco de dados da TETRA TECH, conforme determinado pela minuta do Termo de Referência encaminhado pelo ofício CGPEG/DILIC/IBAMA (abril/2014).

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de dar suporte à BG E&P¹ Brasil na elaboração dos estudos ambientais para as atividades de exploração na Bacia de Barreirinhas, apresenta-se, neste estudo, o diagnóstico ambiental do meio físico referente aos itens de meteorologia e oceanografia.

A Figura 1 apresenta a área de estudo na Bacia de Barreirinhas e a localização dos blocos exploratórios BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388.

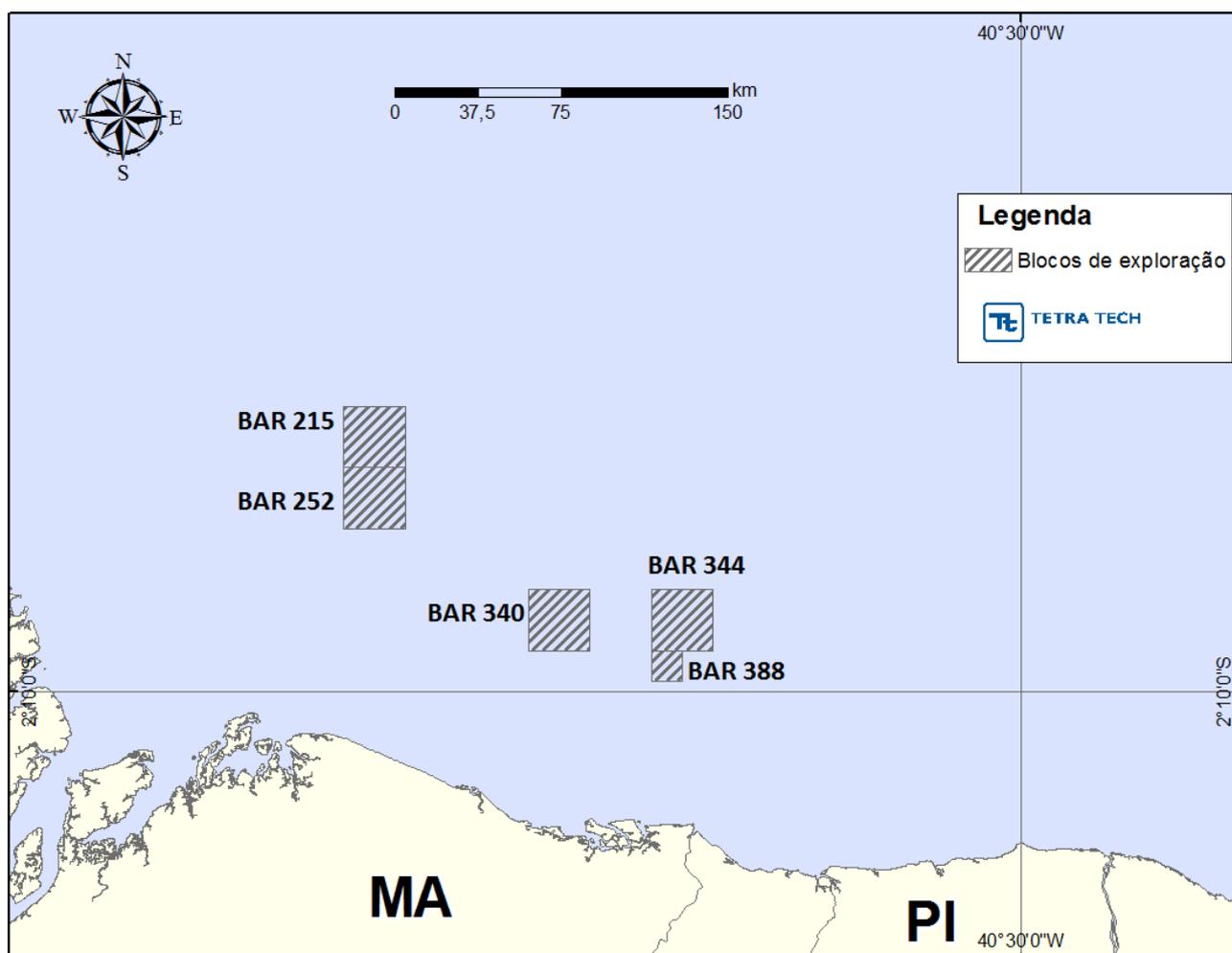


Figura 1 - Localização dos blocos da BG E&P Brasil na Bacia de Barreirinhas.

¹ British Gas Exploration & Production Brasil

2. METEOROLOGIA

O presente item apresenta os resultados das análises de diversos parâmetros meteorológicos obtidos a partir de levantamentos de informações pretéritas e de análise de dados disponíveis, visando à caracterização meteorológica para a região dos blocos exploratórios BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388.

Os seguintes parâmetros foram analisados: temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de ventos.

As análises foram divididas entre verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) e de acordo com a migração meridional da Zona de Convergência Intertropical.

2.1. BASES DE DADOS

Para efeito de caracterização climatológica dos parâmetros meteorológicos foi utilizado um período de 30 anos de dados, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Quando relevante, e condicionado à disponibilidade de séries mais curtas de alguns dos parâmetros analisados, foram realizadas comparações em relação às séries climatológicas a fim de complementar a caracterização.

Os dados utilizados foram os seguintes:

- INMET² (Estação de São Luís): temperatura do ar, precipitação, umidade relativa e evaporação;
- GPCP³: precipitação;
- Reanálise do CFSR⁴: temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica e vento a 10 m;
- METAR⁵ (estação SBSL, em São Luís): vento.

² Instituto Nacional de Meteorologia, Normas Climatológicas do Brasil, (RAMOS, A. M. *et al.*, 2009)

³ GPCP: *Global Precipitation Climatology Project V2.2*, dados fornecidos por NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, EUA, a partir de <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcp.html>. Último acesso em 04 de dezembro de 2013.

⁴ Reanálise CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*), obtidos a partir de <http://rda.ucar.edu/datasets/ds093.1>. Último acesso em 06 de dezembro de 2013.

⁵ *METEorological Aerodrome Report*, dados obtidos a partir da Rede Meteorológica do Comando da Aeronáutica – REDEMET: <http://www.redemet.aer.mil.br>. Último acesso em 06 de dezembro de 2013.

Note-se que as bases de dados GPCP e reanálises CFSR são disponibilizadas em campos com distribuição espacial, enquanto as demais contêm medidas pontuais. Os dados do INMET para estação de São Luís são coletados somente de 1 a 2 vezes ao dia, não sendo, portanto, sua utilização adequada para comparação de ocorrência de ventos. Todos os dados pontuais foram selecionados de acordo com a proximidade da região de interesse e sua disponibilidade.

É importante notar também que a CFSR estende-se de 1979 a 2010, com resolução espacial de 0,5° para umidade relativa e 0,3° para os demais parâmetros, e com intervalo horário para o vento e de 6h para os demais parâmetros.

As coordenadas do ponto de análise utilizado nas análises de cada conjunto de dados são apresentadas na Tabela 1. A localização destes pontos é mostrada na Figura 2, onde também são apresentadas as células de grade na resolução original de cada base. A descrição e análise destes dados são apresentadas nos subitens seguintes.

Tabela 1 - Informações das bases de dados de parâmetros meteorológicos (coordenadas em Datum SIRGAS2000).

BASE DE DADOS	RESOL. ESPACIAL	RESOL. TEMPORAL	PARÂMETRO	NÍVEL VERTICAL	PERÍODO DE DADOS	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE
CFSR	0,3°	1 hora	Vento	10 metros	1979 – 2010 (32 anos)	1,5°S 42,5°W
		6 horas	Temperatura do ar	2 metros		
	Pressão atmosférica		Superfície			
	Umidade relativa		2 metros			
0,5°						
GPCP	2,5°	Médias mensais	Precipitação	Superfície	1979 – 2010 (32 anos)	1,25°S 43,75°W
INMET	Pontual	Médias mensais	Temperatura do ar	2 metros	1961 – 1990 (30 anos)	2,32°S 44,18°W
			Pressão atmosférica	Superfície		
			Umidade relativa	2 metros		
			Evaporação	Superfície		
METAR	Pontual	1 hora	Vento	10 metros	2004 – 2013 (10 anos)	2,58°S 44,23°W

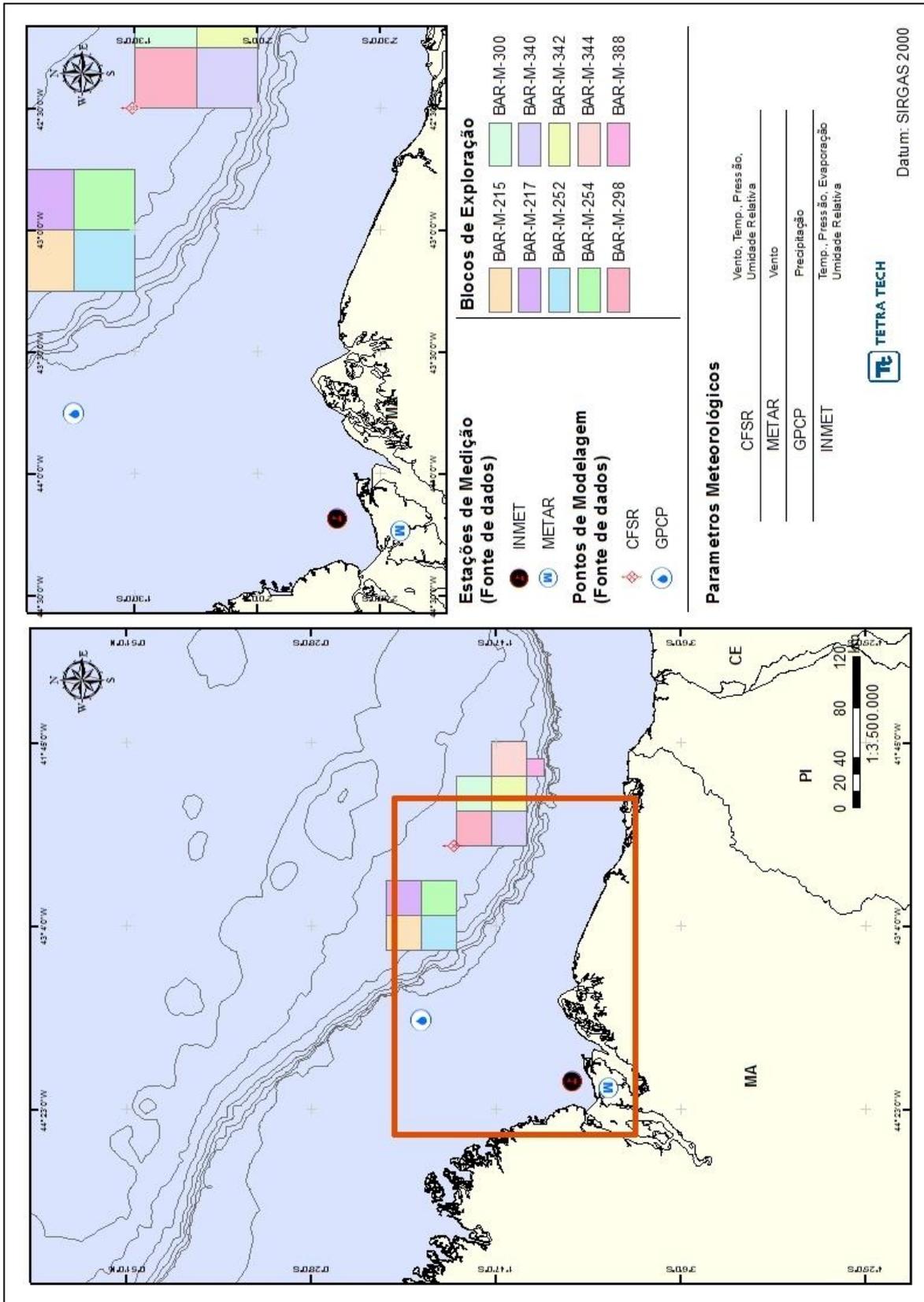


Figura 2 - Localização dos parâmetros meteorológicos analisados.

2.2. TEMPERATURA DO AR

Da Figura 3 à Figura 6 são apresentados mapas das climatologias de temperatura do ar, baseadas em dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010, respectivamente, para as estações de: verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro).

Em função da latitude próxima à linha do Equador, nota-se que há pouca variação da temperatura ao longo do ano, sendo os meses de verão e outono com maiores temperaturas ao longo de toda a costa. A temperatura média do ar na costa do Estado do Maranhão mostra-se em torno de 28 °C no verão e 27 °C no inverno (temperaturas máximas e mínimas são discutidas a seguir, na apresentação das análises pontuais).

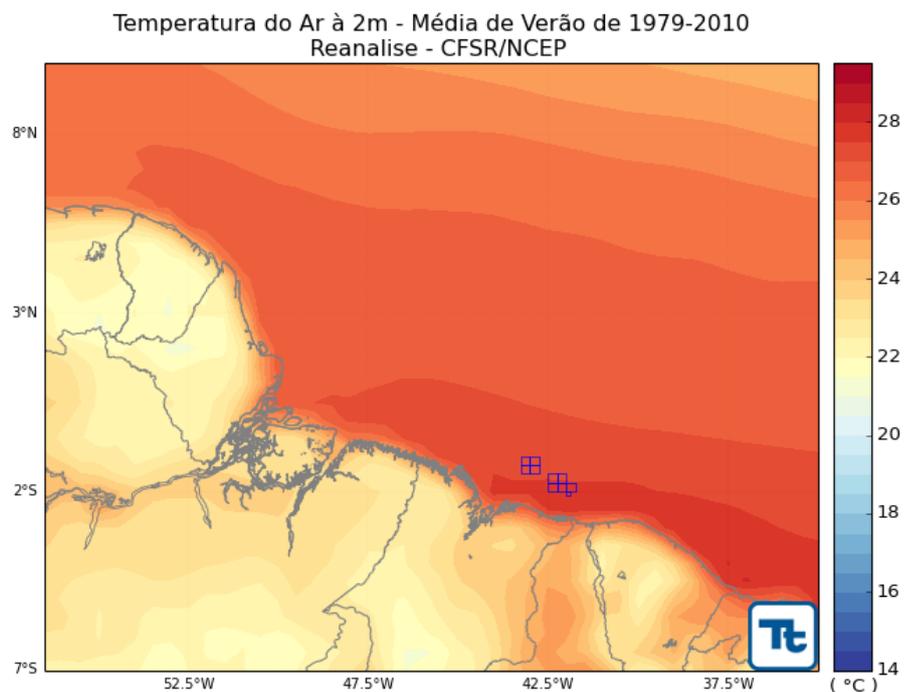


Figura 3 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

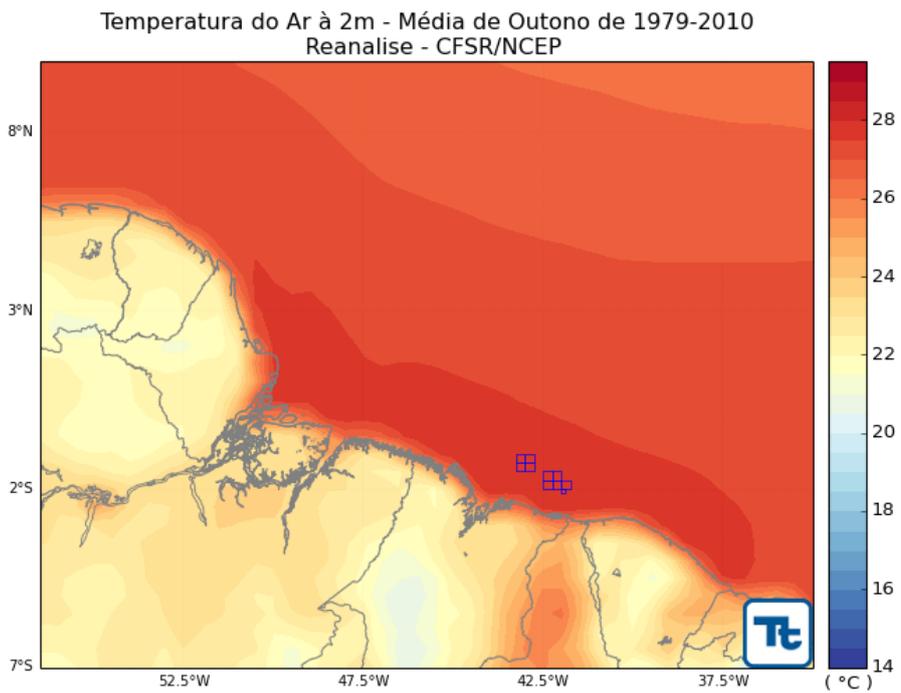


Figura 4 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

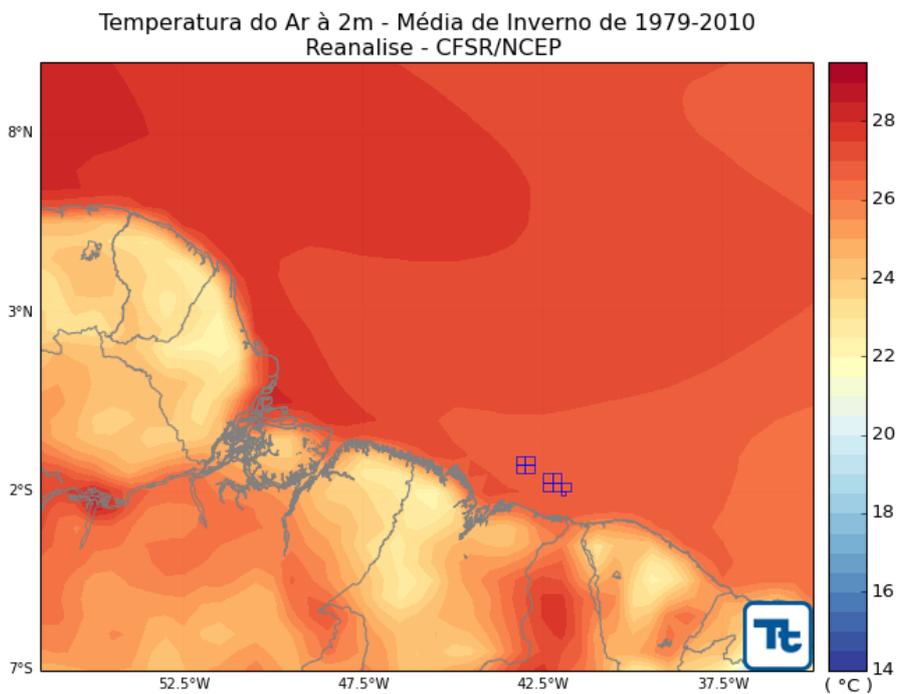


Figura 5 - Campo de temperatura média do ar (°C) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

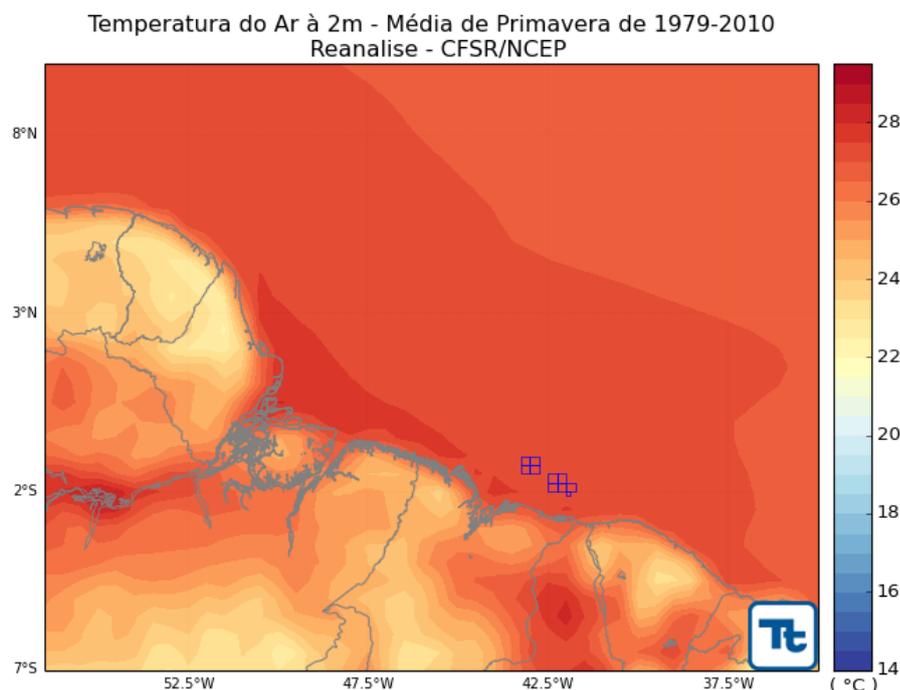


Figura 6 - Campo de temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

A Figura 7 apresenta as temperaturas média, máxima e mínima do ar sobre o ponto de coordenadas $1,5^{\circ}\text{S}/42,5^{\circ}\text{W}$ (portanto, sobre o oceano na região dos Blocos BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388) com valores mensais obtidos a partir dos dados das reanálises CFSR. Devido à baixa latitude a incidência de radiação solar é intensa ao longo de todo o ano, de forma que o ciclo sazonal de temperatura do ar apresenta pouca variabilidade. A temperatura média mensal do ar apresenta uma variação de apenas $1,1^{\circ}\text{C}$ ao longo do ano, atingindo $27,8^{\circ}\text{C}$ no mês de maio e $26,7^{\circ}\text{C}$ em agosto. As temperaturas máximas e mínimas apresentam, respectivamente, os maiores valores no mês de abril, quando chega a $28,8^{\circ}\text{C}$, e o menor valor em outubro, com $26,0^{\circ}\text{C}$.

A Figura 8, analogamente, apresenta a climatologia da temperatura média, máxima e mínima do ar de acordo com dados medidos na estação do INMET em São Luís, com valores mensais referentes ao período de 1961 a 1990. Neste conjunto de dados a temperatura média do ar varia entre $27,0^{\circ}\text{C}$ em novembro e fevereiro e $25,6^{\circ}\text{C}$ nos meses de março e julho, apontando uma baixa variabilidade. As máximas temperaturas do ar ficam em torno dos 31°C em novembro e as mínimas em torno de 22°C em julho.

Note-se que a amplitude entre as temperaturas mínimas e máximas é mais amena no ponto localizado sobre o oceano, sendo de 1,1°C no ponto extraído das reanálises em comparação a 2,8°C na estação do INMET. Neste aspecto dois fatores devem ser considerados: as amplitudes térmicas são conhecidamente menores sobre o oceano devido à maior capacidade térmica da água; e os dados de reanálise representam uma média sobre uma área (com extensão de 0,3° x 0,3°). Desta forma é necessário cautela ao comparar diretamente dados de reanálise com dados medidos em superfície, que sofrem forte influência de características locais (como relevo, tipo da superfície, presença de edificações, efeitos de brisa, etc.).

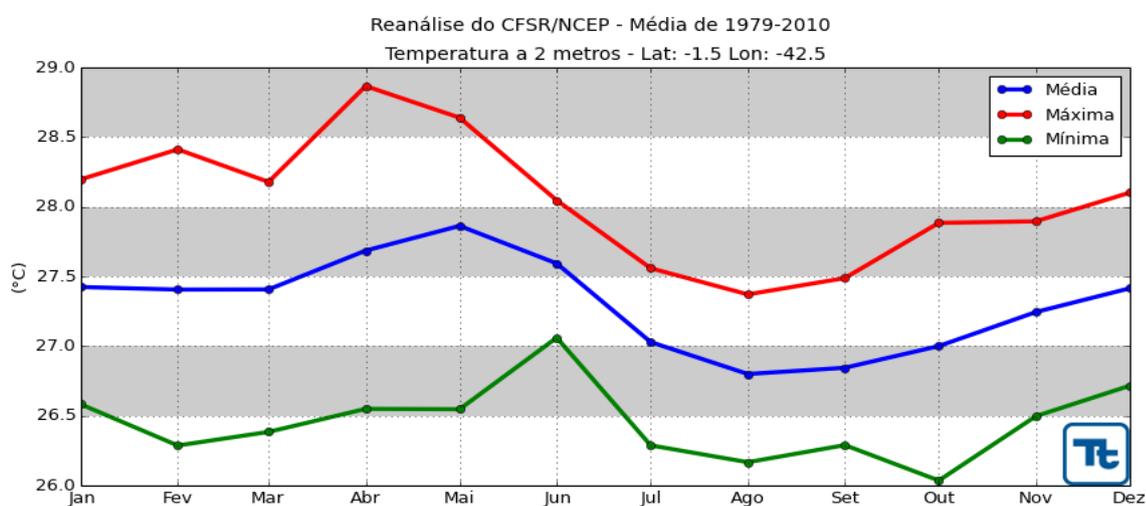


Figura 7 - Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal (°C) de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

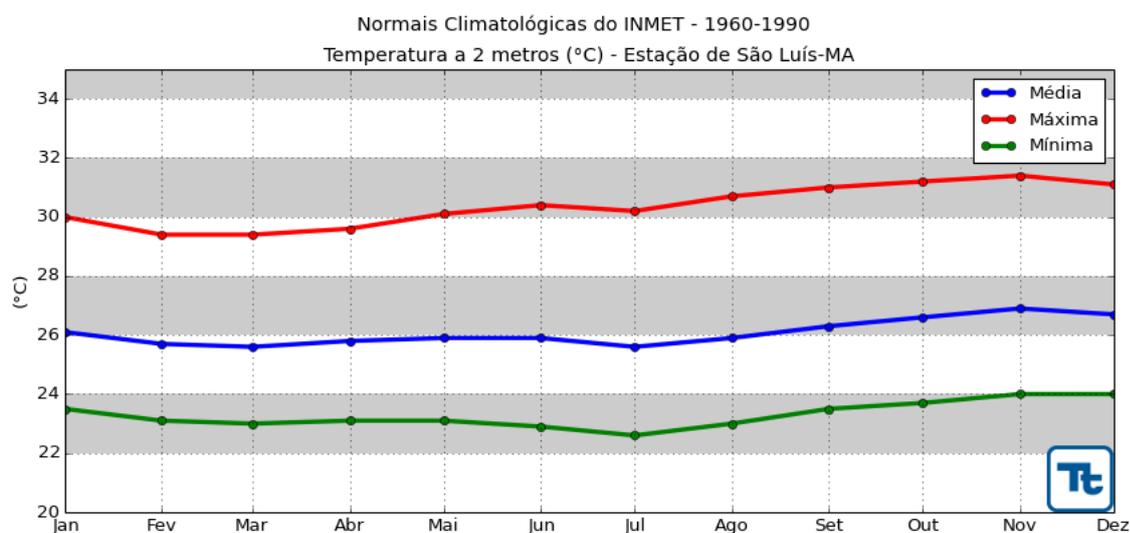


Figura 8 - Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal (°C) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.

2.3. PRECIPITAÇÃO

Da Figura 9 à Figura 12 são apresentados mapas das climatologias de precipitação (acumulados mensais, em mm) para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), baseados em dados do GPCP ao longo do período de 1979 a 2010. Vale ressaltar que os dados GPCP possuem resolução espacial de 2,5° (Figura 2 e Tabela 1) e que, para efeito de melhor visualização, na Figura 9 à Figura 12 os dados foram interpolados linearmente para uma maior resolução espacial. Nos meses de verão e outono são observados maiores volumes de precipitação na região equatorial associados ao deslocamento sazonal da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) (BARRY & CHORLEY, 2004) ao sul da linha do Equador. Note-se que o máximo deslocamento para sul da ZCIT ocorre no mês de março.

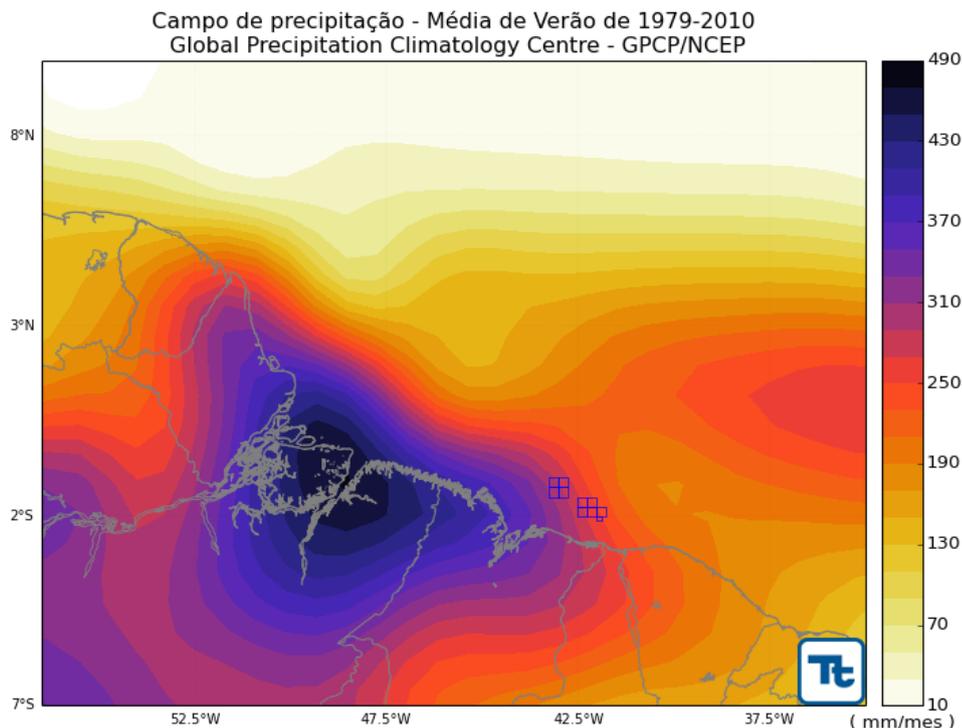


Figura 9 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Verão de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

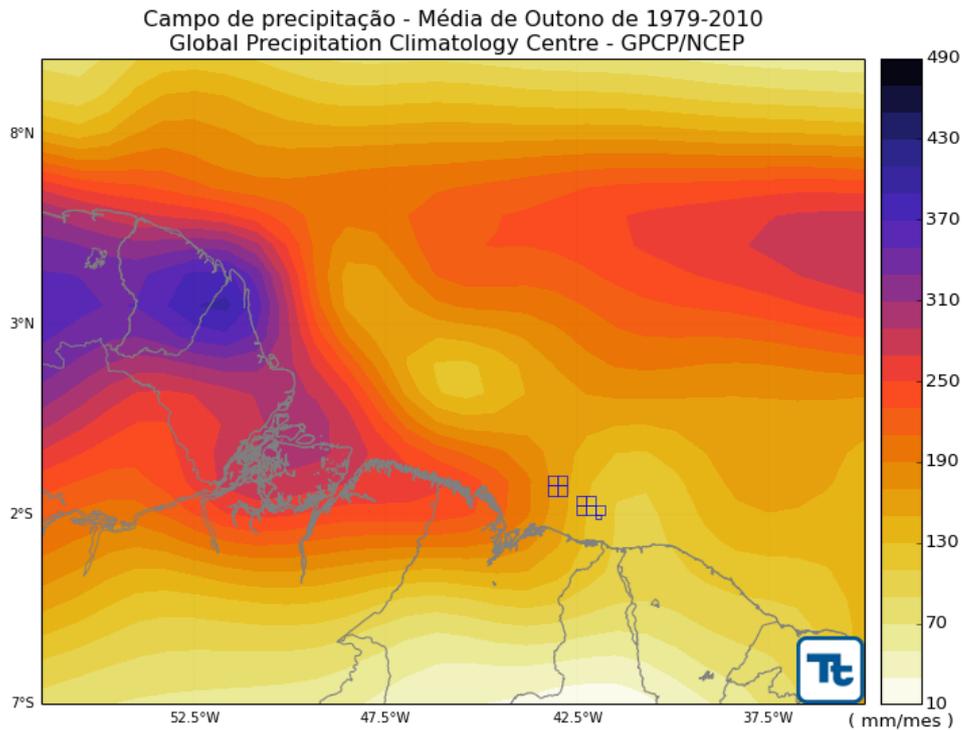


Figura 10 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Outono de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

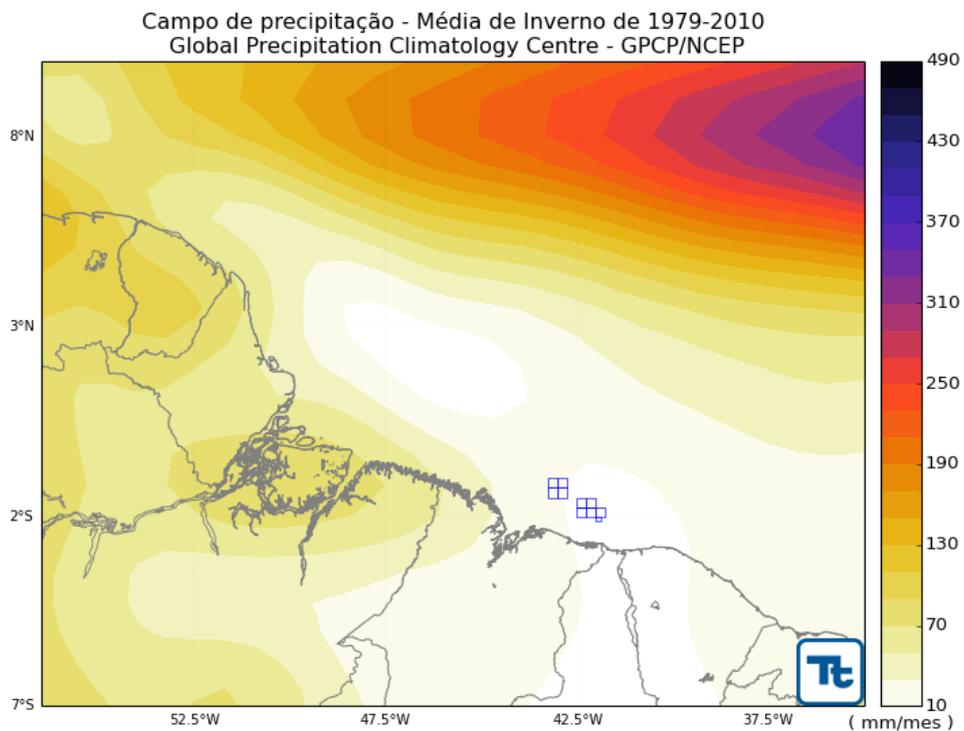


Figura 11 - Campo de precipitação média (mm/mês) para o Inverno de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

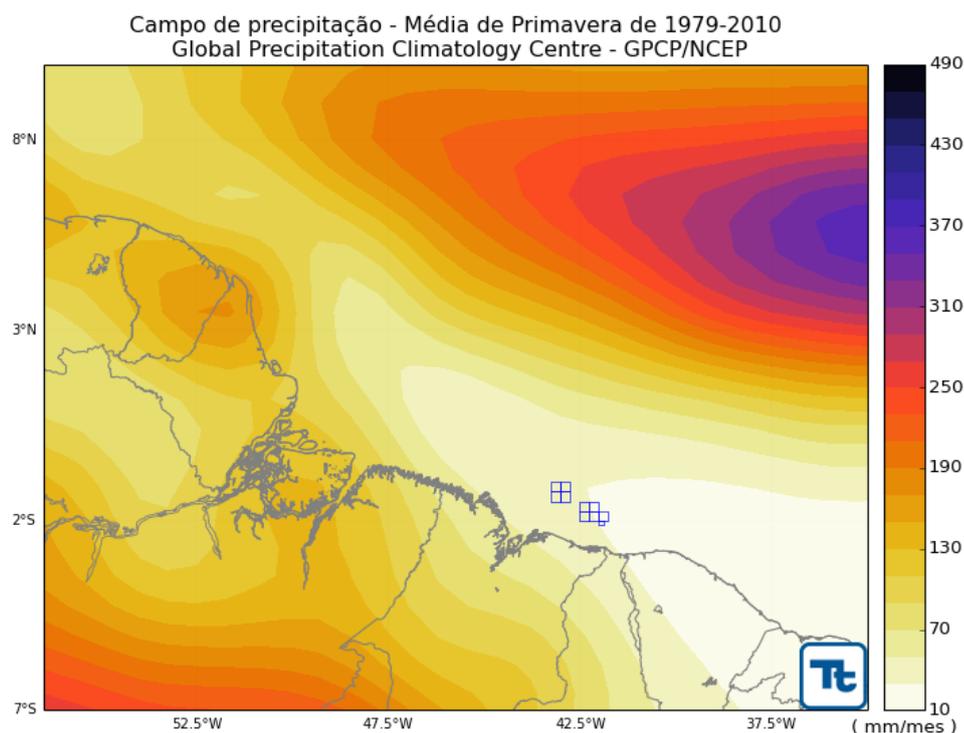


Figura 12 - Campo de precipitação média (mm/mês) para a Primavera de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

A Figura 13 apresenta a climatologia de acumulados mensais de precipitação segundo os dados GPCP no ponto de coordenadas 1,25°S e 43,75°W (Figura 2). O comportamento observado mostra um período de chuvas entre fevereiro e maio, sendo março o mês com maior volume de precipitação em média (380 mm), e um período mais seco entre julho e dezembro, sendo outubro o mês com menor volume de precipitação em média (12 mm).

A Figura 14 apresenta a precipitação média mensal de acordo com dados medidos na estação do INMET em São Luís (Figura 2). O período mais chuvoso concentra-se, também, entre fevereiro e maio, porém os volumes registrados mostram-se mais elevados, chegando a 490 mm em abril. Nos meses mais secos, de agosto a dezembro, os volumes variam de 10,7 mm (outubro) a 80,0 mm (dezembro).

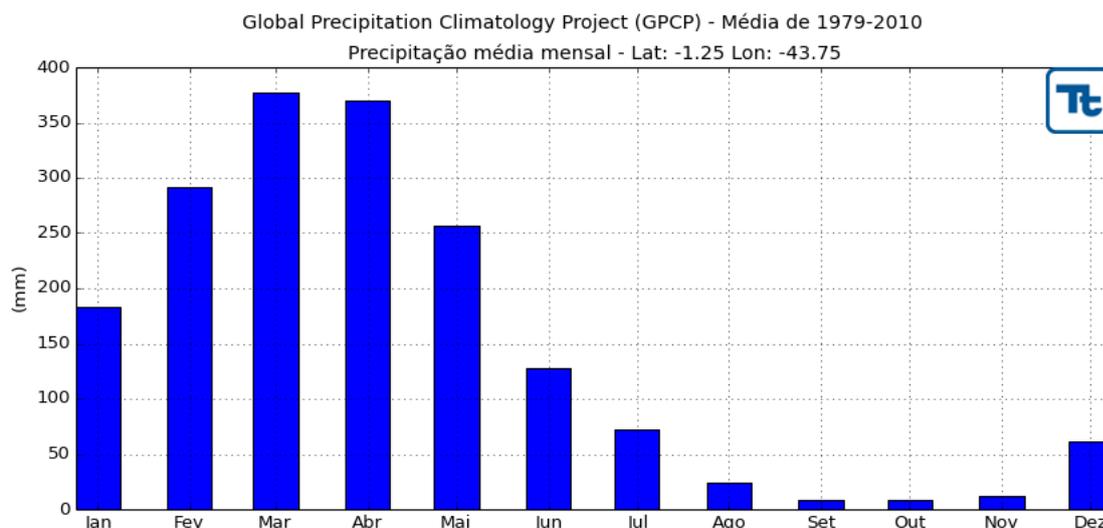


Figura 13 - Precipitação média mensal (mm) de acordo com dados do GPCP no período de 1979 a 2010.

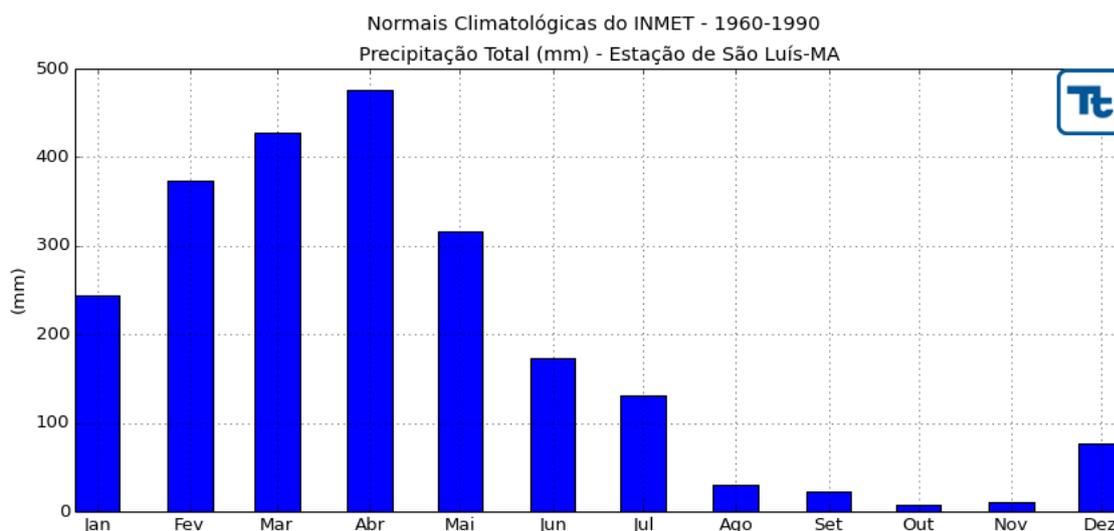


Figura 14 - Precipitação média mensal (mm) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.

2.4. EVAPORAÇÃO

A evaporação ao nível da superfície é uma variável influenciada, principalmente, por três parâmetros: a disponibilidade de água (sendo, portanto, mais abundante sobre os oceanos do que sobre regiões continentais e sendo também diretamente influenciada pela precipitação no local), a incidência de radiação solar (fonte de energia necessária para gerar

a evaporação) e intensidade dos ventos (condições de calmaria de ventos favorecem a evaporação). A relação entre estes fatores, conforme descrito ocorre de forma complexa.

A Figura 15 apresenta a climatologia da evaporação média mensal, dada em mm, de acordo com dados medidos no período de 1961 a 1990 na estação do INMET em São Luís, através da técnica do evaporímetro de Piché (SILVA-VAREJÃO, 2001). O período de mínima evaporação ocorre marcadamente entre os meses de fevereiro a maio, quando os valores mensais ficam abaixo de 60 mm. O máximo de evaporação ocorre entre setembro e novembro, atingindo valores acima de 120 mm por mês.

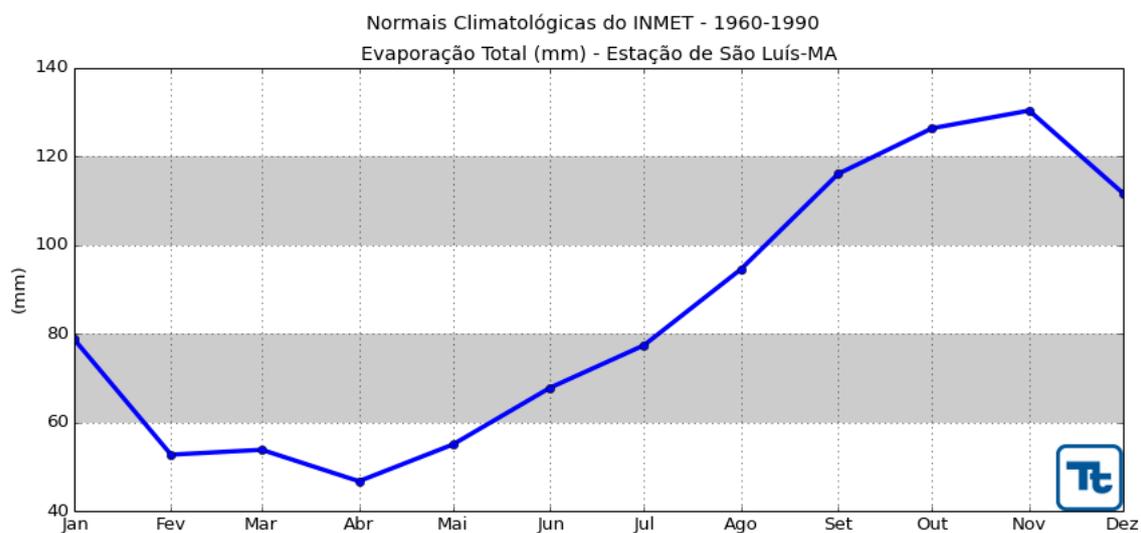


Figura 15 - Evaporação média mensal (mm) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.

2.5. UMIDADE RELATIVA

É importante notar que o parâmetro umidade relativa do ar não se refere à quantidade absoluta de vapor de água presente na atmosfera (em massa ou volume), mas sim à relação entre a quantidade de vapor e a capacidade da atmosfera de reter este vapor (por isso sua unidade é dada em porcentagem). Assim, a umidade relativa indica o quão próximo à atmosfera está do seu estado de saturação. Quando a saturação máxima é atingida ocorre a condensação do vapor, de forma que sob a condição de precipitação a umidade relativa possui valores próximos a 100%. Dadas condições de temperatura semelhantes, onde a

capacidade de retenção de vapor pela atmosfera não sofra alterações, o fator de evaporação de água pela superfície influenciará o valor da umidade relativa do ar.

Da Figura 16 à Figura 18 são apresentados mapas das climatologias de umidade relativa do ar referentes aos meses de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), respectivamente, baseados em dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010. São observadas variações sazonais significativas sobre o continente, com verões mais úmidos e invernos secos. Sobre o oceano não são observadas variações significativas.

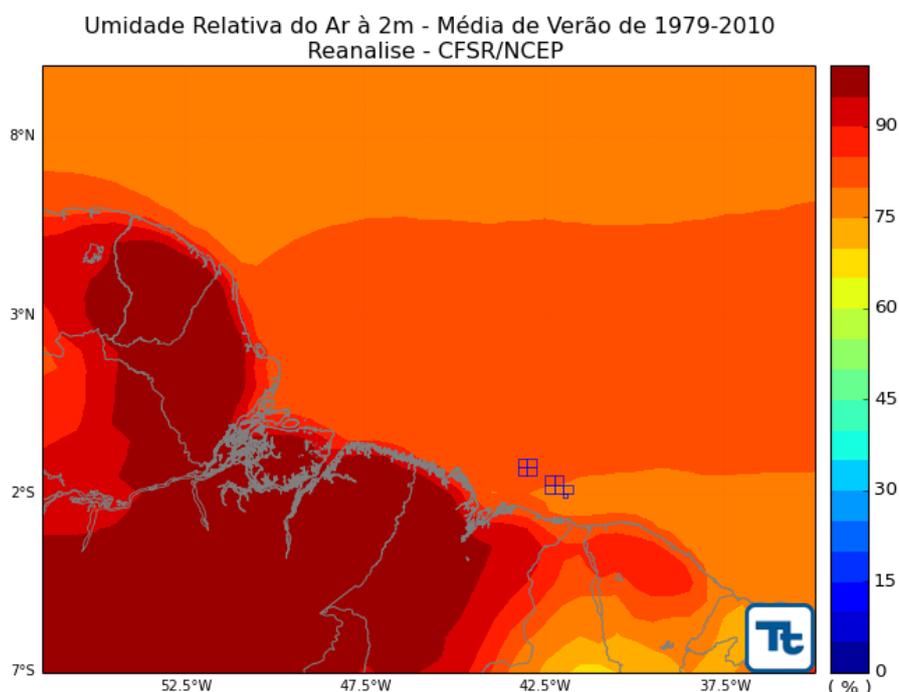


Figura 16 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

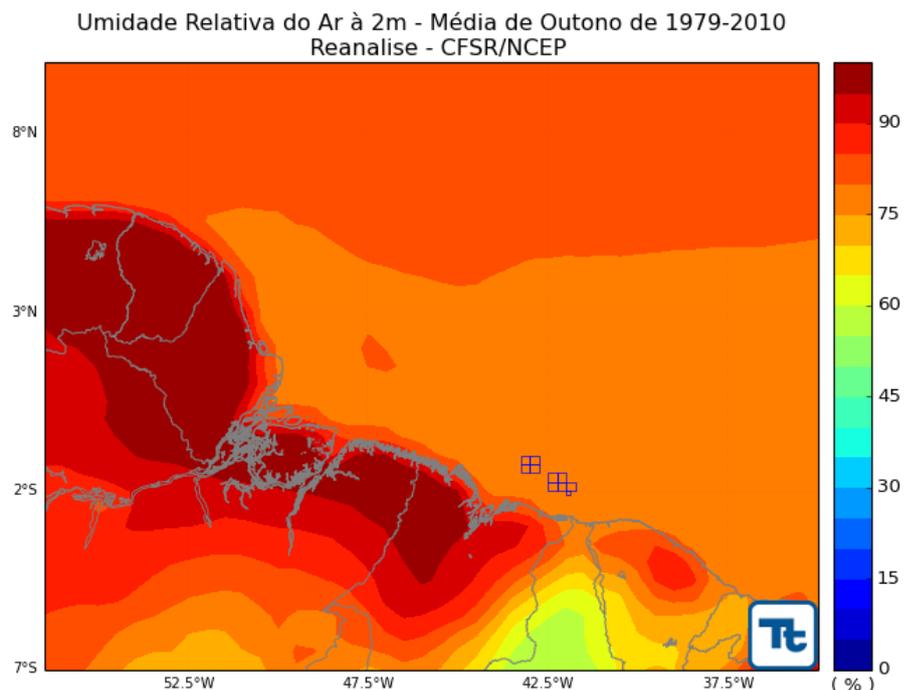


Figura 17 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

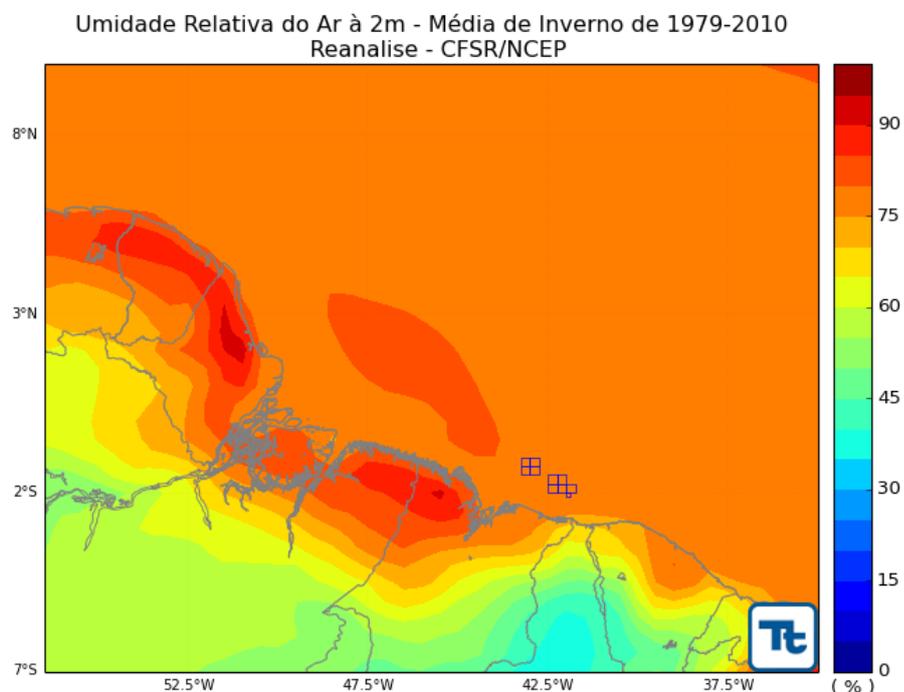


Figura 18 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

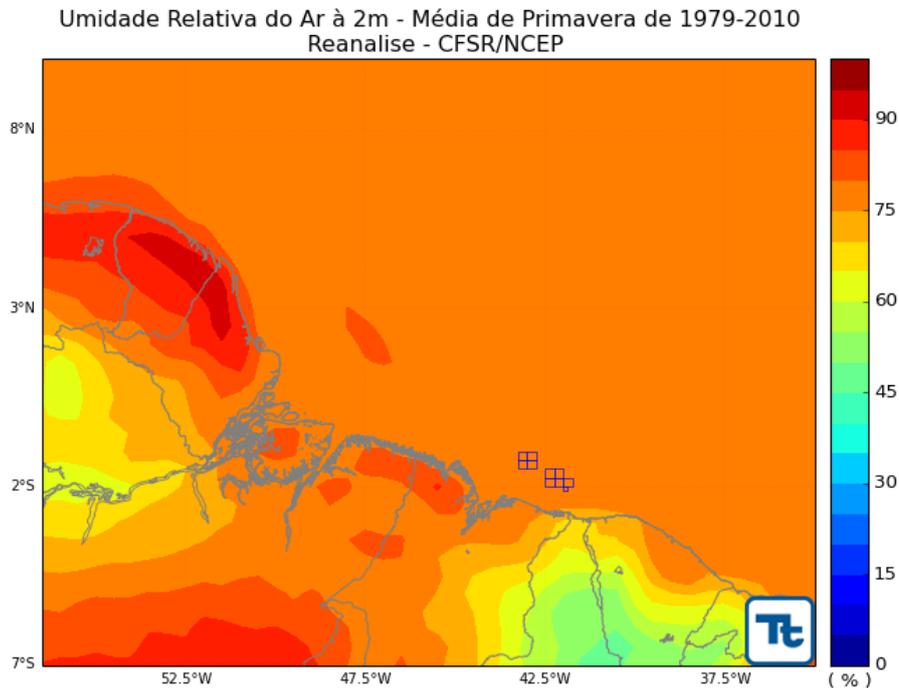


Figura 19 - Campo de umidade relativa do ar média (%) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

A Figura 20 apresenta a climatologia das médias mensais de umidade relativa do ar segundo os dados das reanálises CFSR, avaliados no ponto de coordenadas 1,5°S e 42,5°W. Nesta base de dados são observados valores relativamente baixos em relação aos observados sobre o continente na estação do INMET (Figura 21), e com pouca variação ao longo do ano, entre 80,5% e 77,0%.

A Figura 21 apresenta, analogamente, médias mensais de umidade relativa do ar segundo os dados medidos na estação do INMET em São Luís, onde uma sazonalidade apresenta-se de forma mais clara. Os máximos valores de umidade relativa ocorrem nos meses chuvosos entre fevereiro e maio, atingindo valores em torno de 90%, enquanto os menores valores mensais permanecem em torno dos 80% entre setembro e dezembro. Este padrão, por sua vez, mostra-se diretamente relacionado à incidência de precipitação (Figura 14).

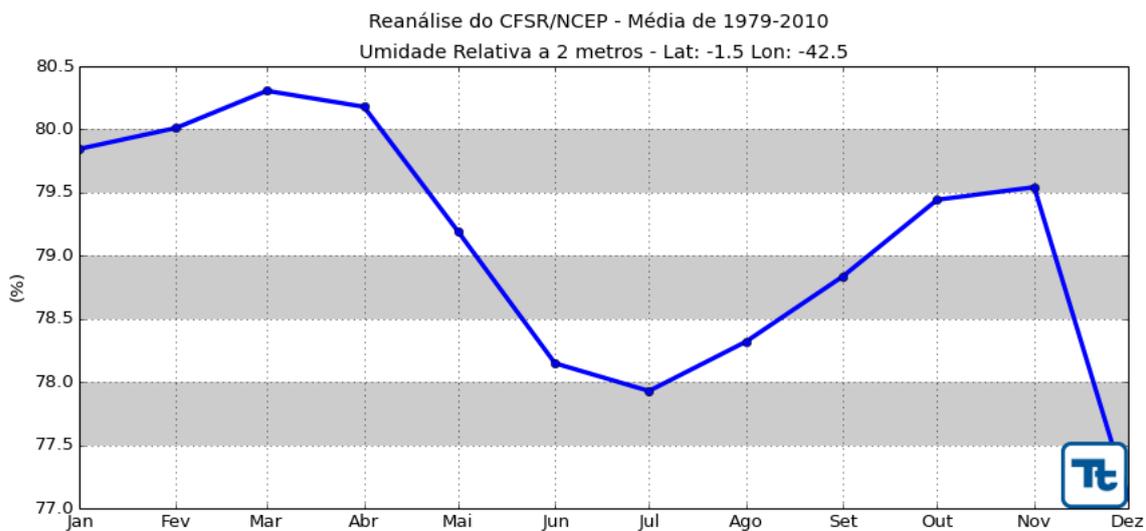


Figura 20 - Umidade relativa do ar média mensal (%) de acordo com dados da reanálise CFSR no período de 1979 a 2010.

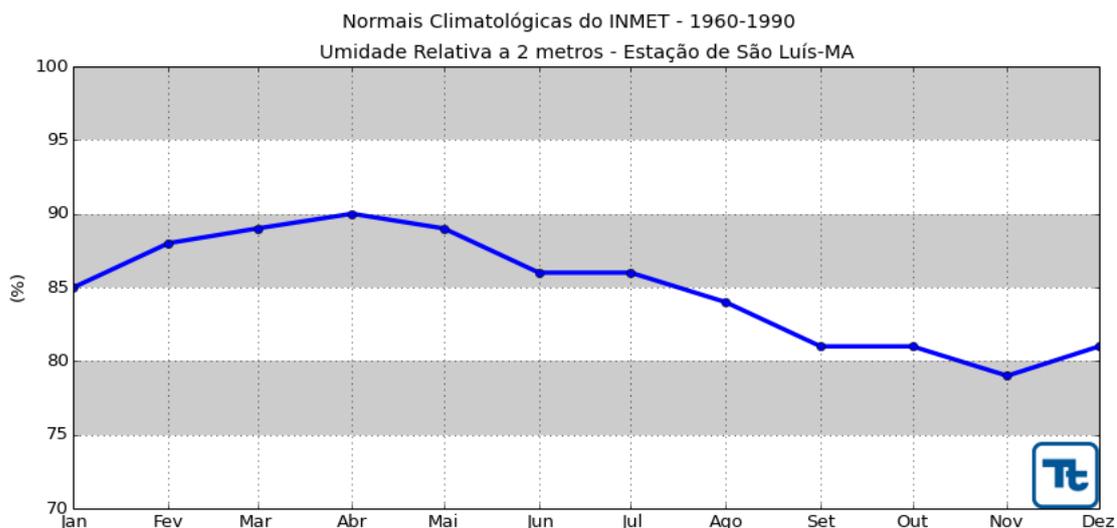


Figura 21 - Umidade relativa do ar média mensal (%) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.

2.6. PRESSÃO ATMOSFÉRICA

O parâmetro pressão atmosférica reflete as características da coluna atmosférica sobre uma superfície. Regiões da superfície com baixa pressão atmosférica relacionam-se, em geral, a circulação de subsidência (ou onde há divergência horizontal) e a temperaturas mais elevadas. Inversamente, regiões da superfície com alta pressão atmosférica estão associadas a condições de circulação com convecção (onde ocorre convergência) e de temperaturas mais baixas (VIANELLO, 1991).

Da Figura 22 à Figura 25 são apresentados mapas das climatologias de pressão atmosférica para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), a partir dos dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. As principais feições observadas nos mapas, como a diminuição na pressão atmosférica nos meses de primavera e verão, estão associadas ao deslocamento da ZCIT neste período (conforme mostrado na Figura 28).

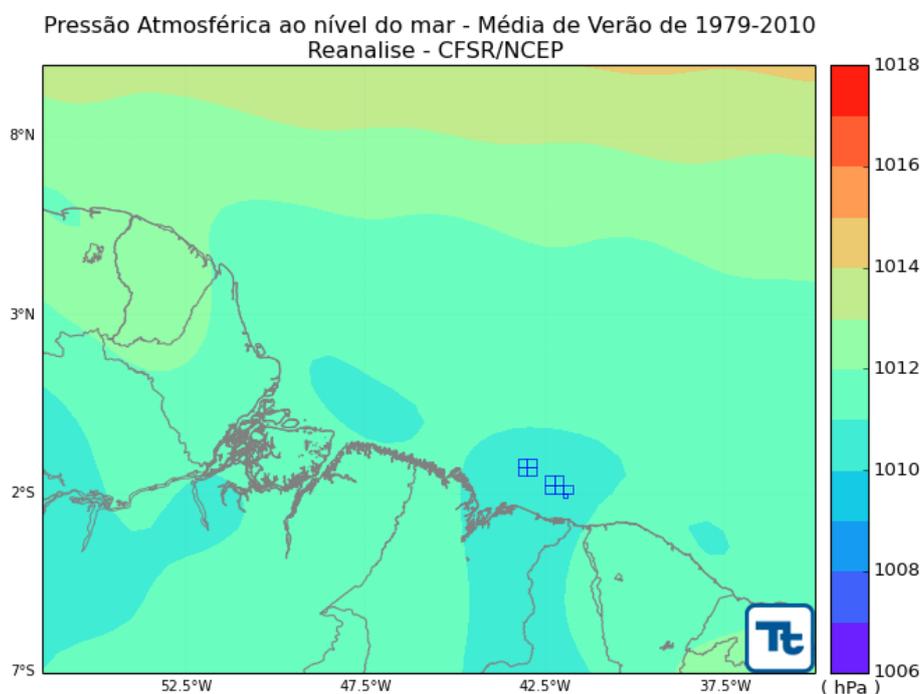


Figura 22 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

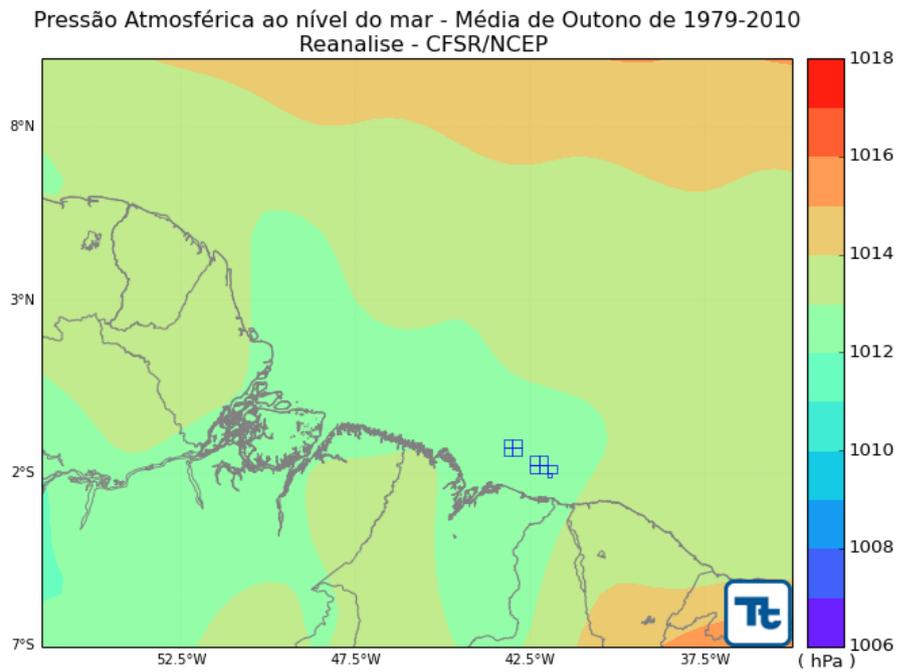


Figura 23 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

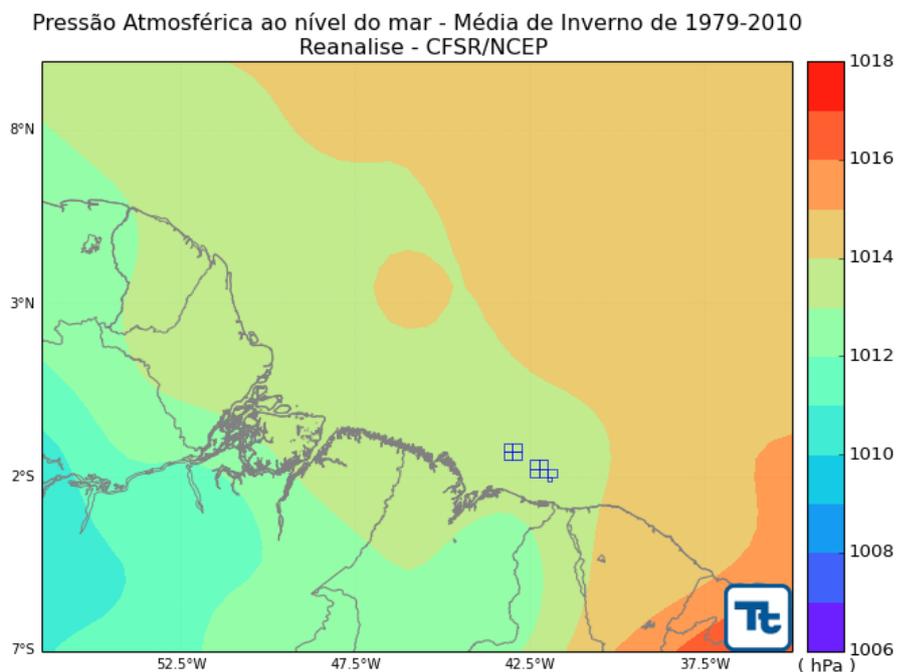


Figura 24 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

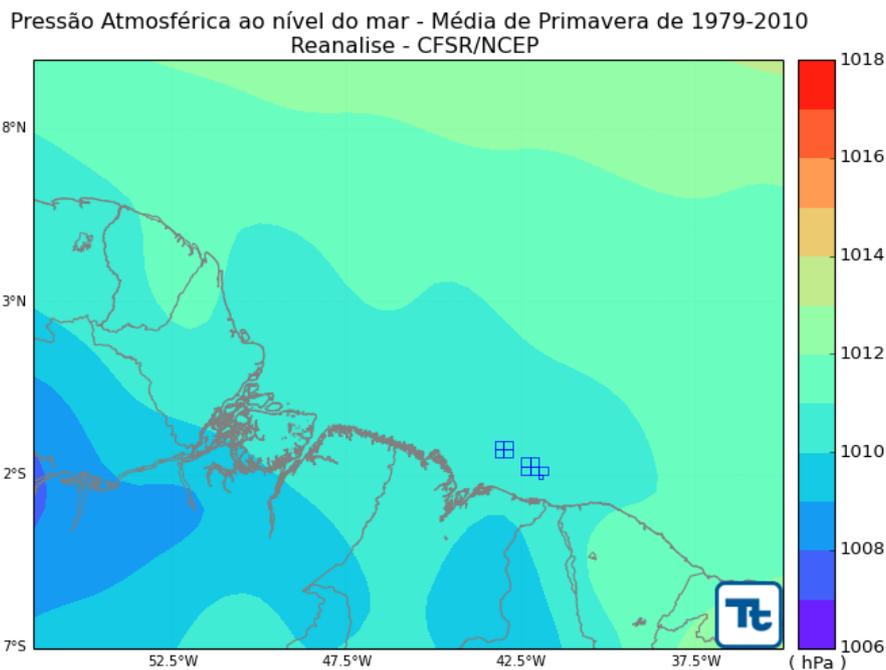


Figura 25 - Campo de pressão atmosférica média (hPa) para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

A Figura 26 apresenta médias mensais da pressão atmosférica segundo os dados das reanálises CFSR sobre o ponto de coordenadas 1,5°S e 42,5°W, enquanto a Figura 27 aponta as médias mensais da pressão atmosférica medida na estação INMET de São Luís. Em ambos os conjuntos de dados observa-se uma amplitude de aproximadamente 4 hPa ao longo do ano e uma sazonalidade bem definida, com menores valores entre novembro e abril e valores mais elevados de maio a outubro. Este padrão de sazonalidade é inversamente proporcional à temperatura (conforme discutido no item 2.2), com maiores valores da pressão atmosférica no período de inverno e menores durante os meses mais quentes de verão.

Note-se, porém, que, enquanto os dados da reanálise CFSR apresentam valor máximo de 1.014 hPa e mínimo de 1.010 hPa, o conjunto de dados do INMET de São Luís apresenta máximo de 1.007 hPa e mínimo de 1.004 hPa. É possível verificar o mesmo padrão sazonal em ambos os conjuntos de dados, sendo as diferenças encontradas associadas não somente à diferente natureza dos dados (produto espacial de reanálise *versus* dados medidos pontualmente), mas também à continentalidade (ou seja, ao fato de os dados da CFSR serem tomados sobre o oceano enquanto os do INMET são medidos sobre o continente).

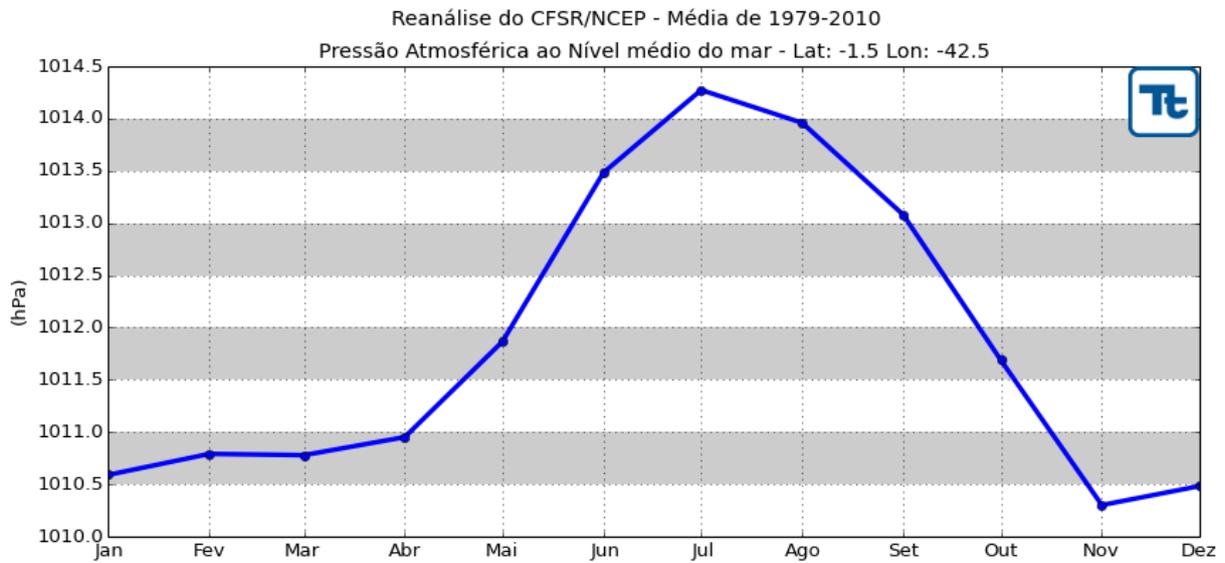


Figura 26 - Pressão atmosférica média mensal (hPa) de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

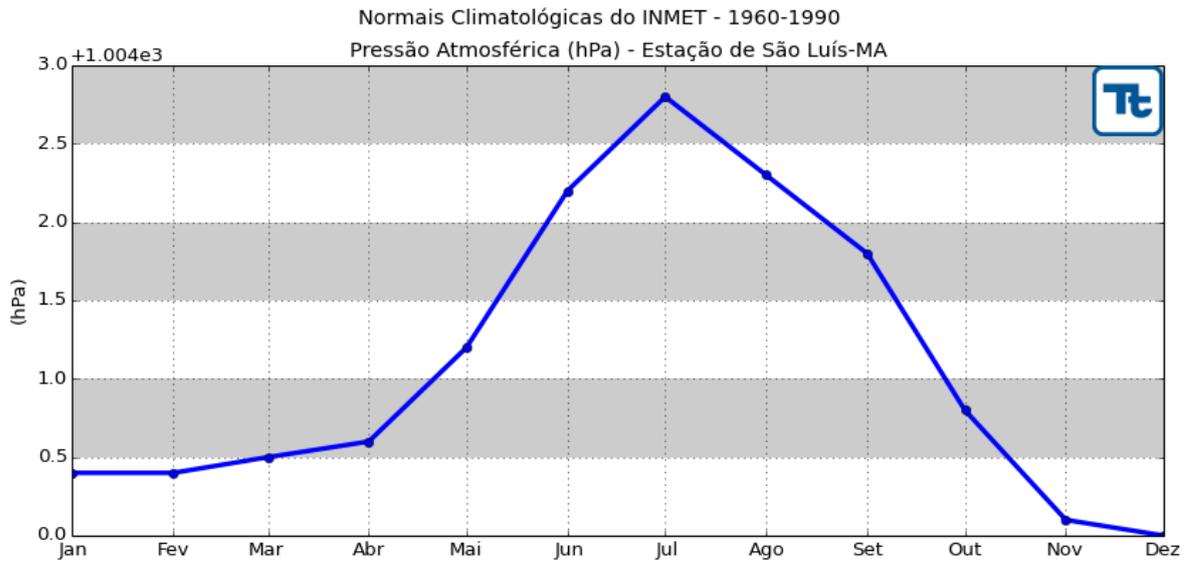


Figura 27 - Pressão atmosférica média mensal (hPa) de acordo com dados observados na estação INMET de São Luís no período de 1961 a 1990.

2.7. REGIME DE VENTOS

A circulação atmosférica sobre as regiões Nordeste e Norte do Brasil é influenciada principalmente por sistemas sinóticos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e do hemisfério sul. A sazonalidade da ZCIT é caracterizada por um deslocamento para sul durante o verão do hemisfério sul, chegando à posição aproximada de 2°S a 4°S entre os meses de fevereiro e abril, e para norte durante o inverno, chegando a até aproximadamente 14°N entre agosto e outubro (FERREIRA & MELLO, 2005).

Da Figura 28 à Figura 31 são apresentados campos médios do vento a 10 m de altitude para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), respectivamente, obtidos a partir do conjunto de dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010, representando assim o comportamento sazonal da circulação atmosférica sobre a região Nordeste do Brasil e a faixa equatorial do oceano Atlântico.

Em todos os mapas é possível observar uma predominância de ventos provenientes da direção Leste, devido à proximidade da linha do Equador. No período de verão (Figura 28) observa-se o predomínio de ventos de Nordeste, enquanto no inverno (Figura 30) o predomínio é de ventos de Leste e Leste-Sudeste. Já a Figura 29 (outono) e Figura 31 (primavera) representam os períodos de transição entre os padrões de circulação dos ventos de verão e de inverno. A intensidade, mostra sobre a Bacia de Barreirinhas uma variação média de 8 m/s no verão a 10 m/s no inverno.

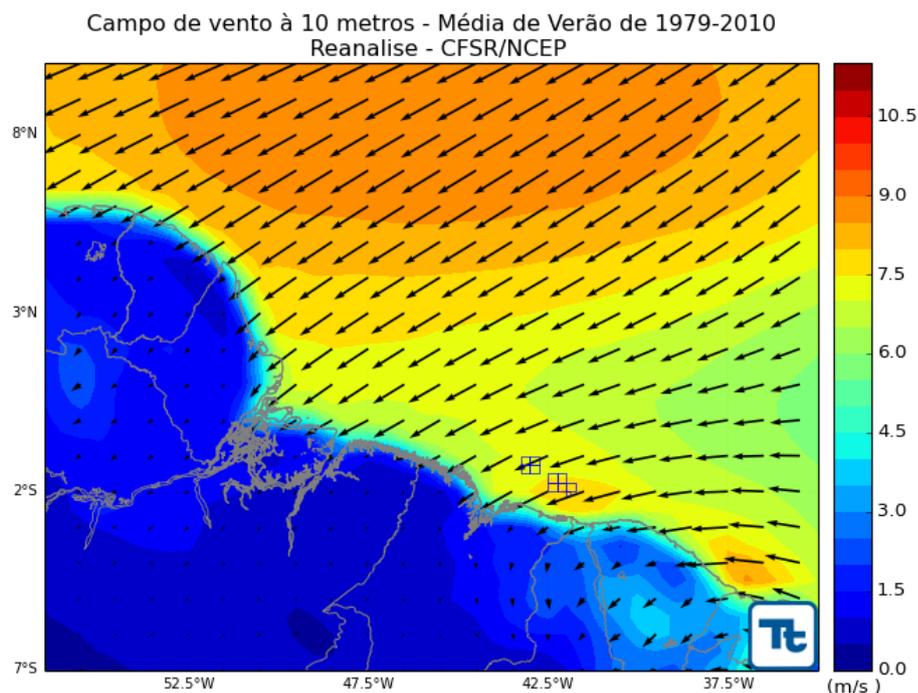


Figura 28 - Campo médio do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

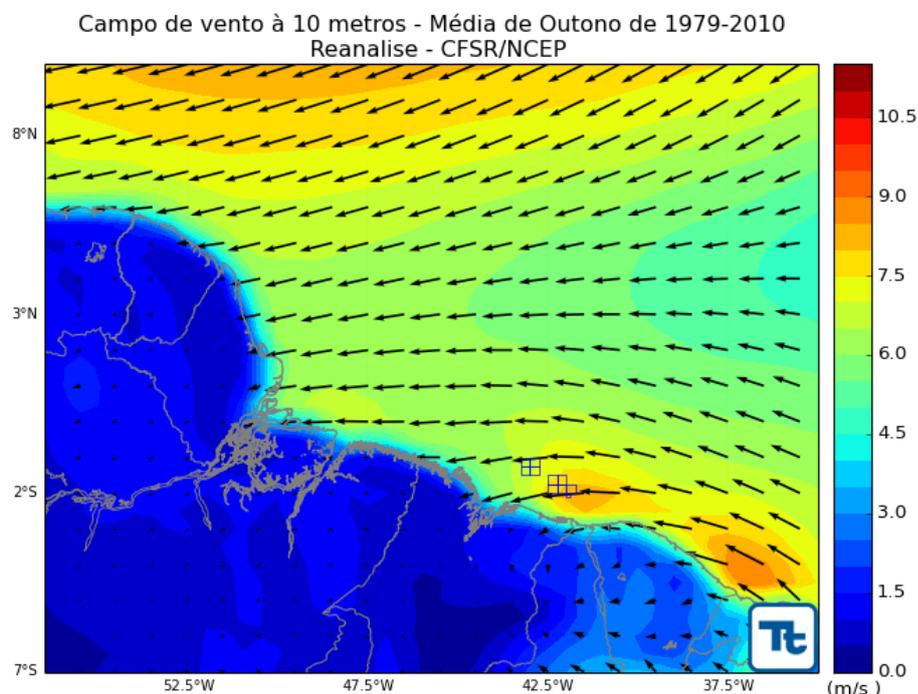


Figura 29 - Campo médio do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

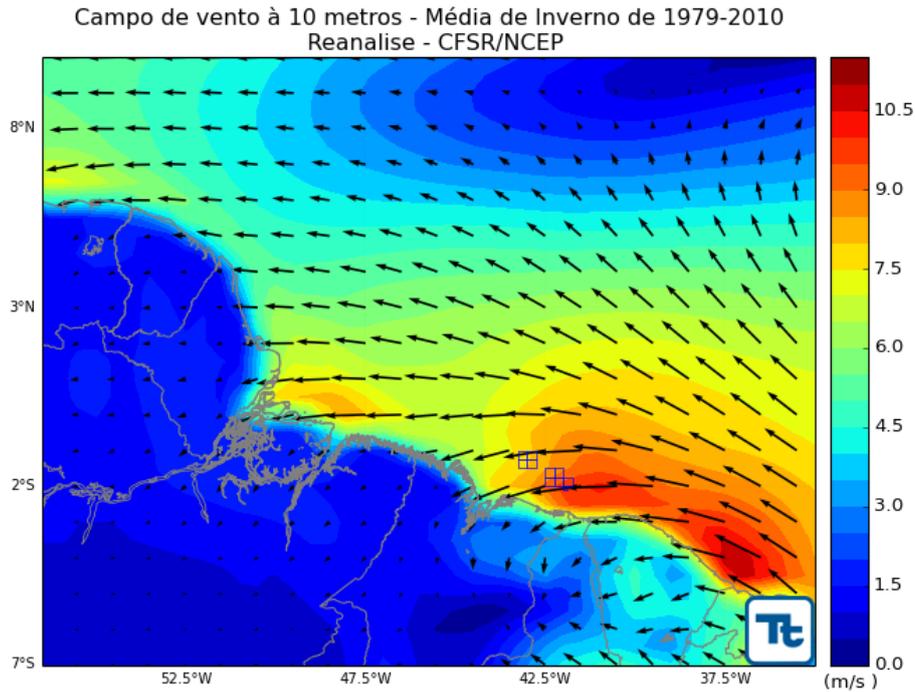


Figura 30 - Campo médio do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

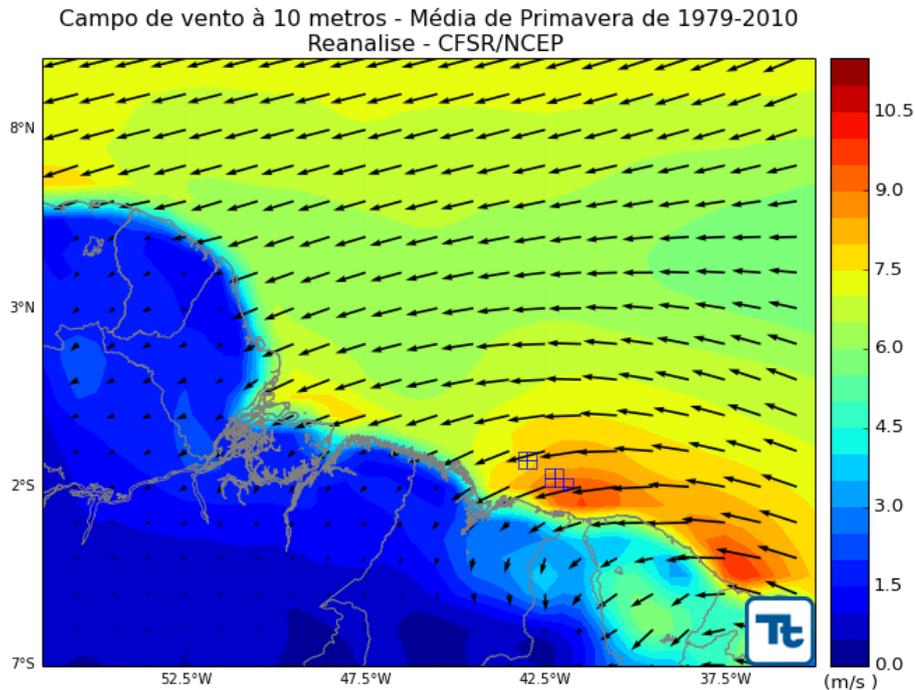


Figura 31 - Campo médio do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010. Os blocos exploratórios são indicados na figura (polígonos de contorno azul).

Da Figura 32 à Figura 39 são apresentados histogramas direcionais do vento. Da Figura 32 à Figura 35 são apresentados, respectivamente, os períodos de verão, outono, inverno e primavera dos dados das reanálises CFSR sobre o ponto de coordenadas 1,5°S e 42,5°W, enquanto da Figura 36 à Figura 39 apresentam-se os períodos de verão, outono, inverno e primavera dos dados METAR medidos no Aeroporto de São Luís. Nestes histogramas a direção (de onde o vento vem, seguindo a convecção meteorológica) é dada em graus a partir do Norte geográfico, a intensidade é indicada pela distância radial (em m/s) e a barra de cores representa a frequência de ocorrência dos ventos (em %).

Em seguida são apresentados os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos associados a cada um dos histogramas, de forma que os da Tabela 2 à Tabela 5 referem-se aos períodos de verão, outono, inverno e primavera para os dados das reanálises CFSR, e os da Tabela 6 à Tabela 9 referem-se aos mesmos períodos para os dados METAR de São Luís. Os valores marcados em vermelho nas tabelas indicam as máximas probabilidades por direção e intensidade.

De maneira geral, em ambos os conjuntos de dados observa-se pouca dispersão no que se refere às direções, com maior concentração em torno de NE e E, conforme detalhado a seguir. As intensidades sofrem uma pequena variação ao longo do ano, sendo o inverno e a primavera as estações com ventos mais intensos.

De acordo com os dados das reanálises CFSR, durante o verão 51,4% dos dados são incidentes da direção E e 46,3% de direção NE, sendo que 42,0% dos ventos incidentes tem velocidade entre 6 e 8 m/s. No outono 73,7% dos ventos são provenientes da direção E e apenas 19,2% de NE, com intensidade variando entre 6 e 8 m/s em 34,4%. Já durante o inverno 85,5% dos dados concentram-se na direção E, com a predominância de 44,1% dos ventos com intensidade entre 8 e 10 m/s. Nos meses de primavera 80,7% dos ventos são de direção E e 19,0% de NE, sendo 40,4% com intensidade entre 8 e 10 m/s.

Os dados da base METAR de São Luís mostram durante o verão 60,5% dos ventos incidentes da direção NE e 19,9% de E, com intensidade predominante entre 2 e 4 m/s. No outono os ventos também registram intensidades majoritariamente de 2 à 4 m/s (46,3%), com direção predominante de NE representando 39,1% das ocorrências no período. Durante o período de inverno 56,6% são incidentes de NE, com intensidade predominante de 2 à 4 m/s. Na primavera a intensidade média dos ventos é maior, predominantemente de 4 a 6 m/s, em 34,6% dos dados, com incidência de 77,5% de ventos de NE.

Note-se que os padrões de sazonalidade apresentados são consistentes na comparação entre os dados das reanálises e os dados medidos na estação METAR. Os dados METAR, porém, mostram intensidades mais baixas, o que se deve principalmente ao fato de estes dados serem tomados sobre uma superfície continental, onde o efeito da rugosidade (atrito) da superfície tende a causar uma desaceleração dos ventos, o que não ocorre sobre o oceano onde os dados das reanálises foram avaliados. Estes dados também sofrem leve deflexão na direção devido à sua localização numa reentrância da costa (Figura 2), resultando numa maior incidência de ventos de NE.

Para complementar a avaliação da variabilidade da intensidade do vento são apresentados *boxplots* com base nos dois conjuntos de dados analisados (dados das reanálises CFSR na Figura 40 e dados METAR de São Luís na Figura 41). Nestas figuras a média mensal da intensidade é apresentada em vermelho, as caixas representam os percentis de 25%, 75 % e a mediana, as barras pontilhadas indicam os limiares da série (média mais/menos 2,7 desvios-padrão) e em azul constam os chamados *outliers* (dados acima/abaixo deste limiar) a cada mês do ano.

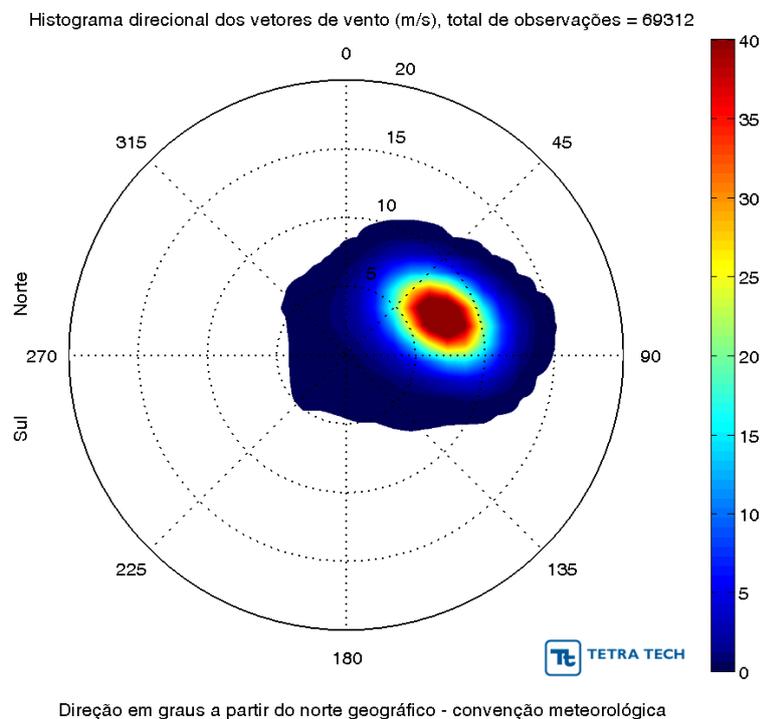


Figura 32 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

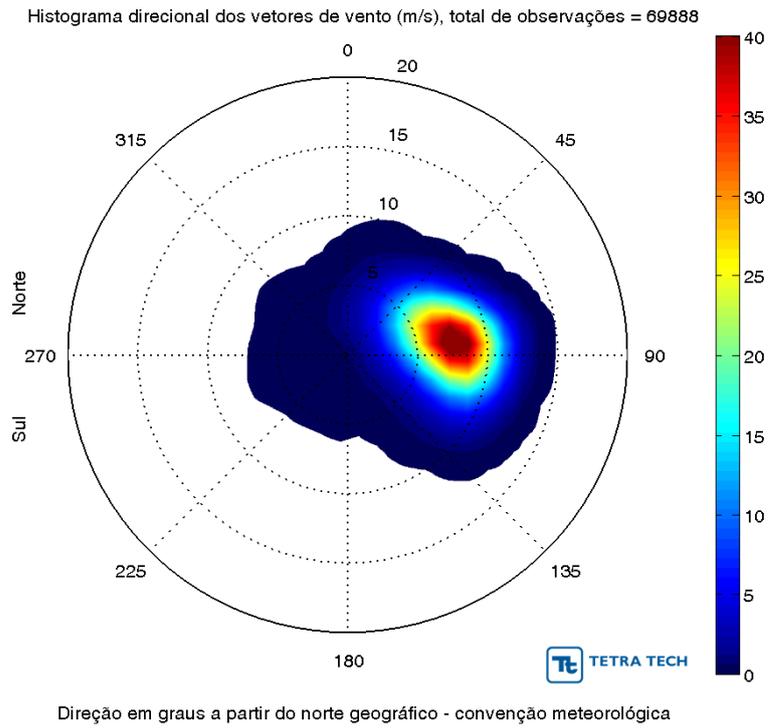


Figura 33 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

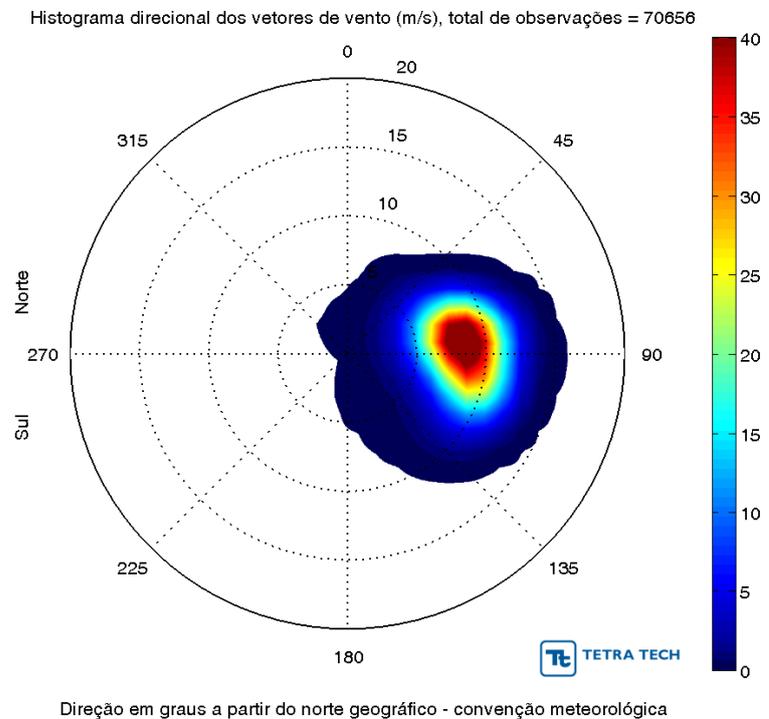


Figura 34 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

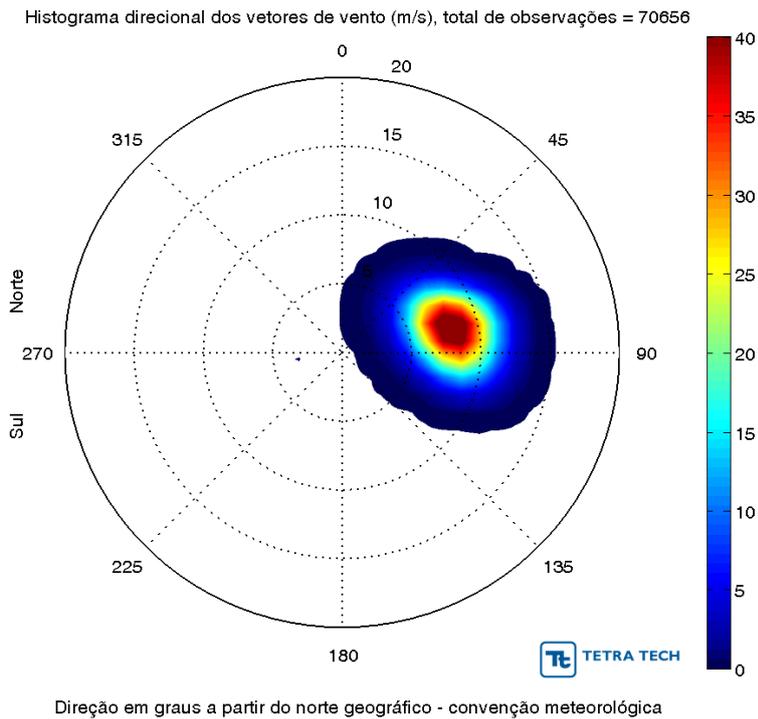


Figura 35 - Histograma direcional dos vetores do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

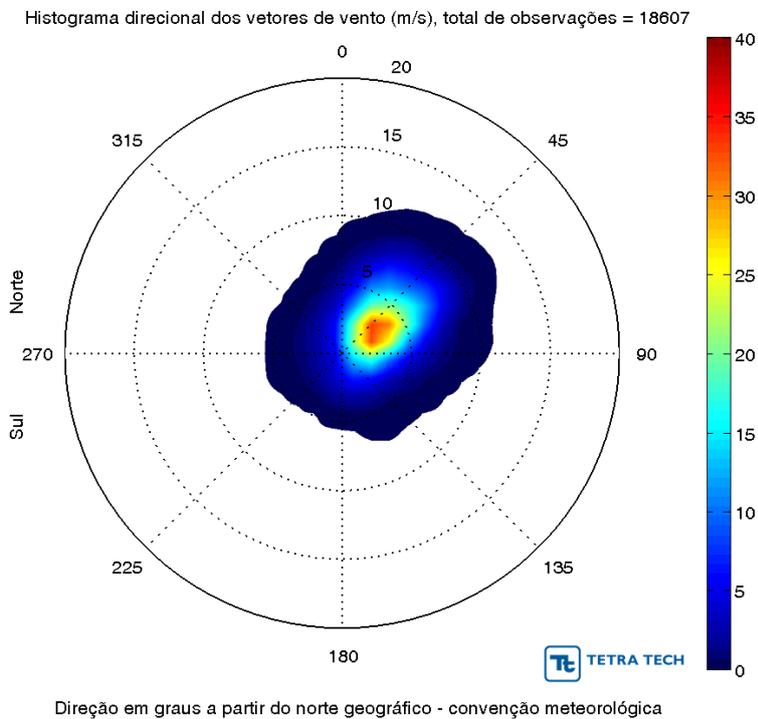


Figura 36 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Verão de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

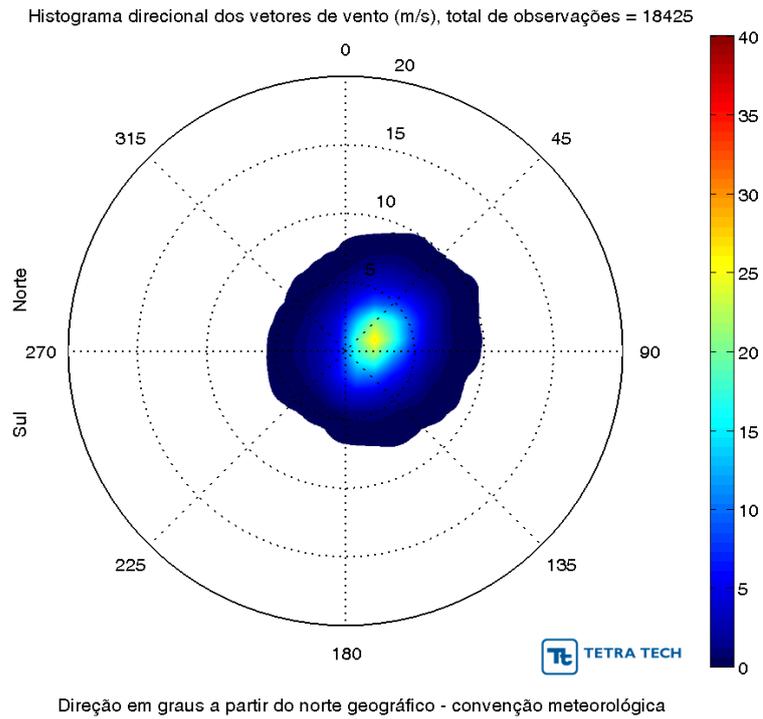


Figura 37 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Outono de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

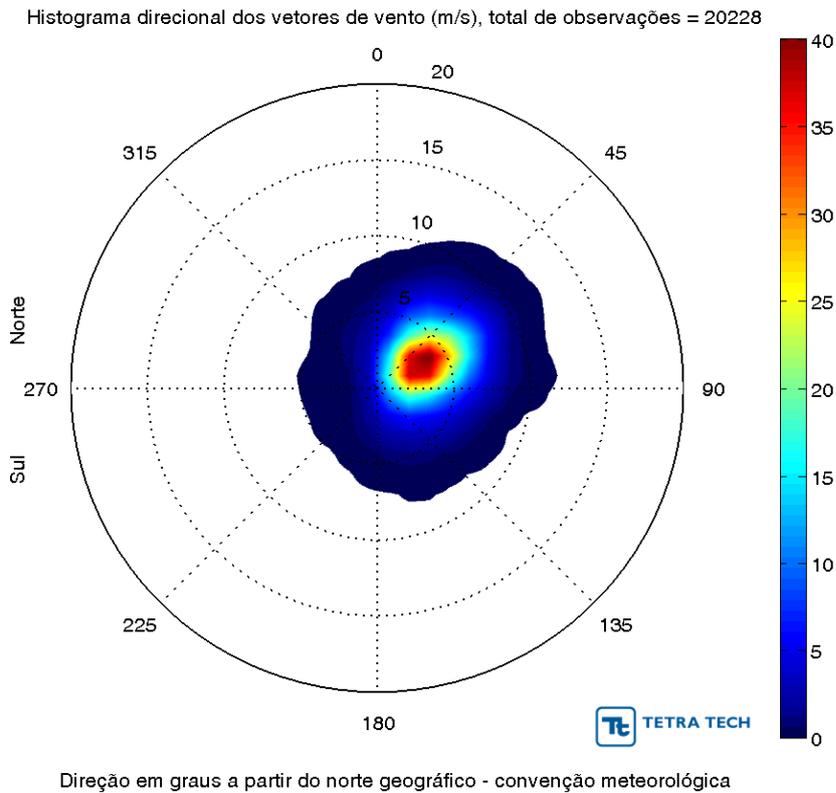


Figura 38 - Histograma direcional dos vetores do vento para o Inverno de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

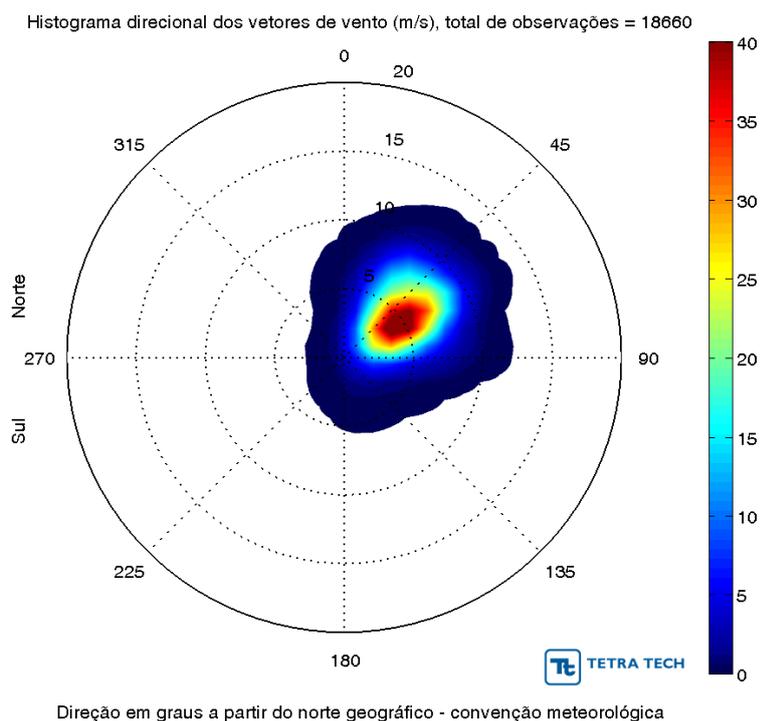


Figura 39 - Histograma direcional dos vetores do vento para a Primavera de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Tabela 2 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	59	90	102	43	33	25	29	50	431	0,6
2,0-4,0	218	942	468	51	22	30	16	80	1827	2,6
4,0-6,0	417	6908	3241	67	17	25	13	45	10733	15,5
6,0-8,0	215	16228	12630	50	0	4	4	13	29144	42,0
8,0-10,0	19	7311	14344	16	0	0	4	4	21698	31,3
10,0-12,0	1	564	4462	1	0	0	0	3	5031	7,3
12,0-14,0	0	0	320	0	0	0	0	0	320	0,5
Total	929	32043	35567	228	72	84	66	195	69184	
%	1,3	46,3	51,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3		
Vel. Méd.	4,8	6,9	8,0	4,4	2,5	3,2	3,1	3,3		
Vel. Máx.	10,1	12,0	14,0	10,3	5,5	7,4	9,4	10,9		

Tabela 3 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	78	133	128	98	59	35	37	66	634	0,9
2,0-4,0	345	1249	1213	210	45	67	42	83	3254	4,7
4,0-6,0	358	5021	6175	384	33	43	55	54	12123	17,3
6,0-8,0	139	5458	17464	913	11	14	30	40	24069	34,4
8,0-10,0	37	1449	19772	1104	2	2	9	14	22389	32,0
10,0-12,0	1	114	6294	473	0	0	1	0	6883	9,8
12,0-14,0	0	4	384	35	0	0	0	0	423	0,6
Total	958	13428	51430	3217	150	161	174	257	69775	
%	1,4	19,2	73,7	4,6	0,2	0,2	0,2	0,4		
Vel. Méd.	4,4	6,0	7,8	7,6	2,9	3,4	4,2	3,7		
Vel. Máx.	10,2	13,4	13,9	13,6	8,1	8,3	10,1	9,3		

Tabela 4 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	18	26	56	20	6	4	5	5	140	0,2
2,0-4,0	27	232	328	113	21	4	1	17	743	1,1
4,0-6,0	15	1117	3121	253	20	0	0	0	4526	6,4
6,0-8,0	1	2376	15052	861	15	0	0	0	18305	25,9
8,0-10,0	0	1220	27722	2187	0	0	0	0	31129	44,1
10,0-12,0	0	88	12783	1437	0	0	0	0	14308	20,3
12,0-14,0	0	0	1346	115	0	0	0	0	1461	2,1
Total	61	5059	60408	4986	62	8	6	22	70612	
%	0,1	7,2	85,5	7,1	0,1	0,0	0,0	0,0		
Vel. Méd.	2,9	6,8	8,6	8,9	4,4	1,9	1,3	2,3		
Vel. Máx.	6,5	11,5	14,0	13,7	7,8	2,4	2,0	3,8		

Tabela 5 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Primavera de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	4	5	2	3	4	2	3	3	26	0,0
2,0-4,0	4	194	181	5	2	3	22	7	418	0,6
4,0-6,0	18	2346	2895	32	5	0	7	2	5305	7,5
6,0-8,0	7	7197	17596	45	0	0	0	0	24845	35,2
8,0-10,0	0	3307	25164	63	0	0	0	0	28534	40,4
10,0-12,0	0	340	9942	12	0	0	0	0	10294	14,6
12,0-14,0	0	8	1202	1	0	0	0	0	1211	1,7
Total	33	13397	56982	161	11	5	32	12	7063	3,0
%	0,0	19,0	80,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0		
Vel. Méd.	4,6	7,1	8,5	7,4	2,9	2,6	3,3	2,9		
Vel. Máx.	6,9	13,2	14,0	12,1	4,7	3,7	4,8	4,2		

Tabela 6 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Verão de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	117	897	828	505	283	104	104	153	2991	16,1
2,0-4,0	486	4036	1539	488	241	85	86	163	7124	38,3
4,0-6,0	402	3463	898	65	17	5	13	22	4885	26,3
6,0-8,0	232	2153	370	15	1	1	2	2	2776	14,9
8,0-10,0	19	590	48	0	1	0	0	0	658	3,5
10,0-12,0	1	80	11	2	0	1	0	0	95	0,5
Total	1257	11219	3694	1075	543	196	205	340	18529	
%	6,8	60,5	19,9	5,8	2,9	1,1	1,1	1,8		
Vel. Méd.	4,1	4,4	3,3	2,1	1,9	1,9	2,0	2,1		
Vel. Máx.	10,3	11,9	11,3	10,8	9,3	10,3	7,2	6,2		

Tabela 7 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Outono de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	207	1159	1393	1005	528	194	150	209	4845	26,3
2,0-4,0	445	3464	2372	1209	541	155	153	190	8529	46,3
4,0-6,0	279	1869	1235	354	70	21	25	34	3887	21,1
6,0-8,0	62	610	214	58	10	0	0	3	957	5,2
8,0-10,0	2	54	34	7	2	1	1	0	101	0,5
10,0-12,0	1	5	3	4	0	0	0	0	13	0,1
Total	996	7161	5251	2637	1151	371	329	436	18332	
%	5,4	39,1	28,6	14,4	6,3	2,0	1,8	2,4		
Vel. Méd.	3,2	3,4	2,9	2,4	2,1	1,9	2,1	2,1		
Vel. Máx.	10,8	10,8	10,3	11,3	8,8	9,3	9,3	7,2		

Tabela 8 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para o Inverno de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	46	587	605	253	70	24	27	39	1651	8,2
2,0-4,0	179	4392	2438	564	174	27	17	77	7868	38,9
4,0-6,0	297	4184	2118	326	48	8	10	34	7025	34,7
6,0-8,0	113	1861	1006	69	9	2	1	3	3064	15,1
8,0-10,0	5	357	145	4	4	0	0	1	516	2,6
10,0-12,0	0	36	13	0	0	0	0	0	49	0,2
Total	640	11417	6325	1216	305	61	55	154	20173	
%	3,2	56,6	31,4	6,0	1,5	0,3	0,3	0,8		
Vel. Méd.	4,3	4,3	4,0	3,1	2,8	2,4	2,3	2,8		
Vel. Máx.	8,2	11,3	11,3	9,3	9,3	7,2	7,2	8,2		

Tabela 9 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m para a Primavera de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	8	240	232	59	14	4	2	6	565	3,0
2,0-4,0	29	2574	871	78	34	8	3	6	3603	19,3
4,0-6,0	134	5201	1089	25	9	3	1	1	6463	34,6
6,0-8,0	190	4360	1039	6	4	0	0	1	5600	30,0
8,0-10,0	41	1806	249	1	1	0	0	0	2098	11,2
10,0-12,0	3	269	33	0	0	0	0	1	306	1,6
12,0-14,0	0	11	2	0	0	0	0	0	13	0,1
Total	405	14461	3515	169	62	15	6	15	18648	
%	2,2	77,5	18,8	0,9	0,3	0,1	0,0	0,1		
Vel. Méd.	6,0	5,6	5,0	2,6	2,9	2,6	2,5	2,8		
Vel. Máx.	11,3	13,4	13,4	8,8	8,2	5,2	4,1	10,8		

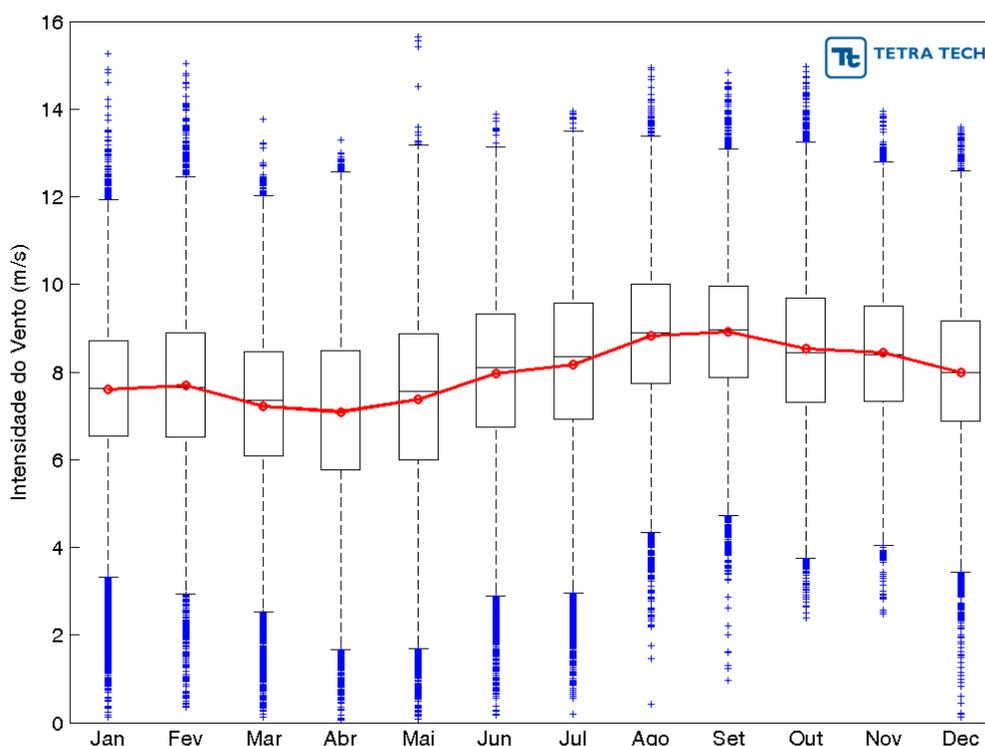


Figura 40 - Estatística boxplot da intensidade do vento a 10 m de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

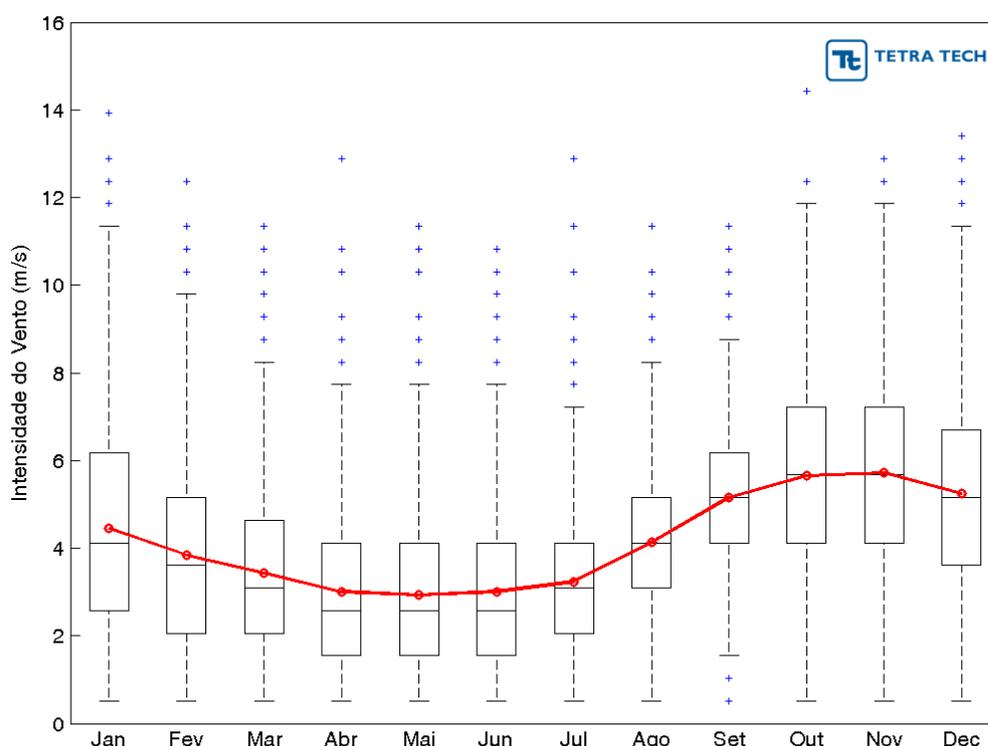


Figura 41 - Estatística boxplot da intensidade do vento de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

2.8. CONDIÇÕES EXTREMAS DO REGIME DE VENTOS

A análise de condições extremas do regime de ventos foi realizada com base nos dados da reanálise CFSR e também da base METAR de São Luís. O critério adotado para definição de extremo foi a partir da seleção das maiores intensidades, acima do percentil de 95% (ou seja, 5% dos ventos mais intensos de cada série).

A Figura 42 apresenta o histograma direcional dos extremos de vento selecionados a partir da série de dados da reanálise CFSR, a Tabela 10 apresenta o diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção associado a estes ventos extremos e a Figura 43 o histograma de frequência a cada estação do ano. Os resultados indicam a predominância dos extremos incidindo de direção E, atingindo a máxima intensidade de 14,0 m/s nesta direção. A intensidade média dos extremos selecionados foi de 11,5 m/s na direção E. A maior ocorrência de extremos é registrada nos períodos de inverno e primavera, à proporção de 41,3% e 31,3% respectivamente.

Analogamente, a Figura 44, Tabela 11 e Figura 45 apresentam, respectivamente, o histograma direcional, diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção e histograma de frequência sazonal dos extremos de vento segundo os dados observados na base METAR de São Luiz. Conforme discutido no item 0, efeitos decorrentes da localização desta estação de medição influenciam a direção e intensidade dos ventos, com uma desaceleração e deflexão na direção NE. Estes efeitos refletem na análise de extremos, de forma que estes apresentam direção predominante de incidência de NE, com intensidade média de 8,8 m/s nesta direção e máxima de 13,9 m/s. A sazonalidade aponta a primavera como a estação com maior frequência extremos, com 62,7% das ocorrências.

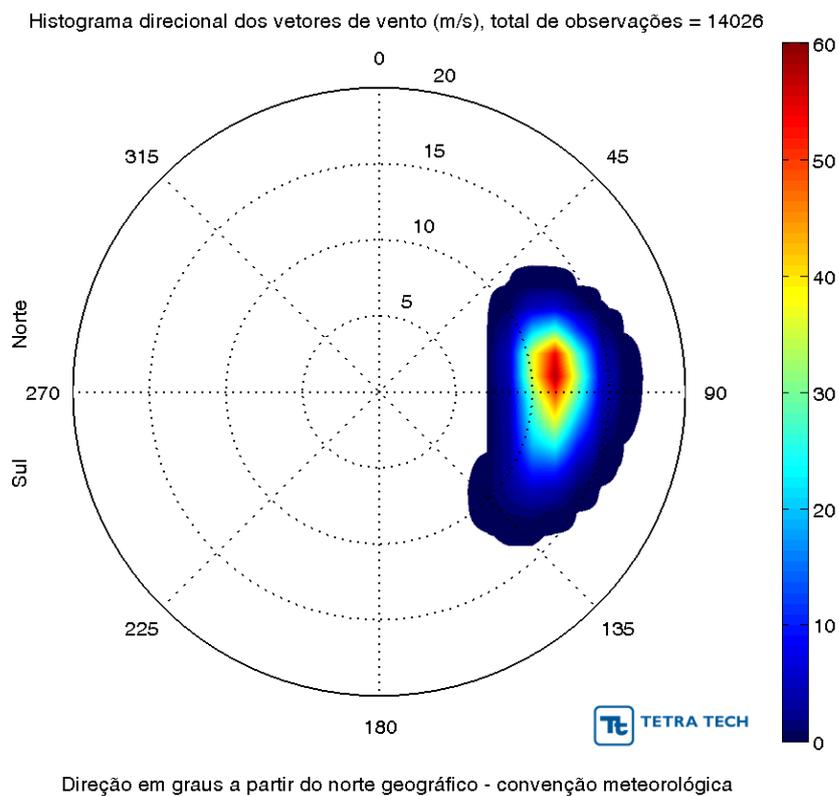


Figura 42 - Histograma direcional dos vetores de ventos extremos de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Tabela 10 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos extremos de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
4,0-6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,0-8,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
8,0-10,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
10,0-12,0	0	148	9802	577	0	0	0	0	10527	75,1
12,0-14,0	0	12	3252	151	0	0	0	0	3415	24,3
Total	0	160	13054	728	0	0	0	0	13942	
%	0	1,1	93,6	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0		
Vel. Méd.	0	11,4	11,5	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0		
Vel. Máx.	0	13,4	14,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0		

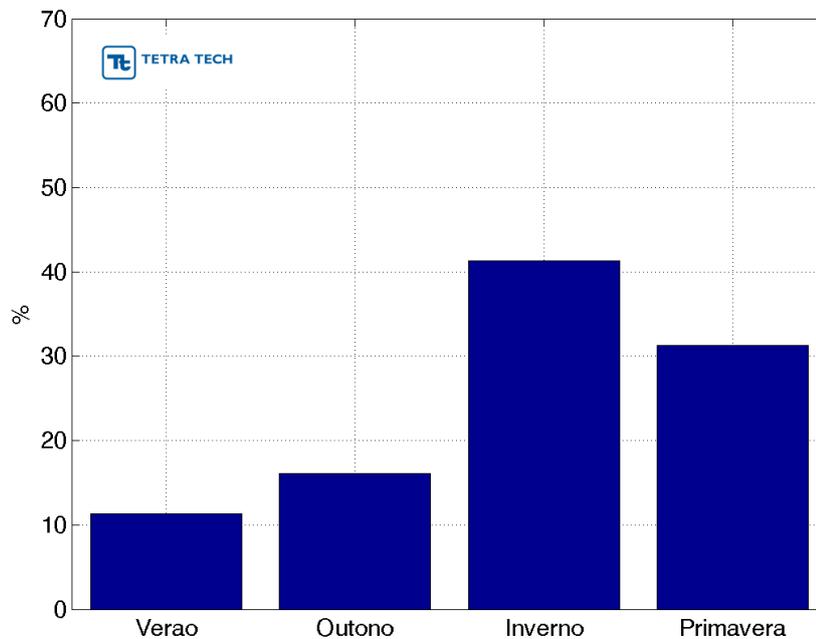


Figura 43 - Histograma de frequência de ocorrência de extremos de ventos para cada estação do ano de acordo com dados das reanálises CFSR no período de 1979 a 2010.

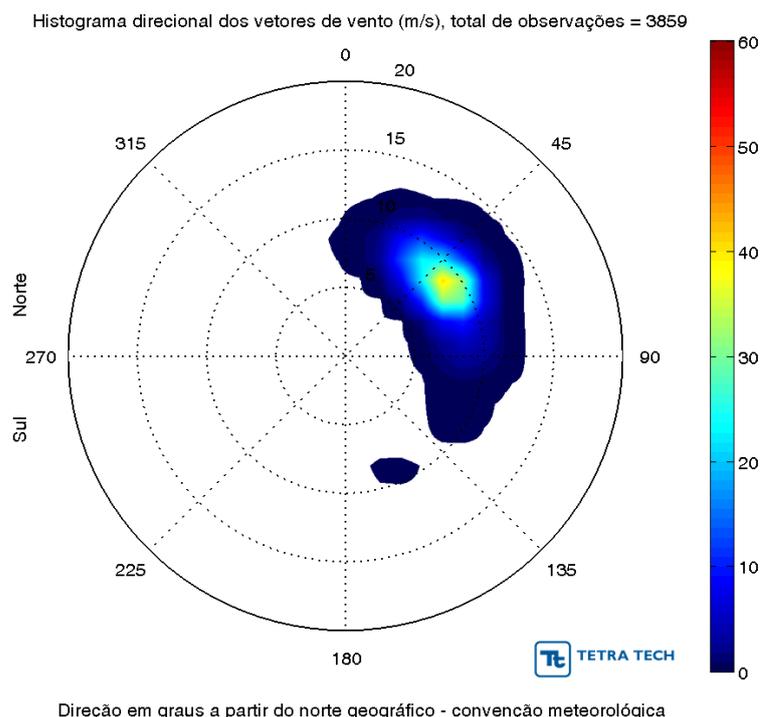


Figura 44 - Histograma direcional dos vetores de ventos extremos de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Tabela 11 - Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos ventos extremos de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
4,0-6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6,0-8,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
8,0-10,0	67	2807	476	12	8	1	1	1	3373	87,4
10,0-12,0	5	390	60	6	0	1	0	1	463	12,0
12,0-14,0	0	14	2	3	1	0	1	0	21	0,5
Total	72	3211	538	21	9	2	2	2	3857	
%	1,9	83,3	13,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1		
Vel. Méd.	8,7	8,8	8,8	9,6	9,0	9,5	11,1	9,2		
Vel. Máx.	11,3	13,9	13,4	12,9	12,9	10,3	12,9	10,8		

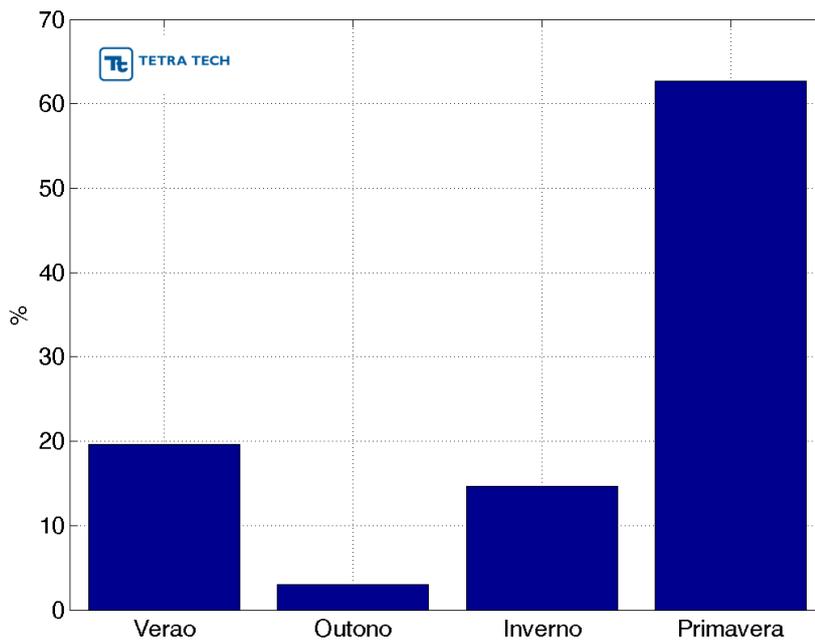


Figura 45 - Histograma de frequência de ocorrência de extremos de ventos para cada estação do ano de acordo com dados da base METAR de São Luís (SBSL) no período de 1999 a 2013.

3. OCEANOGRAFIA

O presente item apresenta os resultados de uma análise detalhada dos aspectos oceanográficos mais relevantes na região dos blocos exploratórios BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388. Esta análise foi realizada a partir de estudos anteriores, de dados disponíveis nas imediações, de resultados de modelos oceânicos consagrados e reconhecidos pela comunidade científica e de climatologias.

As análises foram divididas entre verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) e de acordo com a migração meridional da Zona de Convergência Intertropical. Os parâmetros analisados para a realização desta caracterização foram: temperatura, salinidade, densidade, massas d'água e regime de correntes, ondas e maré.

3.1. BASES DE DADOS

Para as análises necessárias à caracterização dos parâmetros oceanográficos, as seguintes bases de dados foram utilizadas:

- NODC⁶: climatologia de temperatura e salinidade;
- WOA09⁷: medições de temperatura e salinidade;
- OSTIA⁸/OISST⁹: temperatura da superfície do mar;
- SMOS¹⁰: salinidade;
- NOAA¹¹: correntes;

⁶ National Oceanographic Data Center. Conjunto de dados fornecidos pela NOAA. Disponível em: <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/qd_ts01.html>. Último acesso em 05 de maio de 2014.

⁷ World Ocean Atlas 2009. Conjunto de dados fornecidos pela NOAA. Disponível em <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html>. Último acesso em 05 de maio de 2014.

⁸ Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis, disponível em <http://ghrsst-pp.metoffice.com/pages/latest_analysis/ostia.html>. Último acesso em 03 de junho de 2014.

⁹ Optimum Interpolation Sea Surface Temperature, disponível em <<https://www.ncdc.noaa.gov/oisst>>. Último acesso em 14/09/2015.

¹⁰ Soil Moisture and Ocean Salinity, disponível em <<http://cp34-bec.cmima.csic.es/data/data-access/>>. Último acesso em 03 de julho de 2014.

¹¹ National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em <<ftp://eclipse.ncdc.noaa.gov/pub/OI-daily-v2/NetCDF/>>. Último acesso em 24 de abril de 2014.

- WOCE¹²: correntes;
- HYCOM¹³: extremo de correntes;
- SWAN¹⁴: ondas;
- FEMAR¹⁵: constantes harmônicas de maré;
- AVISO¹⁶: elevação da superfície do mar;
- CFSR¹⁷: extremos de elevação da superfície do mar (maré meteorológica).

Seguem apresentadas as tabelas com a descrição das bases de dados utilizadas para as análises espaciais (Tabela 12), de seções verticais (Tabela 13) e pontuais (Tabela 14), bem como o mapa com a localização dos dados (Figura 46).

Tabela 12 - Informações das bases de dados de parâmetros oceanográficos com distribuição espacial (datum SIRGAS2000).

BASE DE DADOS	PARÂMETRO	NÍVEL VERTICAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	PERÍODO
NODC	Temperatura e Salinidade	33 sigma	0,25° x 0,25°	Climatologia	1994 a 2009
NOAA/ Derivadores	Corrente	Superfície	0,25° x 0,25°	Climatologia	1982 a 2008
Projeto Megabar/ Derivadores	Corrente	Superfície	—	30 min	2014 a 2015
AVISO	Harmônico de Maré	Superfície	0,5° x 0,5°	—	—
SWAN	Onda	Superfície	0,25° x 0,25°	6 h	2010 a 2012
OSTIA/OISST	Temperatura	Superfície	1km x 1km	24 h	2014
SMOS	Salinidade	Superfície	0,25° x 0,25°	24 h	2014

¹² World Ocean Circulation Experiment, disponível em <<http://www.ewoce.org/data/index.html>>. Último acesso 14 de outubro de 2013

¹³ Hybrid Coordinates Oceanic Model, disponível em <<http://hycom.org>>. Último acesso 01 de julho de 2014.

¹⁴ Simulating Waves Nearshore. Modelo disponível em <<http://www.swan.tudelft.nl/>>. Resultados gerados pela TETRA TECH

¹⁵ Fundação Estudos do Mar. Disponível em <<http://www.fundacaofemar.org.br/>>. Último acesso em: 20 de maio de 2014.

¹⁶ Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic Data. Disponível em <<http://www.avisooceanobs.com/duacs/>>. Último acesso em 17 de maio de 2014

¹⁷ Climate Forecast System Reanalysis, disponível em <<http://rda.ucar.edu/datasets/ds093.1>>. Último acesso em Último acesso em 03 de junho de 2014.

Tabela 13- Informações das seções verticais de medição de parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS200).

BASE DE DADOS		PARÂMETRO	NIVEL VERTICAL	PERÍODO DE DADOS	COORDENADAS DAS SEÇÕES	
NODC	Blocos BG E&P	Temperatura e Salinidade	10m-1500m	Climatologia	42,78°W-41,53°W	2,13°N-0,88°N
	Ilha de Marajó		10m-1500m	Climatologia	48,78°W-43,53°W	0,12°S-4,63°N
	Paralela		10m-1500m	Climatologia	50,00°W-30,00°W	6,00°N-2,00°S

Tabela 14 - Informações das estações pontuais de medição de parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS2000).

BASE DE DADOS	PARÂMETRO	PROFUNDIDADES	PERÍODO DE DADOS	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE
WOA09	Temperatura e Salinidade	0-876 m	28/04/1995	0,85°S 43,37°W
		0-804 m	30/04/1995	1,37°S 43,12°W
		0-622 m	07/05/1995	1,22°S 42,47°W
		0-1043 m	08/05/1995	0,60°S 42,02°W
		0-855 m	09/05/1995	1,97°S 42,41°W
		0-998 m	10/05/1995	1,42°S 41,42°W
		0-1007 m	11/05/1995	1,00°S 41,14°W
		0-1010 m	10/11/1997	2,05°S 41,64°W
		0-1436 m	05/06/2000	1,95°S 41,98°W
		0-1486 m	14/06/2000	1,03°S 42,17°W
		0-1486 m	28/01/2001	0,85°S 42,07°W
		0-1436 m	27/05/2001	0,95°S 42,82°W
		0-1977 m	27/07/2001	1,719°S 41,01°W
		0-1976 m	28/08/2001	0,90°S 42,62°W
		0-1977 m	19/09/2001	0,66°S 42,49°W
		0-1976 m	29/09/2001	0,56°S 43,07°W
		0-19767 m	10/10/2001	0,92°S 43,27°W
		0-1977 m	20/10/2001	1,30°S 43,12°W
		0-1384 m	11/11/2001	1,06°S 43,45°W
		0-1141 m	06/07/2004	1,49°S 42,28°W
0-1980 m	11/07/2005	0,62°S 43,16°W		
0-1141 m	03/08/2007	1,74°S 41,35°W		
0-1141 m	02/09/2007	0,83°S 43,36°W		
0-1959 m	01/06/2008	0,74°S 42,09°W		
0-1985 m	11/06/2008	0,84°S 42,94°W		

(continua)

Tabela 14 - Informações das estações pontuais de medição de parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS2000) (conclusão).

BASE DE DADOS		PARÂMETRO	PROFUNDIDADES	PERÍODO DE DADOS	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE
NODC	Blocos BG E&P	Temperatura e Salinidade	10-1500 m	Climatologia	1,345°S 42,441°W
	Ilha de Marajó				4,631°N 43,530°W
CFSR	BAR-340	Altura do nível do mar excluindo a maré astronômica	Superfície	1979 – 2010 (32 anos)	1,875°S 42,375°W
FEMAR	Porto Luiz Correia	Harmônico de maré	Superfície	04/02/1984-03/02/1985	2, 851°S 41,645°W
	Plataforma JP-15			27/05/1980-27/06/1980	1,870°S 43,952°W
	Porto de Tutóia			26/06/1959-27/07/1959	2,765°S 42,247°W
NOAA / WOCE	ACM-7 K327	Correntes	50 - 300 m	07/09/89 a 10/10/90	0,087°N 44,390°W
	ACM-7 K328		72 – 3695 m	06/09/89 a 11/10/90	0,833°N 44,070°W
	ACM-7 K340		50 - 847 m	14/10/90 a 08/09/91	0,420°N 44,250°W
	ACM-7 K361		50 - 1785 m	29/10/92 a 04/03/94	1,186°N 44,040°W
SWAN	BAR-215	Ondas	Superfície	2001-2010	43,125°W 1,375°S
	BAR-252				43,125°W 1,125°S
	BAR-340				42,375°W 1,875°S
	BAR-344				2,125°S 41,875°W
	BAR-388				1,875°S 41,875°W
HYCOM	BAR-340	Correntes	33 Sigma	2008-2013	1,875°S 42,375°W

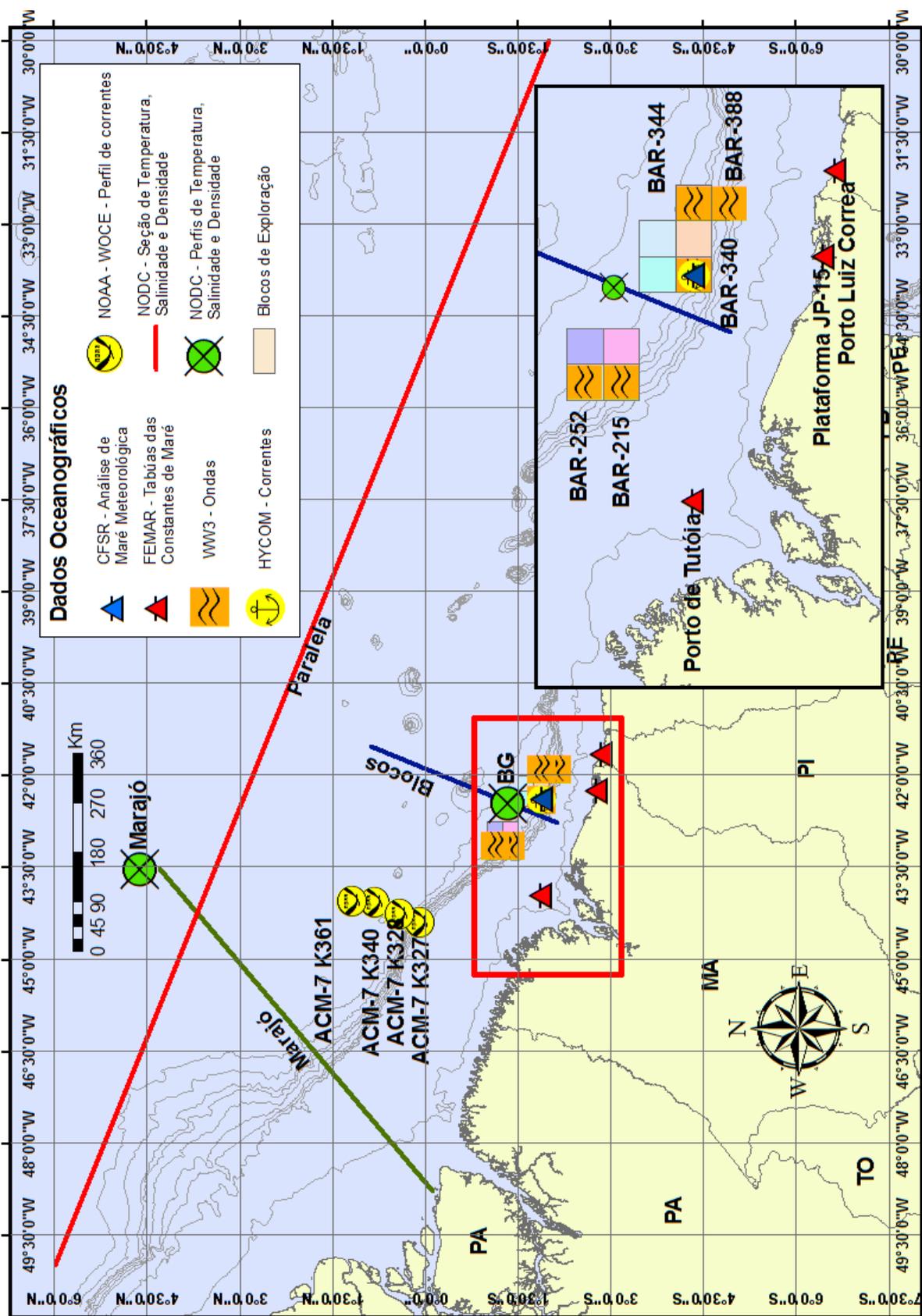


Figura 46 - Localização dos parâmetros oceanográficos analisados.

3.2. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE

Em termos gerais a distribuição térmica superficial do oceano decresce de valores elevados no Equador até temperaturas próximas à zero em regiões polares. Como exemplo pode-se citar a Corrente do Brasil, que transporta calor da região equatorial para a tropical, e a Corrente de Benguela, que transporta águas mais frias para regiões equatoriais.

Abaixo da superfície é possível distinguir três camadas com diferentes padrões (ASEFF, 2006):

- Camada superficial: região que se inicia na superfície e que chega a atingir 200 m de profundidade em algumas localidades. É a chamada Camada de Mistura, uma camada de água onde a temperatura é aproximadamente igual à temperatura registrada na superfície;
- Camada intermediária: região da termoclina, onde se observa um declínio acentuado na temperatura; esta camada torna-se mais espessa entre 200 e 1.000 m de profundidade. Analogamente com a haloclina e picnoclina para os declínios de salinidade e densidade;
- Camada profunda: região caracterizada por temperaturas baixas (aproximadamente, 4 °C) e com gradiente pequeno, em especial quando comparado à camada superior.

A região de interesse deste estudo, compreendendo a Bacia de Barreirinhas, encontra-se em latitudes equatoriais entre o Oceano Atlântico Sul e Norte. Nesta porção do globo, devido à baixíssima variação de insolação ao longo do ano, a temperatura da camada superior e a profundidade da termoclina apresentam variações sazonais pequenas.

Durante todo o ano a termoclina apresenta pequena variação em profundidade e espessura. Com os altos valores de insolação na região, a termoclina é encontrada em profundidades inferiores quando comparada as regiões de climas mais frios e com maior variação sazonal.

3.2.1. Distribuição Espacial

Os campos de temperatura e salinidade do NODC são gerados a partir de interpolações de informações coletadas por diferentes projetos fazendo uso de garrafas, CTDs, batitermógrafos, boias fundeadas, boias de deriva e perfiladores. Devido à aquisição de informação em diferentes épocas, localizações geográficas, analistas e equipamentos, a veracidade e qualidade dos dados deve ser comprovada.

Esta comprovação se dá através de uma série de procedimentos, o primeiro passo consiste na verificação de duplicidade geográfica, temporal ou sequencial dos dados, este tipo de erro indica falha por parte do fornecedor ou por parte do equipamento de coleta.

O segundo passo busca a verificação de possíveis erros durante a coleta, onde distúrbios elétricos internos do equipamento ou erros de leitura do operador resultam em gradientes acentuados, incoerentes ao resto dos dados. Para o controle de variações abruptas é realizada uma análise de consistência em que as variabilidades superiores ou inferiores a 0,1% da ocorrência possível (assumindo distribuição normal de frequência dos dados), são removidas do conjunto de dados. Este intervalo é reduzido para 1% quando se trata de regiões com maior variabilidade, tais como profundidades inferiores a 50 m ou dominadas pela dinâmica costeira.

No terceiro passo verifica-se a estabilidade da coluna d'água quanto à variação do gradiente de densidade de forma que o dado é descartado caso haja ocorrência superior a dois fragmentos do perfil que apresentam variações de densidade onde uma parcela superior do fluido é 30% mais densa que a inferior. O último passo é a correção da informação de batitermógrafos proposta por Hanawa *et al.* (1994).

O procedimento de interpolação consiste na distribuição dos dados em uma grade pré-estabelecida de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, onde as médias climatológicas de cada mês são calculadas e aplicadas ao meio da grade e interpoladas espacialmente. Esta interpolação é ponderada de acordo com a proximidade com o centro do ponto de grade, desta forma garante a relação com a proximidade do ponto. A partir deste ponto é realizada a análise objetiva para garantir o preenchimento de todos os pontos de grade (DALEY, 1991).

O conjunto de dados NODC-09 é composto pelo WOA09 (WORLD OCEAN ATLAS 2009) criado a partir da interpolação de diversos dados coletados em diferentes cruzeiros oceanográficos. Neste projeto foi aplicado o “*High resolution (1/4 degree) Temperature and*

Salinity Analyses of the World's Oceans”, Version 2 (NOAA-NODC). Esta nova versão apresenta modificações no alisamento, aplicando-se o método Shuman e o método de Rabiner, utilizando sempre as informações presente no ponto de grade em questão e nos pontos adjacentes (o primeiro ponto a leste, a oeste, a norte e a sul), conforme descrito em *World Ocean Atlas, 2009 – WOA09 METHODS*. O conjunto de dados utilizados para a interpolação consiste em parâmetros de temperatura, pressão e salinidade coletados por perfiladores de condutividade temperatura (CTD) (distribuição espacial das estações apresentada na Figura 47), batitermógrafos descartáveis (XBT) (Figura 48) e mecânicos (MBT) (Figura 49), perfiladores de deriva (PFL) (Figura 50) e garrafas de reversão (OSD) (Figura 51).

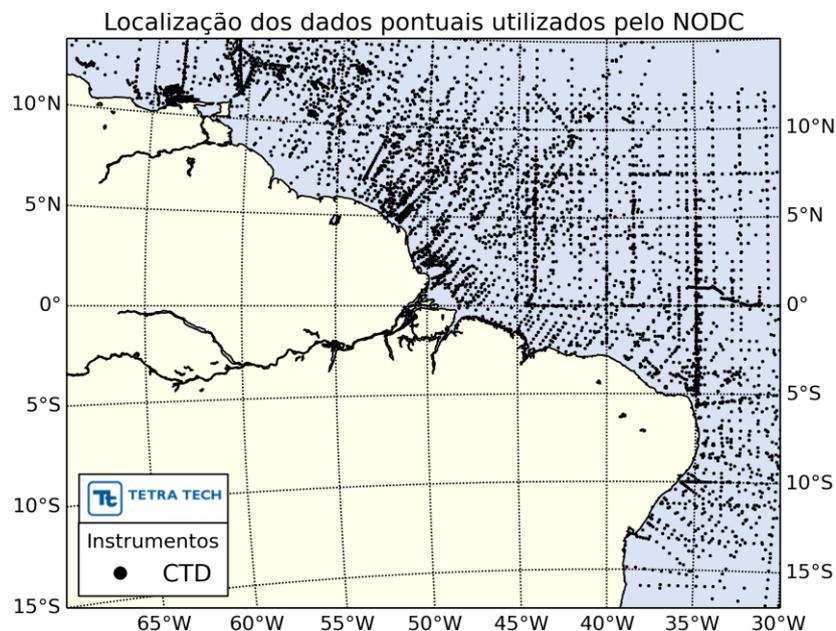


Figura 47 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por CTDs entre os anos de 1969 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.

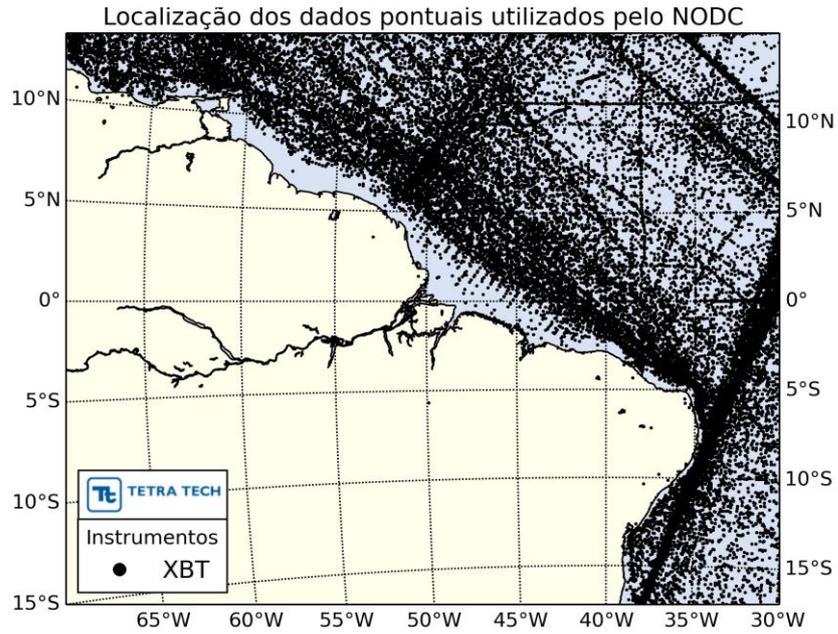


Figura 48 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por XBTs entre os anos de 1966 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC entre os anos de 1957 - 2009.

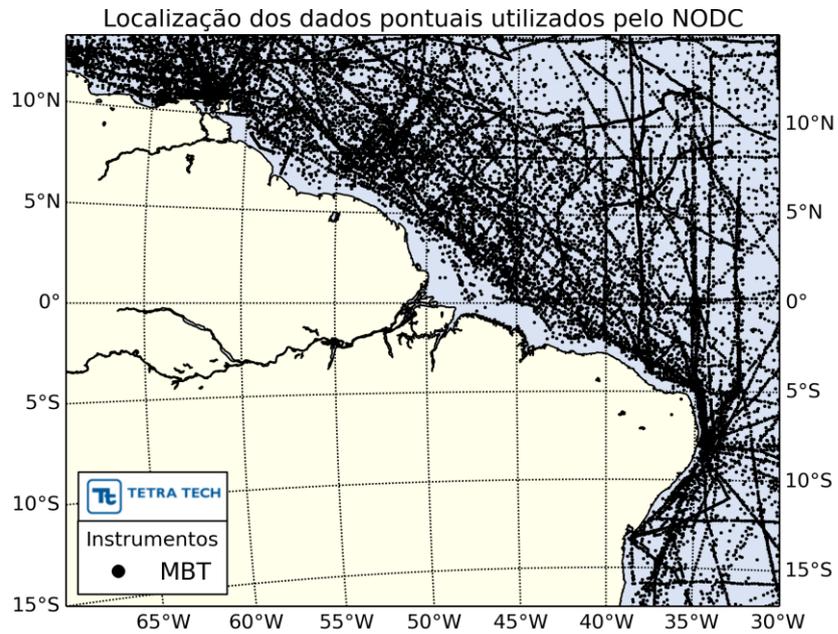


Figura 49 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por MBTs entre os anos de 1941 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.

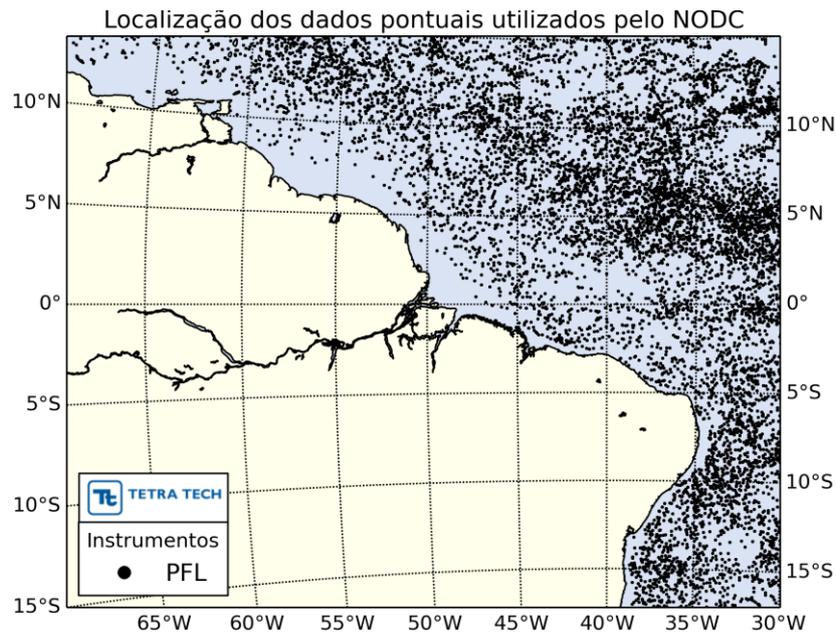


Figura 50 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por perfiladores de deriva entre os anos de 1997 a 2009 utilizados para as médias climatológicas do NODC.

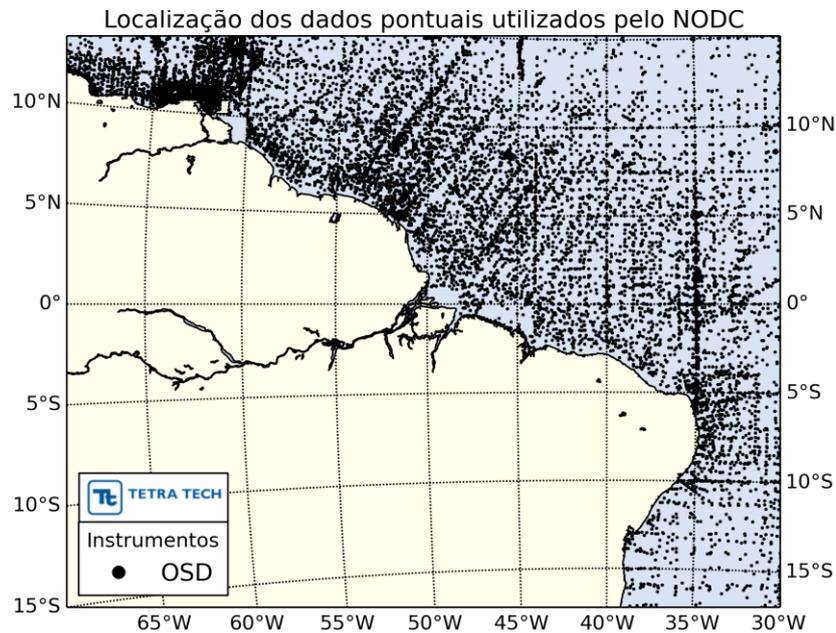


Figura 51 - Localização geográfica de perfis de temperatura, salinidade e pressão coletados por garrafas de reversão entre os anos de 1873 a 2009 utilizadas para as médias climatológicas do NODC.

No intuito de avaliar a qualidade da interpolação horizontal e vertical do NODC para a região de interesse, foram selecionados 25 perfis verticais próximo aos blocos do conjunto de dados do WOA09, entre os anos de 1995 e 2009 (Figura 52), distribuídos em verão (um perfil), outono (13 perfis), inverno (8 perfis), e primavera (4 perfis), de acordo com o mês de coleta de CTDs e perfiladores. Medições realizadas com equipamentos como XBTs, garrafas de reversão e MBTs foram desconsiderados, já que foram adquiridos anteriormente a 1995 ou não apresentavam um dos parâmetros físicos abordados simultaneamente (salinidade ou temperatura).

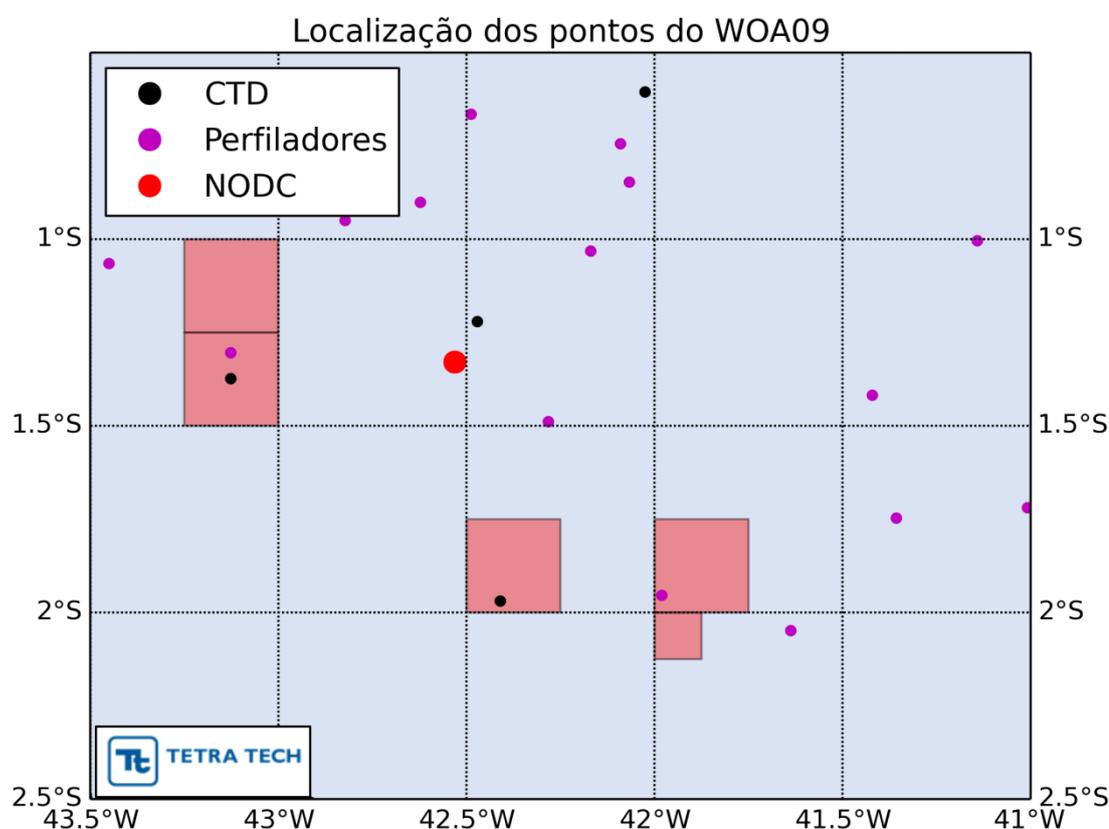


Figura 52 - Localização geográfica de perfis de temperatura e salinidade na região dos Blocos coletados por CTDs (pontos pretos) e perfiladores (pontos rosa) entre os anos de 1995 a 2009 utilizadas para comparação com as médias climatológicas do perfil do NODC (ponto vermelho).

Este conjunto de dados foi comparado com um perfil do NODC (Blocos BG E&P) representativo da distribuição vertical de salinidade (Figura 53 e Figura 54) e temperatura (Figura 55 e Figura 56). As comparações foram feitas na profundidade até 1.500 metros (limite das interpolações mensais do NODC) (Figura 53 e Figura 55) e, para dar melhor

visualização das profundidades de maior variabilidade, deu-se enfoque na profundidade até 600 metros (Figura 54 e Figura 56). O método de interpolação do NODC apresenta menores amplitudes na região de superfície e da camada de mistura quando comparados com os dados medidos. Esta atenuação se dá devido ao processo de filtragem e interpolação dos dados que, por trabalhar com médias móveis, atenua as perturbações. A robustez deste método mantém as profundidades da termoclina e da camada de mistura preservando as feições observadas no oceano através de dados medidos.

É importante mencionar que os dados aqui apresentados não sofreram o tratamento estatístico sugerido pelo *WOA09 METHODS* para remoção de possíveis dados espúrios ou mesmo a verificação ponto a ponto.

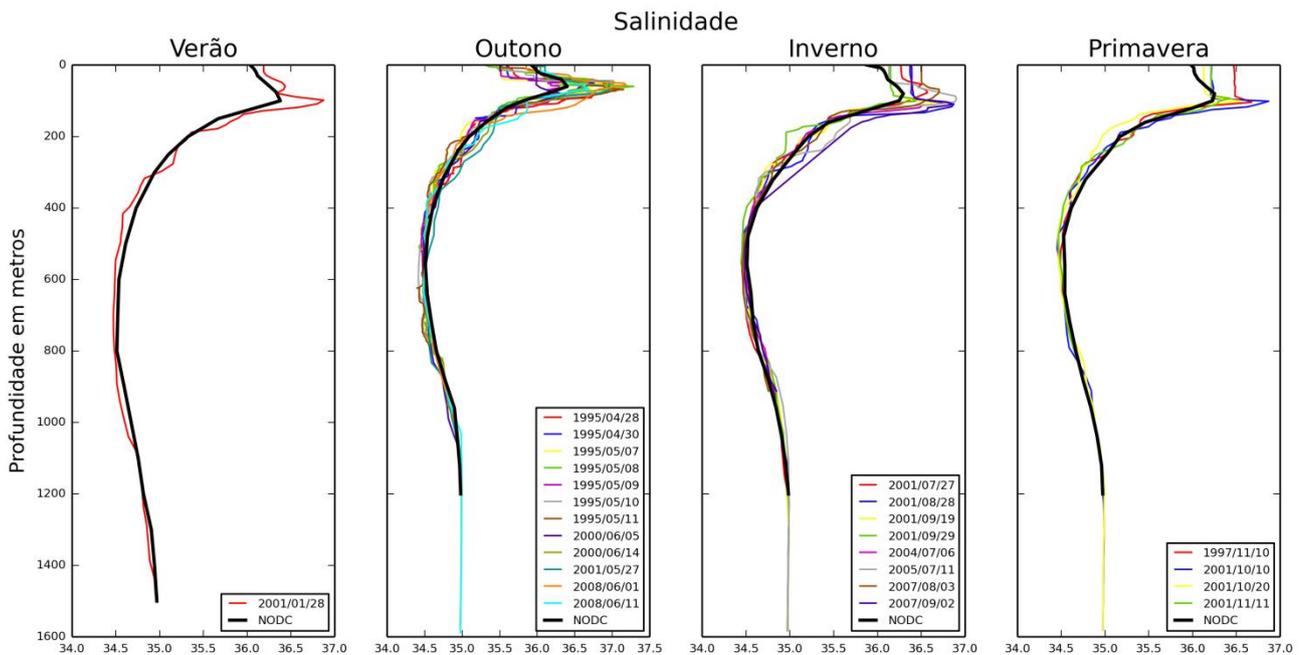


Figura 53 - Perfis verticais climatológicos de salinidade para as quatro estações do ano até 1500 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.

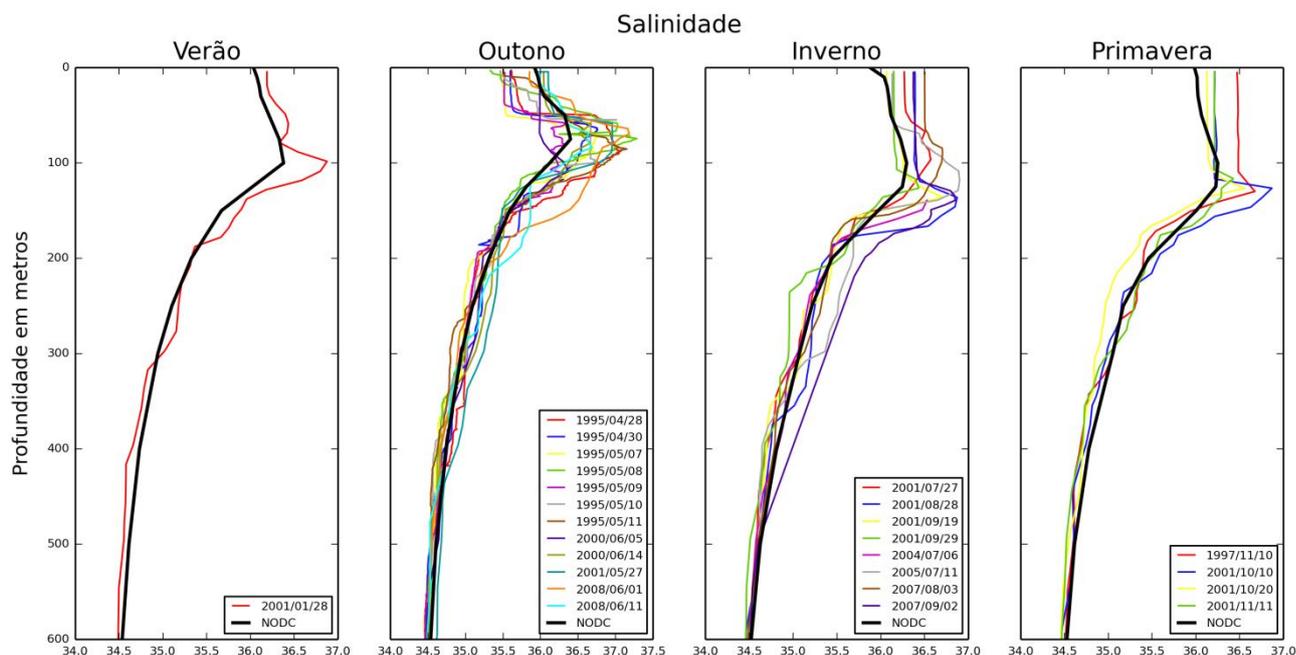


Figura 54 - Perfis verticais climatológicos de salinidade para as quatro estações do ano até 600 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.

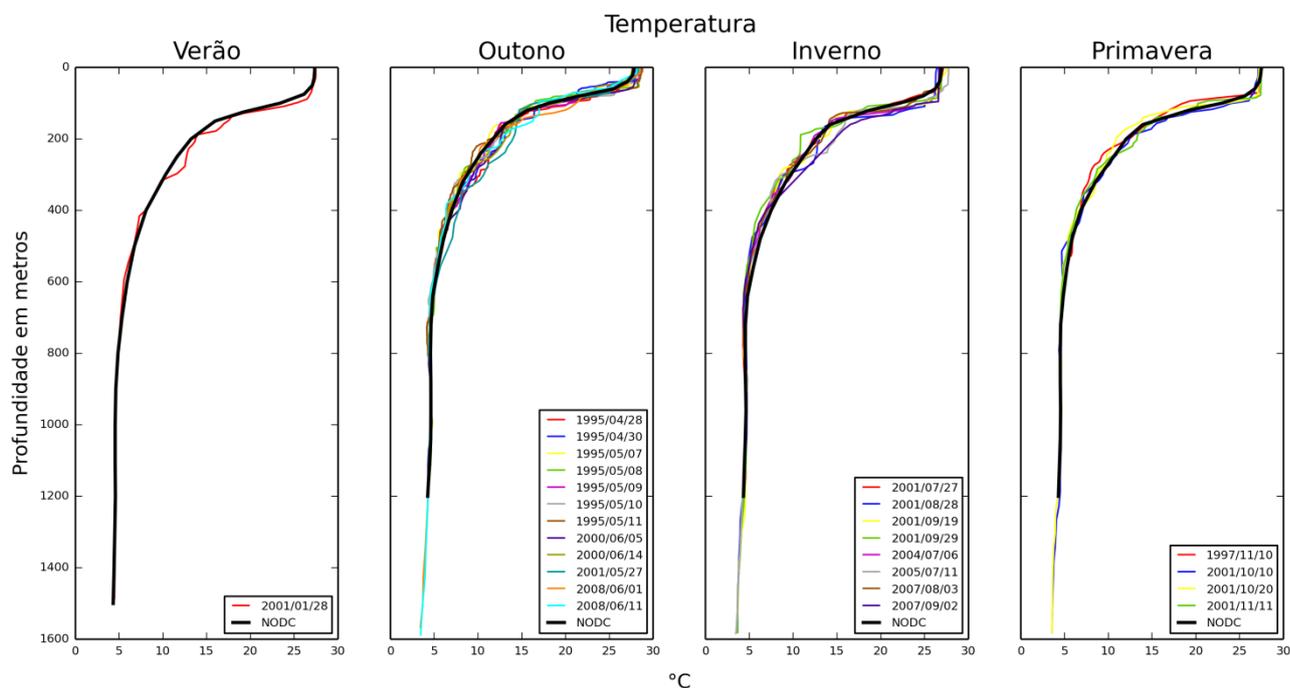


Figura 55 - Perfis verticais climatológicos de temperatura para as quatro estações do ano até 1500 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.

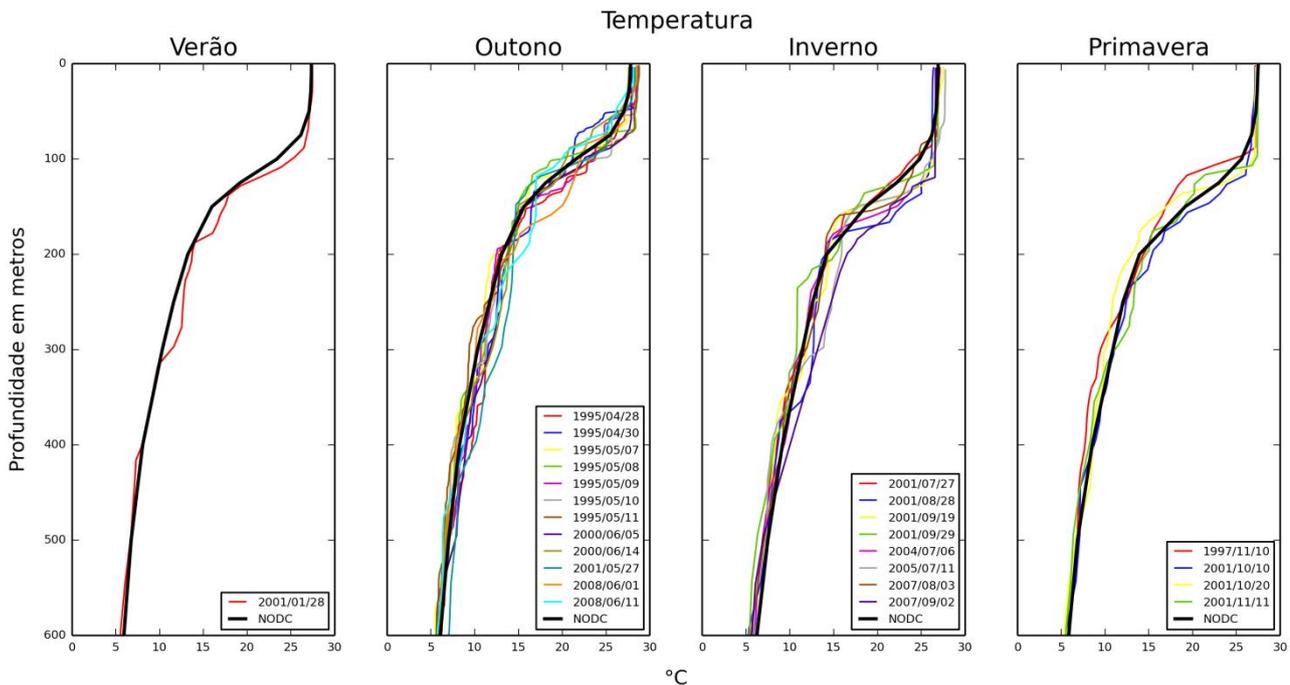


Figura 56 - Perfis verticais climatológicos de temperatura para as quatro estações do ano até 600 metros coletados entre 1995 e 2009, em preto o perfil do NODC.

Os mapas de temperatura e salinidade médios para a superfície (0 m), meia água (300 m) e fundo (1.000 m), para as quatro estações do ano, obtidos a partir do NODC, juntamente com os campos de densidade calculados, são apresentados da Figura 57 à Figura 92.

Nestes mapas, observa-se que a variabilidade espacial diminui com o aumento da profundidade. Isso ocorre, pois há diminuição de processos associados às descargas fluviais, ventos e irradiação solar com o aumento da profundidade.

A análise da distribuição superficial da salinidade mostra a influência da descarga do Rio Amazonas, que gera uma pluma de baixa salinidade se propagando para o norte em direção ao Caribe decorrente da influência dos ventos alísios, como constatado pelo modelo numérico e levantamento de dados do Estudo Sedimentar da Plataforma Amazônica (AMASSEDS) (FONTES *et al.*, 2008).

Outro processo que apresenta assinatura na distribuição espacial da salinidade deve-se as relações entre precipitação e evaporação de acordo com a sazonalidade e a distância do Equador, ambos apresentam variações até os 300 m de profundidade.

Para a região norte do Brasil, a variação sazonal a 0 m e 300 m dos parâmetros oceanográficos é regida principalmente pelo regime de chuvas, visto que o período com maior precipitação ocorre no verão e outono e o menor no inverno e primavera. Observando a distribuição espacial da temperatura e da salinidade, há dois padrões, um para verão e outono e outro para inverno e primavera, caracterizado principalmente pela ocorrência de maiores temperaturas em latitudes mais ao sul no verão e no outono, enquanto que no outro período as maiores temperaturas estão ao norte. Quanto à salinidade, a sazonalidade é marcada pela vazão do Rio Amazonas que tem maior influência sobre as correntes equatoriais nos períodos de inverno e primavera (época de cheia), e menor nos períodos de verão e outono (época de seca).

Quanto à homogeneidade da distribuição espacial das águas de fundo (1.000 m) durante as estações do ano, esta é justificada devido a menor variabilidade e intensidade das correntes e conseqüentemente a advecção das propriedades físicas da água do mar além da barreira vertical causada pela termoclina, impedindo que efeitos que influenciem a superfície afetem a distribuição de propriedades ao fundo (abaixo da base da termoclina).

Para a região dos blocos, a temperatura variou entre 26 e 27 °C na superfície, 12 a 12,8 °C em 300 m e de 3,5 e 4 °C no fundo. A densidade da água apresentou-se aproximadamente constante para todas as estações do ano aumentando com a profundidade. O mesmo padrão foi observado com a salinidade de meia água e fundo. A salinidade de superfície variou de 35 a 36,5 para o período analisado na região dos blocos, com uma pequena variação espacial na região dos blocos para o período de outono.

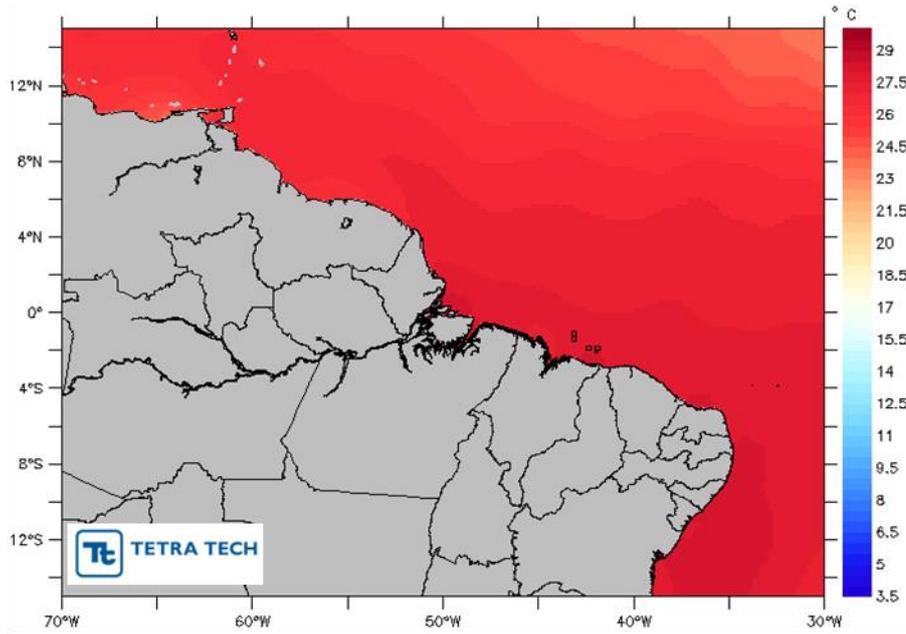


Figura 57 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

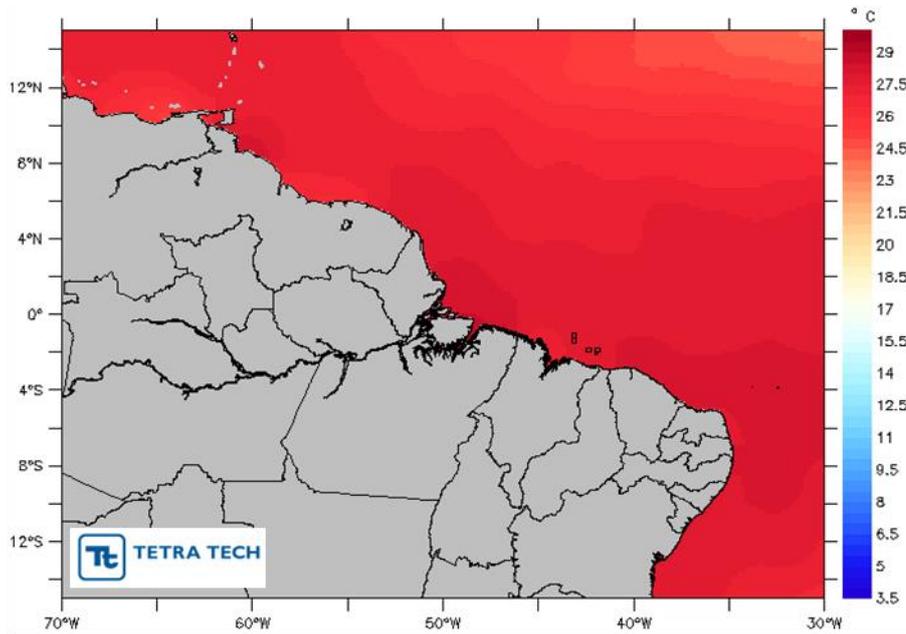


Figura 58 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

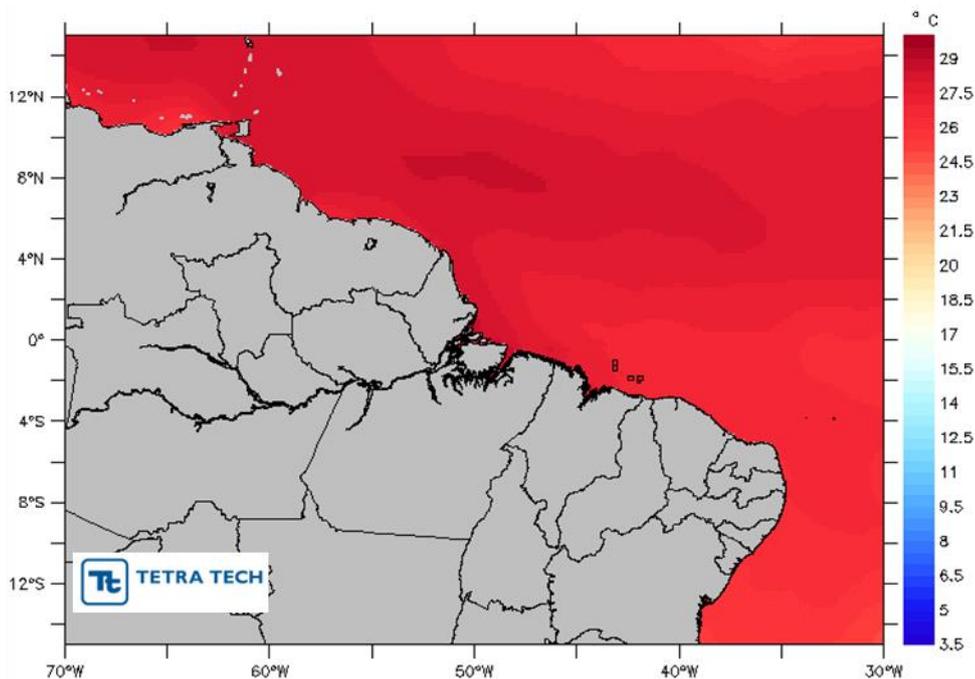


Figura 59 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

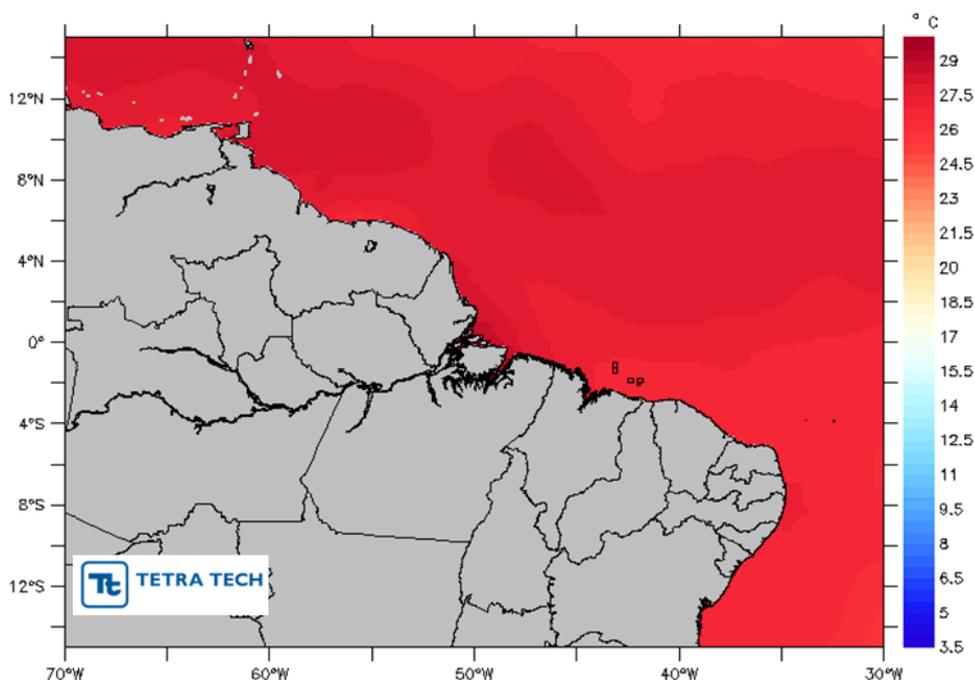


Figura 60 - Distribuição espacial média da temperatura a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

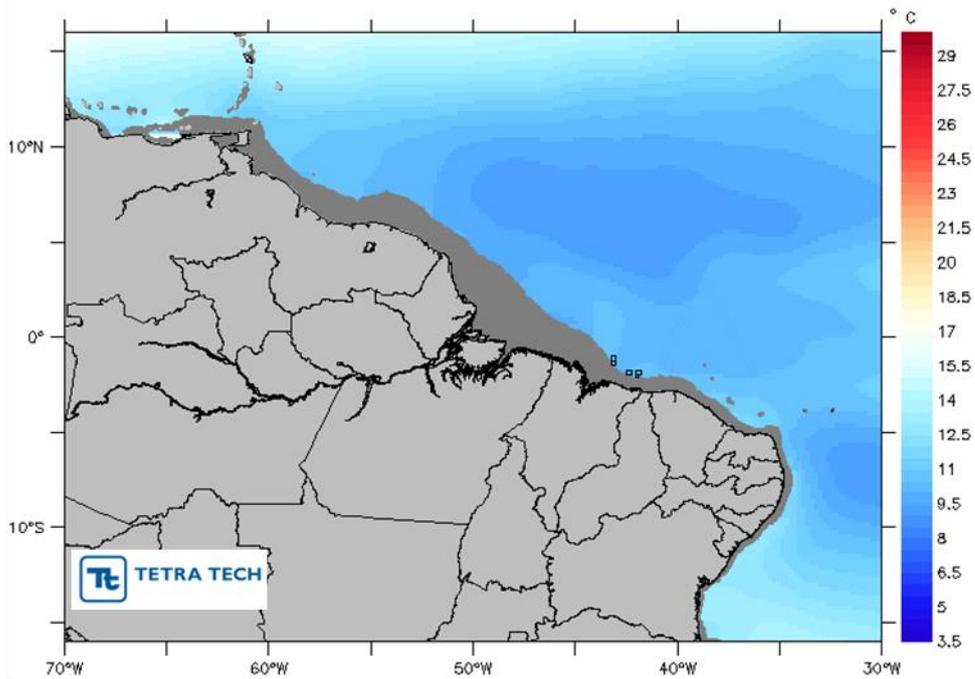


Figura 61 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

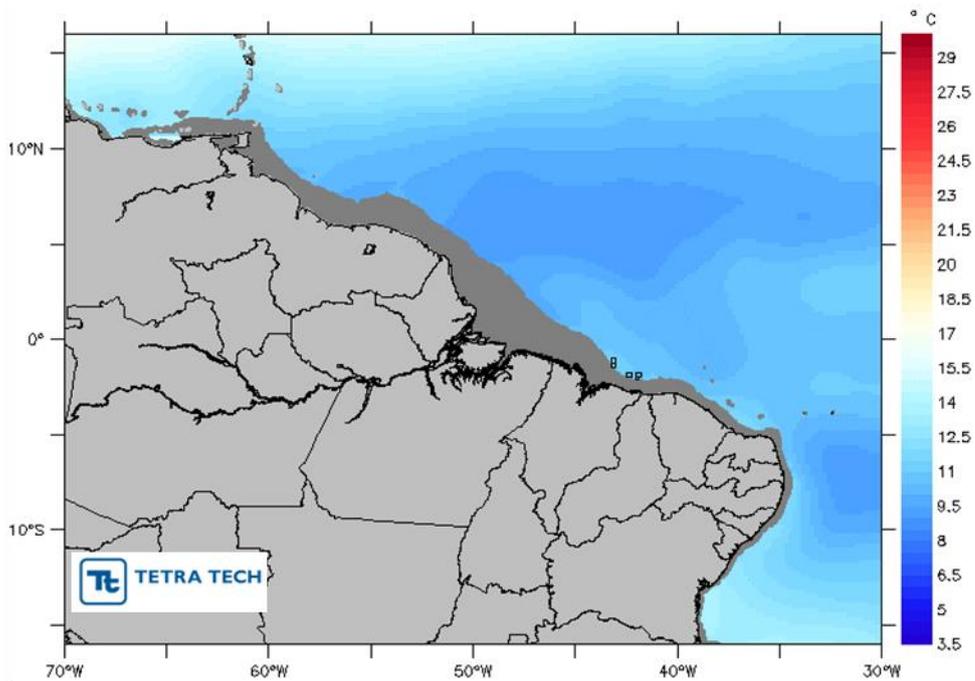


Figura 62 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

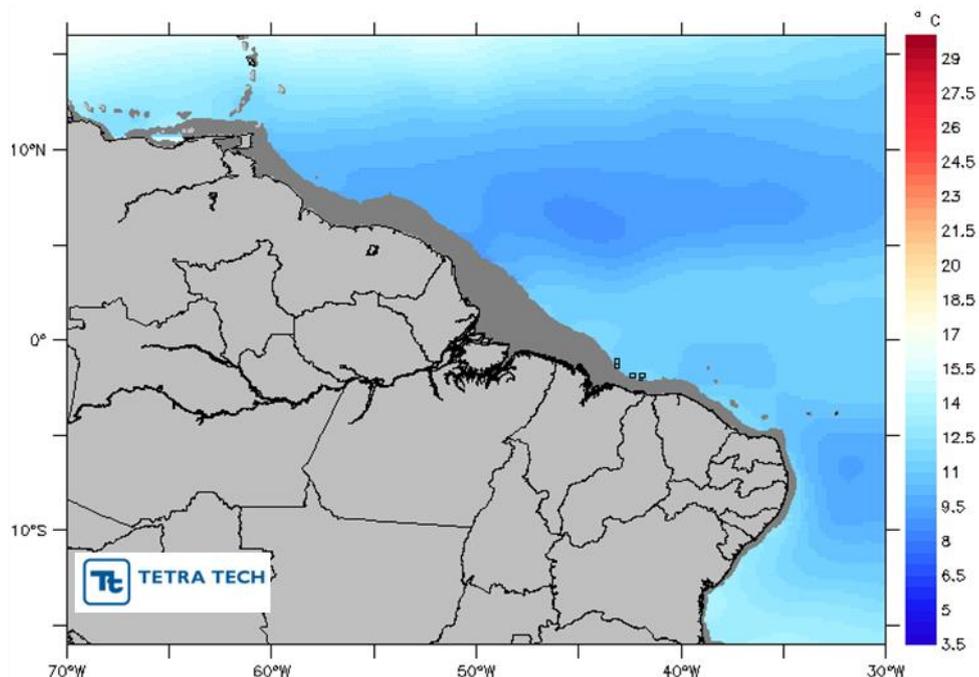


Figura 63 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

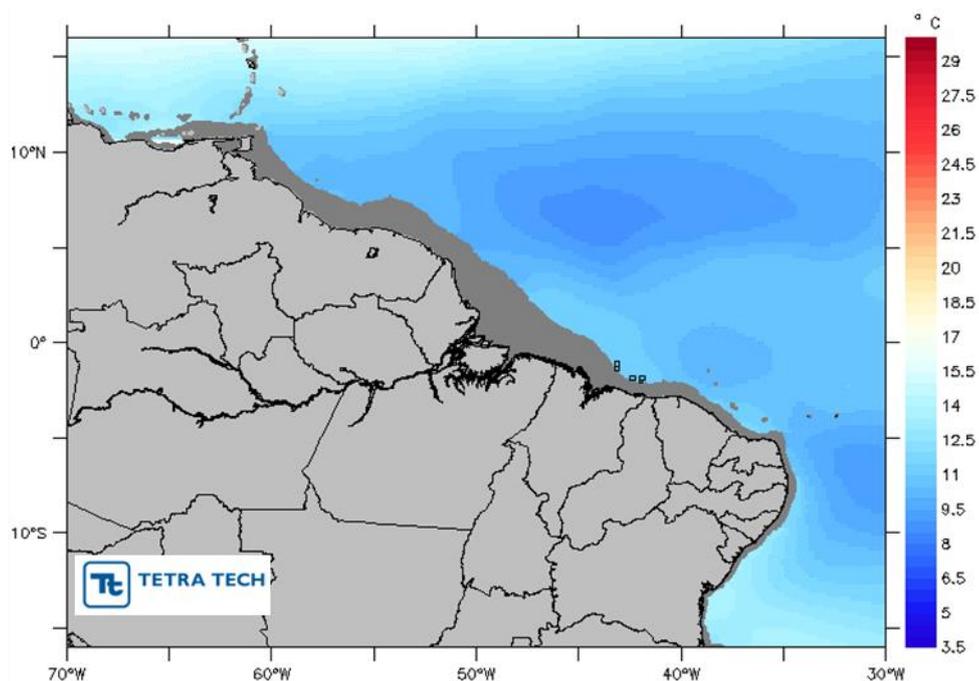


Figura 64 - Distribuição espacial média da temperatura a 300 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

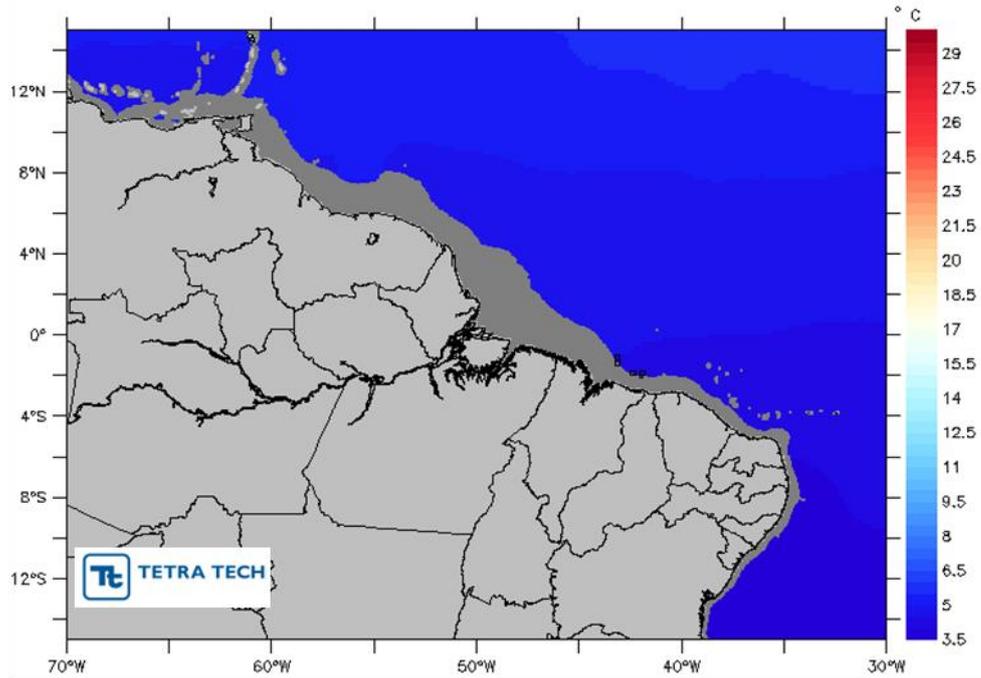


Figura 65 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

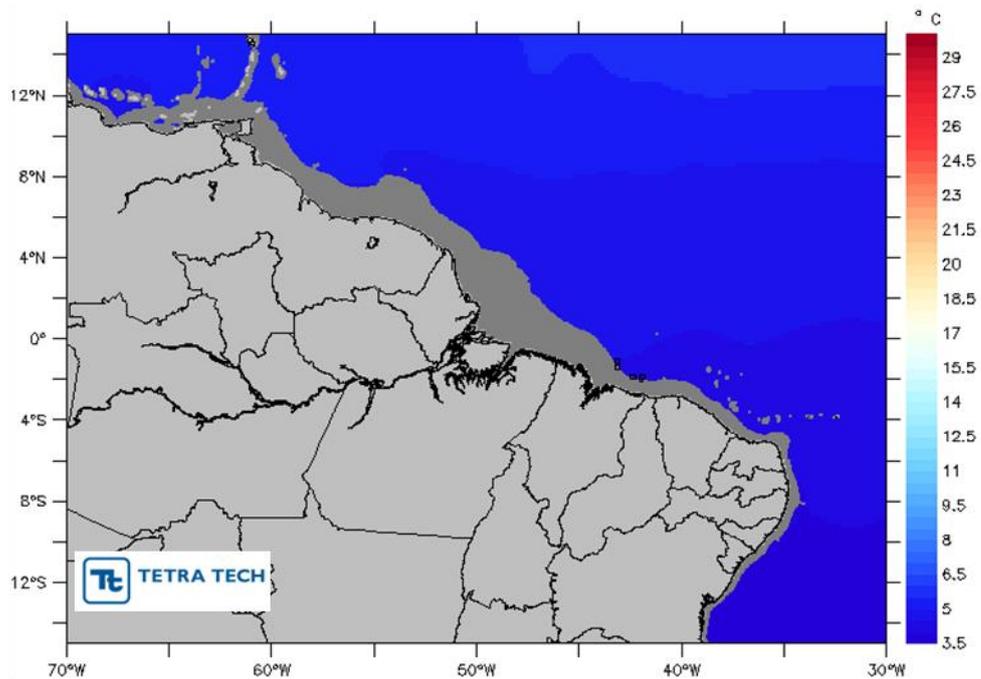


Figura 66 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

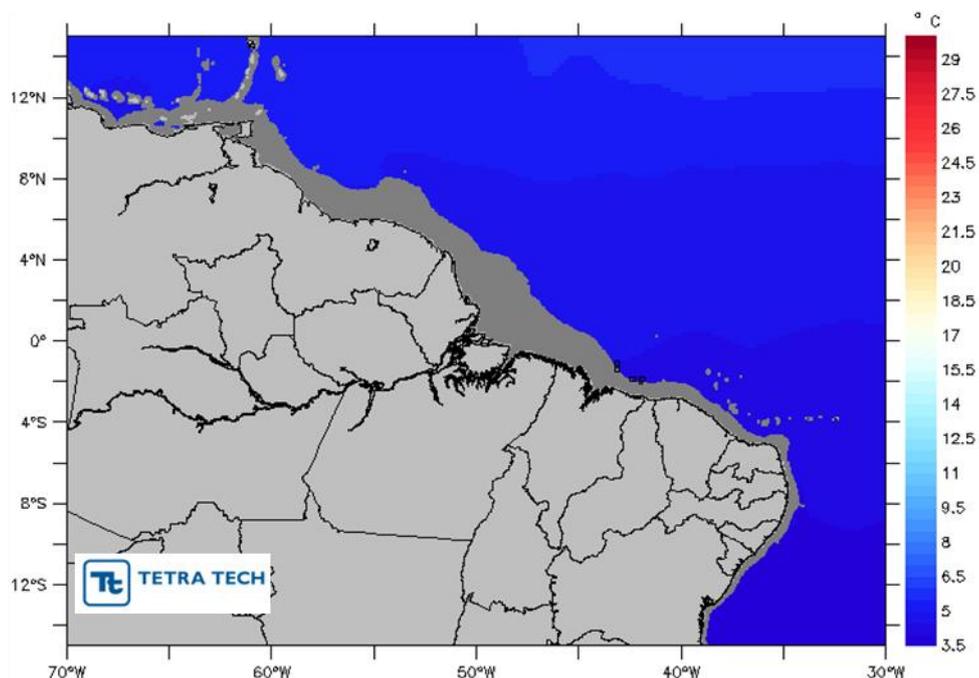


Figura 67 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

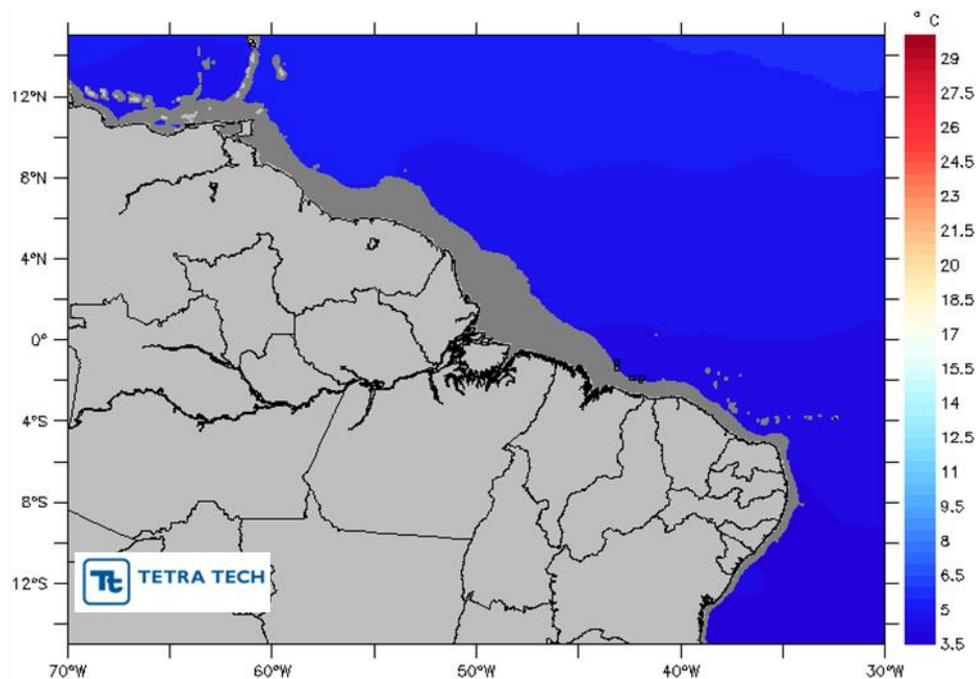


Figura 68 - Distribuição espacial média da temperatura a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

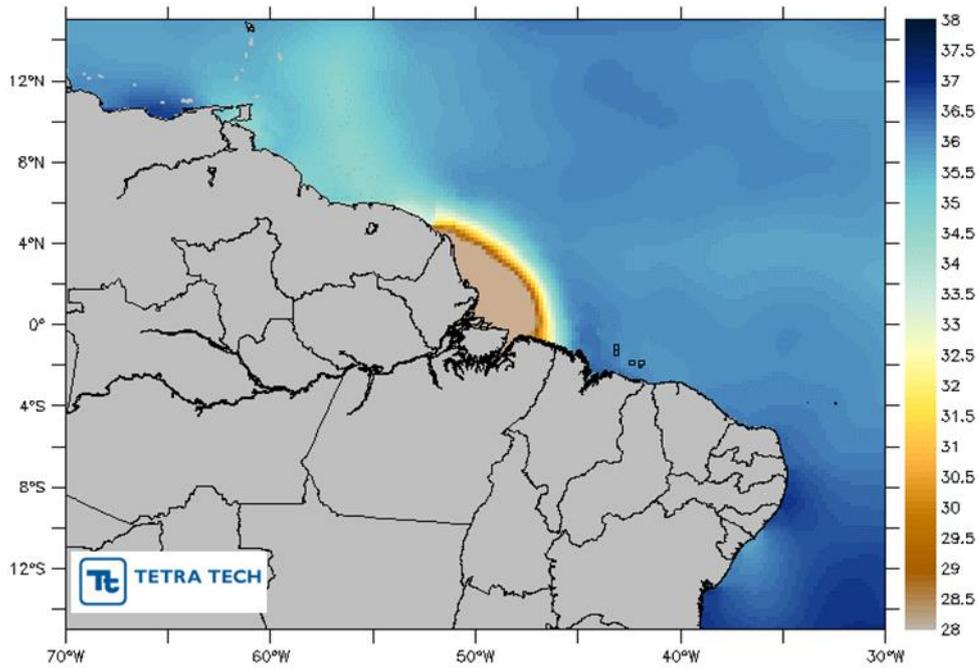


Figura 69 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

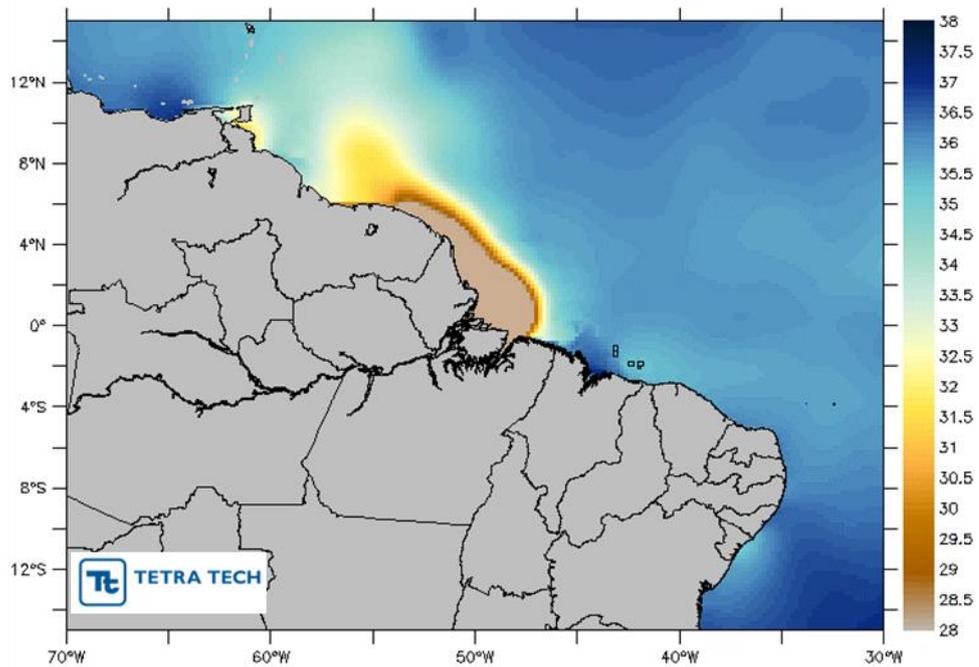


Figura 70 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

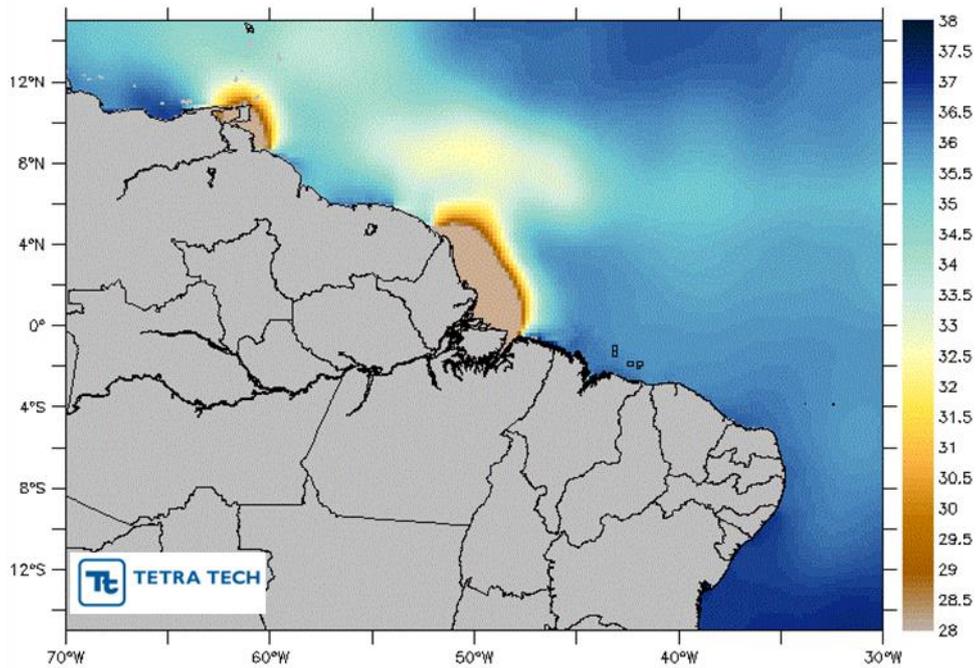


Figura 71 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

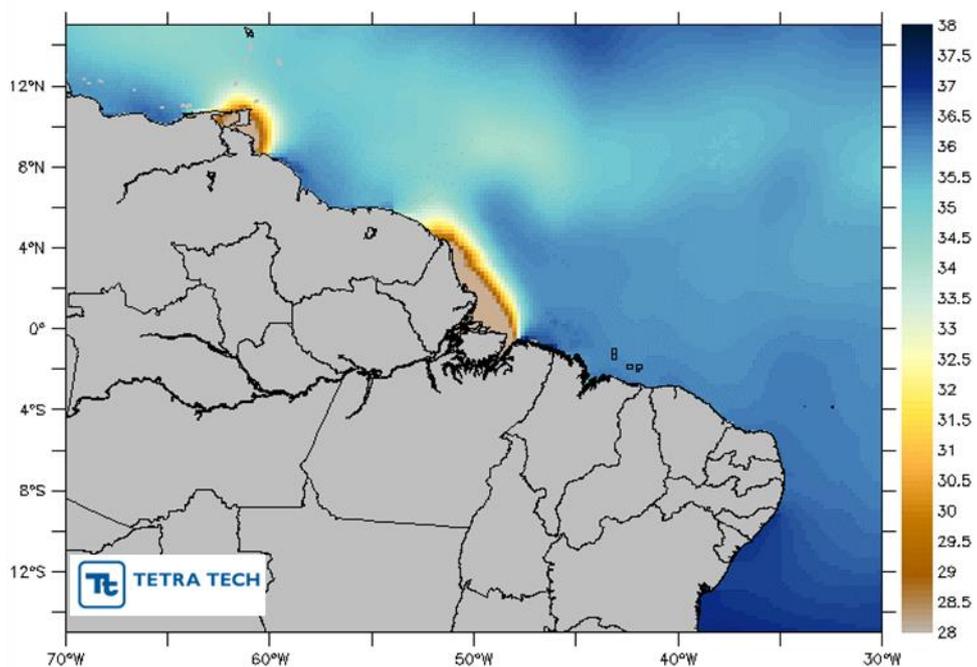


Figura 72 - Distribuição espacial média da salinidade a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

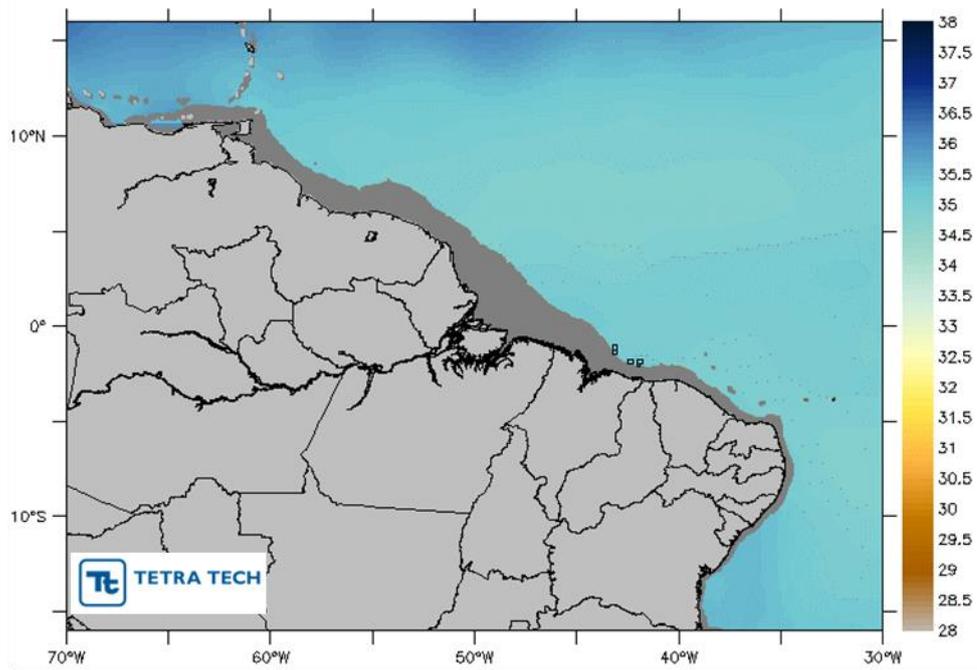


Figura 73 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

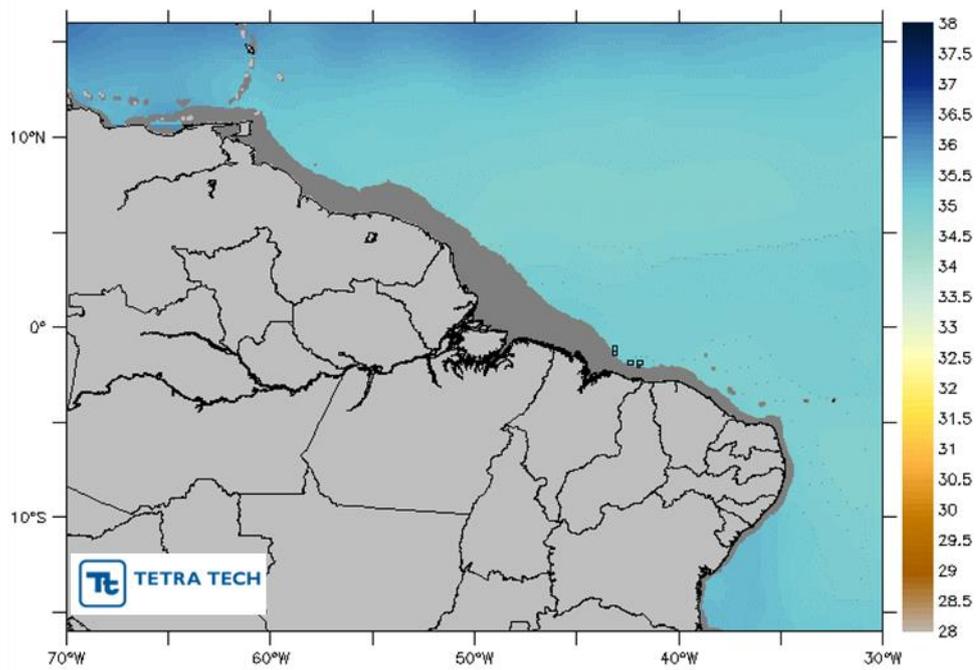


Figura 74 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

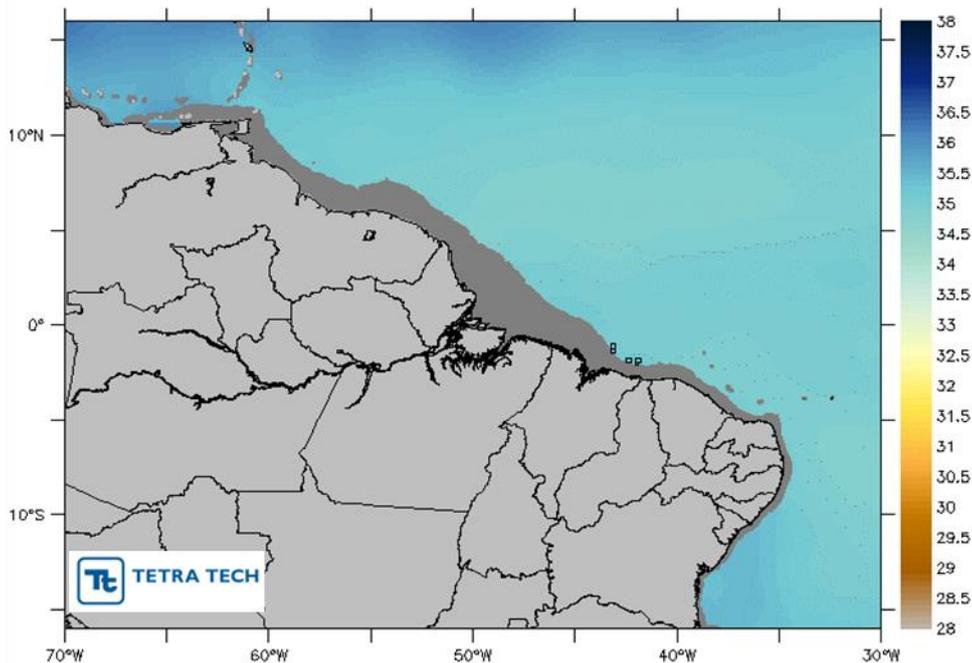


Figura 75 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

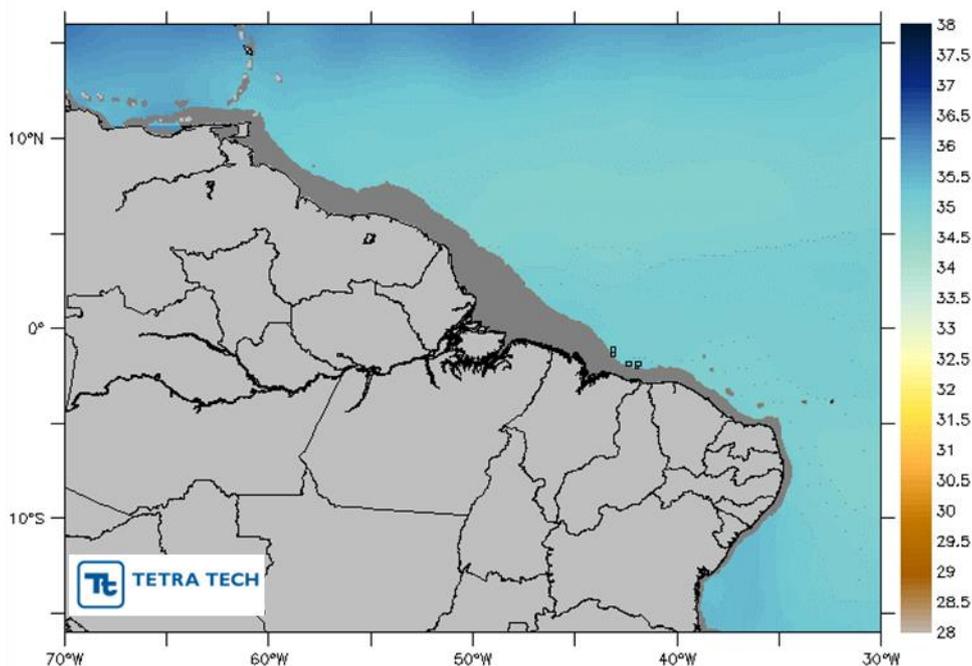


Figura 76 - Distribuição espacial média da salinidade a 300 metros para o período primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

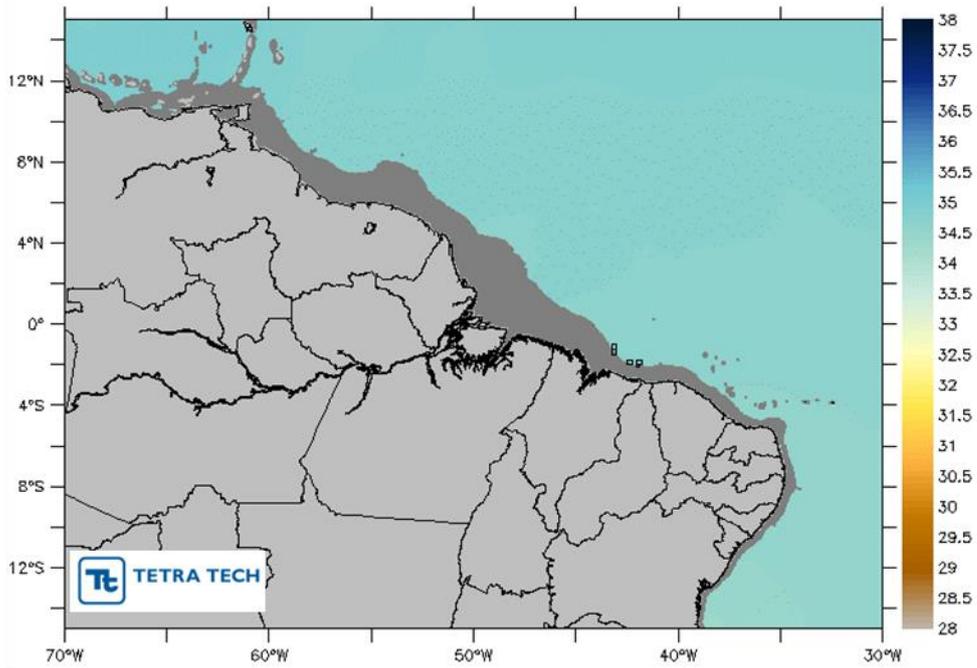


Figura 77 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

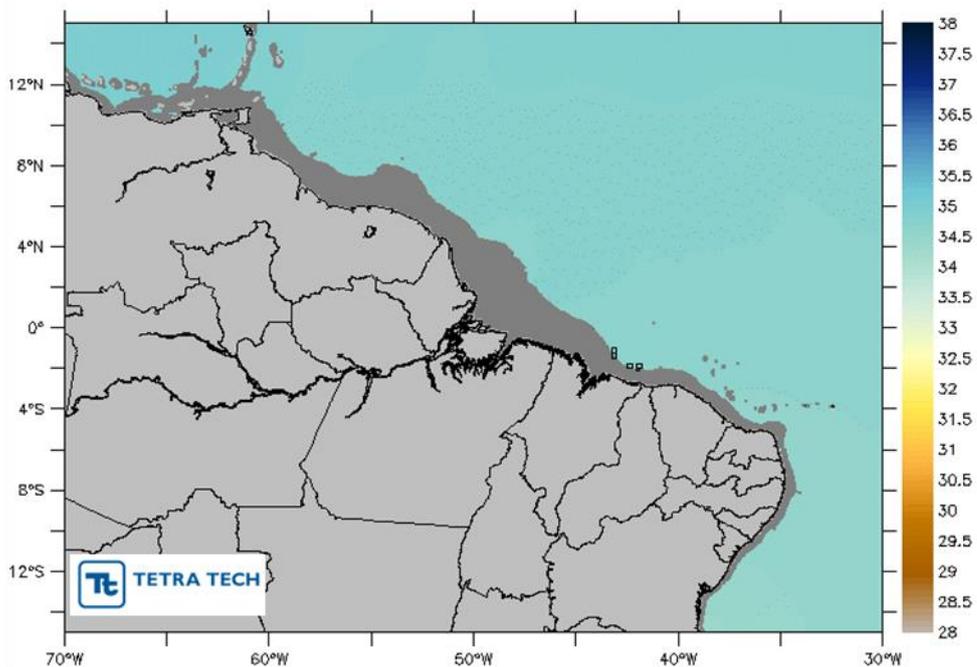


Figura 78 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

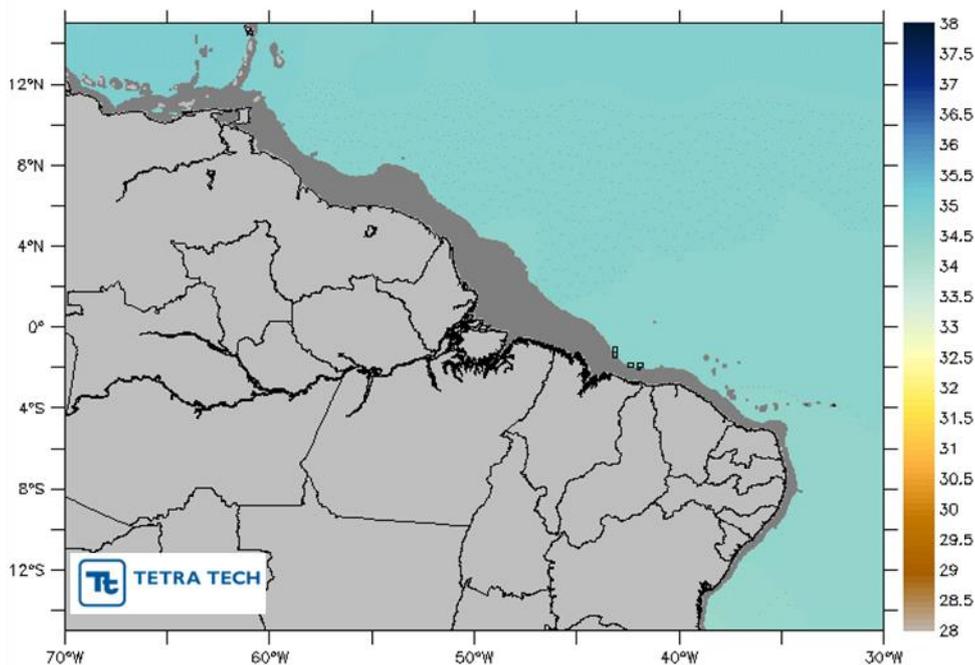


Figura 79 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

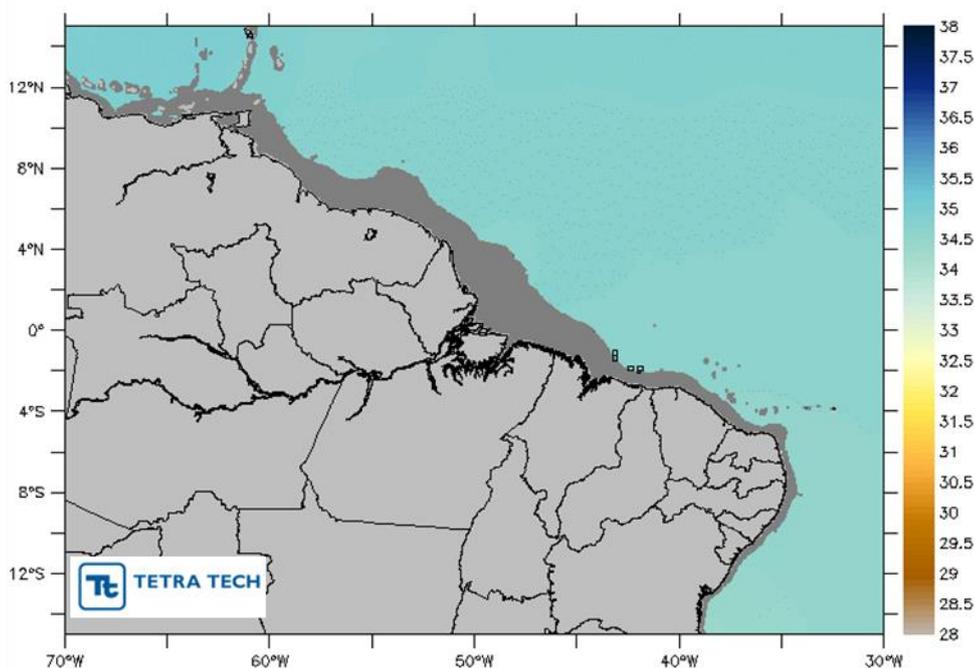


Figura 80 - Distribuição espacial média da salinidade a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

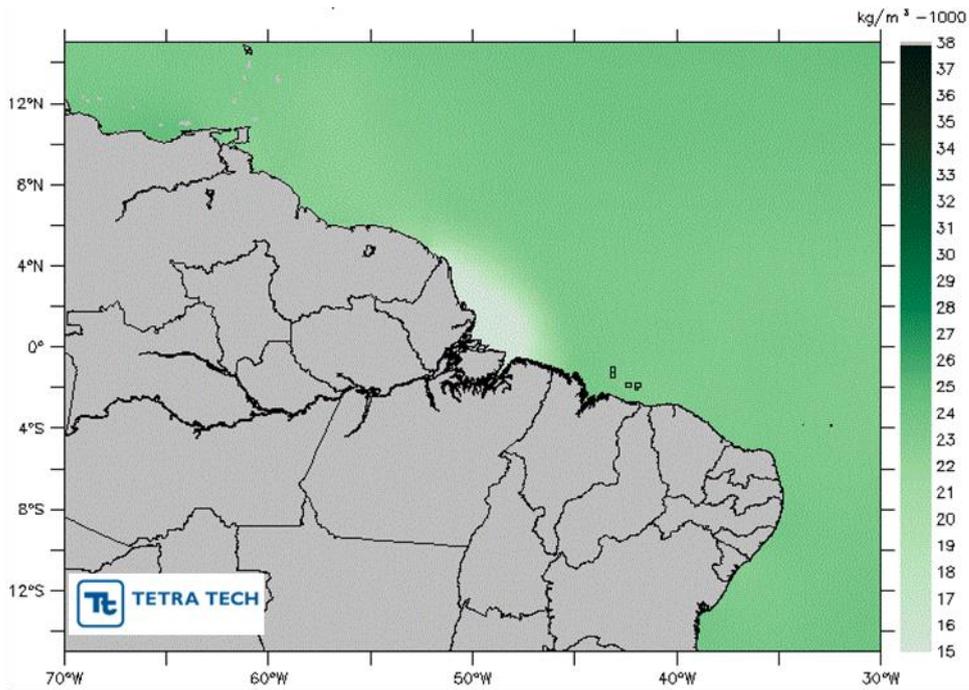


Figura 81 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

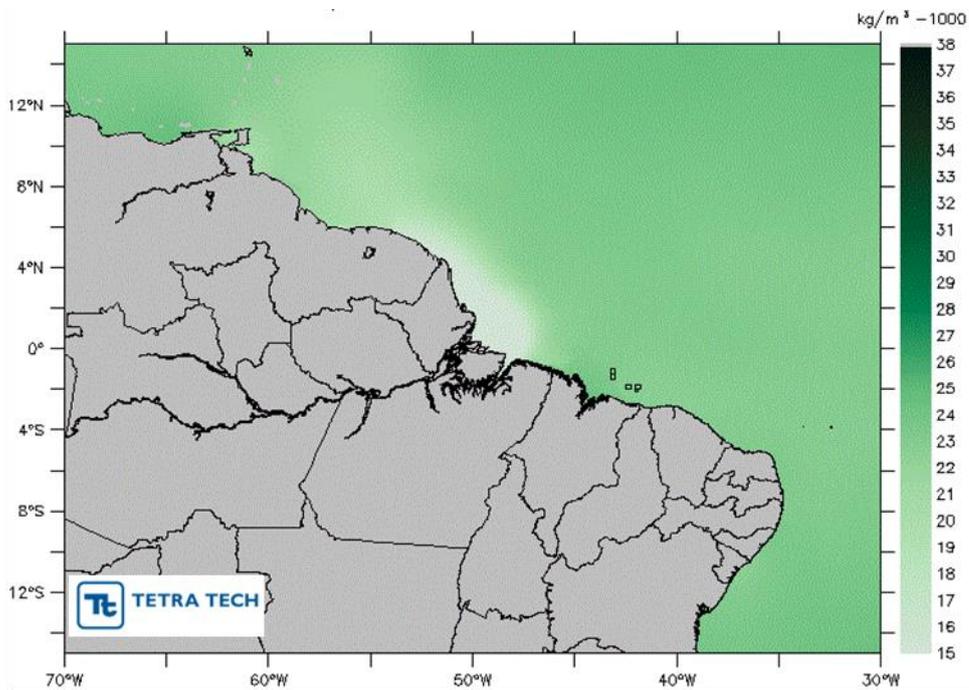


Figura 82 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

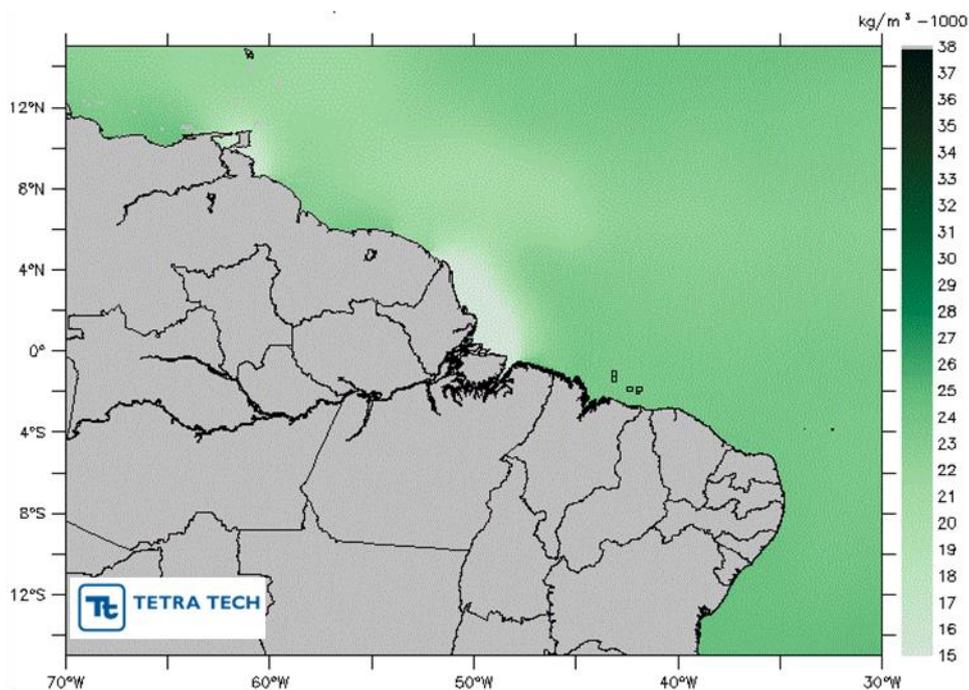


Figura 83 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

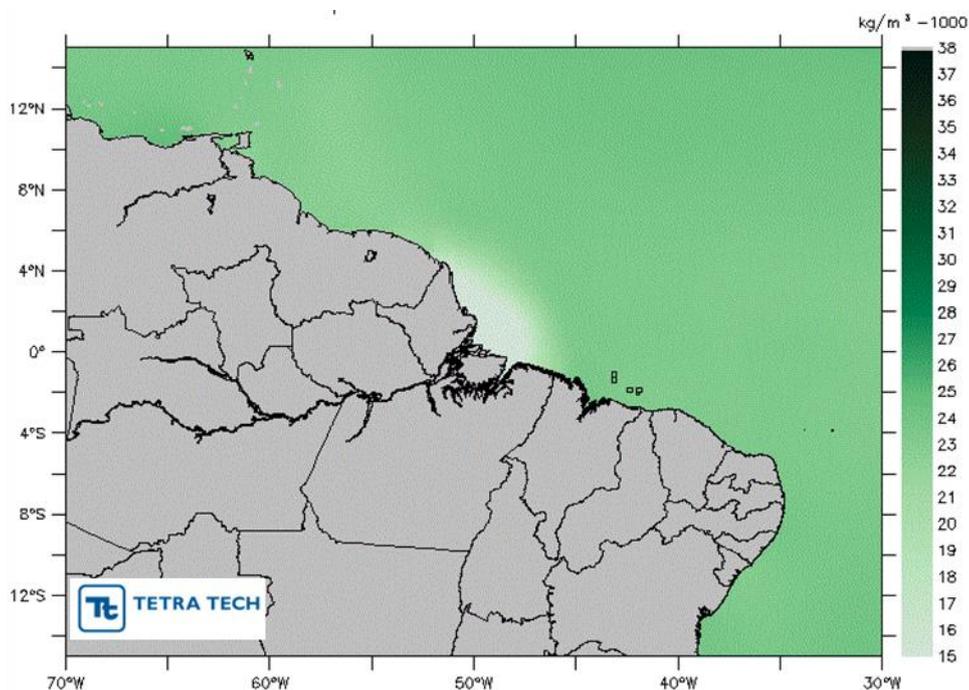


Figura 84 - Distribuição espacial média da densidade a 0 metro para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

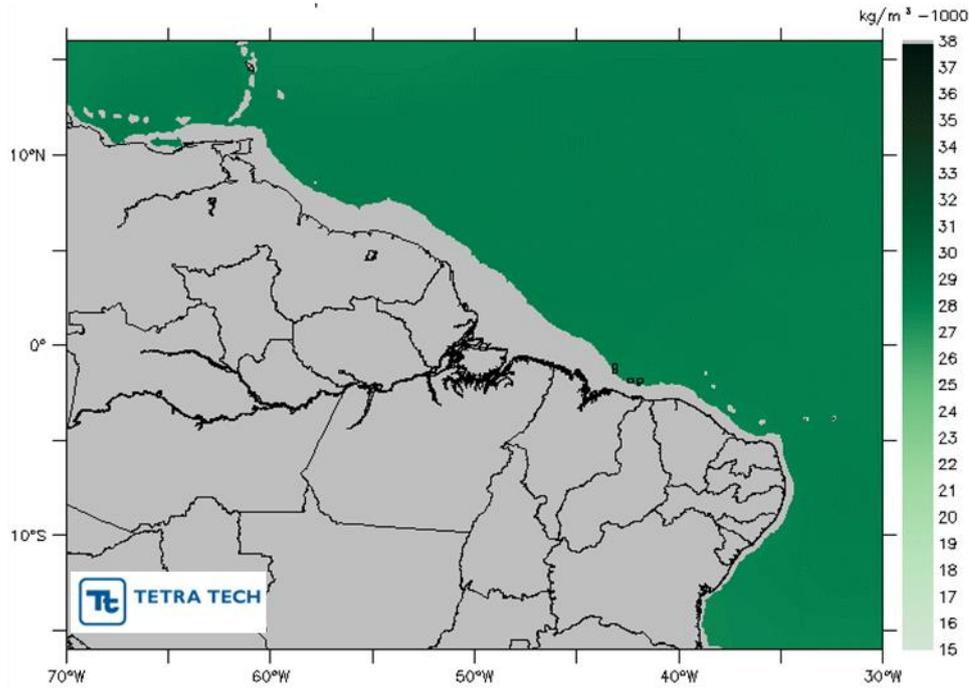


Figura 85 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

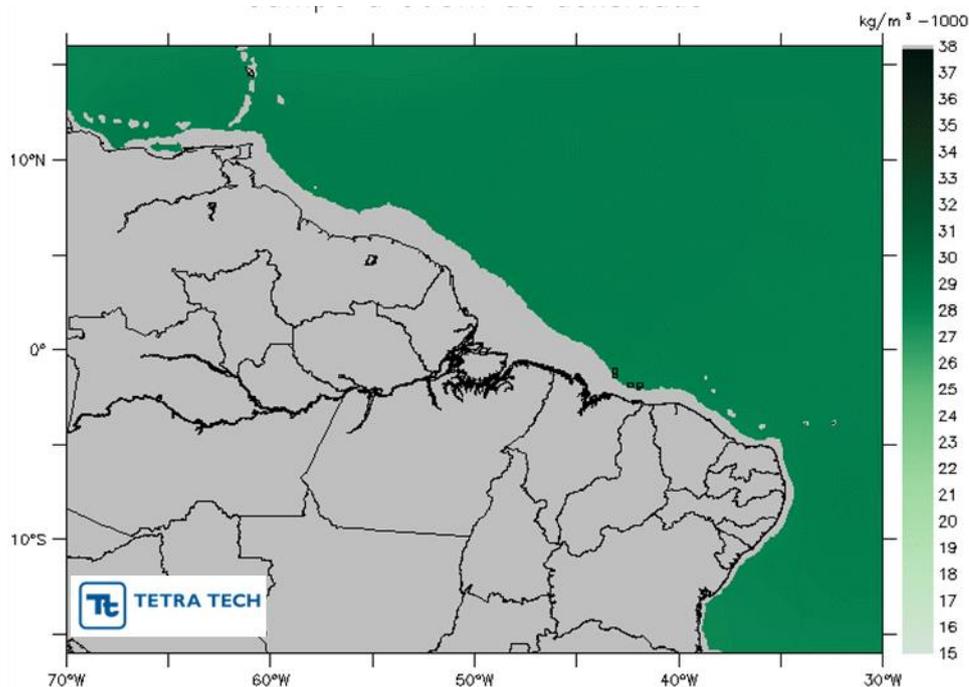


Figura 86 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

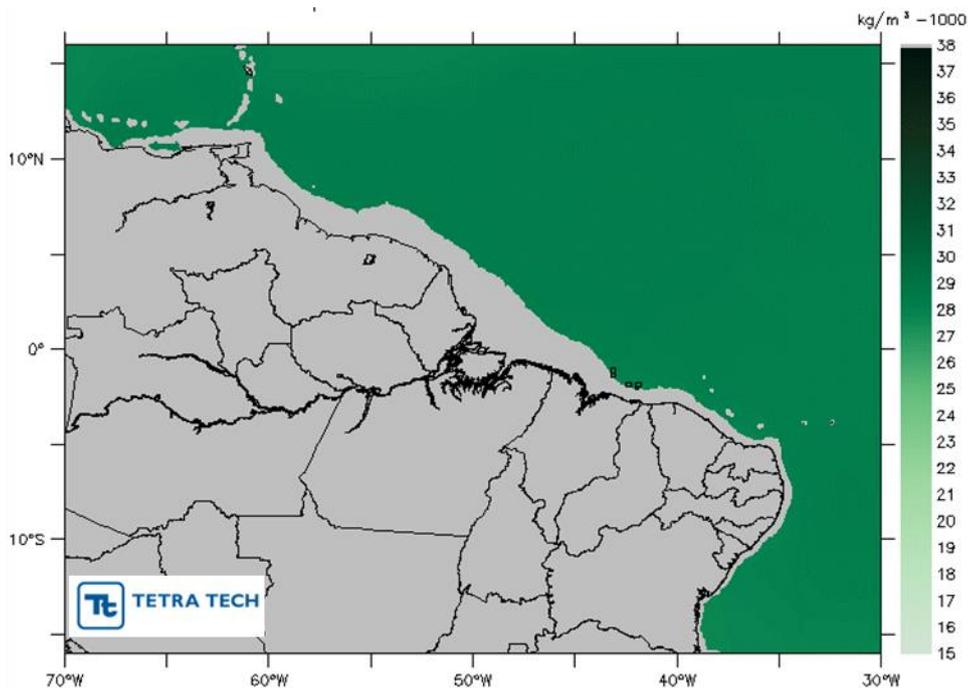


Figura 87 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

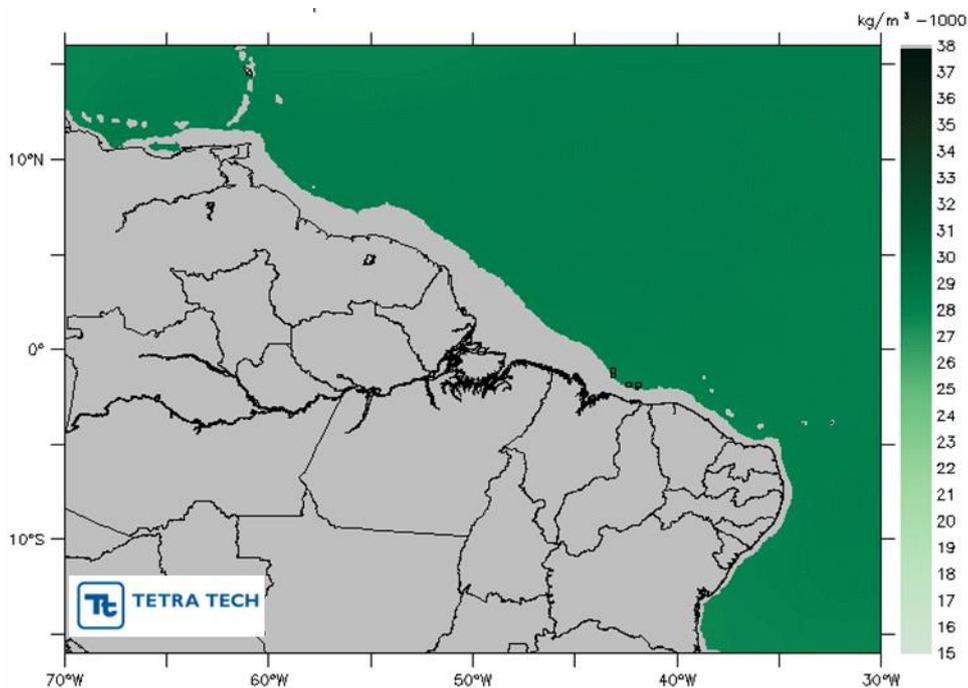


Figura 88 - Distribuição espacial média da densidade a 300 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

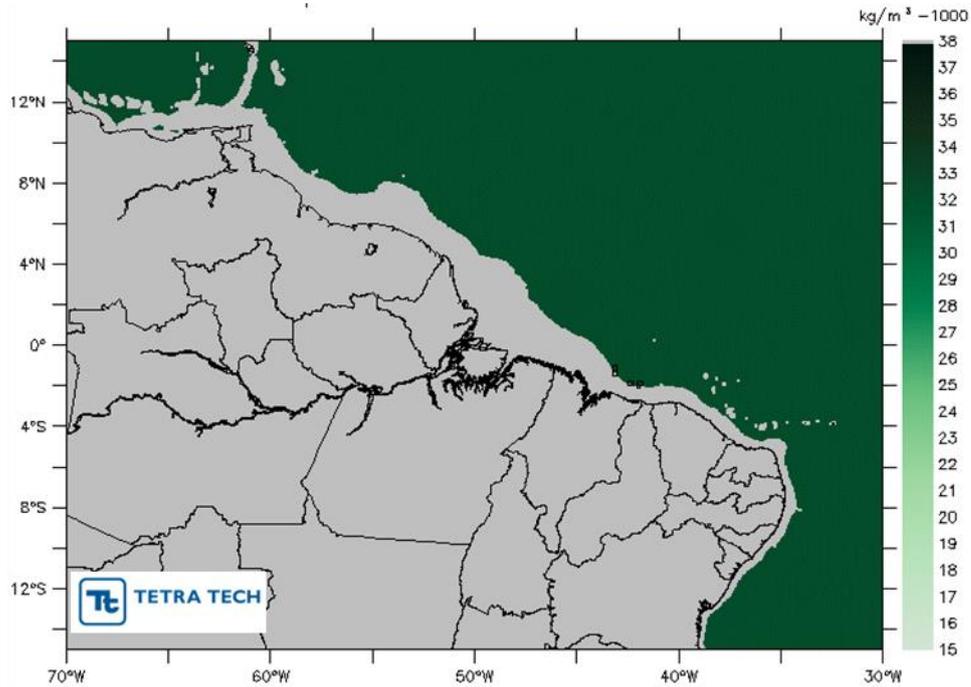


Figura 89 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de verão. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

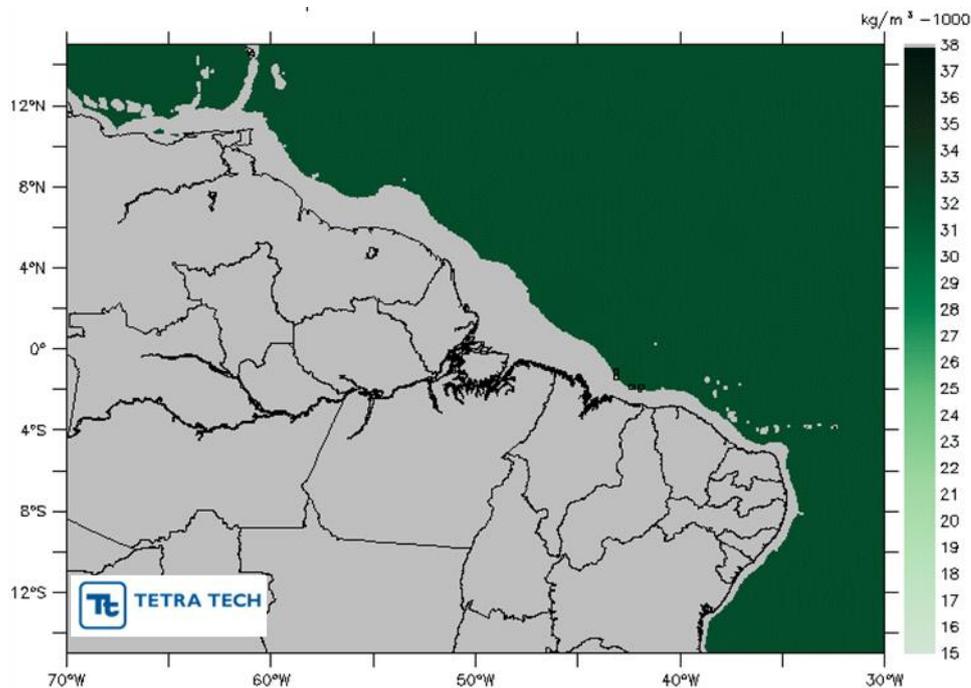


Figura 90 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de outono. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

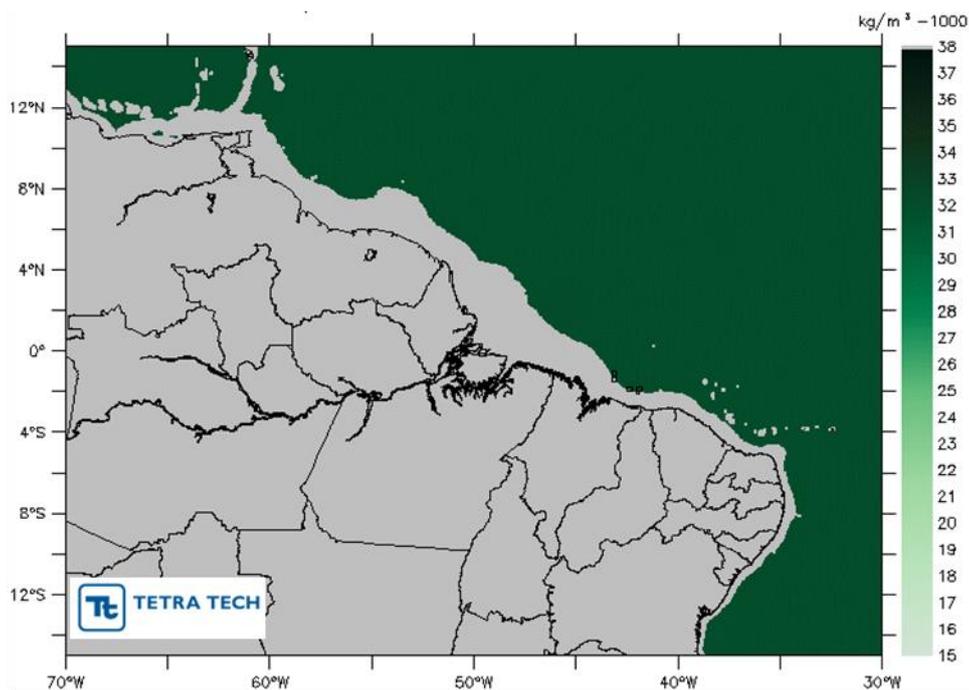


Figura 91 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de inverno. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

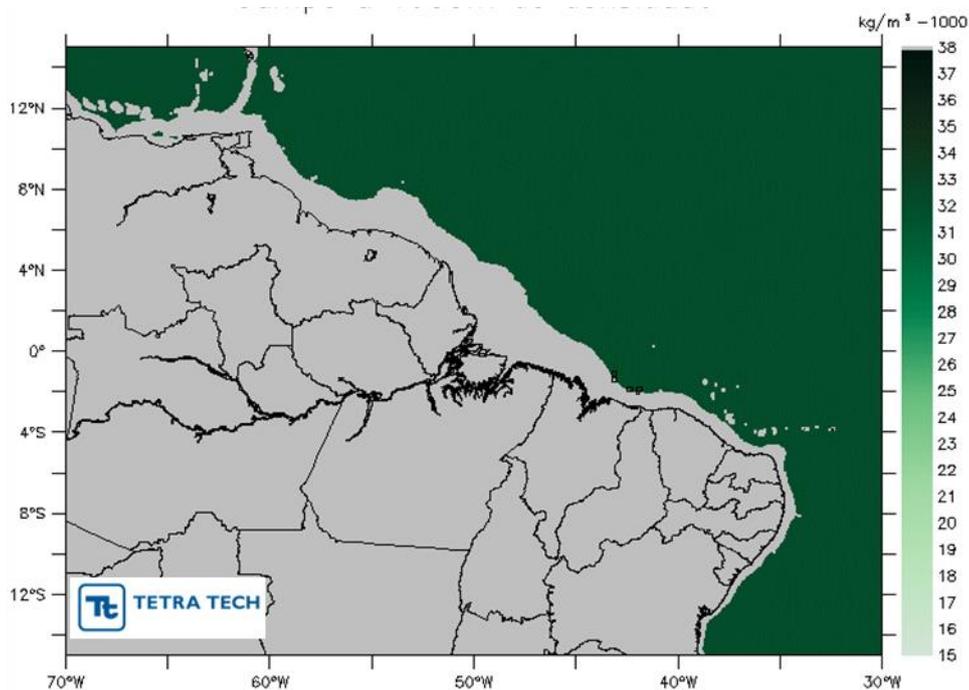


Figura 92 - Distribuição espacial média da densidade a 1.000 metros para o período de primavera. Os blocos exploratórios são apresentados na figura (polígonos na cor preta).

3.2.2. *Temperatura e Salinidade - Ano da Modelagem de Óleo (2014)*

No intuito de apresentar a distribuição espacial de temperatura e salinidade para o mesmo período da simulação de óleo, elaboraram-se mapas de temperatura e salinidade superficiais mar para o ano de 2014, a partir de dados de sensoriamento remoto. Os mapas apresentados a seguir são referentes às médias sazonais para as estações do ano anteriormente estipuladas.

Os mapas de temperatura foram obtidos a partir dos dados do OSTIA, fornecidos pelo Grupo de Alta Resolução de Temperatura da Superfície do Mar (GHRSSST). Estes dados apresentam resolução espacial de 1 quilômetro e temporal diária.

As variações de temperatura ao longo do ano de 2014 mostram que, nos períodos de verão (Figura 93) e outono (Figura 94), as temperaturas foram mais elevadas abaixo da latitude de 4°N, especialmente ao longo da costa do Nordeste Brasileiro, enquanto nos períodos de inverno (Figura 95) e primavera (Figura 96) as maiores temperaturas encontraram-se ao norte desta latitude. Esta variabilidade está associada às taxas de precipitação e evaporação, refletindo a sazonalidade do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além das assinaturas de águas mais quentes associadas à intensificação da Corrente Norte do Brasil e da Contra Corrente Equatorial nos períodos de inverno e primavera.

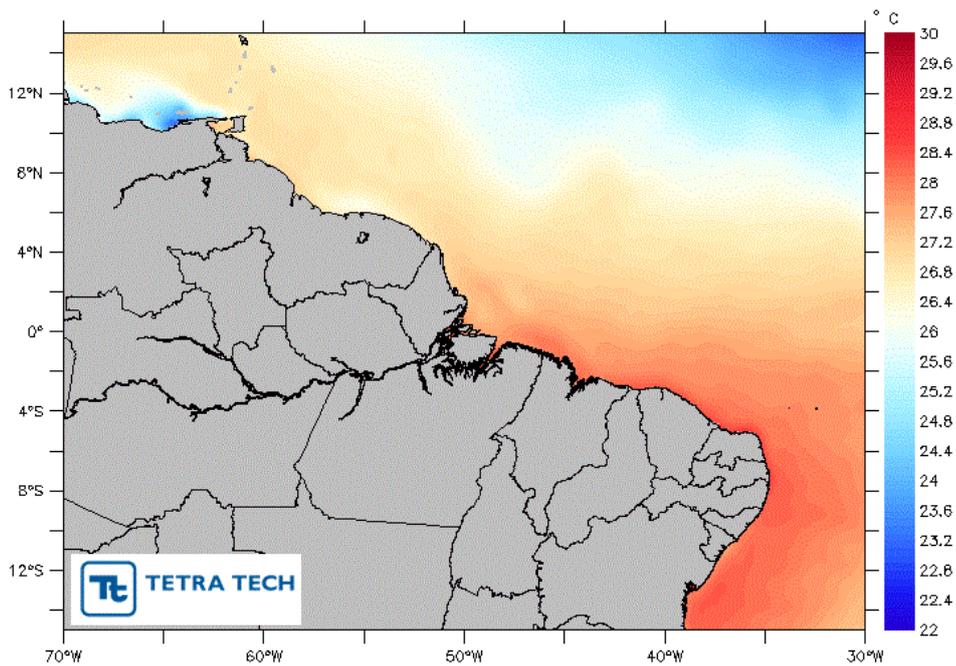


Figura 93 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o verão de 2014.

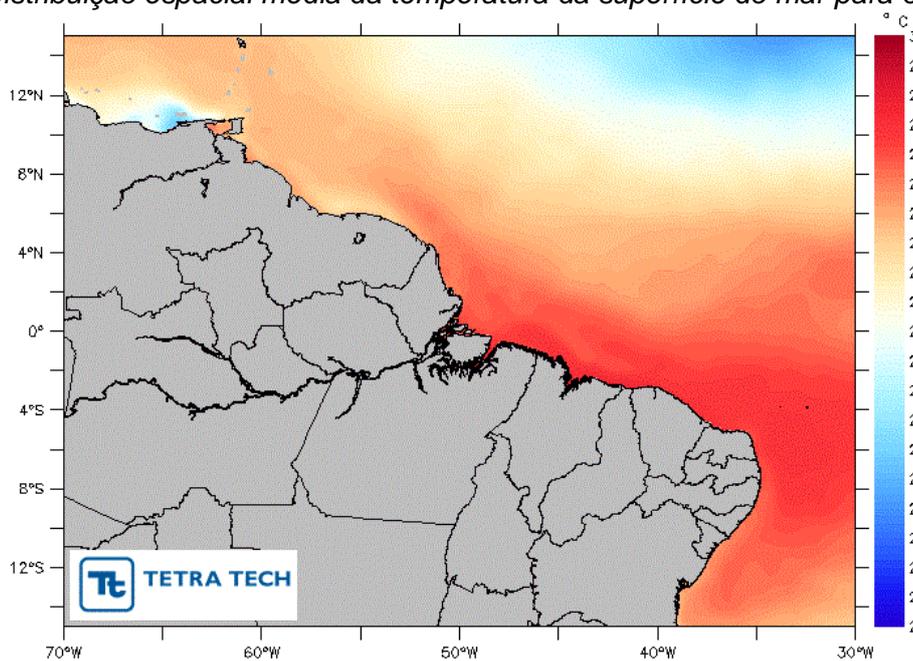


Figura 94 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o outono de 2014.

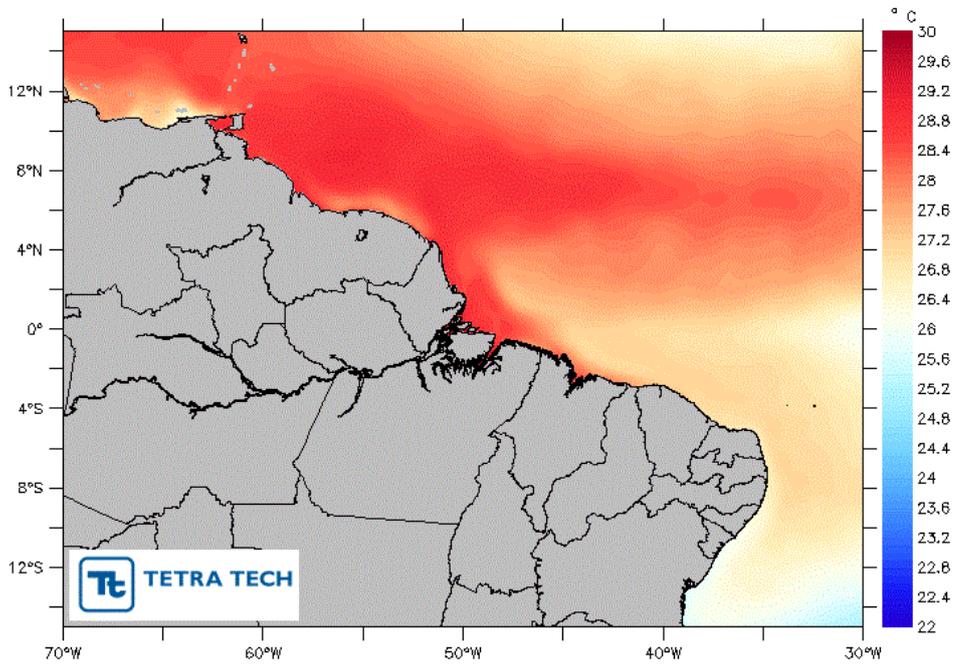


Figura 95 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para o inverno de 2014.

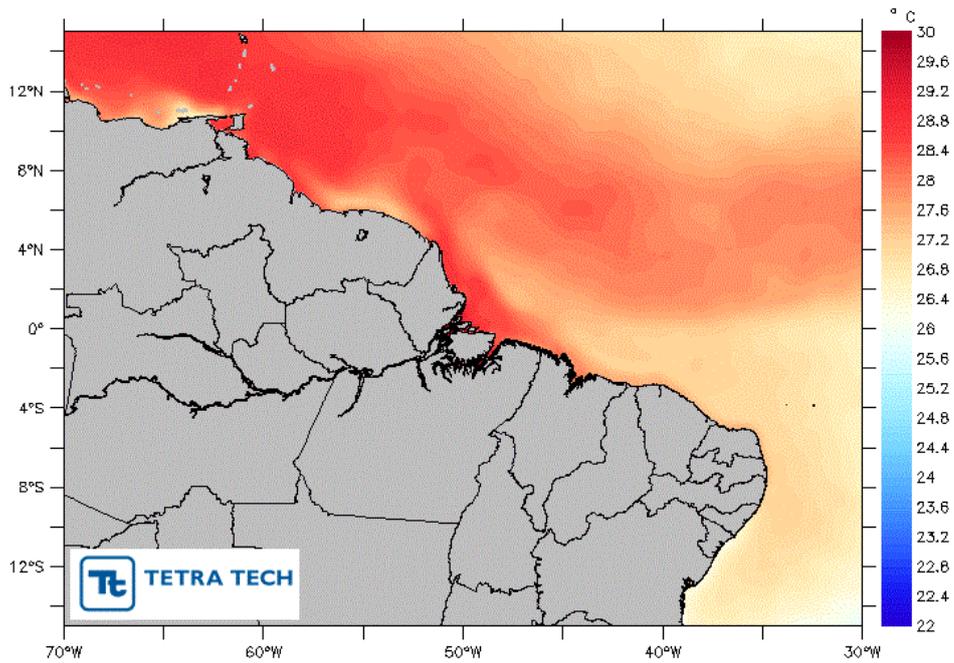


Figura 96 - Distribuição espacial média da temperatura da superfície do mar para a primavera de 2014.

Os mapas de salinidade da superfície do mar para o ano de 2014 foram elaborados a partir dos dados do SMOS, fornecidos pelo CP34-BEC. Estes dados apresentam resolução espacial de 0,25° e temporal diária.

Nos períodos de primavera (Figura 100) e verão (Figura 97) observa-se a pluma do Rio Amazonas, demarcada por baixos valores de salinidade devido ao aporte de água doce, mais próxima da desembocadura do rio e da costa dos estados do Pará e Amapá. Já nos períodos de outono (Figura 98) e inverno (Figura 99) observa-se a pluma mais ao norte.

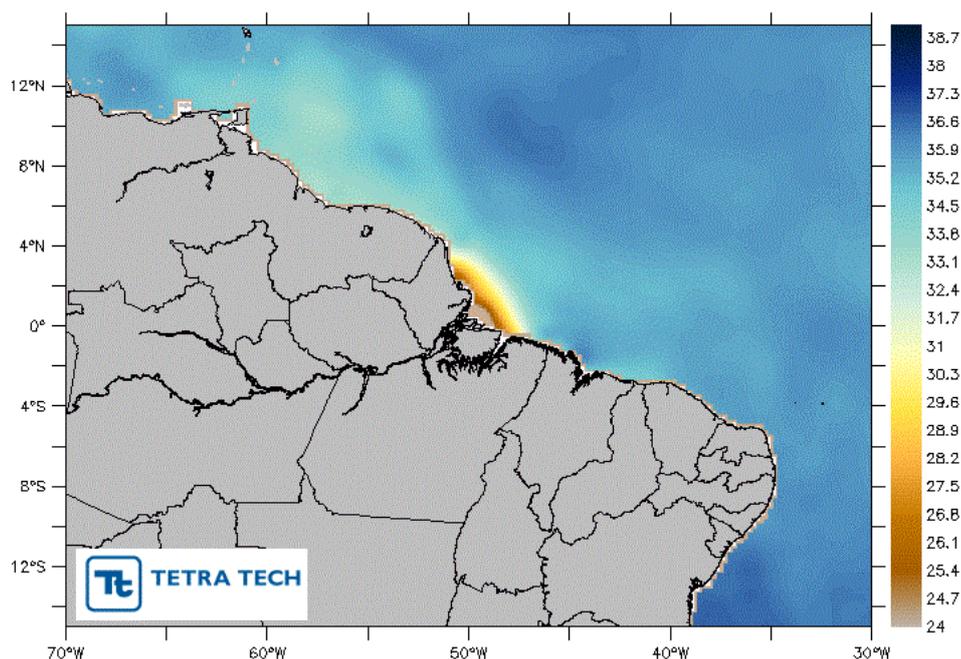


Figura 97 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o verão de 2014.

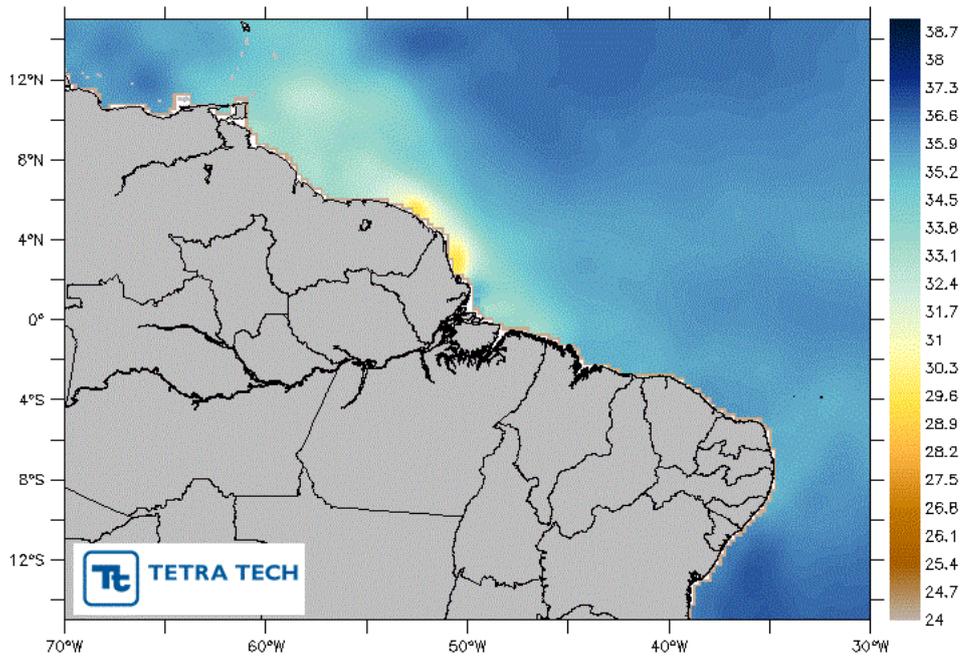


Figura 98 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o outono de 2014.

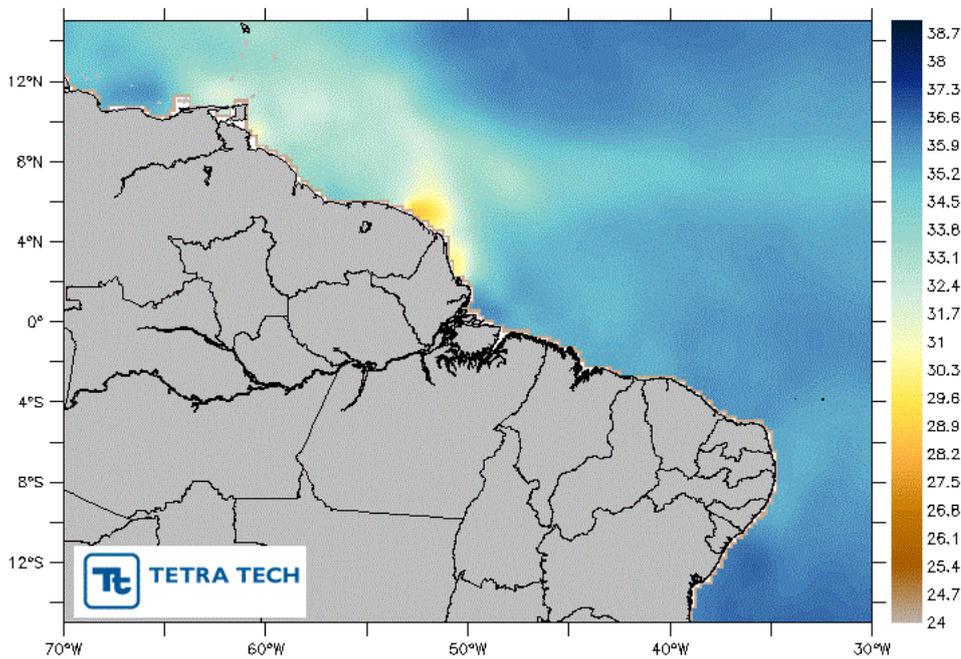


Figura 99 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para o inverno de 2014.

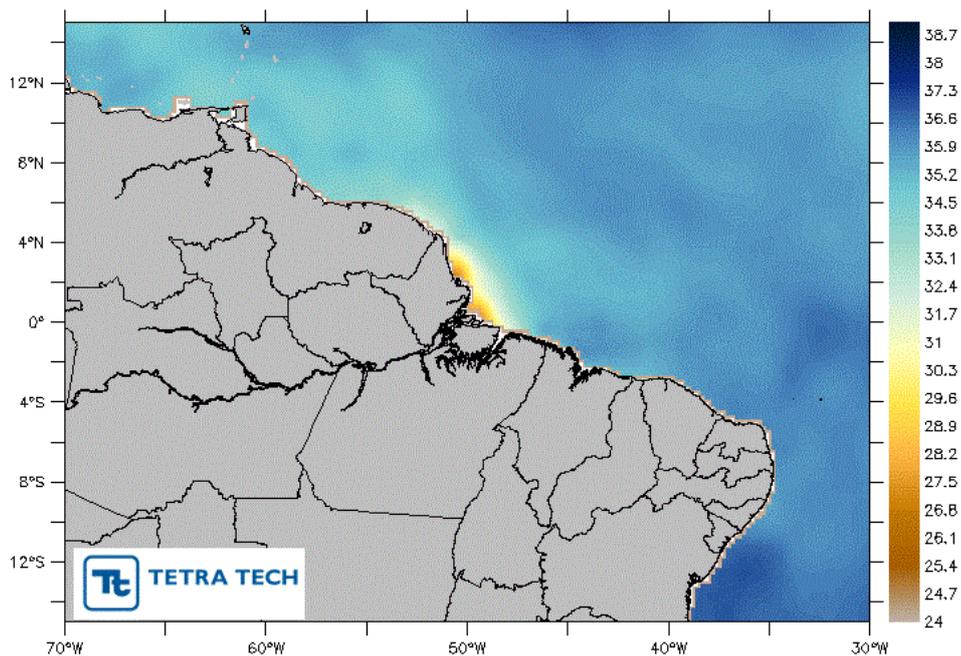


Figura 100 - Distribuição espacial média da salinidade da superfície do mar para a primavera de 2014.

3.2.3. Seções e Perfis

A seguir, é apresentada uma análise mais detalhada da região dos blocos, considerando a influência do Rio Amazonas. Para esta análise utilizou-se duas seções verticais e dois perfis obtidos a partir dos dados do NODC, para representar a região adjacente aos Blocos da BG E&P Brasil e à Ilha de Marajó, além de uma secção paralela à costa. A localização das seções e pontos de análise de perfis é apresentada no mapa da Figura 101, sendo as coordenadas geográficas especificadas na Tabela 15.

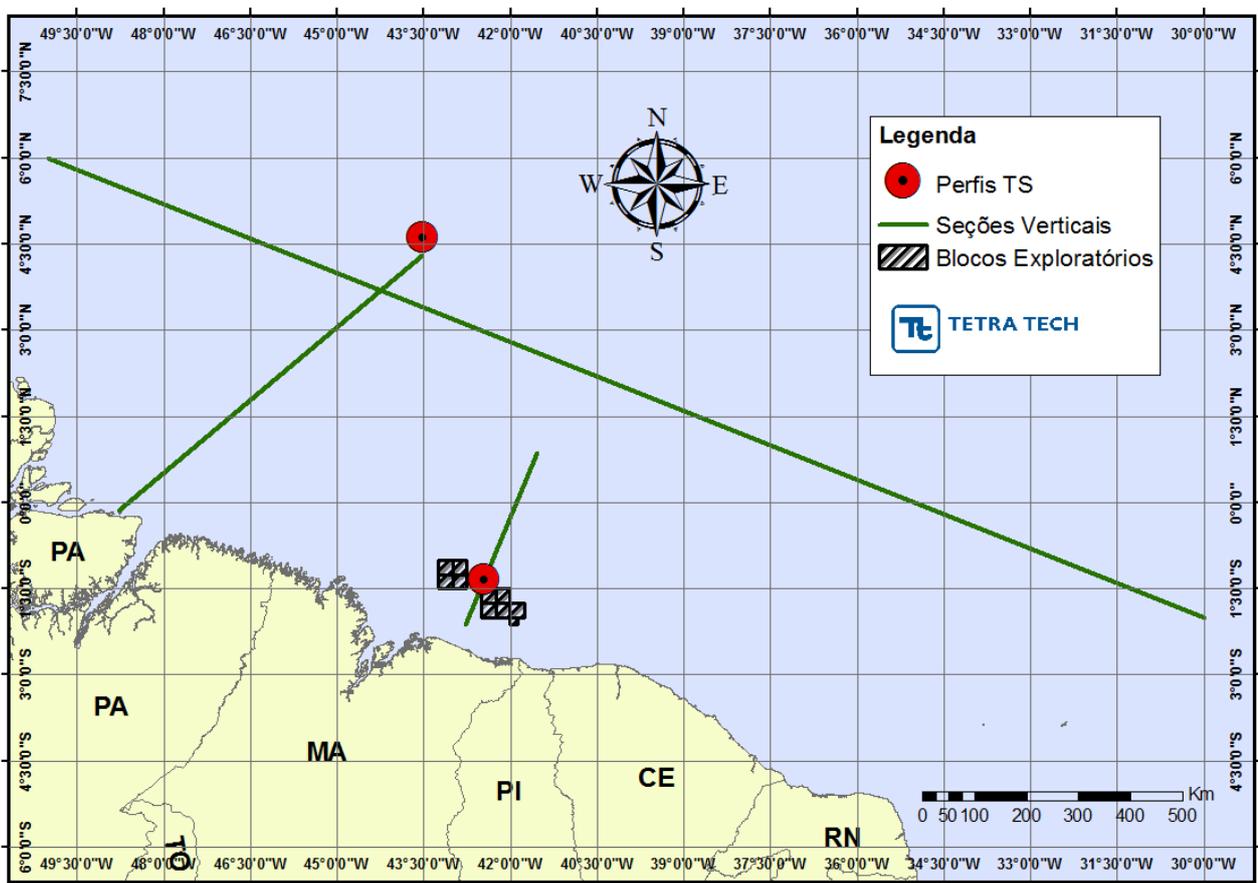


Figura 101 - Localização das seções verticais e perfis verticais utilizados.

Tabela 15 - Localização geográfica das seções verticais e perfis verticais

Amostragem	Região	Longitude	Latitude
Seções Verticais	Blocos BG E&P	42,78°W – 41,53°W	2,13°S – 0,88°N
	Ilha de Marajó	48,78°W – 43,53°W	0,12°S – 4,63°N
	Paralela	50,0°W – 30,0°W	6,00°N – 2,00°S
Perfis Verticais	Blocos BG E&P	42,44°W	1,35°N
	Ilha de Marajó	43,53°W	4,63°N

3.2.3.1. Região dos Blocos

As seções verticais são representações da distribuição de uma dada propriedade em várias profundidades (ordenadas) em relação à distância da costa (abscissas), onde as intensidades de cores representam as variações da propriedade. São apresentadas as distribuições de temperatura, salinidade e densidade da água do mar para as quatro estações do ano (Figura 102 à Figura 113) em aproximadamente 200 km de extensão da costa em direção ao oceano entre profundidades de 0 a 1.500 m, contemplando uma pequena parte da quebra da plataforma continental.

Para as seções de temperatura (Figura 102 à Figura 105) a variação total foi de aproximadamente 6 a 26 °C, nas profundidades de 0 a 100 m. Observa-se um sutil afundamento do topo da termoclina no inverno em relação ao verão, porém a base desta camada permanece entorno dos 400 m. Este afundamento está associado às variações de insolação nestes períodos.

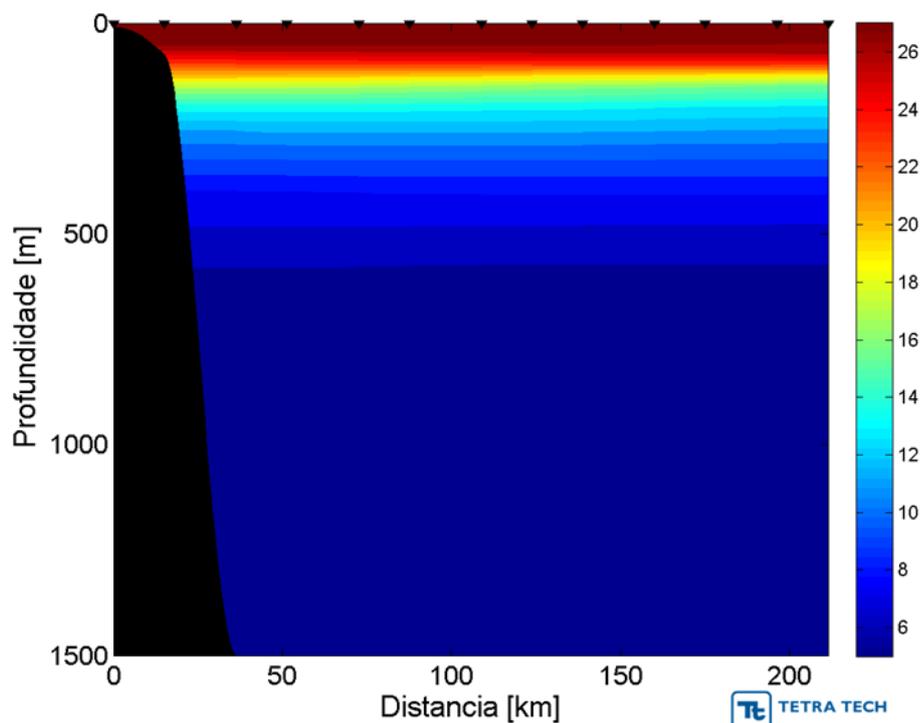


Figura 102 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região dos blocos.

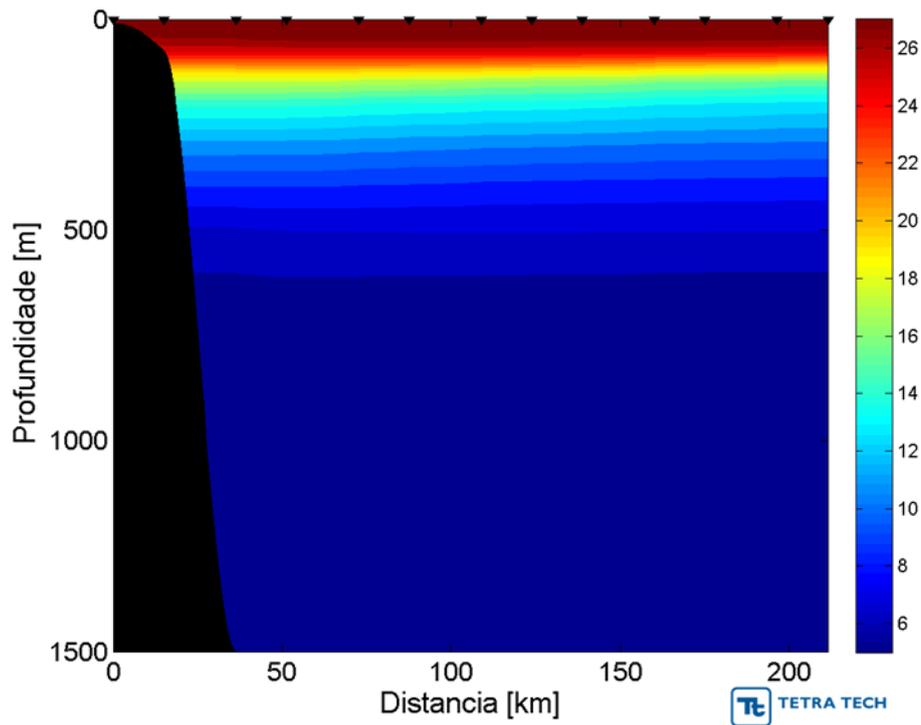


Figura 103 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região dos blocos.

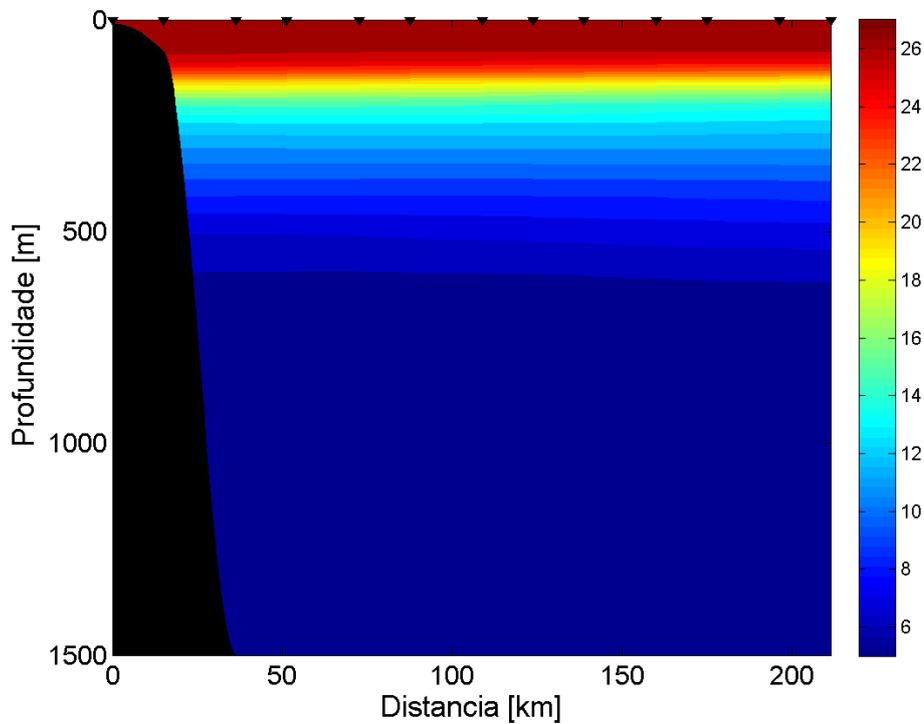


Figura 104 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região dos blocos.

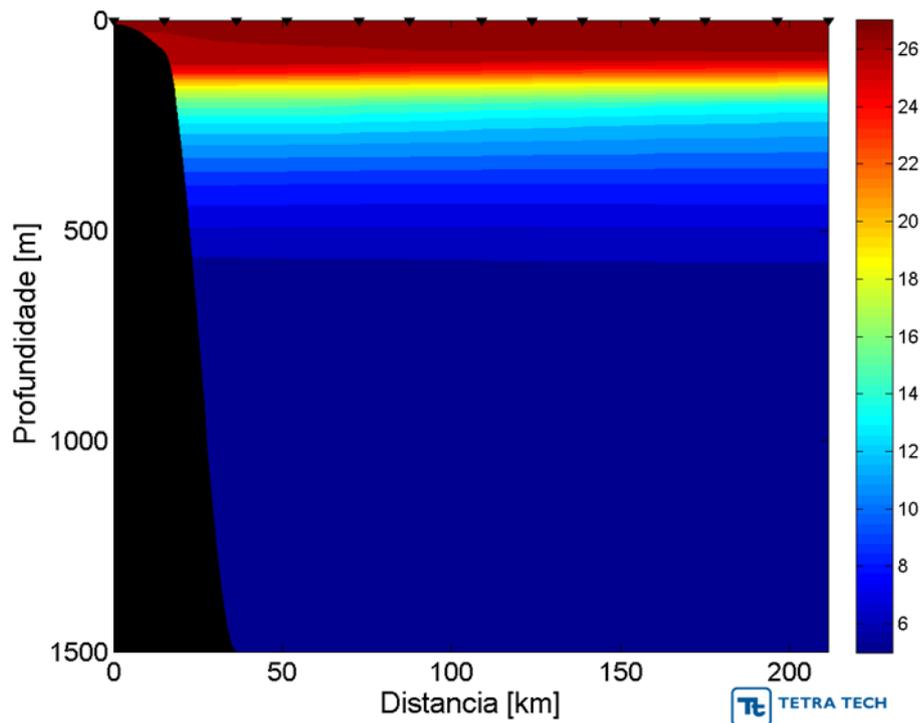


Figura 105 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região dos blocos.

Para as seções de salinidade (Figura 106 à Figura 109) observa-se o máximo de salinidade abaixo da superfície, próximo à profundidade de 50 m além de um mínimo de salinidade entre 500 e 1.000 m. Na camada de maior salinidade os efeitos sazonais propiciam plumas mais salinas para os períodos de verão e outono decorrente da maior precipitação e evaporação, enquanto que a desintensificação destes processos é vista nos períodos de inverno e primavera com plumas menos salinas para as profundidades de 50 m.

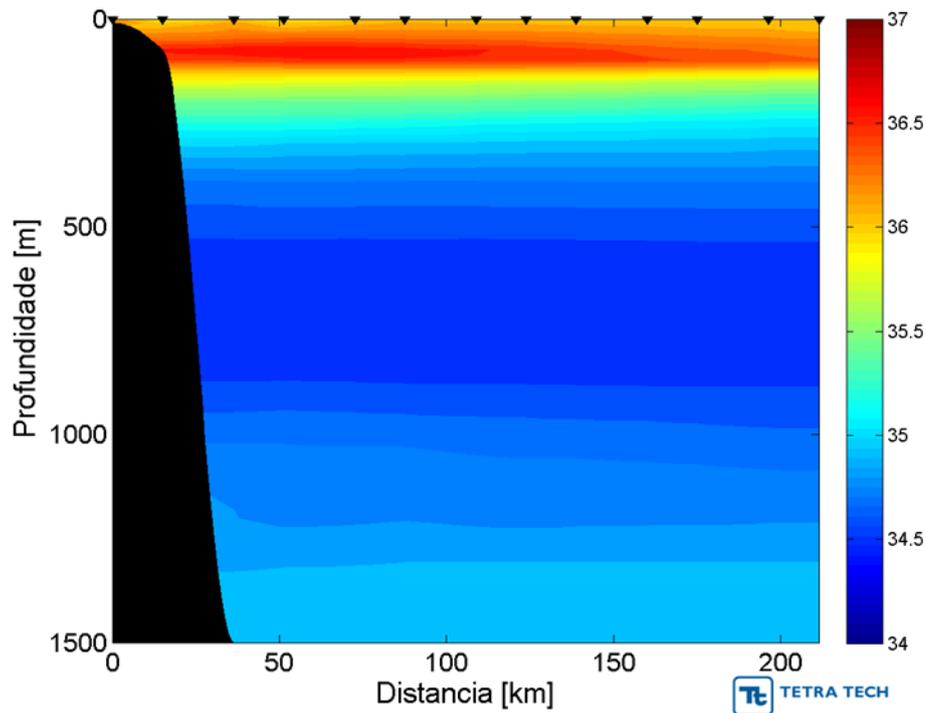


Figura 106 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região dos blocos.

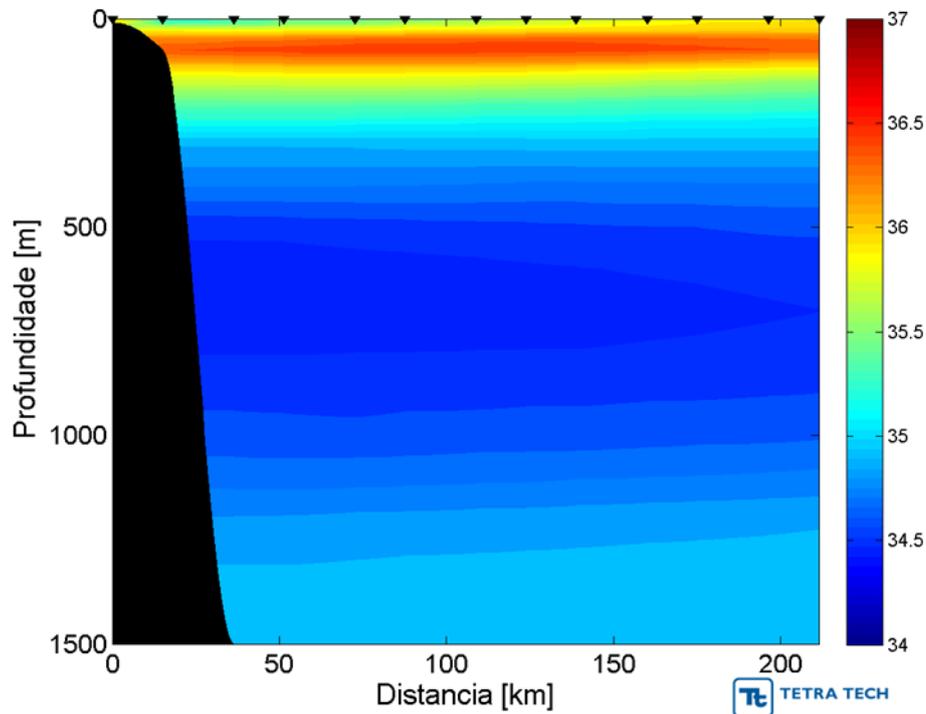


Figura 107 - Seção vertical de salinidade representando o período de outono para a região dos blocos.

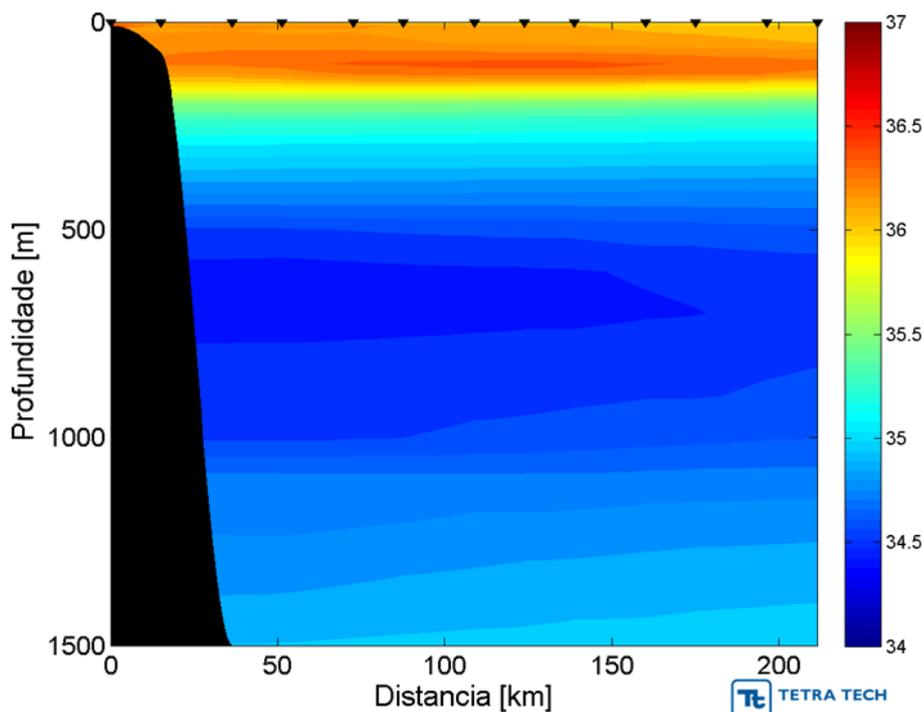


Figura 108 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região dos blocos.

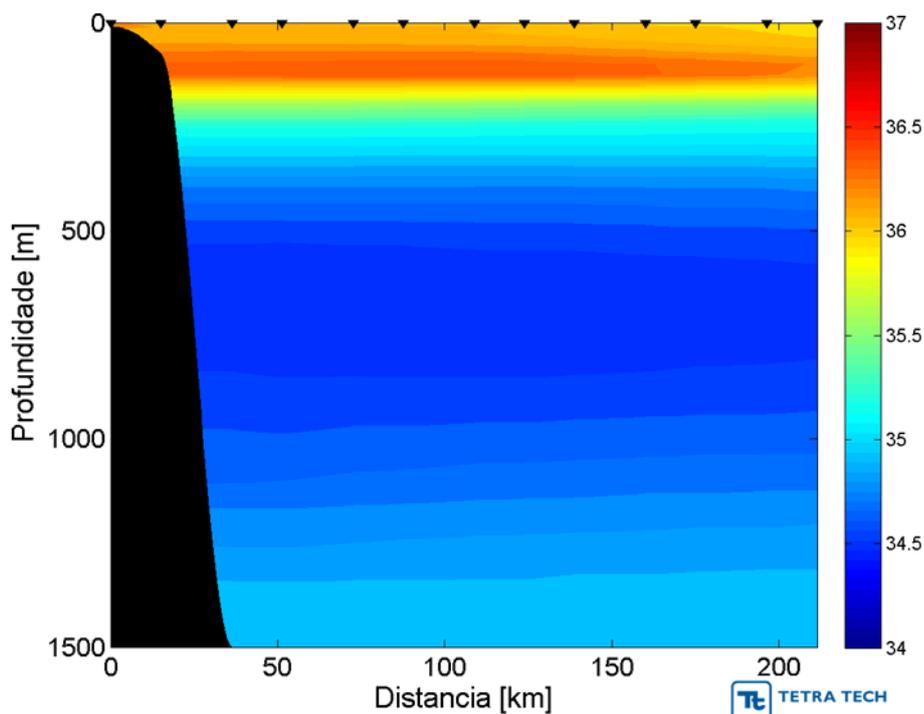


Figura 109 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região dos blocos.

Com relação às seções de densidade (Figura 110 à Figura 113), observa-se uma homogeneidade entre as estações do ano diferenciadas por pincloclinas mais rasas nos períodos de verão e outono em comparação aos períodos de inverno e primavera, correspondendo às variações observadas nas seções de salinidade e temperatura. Verifica-se também um rápido e progressivo aumento da densidade de 100 a 1.500 metros em todas as estações do ano.

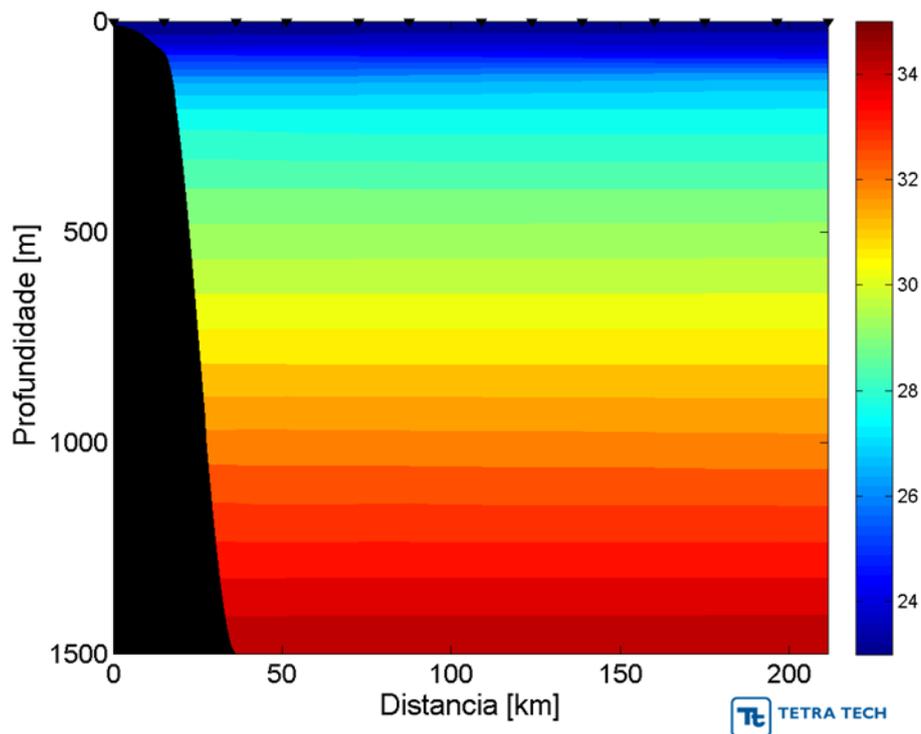


Figura 110 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de verão para a região dos blocos.

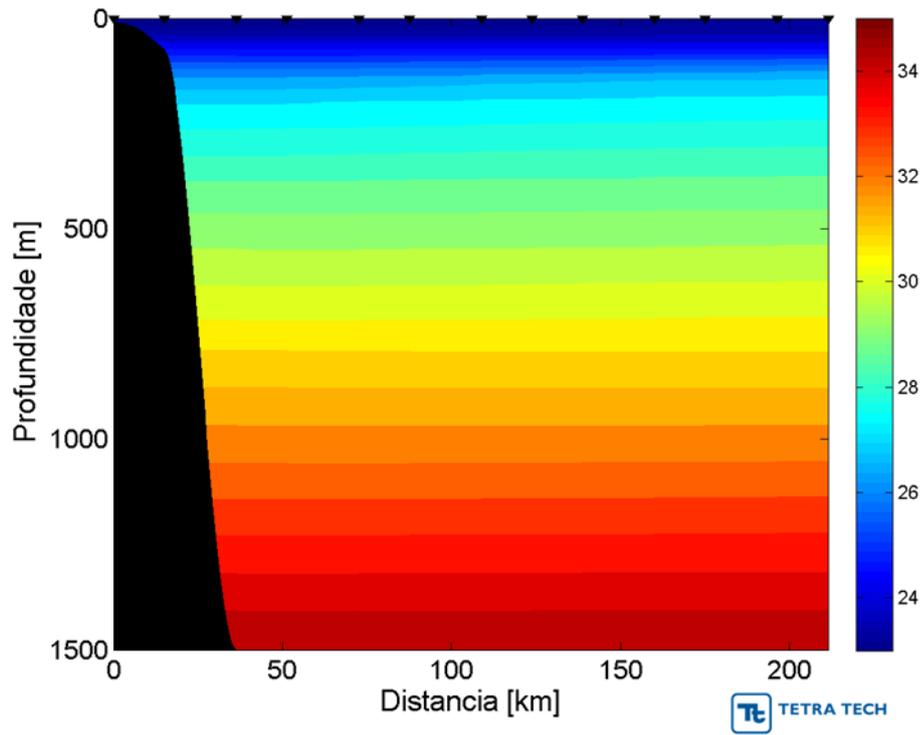


Figura 111 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de outono para a região dos blocos.

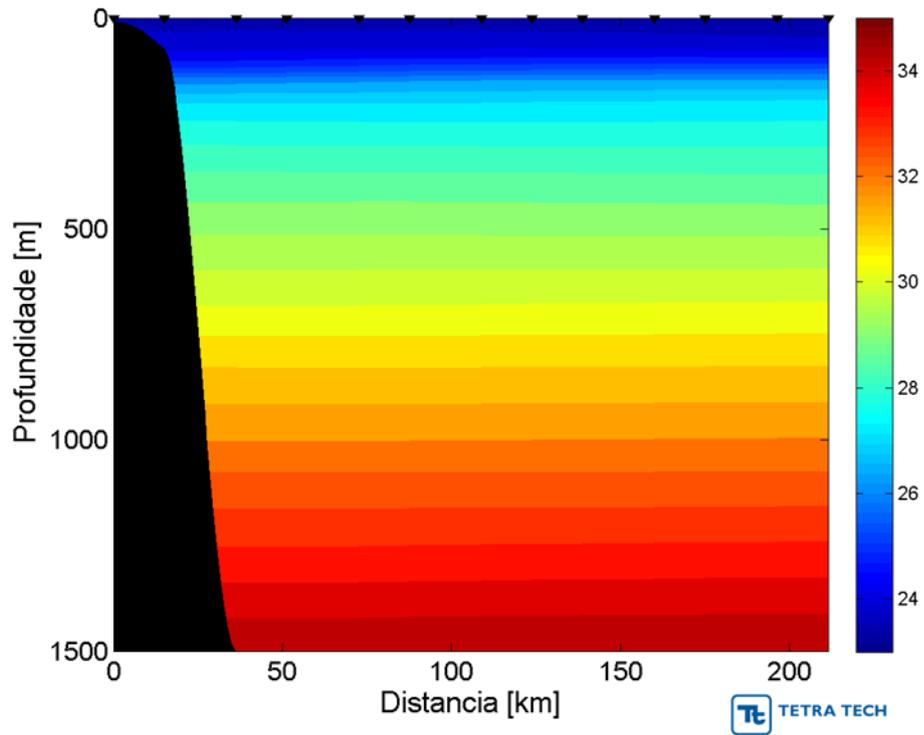


Figura 112 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de inverno para a região dos blocos.

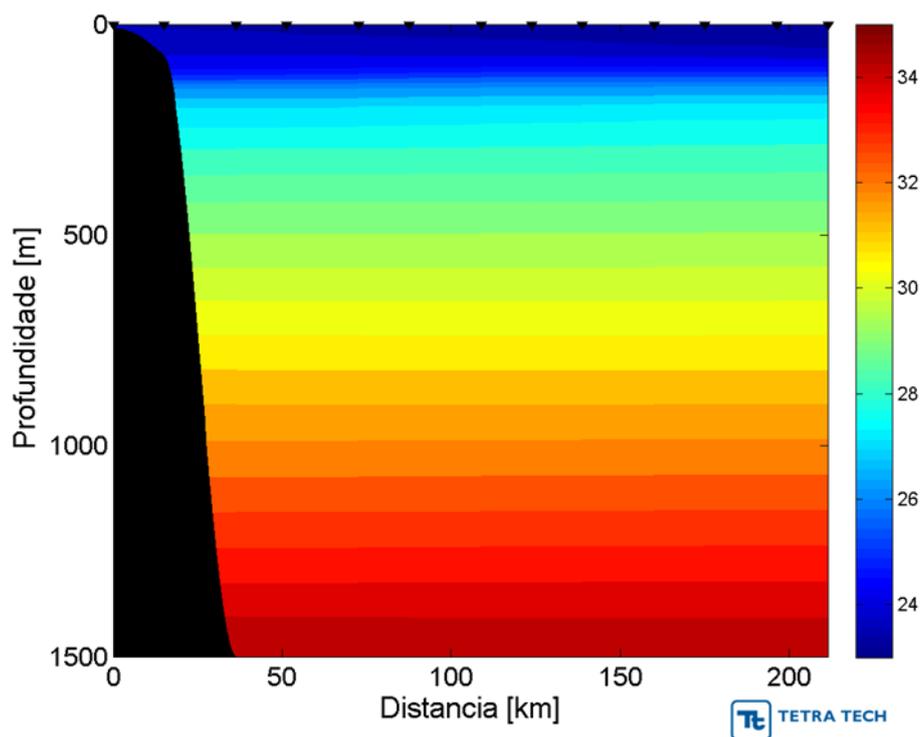


Figura 113 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de inverno para a região dos blocos.

Os perfis são representações de um dado parâmetro oceanográfico da superfície em direção ao fundo. Nos perfis apresentados a seguir são representadas as distribuições de temperatura, salinidade e densidade da água do mar pelas linhas vermelha, azul e preta, respectivamente.

Os perfis de temperatura, salinidade e densidade (Figura 114 à Figura 117) corroboraram com as seções verticais verificando-se mais claramente as variações abruptas em relação à profundidade principalmente no que diz respeito à definição das camadas intermediárias, além do aumento progressivo da densidade em relação à profundidade.

Através do método propostos por ZHANG *et al.* (2010), calculamos a profundidade da base da termoclina, haloclina e picnoclina a qual resultou em 300 m para todas as estações do ano.

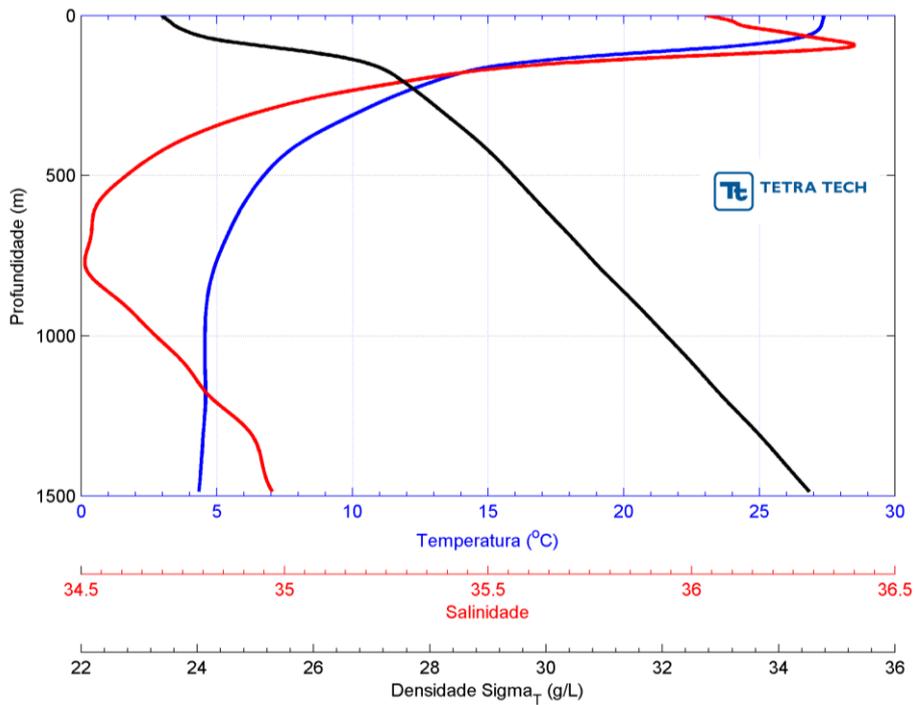


Figura 114 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de verão na região dos blocos.

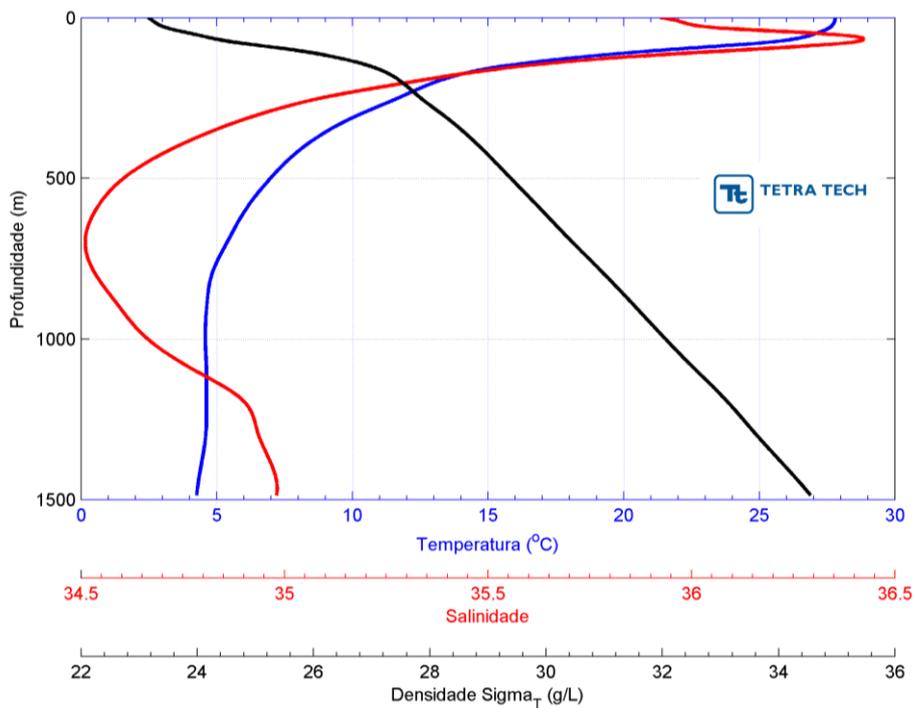


Figura 115 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de outono na região dos blocos.

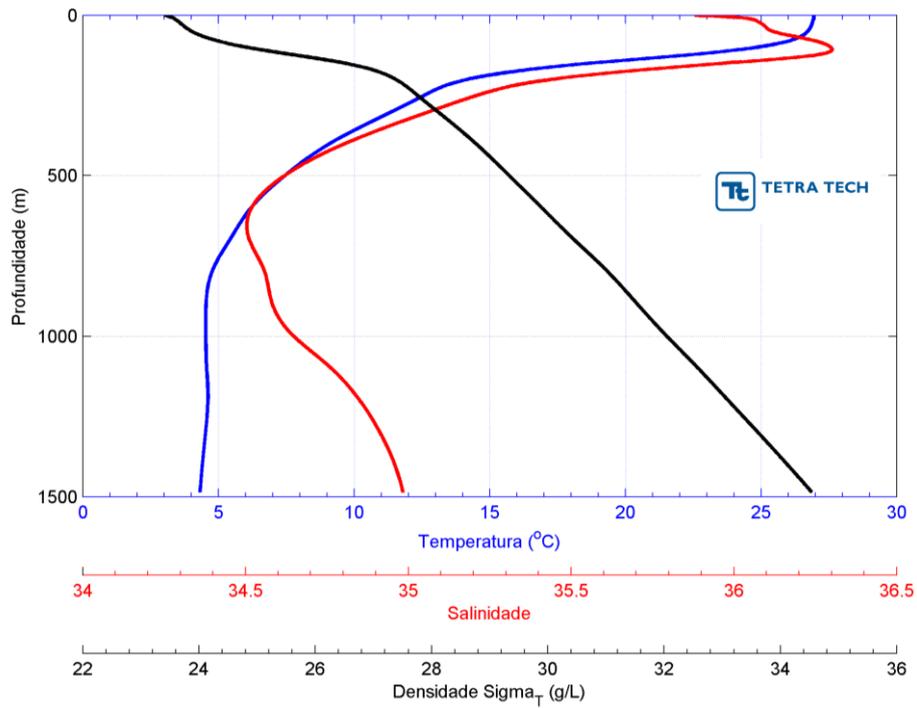


Figura 116 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de inverno na região dos blocos.

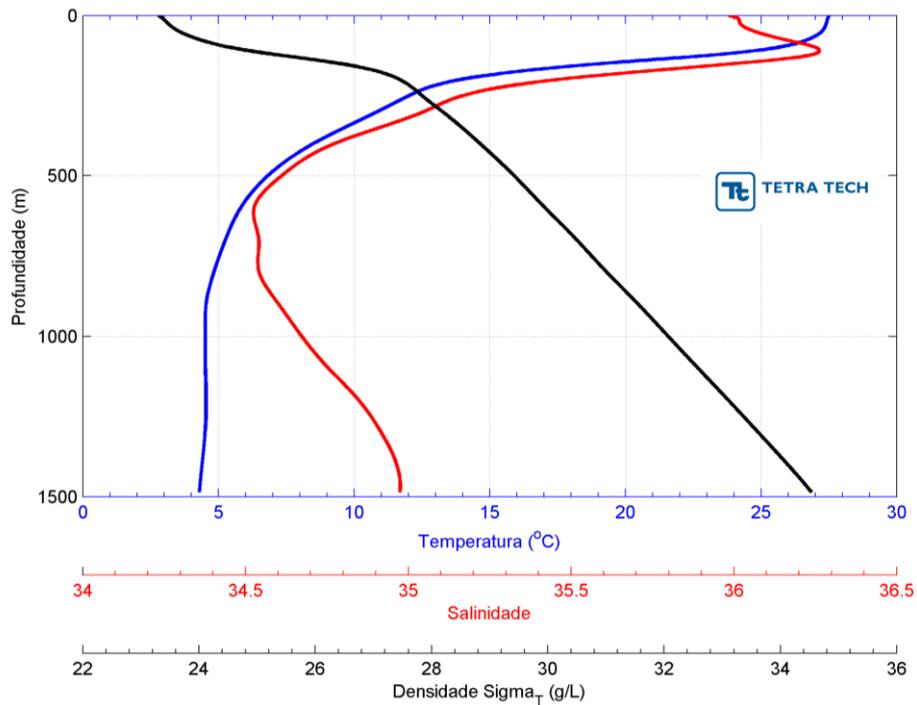


Figura 117 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de primavera na região dos blocos.

Visto que as variações de densidade corroboram inversamente com as variações de temperatura e salinidade até 100 m de profundidade, conclui-se que os fenômenos que regem as variações dos dois primeiros são os mesmos responsáveis pelas variações da densidade. Especificamente para a região dos blocos, os regimes de chuvas juntamente com os efeitos de insolação regem a circulação baroclínica causada por variações de densidade.

3.2.3.2. Região da Ilha de Marajó

As seções verticais de temperatura, salinidade e densidade (Figura 118 à Figura 129) correspondente às quatro estações do ano, com aproximadamente 400 km de extensão da costa em direção ao oceano e profundidades limitadas a 1.500 metros. Nesta região observa-se uma plataforma mais extensa (180 km) em consequência da elevada descarga de sedimentos do Rio Amazonas (CUNHA & GUERRA, 1998).

Nas seções de temperatura (Figura 118 à Figura 121) verifica-se que, para distâncias maiores do que 300 m, a termoclina não apresenta grandes variações sazonais e está mais rasa quando comparada as regiões mais próximas da plataforma. Com relação à sazonalidade, as isotermas encontram-se ligeiramente mais inclinadas nos períodos de inverno e primavera quando comparadas aos períodos de verão e outono.

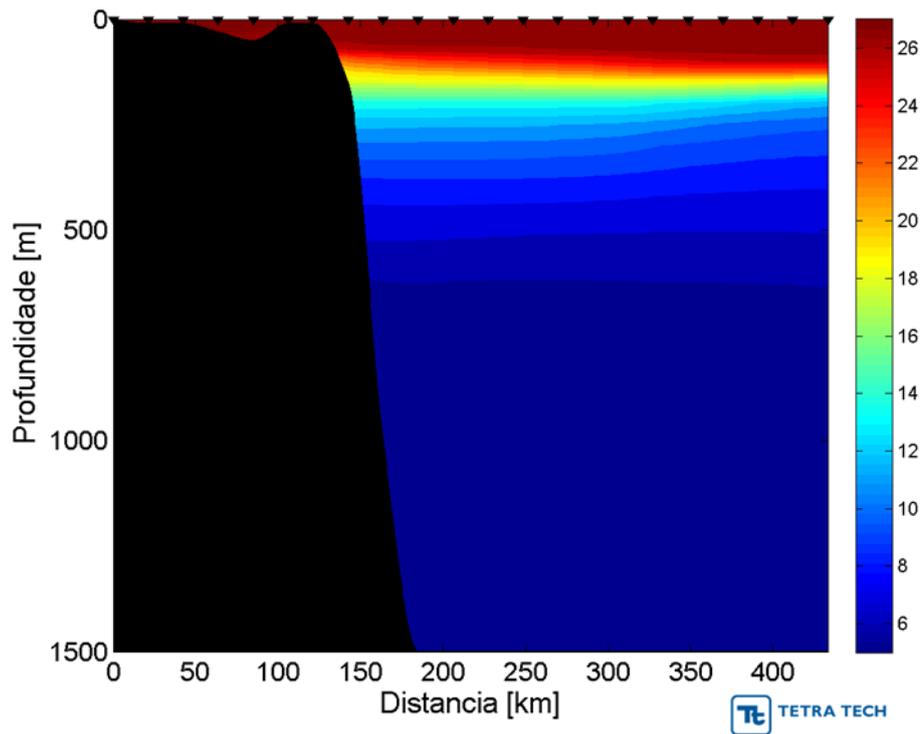


Figura 118 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.

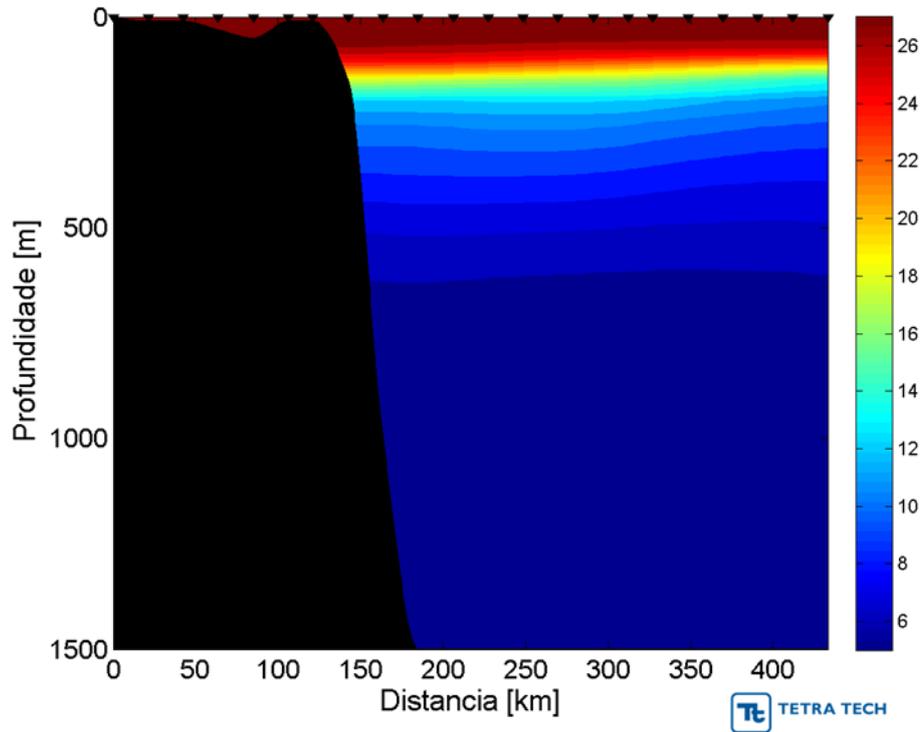


Figura 119 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região da ilha de Marajó.

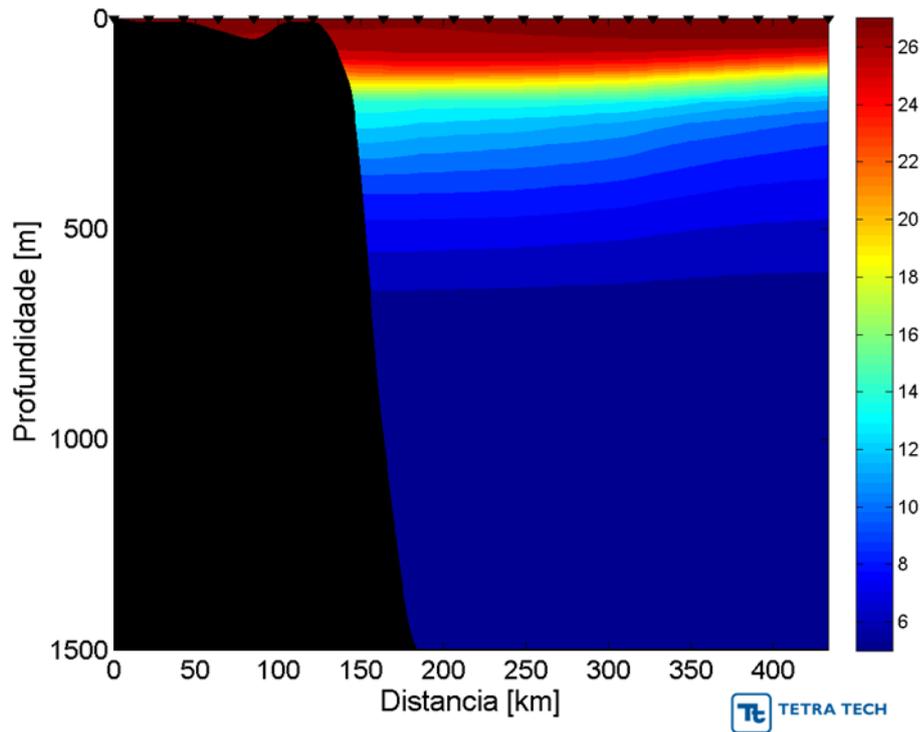


Figura 120 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.

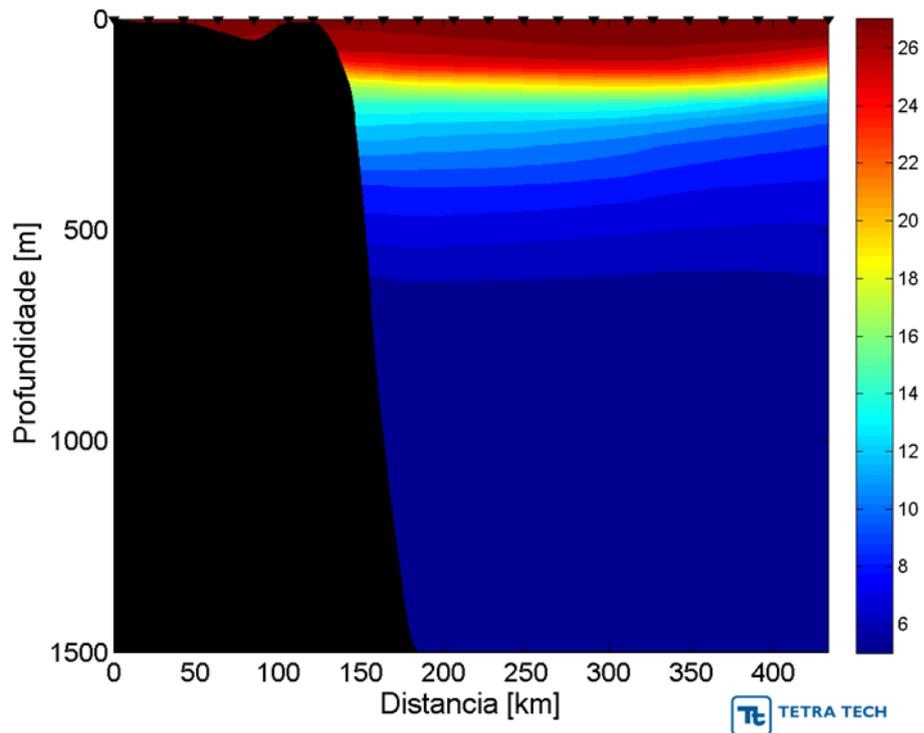


Figura 121 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região da ilha de Marajó.

Para as seções de salinidade (Figura 122 à Figura 125) em profundidades de até 20 m observa-s a assinatura da descarga do Rio Amazonas através de uma pluma menos salina que varia sazonalmente, atingindo maiores distâncias nos períodos de verão e outono, chegando até 350 km em relação à costa. Observa-se o máximo de salinidade abaixo da superfície, próximo à profundidade de 50 m e um mínimo de salinidade entre 500 e 1.000 m. A mesma sazonalidade ligada às inclinações das isotermas é observada nas isohalinas.

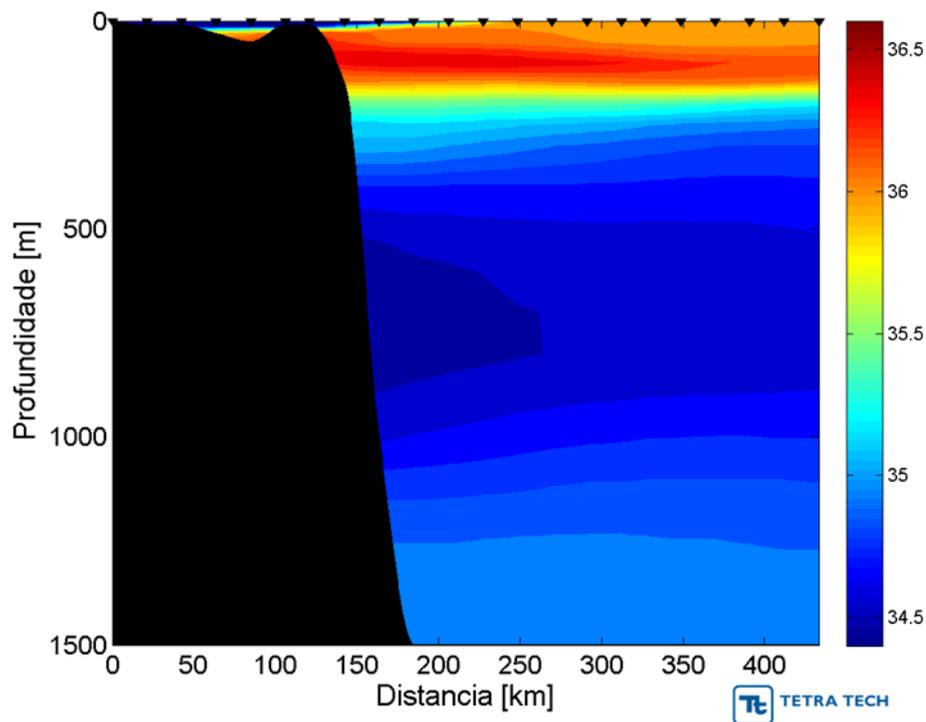


Figura 122 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.

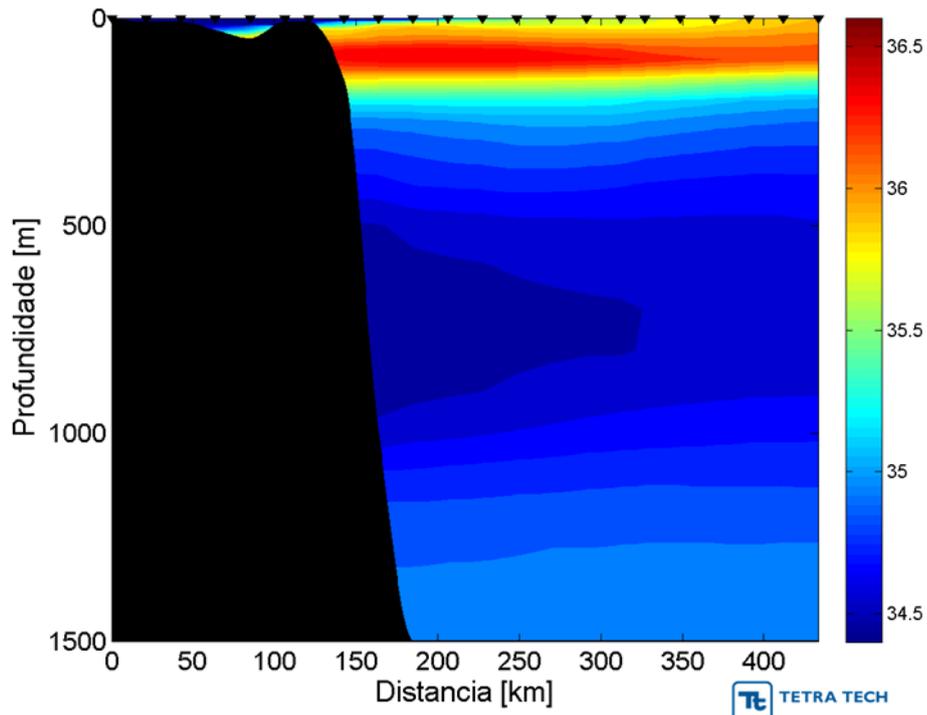


Figura 123 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.

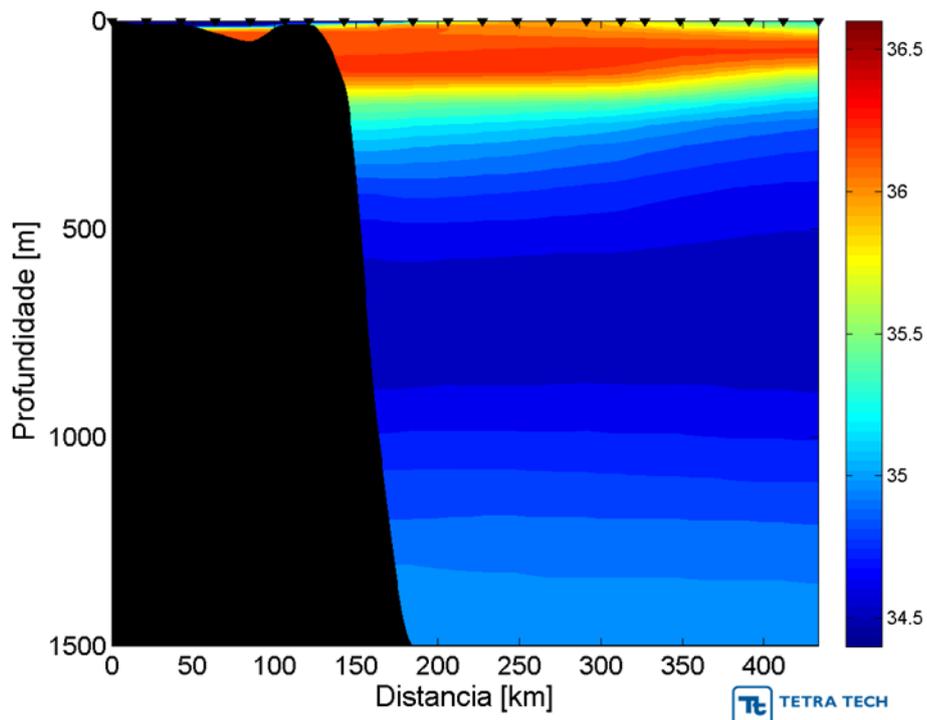


Figura 124 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.

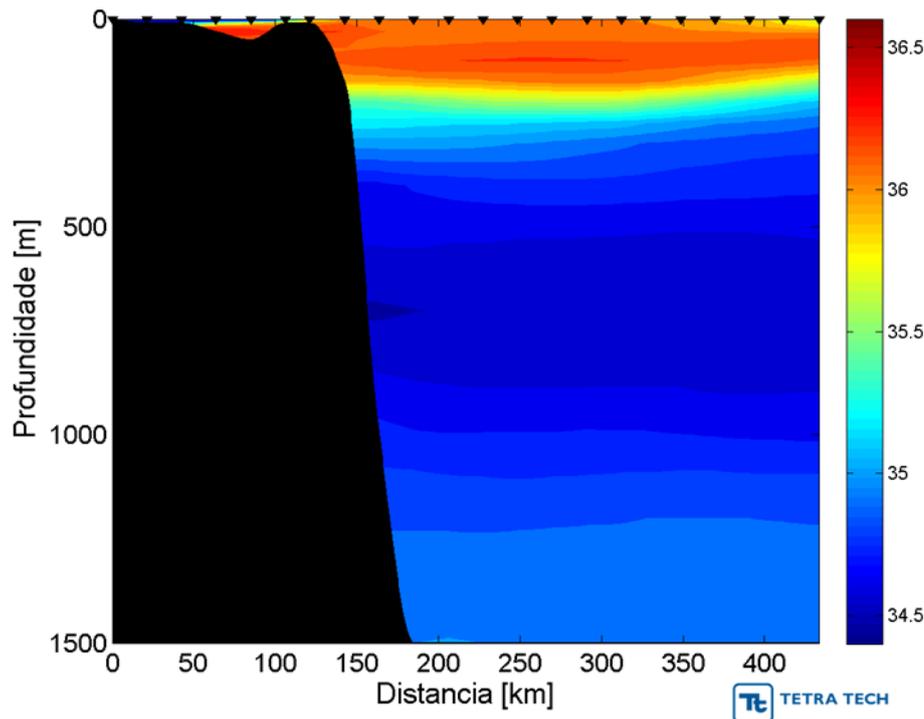


Figura 125 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região da ilha de Marajó.

Em relação às seções de densidade (Figura 126 à Figura 129) a pincloina sofre afundamento nos períodos de inverno e primavera quando comparados aos períodos de verão e outono, consequência da maior intensidade de chuvas nos períodos de verão e outono que, junto com o aumento da descarga do Rio Amazonas, reduz a salinidade na superfície aumentando a estratificação e consequentemente a profundidade de topo da pincloina.

As inclinações observadas das termoclinas e haloclinas são menos evidentes nas seções de densidade, embora se perceba uma ligeira acentuação destas inclinações nos primeiros 200 m com a mesma variabilidade sazonal das seções de temperatura e salinidade.

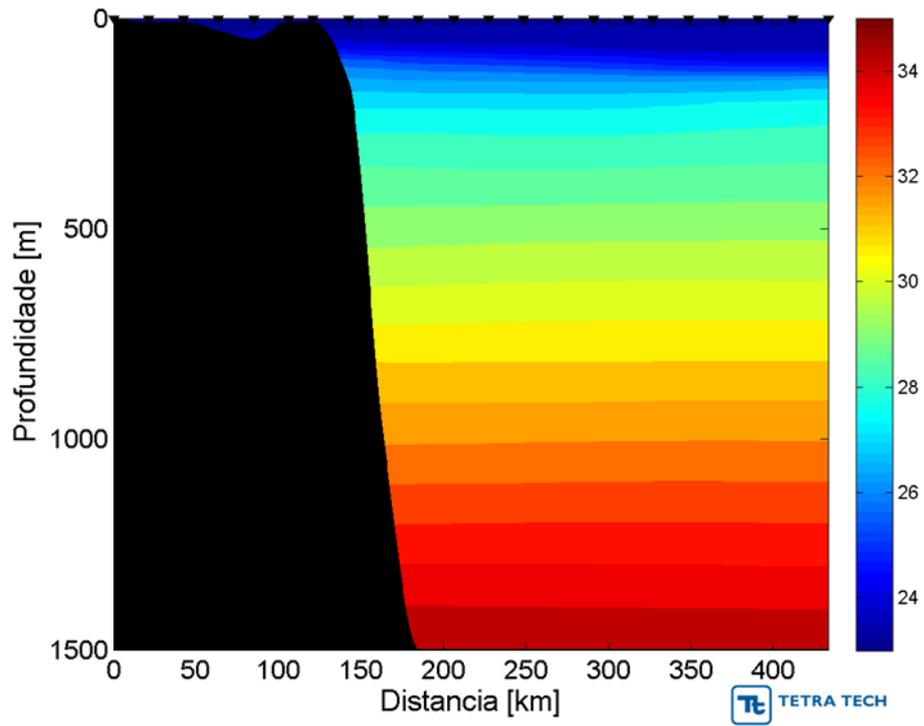


Figura 126 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de verão para a região da ilha de Marajó.

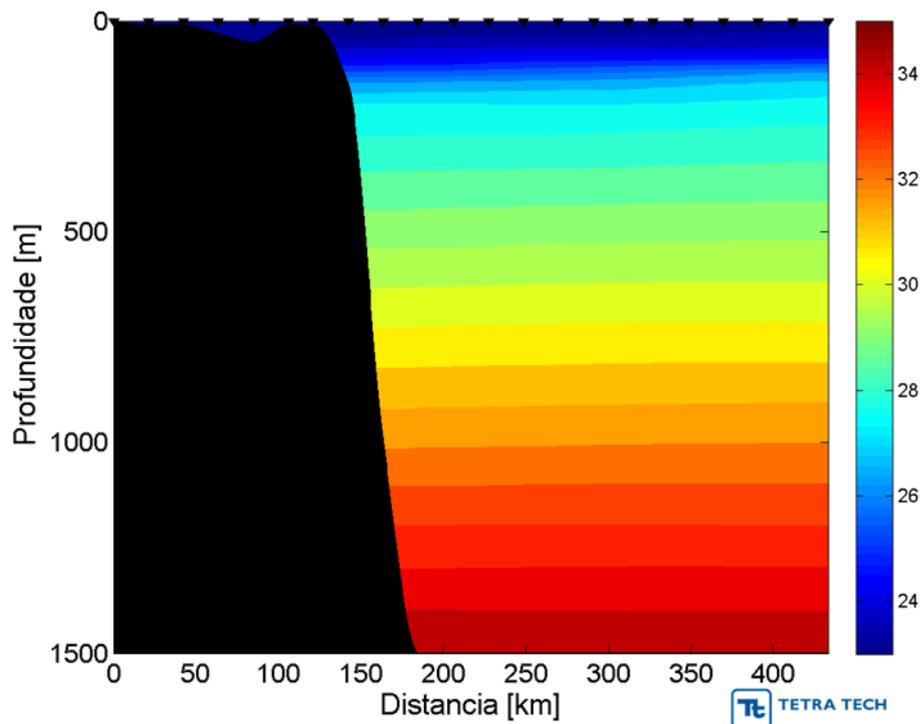


Figura 127 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de outono para a região da ilha de Marajó.

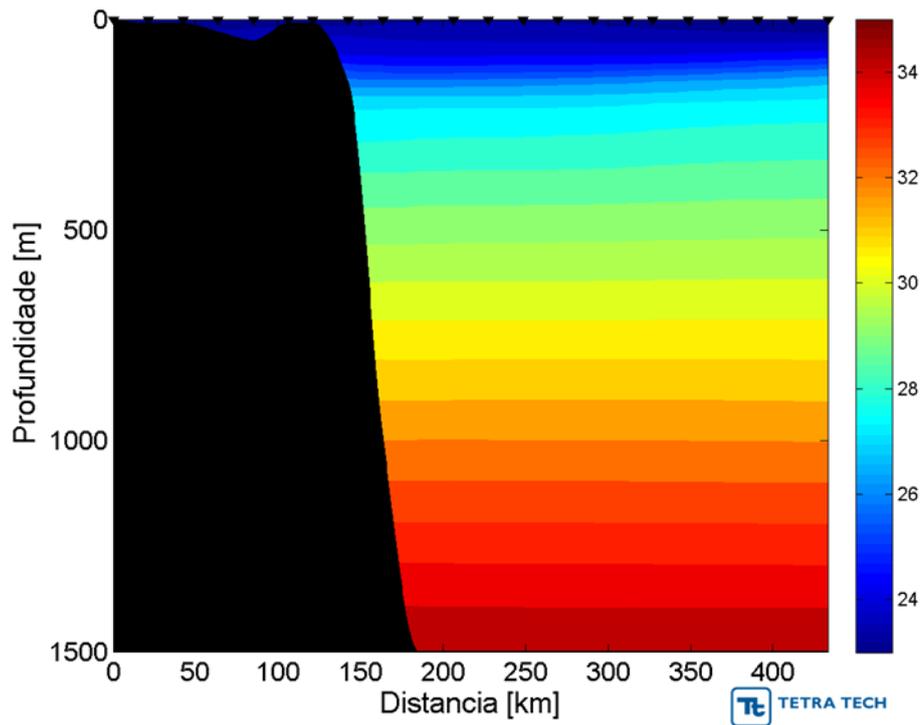


Figura 128 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.

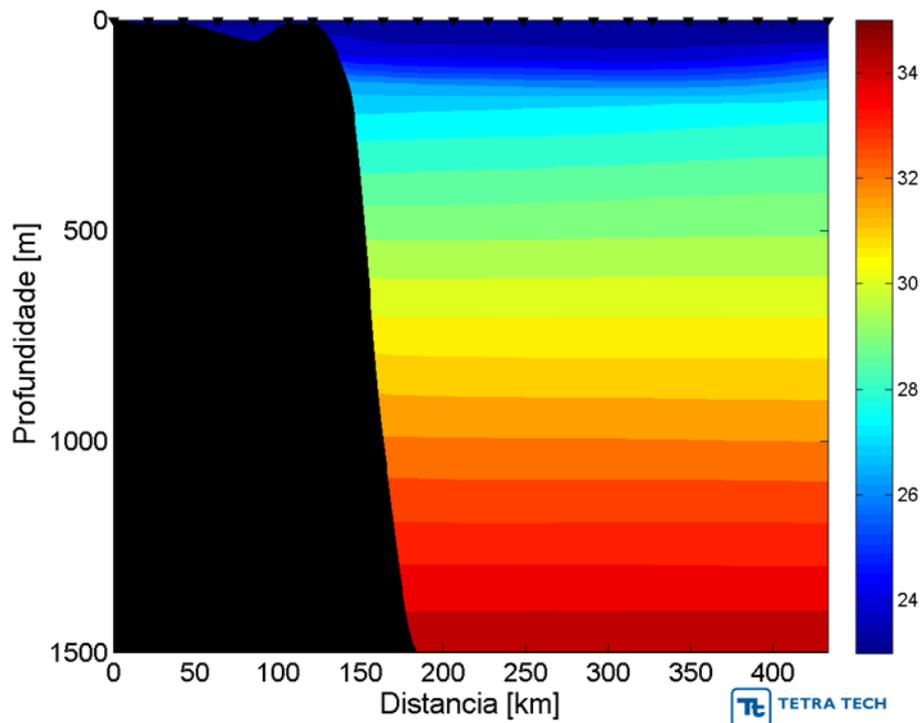


Figura 129 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de inverno para a região da ilha de Marajó.

Os perfis de temperatura, salinidade e densidade corroboraram com as seções verticais (Figura 130 à Figura 133) verificando-se variações abruptas em relação à profundidade principalmente no que diz respeito à definição das camadas intermediárias, além do aumento progressivo da densidade em relação à profundidade.

A profundidade da base da termoclina para todas as estações permaneceu a mesma observada na seção dos blocos (400 m), porém a base da haloclina e pincoclina encontra-se em profundidades maiores do que as observadas na seção dos blocos. Este afundamento é associado ao estiramento da haloclina causada pelas descargas do Rio Amazonas. Como consequência da inclinação da pincoclina na seção vertical há variações na intensidade da circulação baroclínica em relação à distância da costa e em relação à profundidade.

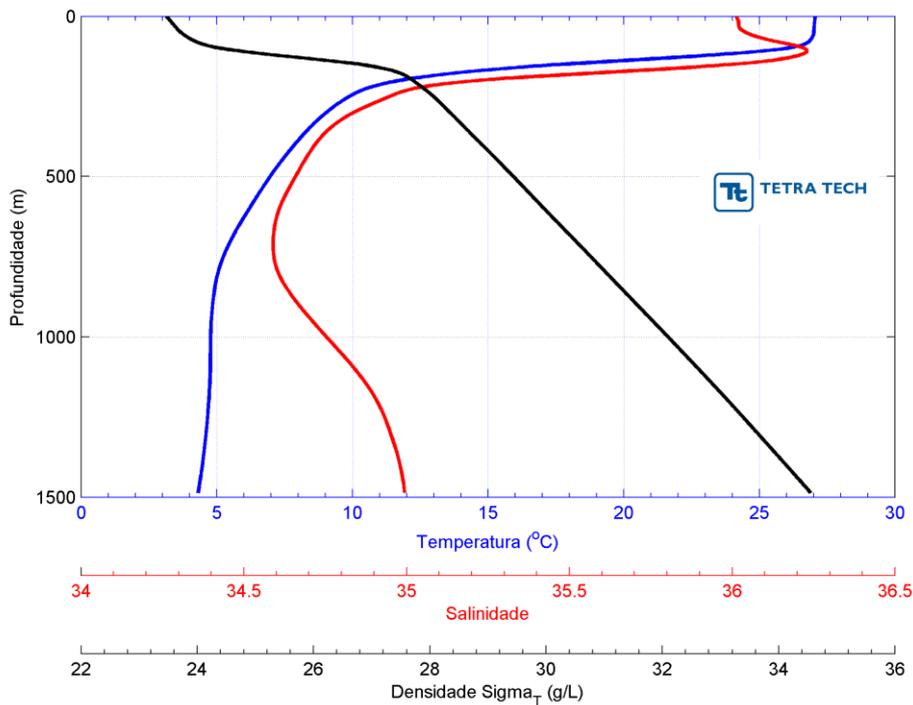


Figura 130 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de verão na região da Ilha de Marajó.

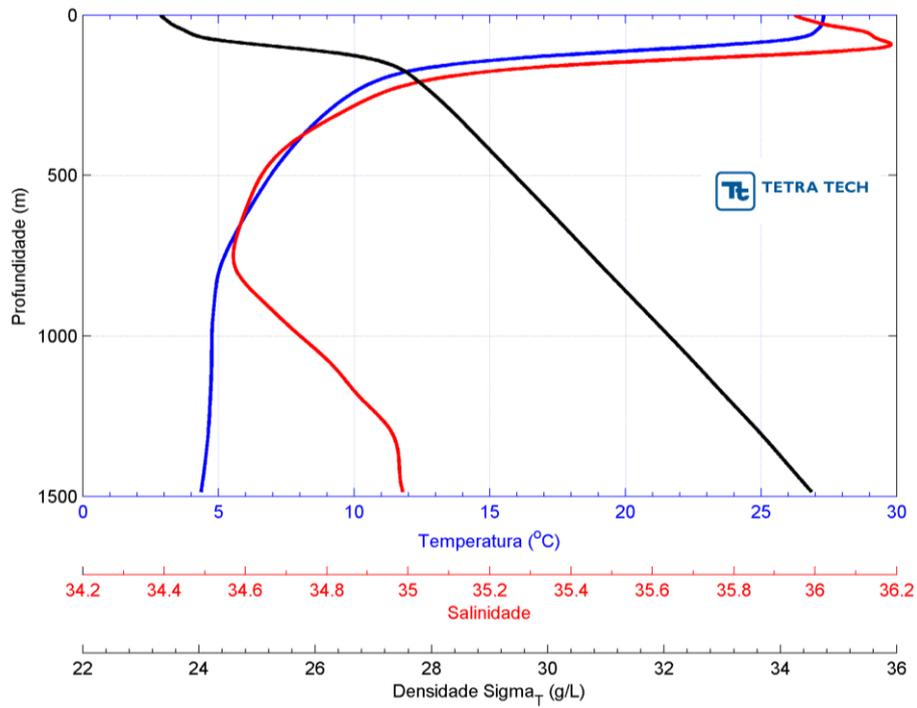


Figura 131 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de outono na região da Ilha de Marajó.

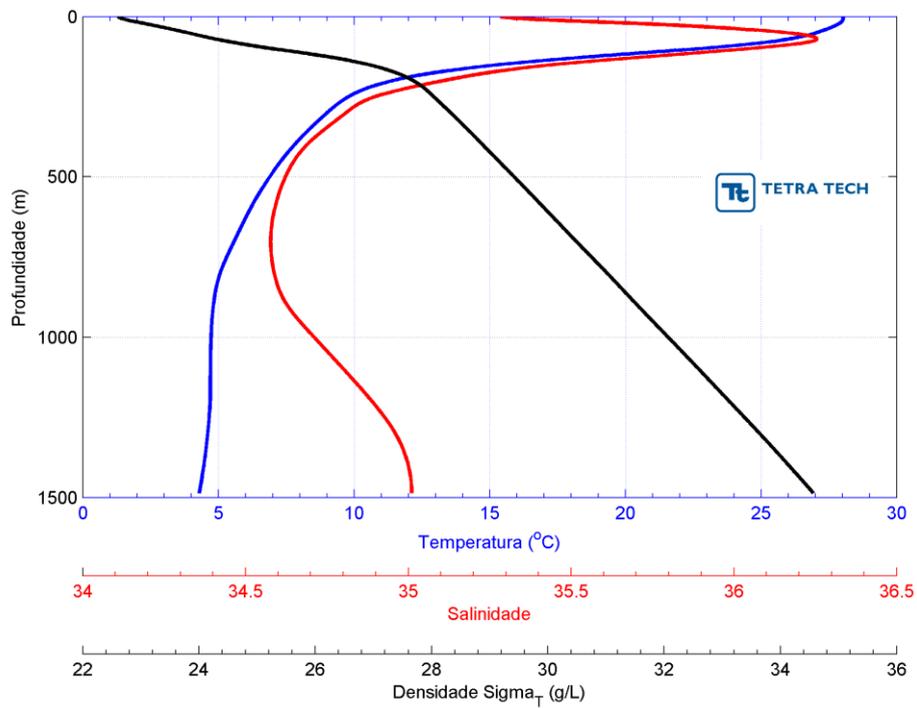


Figura 132 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de inverno na região da Ilha de Marajó.

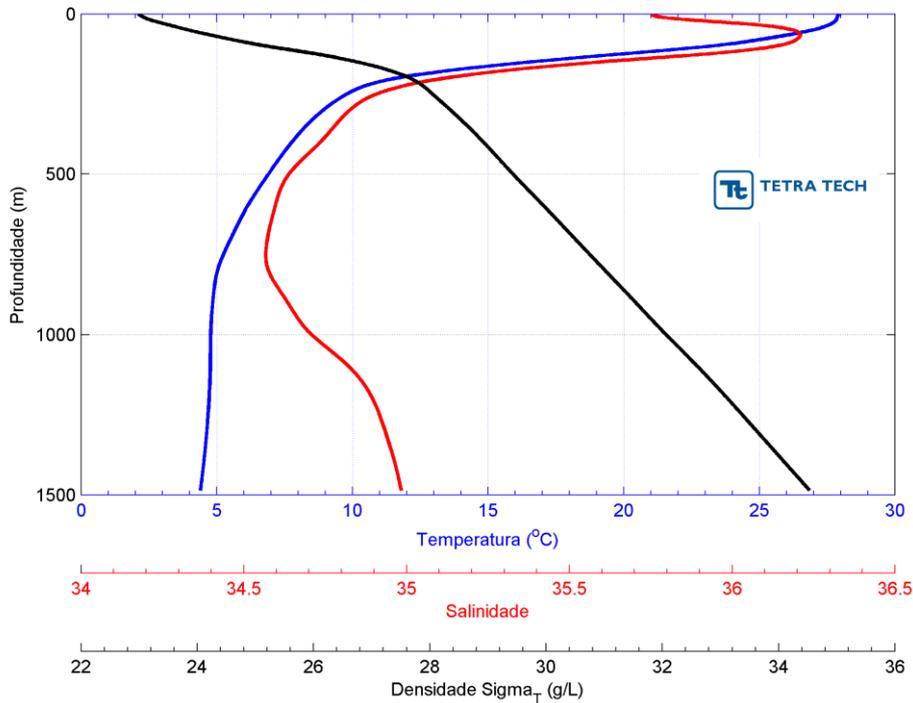


Figura 133 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade representativos do período de primavera na região da Ilha de Marajó.

3.2.3.3. Seção Paralela à Costa

As seções verticais de temperatura, salinidade e densidade apresentadas da Figura 134 à Figura 145 correspondente às quatro estações do ano, com aproximadamente 800 km de extensão, paralelo à costa orientada de norte para sul e com profundidades limitadas a 1500 metros.

Nas seções de temperatura (Figura 134 à Figura 137) verifica-se, para todas as estações do ano, a inclinação das isotermas de norte para sul em profundidades superiores a aproximadamente 200 m, gera um gradiente térmico horizontal de sul para norte, e o afundamento da termoclina na parte norte do perfil. A diferenciação entre as estações do ano encontra-se na superfície, onde as isotermas se encontram paralelas à superfície apenas nos meses de inverno e primavera, evidenciando uma possível homogeneização da temperatura superficial neste período, nesta região.

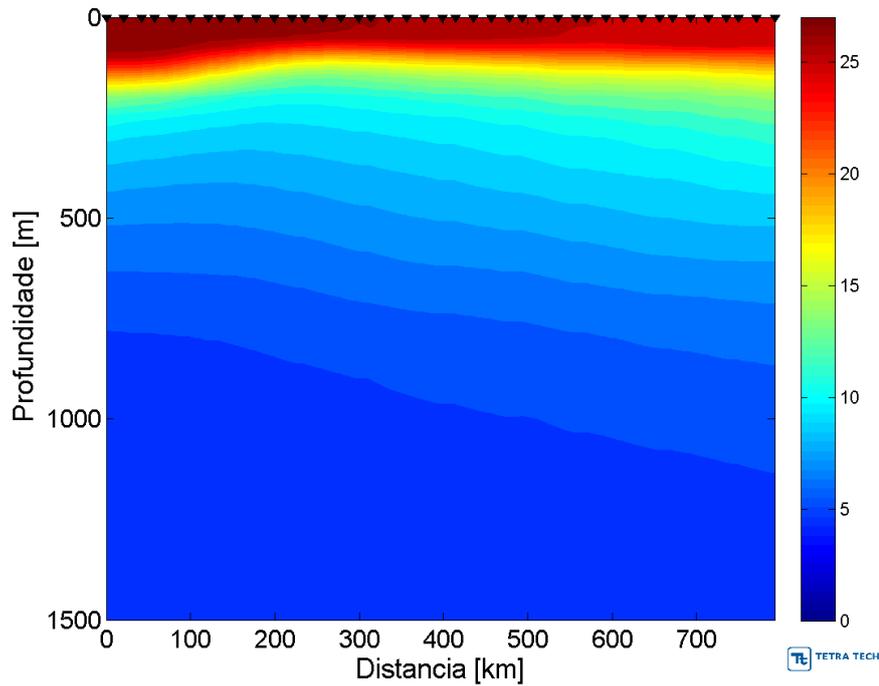


Figura 134 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de verão para a região paralela à costa.

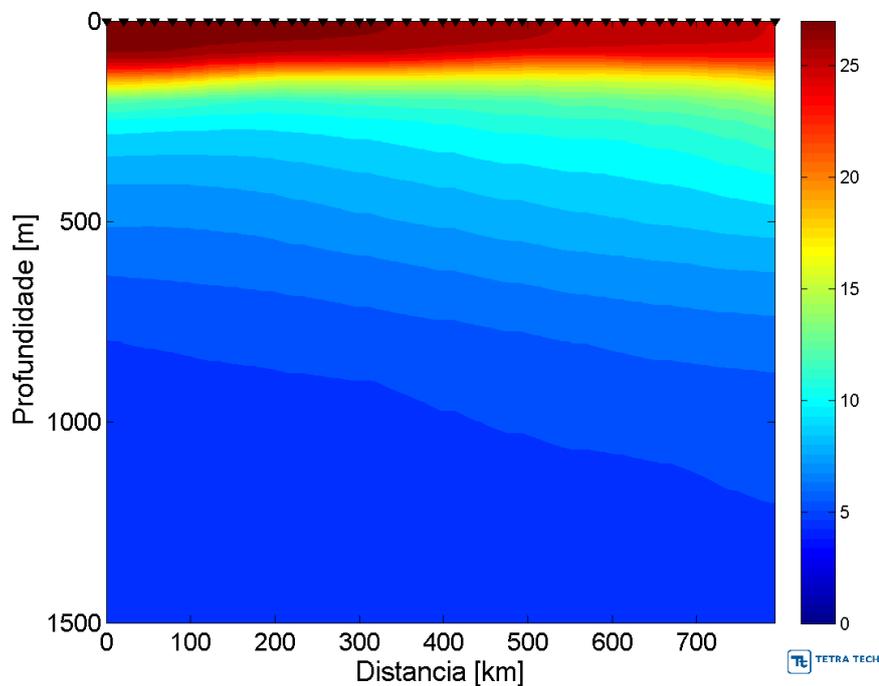


Figura 135 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de outono para a região paralela à costa.

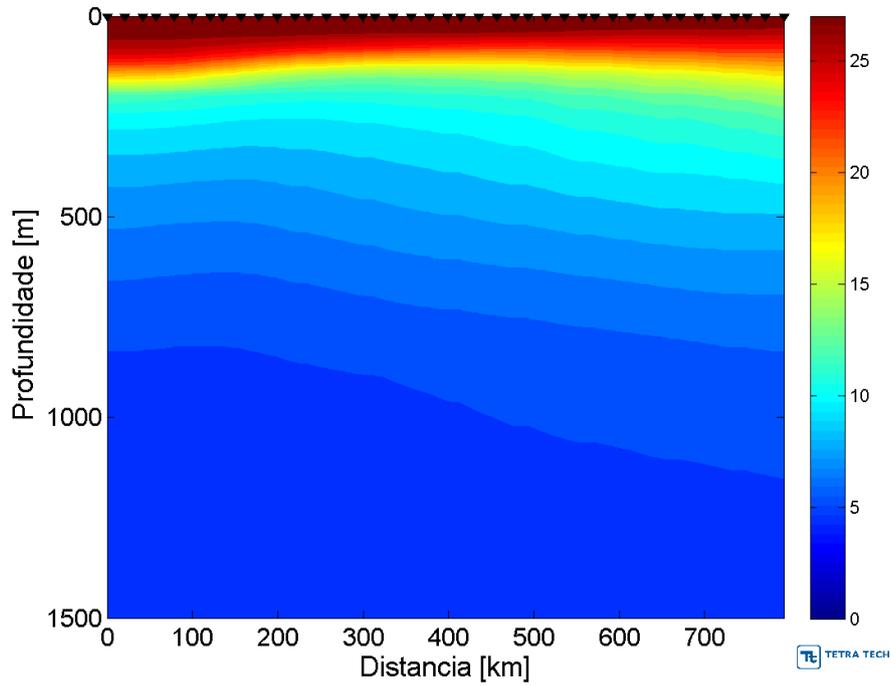


Figura 136 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de inverno para a região paralela à costa.

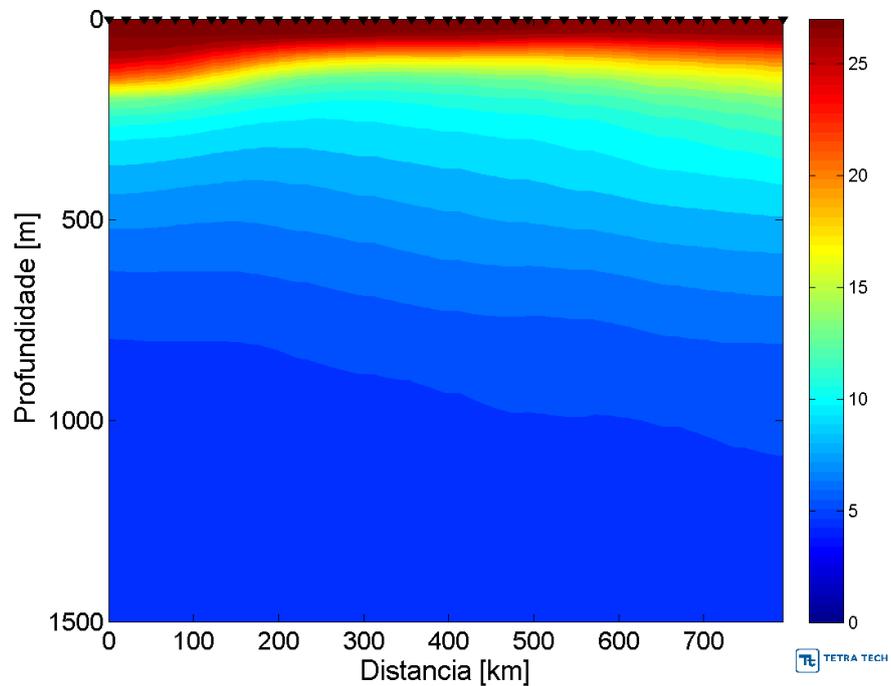


Figura 137 - Seção vertical de temperatura (°C) representando o período de primavera para a região paralela à costa.

Para as seções de salinidade (Figura 138 à Figura 141), em uma distância de 200m do ponto mais ao norte, observa-se a assinatura da descarga do Rio Amazonas na camada superficial, onde temos a presença de isohalinas de menor salinidade. Esta feição é mais acentuada durante o inverno e a primavera, períodos em que a pluma de menor salinidade é advectada pela retroflexão da Corrente Norte do Brasil e o registro desta pluma é observada em medições distantes da costa tais como a seção em questão.

Observando as isohalinas abaixo da haloclina, a variabilidade sazonal da salinidade apresenta valores maiores no outono e inverno quando comparados com a primavera e o verão, o que mostra que a coluna d'água encontra-se mais estratificada no verão e menos no inverno.

Em todas as estações observa-se um gradiente de salinidades em direção ao sul, onde as maiores salinidades estão próximas de 50m enquanto que as menores estão entre 500m e 1.000m.

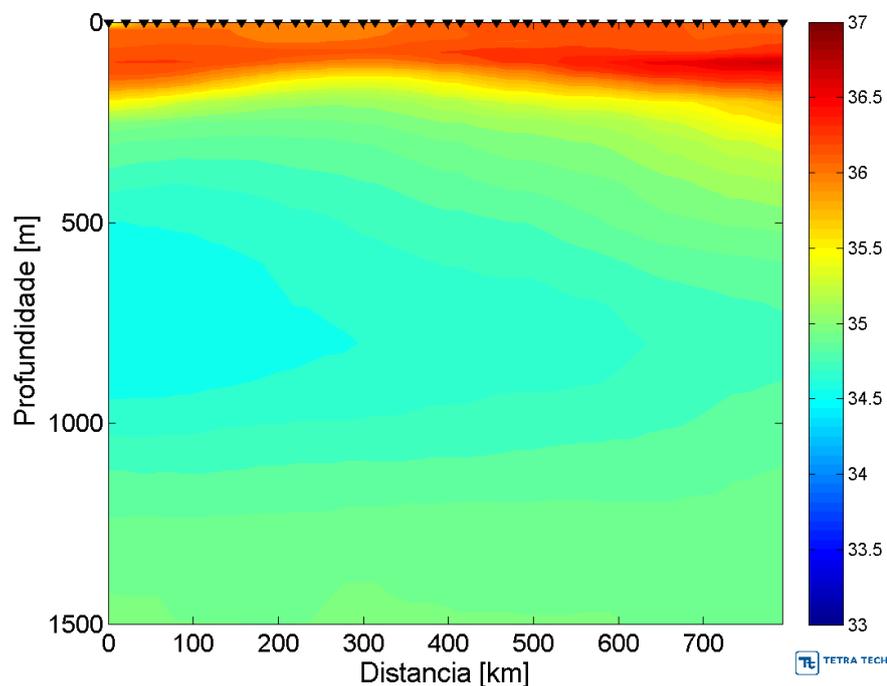


Figura 138 - Seção vertical de salinidade representando o período de verão para a região paralela à costa.

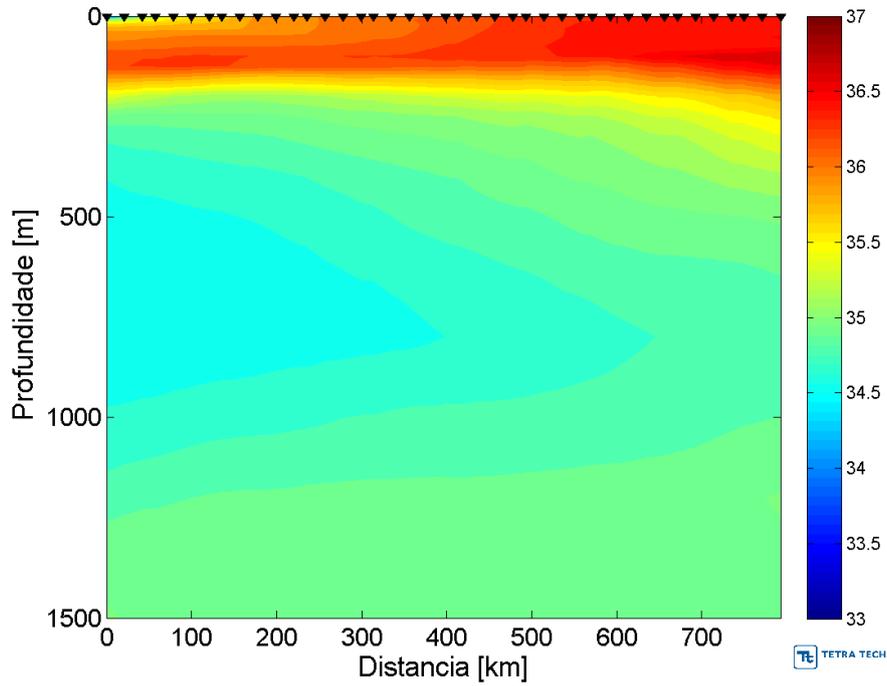


Figura 139 - Seção vertical de salinidade representando o período de outono para a região paralela à costa.

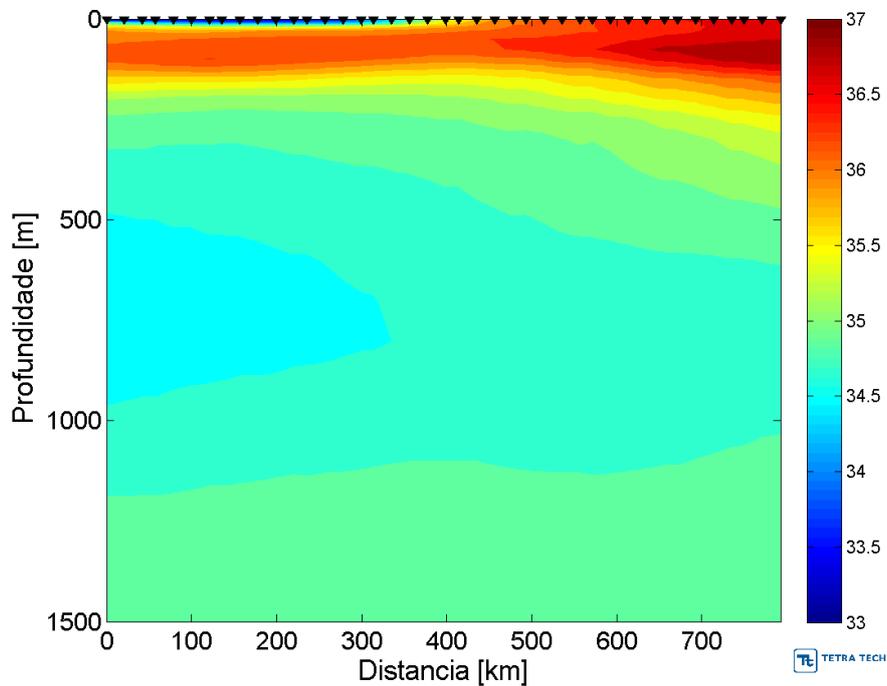


Figura 140 - Seção vertical de salinidade representando o período de inverno para a região paralela à costa.

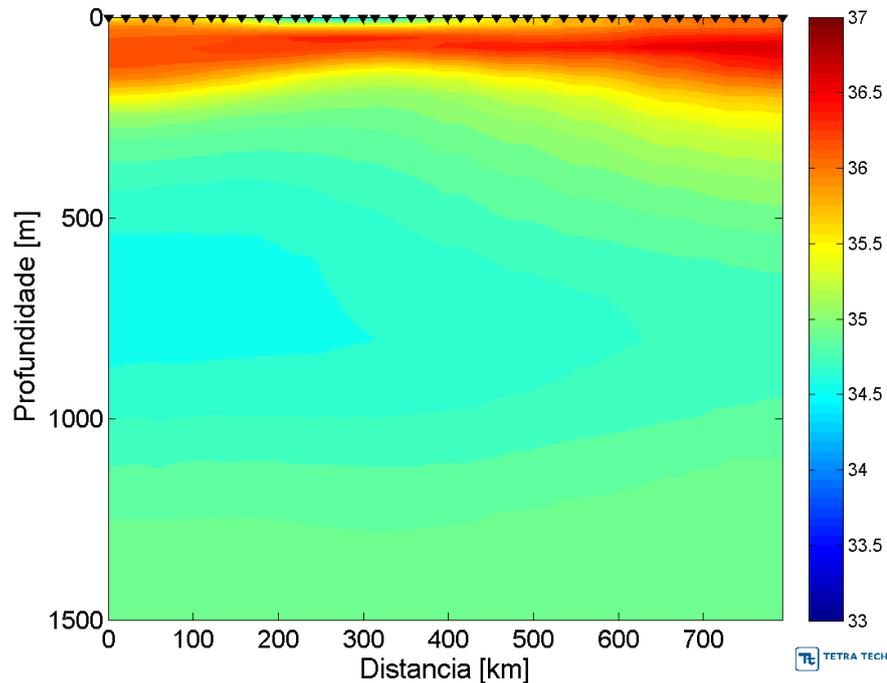


Figura 141 - Seção vertical de salinidade representando o período de primavera para a região paralela à costa.

Em relação às seções de densidade (Figura 142 à Figura 145), a picnoclina encontra-se mais funda ao norte até 200 m em direção ao sul, influenciada pela descarga do Rio Amazonas que é transportada para norte pela Corrente Norte do Brasil. E a variação deste afundamento é mais intensa no verão e na primavera quando comparada com o outono e inverno.

No que diz respeito as isopicnais abaixo da picnoclina, estas não apresentam gradientes horizontais. Em superfície o gradiente horizontal de densidade é para sul, como ocorre com a temperatura e salinidade.

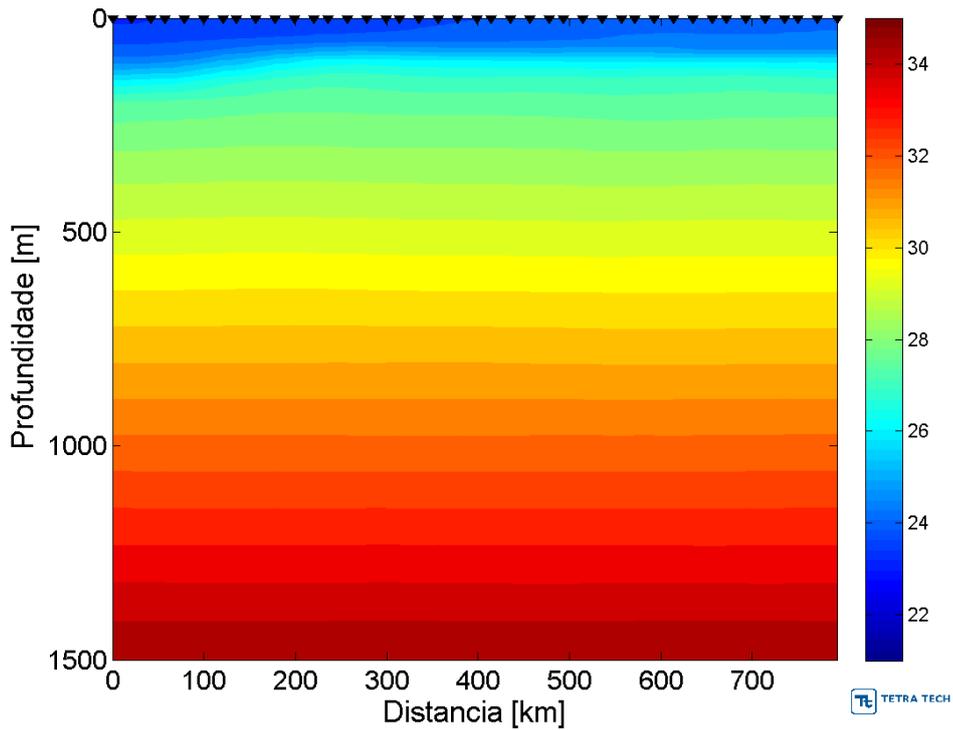


Figura 142 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de verão para a região paralela à costa.

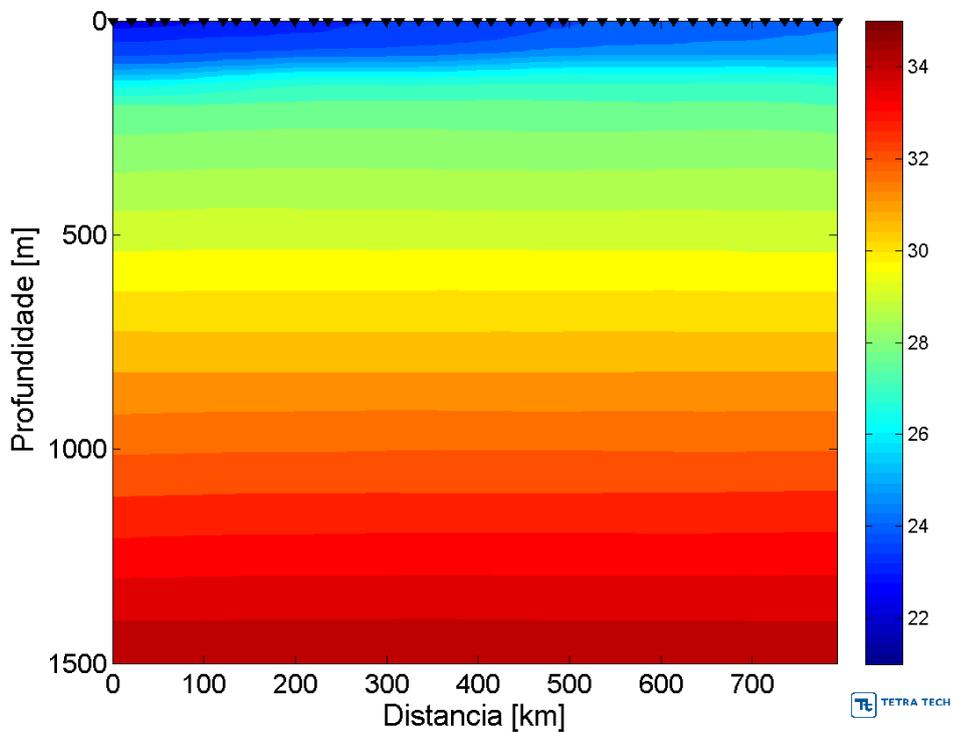


Figura 143 - Seção vertical de densidade (kg/m^3-1000) representando o período de outono para a região paralela à costa.

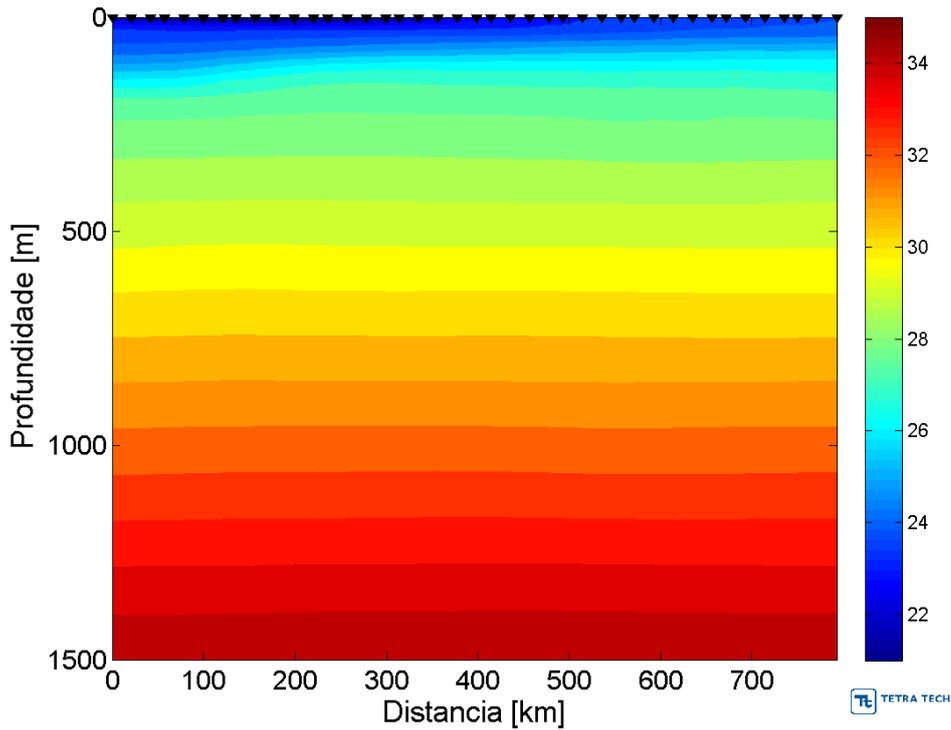


Figura 144 - Seção vertical de densidade ($\text{kg/m}^3 - 1000$) representando o período de inverno para a região paralela à costa.

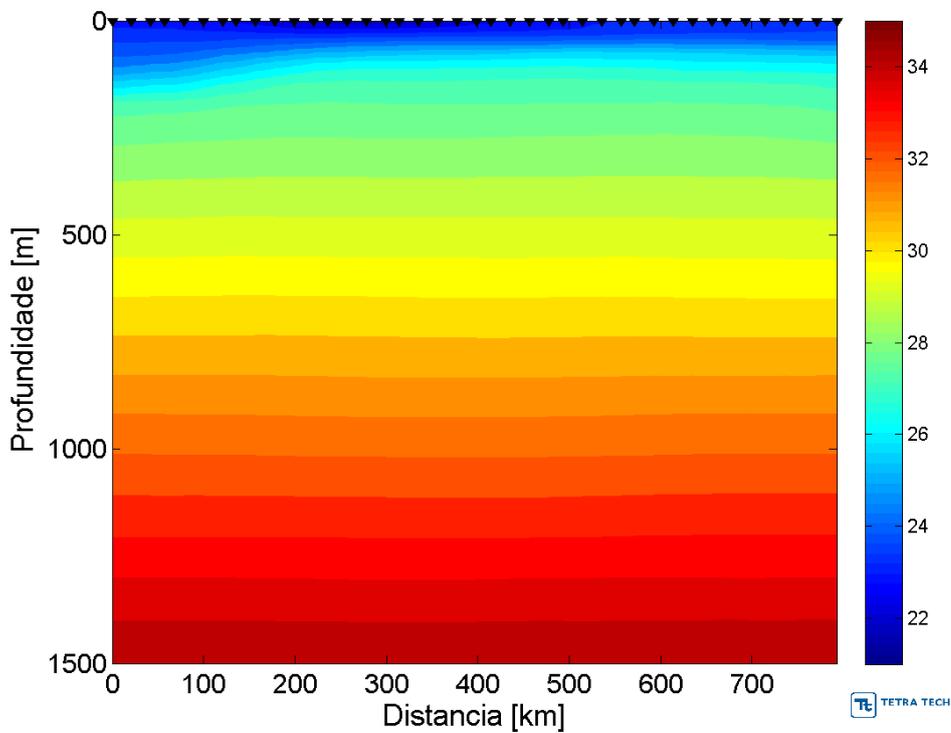


Figura 145 - Seção vertical de densidade ($\text{kg/m}^3 - 1000$) representando o período de primavera para a região paralela à costa; escala vertical.

Para uma seção similar a esta, Silva *et. al.* (2009) apresentaram seções coletadas no projeto REVIZEE de 2,5°S e 40N à 8°N e 52W (Figura 146). As bases das termoclinas encontradas estão entre 200 e 300 metros, e corroboram com as profundidades encontradas nas seções analisadas das séries do NODC. Os mesmos gradientes horizontais de superfície são verificados pelo autor de sul para norte.

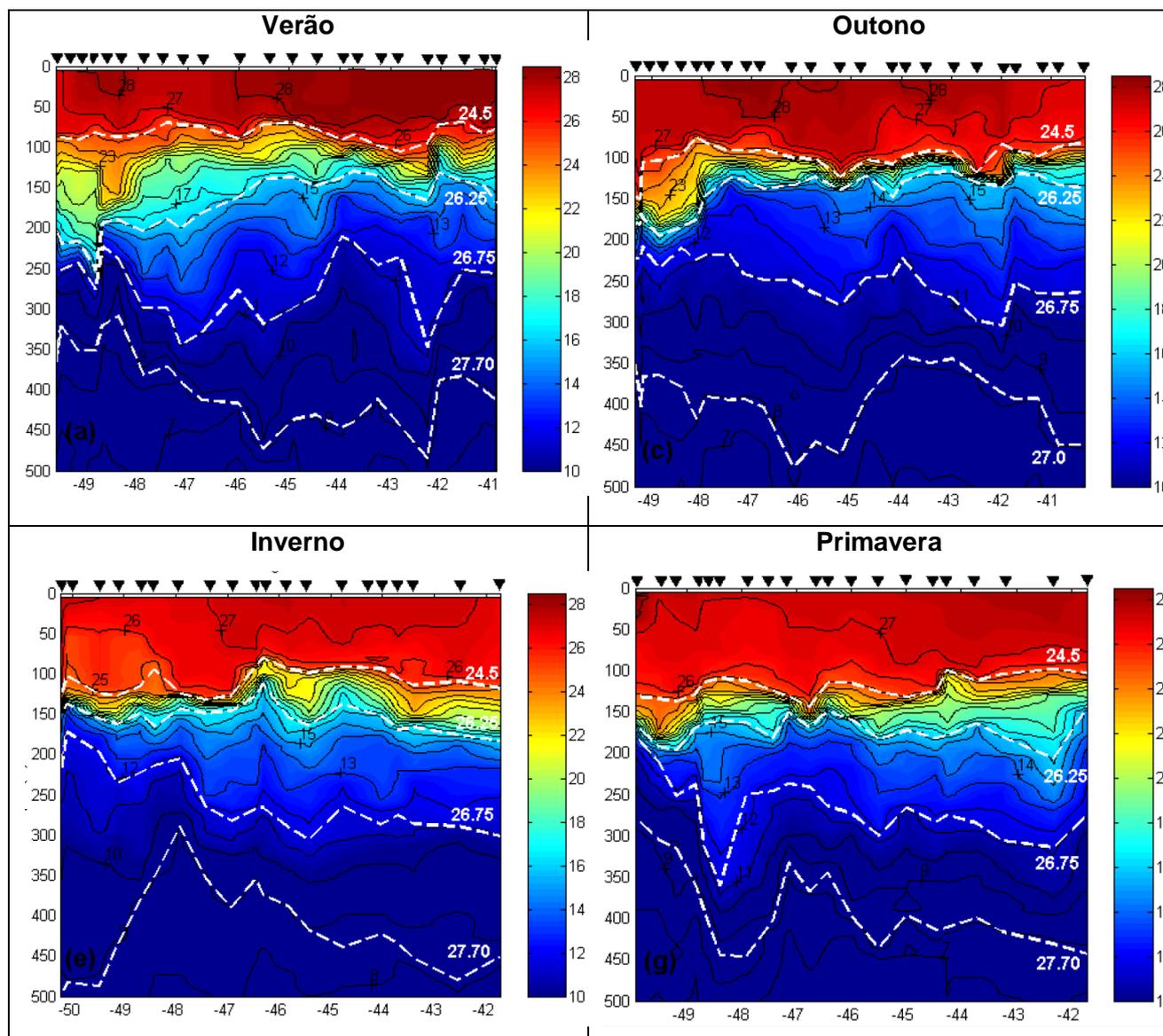


Figura 146 - Seções verticais sazonais de temperatura dos cruzeiros do REVIZEE apresentados em Silva *et. al.* (2009).

3.2.4. Massas d'água

A região Oeste do Oceano Atlântico Equatorial não possui uma massa d'água característica, sendo formado primariamente pelas massas d'água provenientes do Atlântico Sul que cruzam o Equador e se misturam com as águas do Atlântico Norte por volta dos 10°N (SVERDRUP *et al.*, 1942).

De forma geral, a região Equatorial é caracteriza por uma forte termoclina e pincoclina de superfície, formadas pela constante insolação presente na região, apresentando médias anuais superiores a 26 °C. Essa descontinuidade é demarcada por um rápido aumento da densidade em direção ao fundo. Desta forma, as características da água na região são controladas principalmente pelas águas oriundas do Atlântico Sul através da CNB (Corrente Norte do Brasil) com as mesmas características e padrões de curva T-S (SVERDRUP *et al.*, 1942, TOMCZAK & GODFREY, 2001).

Como descrito para a temperatura no parágrafo anterior, a salinidade na região também obedece ao padrão das águas provenientes do Atlântico Sul. Nesse caso, as águas com alta salinidade formadas no Atlântico Central fluem também em direção ao sul e ao Equador, trazendo águas de alta salinidade. Mais ao norte da região de estudo, essas águas de alta salinidade acabam sendo misturadas e afundando quando encontram as correntes da Guyana e das Antilhas, que são águas tropicais de menor salinidade (SVERDRUP *et al.*, op. cit.; TOMCZAK & GODFREY, op. cit.).

A seguir, apresenta-se uma breve caracterização das massas d'água presentes na região: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Cada uma delas apresenta um índice termohalino característico, reflexo das condições ambientais do local de formação e, quando houver, dos processos de mistura sofridos.

Água Tropical (AT): Massa de água quente e salina (com salinidade maior que 36) formada em baixas latitudes por processos de intensa radiação e excesso de evaporação em relação à precipitação. Ao longo de seu deslocamento para o sul, perde sal e calor à medida que se mistura com outras massas. Geralmente é encontrada no talude, mas pode ocupar a plataforma média e externa durante o verão (ASEFF, 2006). Seguem exemplos de classificação termohalina da AT.

- $T > 20^{\circ} \text{C}$ e $S > 36$ (EMÍLSSON, 1961; MIRANDA, 1982);
- $T = 24^{\circ} \text{C}$ e $S = 37$ (CASTRO FILHO *et al.*, 1987);
- $T > 20^{\circ} \text{C}$ e $S > 36$ (STRAMMA & ENGLAND, 1999).

Nesse estudo está sendo considerado o índice termohalino de Stramma & England (op.cit.).

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): Massa de água formada pela mistura da AT e ASA (Água Subantártica), cujo sítio de formação encontra-se em uma região em que os processos de evaporação são maiores que os de precipitação, o que provoca o afundamento das águas na região da Convergência Subtropical. A ACAS apresenta temperaturas um pouco menores e salinidade semelhante à AT. Na coluna d'água é encontrada imediatamente abaixo da AT (ASEFF, op. cit.). A seguir são apresentados exemplos de classificações termohalinas para ACAS.

- $10^{\circ} < T < 20^{\circ} \text{C}$ e $35 < S < 36$ (SVERDRUP *et al.*, 1942; EMILSSON, op. cit.; MIRANDA, op. cit.).
- $6^{\circ} \text{C} < T < 18^{\circ} \text{C}$ e $34,5 < S < 36$ (AIDAR *et al.*, 1993);
- $T = 13^{\circ} \text{C}$ e $S = 35,4$ (CASTRO FILHO *et al.*, op. cit.).
- $6^{\circ} \text{C} < T < 20^{\circ} \text{C}$ e $34,6 < S < 36$ (STRAMMA & ENGLAND, op. cit.);

Nesse estudo está sendo considerado o índice termohalino de Stramma & England. (op. cit.).

Água Intermediária Antártica (AIA): Massa de água localizada imediatamente abaixo da ACAS que surge do afundamento da Água Superficial Antártica ao sul da frente subantártica segundo Deacon (1937). Essa teoria ainda vem sendo substituída por outra que atesta que a região de formação dessa água é encontrada em regiões específicas no sudeste do Pacífico de acordo com Talley (1996). Hoje há consenso que são estas duas regiões de formação da AIA, no entanto, ainda existem muitos debates sobre os mecanismos de mistura envolvidos na formação.

Stramma & England (op. cit.) classificaram o índice termohalino da AIA como:

- $3^{\circ} \text{C} < T < 6^{\circ} \text{C}$ e $34,2 < S < 34,6$

Água Profunda do Atlântico Norte (APAN): Transportada para sul pela Corrente de Contorno Profunda (GODOI, 2005) e situada logo abaixo da AIA é parte integrante da circulação termohalina. A APAN é caracterizada por valores de temperatura entre 3 e 4 °C e salinidades entre 34,6 e 35, ocupando níveis entre 1.500 m e 3.000 m ao longo do Sudeste Brasileiro (SILVEIRA *et al.*, 2000). Apresenta-se com um fluxo organizado, fluindo para o sul ao longo do contorno oeste até cerca de 32° S, onde pelo menos parte da corrente retorna em direção ao equador (REID, 1989; WEATHERLY, 1993 apud CIRANO *et al.*, 2006).

Stramma & England (op. cit.) classificam o índice termohalino da APAN como:

- $3^{\circ} \text{C} < T < 4^{\circ} \text{C}$ e $34,6 < S < 35,0$

Para os mesmos perfis da Figura 101, apresentam-se, a seguir, os diagramas de temperatura e salinidade (Diagramas TS) de todas as estações do ano, tanto para a seção dos blocos (Figura 147 à Figura 150) quanto para a seção da Ilha de Marajó (Figura 151 à Figura 154). Nestes diagramas, cada ponto representa a combinação temperatura-salinidade da água a uma dada profundidade. Essa combinação de T e S resulta em um ponto em que pode ser considerado como um tipo de massa d'água.

Tanto para os diagramas da região dos blocos quanto para a região próxima a Marajó, não se observa grandes diferenças sazonais. No diagrama, observa-se que há grande variabilidade da superfície até 600 metros, decorrente da estratificação da termoclina e haloclina, discutidas anteriormente. Observa-se também uma pequena variabilidade de fundo relacionada às variações de temperatura e densidade, como observado no perfis destas propriedades (Figura 114 à Figura 117 e Figura 130 à Figura 133).

As massas de água encontradas na região dos blocos são: AT, ACAS e AIA. Conforme observado no Diagrama TS da região dos blocos (Figura 147 à Figura 150):

- A estratificação vertical da coluna d'água mostra que o núcleo da ACAS se encontra mais profundo no inverno (abaixo de 500m) e mais próximo à superfície no verão (acima de 500m). Já as estações de outono e primavera apresentam-se como estações de transição, onde esta massa d'água encontra-se em torno de 500m de profundidade.

- A variação da profundidade do núcleo da AT mostra que durante o verão e outono ela se encontra acima da profundidade de 100m, enquanto nas estações de inverno e primavera, encontra-se abaixo de 100 m. Esta variação está associada com o regime de chuvas da região, como observado no início do item 3.2.
- O núcleo da AIA encontra-se em aproximadamente 900 m para todo o período anual.
- Note-se que o núcleo da APAM não é observado, visto que a região dos blocos encontra-se na quebra da plataforma, em profundidades inferiores ao surgimento deste corpo de água.

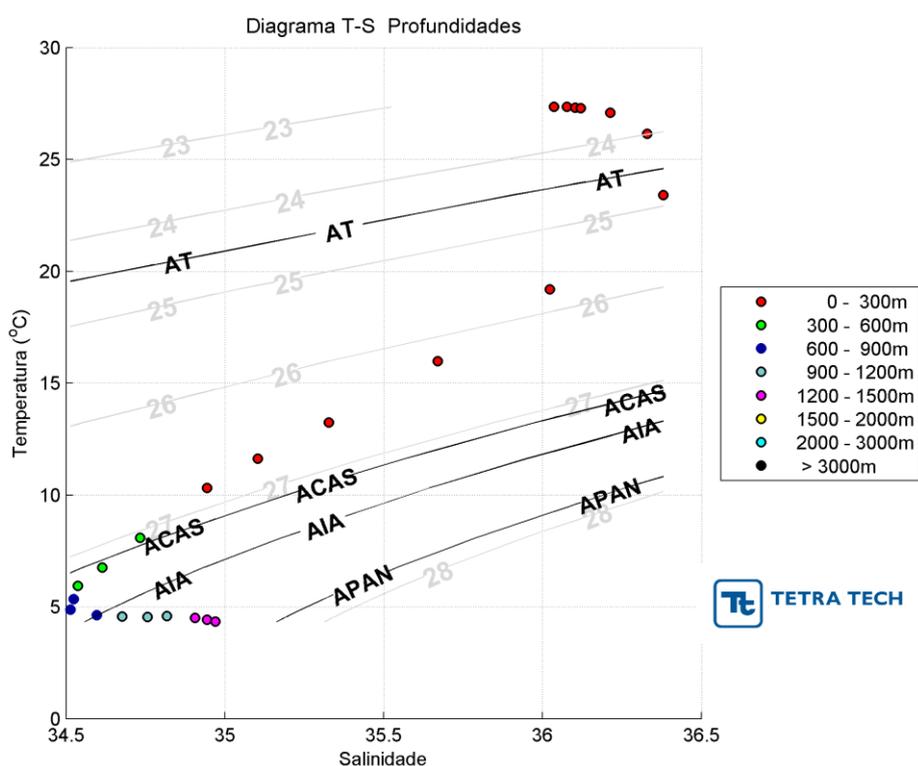


Figura 147 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de verão.

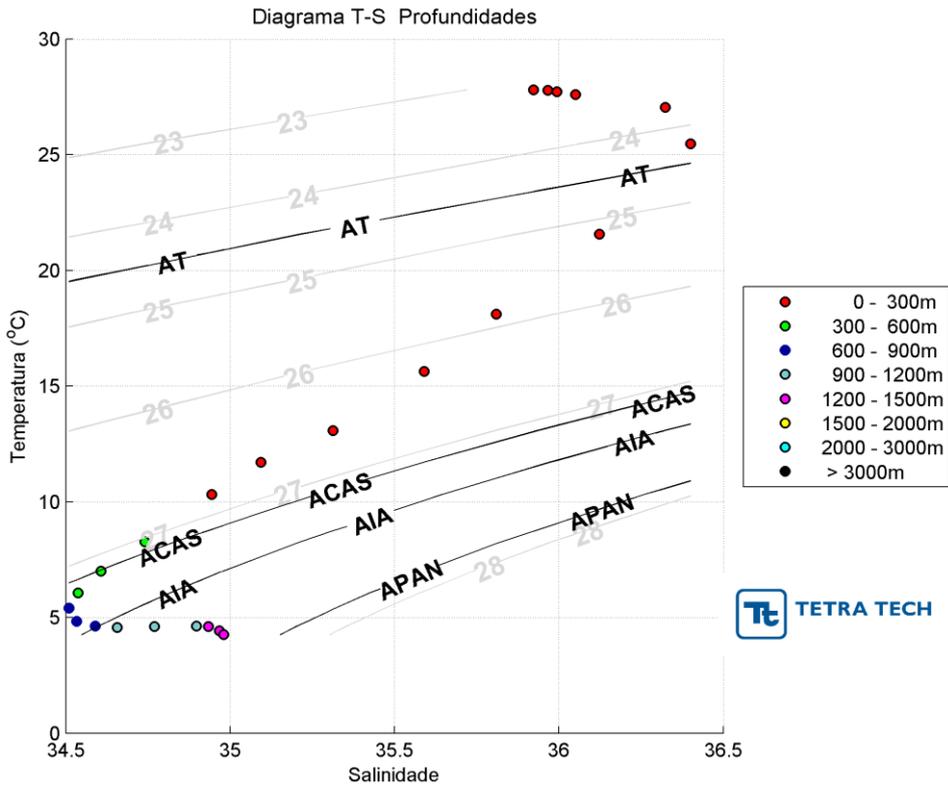


Figura 148 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de outono.

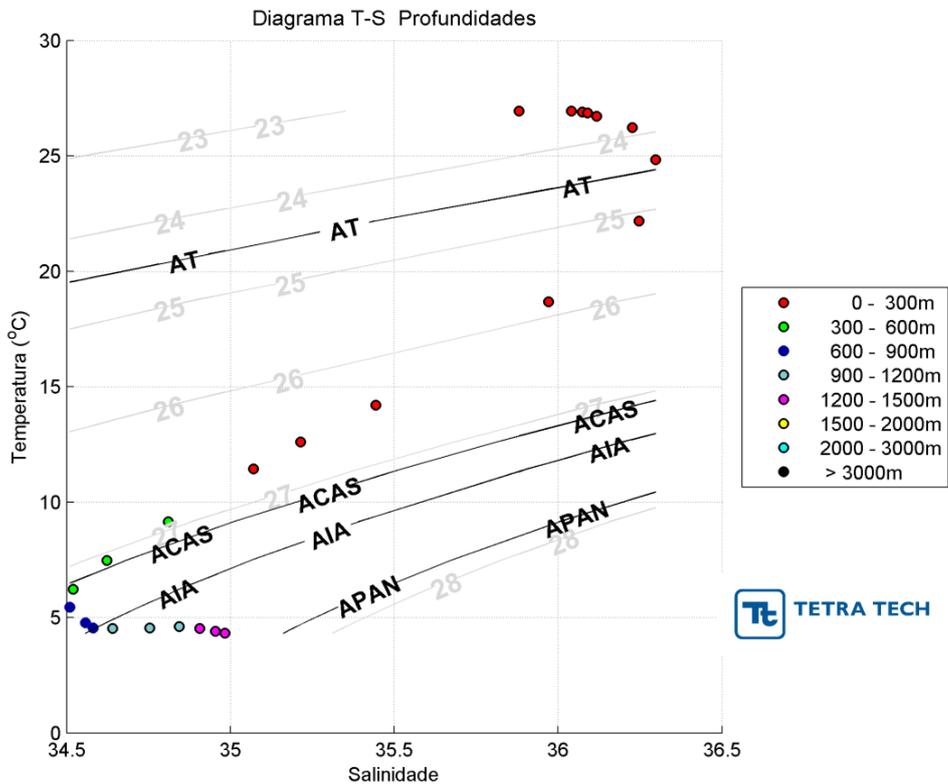


Figura 149 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de inverno.

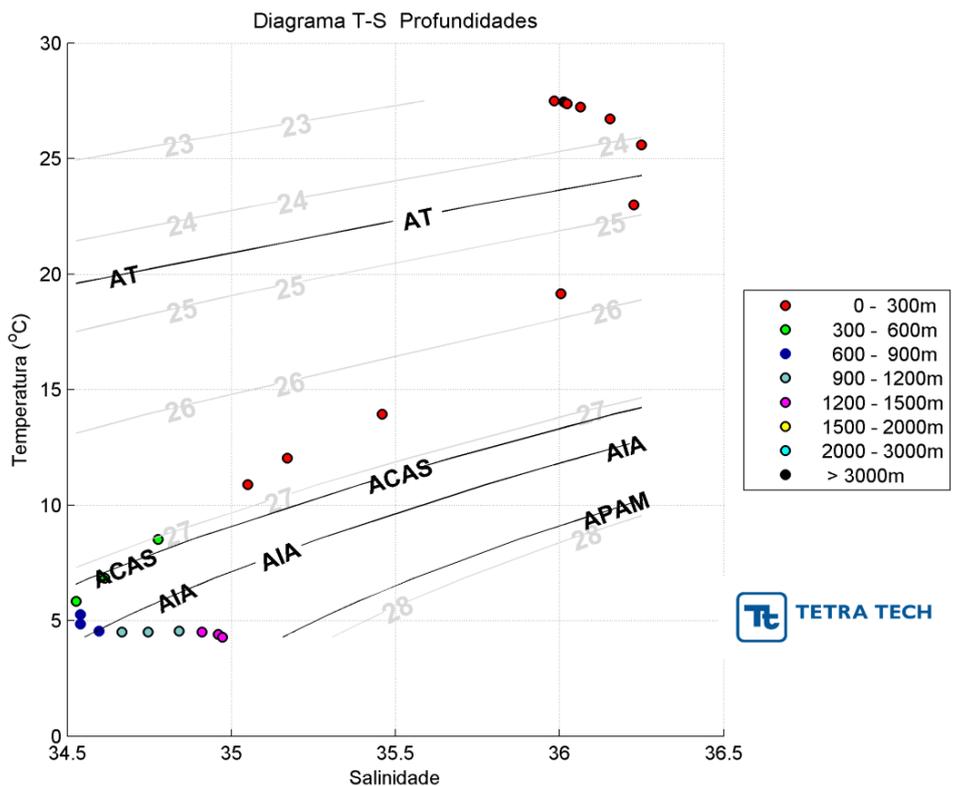


Figura 150 - Diagramas de temperatura e salinidade para a região dos blocos para o período de primavera.

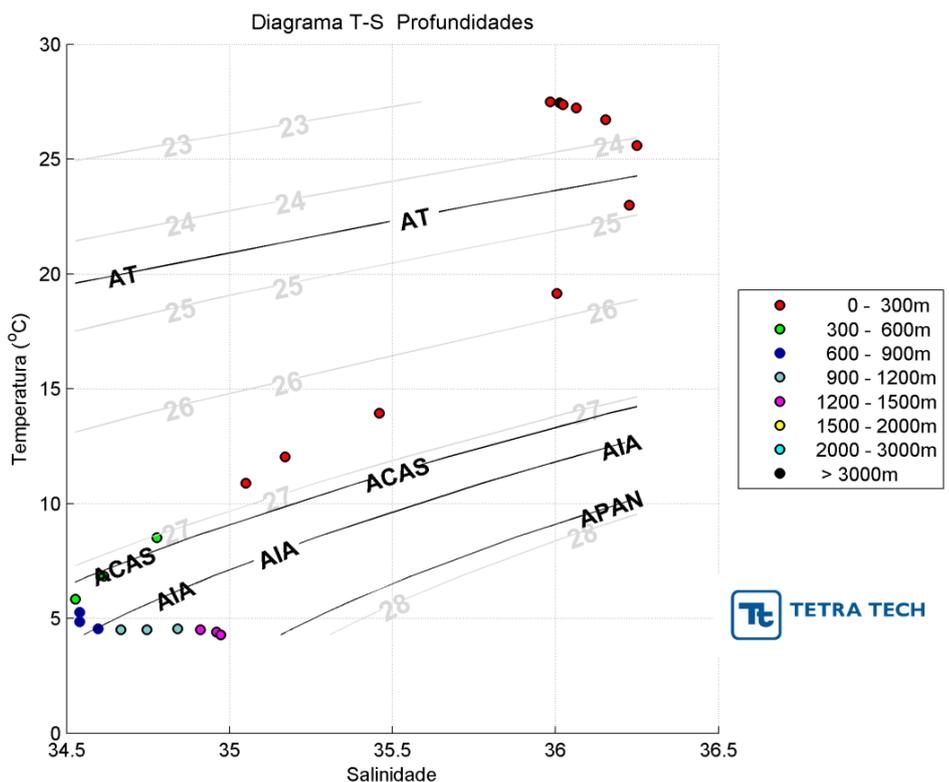


Figura 151 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de verão.

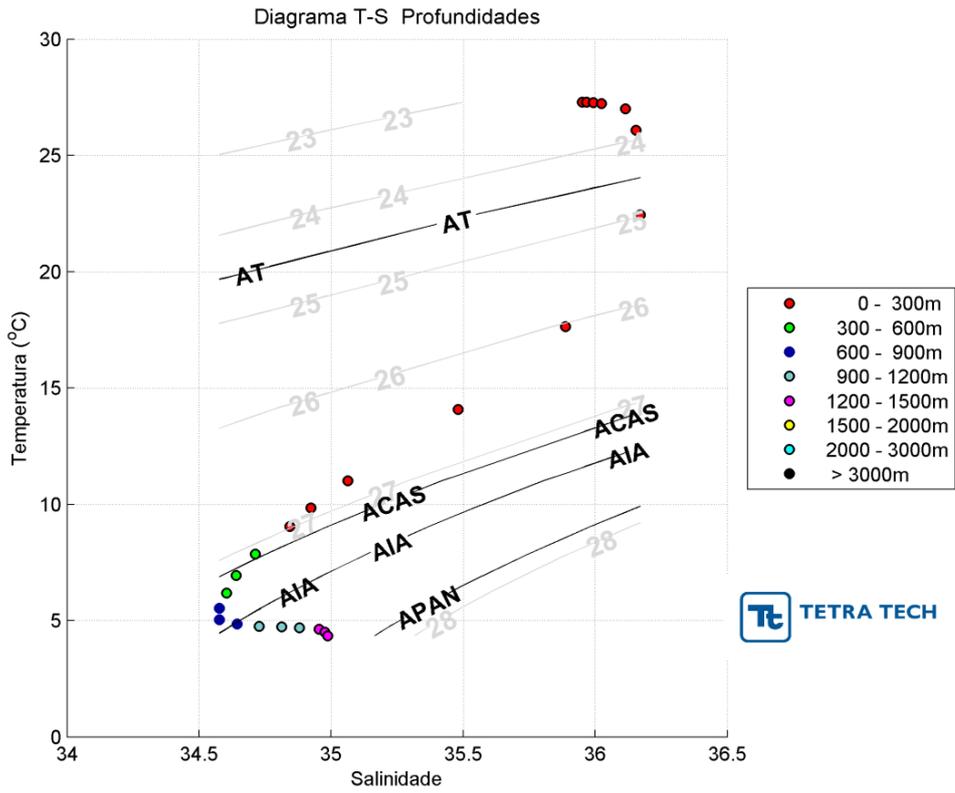


Figura 152 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de outono.

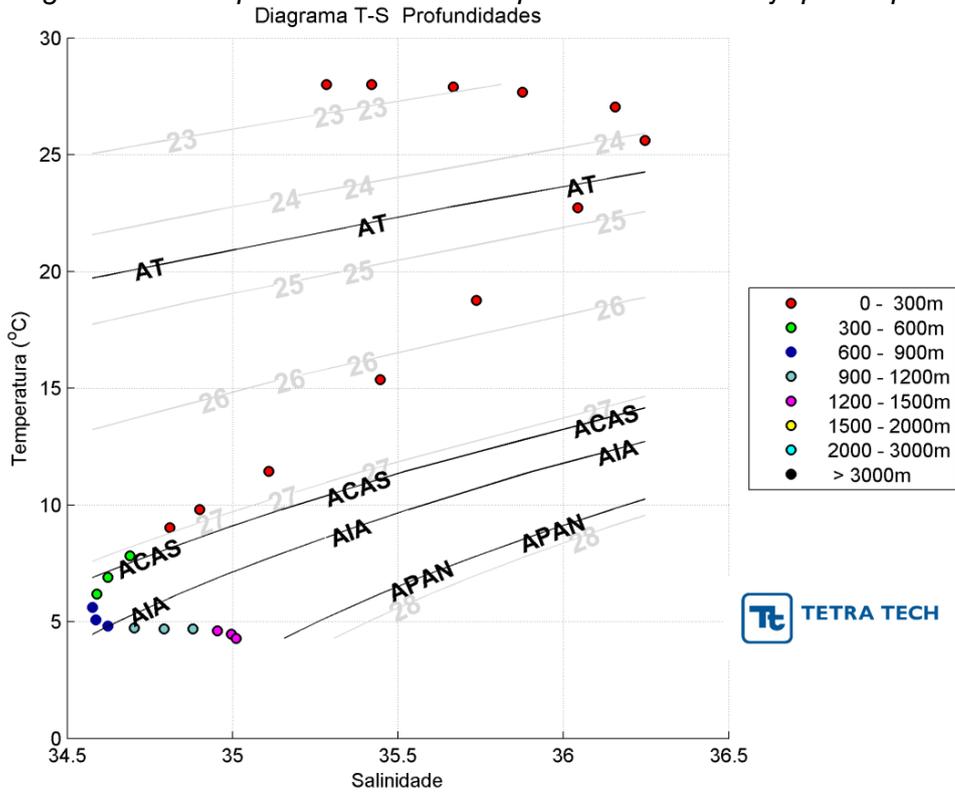


Figura 153 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de inverno.

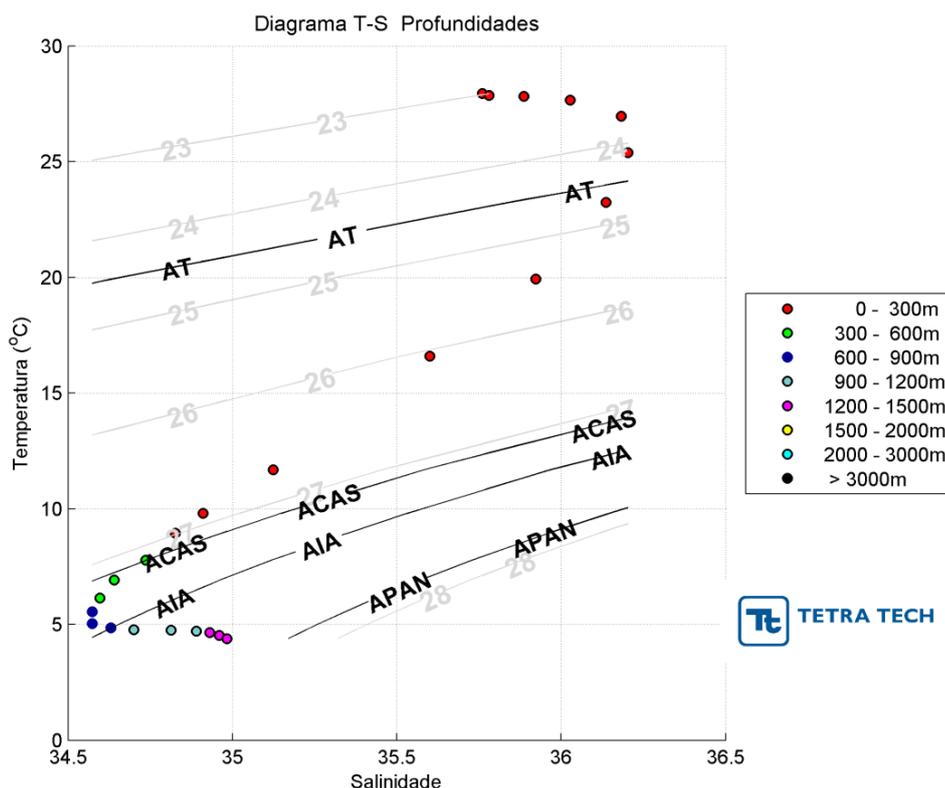


Figura 154 - Diagramas de temperatura e salinidade para a Ilha de Marajó para o período de primavera.

A seguir são apresentados mapas com escalas de cores que representam a profundidade em metros das massas d'água (AT, ACAS e AIA), para cada uma das estações do ano. As regiões em branco não apresentaram registros da massa d'água e os dados utilizados para esta análise foram os dados climatológicos do NODC, com profundidades de até 1500m.

Para a AT, observa-se que as profundidades variam sazonalmente, entre 80 e 100 m no verão e outono (Figura 155 e Figura 156) e entre 100 e 120 m no inverno e na primavera (Figura 157 e Figura 158) para toda a região próxima aos blocos. A AT está presente em toda a plataforma, assinalada pela cor azul.

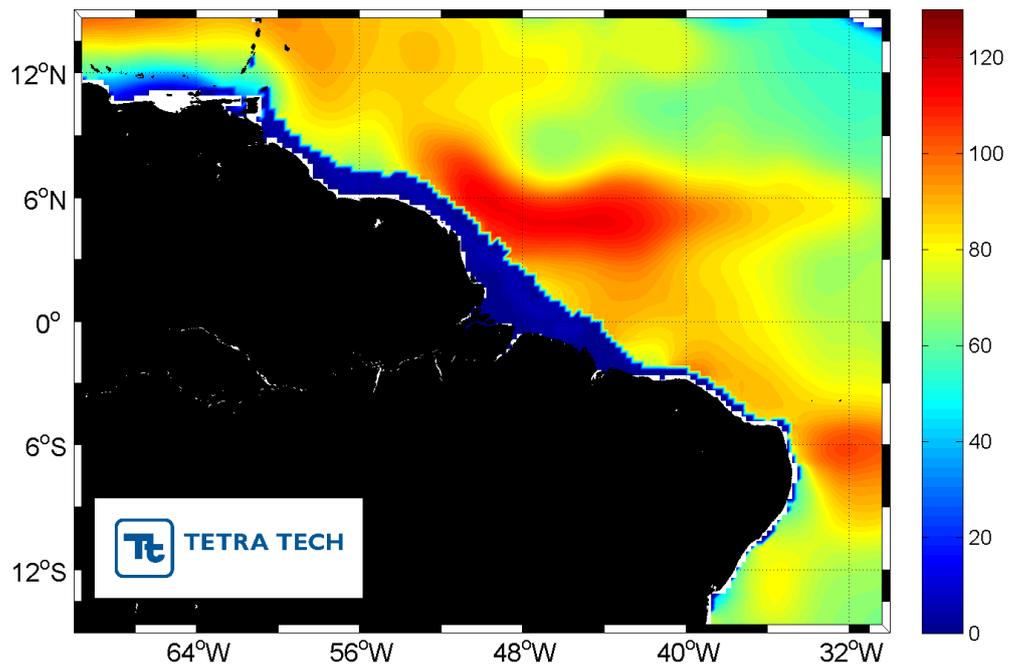


Figura 155 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de verão.

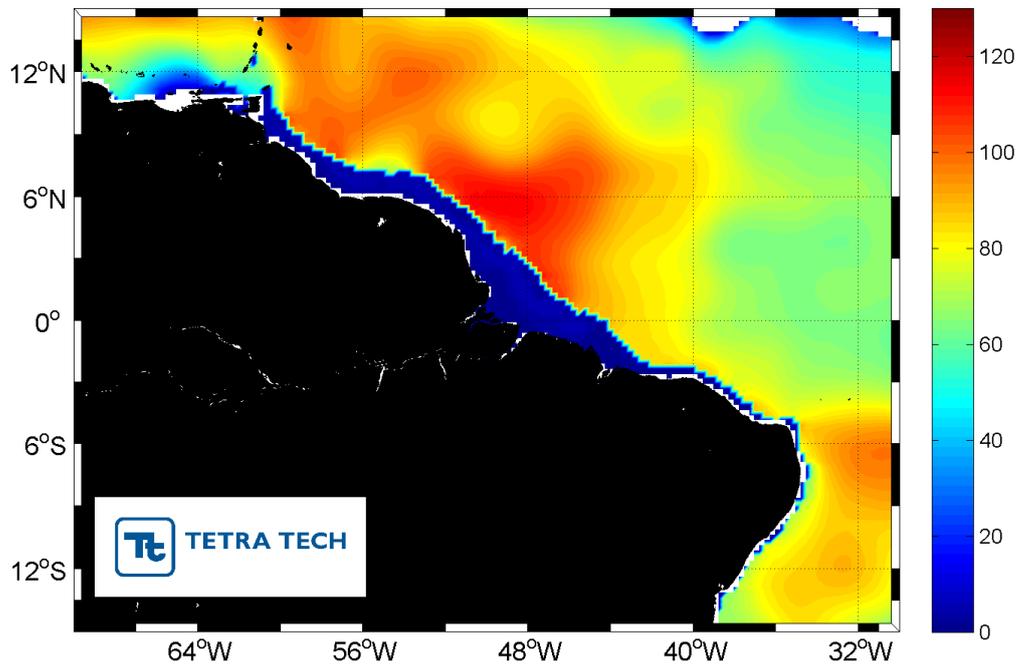


Figura 156 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de outono.

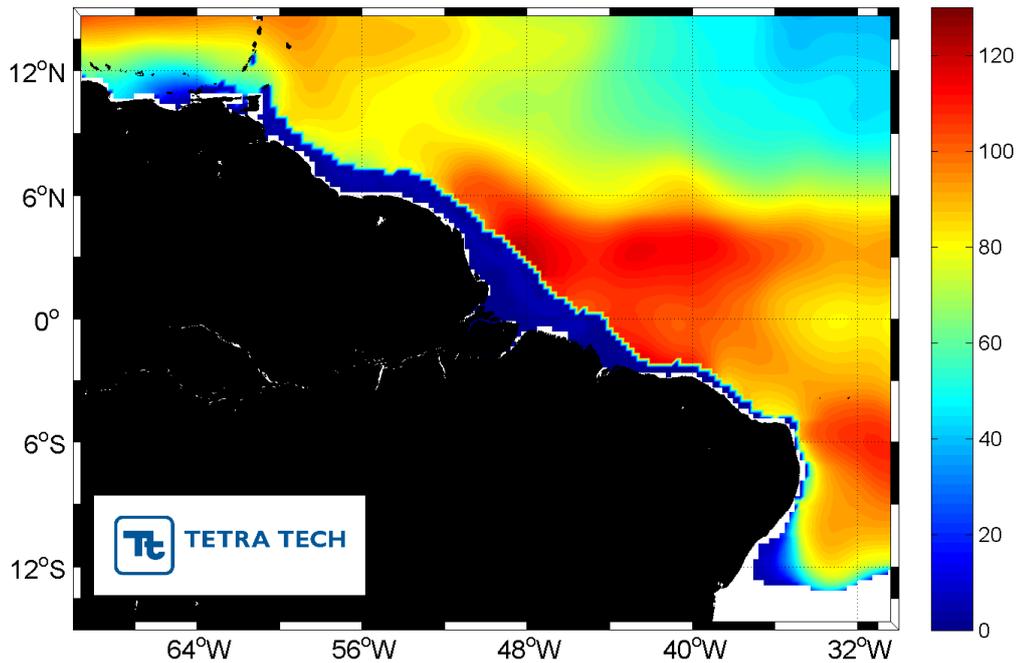


Figura 157 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de inverno.

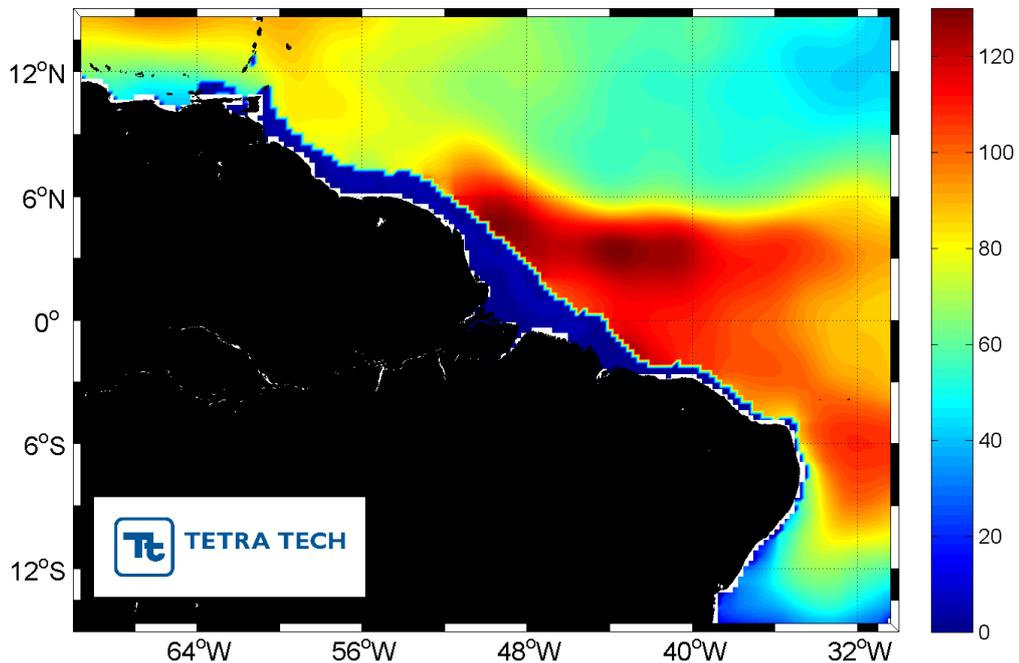


Figura 158 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Tropical para o período de primavera.

Para a ACAS, as profundidades encontradas apresentam a mesma variação sazonal da AT, com profundidades de verão e outono (Figura 159 e Figura 160) (em torno de 450 m)

inferiores às profundidades de inverno e primavera (Figura 161 e Figura 162) (em torno de 500 m).

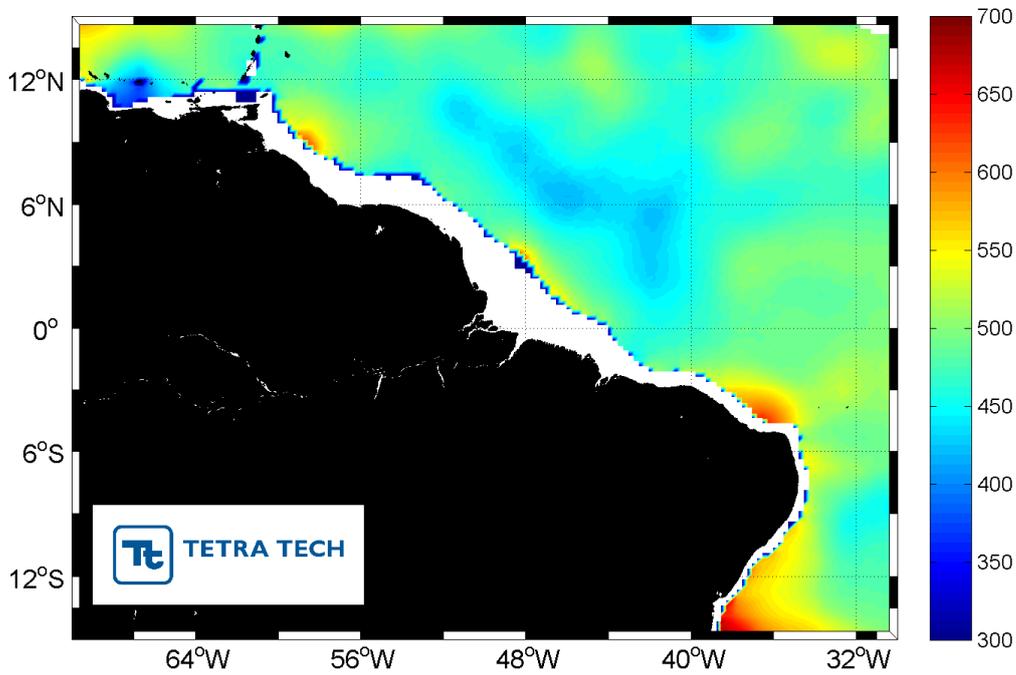


Figura 159 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de verão.

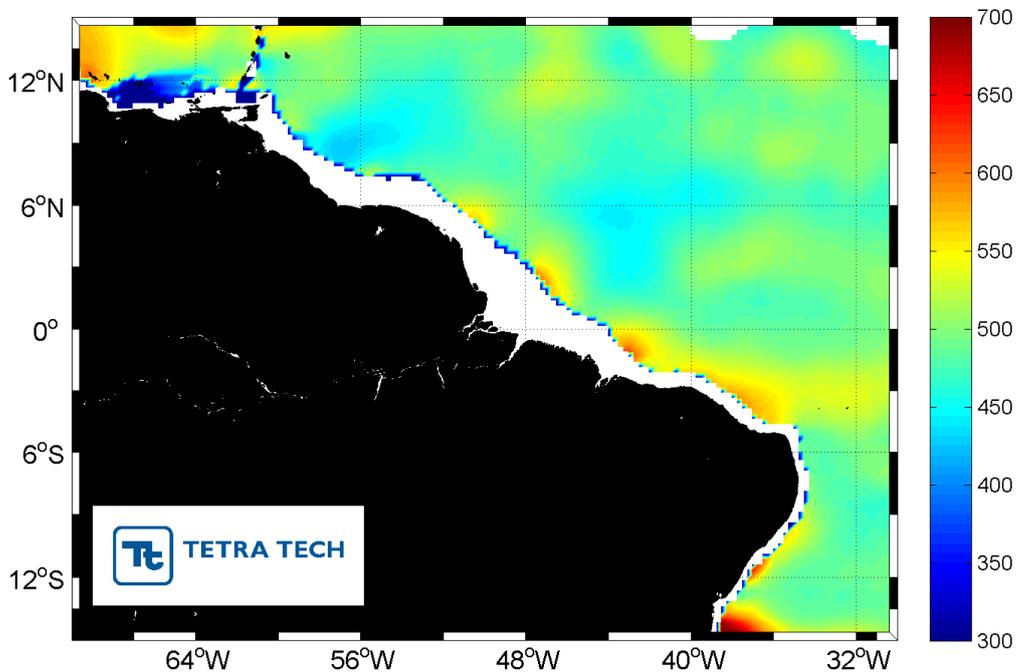


Figura 160 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de outono.

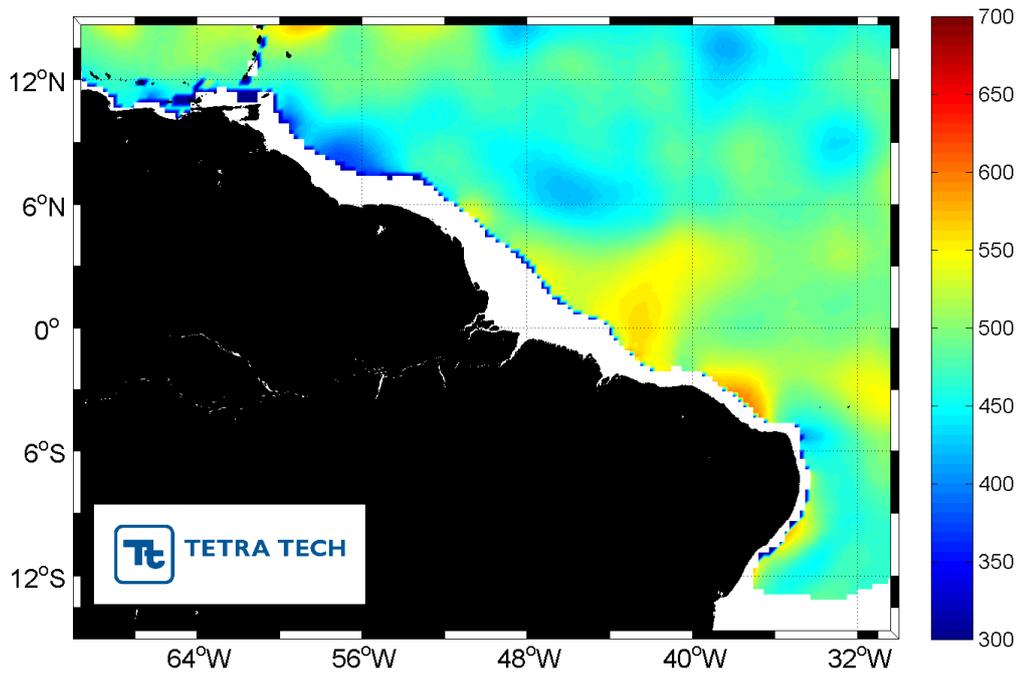


Figura 161- Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de inverno.

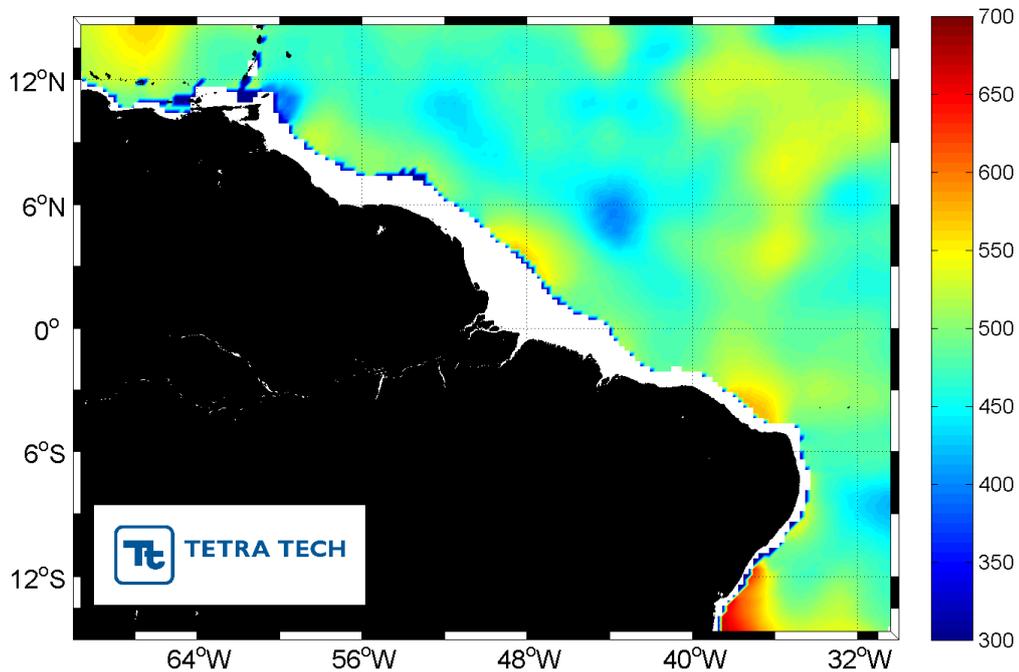


Figura 162 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Central do Atlântico Sul para o período de primavera.

A AIA também apresentou variação sazonal similar ao anteriormente citado com profundidade entre 800 e 900 m para os períodos de verão e outono (Figura 163 e

Figura 164) e entre 900 e 1.000 m para os períodos de inverno e primavera (Figura 165 e Figura 166).

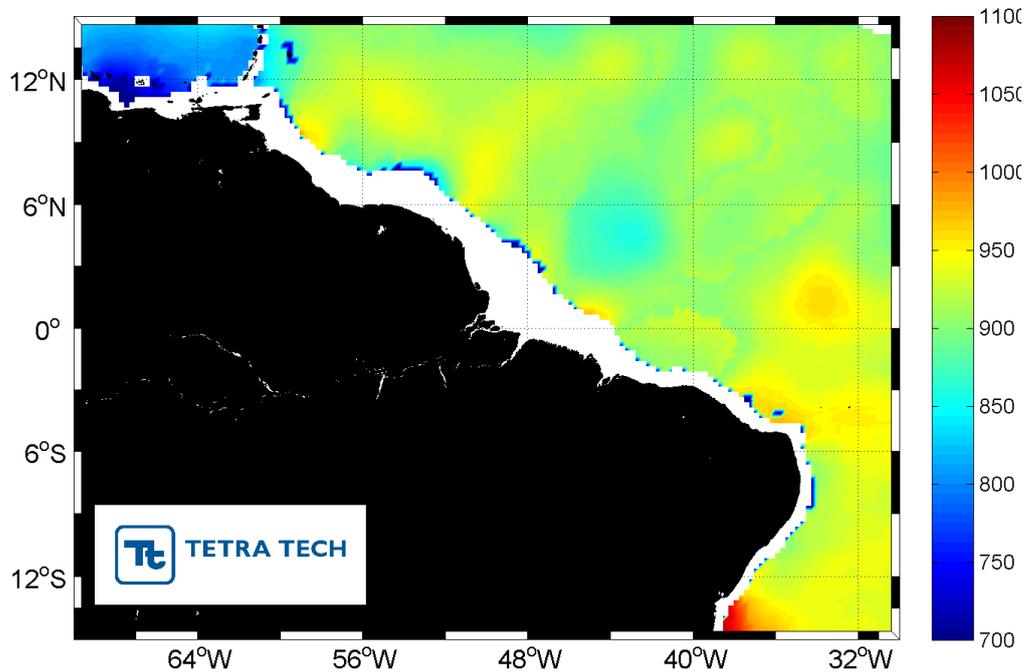


Figura 163 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de verão.

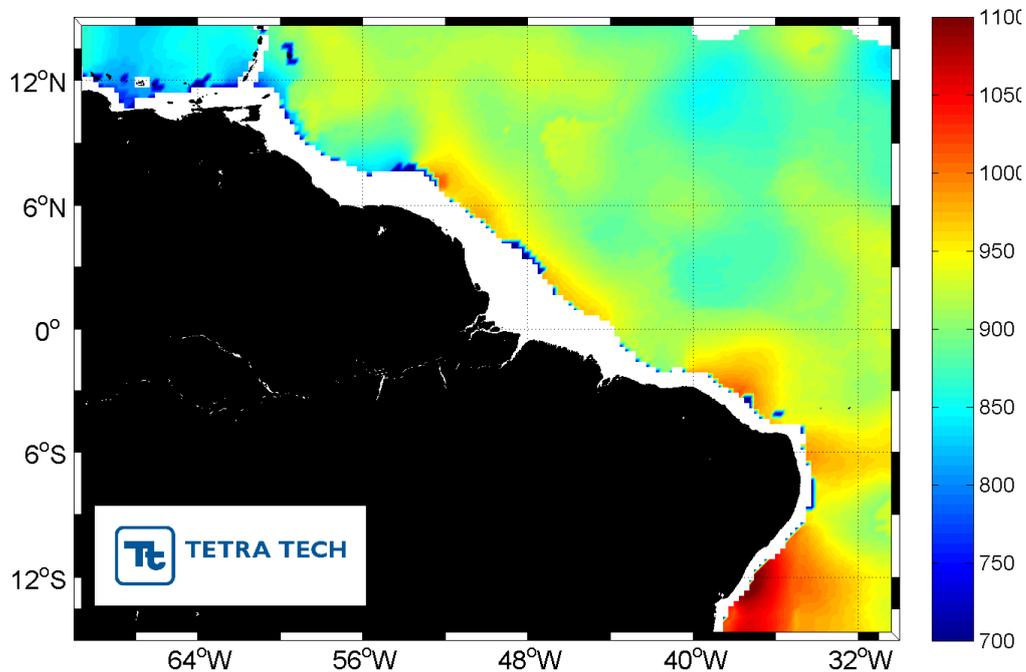


Figura 164 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de outono.

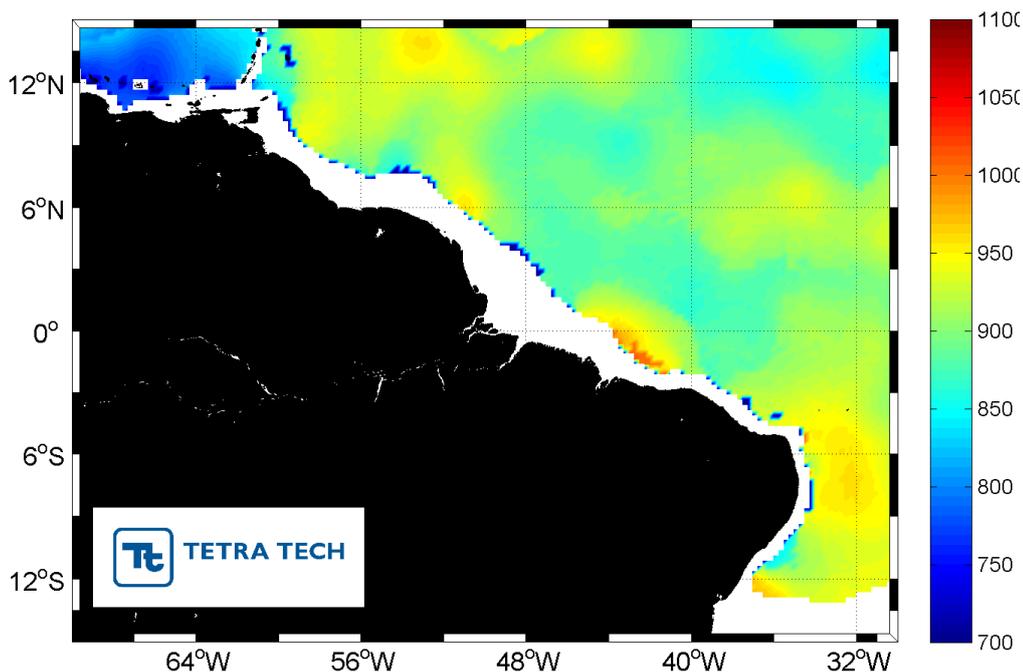


Figura 165 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de inverno.

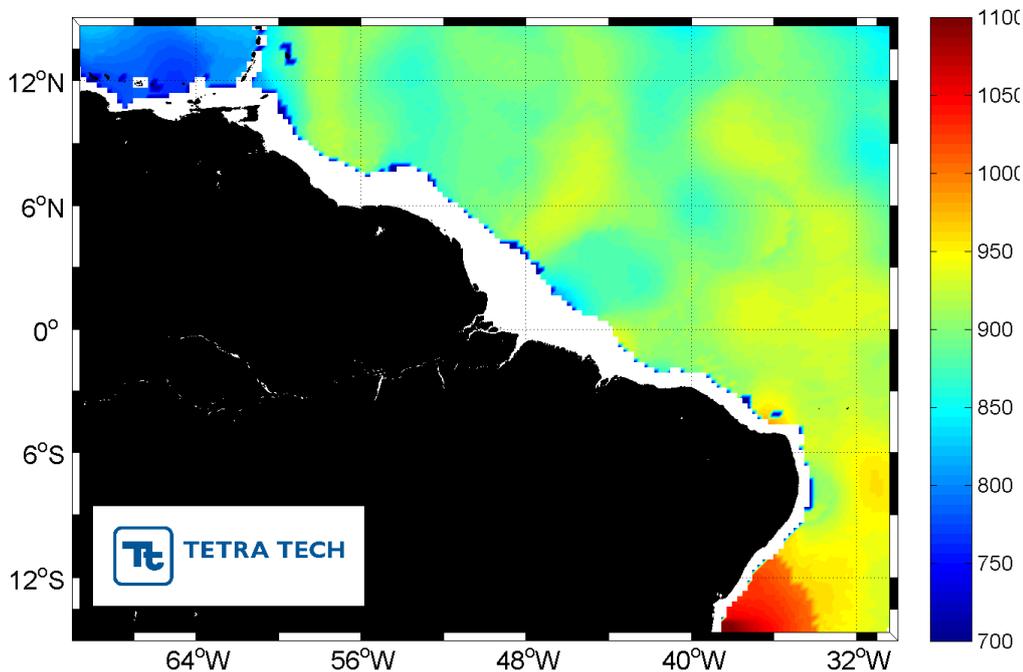


Figura 166 - Distribuição horizontal da profundidade da base da Água Intermediária Antártica para o período de primavera.

A profundidade máxima da APAN apresentou registro em 1500m para todos os pontos correspondendo ao limite dos dados utilizados.

Observa-se que padrões sazonais de verão-outono e inverno-primavera predominam em toda a área de estudo. As profundidades das 4 massas de água analisadas correspondem às profundidades das correntes que as transportam. Para a variação da AT e da ACAS, as massas encontram-se em até 400 metros, demonstrando que as suas profundidades (água quente e salina, e água fria e salina, respectivamente) são transportadas para o Caribe através da Corrente Norte do Brasil.

No caso da AIA, formada na região Antártica, a mesma transporta água menos salina e mais fria do que a ACAS para o Caribe, porém em profundidades de aproximadamente 900m. No caso da APAN, a mesma é encontrada em profundidades próximas a 1.500 m, transportando água frias e muito salinas oriundas do Norte do Oceano Atlântico (SCHOTT *et. al.*, 2003).

3.3. CORRENTES

O padrão de circulação na região Norte do Brasil apresenta uma grande complexidade, com alta amplificação da maré sobre a plataforma continental amazônica. No talude continental e em região oceânica há predominância do sinal de baixa frequência da Corrente Norte do Brasil e da Corrente de Contorno Oeste Profunda. Há também influência significativa em média escala dos padrões climatológicos, refletindo-se na variabilidade dos padrões mais energéticos presentes na área (marés e circulação de grande escala).

3.3.1. Circulação de Baixa Frequência

A circulação de baixa frequência (grande escala) na porção oeste do Oceano Atlântico Tropical é formada pelas correntes relacionadas abaixo e ilustradas na Figura 167:

- Corrente Sul Equatorial (CSE): fluxo largo (latitude média de 10°S), para oeste, com velocidades entre 0,1 e 0,3 m/s. Bifurca-se, contribuindo para a origem da Corrente do Brasil, para sul e da Corrente Norte do Brasil, para norte;
- Corrente Norte do Brasil (CNB): formada pela sobreposição do fluxo da CSE ao núcleo subsuperficial da Sub-Corrente Norte do Brasil; fluxo intenso que cruza o Equador transportando para o Hemisfério Norte cerca de $\frac{3}{4}$ da água transportada

pela Corrente Sul Equatorial (STRAMMA *et al.*, 1990; STRAMMA & ENGLAND, 1999);

- Contra-Corrente Norte Equatorial (CCNE): fluxo para leste, entre 3°N e 10°N;
- Sub-Corrente Equatorial (SCE): fluxo subsuperficial para leste, intenso, com velocidades máximas excedendo 1,2 m/s em seu núcleo (localizado em cerca de 100 m de profundidade).
- Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCOP): fluxo profundo, ao longo do contorno oeste, responsável pelo transporte de Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) para o Hemisfério Sul.

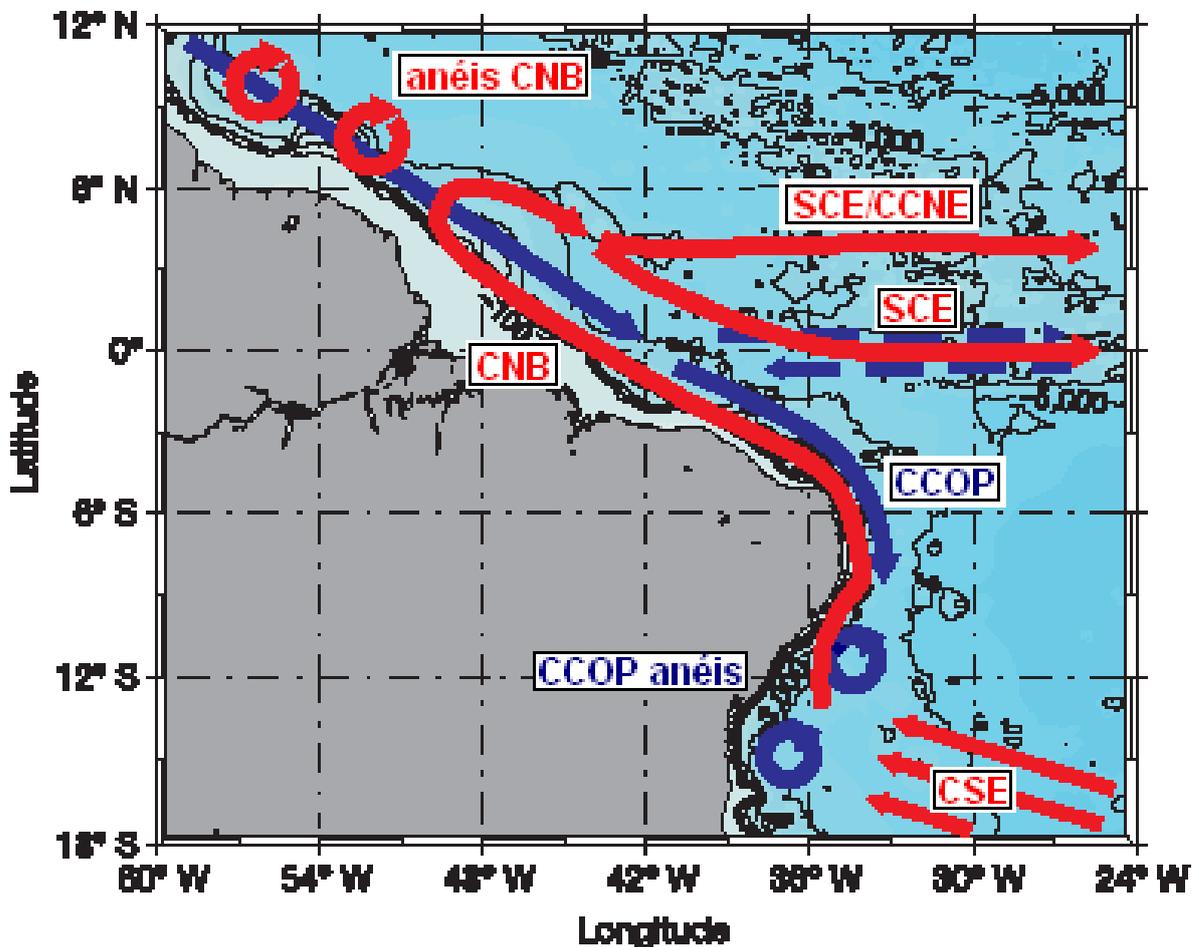


Figura 167 - Representação esquemática da circulação média e anéis anticiclônicos na porção oeste do oceano Atlântico Tropical; em vermelho, trajetórias das massas de água quentes, e em azul, trajetórias da APAN. As correntes indicadas são: Corrente Norte do Brasil (CNB), Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCOP); Sub-Corrente Equatorial (SCE); Contra Corrente Norte Equatorial (CCNE); Corrente Sul Equatorial (CSE) (adaptada de DENGLER *et al.*, 2004).

A Corrente Norte do Brasil (CNB) se origina em torno da latitude de 10,5°S onde a Corrente Sul Equatorial (CSE) bifurca-se na costa brasileira originando a CNB no seu ramo para o norte e a Corrente do Brasil (CB) em seu ramo sul. Apenas uma pequena parte da CSE origina o ramo sul (CB), enquanto que o restante origina a CNB, isso resulta em uma intensa corrente fluindo para o norte com um transporte médio de 14 Sv ($Sv = 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) (SILVEIRA *et al.*, 1994).

Este fluxo intenso confere a CNB valores de velocidades da ordem de 1,00 m/s. A CNB flui ao longo da região do Talude Continental até aproximadamente 7°N onde se separa da costa e retroflete em direção ao leste alimentando a Contra-Corrente Norte Equatorial. Esta retroflexão apresenta um ciclo sazonal relacionado à migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) como também relacionada à variabilidade interanual.

Quanto à caracterização vertical da circulação na região, Schott (2003), analisou uma composição de dados de direção e intensidade de correntes coletadas entre 1990 e 2002, em cruzeiros franceses, alemães e norte-americanos com *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) e *Lower Acoustic Doppler Current Profiler* na longitude de 35°W e entre as latitudes 5°S e 5°N. Este estudo apresentou a direção do transporte de volume destas correntes ao longo do perfil, apresentando a estrutura de circulação da coluna d'água para a região sul equatorial do Atlântico.

As correntes que apresentam maior transporte residual de volume são: a CNB e Corrente Equatorial Intermediária (CEI) que fluem para norte e o ramo superior da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Contra Corrente Equatorial (CCE) que fluem para sul. Além destas correntes, a região dos blocos é diretamente influenciada pela CSE que flui para norte, pela Contra Corrente Sul Equatorial (CCSE) e pela Contra Corrente Sul Intermediária (CCSI) que flui para sul. Mais afastado da costa, encontram-se os ramos central e inferior da Água Profunda do Atlântico Norte, Água de Fundo Antártica (AFA) e a Contra Corrente Norte Intermediária (CCIN).

A interação entre a CNB, a CCE e CCSE são de maior importância para o regime de correntes de baixa frequência na região, tendo em vista a proximidade com a costa e plataforma continental, por comporem o sistema com maior transporte de volume e apresentarem correntes mais intensas. Tanto a CCE quanto a CCSE fluem em direção oposta à CNB resultando no cisalhamento entre as correntes e, portanto, a CNB está sujeita à variabilidade espacial e de intensidade das duas primeiras.

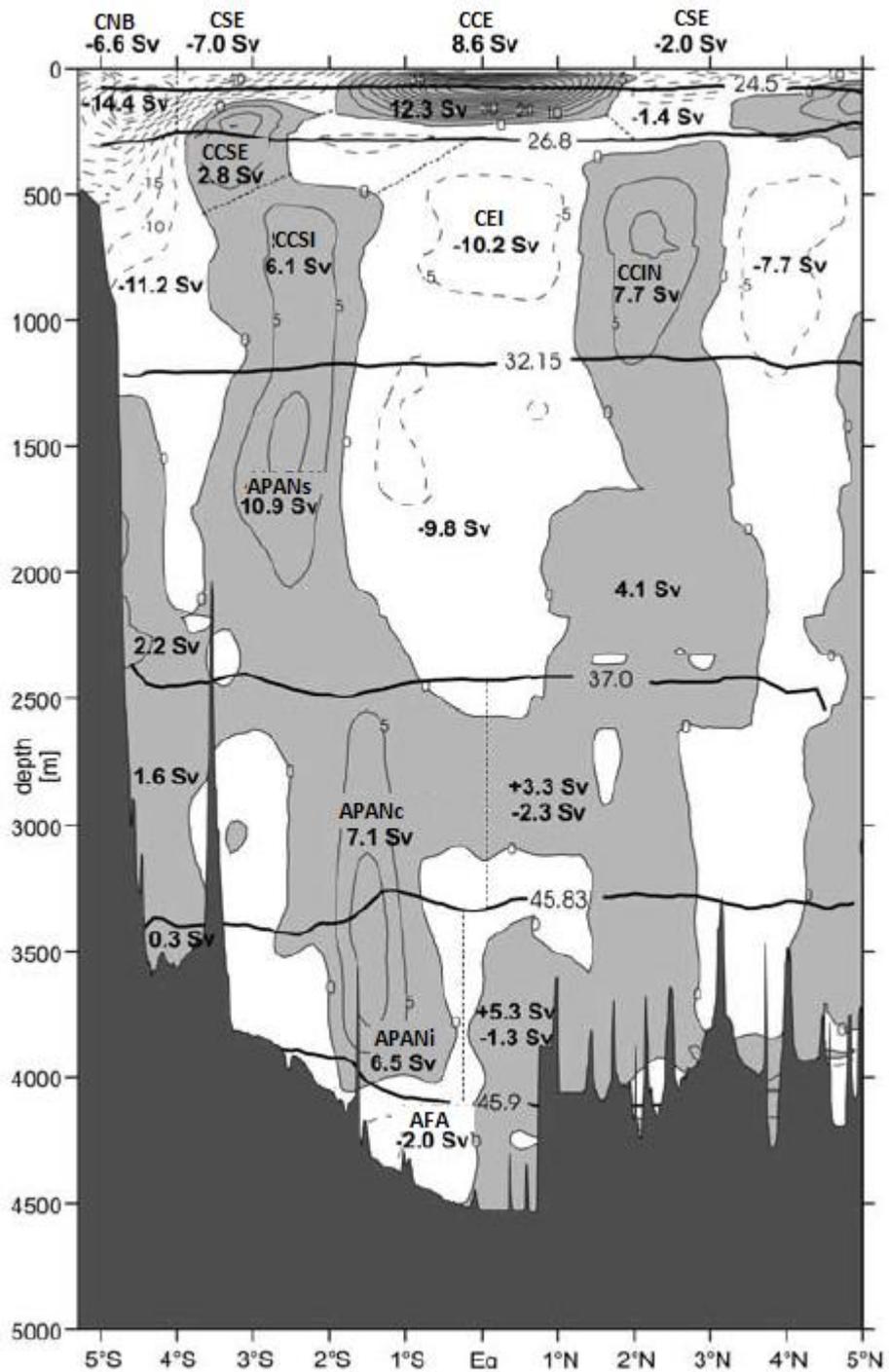


Figura 168 - Estrutura vertical do transporte de volume residual resultante da composição de levantamentos de dados hidrográficos entre 1990 a 2002 para a longitude de 35°W e latitudes de 5°S a 5°N, apresentando as correntes de baixa frequência que regem a circulação do Atlântico Equatorial (Adaptado de SCHOTT et. al., 2003).

3.3.2. *Circulação de Alta Frequência*

Nos padrões de alta frequência (pequena escala) existentes na área, há um pronunciado acoplamento entre a região de oceano profundo e a plataforma, como descrito em Pereira (2000). Sobre a plataforma amazônica predomina a banda semidiurna da maré com significativa presença localizada de frequências quartodurnas em regiões costeiras. As correntes de maré são, aproximadamente, unidimensionais, cruzando as isóbatas sobre a plataforma, reflexo da dinâmica equatorial e da existência de modos ressonantes na plataforma. Próximo à foz do Rio Amazonas, a amplitude da maré é amortecida por efeito direto do aporte de água gerado pelo Rio Amazonas (GODIN, 1991).

A amplitude da maré é bastante variável ao longo da plataforma amazônica, dependendo da existência/coincidência de áreas sob ressonância ao sinal da mesma. A maior parte da dissipação da energia ocorre sobre a plataforma média e interna.

Salienta-se que a maré na região amazônica é reconhecidamente de extrema importância, contribuindo para rápidos deslocamentos (“*cross shelf*”) sobre a plataforma continental (compondo-se ao sinal local de vento) e também para a inserção ou exclusão de material no núcleo da CNB. Portanto, a precisa reprodução deste fenômeno, acoplada ao sinal de vento local é essencial para qualquer simulação numérica.

3.3.3. *Circulação Superficial por Boias de Deriva*

3.3.3.1. *Derivadores Lumpkin & Garraffo*

Para a representação das correntes superficiais da região foram utilizados dados de derivadores de Lumpkin & Garraffo (2005)¹⁸. Os dados pertencem ao Programa de Derivadores de Superfície, uma extensão do Sistema Integrado de Observação dos Oceanos da NOAA. O Programa tem por objetivo principal manter rastreadas boias de deriva de superfície com o intuito de proporcionar um denso conjunto de dados de observações *in-situ*, em todo o globo, e, além disso, proporcionar um sistema de

¹⁸ A drifter derived climatology of global near-surface currents – NOAA (http://www.aoml.noaa.gov/phod/dac/drifter_climatology.html). Último acesso em 10 de dezembro de 2012.

processamento de dados para uso científico, previsões de curto prazo e ainda pesquisas e monitoramento do clima.

Os dados fornecidos pelo programa reproduzem campos de correntes próximos à superfície, com resolução espacial de 1 grau, oriundos da decomposição dos dados de observação da circulação, registrada através de uma rede de boias de deriva rastreadas por satélite (Figura 169).

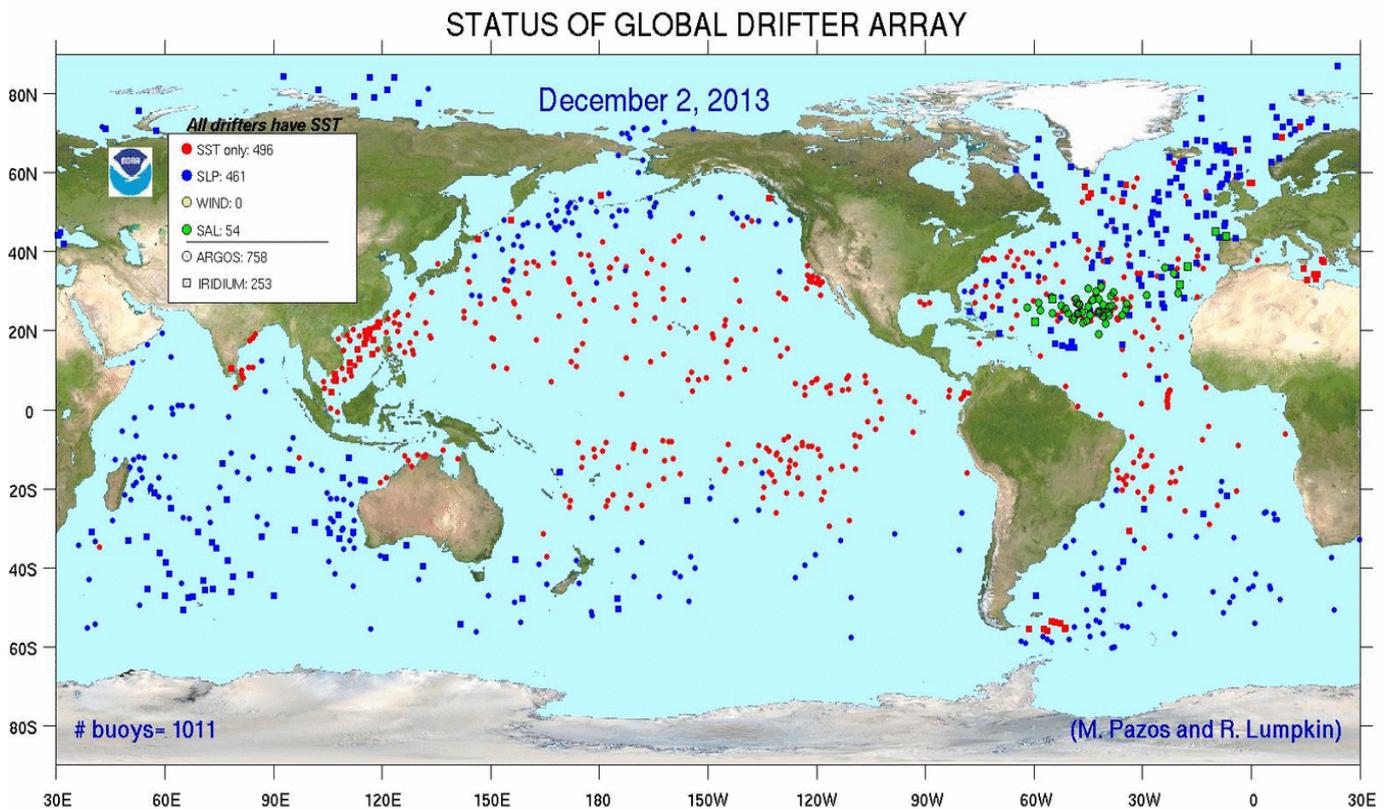


Figura 169 - Representação da população de derivadores mantidos pelo programa da NOAA, ao todo 1267 derivadores. Fonte: NOAA.

A Figura 170 à Figura 173 mostram a média climática da circulação oceânica de superfície, para as estações do ano definidas neste estudo, especificamente para a região sobre as Bacias da Foz do Rio Amazonas, Pará-Maranhão e Barreirinhas.

Com base nestas figuras, observa-se para todos os meses o predomínio da CNB com maiores intensidades no inverno e primavera devido à intensificação causada pelos ventos alísios durante a migração para sul da ZCIT. Além da variação das intensidades, a retroflexão da Corrente Norte do Brasil apresenta-se mais pronunciada no inverno e primavera em relação ao verão e outono. Esta variabilidade é decorrente da intensificação de ventos em latitudes ao norte do equador e intensificação ao sul, decorrente da migração sazonal da ZCIT.

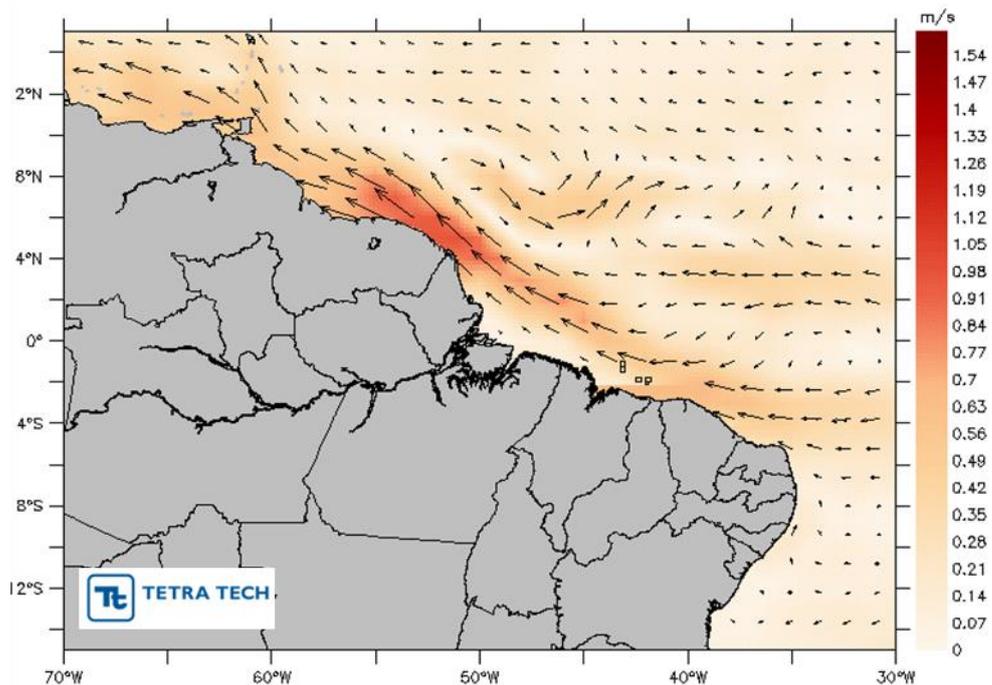


Figura 170 - Média climática de verão da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

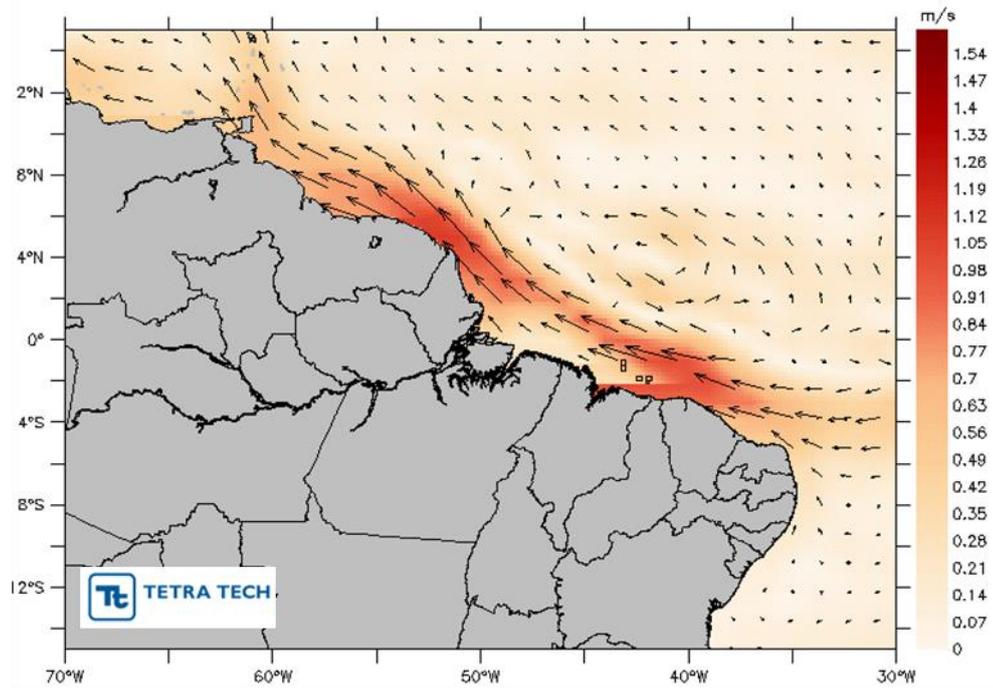


Figura 171 - Média climática de outono da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

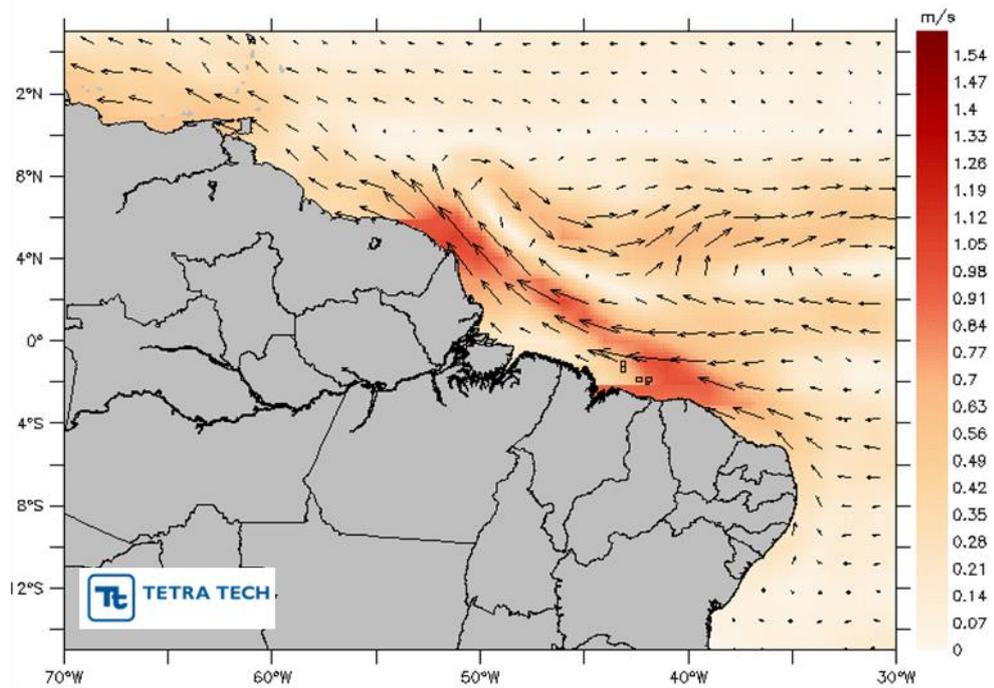


Figura 172 - Média climática de inverno da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

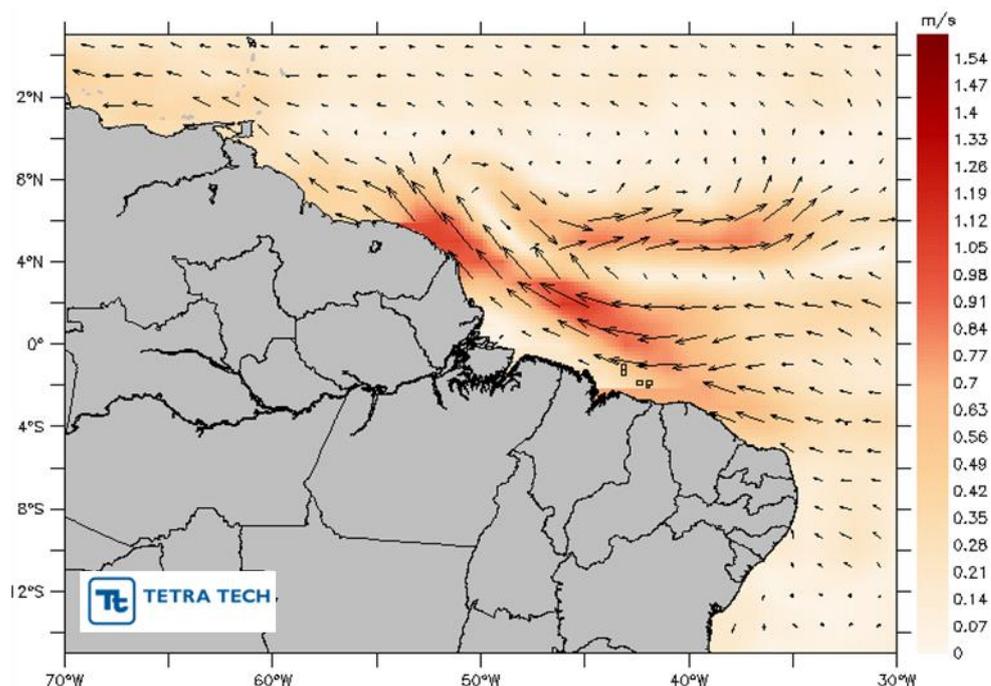


Figura 173 - Média climática de primavera da circulação de correntes próxima à superfície (LUMPKIN & GARRAFFO, 2005).

3.3.3.2. Derivadores do Projeto Megabar

Campanhas de lançamento

Dentro do escopo do monitoramento ambiental realizado pela BG na Bacia de Barreirinhas (Projeto Megabar) foram realizadas campanhas oceanográficas com o uso de derivadores. As campanhas ocorreram no segundo semestre de 2014 e primeiro de 2015. A localização dos pontos de lançamento é apresentada na Figura 174 e as suas coordenadas geográficas constam na Tabela 16.

A área de interesse do referido projeto está compreendida na Bacia de Barreirinhas, e as campanhas foram projetadas com base nos blocos de interesse BAR-M-215, BAR-M-217, BAR-M-252, BAR-M-254, BAR-M-298, BAR-M-300, BAR-M-340, BAR-M-342, BAR-M-344, BAR-M-388 (Figura 174).

A campanha para lançamento dos derivadores obedeceu a duas estratégias distintas. Em cada um dos pontos 1A, 2A, 3A e 5A foi lançado 1 derivador SVP. Adicionalmente, nos vértices mais costeiros dos blocos BAR-M-252, BAR-M-340 e BAR-M-388 (pontos 2C, 2B

e 2A) foram lançados conjuntos (*clusters*) compostos por 4 derivadores iSPHERE e 1 derivador SVP.

Nos pontos 1A, 2A, 3A e 5A os lançamentos foram realizados na sequência dos pontos, a partir do mais costeiro para offshore. A sequência dos pontos compõe duas radiais aproximadamente perpendiculares e complementares. Esta estratégia de amostragem prescinde que o tempo entre o lançamento em cada ponto ao longo de uma radial seja o menor possível. O lançamento em clusters nos pontos 2B e 2C foram realizados de forma independente.

A Figura 175 apresenta a trajetória de todos os derivadores do tipo iSPHERE e SVP lançados os anos de 2014 e 2015.

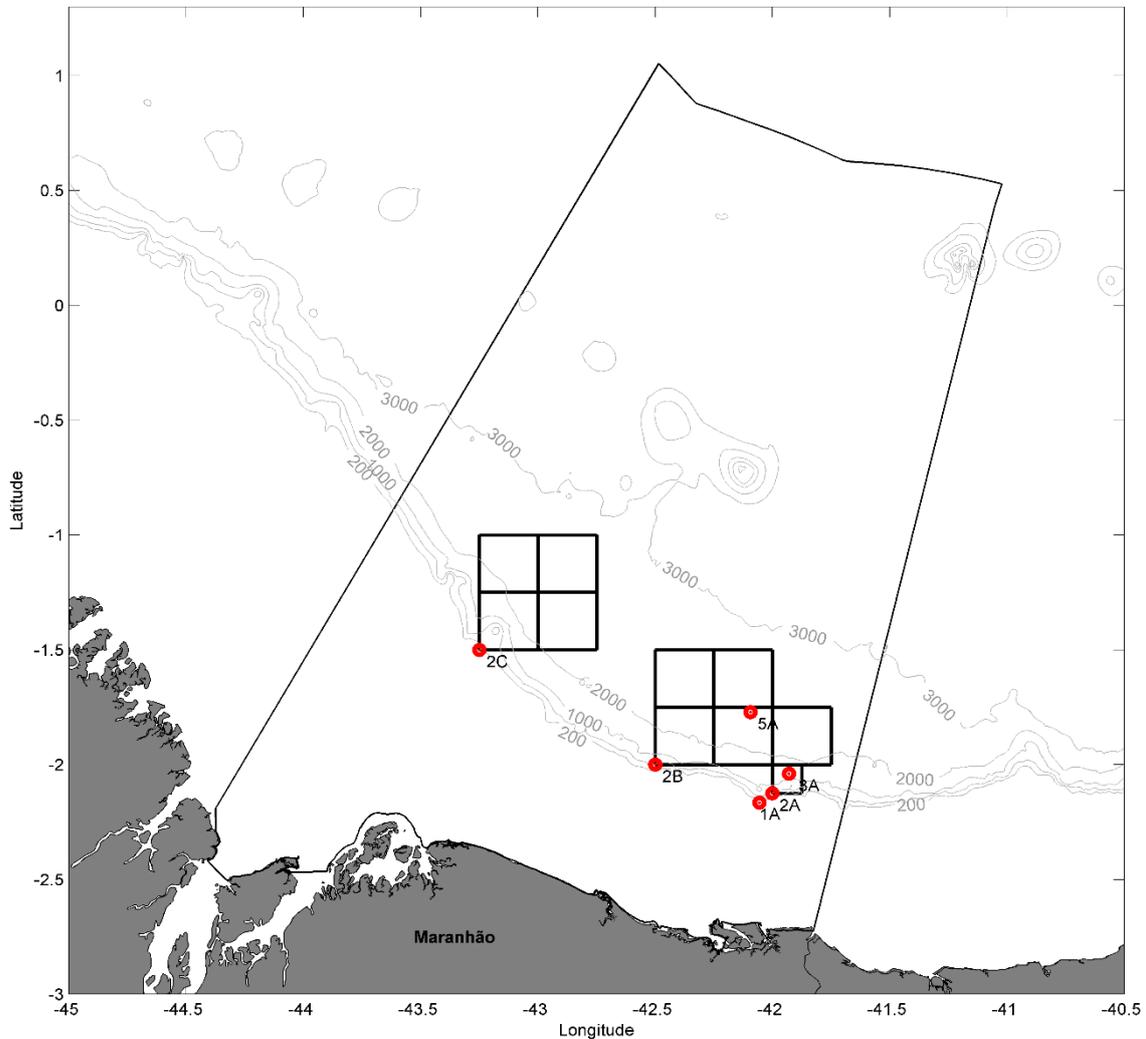


Figura 174 - Localização da Bacia de Barreirinhas, dos blocos e dos pontos de lançamento dos derivadores do Projeto Megabar.

Tabela 16 - Coordenadas geográficas do lançamento dos derivadores do Projeto Megabar.

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
1A	02° 09' 55,82" S	42° 03' 21,80" W
2A	02° 07' 30,00" S	42° 00' 00,00" W
3A	02° 02' 22,57" S	41° 55' 45,81" W
5A	01° 46' 15,39" S	42° 05' 36,55" W
2B	02° 00' 00,00" S	42° 30' 00,0" W
2C	01° 30' 00,00" S	43° 15' 00,0" W

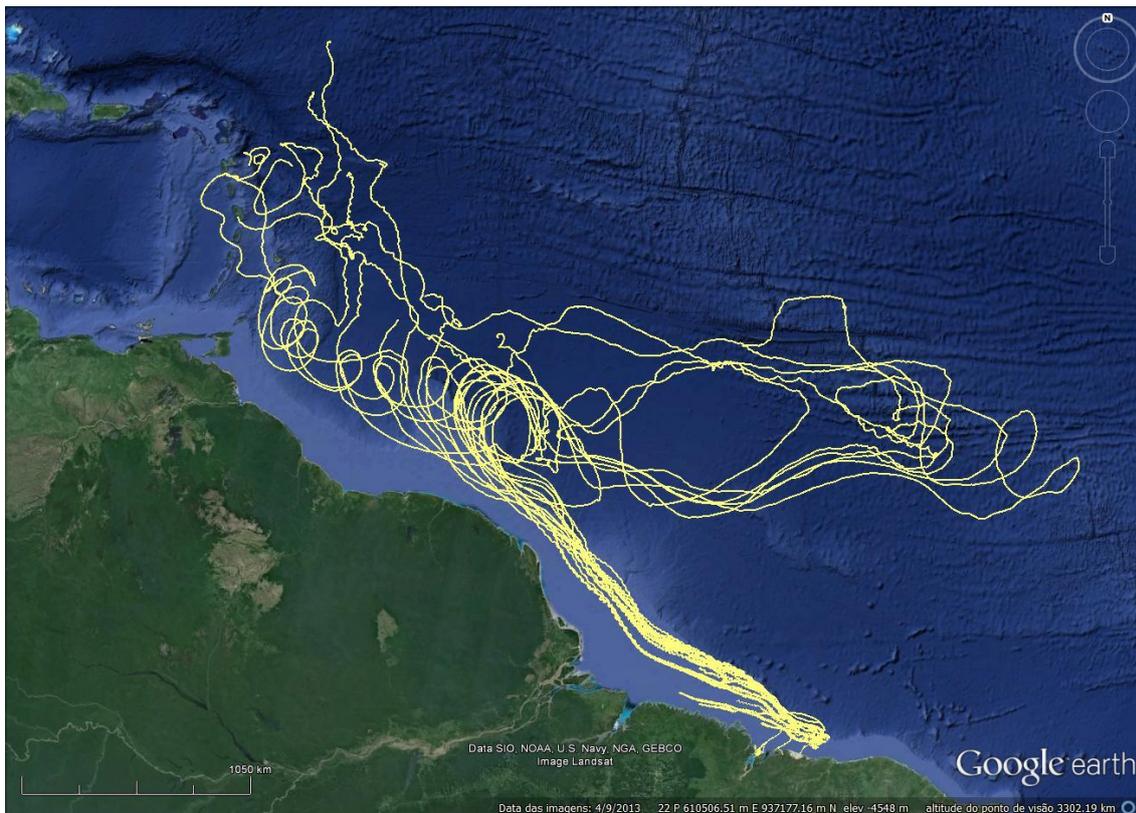


Figura 175 - Trajetórias dos derivadores lançados no Projeto Megabar.

Instrumentação

Dois tipos de derivadores de superfície foram utilizados nesse projeto, o ISPHERE e o SVP. Eles têm características distintas que são explicadas abaixo.

O ISPHERE é um derivador de baixo custo, tem um formato esférico (Figura 176) e foi desenhado para atender às necessidades da comunidade científica oceanográfica e da indústria *offshore*. Ele foi projetado para ter um comportamento semelhante com o de um derramamento de óleo na superfície do mar, sendo influenciado pelos ventos e correntes

superficiais. O lançamento dos derivadores ISPHERE em um evento acidental ou simulado de derramamento de óleo nos permite monitorar o derramamento, fornecendo informações importantes para ações de emergência. O ISPHERE tem 28 cm de diâmetro e pesa cerca de 10 kg. Ele é equipado com sistema de telemetria por satélite, um dispositivo GPS, um sensor de temperatura e uma bateria, transmitindo suas coordenadas a cada 30 minutos com uma precisão de 7 metros.

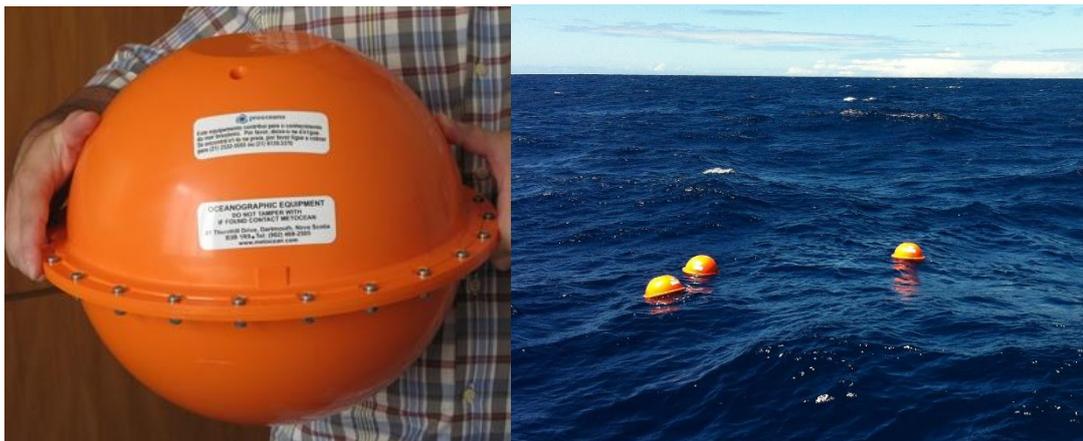


Figura 176 - Derivador ISPHERE em detalhe (esquerda) e após o lançamento (direita).

O SVP é composto por duas partes: uma bóia de superfície, onde estão todos os equipamentos eletrônicos, e uma vela sub-superficial, responsável por "sentir" as correntes e forçar o equipamento à deriva (Figura 177). Este derivador tem um sistema de telemetria via satélite, um receptor GPS, um sensor de temperatura e uma bateria, permitindo seu monitoramento em tempo real. A proporção entre a parte submersa e as áreas emersas é de aproximadamente 40:1, minimizando o efeito do vento (Niiler et al., 1987). O dispositivo tem um drogue de 6,4 metros de comprimento, centrada aproximadamente a 15 metros de profundidade, de modo a representar as correntes médias dos 20 metros da camada superior no oceano.

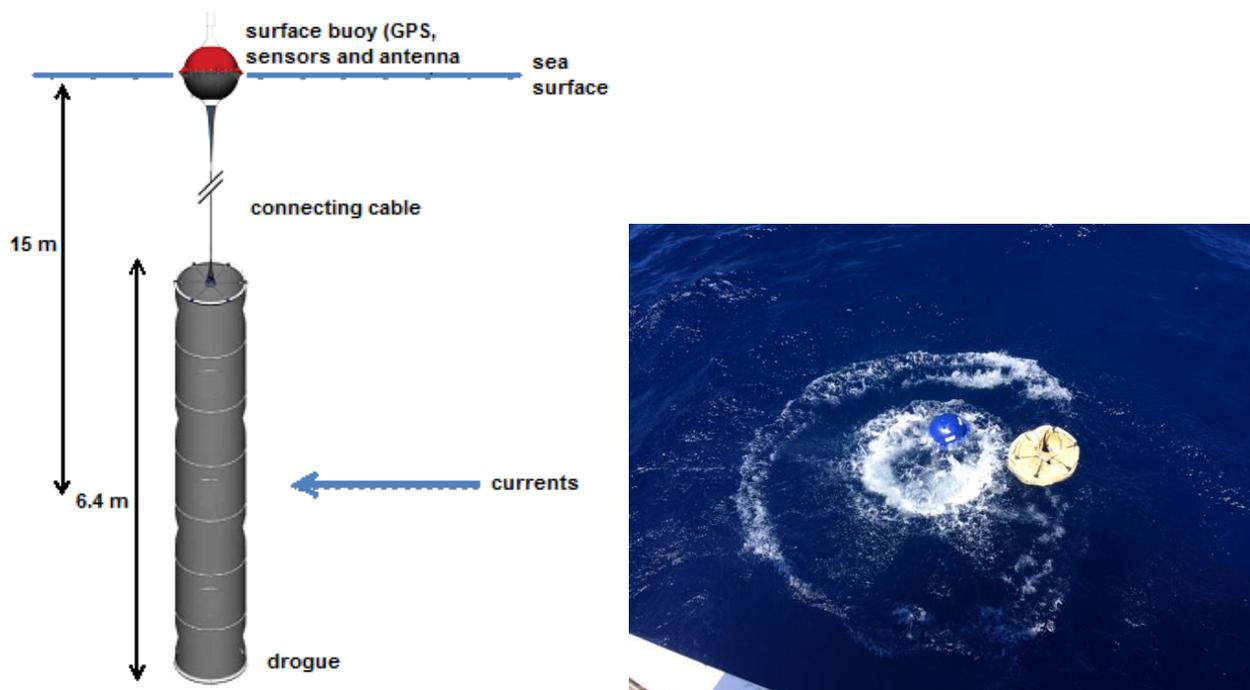


Figura 177 - Representação esquemática de um derivador do tipo SVP (esquerda) e imagem após lançamento (direita).

Resultados

A partir das trajetórias dos diferentes tipos de derivadores lançados em duas épocas do ano distintas, alguns pontos são destacados:

- É notória a diferença na trajetória dos ISPHERE e SVP lançados no mesmo ponto e momento.
- Todos os derivadores ISPHERE foram parar na costa, porém com diferenças significativas nas trajetórias entre as duas campanhas.
- Dentre os derivadores SVP, alguns foram em direção à costa e outros permaneceram ao largo.

Os SVP que permaneceram ao largo seguiram a Corrente Norte do Brasil (CNB) até sua retroflexão (Silveira et al. 1994). Os SVP que subiram a plataforma continental em direção à costa seguiram uma trajetória levemente paralela à costa, porém mais aberta que dos ISPHERE.

Fica evidente pela trajetória dos SVP que os pontos de lançamentos encontram-se na divisão entre dois domínios de corrente distintos, dinâmica de plataforma e dinâmica de águas profundas. Os SVP lançados no ponto 5A seguiram a CNB nas duas campanhas,

indicando que este ponto encontra-se inteiramente sobre a dinâmica de águas profundas. Os SVP do ponto 3A e 2C divergiram entre seguir a CNB e entrar na dinâmica de plataforma nas duas campanhas, o que indica que estes pontos encontram-se em zona de transição entre os dois domínios dinâmicos.

Apesar de todos os ISPHERE terem ido para a costa, estes foram lançados em diferentes épocas mostrando diferentes trajetórias em função das condições meteoceanográficas durante as campanhas.

A seguir, na Figura 178, ilustra-se como exemplo o campo de vento no dia 20/03/2015 às 12:00 (GMT), sobreposto aos derivadores do tipo ISPHERE lançados no período. Na Figura 179 apresenta-se o campo de vento do dia 10/08/2015 às 12:00 sobreposto aos derivadores do tipo ISPHERE lançados durante a 2ª campanha.

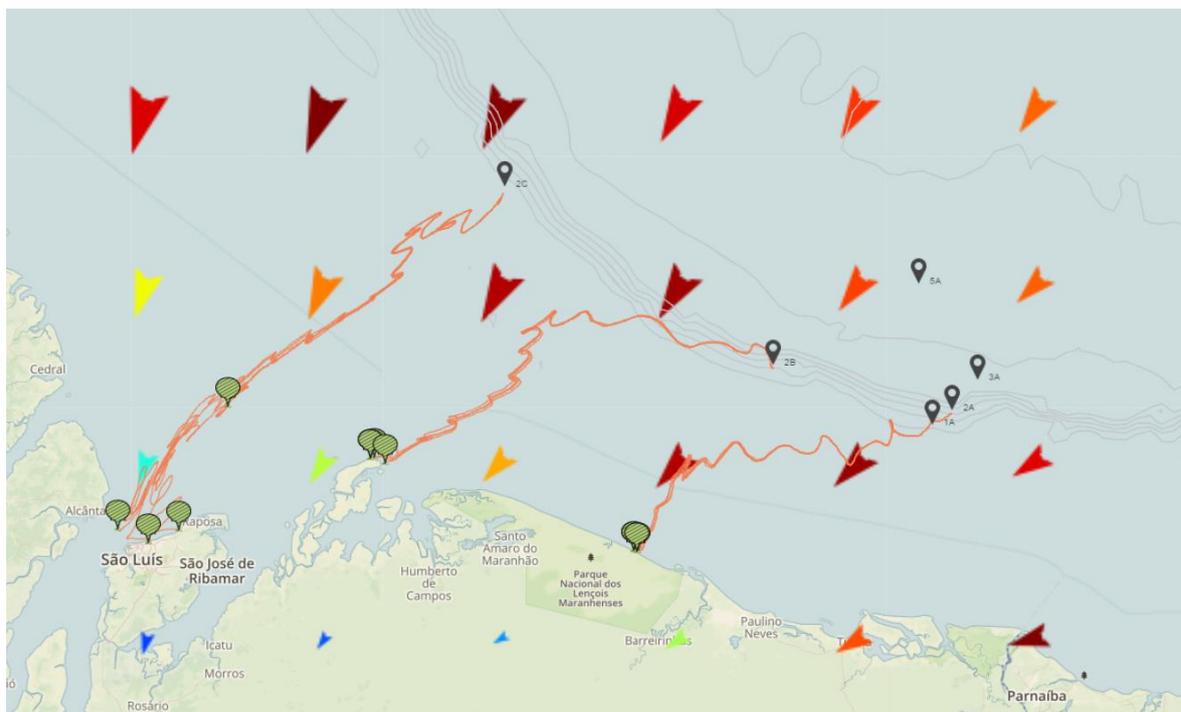


Figura 178 - Campo de vento do dia 20/03/2015 12:00 (GMT) sobreposto à trajetória de todos os derivadores do tipo ISPHERE. Fonte: NCEP/GFS.

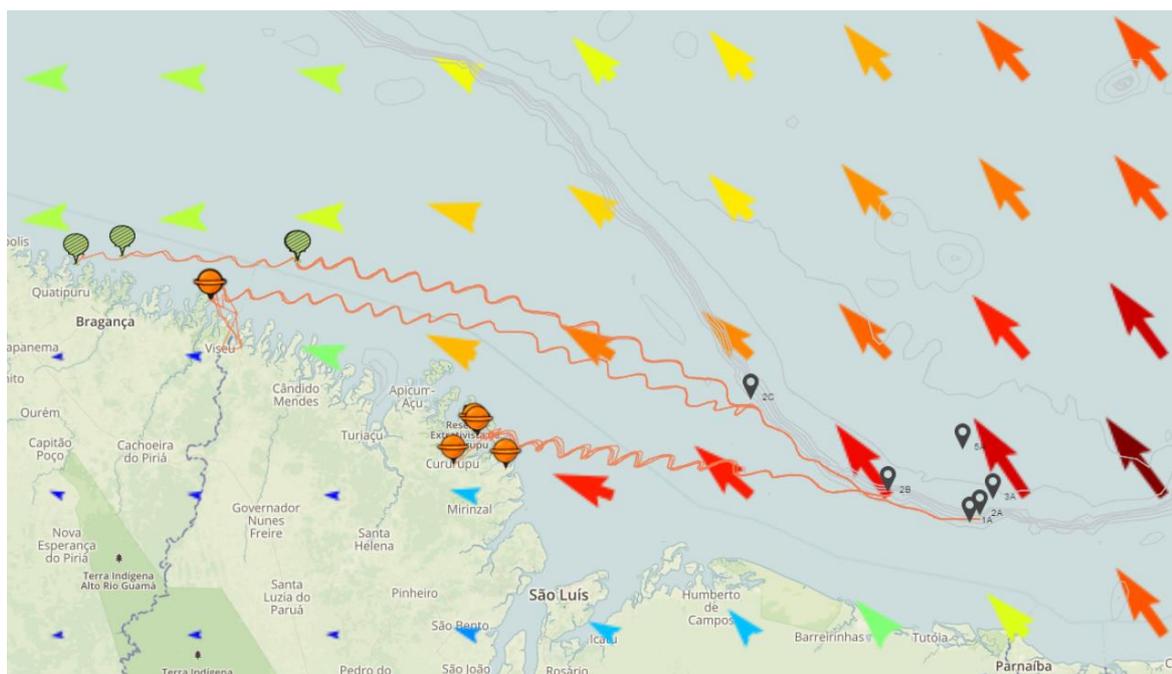


Figura 179 - Campo de vento do dia 10/08/2015 12:00 (GMT) sobreposto a trajetória de todos os derivadores do tipo ISPHERE. Fonte: NCEP GFS.

Através dos mapas acima fica evidente a relação de causa-efeito entre o padrão de ventos e a trajetória dos derivadores ISPHERE. Este padrão de ventos está diretamente relacionado com a sazonalidade da Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT), conforme descrito no item 2.7.

Para exemplificar o comportamento distinto entre a dinâmica desses dois domínios apresenta-se, a título de exemplificação, a série temporal completa das componentes U e V do SVP lançado no ponto 2C (Figura 180) e do SVP lançado no ponto 5A (Figura 181). Como pode ser observado, o SVP lançado no ponto 2C passou todo o período no domínio de plataforma, enquanto o derivador lançado no 5A passou pelo domínio de plataforma e depois foi capturado pela CNB, fluindo até sua retroflexão e continuando pela contra corrente norte equatorial (Silveira et al., 1994).

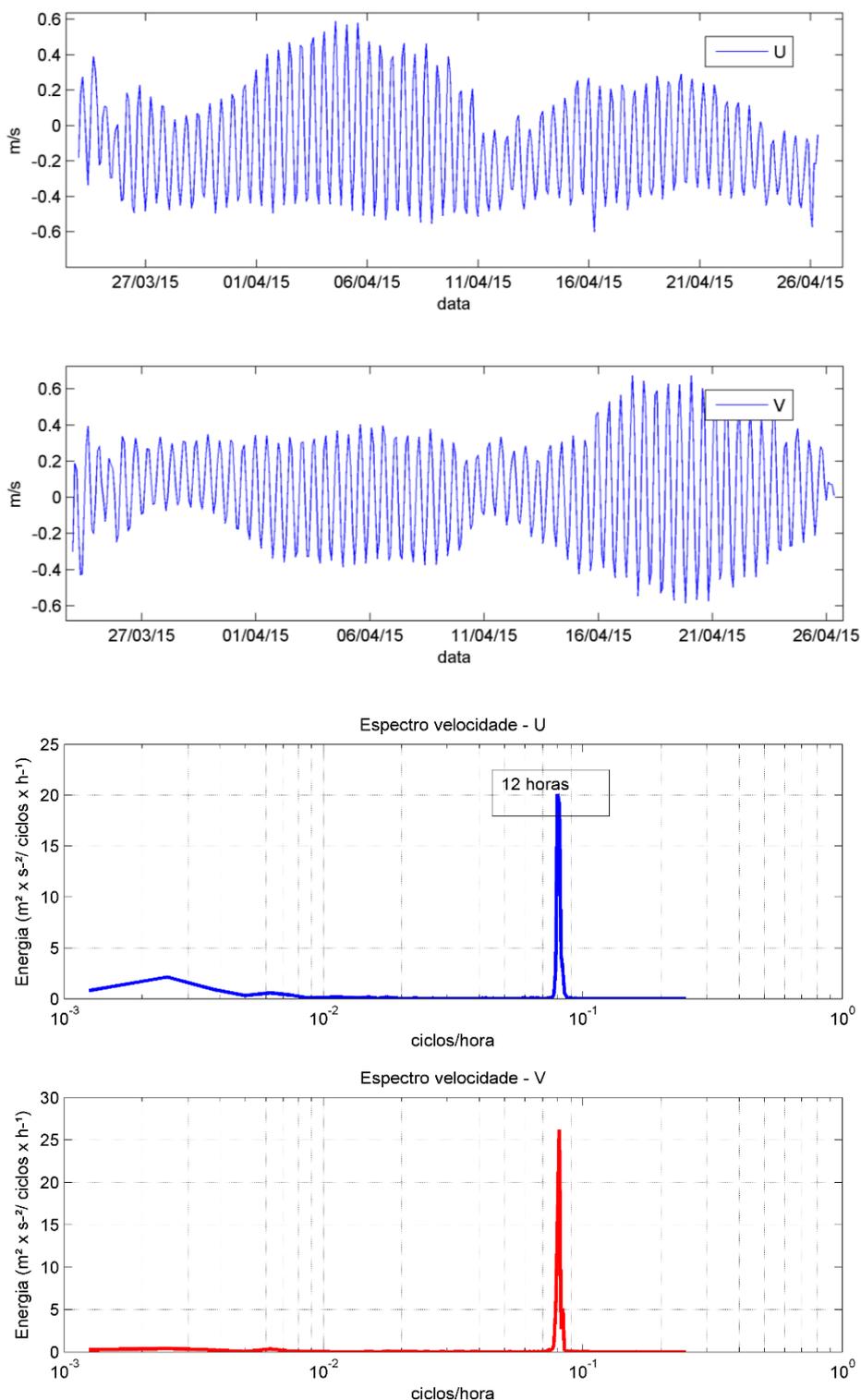


Figura 180 - Séries temporais das componentes U e V da corrente medida pelo derivador SVP-2C (acima) e espectro de energia no domínio da frequência das mesmas séries (abaixo).

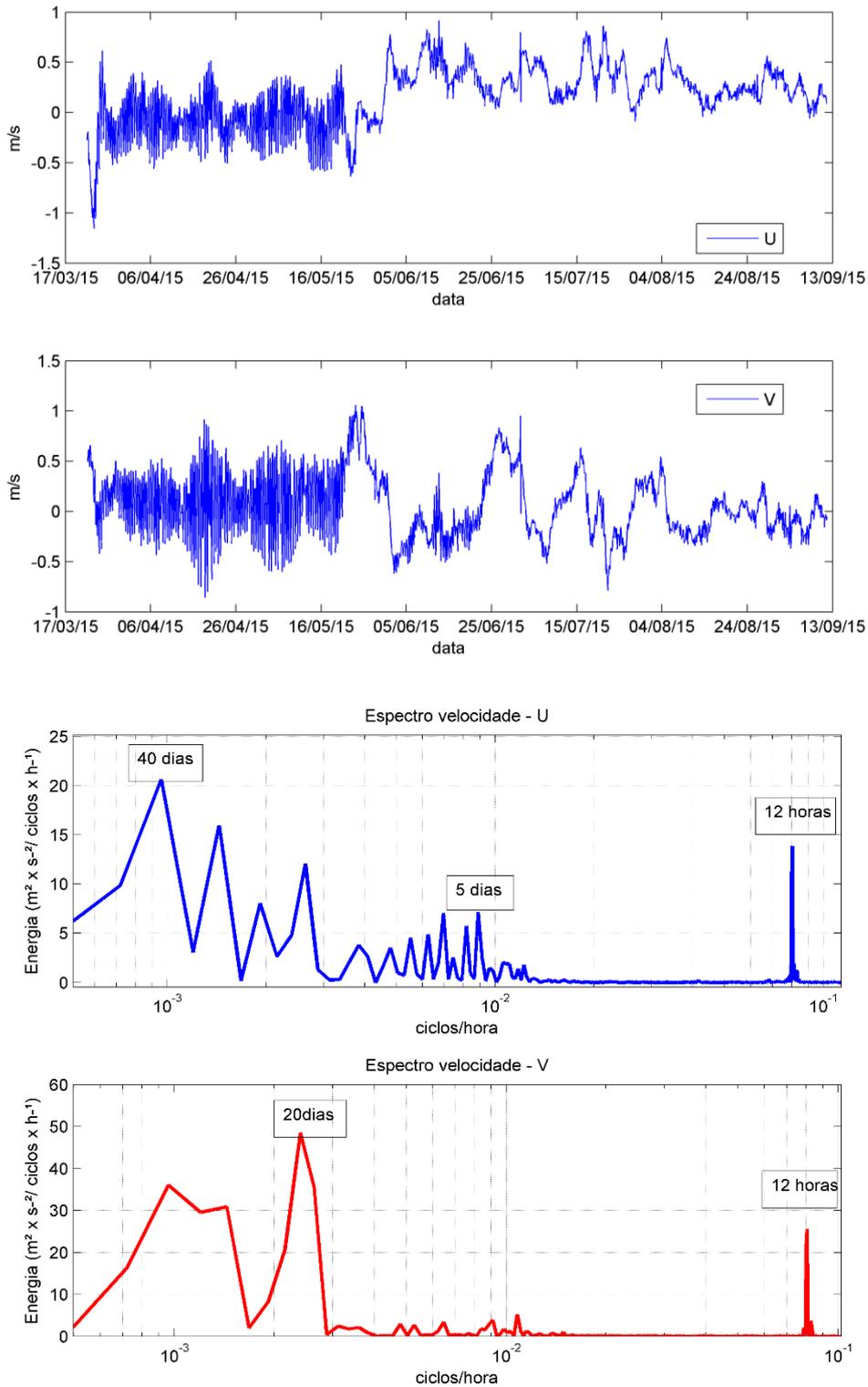


Figura 181 - Séries temporais das componentes U e V da corrente medida pelo derivador SVP-5A (acima) e espectro de energia no domínio da frequência das mesmas séries (abaixo).

A série temporal e o espectro de energia do SVP lançado no ponto 2C apresenta principalmente a oscilação da maré, com o pico de energia no período de 12 horas, relativo à maré semidiurna. Já o derivador lançado no ponto 5A apresenta tanto o pico de energia em 12 horas – relativo ao tempo de deriva no domínio de plataforma – quanto picos de energia em períodos maiores, entre 5 e 40 dias, relativo ao período de deriva na CNB e suas feições de mesoescala.

3.3.4. Estrutura Vertical de Correntes

Entre 1990 e 1997, o *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE), uma ramificação do *World Climate Research Programme* (WCRP), contou com a colaboração de mais de 30 países para realizar um projeto de observações via satélite e *in-situ* em todos os oceanos. Este programa, patrocinado por organizações intergovernamentais e não governamentais, tinha por objetivo estudar o papel dos oceanos no sistema climático global. Cientistas de aproximadamente 30 países, inclusive o Brasil, se reuniram e combinaram esforços para realizar um experimento de observação e coleta de dados oceânicos no âmbito internacional, entre 1989 e 1997. Os objetivos principais do programa envolveram: o desenvolvimento de modelos oceânicos, coleta de dados necessários para avaliar tais modelos; e a representação do conjunto de dados WOCE para avaliar o comportamento de longo prazo dos oceanos.

As informações de correntes apresentadas a seguir, foram obtidas junto ao Banco de Dados do WOCE e se referem aos fundeios realizados na região de plataforma da região Norte do Brasil, mais especificamente na Bacia de Barreirinhas. A localização e período de coleta são apresentados na Tabela 17 e Figura 182.

Tabela 17 - Coordenadas, profundidades de coleta e de lâmina d'água das coletas dos dados de corrente do WOCE para a região da Bacia de Barreirinhas, região Norte da costa brasileira.

CRUZEIRO	LATITUDE (N)	LONGITUDE (W)	PROFUNDIDADES (m)	PERÍODO DE DADOS	LÂMINA D'ÁGUA
WOCE ACM-7 K327	0,087°	44,390°	50, 100, 150, 200, 250, 300	07/09/89 a 10/10/90	300 m
WOCE ACM-7 K328	0,833°	44,070°	72, 246, 824, 1990, 2588, 3695	06/09/89 a 11/10/90	3.695 m
WOCE ACM-7 K340	0,420°	44,250°	50, 100, 150, 200, 150, 300, 847	14/10/90 a 08/09/91	847 m
WOCE ACM-7 K361	1,186°	44,040°	50, 101, 151, 199, 430, 687, 1483, 1785	29/10/92 a 04/03/94	1785 m

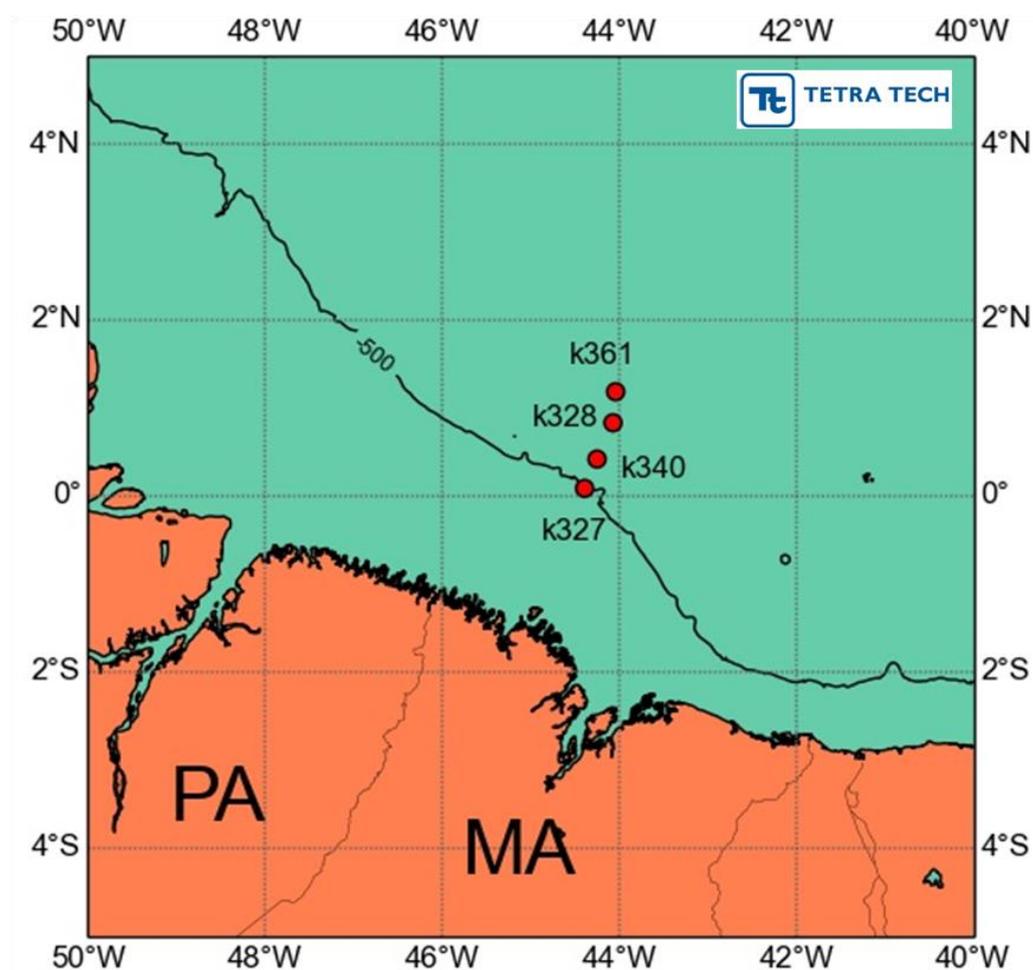


Figura 182 - Localização da linha de fundeios WOCE ACM7 utilizadas no estudo.

A análise a seguir, decorrente do conjunto de dados do WOCE, foi realizada a partir da seleção de três profundidades para representar a circulação das camadas de superfície, intermediárias e de fundo.

A Figura 183 apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas entre setembro de 1989 até outubro de 1990 no fundeio K327 do levantamento ACM7 do WOCE. Observa-se uma predominância do fluxo para NW em todas as profundidades amostradas, com um decaimento de intensidade em direção ao fundo sem alteração do padrão de direção.

A Figura 184 apresenta o histograma direcional da corrente para todo o período de análise (07 de setembro de 1989 a 10 de outubro de 1990) com base nos dados do fundeio K327 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico, a intensidade é indicada pela distância radial, dada em m/s, e a escala de cores representa a porcentagem de observações. A Tabela 18 apresenta a ocorrência conjunta das intensidades (em cm/s) e das direções (a cada 45°).

Verifica-se que 98,1% das correntes fluem para noroeste com intensidade média de 118 cm/s. Em todo o período de análise 50,1% das correntes apresentam intensidades entre 100 e 140 cm/s.

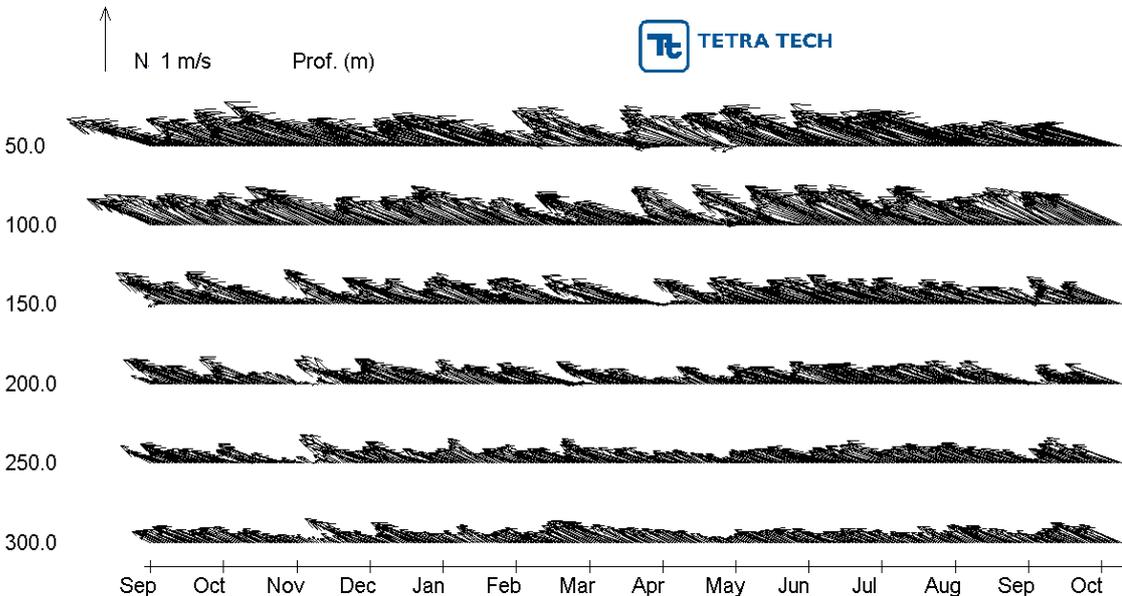


Figura 183 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 6 profundidades (50, 100, 150, 200, 250 e 300 m), entre setembro de 1989 e outubro de 1990, no fundeio K327 do experimento ACM7 do WOCE.

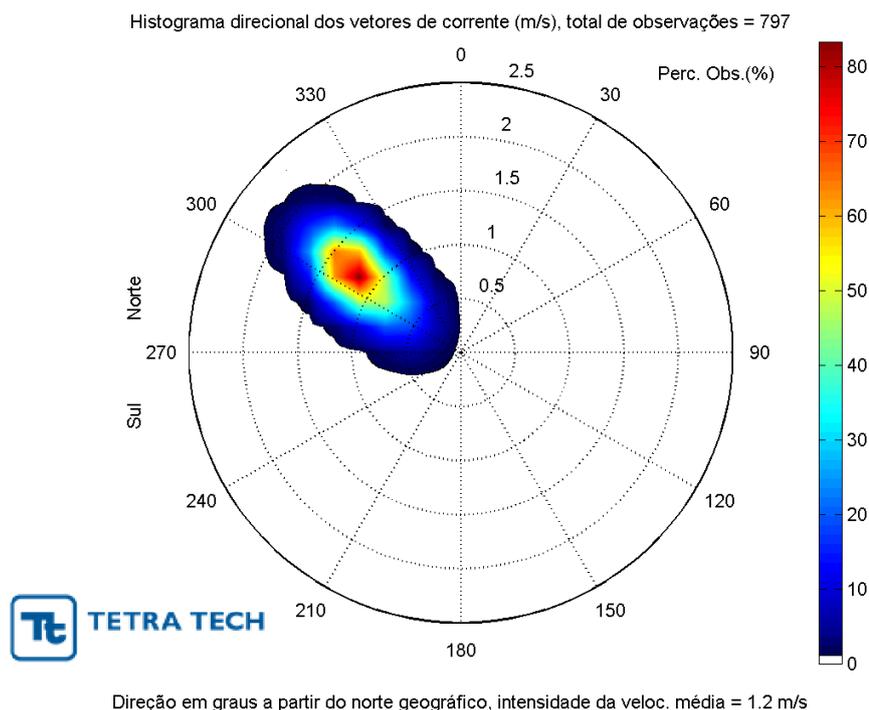


Figura 184 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio K327 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de setembro de 1989 à outubro de 1990.

Tabela 18 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K327 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de setembro de 1989 à outubro de 1990.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-20	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0,5
20-40	0	0	0	0	0	0	3	3	6	0,8
40-60	0	0	0	0	0	0	9	27	36	4,5
60-80	0	0	0	0	0	0	1	68	69	8,7
80-100	0	0	0	0	0	0	0	108	108	13,6
100-120	0	0	0	0	0	0	0	169	169	21,2
120-140	0	0	0	0	0	0	0	230	230	28,9
140-160	0	0	0	0	0	0	0	119	119	14,9
160-180	0	0	0	0	0	0	0	47	47	5,9
180-200	0	0	0	0	0	0	0	9	9	1,1
Total	0	0	0	0	0	0	15	782	797	
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	98,1		
Vel.Méd.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	117,9		
Vel.Máx.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,7	194,2		

A Figura 185 apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas nos anos de 1989 e 1990 no fundeio K328 do levantamento ACM7 do WOCE. Novamente observa-se uma predominância do fluxo para NW nas camadas superficiais e intermediárias, apesar de um maior espalhamento na superfície para o quadrante W do fluxo em relação aos dados analisados no fundeio K327. A partir da lâmina d'água de

aproximadamente 2.000 metros, observa-se uma deflexão com aumento do padrão de correntes fluindo para SSW e SSE.

Da Figura 186 à Figura 188 são apresentados os histogramas direcionais de correntes para todo o período de análise (06 de setembro de 1989 a 11 de outubro de 1990), respectivamente para as profundidades de 72 m, 824 m e 2588 m do fundeio K328. Da Tabela 19 à Tabela 21 são apresentados os diagramas de ocorrência conjunta de intensidades e direção, associados a cada profundidade do fundeio K328 (72 m, 824 m e 2588 m, respectivamente).

À superfície verifica-se que 99,1% das correntes ocorrem nos quadrantes NW e W, sendo o predomínio para NW com 85,1%. A velocidade média neste quadrante é 68 cm/s. As intensidades mais frequentes ocorrem entre 40 e 80 cm/s (69,9%) a esta profundidade. Na camada intermediária (Figura 187 e Tabela 20) observa-se o predomínio de correntes para NW, com 58,0% das ocorrências, associado à circulação da Corrente Norte do Brasil e à diminuição do efeito do vento com a profundidade. Nesta camada 52,7% das correntes apresentam intensidades entre 5 e 15 cm/s. Já na camada profunda há um maior espalhamento das direções, à proporção de 25,4% para E, 14,8% para SW, 13% para NE e o restante distribuído nas demais direções. Em 89,0% dos registros a intensidade permanece abaixo de 10 cm/s, sob influência da presença da Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCOP).

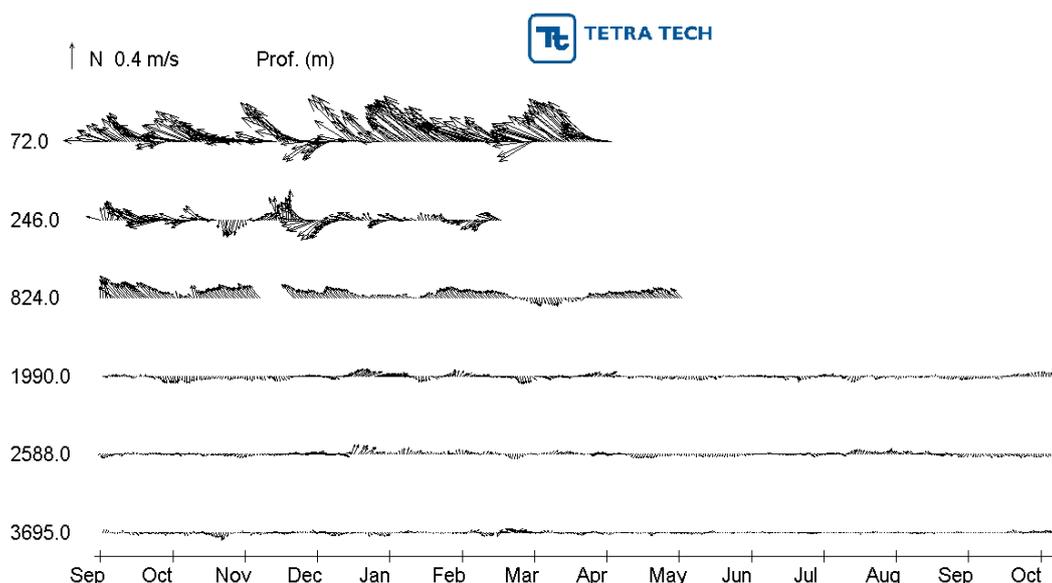


Figura 185 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidas em 6 profundidades (72, 246, 824, 1990, 2588 e 3695 m), entre setembro de 1989 e outubro de 1990, no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE.

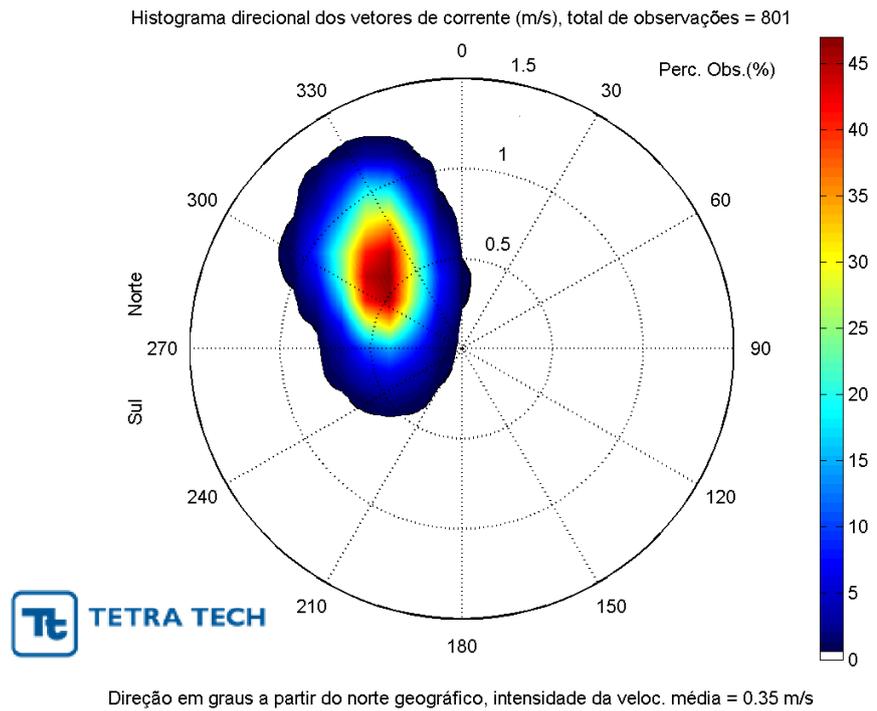


Figura 186 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 72 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Tabela 19 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 72 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20-40	0	0	0	0	0	0	13	13	26	6,2
40-60	0	0	0	0	0	4	41	108	153	36,3
60-80	0	0	0	0	0	0	5	137	142	33,6
80-100	0	0	0	0	0	0	0	84	84	19,9
100-120	0	0	0	0	0	0	0	17	17	4,0
Total	0	0	0	0	0	4	59	359	422	
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	14,0	85,1		
Vel.Méd.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,9	44,5	68,0		
Vel.Máx.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,5	67,0	110,8		

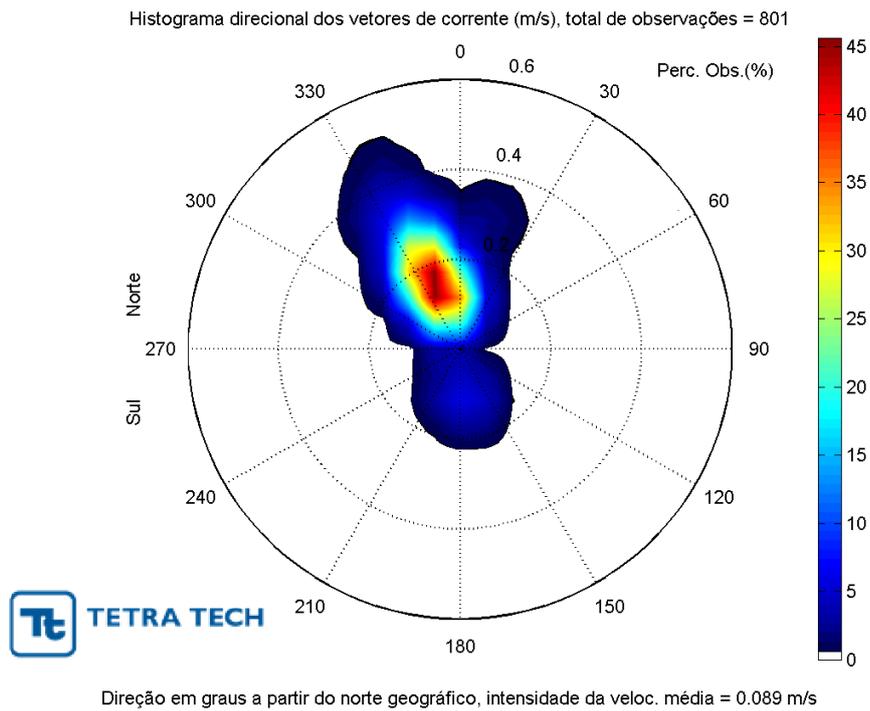


Figura 187 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 824 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Tabela 20 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundo K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 824 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-5	0	0	0	6	7	4	5	21	43	22,9
5-10	3	0	0	3	15	0	0	29	50	26,6
10-15	7	0	0	0	15	0	0	27	49	26,1
15-20	2	0	0	0	0	0	0	11	13	6,9
20-25	5	0	0	0	0	0	0	5	10	5,3
25-30	2	0	0	0	0	0	0	2	4	2,1
30-35	5	0	0	0	0	0	0	9	14	7,4
35-40	0	0	0	0	0	0	0	3	3	1,6
40-45	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1,1
Total	24	0	0	9	37	4	5	109	188	
%	12,8	0,0	0,0	4,8	19,7	2,1	2,7	58,0		
Vel.Méd.	19,0	0,0	0,0	4,4	8,7	3,0	2,5	13,4		
Vel.Máx.	32,3	0,0	0,0	8,2	14,0	4,4	3,7	44,6		

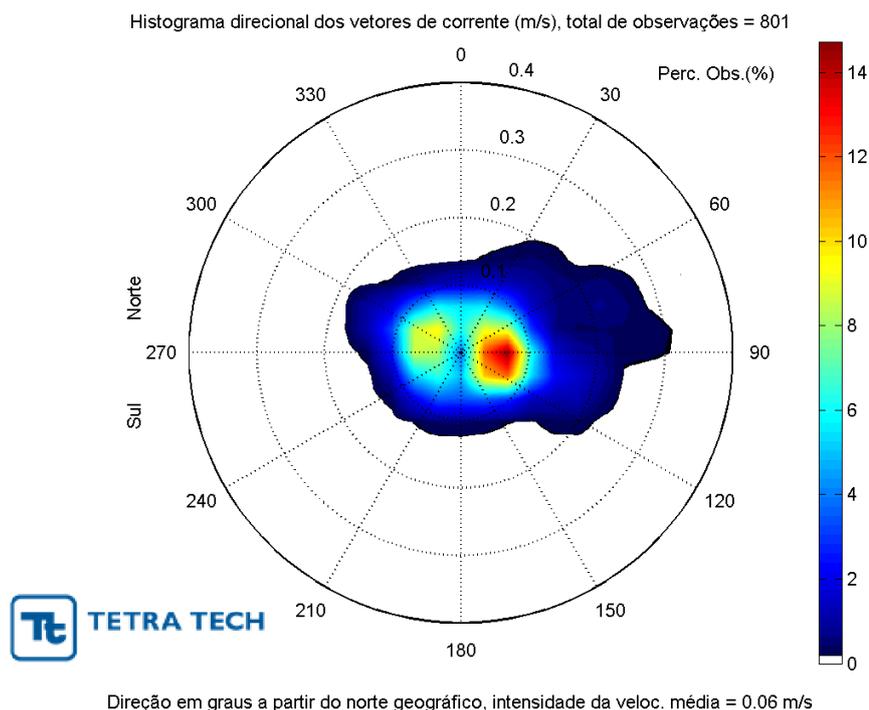


Figura 188 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio K328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2588 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Tabela 21 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio k328 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2588 m de profundidade entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-5	26	34	45	50	54	75	31	28	343	43,6
5-10	13	51	108	37	8	41	47	52	357	45,4
10-15	1	8	20	2	0	0	5	11	47	6,0
15-20	0	6	17	3	0	0	0	0	26	3,3
20-25	0	3	5	0	0	0	0	0	8	1,0
25-30	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0,6
Total	40	102	200	92	62	116	83	91	786	
%	5,1	13,0	25,4	11,7	7,9	14,8	10,6	11,6		
Vel.Méd.	4,7	6,7	8,1	4,7	3,1	4,0	5,4	6,0		
Vel.Máx.	10,2	21,4	28,6	18,1	5,8	8,2	13,1	13,4		

A Figura 189 apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas entre 1990 e 1991 no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE. Observa-se a predominância do fluxo para NW nas camadas superficiais, e para SE nos fluxos de fundo. Já nas camadas intermediárias a variação nas direções reflete o cisalhamento entre estes dois fluxos. As camadas representam as profundidades 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, 300 m, 847 m, 1.440 m, 1.745 m, 2.042 m e 3.235 m.

A Figura 190 à Figura 192 apresentam os histogramas direcionais de corrente para o período entre 13 de outubro de 1990 e 08 de setembro de 1991 do fundeio K340 do WOCE, respectivamente para as camadas de superfície (50 m), intermediária (847 m) e de fundo (2042 m). Na Tabela 22 à Tabela 24 são apresentados os diagramas de ocorrência conjunta das intensidades e das direções para cada uma das camadas.

Na camada superficial (à profundidade de 50 m), 96,4% das correntes apresentam direção para NW e 64,9% dos registros apontam intensidades entre 60 e 100 cm/s. Na camada intermediária observa-se o espalhamento das direções, sendo 35,8% dos registros no quadrante NW, 18,2% no quadrante SE e 15,4% no quadrante E. As intensidades médias em cada um destes quadrantes mais frequentes são, respectivamente, 18,8 cm/s, 16,4 cm/s e 14,7 cm/s. Este padrão reflete a região de transição entre a base da Corrente Norte do Brasil e topo da Corrente de Contorno Oeste Profunda. Na camada de fundo observa-se a predominância da CCOP, com 96,3% das direções concentradas entre E e SE e 56,6% das intensidades variando de 15 a 30 cm/s.

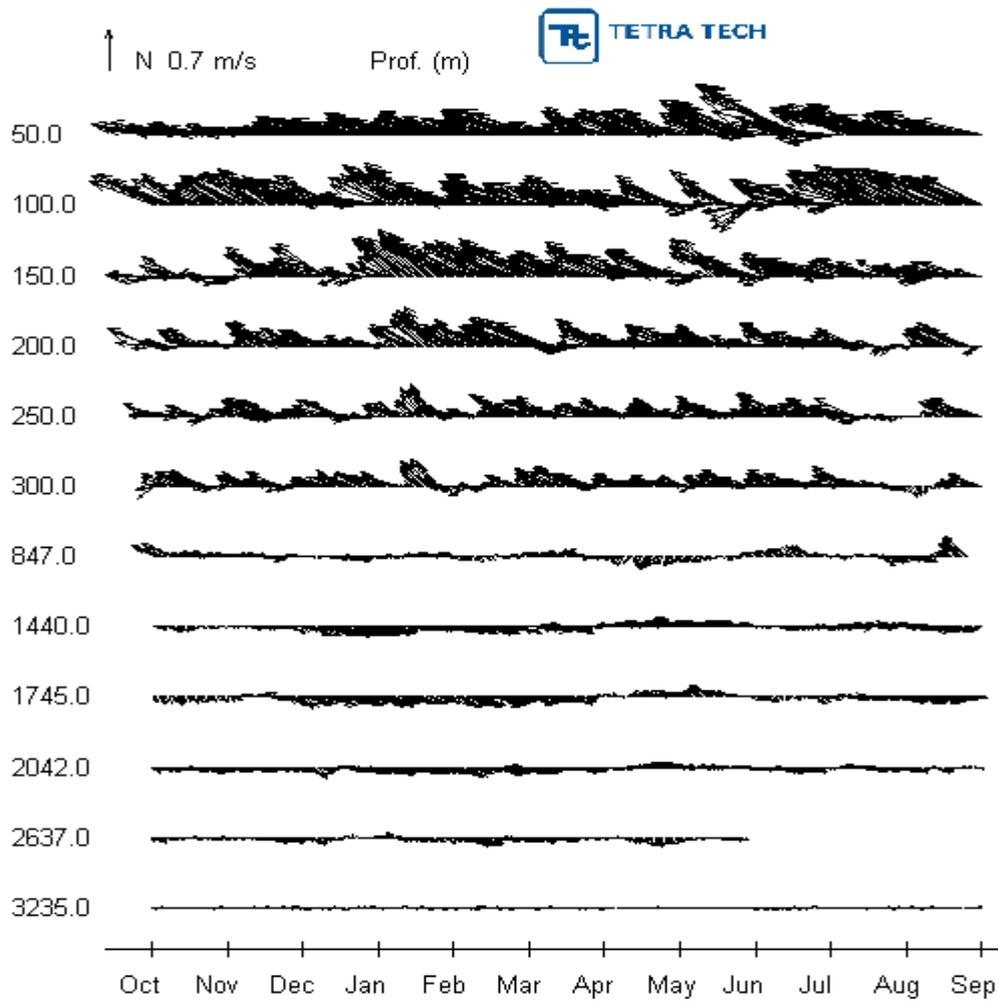


Figura 189 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 12 profundidades 50, 100, 150, 200, 250, 300, 847, 1.440, 1.745, 2.042 e 3.235 entre outubro de 1990 e setembro de 1991, no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE.

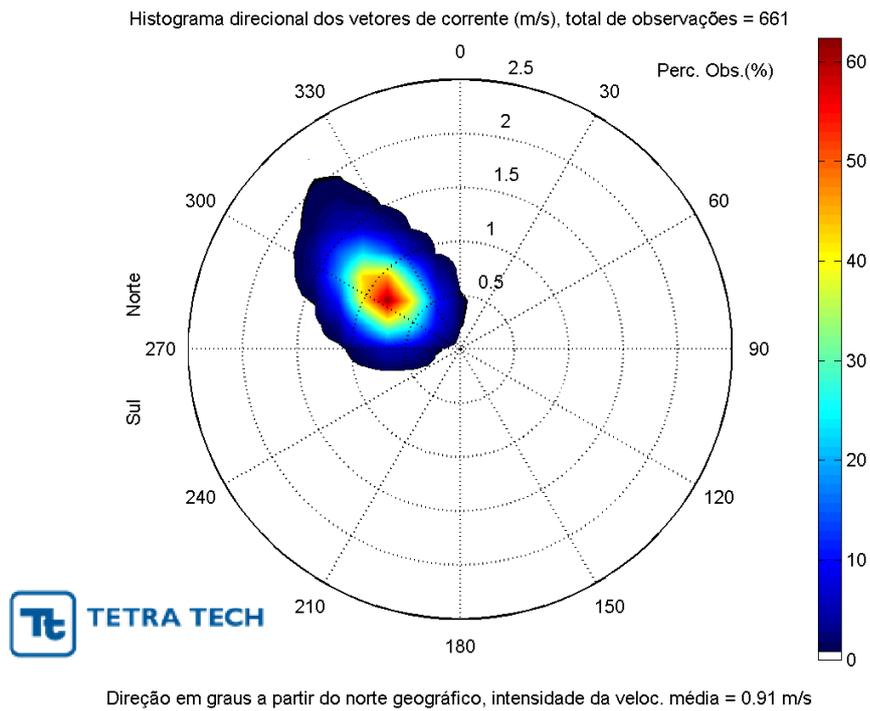


Figura 190 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Tabela 22 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundo K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
20-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
40-60	0	0	0	0	0	0	1	42	43	6,5
60-80	0	0	0	0	0	0	19	181	200	30,3
80-100	0	0	0	0	0	0	2	226	228	34,6
100-120	0	0	0	0	0	0	2	83	85	12,9
120-140	0	0	0	0	0	0	0	78	78	11,8
140-160	0	0	0	0	0	0	0	13	13	2,0
160-180	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0,9
180-200	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0,9
Total	0	0	0	0	0	0	24	635	659	
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	96,4		
Vel.Méd.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	91,6		
Vel.Máx.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	103,2	186,7		

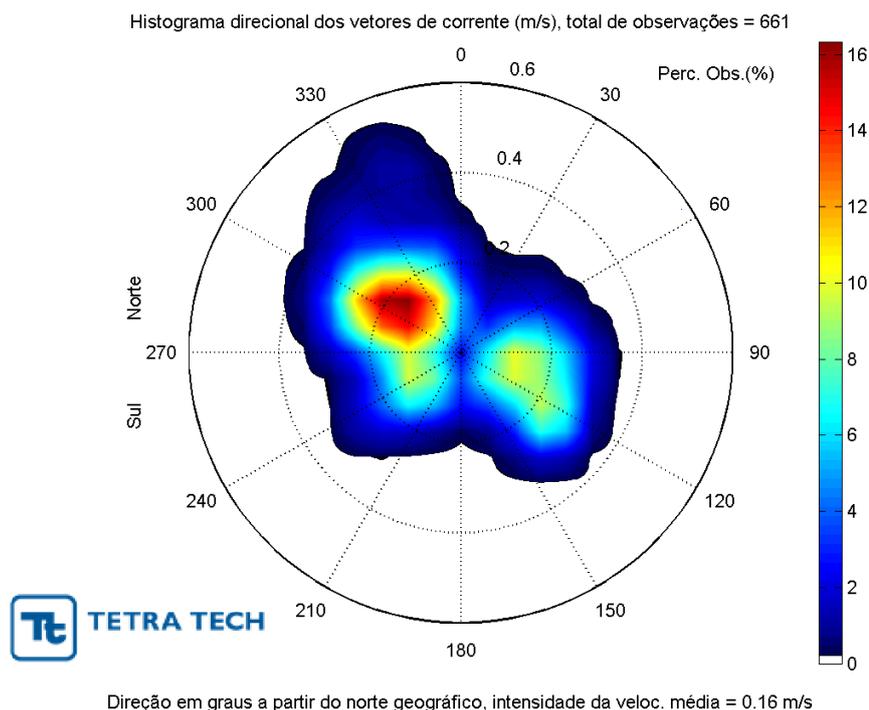


Figura 191 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 847 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Tabela 23 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 847 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-5	0	6	7	12	8	10	9	8	60	9,7
5-10	0	0	20	23	7	21	8	23	102	16,5
10-15	4	2	22	13	1	27	11	33	113	18,3
15-20	1	4	14	15	0	14	20	57	125	20,3
20-25	4	3	26	22	0	6	9	57	127	20,6
25-30	0	0	6	27	0	4	10	19	66	10,7
30-35	0	0	0	0	0	0	0	13	13	2,1
35-40	0	0	0	0	0	0	0	7	7	1,1
40-45	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,3
45-50	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,3
Total	9	15	95	112	16	82	67	221	617	
%	1,5	2,4	15,4	18,2	2,6	13,3	10,9	35,8		
Vel.Méd.	16,5	11,7	14,7	16,4	5,2	12,1	15,3	18,8		
Vel.Máx.	24,0	23,0	26,6	27,4	10,2	26,6	28,9	48,2		

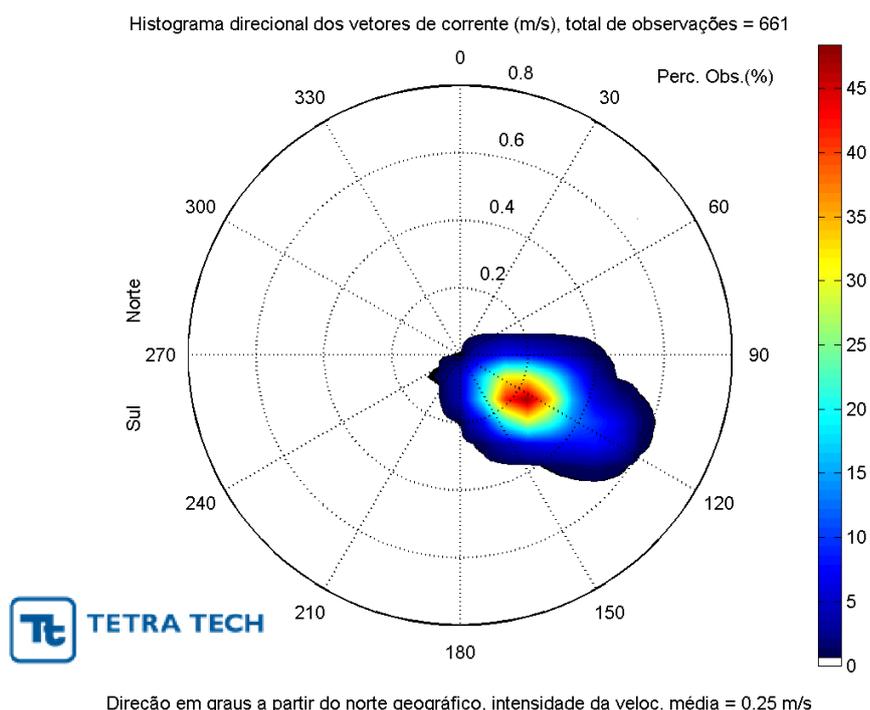


Figura 192 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2.042 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Tabela 24 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundo K340 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2.042 m de profundidade de outubro de 1990 à setembro de 1991.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-10	2	1	3	10	4	1	8	6	35	5,3
10-20	0	0	20	169	1	0	0	0	190	28,7
20-30	0	0	46	209	2	0	0	0	257	38,9
30-40	0	0	43	69	0	0	0	0	112	16,9
40-50	0	0	3	44	0	0	0	0	47	7,1
50-60	0	0	3	17	0	0	0	0	20	3,0
Total	2	1	118	518	7	1	8	6	661	
%	0,3	0,2	17,9	78,4	1,1	0,2	1,2	0,9		
Vel.Méd.	1,9	0,5	27,6	24,9	12,1	5,2	5,4	3,6		
Vel.Máx.	2,3	0,5	54,1	54,9	27,3	5,2	7,8	5,1		

A Figura 193 apresenta as séries temporais de intensidade e direção das correntes medidas entre 1992 e 1994 no fundo K361 do experimento ACM7 do WOCE. As camadas representam as profundidades de 50 m, 101 m, 151 m, 199 m, 430 m, 687 m, 1.483 m, 1.785 m, 2.985 m, 3.785 m e 4.035 m, respectivamente. Observa-se que o fluxo é predominantemente para WNW nas camadas superficiais (50 m), enquanto para as camadas intermediárias (430 m) e profundas (2.985 m) há inversões para SSW.

A Figura 194 à Figura 196 apresentam histogramas direcionais de corrente para o período de coleta de dados entre 29 de outubro de 1992 e 04 de março de 1994, com base nos dados do fundeio K361 do WOCE para cada uma das três camadas. A Tabela 25 à Tabela 27 apresentam os diagramas associados, com a ocorrência conjunta de intensidades e direção.

Na superfície (Figura 194 e Tabela 25) observa-se que a direção de 96,6% das correntes ocorre para NW e W, e 66,7% das intensidades variam entre 20 e 60 cm/s. Na camada intermediária (Figura 195 e Tabela 26) nota-se o espalhamento da direção das correntes, principalmente entre as direções SW (22,1%) e E (14,4%), sendo 42,1% das intensidades registradas entre 5 e 15 cm/s. Na camada de fundo (Figura 196 e Tabela 27) as intensidades apresentam uma desintensificação, onde 80,2% das correntes registradas têm intensidades de até 10 cm/s, com as direções predominantes divididas entre S (15,8%) e E (15,1%).

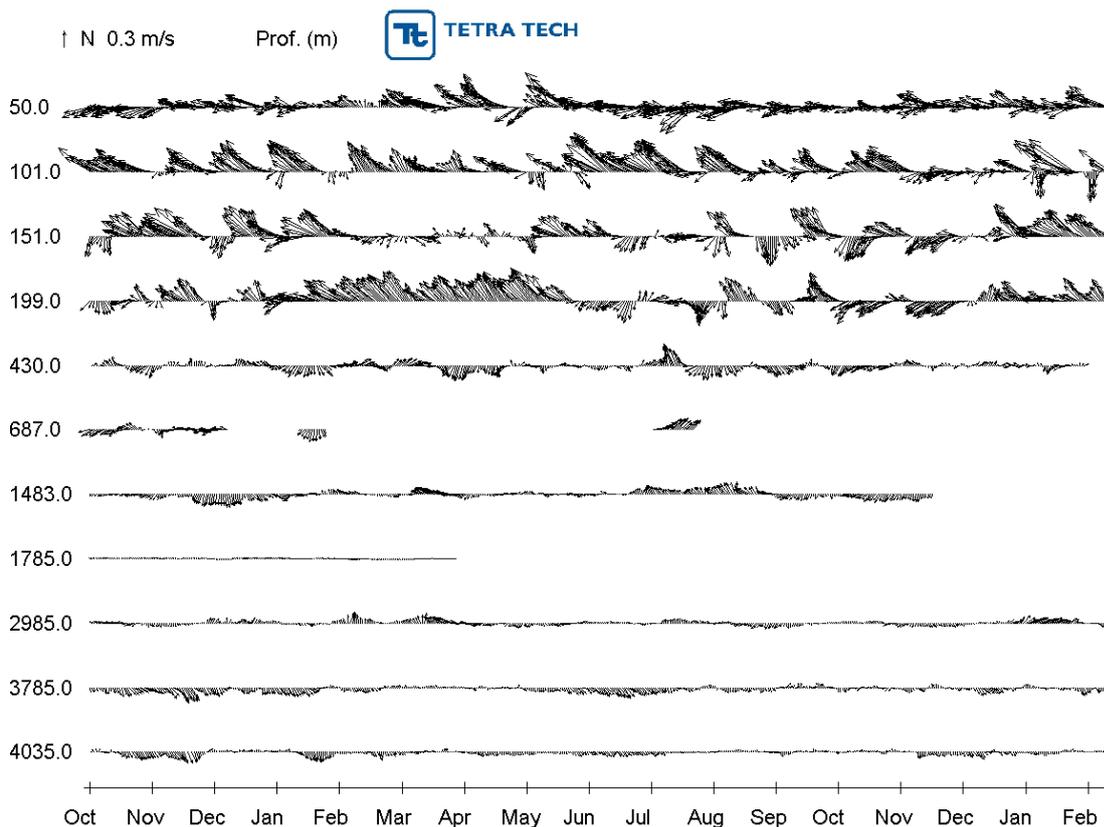


Figura 193 - Séries temporais de intensidade e direção de corrente medidos em 11 profundidades 50, 101, 151, 199, 430, 687, 1.483, 1.785, 2.985, 3.785 e 4.035 entre outubro de 1992 e março de 1994, no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE.

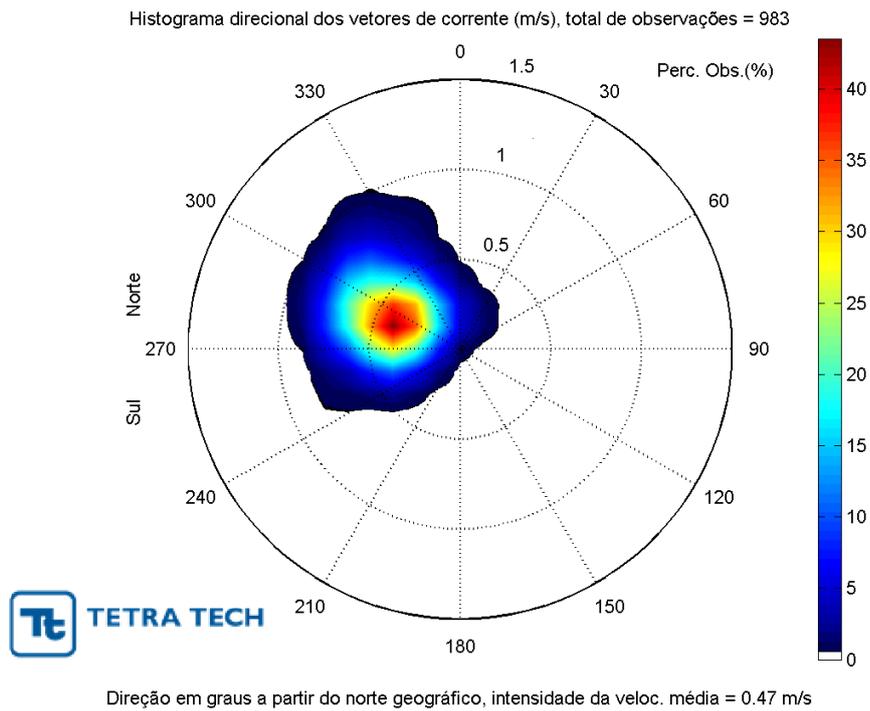


Figura 194 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Tabela 25 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundo K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 50 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-20	15	8	0	0	0	0	18	22	63	6,5
20-40	2	0	0	0	0	2	145	166	315	32,4
40-60	1	0	0	0	0	3	159	171	334	34,3
60-80	0	0	0	0	0	2	100	133	235	24,2
80-100	0	0	0	0	0	0	2	23	25	2,6
100-120	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,1
Total	18	8	0	0	0	7	424	516	973	
%	1,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,7	43,6	53,0		
Vel.Méd.	15,7	10,4	0,0	0,0	0,0	50,6	45,7	47,4		
Vel.Máx.	40,9	16,2	0,0	0,0	0,0	73,7	80,6	103,4		

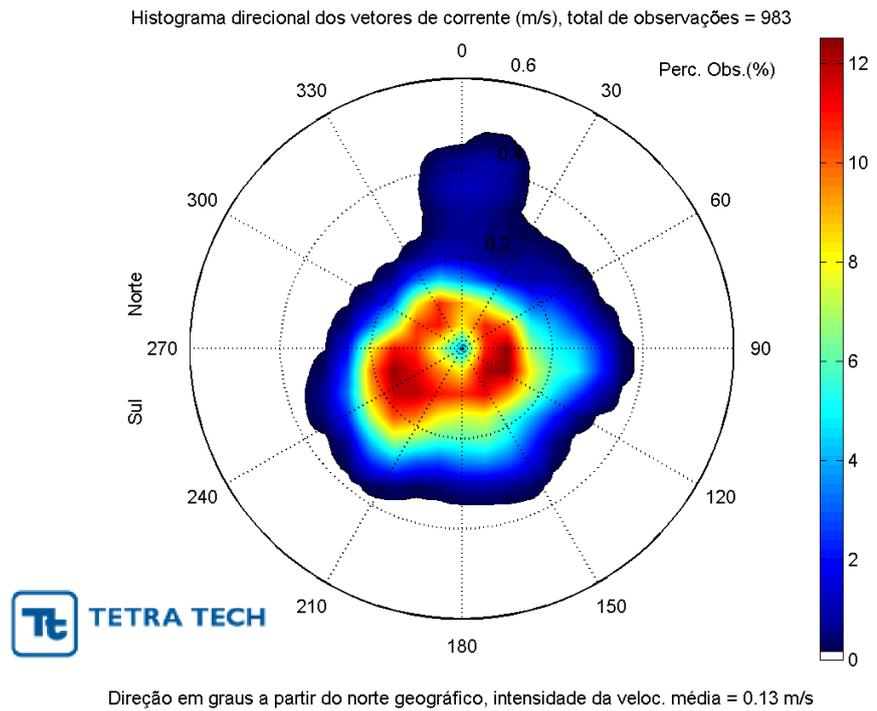


Figura 195 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 430 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Tabela 26 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundeio K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 430 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-5	14	19	15	17	24	28	11	25	153	16,4
5-10	8	37	34	36	21	37	19	29	221	23,7
10-15	12	15	18	24	21	26	23	33	172	18,4
15-20	2	1	24	21	19	39	49	7	162	17,4
20-25	2	6	22	22	31	46	15	0	144	15,4
25-30	2	2	21	7	4	28	2	0	66	7,1
30-35	3	0	0	0	0	2	0	0	5	0,5
35-40	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0,6
40-45	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0,4
Total	53	80	134	127	120	206	119	94	933	
%	5,7	8,6	14,4	13,6	12,9	22,1	12,8	10,1		
Vel.Méd.	16,4	8,9	14,6	12,6	13,2	15,4	14	8,4		
Vel.Máx.	42,1	25,8	29,1	29,4	27,1	31,5	26,5	18,4		

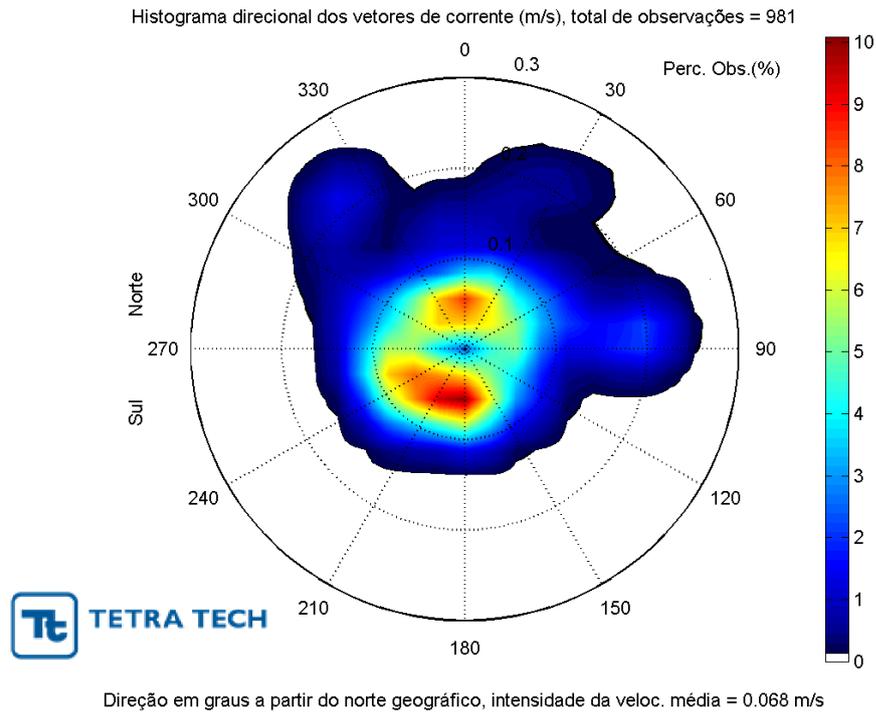


Figura 196 - Histograma direcional dos vetores de corrente no fundo K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2985 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Tabela 27 - Tabela de ocorrência conjunta de corrente no fundo K361 do experimento ACM7 do WOCE, medidos a 2985 m de profundidade entre outubro de 1992 a março de 1994.

Vel. (cm/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0-5	66	47	61	37	82	27	27	38	385	40,4
5-10	35	35	24	25	69	82	65	44	379	39,8
10-15	12	14	22	6	0	16	22	15	107	11,2
15-20	7	5	21	0	0	0	0	11	44	4,6
20-25	1	6	16	0	0	0	0	15	38	4,0
Total	121	107	144	68	151	125	114	123	953	
%	12,7	11,2	15,1	7,1	15,8	13,1	12,0	12,9		
Vel.Méd.	5,8	6,9	8,8	4,7	4,6	6,6	6,9	9,1		
Vel.Máx.	20,3	23,3	22,2	11,0	9,7	12,9	14,2	22,0		

Os perfis verticais das intensidades das correntes registradas pelas boias k327, k328, k340 e k361 do experimento ACM7 do WOCE são apresentados em *boxplots*, respectivamente na Figura 197 à Figura 200, onde cada uma das caixas representa uma profundidade e a linha vermelha representa a intensidade média das correntes. Observa-se que quanto mais próximas da superfície, mais intensas são as correntes e maiores são as variabilidades. As intensidades próximas à superfície correspondem ao Ramo Norte da

Corrente do Brasil, como discutido anteriormente nos subitens 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3, e apresentado na Figura 183, Figura 185, Figura 189 e Figura 193.

A diminuição da variabilidade com a profundidade é associada à diminuição da influência do vento sobre a circulação que atua apenas na camada de Ekman de superfície (PEDLOSKY, 1982), aproximadamente nos 100 primeiros metros, o que justifica a maior amplitude dos desvios-padrão e do número de *outlayers* em comparação às medições de correntes mais profundas.

De modo geral, os quatro fundeios apresentam o registro da Corrente Norte do Brasil na superfície, com intensidades próximas a 1 m/s e direção de NW. Já para as camadas de fundo, são observadas direções para SE com intensidades próximas a 0,1 m/s, correspondentes à Corrente de Contorno Oeste Profunda. Nas camadas intermediárias encontramos as regiões de transição entre os padrões de superfície e fundo. Esta diferença de intensidade entre CNB e CCOP reflete o tipo de circulação à qual elas fazem parte, enquanto a primeira é forçada pelo vento, a segunda faz parte da circulação termohalina. A justificativa para as diferenças de intensidades é associada ao fato do vento transferir muito mais energia para a água do que a capacidade de movimento devido à diferença de densidade (resultante da temperatura e salinidade).

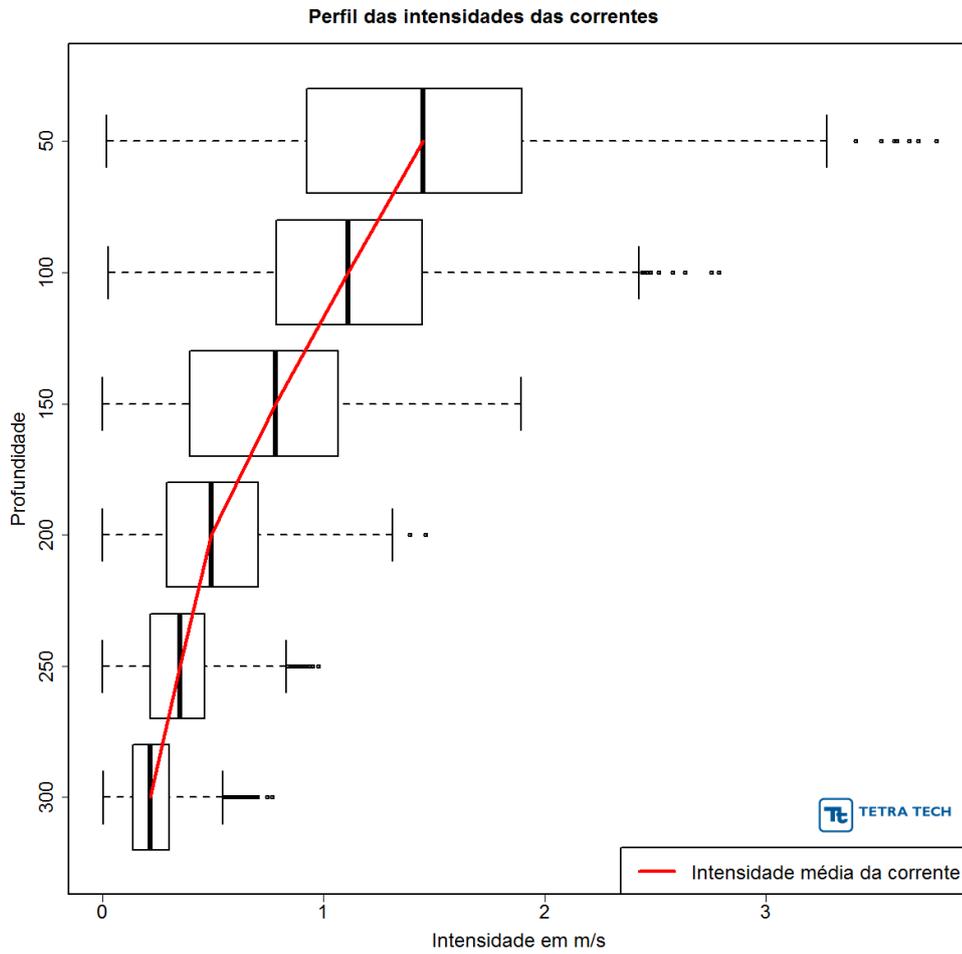


Figura 197 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k327 do experimento ACM7 do WOCE entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

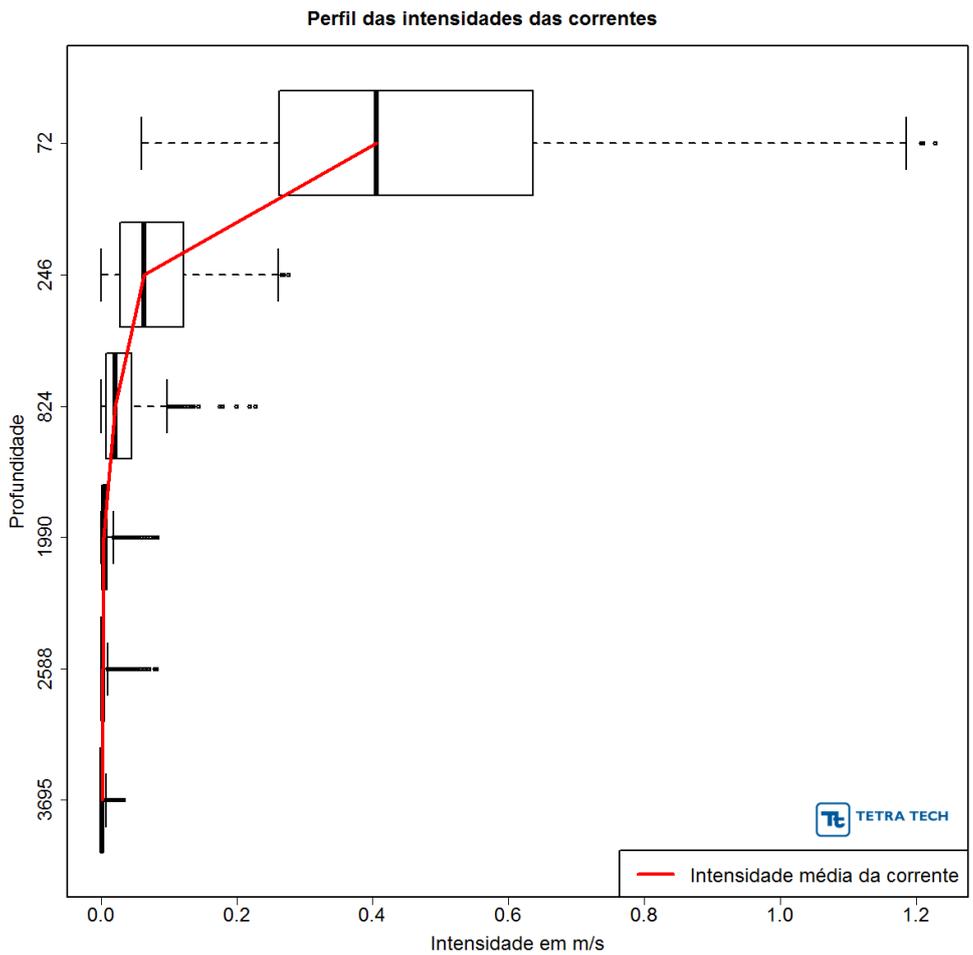


Figura 198 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k328 do experimento ACM7 do WOCE entre setembro de 1989 e outubro de 1990.

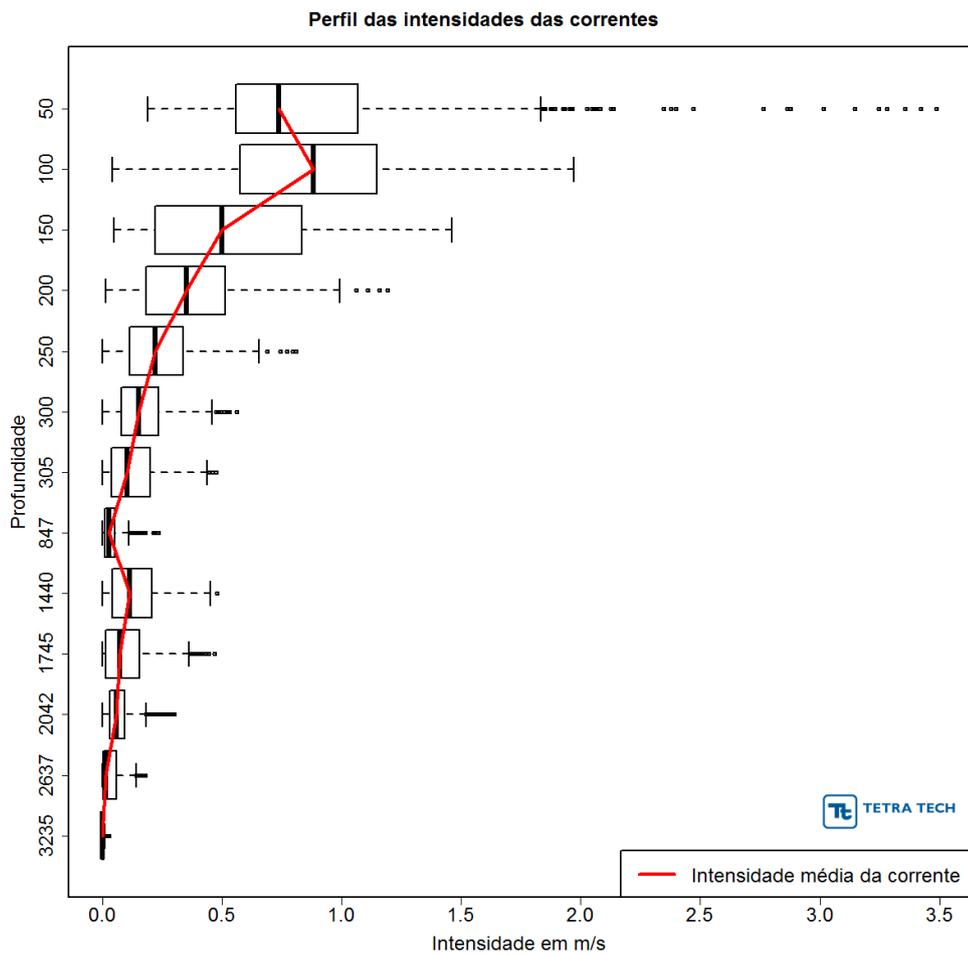


Figura 199 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k340 do experimento ACM7 do WOCE entre outubro de 1990 a setembro de 1991.

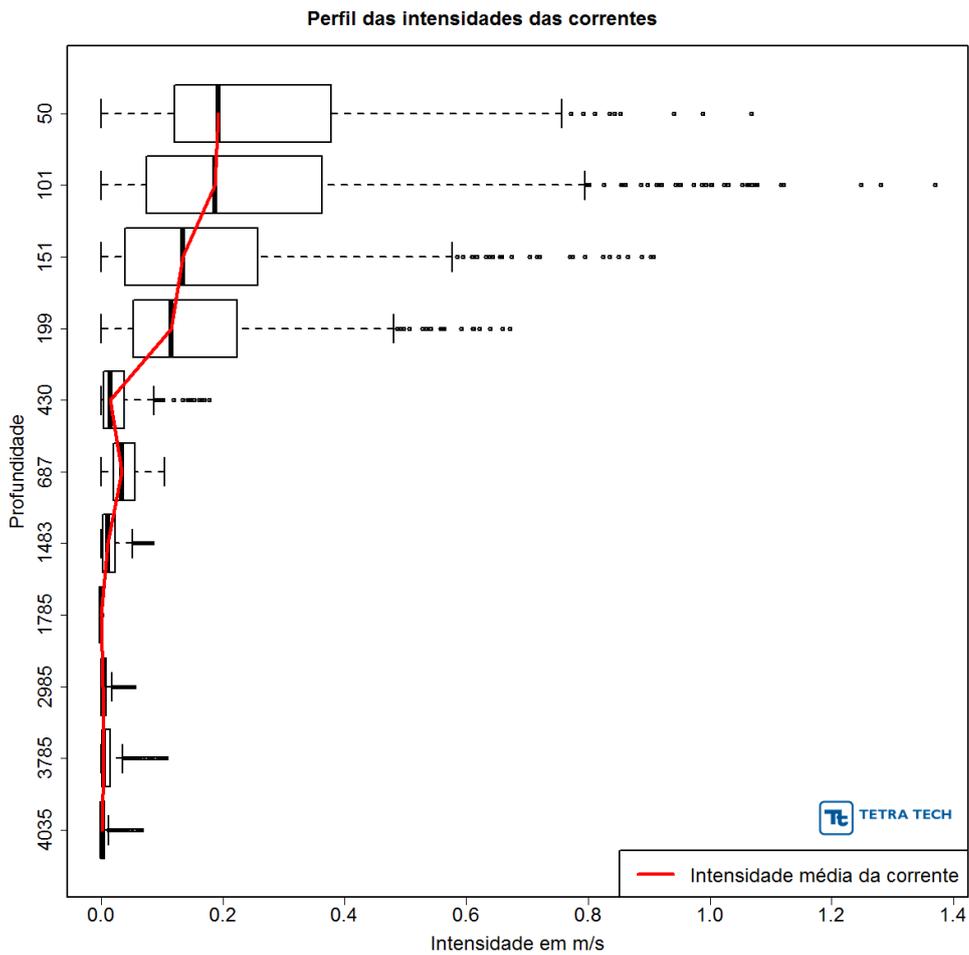


Figura 200 - Perfil vertical da variabilidade das intensidades de correntes da boia k361 do experimento ACM7 do WOCE entre outubro de 1992 a março de 1994.

3.4. REGIME DE MARÉS

Para análise do regime de maré foram utilizados três pontos ao longo da área de estudo. Os dados para os pontos do Porto Luís Correia, plataforma JP-15 e Porto de Tutóia foram retirados da FEMAR (Tabela 28 à Tabela 30, respectivamente). Os conjuntos de dados oferecem informações sobre as constantes harmônicas, médias de sizígia e quadratura.

Tabela 28 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas do Porto Luiz Correia.FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação :		LUIZ CORREIA (PORTO) – PI			
Localização :		No enrocamento do porto			
Organ. Responsável :		INPH / AHINOR / DHN			
Latitude :		02° 51,1' S	Longitude :		41° 38,7' W
Período Analisado :		04/02/84 a 03/02/85		Nº de Componentes : 51	
Análise Harmônica :		Método Almirante Santos Franco			
Classificação :		Maré Semidiurna.			
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		V H 06 min	Nível Médio (Zo):		171 cm acima do NR.
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		311 cm acima do NR.	Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :		242 cm acima do NR.
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		31 cm acima do NR.	Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :		100 cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	5,9	177	MU ₂	5,1	106
Ssa	-	-	N ₂	22,2	124
Mm	-	-	NU ₂	4,1	119
Mf	-	-	M ₂	105,6	139
MTM	-	-	L ₂	2,9	140
Msf	-	-	T ₂	2,2	148
Q ₁	1,3	176	S ₂	34,4	159
O ₁	7,8	192	K ₂	9,8	156
M ₁	0,7	191	MO ₃	-	-
P ₁	2,5	232	M ₃	1,5	170
K ₁	9,1	217	MK ₃	0,5	203
J ₁	0,6	186	MN ₄	-	-
OO ₁	-	-	M ₄	1,1	126
MNS ₂	1,0	077	SN ₄	0,3	128
2N ₂	3,1	116	MS ₄	2,1	149
Referências de Nível: NR (AHINOR/INPH) fixada na passarela localizada no enrocamento próximo à estação maregráfica.					
Obs: Outros Períodos: 30/05/75 a 30/06/75 ; 10/02/62 a 13/03/62 . O INPH dispõe de outras observações Consta das Tábuas das Marés.					

Código BNDO: 30225

- 84 -

Tabela 29 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas da Plataforma JP-15.

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : JP-15 (Plataforma) – MA					
Localização : Baía de São Marcos, no início do canal de acesso ao Terminal da Ponta da Madeira (CVRD)					
Organ. Responsável : DHN					
Latitude : 01° 52,2' S		Longitude : 43° 57,1' W			
Período Analisado : 27/05/80 a 27/06/80			Nº de Componentes : 23		
Análise Harmônica : Método Almirante Santos Franco					
Classificação : Maré Semidiurna.					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		V H 55 min		Nível Médio (Zo): 226 cm acima do NR.	
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		408 cm acima do NR.		Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : 326 cm acima do NR	
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		45 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : 127 cm acima do NR.	
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	9,5	241
Ssa	-	-	N ₂	33,6	141
Mm	-	-	NU ₂	6,4	144
Mf	-	-	M ₂	140,5	162
MTM	-	-	L ₂	18,4	210
Msf	-	-	T ₂	2,4	203
Q ₁	-	-	S ₂	41,2	205
O ₁	9,4	176	K ₂	11,2	209
M ₁	-	-	MO ₃	-	-
P ₁	2,5	219	M ₃	-	-
K ₁	7,6	223	MK ₃	-	-
J ₁	-	-	MN ₄	-	-
OO ₁	-	-	M ₄	-	-
MNS ₂	-	-	SN ₄	-	-
2N ₂	4,4	120	MS ₄	-	-
Referências de Nível: Não foram implantadas					
Obs: Não há referências a outros períodos. Maré observada de plataforma oceânica, posteriormente retirada					

Código BNDO: 30122

Tabela 30 - Descrição das componentes harmônicas e médias das sizígias e quadraturas do Porto de Tutóia.FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR *Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras*

Nome da Estação : TUTÓIA (PORTO) – MA					
Localização : NoCais do Porto.					
Organ. Responsável : DHN					
Latitude : 02° 45,9' S		Longitude : 42 ° 14,8' W			
Período Analisado : 26/06/59 a 27/07/59			N° de Componentes : 33		
Análise Harmônica : Método Tidal Liverpool Institute					
Classificação : Maré Semidiurna.					
Estabelecimento do Porto: (HWF&C)		V H 33 min		Nível Médio (Zo): 166 cm acima do NR.	
Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :		315 cm acima do NR.		Média das Preamares de Quadratura (MHWN) : 241 cm acima do NR	
Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :		16 cm acima do NR.		Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) : 91 cm acima do NR.	
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU ₂	5,4	184
Ssa	-	-	N ₂	23,2	136
Mm	7,0	032	NU ₂	4,5	136
Mf	-	-	M ₂	112,4	151
MTM	-	-	L ₂	4,4	163
Msf	5,1	073	T ₂	2,2	180
Q ₁	1,6	158	S ₂	37,3	180
O ₁	7,6	207	K ₂	10,2	180
M ₁	1,1	275	MO ₃	1,0	156
P ₁	2,8	212	M ₃	1,9	216
K ₁	8,4	212	MK ₃	0,9	245
J ₁	0,1	199	MN ₄	0,1	321
OO ₁	2,4	230	M ₄	0,4	291
MNS ₂	-	-	SN ₄	0,9	343
2N ₂	3,1	121	MS ₄	2,2	197
Referências de Nível: RN-1 situado na soleira do Paiol do Balizamento.					
Obs: Outros Períodos: 06/05/75 a 06/06/75. O INPH dispõe de outros períodos Consta das Tábuas das Marés					

Código BNDO: 30140

- 82 -

A maré na área de estudo foi classificada de acordo com a razão entre as duas maiores amplitudes das componentes diurnas e semidiurnas, conforme apresentado na equação abaixo:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{S_2 + M_2}$$

Para Tutóia, Luís Correia e a plataforma JP-15, todos os valores foram próximos de zero (0,10; 0,12 e 0,09, respectivamente) indicando domínio das amplitudes das componentes semidiurnas S_2 e M_2 . Portanto a maré da região dos blocos de Barrerinhas é dominada por componentes semidiurnas.

Quando comparadas, as componentes semidiurnas lunar (M_2) e solar (S_2), evidenciam o domínio da primeira sobre a segunda já que a amplitude da M_2 é, pelo menos, duas vezes maior do que da componente S_2 para a região em questão.

No âmbito da maré dominada pela componente semidiurna lunar, a Figura 201 e Figura 202 apresentam a distribuição horizontal de amplitude e fase, respectivamente, para a componente M_2 , com base em dados de produtos altimétricos produzidos por Ssalto/Ducas e distribuídos pela AVISO.

A amplificação da maré causada por efeitos ressonantes e de co-oscilação sobre a plataforma continental (CLARKE & BATTISTI, 1981) é evidenciado na Figura 201, o que é constatado pela brusca alteração da fase nas proximidades da costa norte do Brasil (Figura 202).

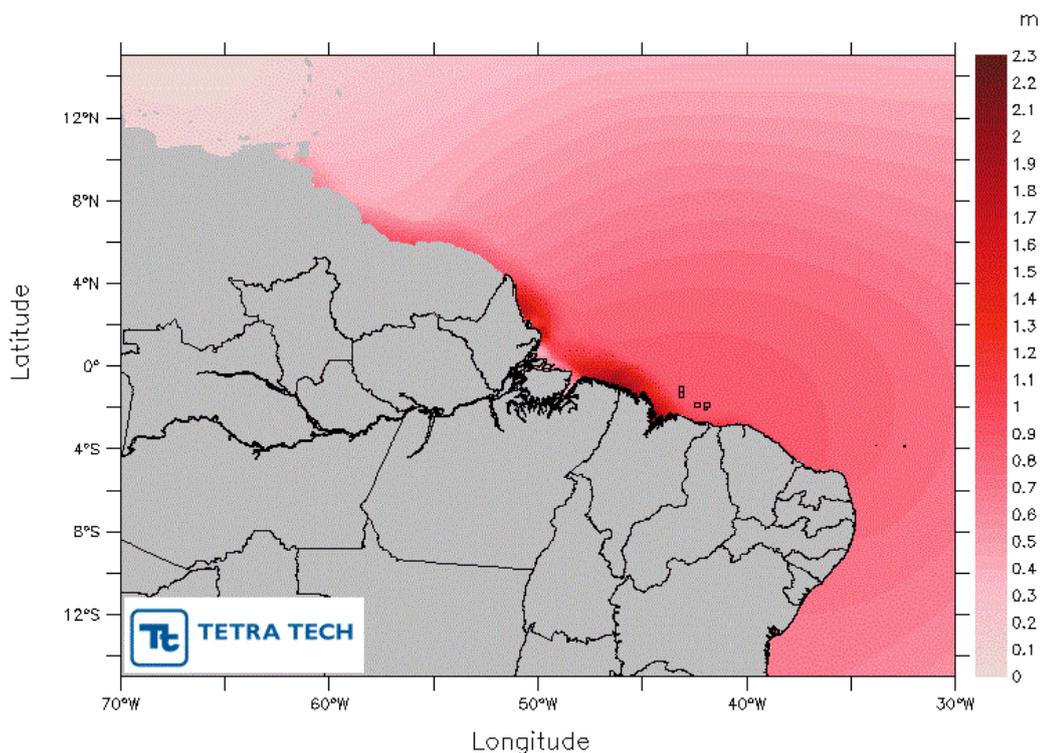


Figura 201 - Mapa cotidal de amplitude para a componente harmônica M_2

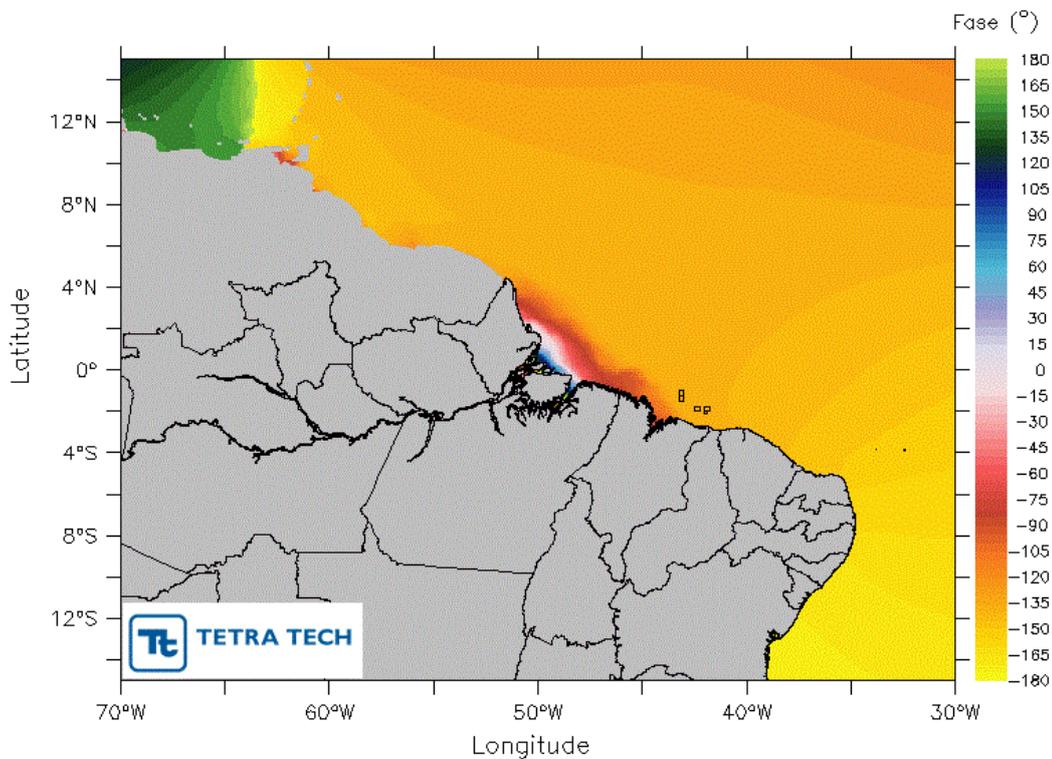


Figura 202 - Mapa cotidal de fase para a componente harmônica M_2 .

Para a caracterização da variabilidade anual apresenta-se a elevação da superfície do mar (sem o efeito de maré astronômica), a partir de dados da reanálise do CFSR entre 1979 a 2010 sobre a região dos blocos (Figura 203).

O nível do mar apresenta um ciclo sazonal bem definido, onde as maiores alturas ocorrem na primavera e as menores, no outono. Este fato é associado ao regime de ventos, que ocorrem mais intensamente e perpendicular à costa na primavera, causando um maior empilhamento de água e conseqüentemente aumentando o nível médio do mar. No outono são observados ventos predominantemente de direção leste e com menor intensidade, o que resulta em menor empilhamento e menor nível médio do mar.

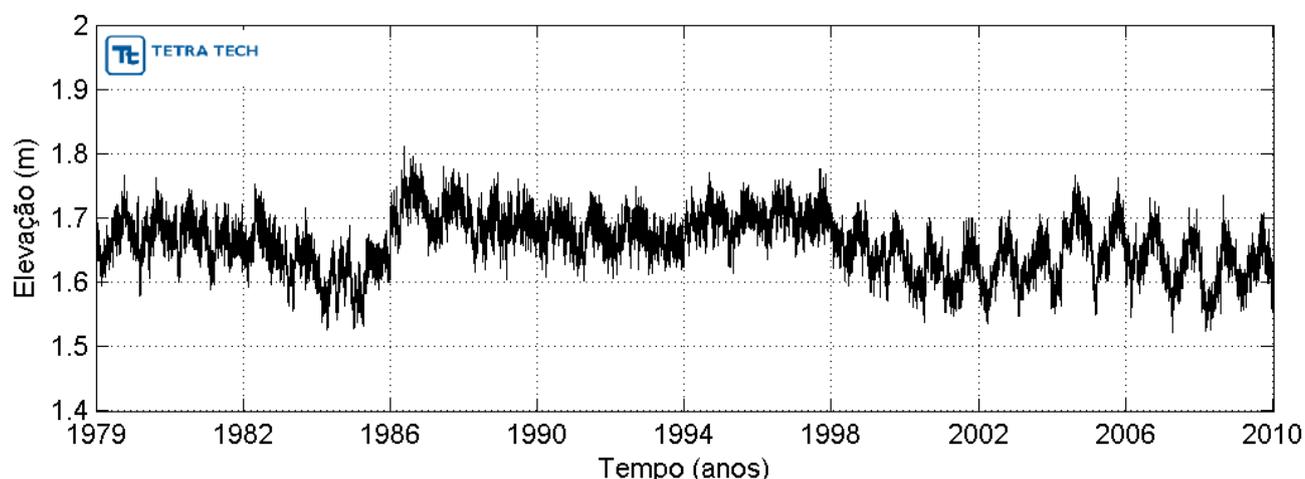


Figura 203 - Série temporal da elevação da superfície do mar para a região dos blocos.

3.5. REGIME DE ONDAS

As ondas superficiais de gravidade são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar, exercendo papel preponderante na determinação das feições costeiras. As ondas presentes em um determinado local, próximo à costa ou em mar aberto, podem ser classificadas como vagas e marulhos (ou ondulações). Vagas são ondas que ainda estão na zona de geração, sendo capazes de receber energia do vento. O marulho é composto por ondas que, ou se propagaram para fora da zona de geração original ou não são mais capazes de receber energia do vento. Os termos em inglês para vaga e marulho são *windsea* (ou *sea*) e *swell*, respectivamente, sendo amplamente utilizados.

A caracterização do estado do mar é feita em função de três parâmetros principais: altura significativa (H_s), direção e período de pico (T_p). A altura significativa é uma medida estatística e se refere ao valor da média do terço de ondas com maior altura, ou seja, para calculá-lo divide-se o registro de ondas, baseado nos valores de altura significativa, em três partes iguais e calcula-se a média do terço superior. Corresponde, aproximadamente, à altura relatada por um observador experiente, no caso de um marulho (WRIGHT, 2000).

Segundo Candella (1997), as principais ondas presentes no Atlântico Sul são geradas nas médias e altas latitudes, por tempestades originadas nos centros de baixa pressão que vêm da Antártica, associados às frentes frias. As condições atmosféricas no Atlântico Sul, especialmente nas latitudes menores que 40° S, não são tão severas quanto no mar do Norte ou mesmo no Pacífico, onde ocorrem grandes tempestades e furacões.

O que caracteriza o clima de ondas em uma região são os ventos originados no oceano. No Atlântico Sul estes ventos são controlados por três sistemas atmosféricos: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), localizada mais ao norte do Brasil e responsável pelos ventos alísios; a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), centro de alta pressão sobre o oceano; e Anticiclones Polares Migratórios (APM), centros de baixa pressão responsáveis pela passagem dos sistemas frontais (TESSLER & GOYA, 2005).

Além dos ventos, para caracterizar o clima de ondas na costa brasileira, deve-se levar em conta o desenho da costa. Existem basicamente duas direções predominantes: nordeste/sudoeste do Chuí (RS) ao Cabo Calcanhar (RN), e noroeste/sudeste do Cabo Calcanhar (RN) até o Oiapoque (AP) (TESSLER & GOYA, op. cit.). Sendo assim, pode-se dividir a costa brasileira em setores, onde o comportamento das ondas incidentes apresenta características semelhantes.

O trabalho de Pianca *et al.* (2010) divide a costa brasileira em seis setores ao longo da quebra da plataforma continental para caracterizar o clima de ondas incidentes (Figura 204). Eles utilizaram uma série temporal de onze anos (1997 – 2007) obtida a partir de uma reanálise dos resultados de onda do modelo WAVEWATCH III (WW3) (TOLMAN, 1999).

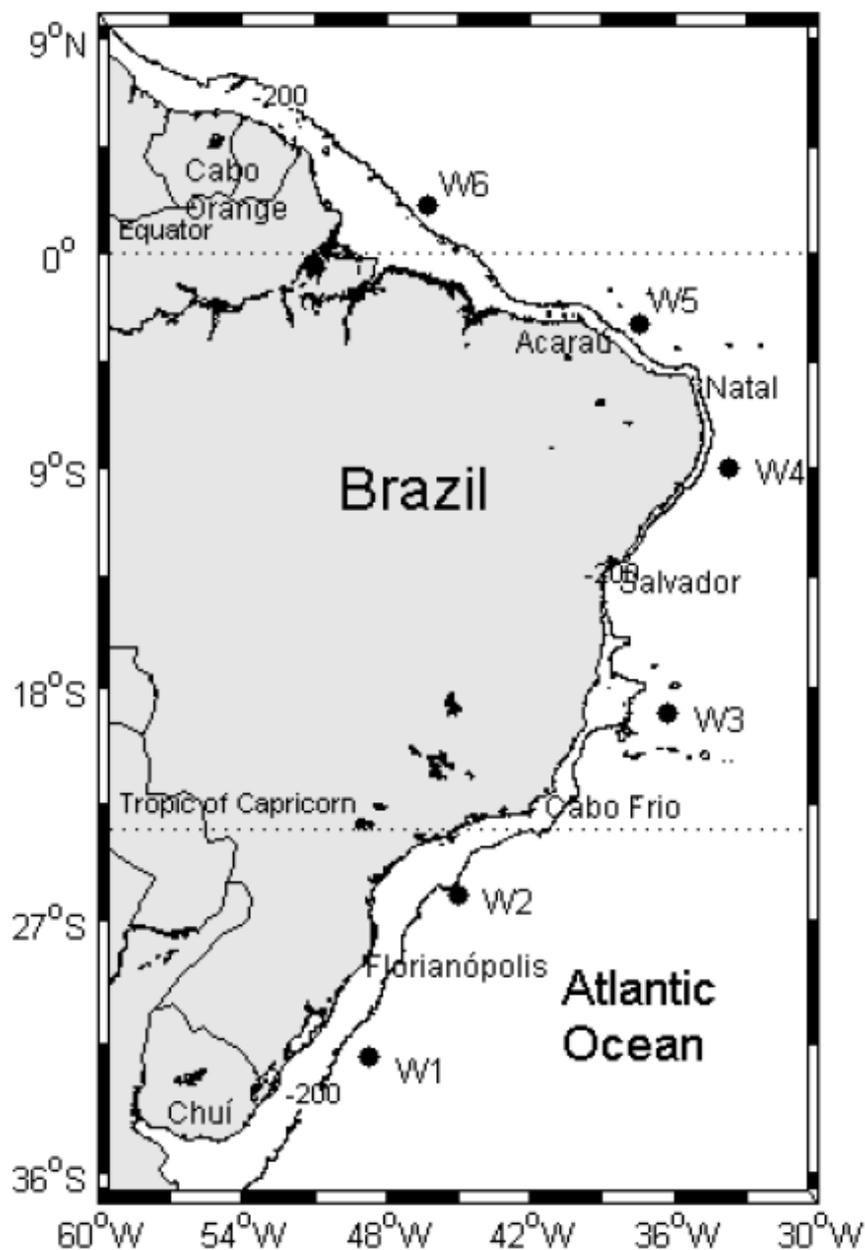


Figura 204 - Localização dos pontos utilizados em Pianca et al. (2010) para caracterizar o clima de ondas da costa brasileira.

A região de estudo se encontra no setor nordeste com ondas provenientes de leste e sudeste, geradas pela ZCIT. O verão é a época do ano em que as ondas possuem mais energia, atribuído a variabilidade sazonal da ZCIT.

O clima de ondas na região de estudo apresenta as seguintes características sazonais (PIANCA et al., op. cit.):

- Verão: ondas predominantemente de norte a leste com alturas variando entre 1,0 m e 3,0 m e períodos entre 6 s e 10 s.
- Outono: ondas predominantemente de leste, com altura variando entre 1,0 m e 2,0 m e períodos entre 6 s e 8 s.
- Inverno: ondas predominantes de sudeste, com alturas variando entre 2,0 m e 3,0 m e períodos entre 6 s a 8 s.
- Primavera: ondas predominantes de leste, com alturas entre 1,0 m a 3,0 m e períodos entre 6 s e 8 s.

A Figura 205 ilustra os resultados citados acima.

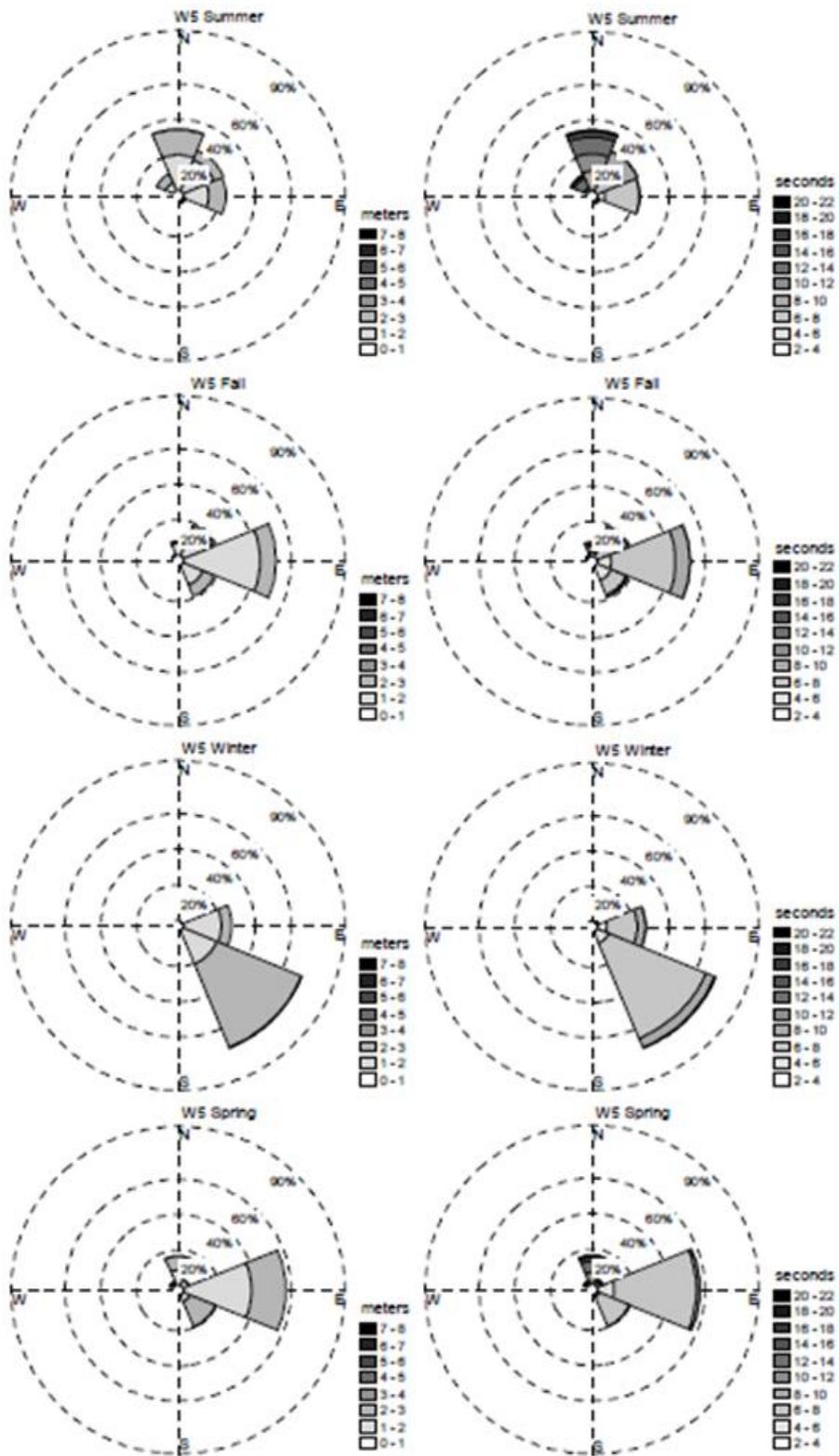


Figura 205 - Histogramas direcionais das características sazonais das ondas para o trecho N-NE da costa brasileira (ponto W5). As legendas dos histogramas à esquerda correspondem à altura de onda, em metros. As legendas dos histogramas à direita são referentes ao período de pico em segundos (Fonte: PIANCA et al., 2010).

Conforme as ondas se propagam de águas profundas para águas mais rasas, alguns de seus parâmetros podem ser alterados pela interação com o fundo oceânico e/ou com ilhas. Esse tipo de interação pode causar refração nas ondas e alterar a direção de propagação das mesmas em virtude de mudanças na velocidade. Tal mudança de direção de propagação das ondas atua focalizando ou espalhando a energia transportada pelo trem de ondas, conseqüentemente, podendo gerar aumento ou diminuição da altura significativa, respectivamente.

Para caracterizar o regime de ondas na região foram utilizadas séries temporais de dados obtidos a partir dos resultados gerados pelo modelo WAVEWATCH III (WW3), implementado pela TETRA TECH. Este banco de dados é constituído por campos de onda para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2010. Foram elaborados mapas de altura significativa, período e direção das ondas (Figura 206 à Figura 209) e mapas indicativos da refração (Figura 210 à Figura 213), além de elaborados histogramas direcionais para cinco pontos, localizados sobre a posição dos blocos BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344, BAR-388 (respectivamente Figura 214 à Figura 218).

Os campos médios de onda apresentados da Figura 206 à Figura 209 representam as quatro estações anteriormente definidas, com vetores apontando a direção de incidência e magnitude da altura significativa de onda, sobrepostos ao campo de período de pico de onda. Observa-se que a variação das ondas incidentes corresponde às migrações meridionais da Zona de Convergência Intertropical, como discutido por Pianca *et al.* (2010). As ondas incidentes sobre a região de estudo apresentam períodos maiores na primavera e verão, enquanto as de menor período são observadas nos períodos de outono e inverno.

Devido à ampla largura da plataforma continental, constata-se que as ondas incidentes na região dos blocos sofrem alteração de direção devido ao processo de refração, o que restringe as direções de onda da região entre os quadrantes norte e leste.

Os campos de direção de ondas são apresentados da Figura 210 à Figura 213, onde as linhas de correntes representam o percurso realizado pelos trens de ondas, as cores representam a direção (em graus) e as linhas pontilhadas indicam a batimetria. Para ondas oriundas de norte e nordeste (na porção norte dos mapas), a refração (alteração da direção) é muito pequena ou até mesmo nula. Para ondas oriundas de leste (na porção sudeste dos mapas), a proximidade com a costa causa uma refração do trem de ondas para nordeste.

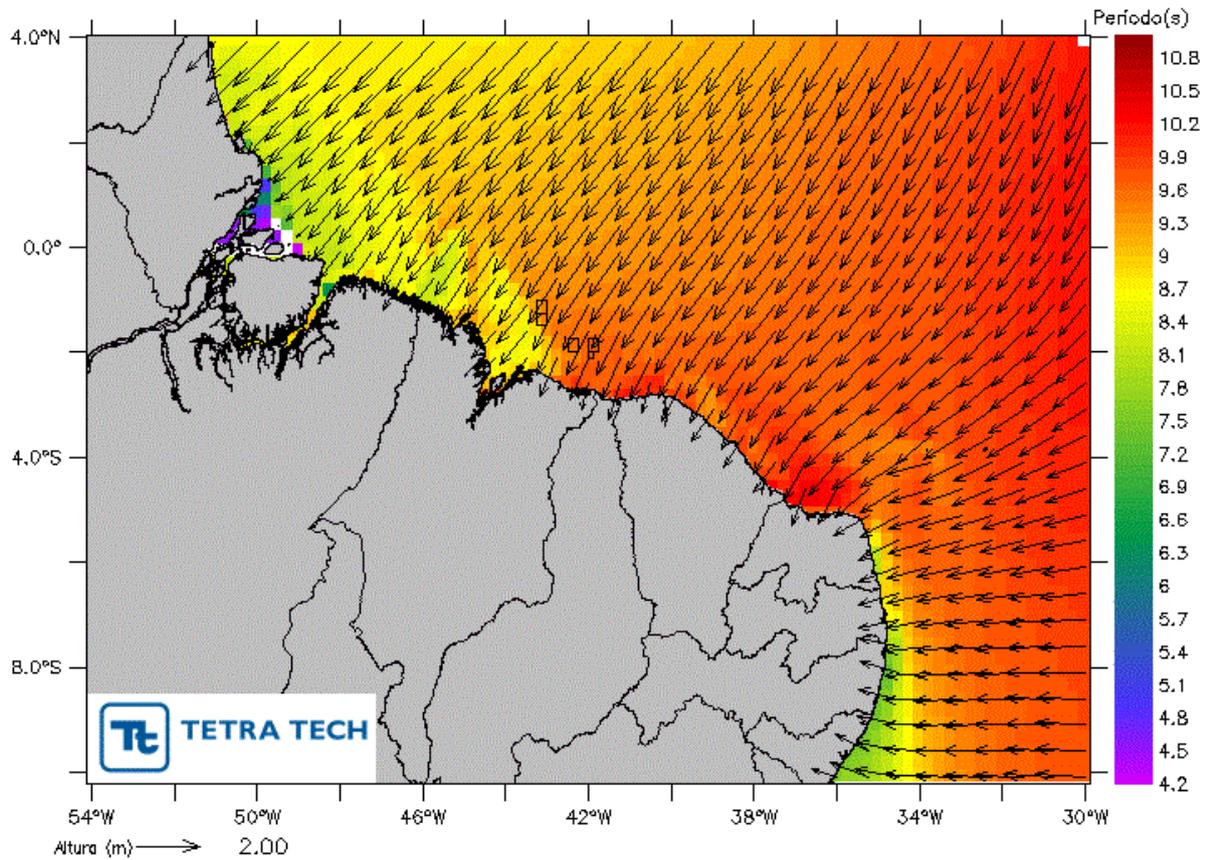


Figura 206 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de verão.

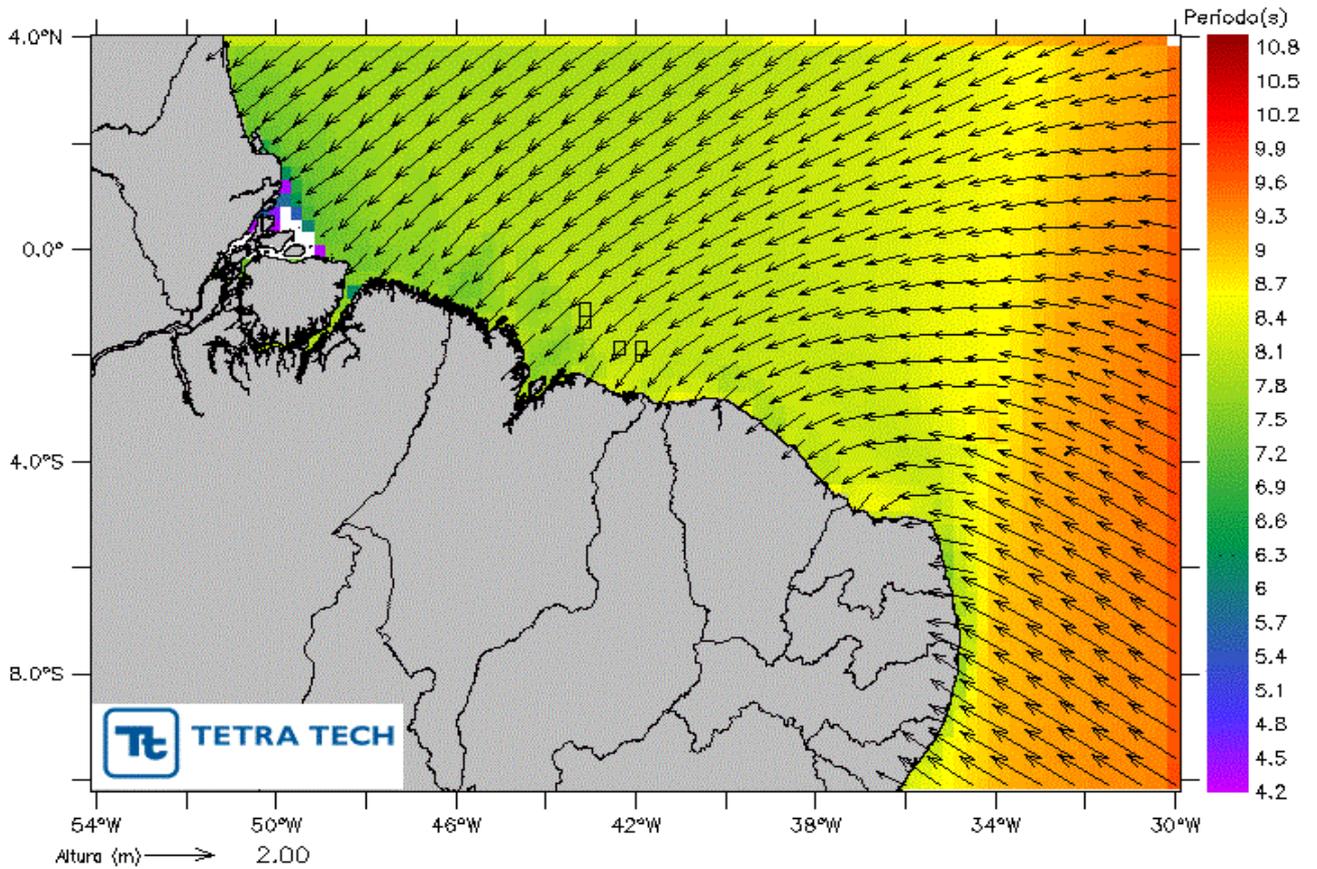


Figura 207 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de outono.

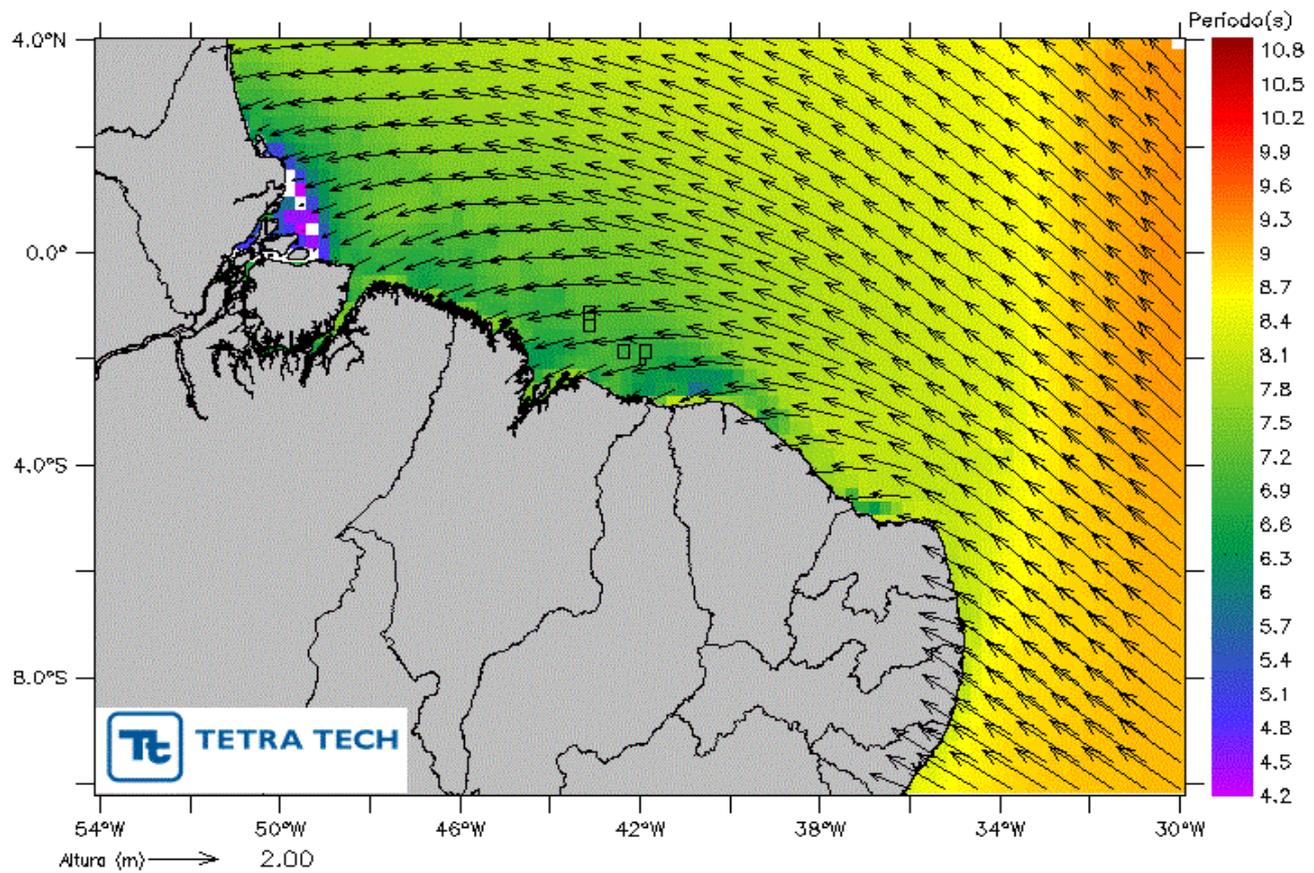


Figura 208 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de inverno.

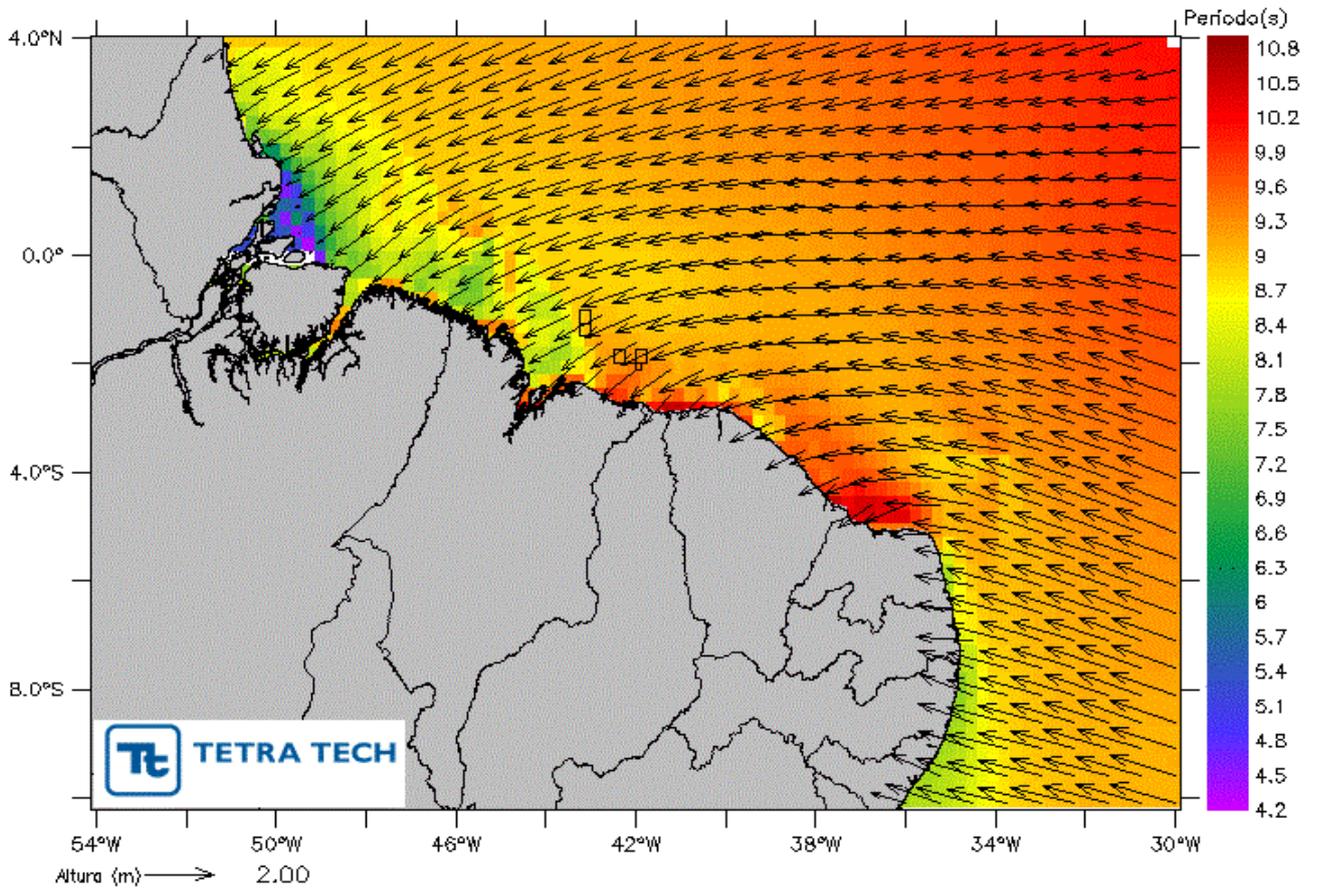


Figura 209 - Campo de ondas com altura significativa, período e direção para o período de primavera.

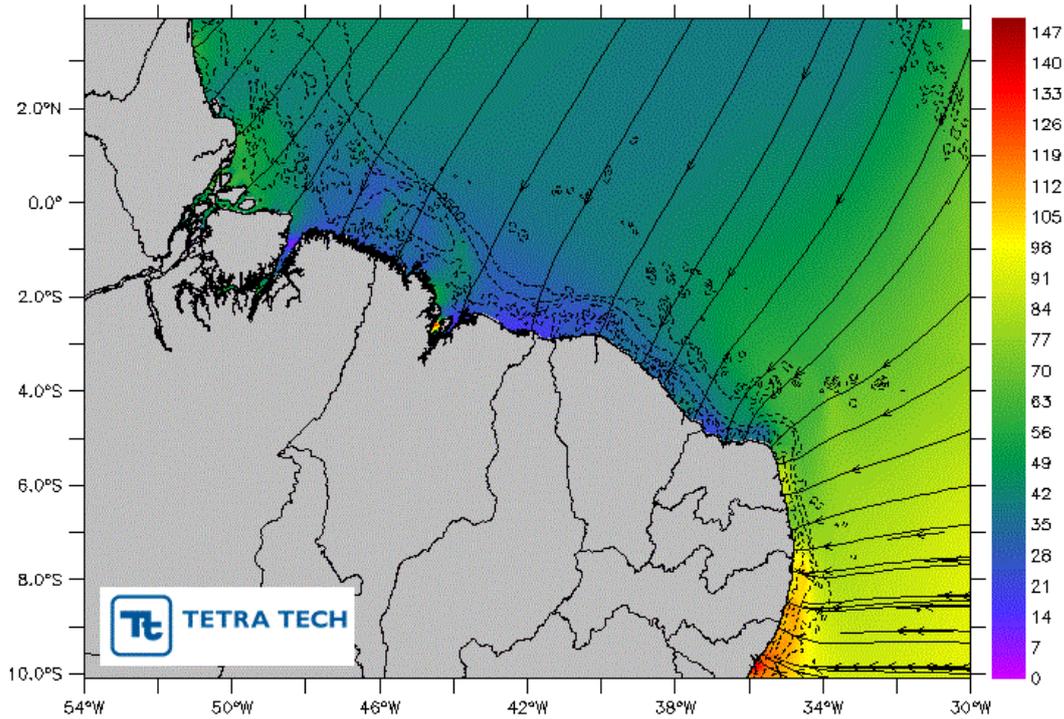


Figura 210 - Campo de direção de ondas para o período de verão (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).

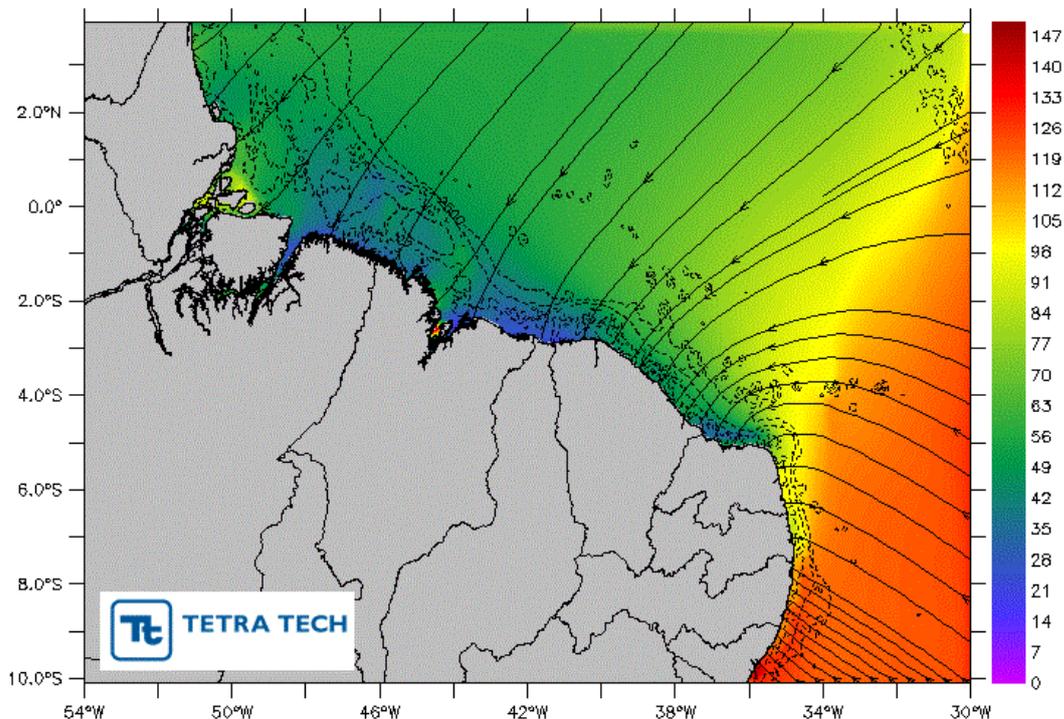


Figura 211 - Campo de direção de ondas para o período de outono (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).

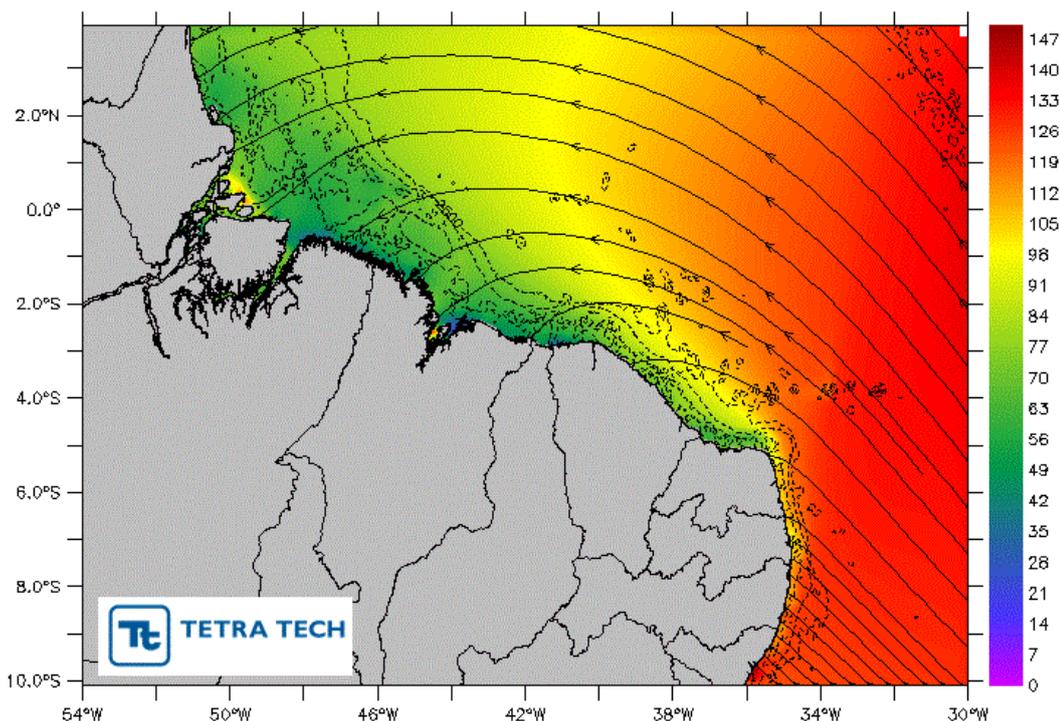


Figura 212 - Campo de direção de ondas para o período de inverno (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).

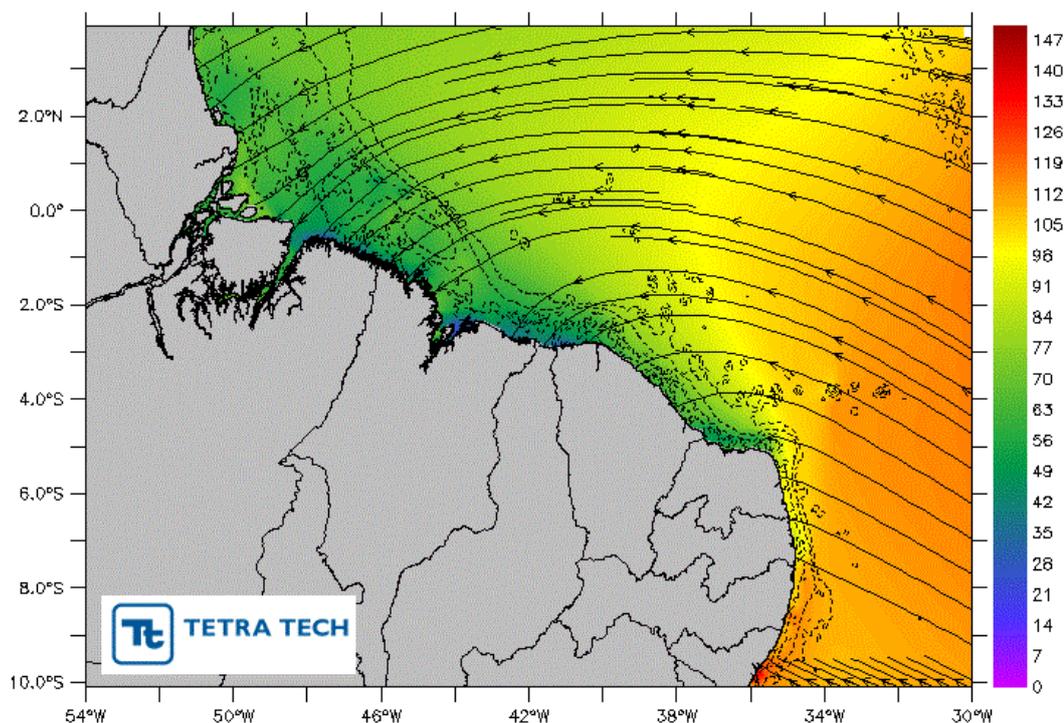


Figura 213 - Campo de refração de ondas para o período de primavera (a variação da direção ao longo das linhas de propagação indica refração das ondas).

A Figura 214 apresenta os histogramas direcionais das quatro estações do ano para altura significativa e período de pico, no bloco BAR-215. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica, a escala de cores representa a altura significativa das ondas (em metros) e os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (em segundos). Analogamente, da Figura 215 à Figura 218 são apresentados os histogramas sazonais referentes respectivamente aos blocos BAR-252, Bloco BAR-340, BAR-344 e BAR-388. A localização dos pontos de análise sobre cada bloco é apresentada na Tabela 31.

As séries temporais de altura significativa (vermelho), período de pico (azul) e direção (preto) de ondas para cada um dos blocos (BAR-215, BAR-252, BAR-340, BAR-344 e BAR-388) são apresentadas da Figura 219 à Figura 223.

O padrão observado é semelhante entre todos os blocos, dada a proximidade entre os mesmos. Para o verão e o outono as ondas mais energéticas (maiores alturas e períodos) são provenientes de norte, enquanto no inverno as ondas provenientes de leste/nordeste são mais energéticas e com maior concentração de incidência nesta direção. Já durante a primavera as ondas apresentam um maior espalhamento da energia e direção.

Tabela 31 - Localização dos pontos sobre os blocos, utilizados para análise de ondas.

Ponto	Longitude	Latitude
BAR-215	43,125°W	1,375°S
BAR-252	43,125°W	1,125°S
BAR-340	42,375°W	1,875°S
BAR-344	41,875°W	2,125°S
BAR-388	41,875°W	1,875°S

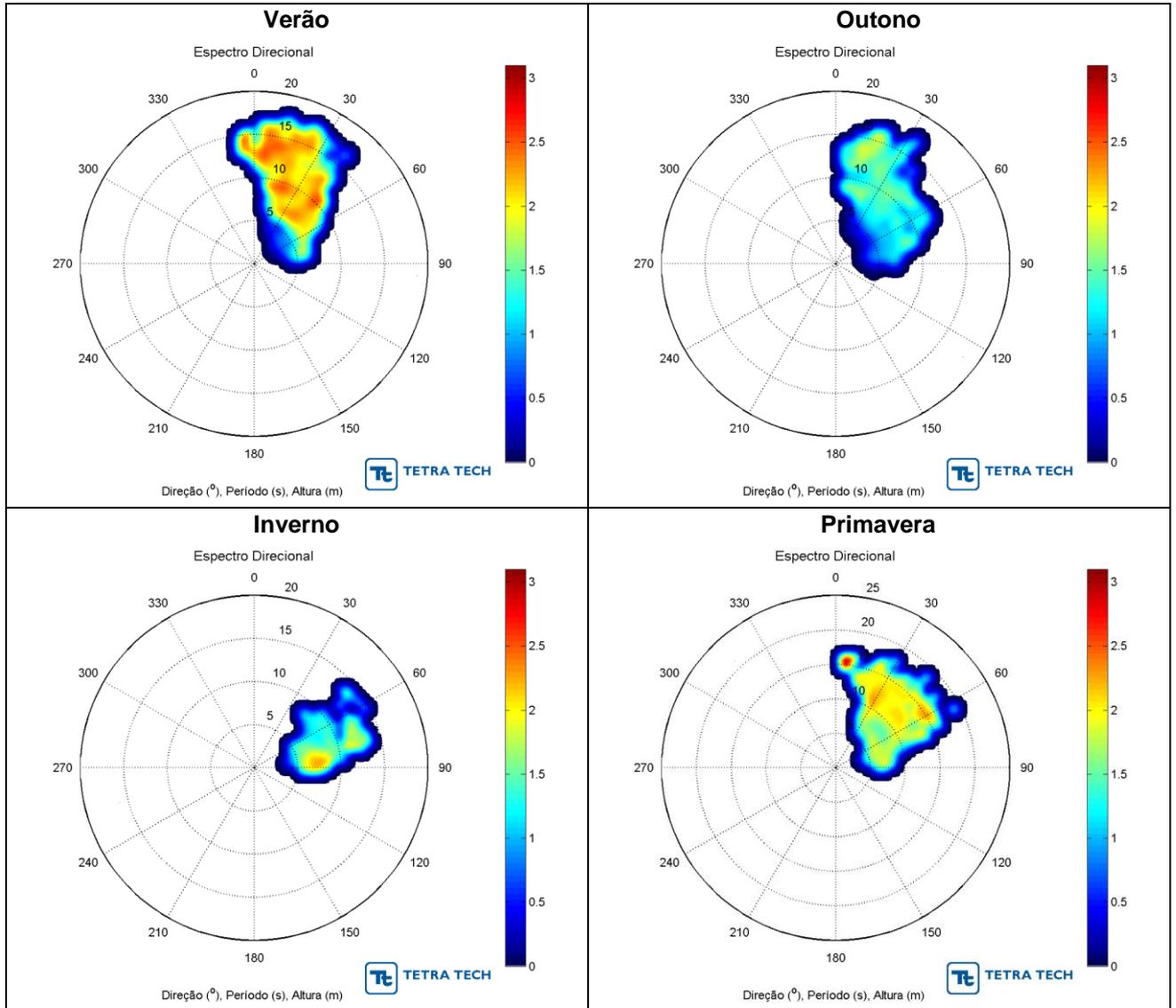


Figura 214 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-215 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

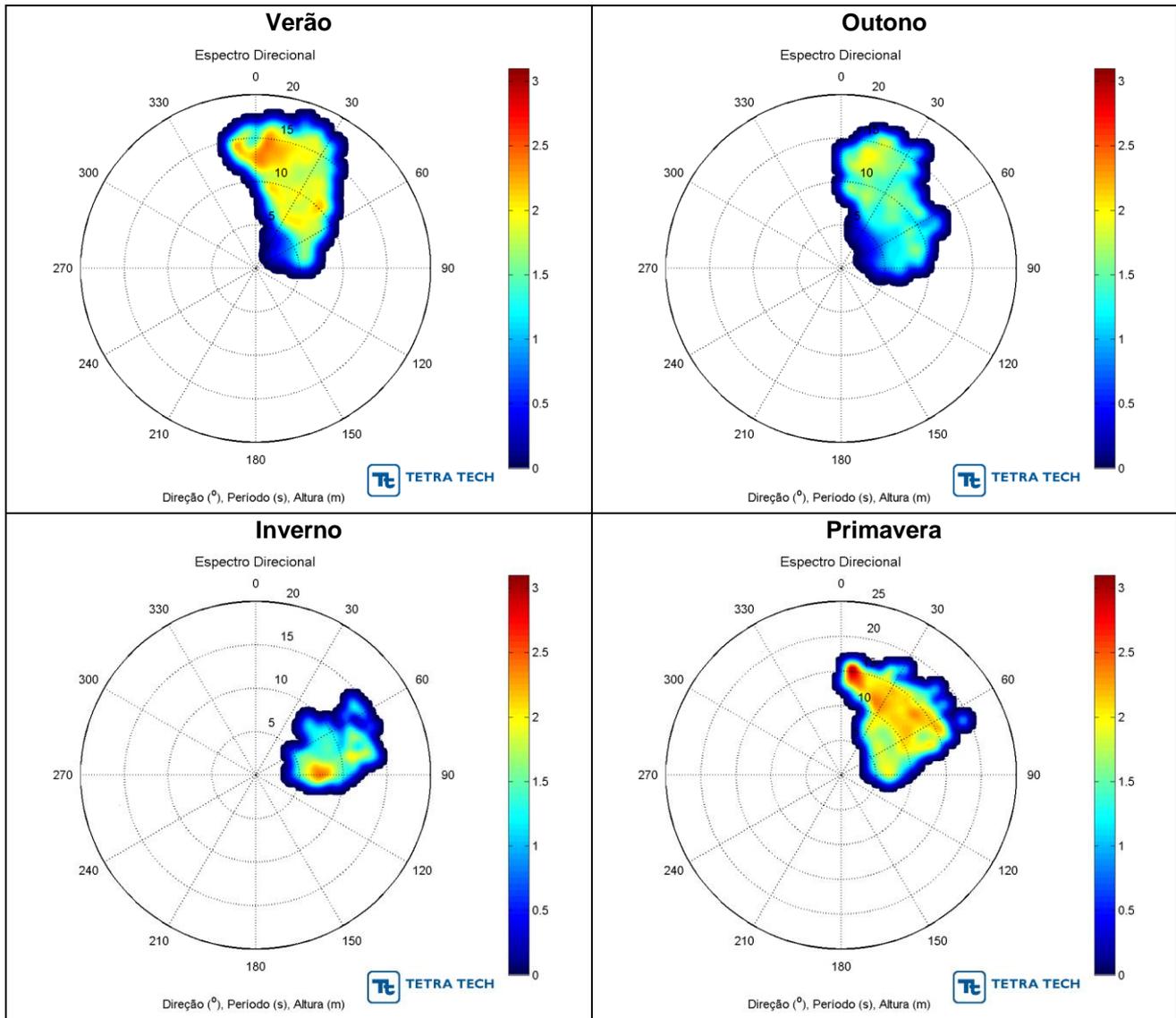


Figura 215 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-252 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

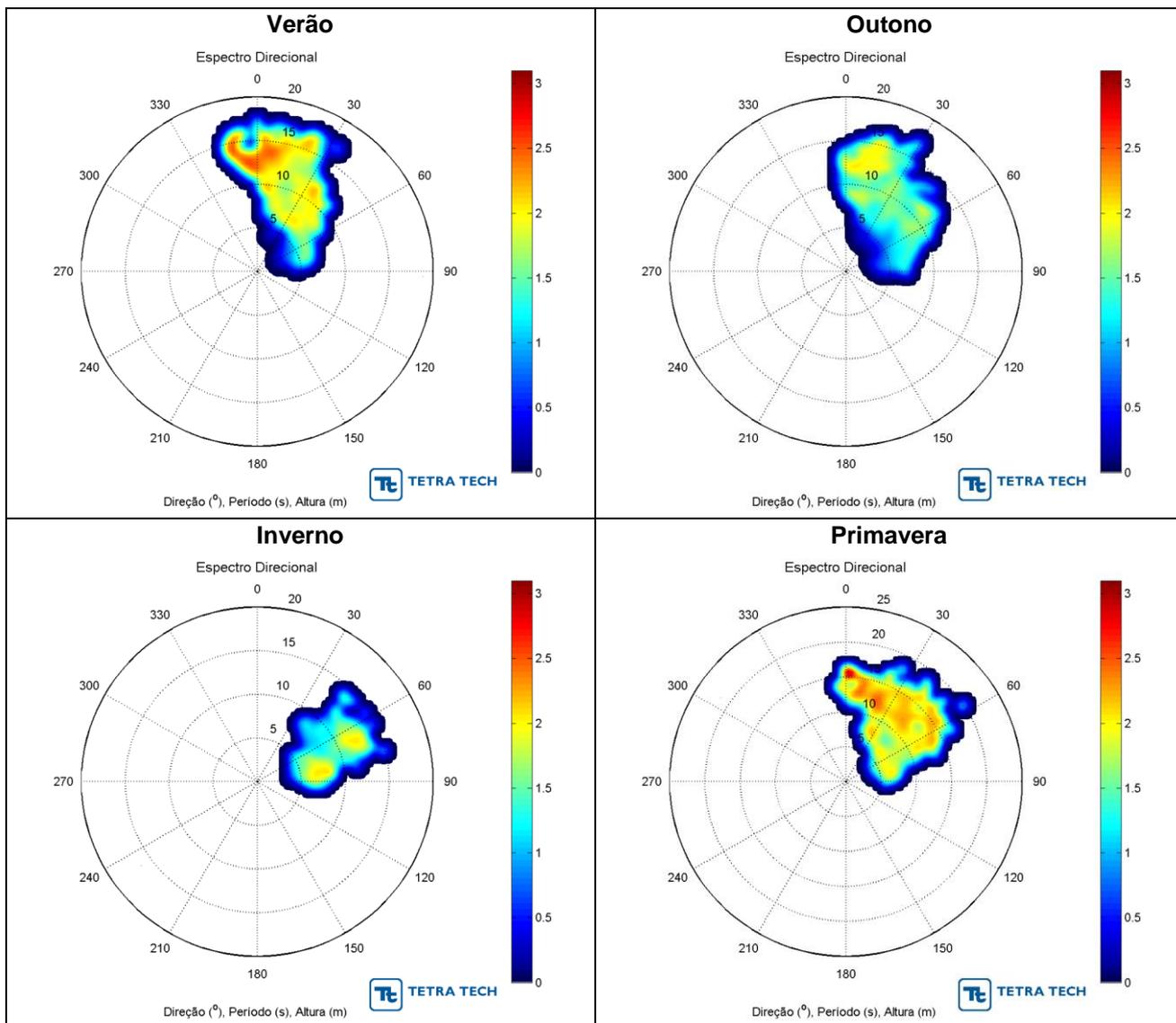


Figura 216 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-340 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

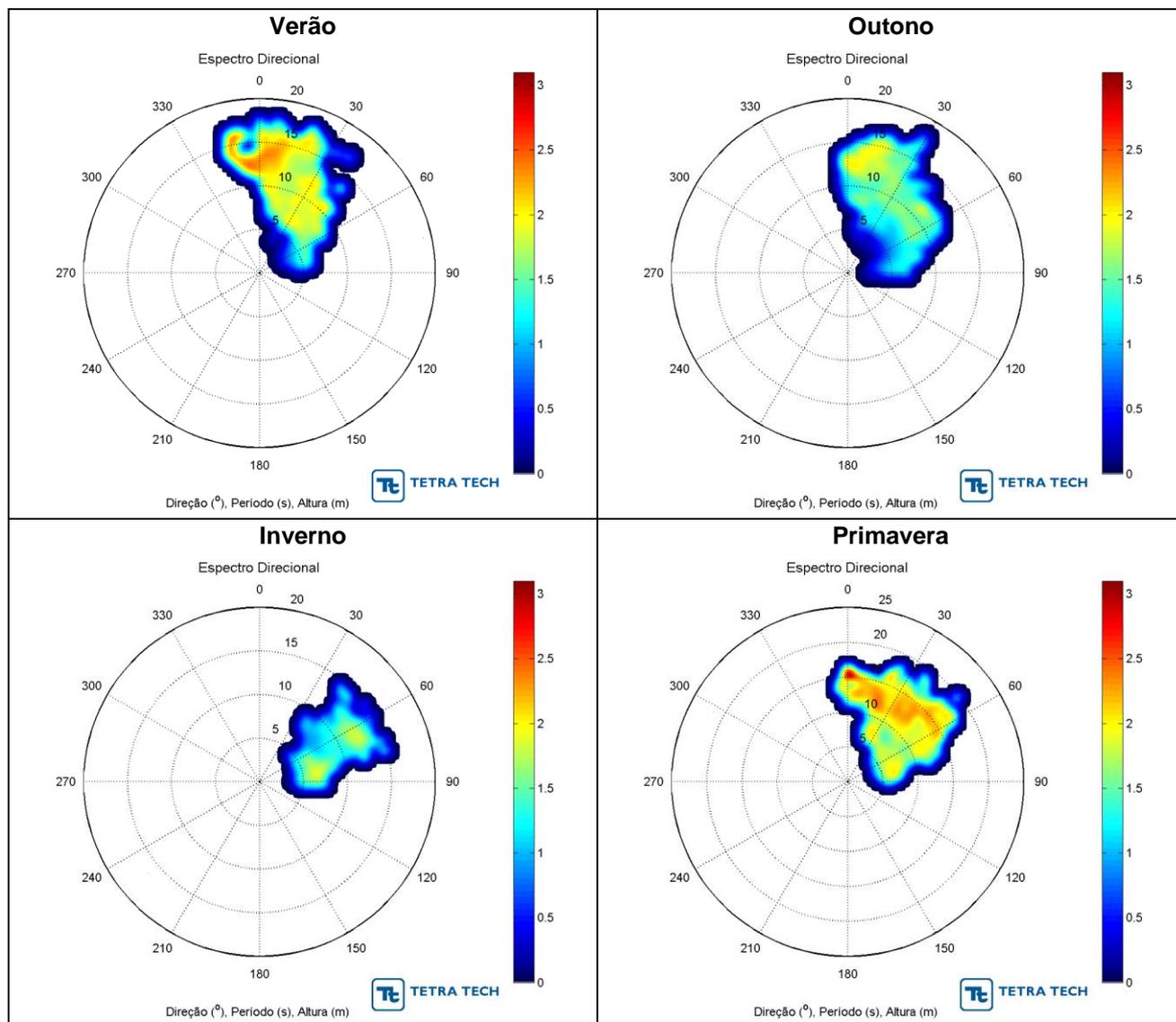


Figura 217 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o Bloco BAR-344 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

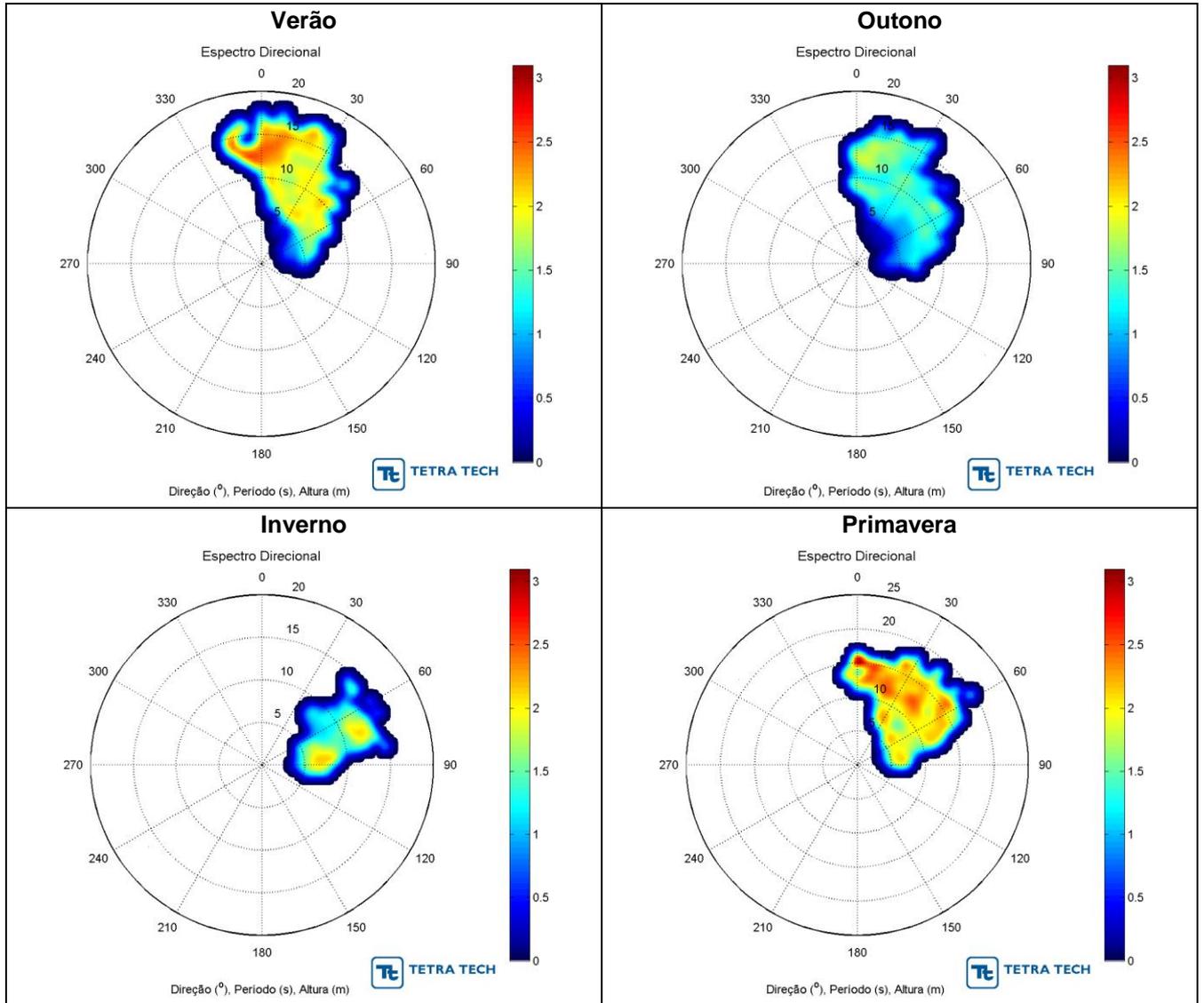


Figura 218 - Histogramas direcionais de altura significativa (m) e período de pico das ondas (s) sobre o bloco BAR-388 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

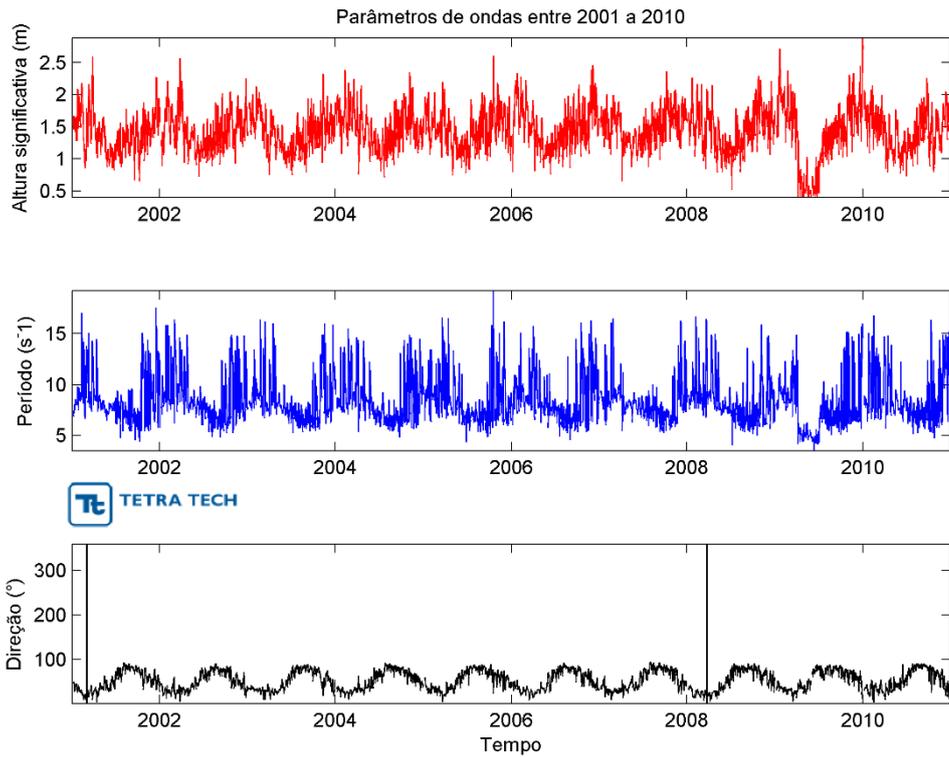


Figura 219 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-215.

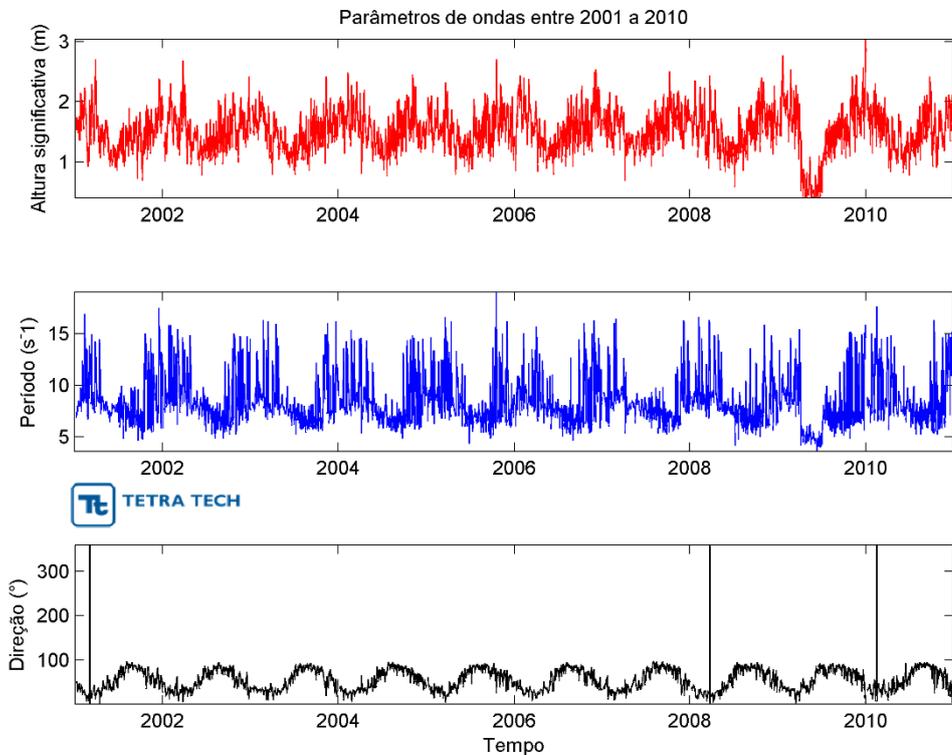


Figura 220 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-252.

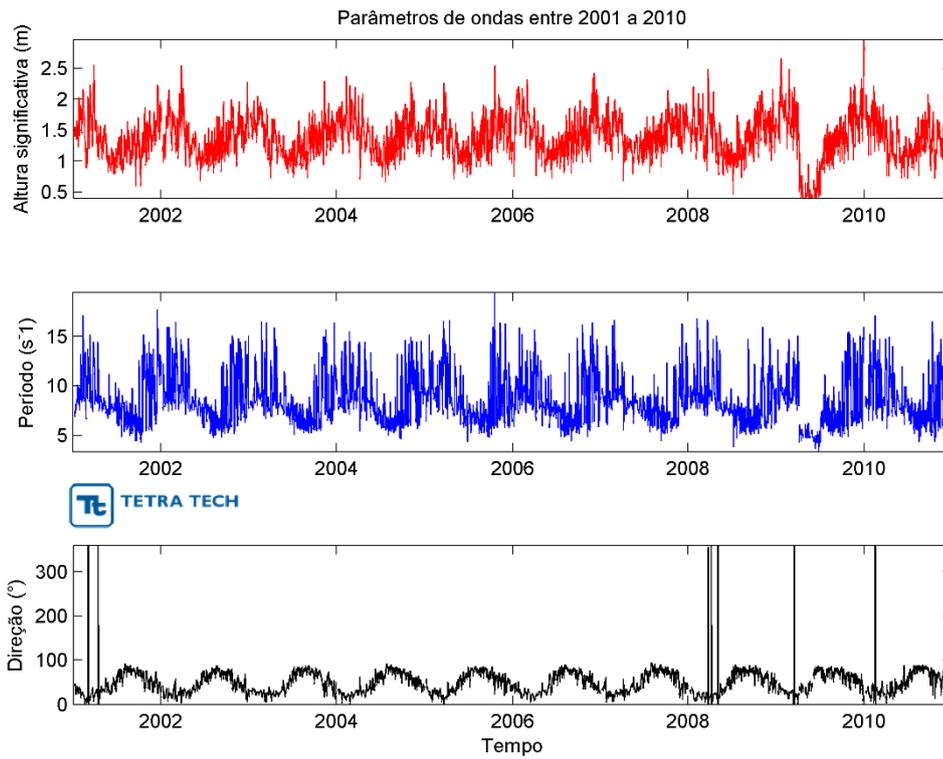


Figura 221 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-340.

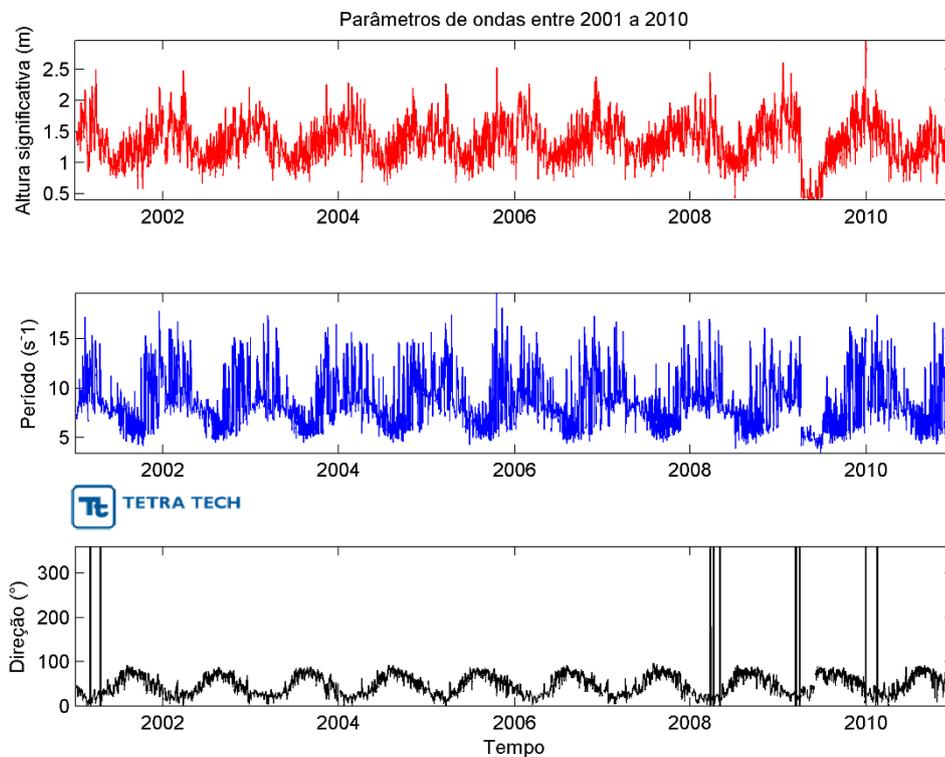


Figura 222 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-344.

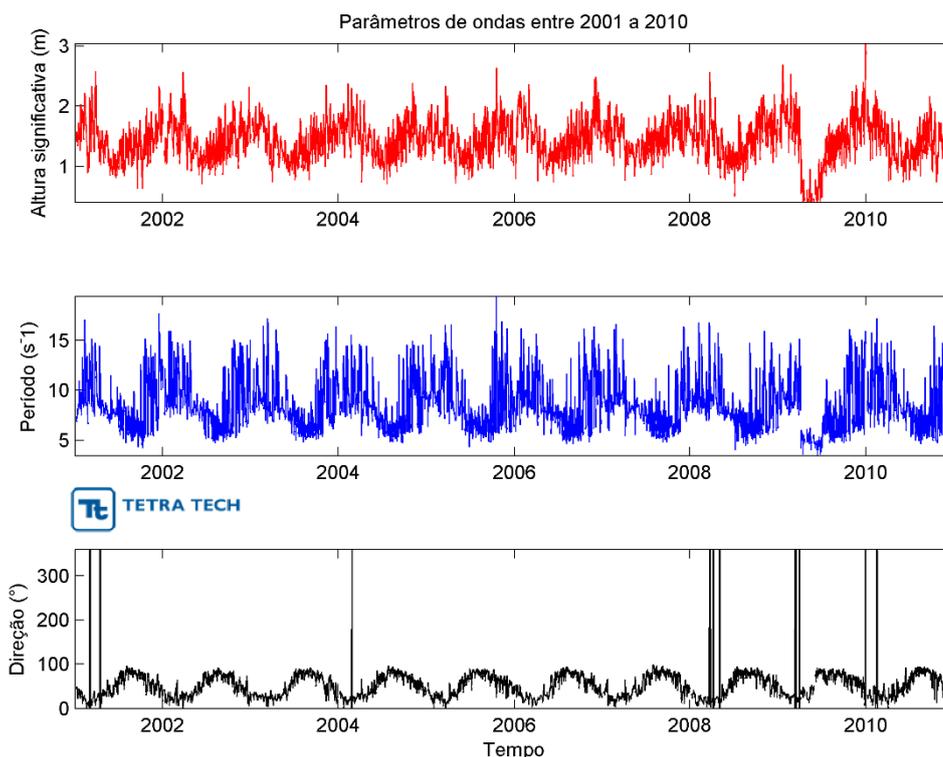


Figura 223 - Série temporal de altura significativa (m), período de pico (s) e direção das ondas no período entre 2001 e 2010 sobre o Bloco BAR-388.

Visto a semelhança entre os resultados observados nos 5 blocos, foi selecionado o Bloco BAR-340 devido à sua posição geográfica para apresentar as tabelas sazonais de ocorrência conjunta de altura significativa e direção (Tabela 32, Tabela 34, Tabela 36 e Tabela 38) e de período de pico e direção (Tabela 33, Tabela 35, Tabela 37 e Tabela 39), sendo este representativo da região. Este bloco também foi utilizado para obtenção dos histogramas de energia das ondas, apresentados em sequência (Figura 224).

No período de verão (Tabela 32 e Tabela 33), as ondas são provenientes principalmente de norte e nordeste, totalizando 99,3% das ocorrências (sendo 57,8% de NE e 41,5 de N). Na direção NE a altura média é de 1,5 m e o período médio é de 8,7 s, enquanto na direção N os valores médios são de 1,6 m e 10,5 s. A máxima altura significativa atingida é 2,7 m e o período de pico máximo de 17,1 s. As principais alturas detectadas variam entre 1,2 e 1,8 m, com 68,5% das ocorrências, e os períodos dominantes variam de 8 a 10 s (49,4%).

Tabela 32 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de verão.

Altura (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-0,3	0	8	6	0	0	0	0	0	14	0,4
0,3-0,6	1	10	1	0	0	0	0	0	12	0,3
0,6-0,9	12	43	7	0	0	0	0	0	62	1,7
0,9-1,2	170	157	5	0	0	0	0	0	332	9,2
1,2-1,5	459	674	8	0	0	0	0	0	1141	31,7
1,5-1,8	509	814	0	0	0	0	0	0	1323	36,8
1,8-2,1	244	315	0	0	0	0	0	0	559	15,5
2,1-2,4	79	43	0	0	0	0	0	0	122	3,4
2,4-2,7	14	8	0	0	0	0	0	0	22	0,6
Total	1488	2072	27	0	0	0	0	0	3587	
%	41,5	57,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	1,6	1,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	2,5	2,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Tabela 33 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de verão.

Período (s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	0	7	1	0	0	0	0	0	8	0,2
4,0-6,0	2	53	17	0	0	0	0	0	72	2,0
6,0-8,0	161	491	3	0	0	0	0	0	655	18,2
8,0-10,0	544	1237	0	0	0	0	0	0	1781	49,4
10,0-12,0	318	195	0	0	0	0	0	0	513	14,2
12,0-14,0	343	60	0	0	0	0	0	0	403	11,2
14,0-16,0	103	16	0	0	0	0	0	0	119	3,3
16,0-18,0	17	5	0	0	0	0	0	0	22	0,6
Total	1488	2064	21	0	0	0	0	0	3573	
%	41,6	57,8	0,6	0	0	0	0	0		
Méd.	10,5	8,7	5,2	0	0	0	0	0		
Máx.	17,1	17,1	6,1	0	0	0	0	0		

No outono, as direções predominantes de incidência das ondas são, analogamente ao período de verão, de norte e nordeste, com 93,7% das ocorrências, porém à proporção de 76,8% de NE e 16,9% de N. As alturas significativas máximas chegam a 2,2 m e os períodos de pico máximos a 16,6 s, ambos de direção NE. As principais alturas detectadas ocorrem entre 0,9 e 1,5 m, com 74,4% das ocorrências, e os períodos dominantes (76,6%) são de 6 a 10 s. As alturas médias detectadas nas direções N e NE são 1,3 e 1,1 m e os períodos médios nestas direções são de 10,0 e 7,7 s, respectivamente.

Tabela 34 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de outono.

Altura (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-0,3	7	62	18	0	0	0	0	0	87	2,4
0,3-0,6	12	118	45	0	0	0	0	0	175	4,8
0,6-0,9	23	260	30	0	0	0	0	0	313	8,6
0,9-1,2	161	1326	87	0	0	0	0	0	1574	43,2
1,2-1,5	256	831	50	0	0	0	0	0	1137	31,2
1,5-1,8	135	184	0	0	0	0	0	0	319	8,8
1,8-2,1	17	13	0	0	0	0	0	0	30	0,8
2,1-2,4	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0,1
Total	616	2794	230	0	0	0	0	0	3640	
%	16,9	76,8	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	1,3	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	2,2	2,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Tabela 35 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de outono.

Período (s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	2	5	4	0	0	0	0	0	11	0,3
4,0-6,0	17	232	103	0	0	0	0	0	352	9,7
6,0-8,0	88	1359	121	0	0	0	0	0	1568	43,1
8,0-10,0	202	1017	2	0	0	0	0	0	1221	33,5
10,0-12,0	165	138	0	0	0	0	0	0	303	8,3
12,0-14,0	118	31	0	0	0	0	0	0	149	4,1
14,0-16,0	24	10	0	0	0	0	0	0	34	0,9
16,0-18,0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,1
Total	616	2794	230	0	0	0	0	0	3640	
%	16,9	76,8	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	10,0	7,7	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	15,9	16,6	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

No período de inverno, as ondas apresentam incidência de leste (76,1%) e nordeste (23,9%), totalizando 100,0% das ocorrências nestas direções. As principais alturas detectadas ocorrem entre 0,9 e 1,5 m (89,1% das ocorrências), e os períodos de pico dominantes ocorrem entre 6 e 8 s (63,6% das ocorrências). As altura média são de 1,3 e 1,1 m, respectivamente de E e NE, e os períodos médios de 6,6 e 8,0 s. A altura significativa máxima atinge 2,1 m (de direção E) e o período de pico máximo atinge 14,9 s (de direção NE).

Tabela 36 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de inverno.

Altura (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,3-0,6	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0,3
0,6-0,9	0	131	84	0	0	0	0	0	215	5,8
0,9-1,2	0	481	1041	0	0	0	0	0	1522	41,4
1,2-1,5	0	231	1259	0	0	0	0	0	1490	40,5
1,5-1,8	0	35	368	0	0	0	0	0	403	11,0
1,8-2,1	0	3	37	0	0	0	0	0	40	1,1
Total	0,0	881,0	2799,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	3680	
%	0,0	23,9	76,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
Méd.	0,0	1,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0		
Máx.	0,0	1,8	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0		

Tabela 37 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de inverno.

Período (s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0
4,0-6,0	0	50	700	0	0	0	0	0	750	20,4
6,0-8,0	0	415	1924	0	0	0	0	0	2339	63,6
8,0-10,0	0	349	144	0	0	0	0	0	493	13,4
10,0-12,0	0	36	16	0	0	0	0	0	52	1,4
12,0-14,0	0	27	13	0	0	0	0	0	40	1,1
14,0-16,0	0	4	1	0	0	0	0	0	5	0,1
Total	0	881	2799	0	0	0	0	0	3680	
%	0,0	23,9	76,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	0,0	8,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	0,0	14,9	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Na primavera, as ondas são provenientes principalmente de leste e nordeste, totalizando 94,7% das ocorrências, porém sendo 73,8% de NE e 20,9% de E. A altura e período médio detectados na direção NE são 1,5 m e 9,6 s, enquanto na direção E são 1,5 m e 6,4 s. As principais alturas detectadas ocorrem entre 1,2 e 1,8 m (73,7%) e os períodos dominantes entre 6 e 12 s (68,7%). A altura significativa máxima de 3,0 m ocorre para ondas de direção N e o período de pico máximo de 19,4 s para ondas de direção nordeste.

Tabela 38 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de primavera.

Altura (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,3-0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
0,6-0,9	2	20	14	0	0	0	0	0	36	1,0
0,9-1,2	1	333	94	0	0	0	0	0	428	11,6
1,2-1,5	58	1084	287	0	0	0	0	0	1429	38,8
1,5-1,8	65	934	285	0	0	0	0	0	1284	34,9
1,8-2,1	48	295	84	0	0	0	0	0	427	11,6
2,1-2,4	18	44	4	0	0	0	0	0	66	1,8
2,4-2,7	1	4	0	0	0	0	0	0	5	0,1
2,7-3,0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0,1
Total	198	2714	768	0	0	0	0	0	3680	
%	5,4	73,8	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	1,7	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	3,0	2,5	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Tabela 39 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção das ondas sobre o Bloco BAR-340 para o período de primavera.

Período (s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
0,0-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2,0-4,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
4,0-6,0	0	177	227	0	0	0	0	0	404	11,0
6,0-8,0	2	675	515	0	0	0	0	0	1192	32,4
8,0-10,0	7	544	14	0	0	0	0	0	565	15,4
10,0-12,0	66	696	7	0	0	0	0	0	769	20,9
12,0-14,0	86	449	5	0	0	0	0	0	540	14,7
14,0-16,0	36	156	0	0	0	0	0	0	192	5,2
16,0-18,0	1	15	0	0	0	0	0	0	16	0,4
18-20	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,1
Total	198	2714	768	0	0	0	0	0	3680	
%	5,4	73,8	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	12,4	9,6	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	16,7	19,4	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

O padrão e variabilidade das ondas é resposta à migração sazonal da ZCIT, como observado e discutido por PIANCA *et. al* (2010). Esta variabilidade marcada na direção de incidência das ondas (predominantemente de N e NE no verão-outono e de NE e E no inverno-primavera, conforme observado nos dados apresentados acima), corresponde às variações de incidência dos ventos associados à circulação deste sistema atmosférico.

As diferenças entre os resultados apresentados com relação ao trabalho supracitado, principalmente na direção das ondas, correspondem às diferentes distâncias dos pontos utilizados pelos autores e pela TETRA TECH. Esta diferença relaciona-se com o processo de

refração, já que PIANCA *et. al* (2010) utilizaram-se de um ponto mais distante da plataforma e não influenciado pela batimetria.

3.5.1. Energia

A Figura 224 apresenta os histogramas direcionais de energia das ondas para cada período sazonal sobre o ponto do o Bloco BAR-340. Nos histogramas a porcentagem de observações é representada pelas cores, os círculos concêntricos correspondem à magnitude da energia (em kJ/m²) e a direção apresentada segue a convenção meteorológica com norte geográfico.

Para o cálculo da energia de ondas de gravidade foi utilizada a equação apresentada por Holthuijsen (2007), apresentada abaixo, na qual é estimada a energia média por área, relacionada à altura significativa de ondas através da teoria linear de onda.

$$E = \frac{g\rho H_s^2}{8}$$

onde E é a energia, g a gravidade, H_s a altura significativa e ρ a densidade média da água do mar.

O valor de densidade média adotado para integração da equação supracitada foi de 1023 kg/m³, com base nos resultados obtidos acerca da densidade média superficial para a região de estudo, apresentados na Figura 114 à Figura 117.

Nos resultados apresentados na Figura 224 observa-se a predominância de ondas com energia de aproximadamente 1,9 kJ/m² para os períodos de verão e primavera, de aproximadamente 1,4 kJ/m² para o outono e 1,5K J/m² para o inverno. A diferença na energia é causada pela variabilidade da intensidade e direção do vento nestas estações. No outono são os ventos são menos intensos (Figura 33) e as ondas menos energéticas. Apesar de não tão intensos quanto na primavera (Figura 35) e o inverno (Figura 34), os ventos no verão (Figura 32) geram ondas mais energéticas devido à direção de propagação ser perpendicular às isóbatas, reduzindo a dissipação de energia ao longo percurso do trem de ondas. O oposto ocorre no inverno, onde os ventos apesar de intensos são paralelos as isóbatas, fazendo com que as ondas sofram maior refração e conseqüentemente dissipem mais energia por atrito de fundo.

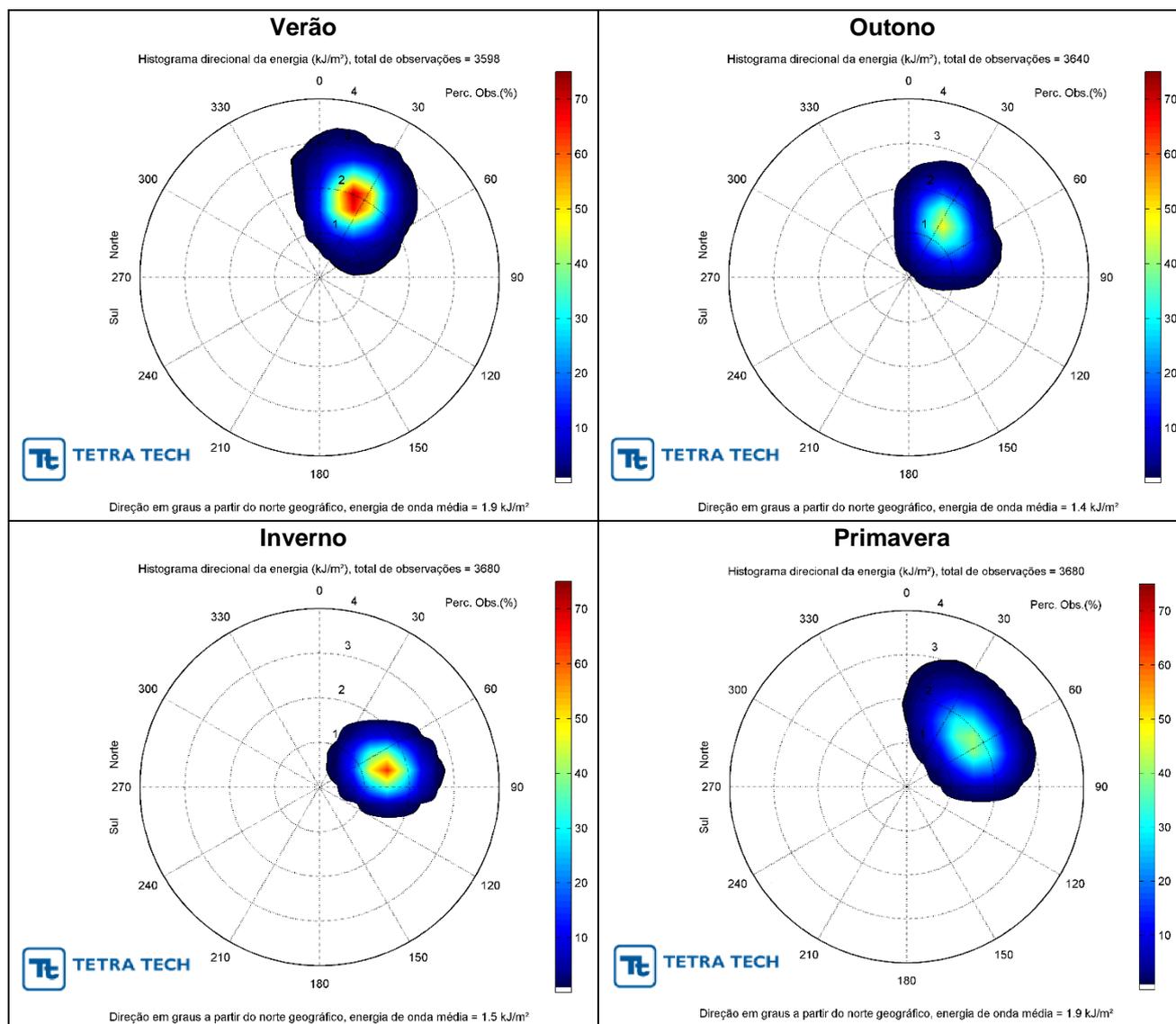


Figura 224 - Histogramas direcionais de energia das onda (kJ/m^2) sobre o Bloco BAR-340 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

3.5.2. Correntes de Deriva Litorânea

Denominam-se correntes de deriva litorânea aos fluxos paralelos à costa encontrados na zona de arrebatção, formados pela incidência de ondas (SHORT, 2006). A descrição da corrente de deriva resultante, responsável pelo transporte de sedimentos, bem como os processos de erosão e progradação da linha de costa foram descritos por Silvester (1968). Neste trabalho o autor se utiliza da análise do clima de ondas e da localização da linha de costa para inferir o transporte em macrorregiões do Brasil. Para a região entre o Cabo

Orange no Amapá e Cabo Calcanhar no Rio Grande do Norte, correspondente a região de estudo, o autor observou que as correntes de deriva litorânea resultantes rumam para oeste da costa devido à direção dos ventos e das ondas de leste incidentes ao longo de todo o ano.

3.6. CONDIÇÕES EXTREMAS

A análise de condições extremas para correntes, ondas e altura do nível do mar foram baseadas nos dados que correspondem aos 5% dos dados em cada conjunto com os maiores valores de intensidade, altura significativa e altura do nível do mar, respectivamente. O ponto utilizado para representar a área foi um ponto na localização do Bloco BAR340, pois este corresponde ao bloco central da área de estudo e, portanto, seria o melhor representante da área em questão.

3.6.1. Correntes

Para o estudo das condições extremas de correntes para o ponto BAR-340 foi utilizada a base de dados do modelo HYCOM (*HYbrids Coordinates Ocean Model*; BLECK & BOUDRA, 1981; BLECK, 2002; HALLIWELL, 2004). Este modelo possui coordenadas verticais híbridas, ou seja, trabalha com diferentes espaçamentos verticais (isopicnais, pressão e sigma). As camadas isopicnais, definidas por linhas de mesma densidade, resolvem bem regiões do oceano profundo, pois conservam as propriedades das massas d'água. Já para regiões de águas rasas e baixa estratificação, como a camada de mistura, as coordenadas verticais de pressão (níveis Z) são mais indicadas; enquanto em áreas com batimetria mais acentuada, como a plataforma continental, as camadas sigmas, definidas como um percentual da profundidade total, têm um melhor desempenho, pois acompanham a batimetria. O modelo trabalha com a grade numérica do tipo Arakawa-C. O período de amostragem utilizado foi de agosto de 2008 a agosto de 2013, em intervalos diários.

Para a análise de eventos extremos foram analisados os 5% dos dados com os maiores valores de intensidade da corrente. A Figura 225 apresenta o histograma direcional dos extremos de corrente selecionados e a Tabela 40 apresenta o diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção as correntes extremas. Os resultados indicam a totalidade dos extremos de corrente com direção para Oeste, correspondendo à intensificação da Corrente do Brasil. A máxima intensidade registrada foi de 1,9 m/s.

Na Figura 226 é apresentado o histograma com a contagem de eventos extremos de corrente a cada estação do ano, apontando o inverno como o período predominante para a ocorrência de extremos.

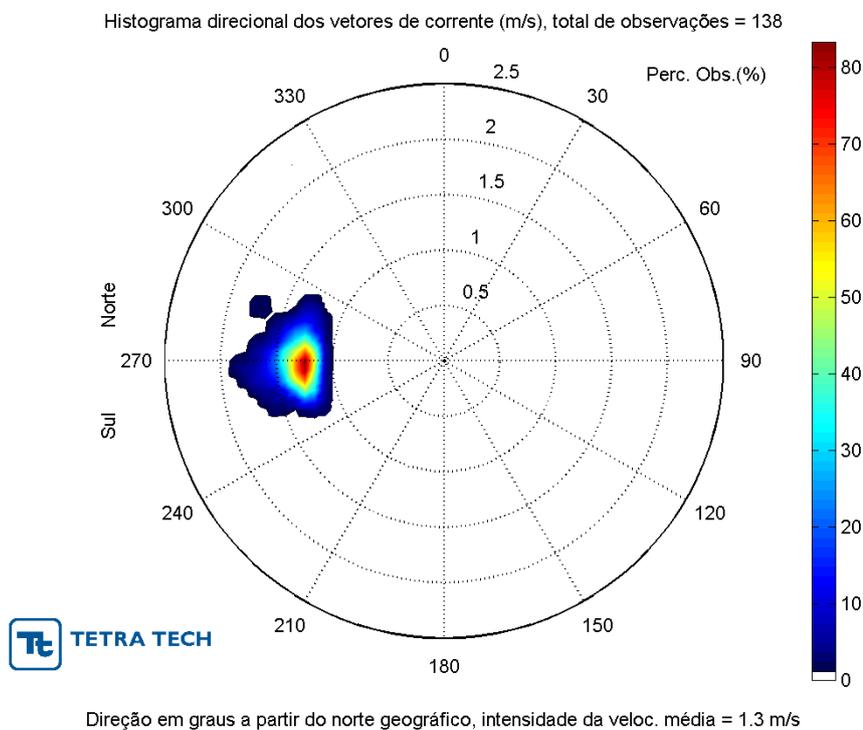


Figura 225 - Histograma direcional dos extremos de correntes sobre o Bloco BAR-340 (5% com as maiores intensidades).

Tabela 40 - Tabela de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção dos extremos de correntes (5% com as maiores intensidades) sobre o Bloco BAR-340.

Vel. (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
1,2-1,3	0	0	0	0	0	0	62	0	62	45,3
1,3-1,4	0	0	0	0	0	0	33	0	33	24,1
1,4-1,5	0	0	0	0	0	0	30	0	30	21,9
1,5-1,6	0	0	0	0	0	0	6	0	6	4,4
1,6-1,7	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2,9
1,7-1,8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,7
1,8-1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
1,9-2,0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,7
Total	0	0	0	0	0	0	137	0	137	
%	0	0	0	0	0	0	100	0		
Vel.Méd.	0	0	0	0	0	0	1,3	0		
Vel.Máx.	0	0	0	0	0	0	1,9	0		

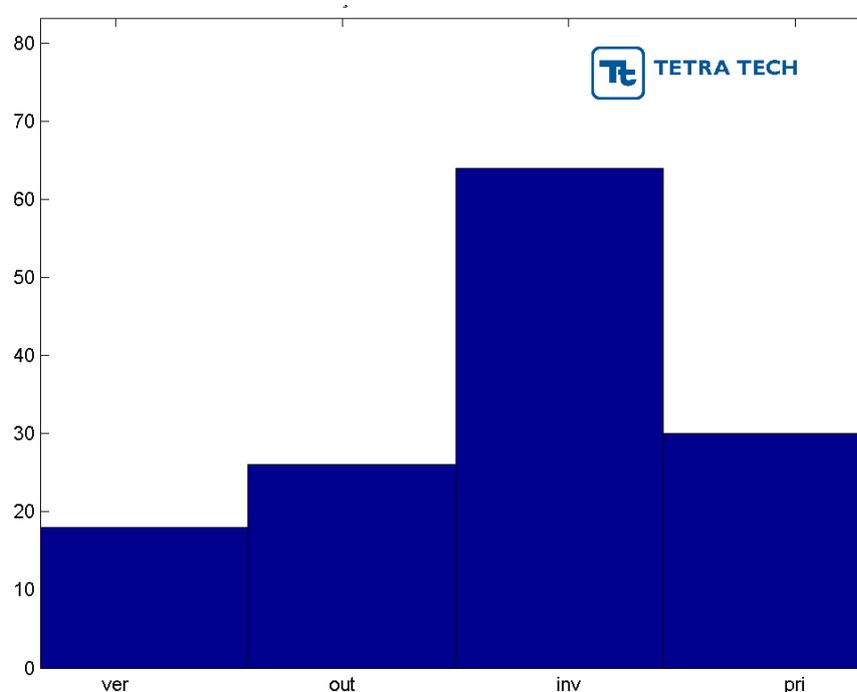


Figura 226 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de correntes para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências diárias).

3.6.2. Ondas

Para o estudo das condições extremas de ondas foi utilizada a mesma base de dados descrita no item 3.5, para o ponto supracitado. Nesta análise foram considerados como extremos os 5% de ondas da série de dados com os maiores valores de altura. Na Figura 227 é apresentado o histograma direcional de altura significativa e período de pico

das ondas extremas, enquanto na Tabela 41 e Tabela 42 são apresentados, respectivamente, os diagramas de ocorrência conjunta de altura significativa e direção e de período de pico e direção.

As análises indicam que as maiores ondas incidem de direções NE e N, à proporção de 50,6% e 46,9% respectivamente, sendo apenas 3,5% das ondas extremas incidentes de direção E. Apenas 1,2% das ondas extremas apresentaram altura entre 2,7 e 3 m, sendo todas incidentes de direção N. A máxima altura registrada na direção NE foi de 2,7 m.

A faixa de períodos de 12 a 14 s foi a mais frequente registrada nas ondas extremas, correspondendo a 33,7% das ocorrências. Porém, períodos mais baixos, nas faixas de 8 a 10 s e de 10 a 12 s registraram em torno de 20% das ocorrências em cada intervalo.

Na Figura 228 é apresentada a contagem de eventos registrados em cada estação do ano, apontando o período de verão com a predominância entre os extremos de onda, seguido pela primavera.

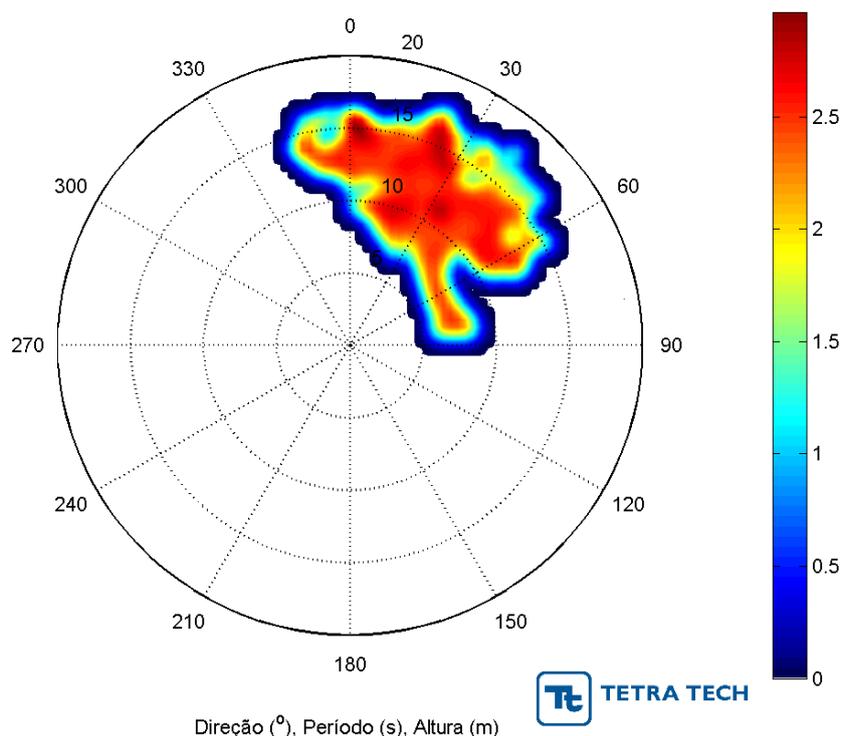


Figura 227 - Histograma direcional de altura significativa e período de pico dos extremos de onda sobre o Bloco BAR-340 (5% com as maiores alturas significativas).

Tabela 41 - Tabela de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção dos extremos de onda (5% com as maiores alturas significativas) sobre o Bloco BAR-340.

Altura (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
1,8-2,1	72	115	11	0	0	0	0	0	198	45,9
2,1-2,4	102	87	4	0	0	0	0	0	193	44,8
2,4-2,7	15	12	0	0	0	0	0	0	27	6,3
2,7-3,0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	1,2
Total	194	214	15	0	0	0	0	0	423	
%	45,9	50,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	2,2	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	3,0	2,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Tabela 42 - Tabela de ocorrência conjunta de período de pico (s) e direção dos extremos de onda (5% com as maiores alturas significativas) sobre o Bloco BAR-340.

Período (s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	%
6,0-8,0	0	15	15	0	0	0	0	0	30	7,1
8,0-10,0	25	65	0	0	0	0	0	0	90	21,2
10,0-12,0	23	71	0	0	0	0	0	0	94	22,1
12,0-14,0	101	41	0	0	0	0	0	0	142	33,4
14,0-16,0	42	19	0	0	0	0	0	0	61	14,4
16,0-18,0	3	3	0	0	0	0	0	0	6	1,4
18,0-20,0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,5
Total	194	214	15	0	0	0	0	0	425	
%	45,9	50,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Méd.	12,6	10,7	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Máx.	16,7	19,4	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

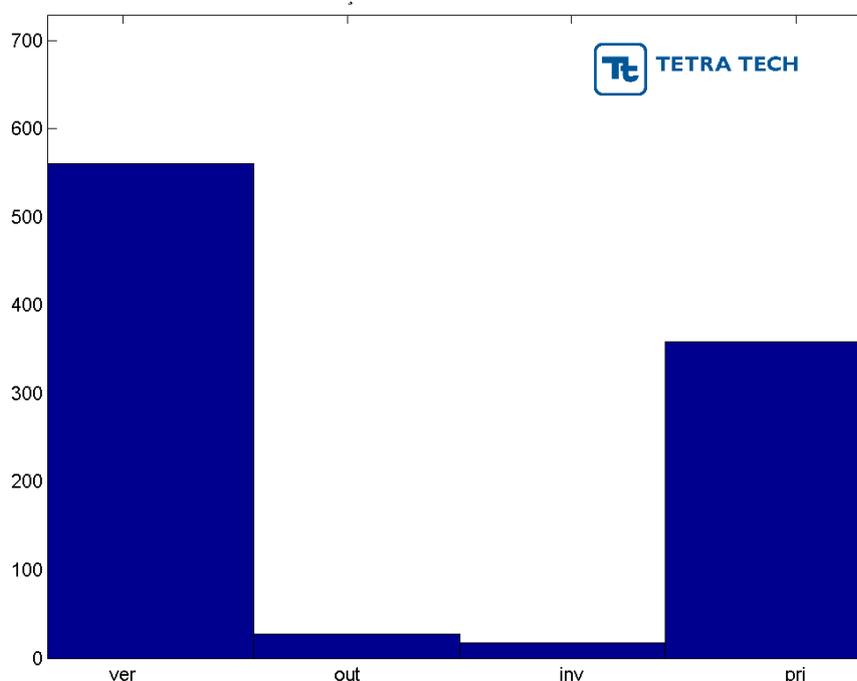


Figura 228 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de onda para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências horárias).

3.6.3. Elevação da Superfície do Mar

A análise de extremos de elevação da superfície do mar foi realizada no ponto BAR-340 com base nos dados da reanálise CFSR, cujos valores referem-se ao nível médio do mar do Porto de Tutóia (conforme Tabela 30). Cabe salientar que estes valores referem-se somente às variações do nível do mar sem a contribuição da maré astronômica. A série utilizada contempla o período de 01 de janeiro de 1979 até 31 de dezembro de 2010.

Analogamente aos procedimentos adotados para correntes e ondas, foram considerados como extremos os 5% da série de dados com os maiores valores de elevação da superfície do mar. A Figura 229 apresenta a variação total da série em azul, e os extremos assinalados em vermelho. Os resultados mostram uma maior ocorrência de extremos entre 1988 e 1998, assim como uma maior altura média neste período. Este comportamento é associado à oscilação decadal do Atlântico Sul (HURRELL, 1995), que apresentou um forte sinal no mesmo período. O valor máximo registrado nesta série foi de 1,81 m, o que corresponde a um aumento de 22% na amplitude máxima registrada para os pontos costeiros e 17,1% do ponto oceânico analisado.

A distribuição sazonal dos extremos de elevação da superfície do mar é apresentada no histograma da Figura 230, onde se observam as maiores elevações no período de inverno, seguido pela primavera.

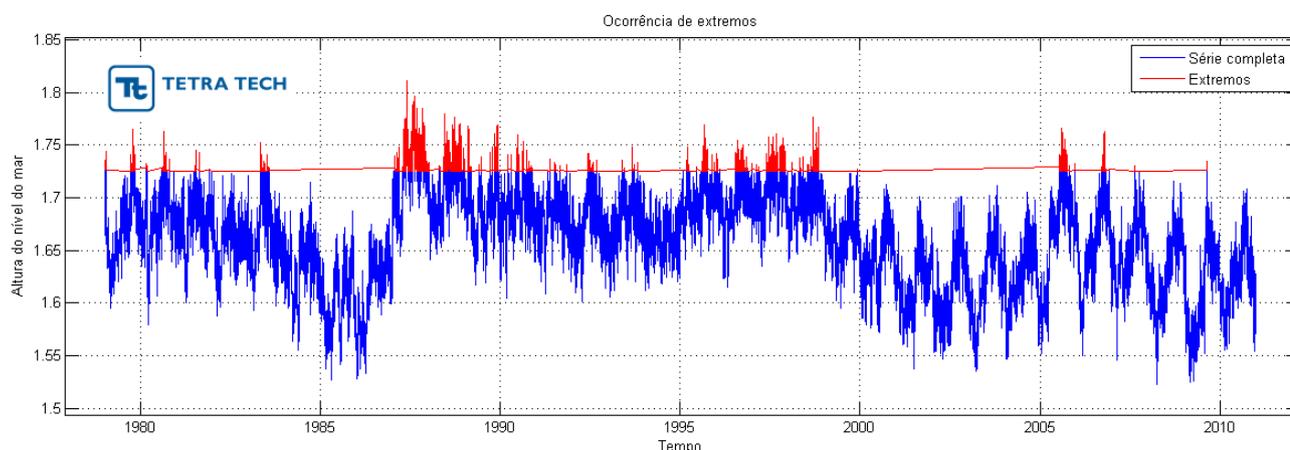


Figura 229 - Série temporal horária da elevação da superfície do mar sem o efeito de maré astronômica (azul), destacando o limiar extremo com os 5% dos maiores valores registrados (vermelho), para o ponto BAR-340 no período de 1979 a 2010.

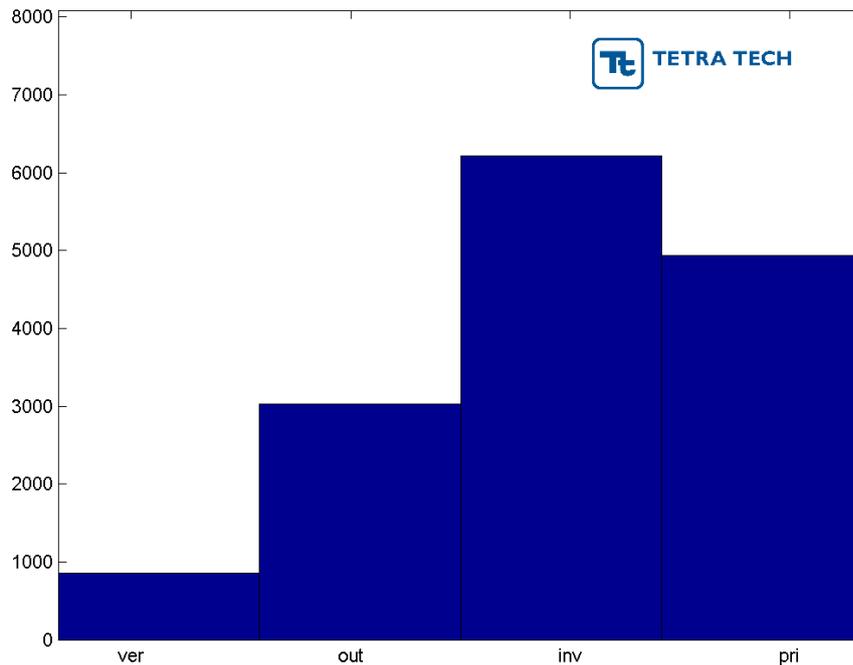


Figura 230 - Histograma de ocorrência de eventos extremos de elevação da superfície do mar para cada estação do ano, sobre o Bloco BAR-340 (ocorrências horárias).

3.7. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS

A Bacia de Barreirinhas é uma “Área limitada ao sul por falhamentos normais e pelo arco Ferrer-Urbano Santos e a oeste pelo Horst de Rosário” (SCHOBENHAUS *et al.* 1984.). Sua área emersa corresponde a cerca de 13.000 km² e sua origem é associada à separação do continente sul americano e africano no aptiano.

O início da sequência sedimentar depositada na bacia de Barreirinhas é de idade cretácea assentada sobre o Pré-Cambriano no flanco oeste da bacia e nos flancos sul e leste sobre sedimentos paleozoicos- mesozoicos da bacia do Parnaíba.

“Na área emersa da bacia apenas sedimentos quaternários são registrados”. (SCHOBENHAUS *et al.*, 1984.). A constituição textural e geoquímica desta cobertura sedimentar recente foi mais bem explicitada pelos estudos elaborados pelo projeto Piatam Oceano.

Este projeto compilou informações texturais e geoquímicas de sedimentos que recobrem os fundos atuais entre a região de influência da foz do Rio Amazonas e a margem mais a leste da bacia de Barreirinhas.

Na área da bacia existe uma clara predominância de areias recobrendo os fundos atuais (fácies areia), com a ocorrência de sedimentos mais grossos (cascalhos), a fácies carbonática da região (Figura 231).

“Longitudinalmente ao longo da borda da plataforma esta fácies cascalhosa tende a aumentar para sudoeste.” (FIGUEIREDO JR. *et al.*, 2008).

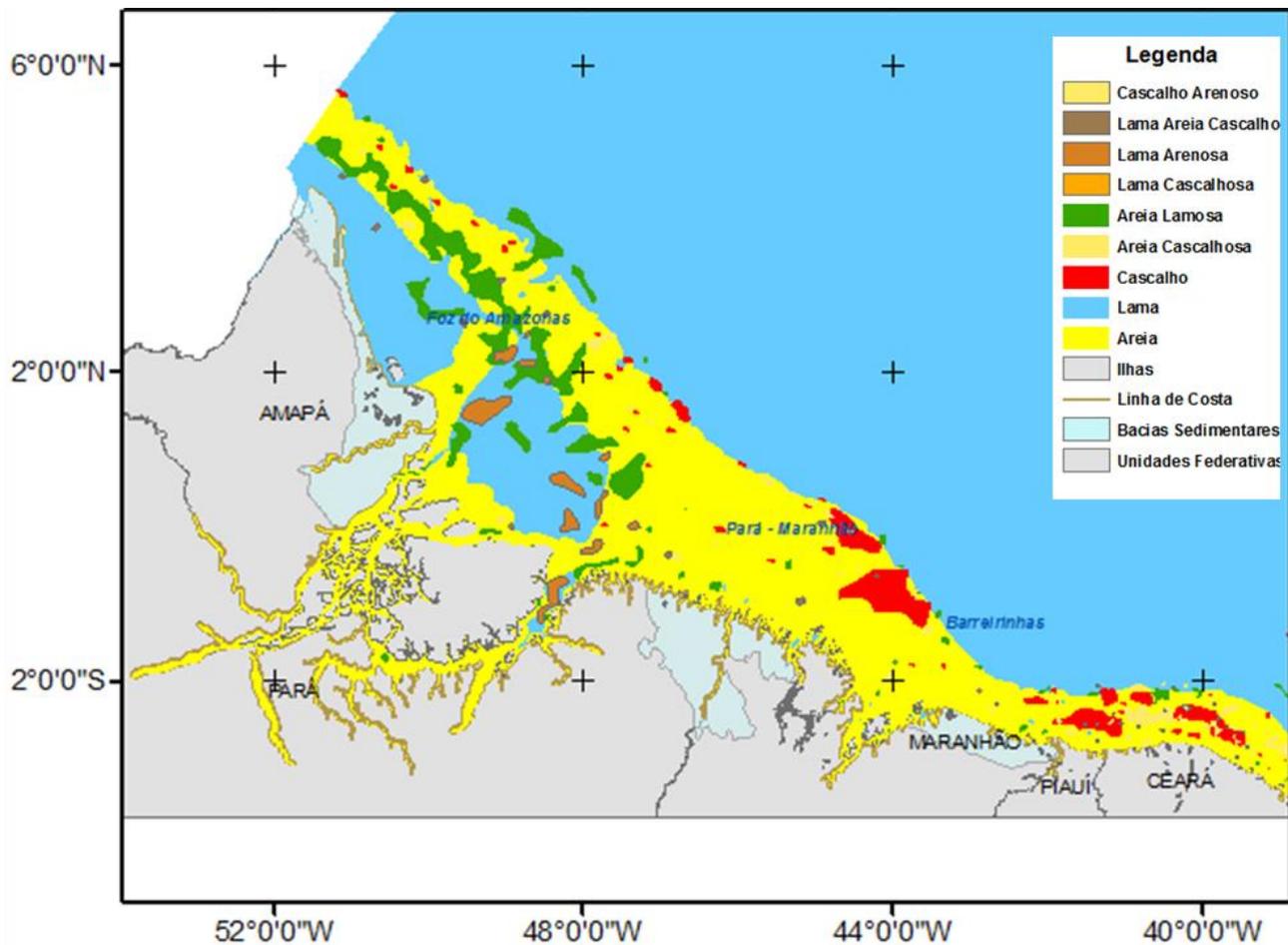


Figura 231 - Distribuição sedimentar de superfície de fundo entre o Amapá e o Ceará. Fonte: Projeto Piatam Oceano.

Com relação à ocorrência de carbonatos associados aos sedimentos dos fundos atuais, o mapa de teores mais a sudoeste, que corresponde à plataforma continental do Piauí e Ceará, apresenta alto teor de carbonato desde as porções mais rasas até a borda da plataforma (Figura 232).

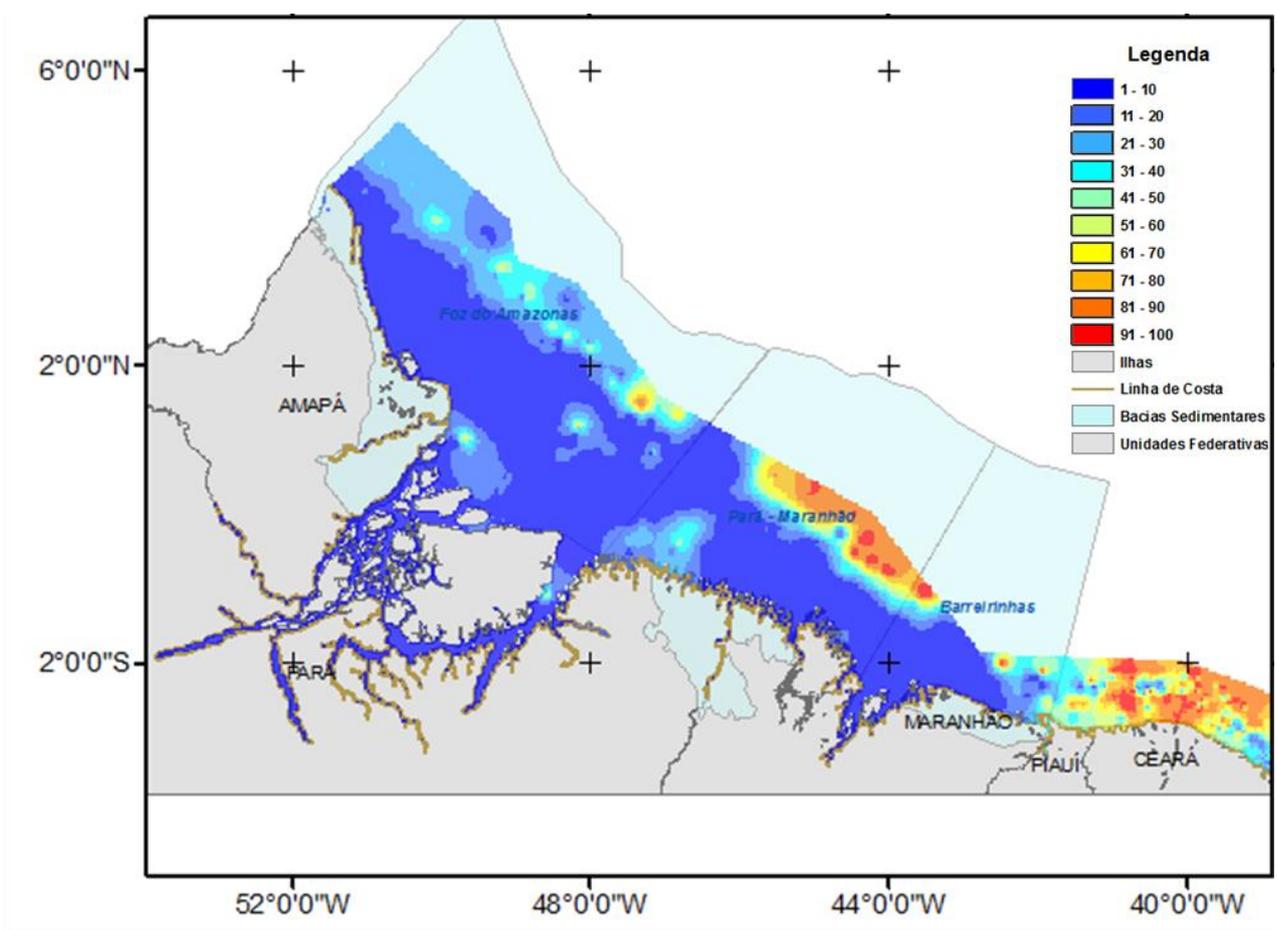


Figura 232 - Distribuição dos teores de carbonato da superfície de fundo entre o Amapá e o Ceará.
Fonte: Projeto Piatam Oceano.

4. BIBLIOGRAFIA

ASEFF, C.R.C., 2006. Comparação de estruturas oceanográficas da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, Brasil, em duas situações de outono. Monografia de Graduação. FURG, Rio Grande, RS, Brasil. 47p.

AIDAR, E.; GAETA, S.A.; GIANESEL L.A.; GALVÃO, S.M.F.; KUTNER, M.B.B. & TEIXEIRA, C., 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba SP. *Publicação Esp. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, v.10, p. 9 – 13.

BARRY, R.G. & CHORLEY, R.J., 2004. Atmosphere, weather and climate. Routledge, New York, 8th ed.

BLECK, R., 2002. An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-cartesian coordinates. *Ocean Modelling*, v. 4, n. 1, p. 55-88.

BLECK, R. & BOUDRA, D., 1981. Initial testing of a numerical ocean circulation model using a hybrid (quasi-isopycnic) vertical coordinate. *Journal of Physical Oceanography*, v. 11, n. 6, p. 755-770.

CANDELLA, R.N., 1997. Estudo de Casos de Ondas no Atlântico Sul Através de Modelagem Numérica. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. XIII, 80 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Oceânica).

CASTRO FILHO, B.M.C. & MIRANDA, L.B., 1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4° N and 34° S. *The Sea*. John Wiley & Sons, Inc. 11: p. 209-251.

CASTRO FILHO, B.M.; MIRANDA, L.B. & MIYAO, S.Y., 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 35(2):135-151.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.S. & SILVA, M.G.A.J., 2009. Tempo e Clima no Brasil. 463p. Oficina de Textos, São Paulo-SP.

CIRANO, M.; MATA, M.M.; CAMPOS, E.J.D. & DEIRÓ F.R.N., 2006. A circulação oceânica de larga-escala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação global OCCAM, *Revista Brasileira de Geofísica*, 24(2): 209-230.

CLARKE, A.J. & BATTISTI, D.S., 1981. The effect of continental shelves on tides. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 28(7), 665-682.

CUNHA, S.B.D., & GUERRA, A.J.T., 1998. Geomorfologia do Brasil. In *Geomorfologia do Brasil*. Bertrand Brasil.

DALEY, R., 1991. Atmospheric Data Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 457pp.

DEACON. E. R., 1937. The hydrology of the southern ocean. *Discovery Reports*, v. 15, p. 1–124, plates I-XLIV, 1937. Cambridge Univ. Press, London.

DENGLER, M., F. A. SCHOTT, C. EDEN, P. BRANDT, J. FISCHER & J. ZANTOPP, 2004. Break-up of the Atlantic Deep Western Boundary Current into Eddies at 8°S. *Nature*, Vol. 432, 23/30, p. 1018 -1020.

EMÍLSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters off southern Brazil. Em *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 11(2):101-112.

EVANS DL & SIGNORINI SR. 1985. Vertical structure of the Brazil Cur-rent. *Nature*, 315(6014): 48–50.

FEMAR, 2000. Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro. 281pp.

FERREIRA, A. G. & MELLO, N. G. S., 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 1, p. 15-28.

FIGUEIREDO JR, A.G; SILVEIRA, O.F.M.; NETO, A.A. & SILVA, F.T., 2008. Síntese do conhecimento da geologia e geomorfologia da Margem Equatorial Brasileira. Projeto Piatam Oceano 2008. In: [www.piatamoceano.uff.br/piatamoceano/downloads/sinteses/sintese_geo_01 .pdf](http://www.piatamoceano.uff.br/piatamoceano/downloads/sinteses/sintese_geo_01.pdf).

FONTES, R. F. C., CASTRO, B. M., & BEARDSLEY, R. C., 2008. Numerical study of circulation on the inner Amazon Shelf. *Ocean Dynamics*, 58(3-4), 187-198.

GODIN, G., 1991. Compact approximation to the bottom friction term for the study of tides propagating in channels. *Continental Shelf Research*. 11(7), p. 579-589.

GODOI, S. S. de, 2005. Dinâmica Quase-Geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no Embaiamento de São Paulo. Tese de doutorado apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

HALLIWELL, G., 2004. Evaluation of vertical coordinate and vertical mixing algorithms in the hybrid-coordinate ocean model (HYCOM). *Ocean Modelling*, Elsevier, v. 7, n. 3-4, p. 285-322.

HANAWA, K., P. RAUL, R. BAILEY, A. SY, AND M. SZABADOS, 1994. Calculation of new depth equations for expendable bathythermographs using a temperature error-free method (application to Sippican/TSK T-7, T-6 and T-4 XBTs). IOC Technical Series, 42, 46 pp.

HESS, K.W. & BOSLEY, K.T., 1992. Methodology for Validation of a Tampa Bay Circulation Model. Proceedings, 2nd International Conference on Estuarine and Coastal Modeling, Tampa, Florida, November 11-13, 1991. p. 83-94.

HOLTHUIJSEN, LEO H., 2007. Waves in oceanic and coastal waters. Cambridge: Cambridge University Press.

HURRELL, J. W., 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, 269(5224), p. 676-679.

LUMPKIN, R. AND Z. GARRAFFO, 2005. Evaluating the Decomposition of Tropical Atlantic Drifter Observations. *J. Atmos. Oceanic Techn.* 22, 1403-1415.

MIRANDA, L.B. de, 1982. Análise de massas d'água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e Ilha de São Sebastião (SP). Tese de livre-docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, S Paulo. 123p.

MIRANDA, L.B. & CASTRO, B.M., 1979. Condições do movimento geostrófico das águas adjacentes a Cabo Frio (RJ). *Bol. Inst. Oceanogr.*, S. Paulo, 28(2): 79–93.

NIILER, P. P.; DAVIS, R. AND WHITE, H, 1987. Water-following characteristics of a mixed-layer drifter. *Deep-Sea Research*, v. 34, pp. 1867-1882.

PEDLOSKY, J., 1982. Geophysical fluid dynamics. New York and Berlin, Springer-Verlag, 1982. 636 p.

PEREIRA, J.E.R., 2000. Identificação de Sistemas Ressonantes: Aplicação na Plataforma Amazônica. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da USP, 260pp.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F., & SIEGLE, E., 2010. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1), 53-70.

RAMOS, A. R.; SANTOS, L. A. R. & FORTES, L. T. G., 2009. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, Brasília – DF, INMET. 485p ISBN: 978-85-62817-01-4

REID, J.L., 1989. On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: flow patterns, tracers and transports. *Prog. in Oceanogr.*, 23, 149-244.

SCHOBENHAUS, 1984. Geologia do Brasil. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais. Escala 1:2.500.000. MME-DNPM. Brasília, 501 p.

SCHOTT, F. A., DENGLER, M., BRANDT, P., AFFLER, K., FISCHER, J., BOURLES, B. & RHEIN, M., 2003. The zonal currents and transports at 35 W in the tropical Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 30(7).

SHORT, A. D., 2006. Australian beach systems-nature and distribution. *Journal of Coastal Research*, 22, 11-27.

SILVA, A. C., BOURLÈS, B., & ARAUJO, M., 2009. Circulation of the thermocline salinity maximum waters off the Northern Brazil as inferred from in situ measurements and numerical results. In: *Annales Geophysicae*, vol. 27, pp. 1861-1873.

SILVA-VAREJÃO, M.A., 2001. Meteorologia e Climatologia. Recife: PAX ed., 532p.

SILVEIRA, I.C.A. da; MIRANDA L.B. de & BROWN, W.S., 1994. On the origins of the North Brazil Current; *J. Geophys. Res.*, 99, 22501-22512

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K., CAMPOS, E.J.D., DE GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2), 171-183.

SILVESTER, R., 1968. Sediment transport long-term net movement. In: *The Encyclopedia of Geomorphology* (Ed.). R. W. Fairbridge. Reinhold Book Corp., p. 958-989.

STARK, J.D. et al., 2007. OSTIA: An operational, high resolution, real time, global sea surface temperature analysis system. In: Oceans '07 IEEE, 2007, Aberdeen, Escócia. Proceedings. Aberdeen, Scotland: IEEE, 2007.

STRAMMA, L. & M. ENGLAND, 1999. On the water masses and circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, Vol. 104, Nº. C9: 20.863-20.883.

STRAMMA, L.; IKEDA, Y. & PETERSEN, R.G., 1990. Geostrophic transport in the Brazil Current region, *Deep-Sea. Res.*, 37(12): p. 1875-1886.

SVERDRUP, H.U.; JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H., 1942. The Oceans: their physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall, INC (New York).

TALLEY, L.D., 1996. Physical oceanography. Encyclopedia of Earth Sciences, MacMillan Publishing, New York, NY. pp 745-749.

TESSLER, M. G., & GOYA, S., 2005. Processos costeiros condicionantes do Litoral Brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, 17, 11-23.

TOLMAN, H. L., 1999. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18. NOAA / NWS / NCEP / OMB *Technical Note* Nr. 166, 110 pp.

TOMCZAK, M., & GODFREY, J. S., 2001. Regional oceanography: an introduction. Elsevier.

VIANELLO, R.L. & ALVES, A.R., 1991. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Imp. Universitária, 449 pp.

WRIGHT, C. W., 2000. Open ocean and landfalling hurricane directional wave spectra from a scanning radar altimeter. Proc. Sixth Int. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Charleston, SC, Veridian-ERIM and NOAA/NESDIS, Vol. 1, 9–15.

ZHANG, Y.; BELLINGHAM, J. G.; GODIN, M.; RYAN, J. P.; MCEWEN, R. S.; KIEFT, B. & HOOVER, T., 2010. Thermocline tracking based on peak-gradient detection by an autonomous underwater vehicle. In OCEANS 2010 (pp. 1-4). IEEE.