

II.5.1.3 - Oceanografia

II.5.1.3.1 - Introdução

A caracterização ambiental de uma determinada região representa uma importante ferramenta de planejamento do uso dos recursos naturais e de otimização de investimentos.

Assim sendo, o presente item aborda os aspectos oceanográficos mais relevantes da Bacia de Pelotas, mais precisamente, nas proximidades do Bloco BM-P-2.

Para tanto, foram pesquisadas informações secundárias de bases regionais e globais, assim como dados coletados *in situ*, analisados através de procedimentos estatísticos, de forma a atender às exigências do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 011/11.

Os parâmetros abordados no estudo são: temperatura, salinidade e densidade da água do mar, massas d'água, regime de correntes, clima de ondas (direção, período e altura significativa), e marés.

II.5.1.3.1.1 - Localização

A Bacia de Pelotas encontra-se situada nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, limita-se ao sul pelo limite territorial Brasil/Uruguai e a norte pelo sul da ilha de Florianópolis (SC). Ao norte dessa bacia encontra-se a Bacia de Santos. O Bloco BM-P-2 encontra-se a aproximadamente 145 km da Lagoa dos Patos. O ponto de vazamento proposto ao estudo encontra-se a 32°38'31" S e a 50°06'48" W (**Figura II.5.1.3.1.1-1**).

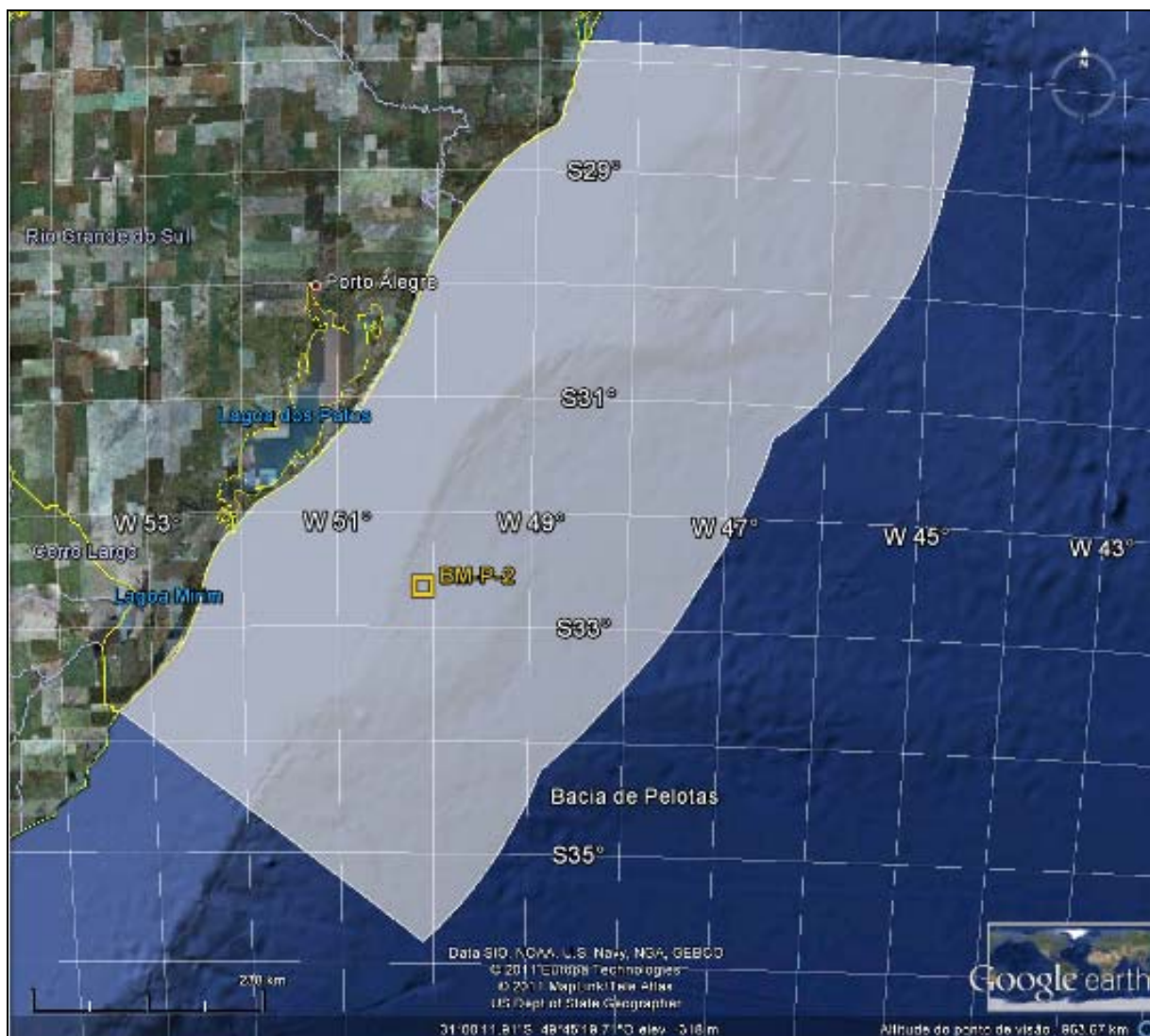


Figura II.5.1.3.1.1-1– Localização do ponto de interesse relativo ao Bloco BM-P-2. A área demarcada representa a Bacia de Pelotas.

II.5.1.3.2 - Caracterização Oceanográfica

A abordagem adotada na caracterização oceanográfica apresentada neste item parte de uma caracterização regional da Bacia de Pelotas e, sempre que possível, apresenta as características particulares das proximidades do BM-P-2.

Para tanto, foram utilizados dados de diversas fontes, citadas a seguir:

- Dados de temperatura e salinidade disponíveis no *National Oceanographic Data Center* (NODC);
- Dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*).
- Dados do modelo global de marés FES-2004 contendo a fase e a amplitude das principais constituintes de maré;
- Dados da estação maregráfica da FEMAR de Rio Grande.
- Dados de correntes do HYCOM.
- Dados de corrente do projeto WOCE
- Dados de ondas do projeto ERA-40.

Além de referências bibliográficas sobre a oceanografia local.

Na **Tabela II.5.1.3.2-1**, observa-se um resumo com as fontes de dados utilizadas no estudo, e as suas respectivas localizações.

Tabela II.5.1.3.2-1 - Localização das fontes de dados utilizadas.

Fontes	Coordenadas		Parâmetros	Período
	Latitude	Longitude		
NODC/WOA09 (área)	40° S - 25° S	60° W – 40° W	T e S	1956-2011
NODC/WOA09 (ponto)	32,625° S	50,125° W	T e S	1773-2009 ¹
NODC/WOD09 (área)	33,5° S – 31,5° S	51° W – 48° W	T e S	1925 - 1994
OSTIA (área)	40° S - 25° S	60° W – 40° W	TSM	01/01/2008 01/01/2012
ERA-40	32,5° S	50° W	Ondas	01/01/1992 31/12/2001
FES-2004 (área)	40° S - 25° S	60° W – 40° W	Maré	-
FES-2004 (ponto)	32,625° S	50,125° W	Maré	
HYCOM (área)	40° S - 25° S	60° W – 40° W	Correntes	01/01/2005 31/12/2010
HYCOM (ponto)	32,675° S	50,08° W	Correntes	01/01/2005 31/12/2010
WOCE (BW/333)	27,9° S	46,7° W	Correntes	01/03/1991 a 26/11/1992
WOCE (BW/334)	28° S	46,33° W	Correntes	01/03/1991 a 26/11/1992
WOCE (BW/335)	28,26° S	45,21° W	Correntes	01/04/1991 a 26/11/1992

Legenda: T = Temperatura; S = Salinidade; TSM = Temperatura Superficial do Mar.

II.5.1.3.2.1 - Temperatura, Salinidade e Densidade

O estudo da temperatura e salinidade nos oceanos é de extrema importância para o conhecimento das estruturas verticais de massas d'água, bem como para o entendimento do papel dos oceanos como reservatório de sal, gases e calor (FERRERO; WAINER, 2008).

As águas presentes na região da Bacia de Pelotas são resultantes da influência da Convergência Subtropical (GARCIA, 1998 *apud* GIANNINI, 2009). Essa convergência é formada pelo encontro da Corrente do Brasil (CB), que flui para sul ao longo da costa leste, sudeste e sul do Brasil, com a Corrente das Malvinas (CM), que

¹ Período que contém informação na base de dados.

flui em sentido contrário, transportando a Água Subantártica, que apresenta temperaturas bem menores e também valores mais baixos de salinidade. A interação dessas duas massas de água resulta numa massa de água encontrada em camadas um pouco mais profundas, fluindo para Norte, chamada de Água Central do Atlântico Sul ou Água Subtropical. A convergência Subtropical apresenta variações latitudinais ao longo do ano. As águas mais costeiras, massas de água da plataforma interna, são fortemente influenciadas pela descarga de água doce da Lagoa dos Patos e pela intrusão de águas das Plataformas continentais Uruguia e Argentina (SOARES, 2001 *apud* GIANNINI, 2009). A Corrente do Brasil é encontrada sobre a plataforma na maior parte do ano.

Para avaliar a variação vertical de temperatura e salinidade, na região próxima ao BM-P-2, foram utilizados os dados da climatologia sazonal WOA09 (*World Ocean Atlas 09*) do NODC.

Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA09 consistem da análise objetiva dos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos, em navios de pesquisa e de oportunidade. Esta análise objetiva utiliza dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global com resolução espacial de $1/4^{\circ}$. Estes campos são tridimensionais e os dados são interpolados em 33 profundidades padrão desde a superfície até 5.500 m de profundidade. Temporalmente, esta climatologia consiste na média realizada para o período compreendido entre os anos de 1973 e 2009. Os dados da climatologia WOA09 podem ser obtidos através da sua página na internet (http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html). Maiores informações sobre as bases climatológicas de temperatura e salinidade pode ser obtidas em Locarnini *et al.* (2009) e Antonov *et al.* (2009).

Os dados utilizados foram extraídos de ponto de grade localizado na região do Bloco BM-P-2, localizado em $32,625^{\circ}\text{S}$ e $50,125^{\circ}\text{W}$, conforme apresentado na **Figura II.5.1.3.2.1-1**. Os perfis de temperatura e salinidade para as 4 estações do ano são apresentados na **Figura II.5.1.3.2.1-2**.

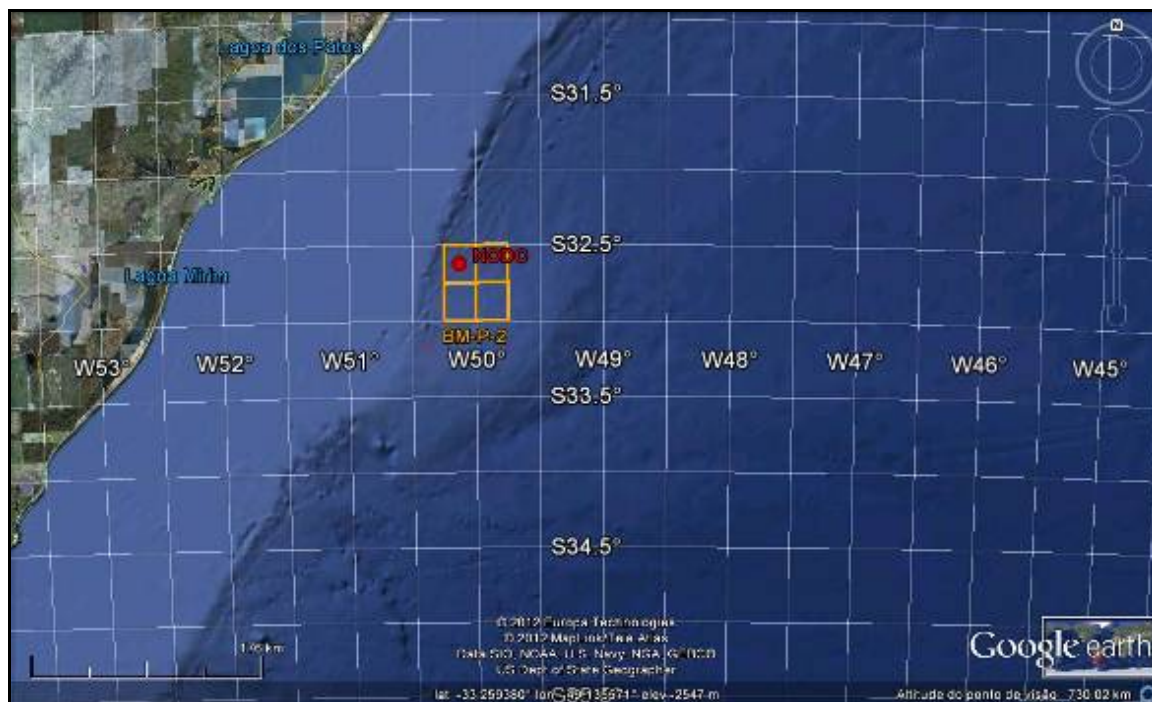


Figura II.5.1.3.2.1-1 – Localização do ponto de grade do WOA09 de onde foram retirados os dados de temperatura e salinidade.

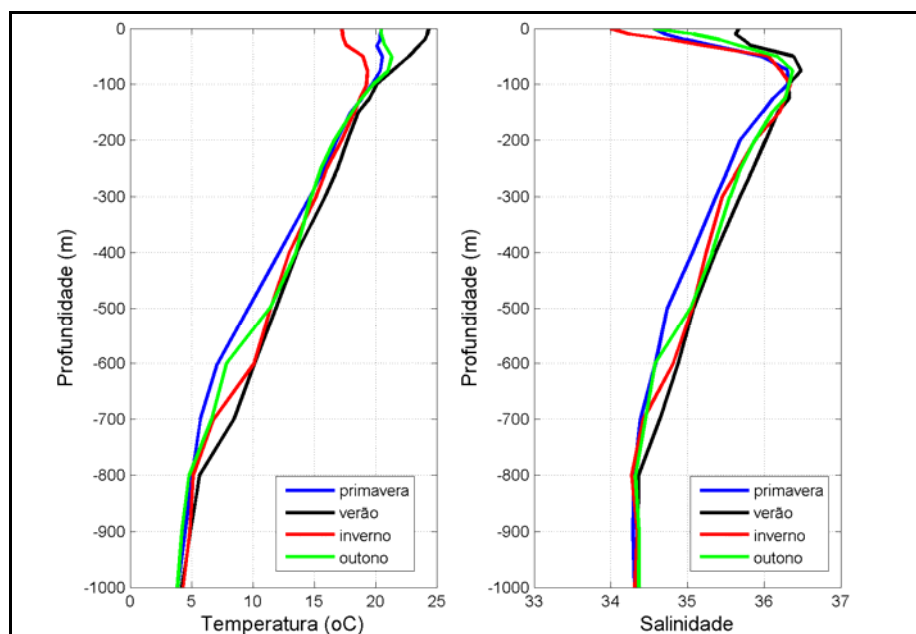


Figura II.5.1.3.2.1-2 – Perfis de temperatura e salinidade climatológicas para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-P-2.

Os dados demonstram a ocorrência de uma camada de mistura que se estende na região, desde a superfície até aproximadamente 100 m de profundidade. Abaixo da camada de mistura (região da termoclina) não há variações sazonais significativas, sendo estas mais pronunciadas nos primeiros 50 m da coluna d'água. Isto se deve à formação da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), na região da convergência subtropical durante o final do inverno (GORDON, 1981; SPRINTALL; TOMCZAK, 1993), conservando suas características termohalinas ao longo do ano.

No período de verão, em superfície, ocorrem as maiores temperaturas (~25 °C), e no inverno, as menores (~17 °C). Quanto à salinidade superficial, os maiores valores (35,7) são observados no verão, e os menores (34) no inverno, possivelmente devido à maior pluviosidade neste período. O máximo de salinidade pode ser observado próximo a 100 m de profundidade, atingindo valores maiores que 36. Os perfis climatológicos de densidade potencial para as quatro estações do ano (**Figura II.5.1.3.2.1-3**) foram elaborados com os dados de temperatura e salinidade anteriormente apresentados. Superficialmente, notam-se densidades maiores no inverno (1025 kg/m³) e menores no verão (1024 kg/m³), corroborando com os perfis de temperatura apresentados na **Figura II.5.1.3.2.1-2**. Em profundidade, a variação da densidade é mínima entre as estações do ano.

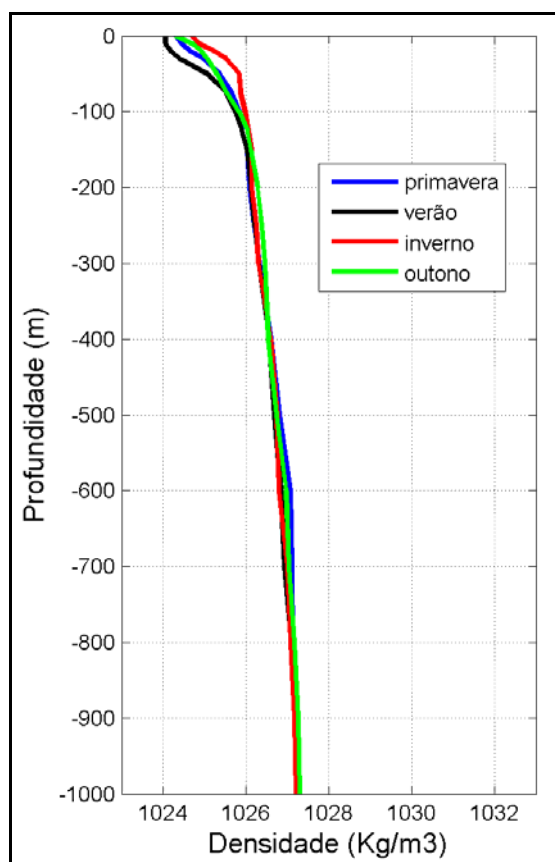


Figura II.5.1.3.2.1-3– Perfis das densidades climatólogicas para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-P-2.

A partir da climatologia sazonal do WOA09 também é possível obter uma boa estimativa da variabilidade espacial da temperatura e da salinidade climatólogicas na região da Bacia de Pelotas. A seguir, da **Figura II.5.1.3.2.1-4** à **Figura II.5.1.3.2.1-9**, são apresentadas as temperaturas climatólogicas nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1000 m, para toda a Bacia.

Variações sazonais mais expressivas são observadas apenas nos níveis com profundidades de até 50 m, onde são encontradas temperaturas mais elevadas em praticamente toda a Bacia de Pelotas durante o período de verão. Em ambas as estações do ano analisadas, percebe-se uma esperada variação latitudinal, com um acréscimo de temperatura ao norte da Bacia.

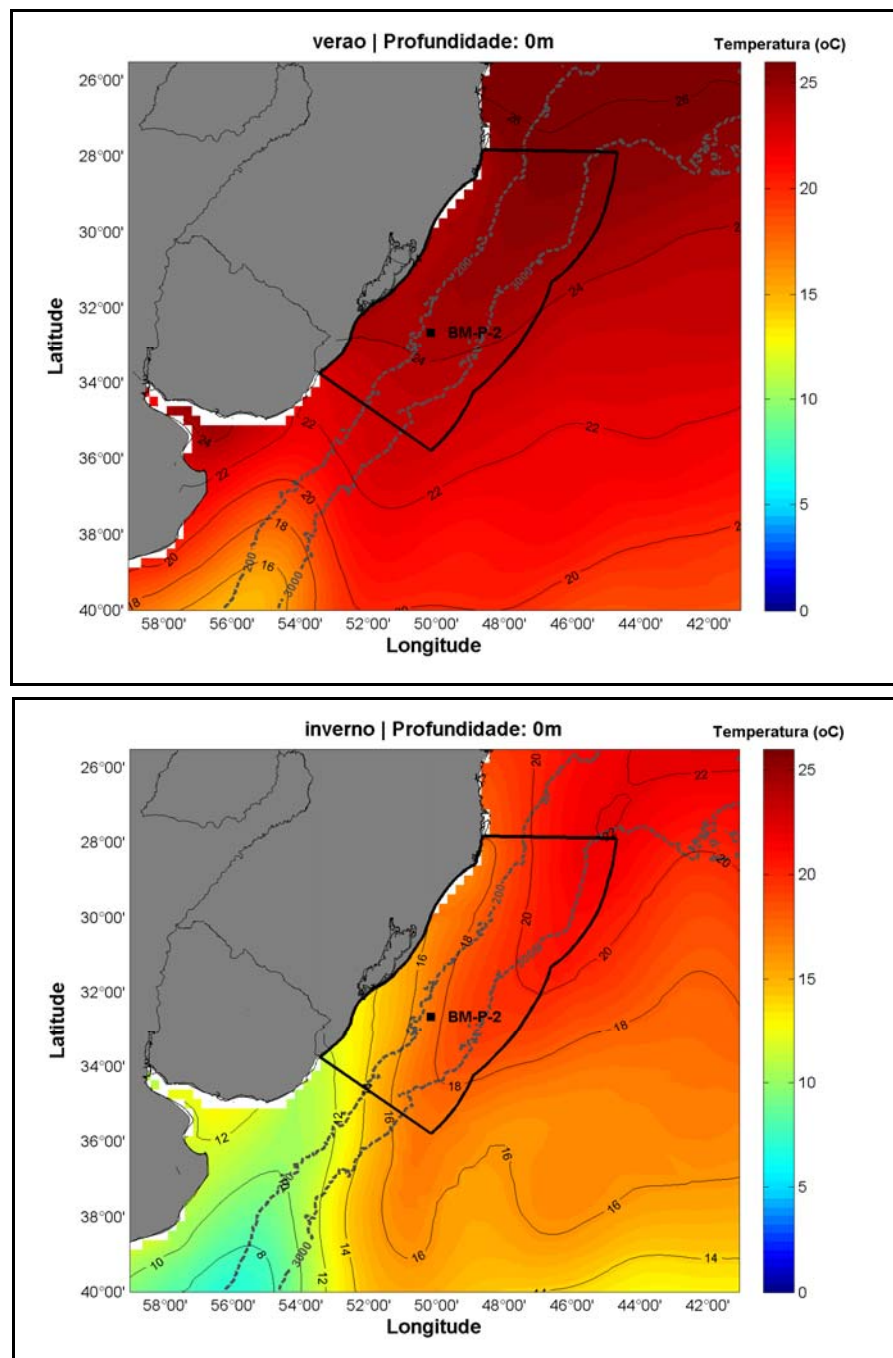


Figura II.5.1.3.2.1-4 – Temperatura climatológica superficial na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

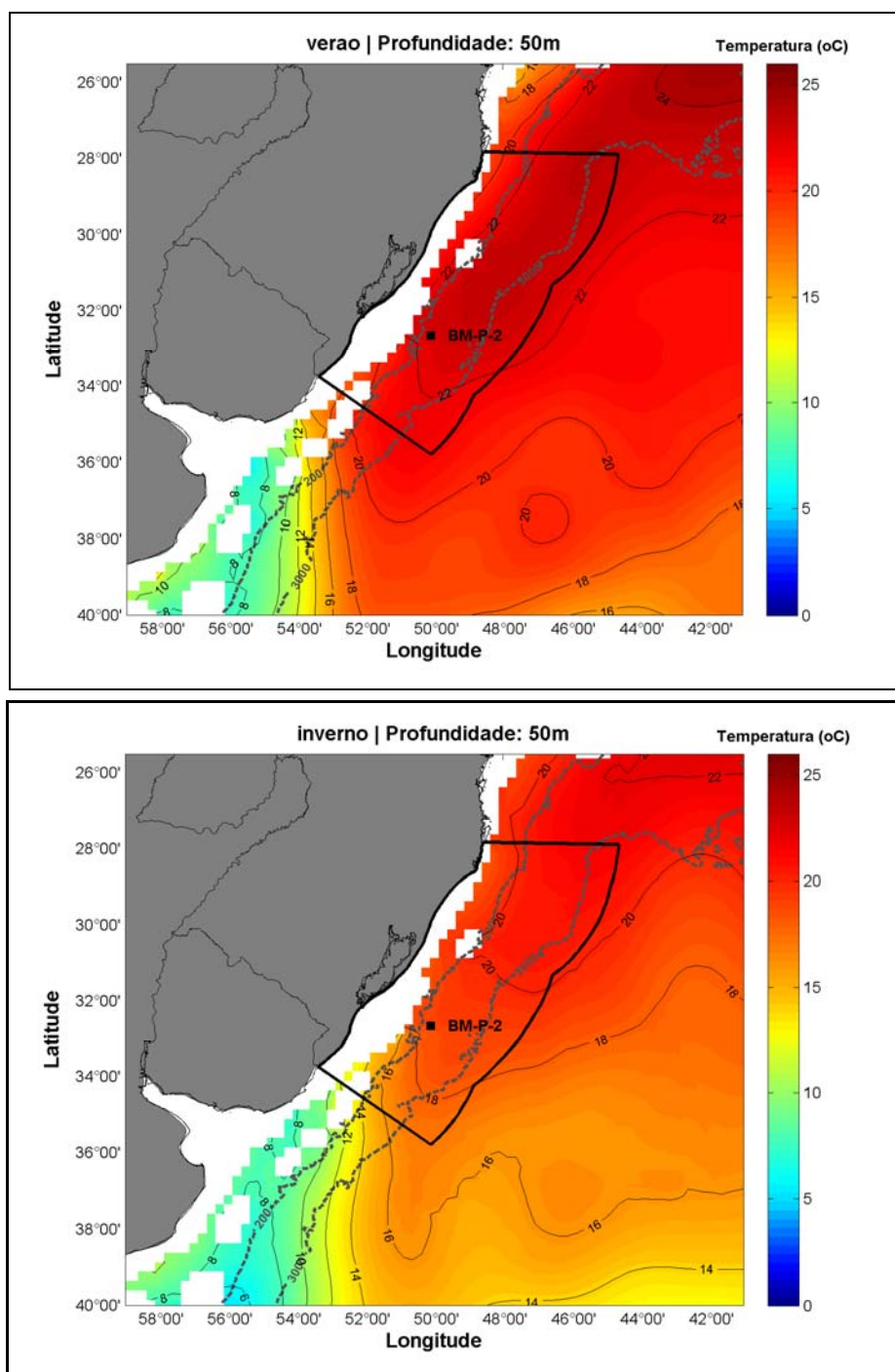


Figura II.5.1.3.2.1-5 – Temperatura climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

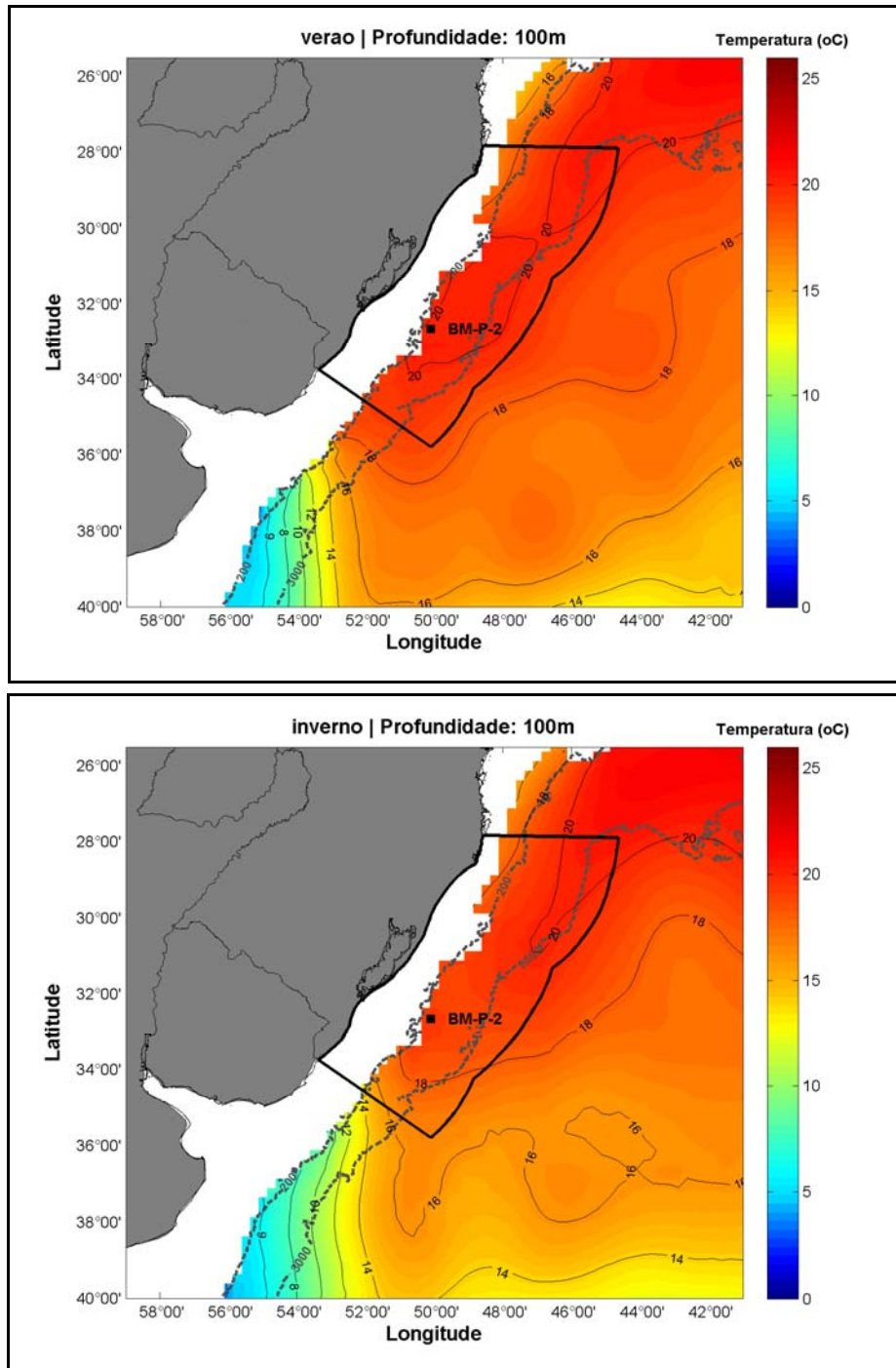


Figura II.5.1.3.2.1-6 – Temperatura climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

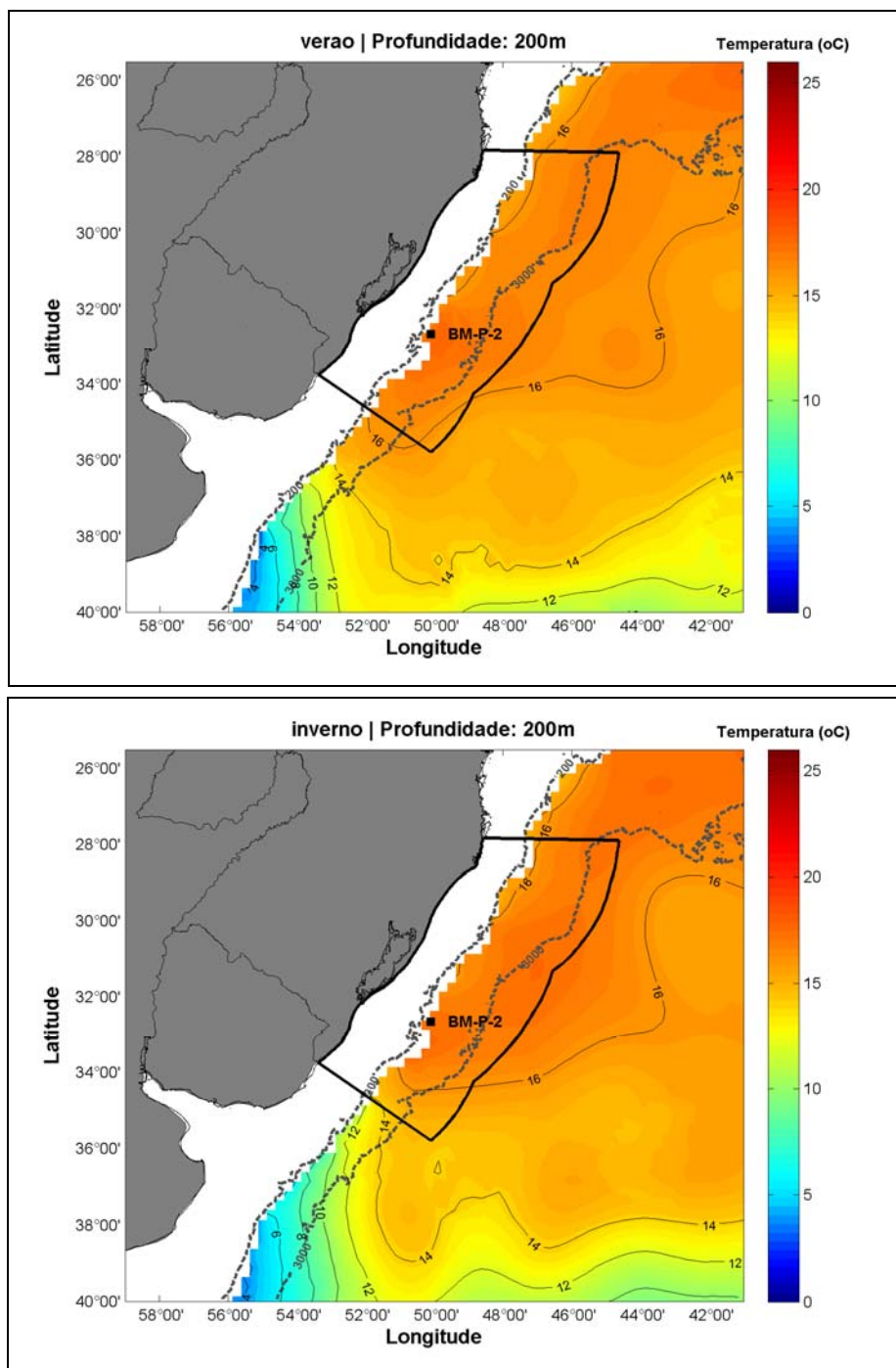


Figura II.5.1.3.2.1-7 - Temperatura climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

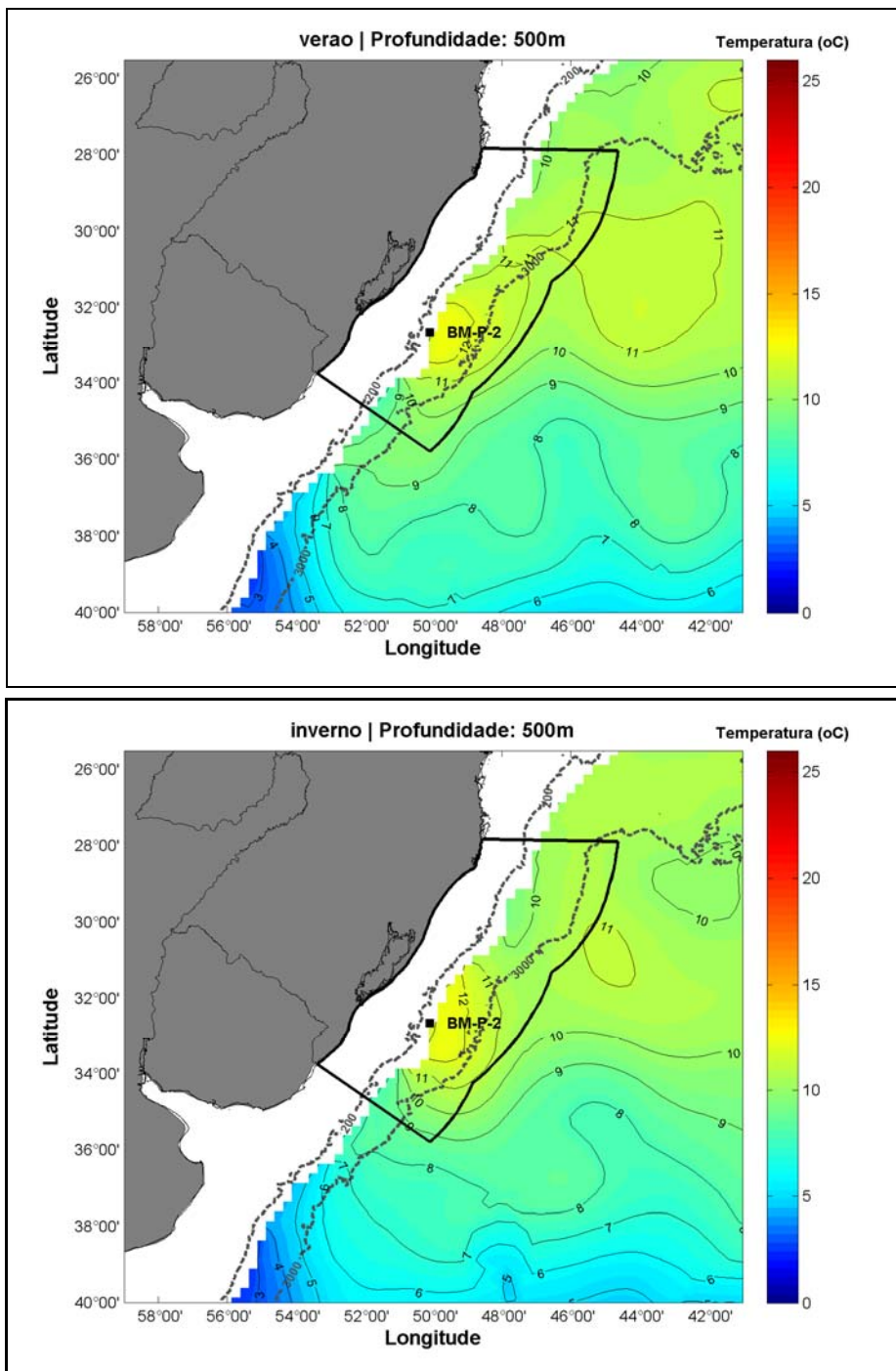


Figura II.5.1.3.2.1-8 – Temperatura climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

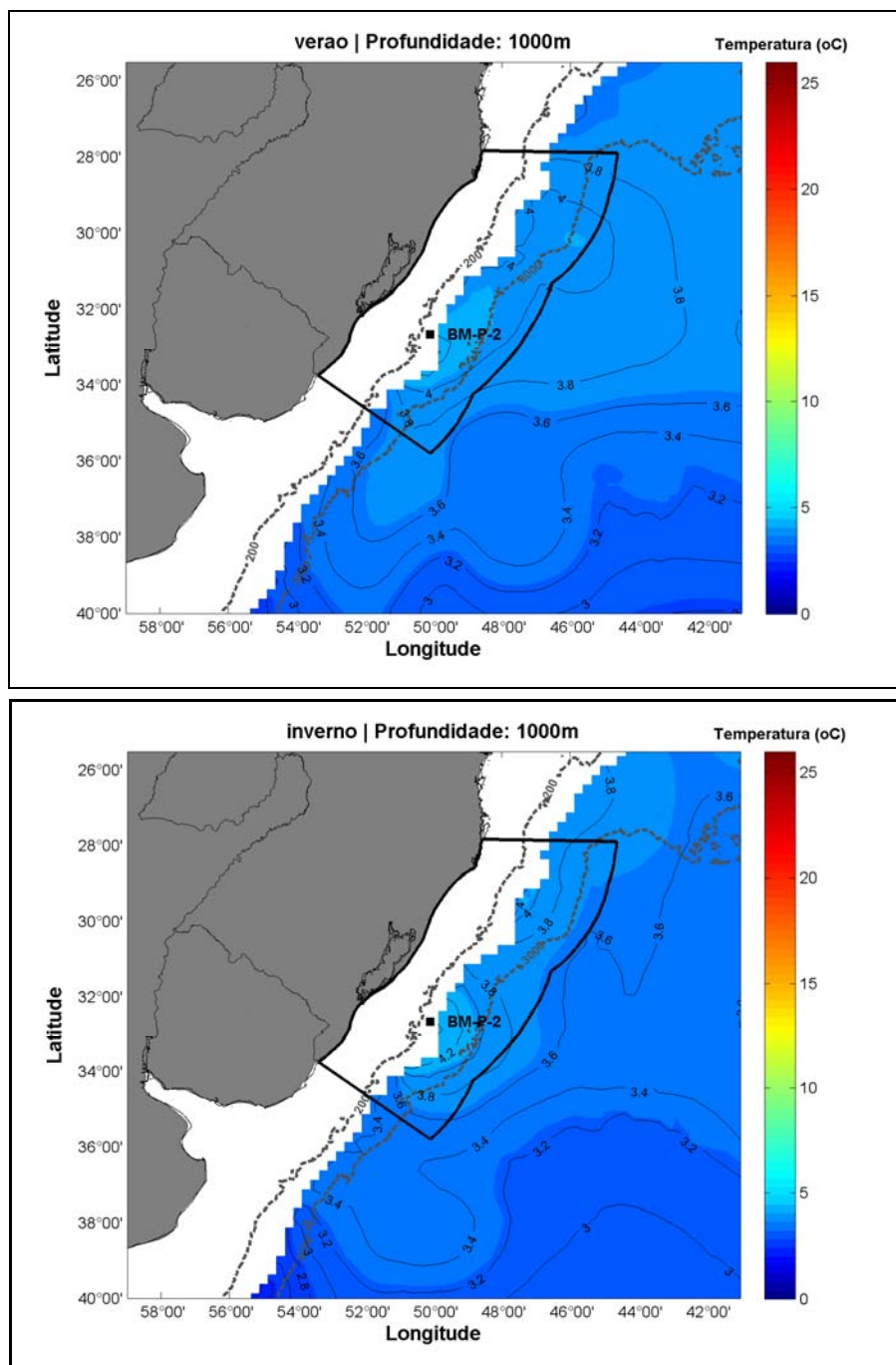


Figura II.5.1.3.2.1-9 – Temperatura climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

Na **Tabela II.5.1.3.2.1-1**, observa-se a variação da temperatura climatológica, na Bacia de Pelotas, em todos os níveis analisados. O quadro nos permite observar que a temperatura superficial média na região é aproximadamente 7°C mais quente no período de verão. Essa diferença passa a diminuir a partir de profundidades abaixo de 50 m, passando a 3°C.

Tabela II.5.1.3.2.1-1- Variação da temperatura climatológica em °C nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1000 m de profundidade.

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão
Superfície	14,52	21,70	26,65	0,57	6,77	14,78	22,58	0,84
50 m	6,06	17,01	24,90	0,73	4,80	14,25	22,59	0,92
100 m	3,74	15,63	21,69	0,64	3,66	14,72	22,02	0,85
200 m	3,35	13,46	17,83	0,44	2,99	13,06	17,75	0,66
500 m	2,56	8,15	12,71	0,59	2,54	7,83	12,52	0,68
1000 m	2,63	3,47	4,26	0,12	2,11	3,31	4,46	0,09

Da **Figura II.5.1.3.2.1-10** à **Figura II.5.1.3.2.1-15** são apresentadas as salinidades climatológicas, nas mesmas profundidades para as quais foram analisadas as temperaturas climatológicas.

Para a salinidade, não são observadas grandes variações sazonais. Em superfície, são encontradas águas pouco salinas próximo à costa, decorrentes do descarte da Lagoa dos Patos e do Rio da Prata.

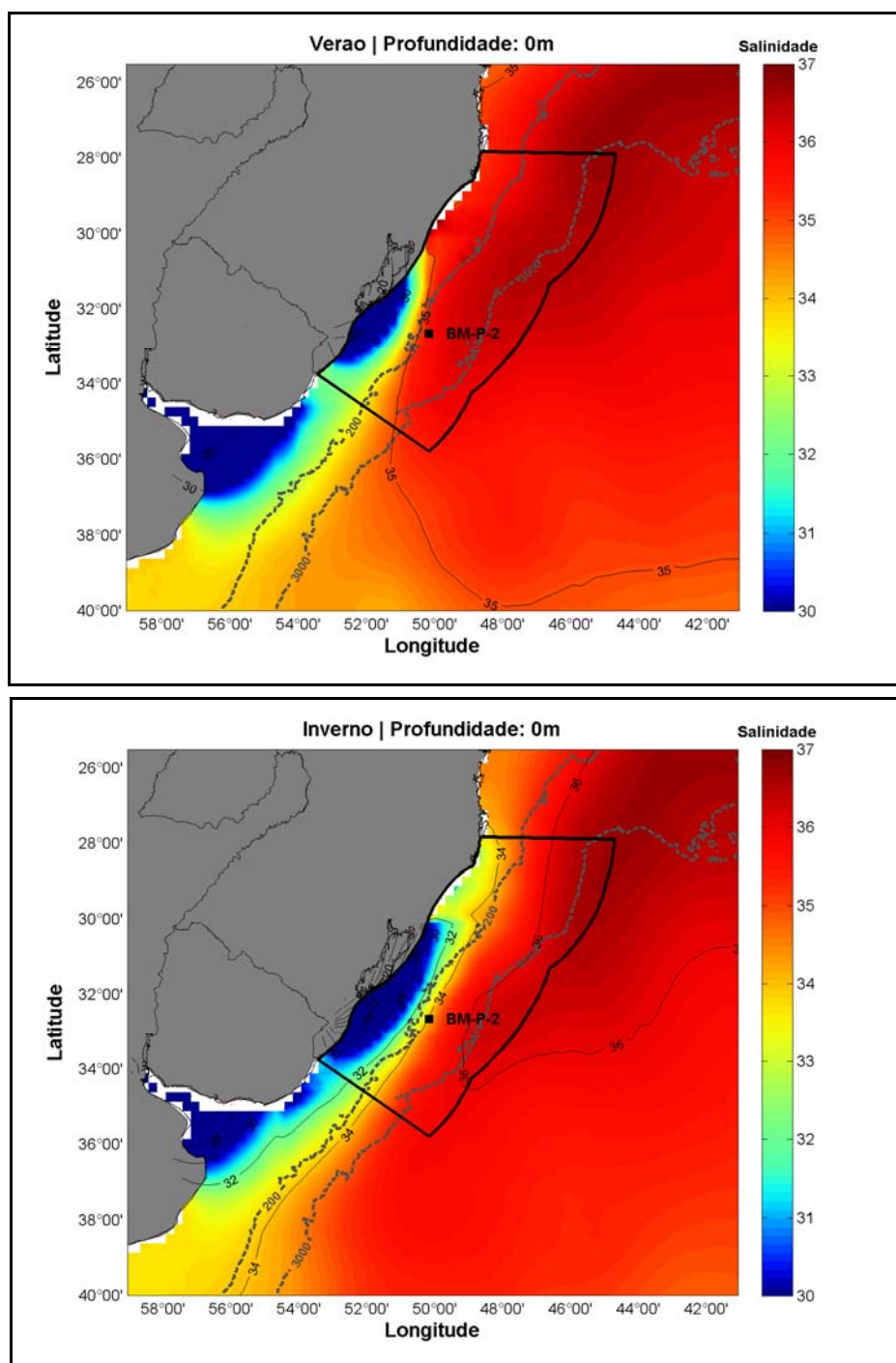


Figura II.5.1.3.2.1-10 – Salinidade climatológica superficial na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

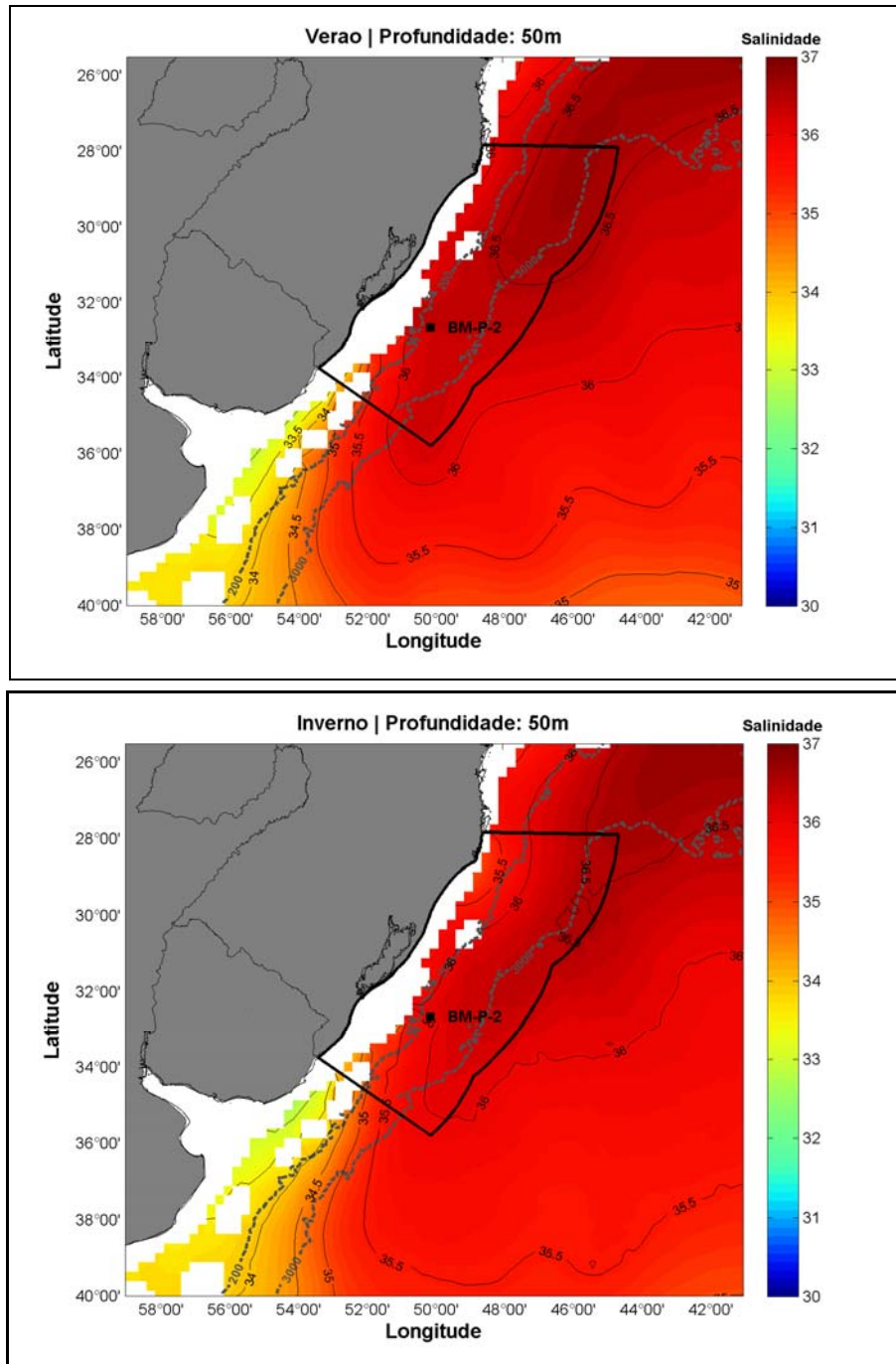


Figura II.5.1.3.2.1-11– Salinidade climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

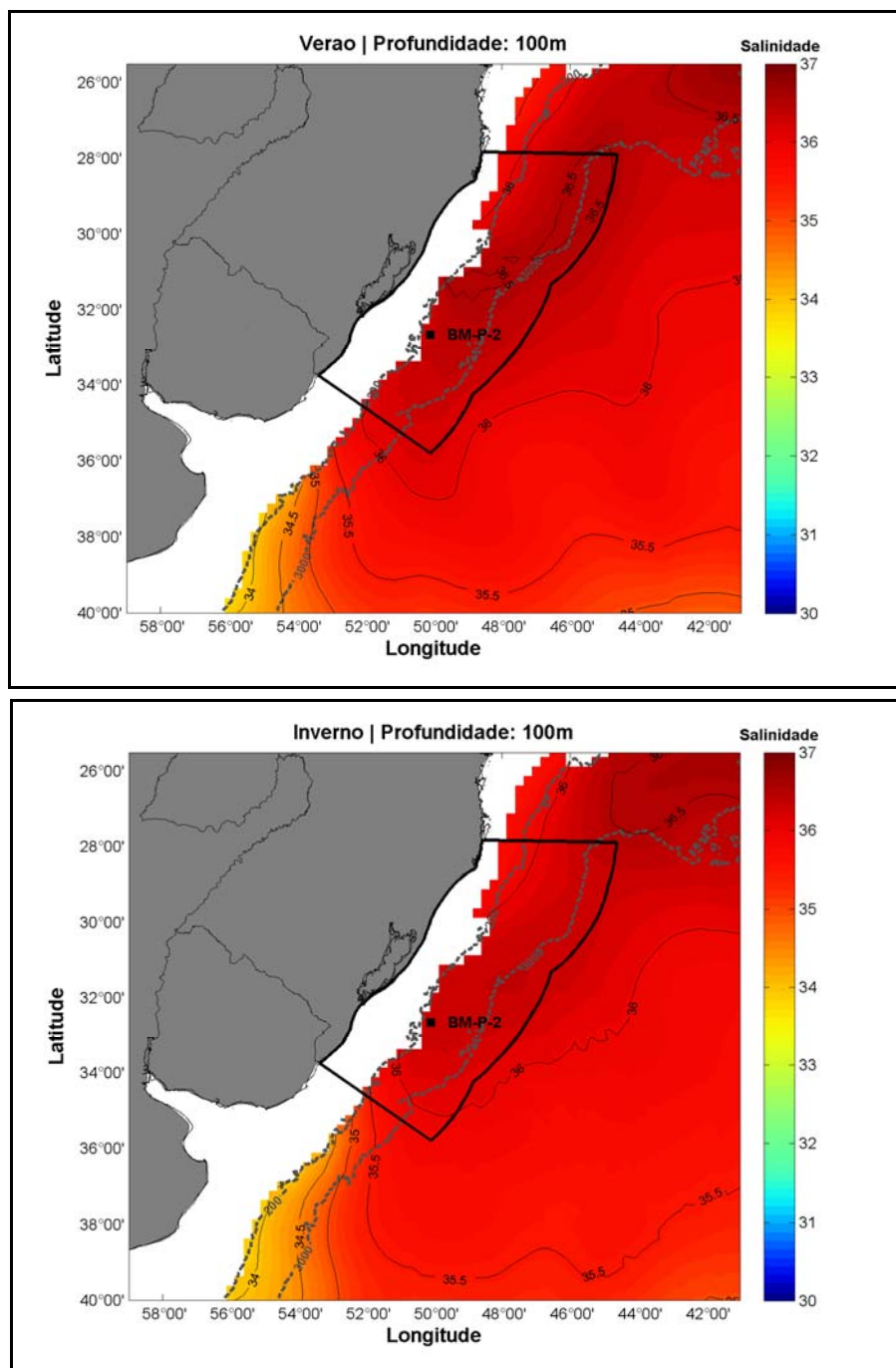


Figura II.5.1.3.2.1-12 – Salinidade climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

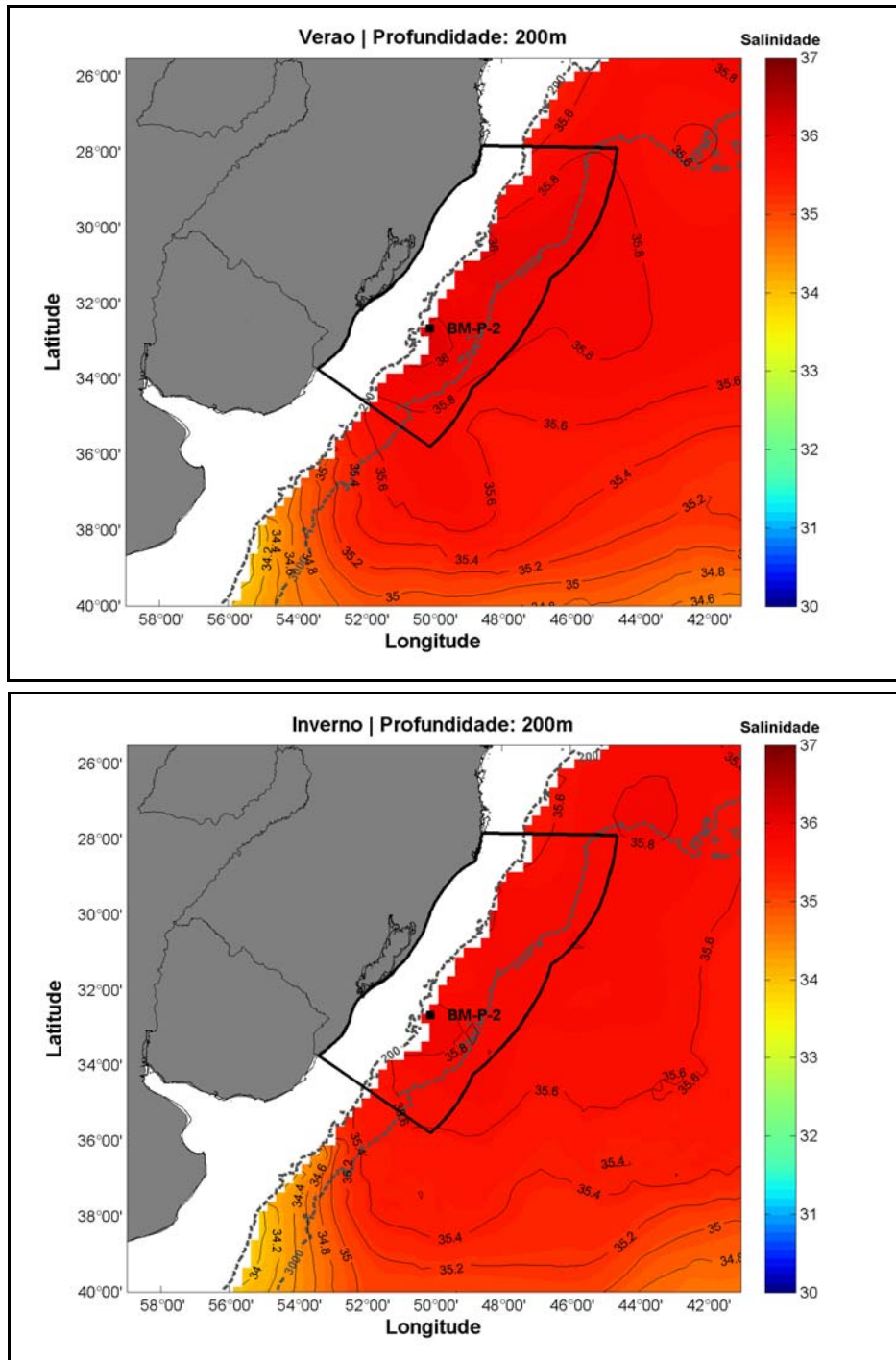


Figura II.5.1.3.2.1-13 – Salinidade climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

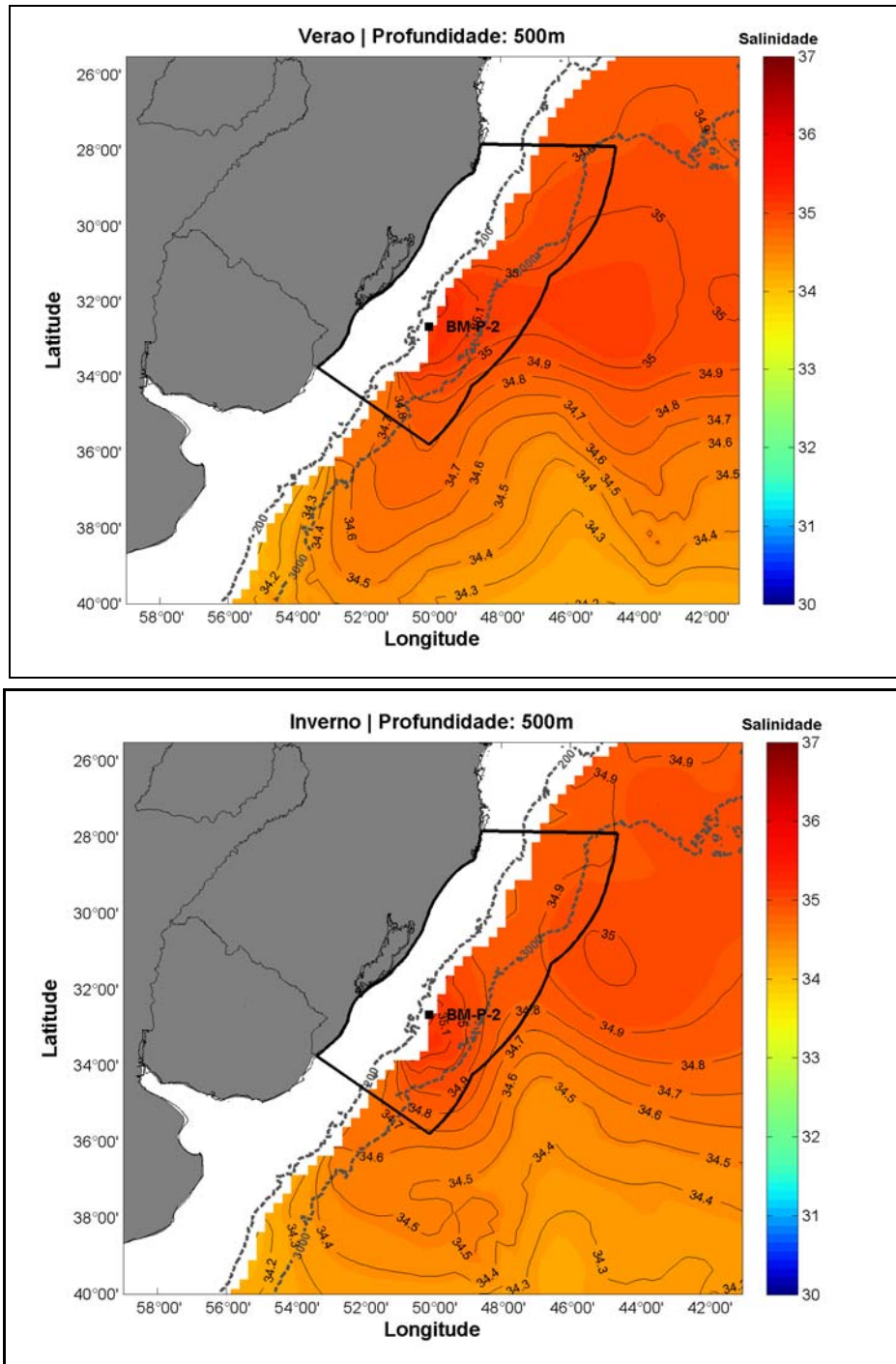


Figura II.5.1.3.2.1-14 – Salinidade climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

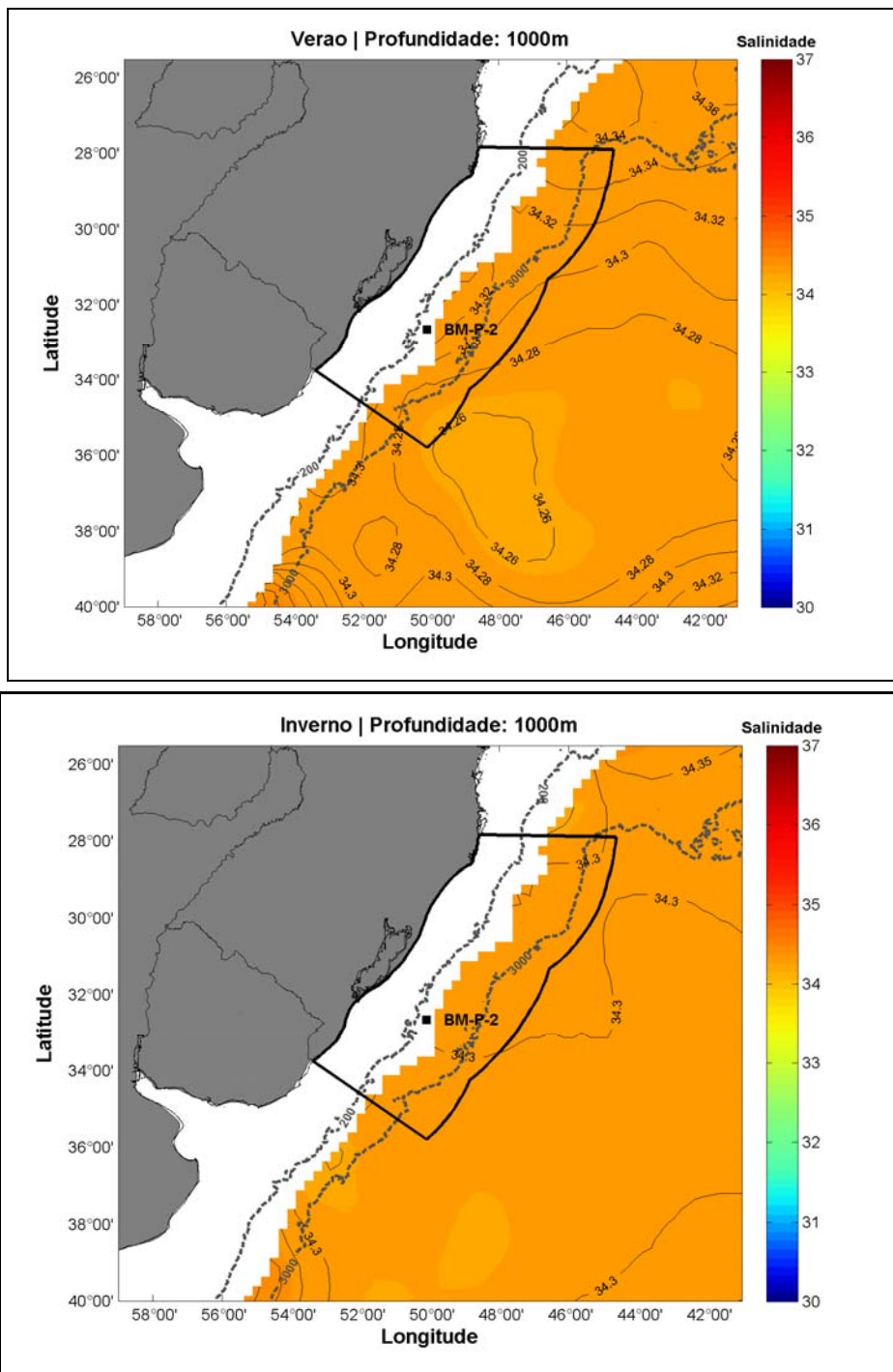


Figura II.5.1.3.2.1-15 – Salinidade climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

Na **Tabela II.5.1.3.2.1-2**, observa-se a variação da salinidade climatológica nos níveis analisados. Os maiores valores médios de salinidade são encontrados de 50 a 200 m em ambos os períodos. A salinidade torna a decrescer em 1000 m de profundidade, por contribuição da Água Intermediária Antártica (AIA).

Tabela II.5.1.3.2.1-2 - *Variação da salinidade climatológica nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1000 m de profundidade.*

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão
Superfície	13,94	34,00	40,62	1,51	13,69	34,03	36,76	1,66
50 m	32,82	35,15	36,84	0,18	32,54	35,10	36,79	0,17
100 m	33,68	35,59	36,75	0,13	33,78	35,49	36,71	0,13
200 m	33,91	35,31	36,07	0,10	33,87	35,24	35,97	0,08
500 m	34,07	34,63	35,22	0,10	34,09	34,58	35,17	0,09
1000 m	34,25	34,31	34,45	0,01	34,21	34,31	34,50	0,01

Da **Figura II.5.1.3.2.1-16** à **Figura II.5.1.3.2.1-21**, são apresentadas as densidades climatológicas, nas mesmas profundidades para as quais foram analisadas as temperaturas e salinidades climatológicas.

Variações sazonais relevantes são observadas nos primeiros 50 m da coluna d'água, devido à presença de águas mais frias durante o inverno, tornando as águas superficiais mais densas neste período. Em superfície, há uma variação da densidade das águas mais costeiras quando comparadas às águas oceânicas, em decorrência do aporte de água doce da Lagoa dos Patos e do Rio da Prata.

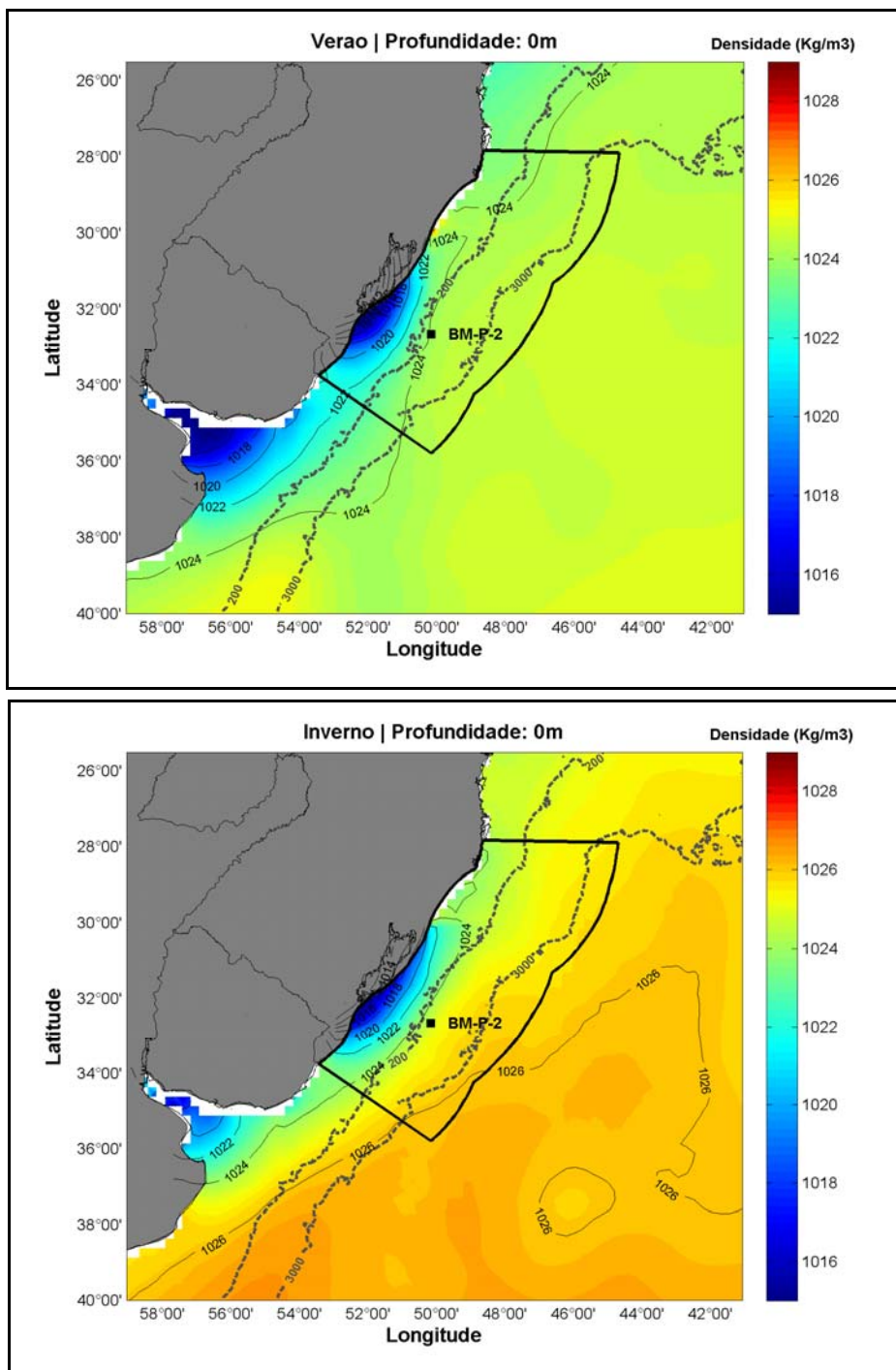


Figura II.5.1.3.2.1-16 – Densidade climatológica superficial na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

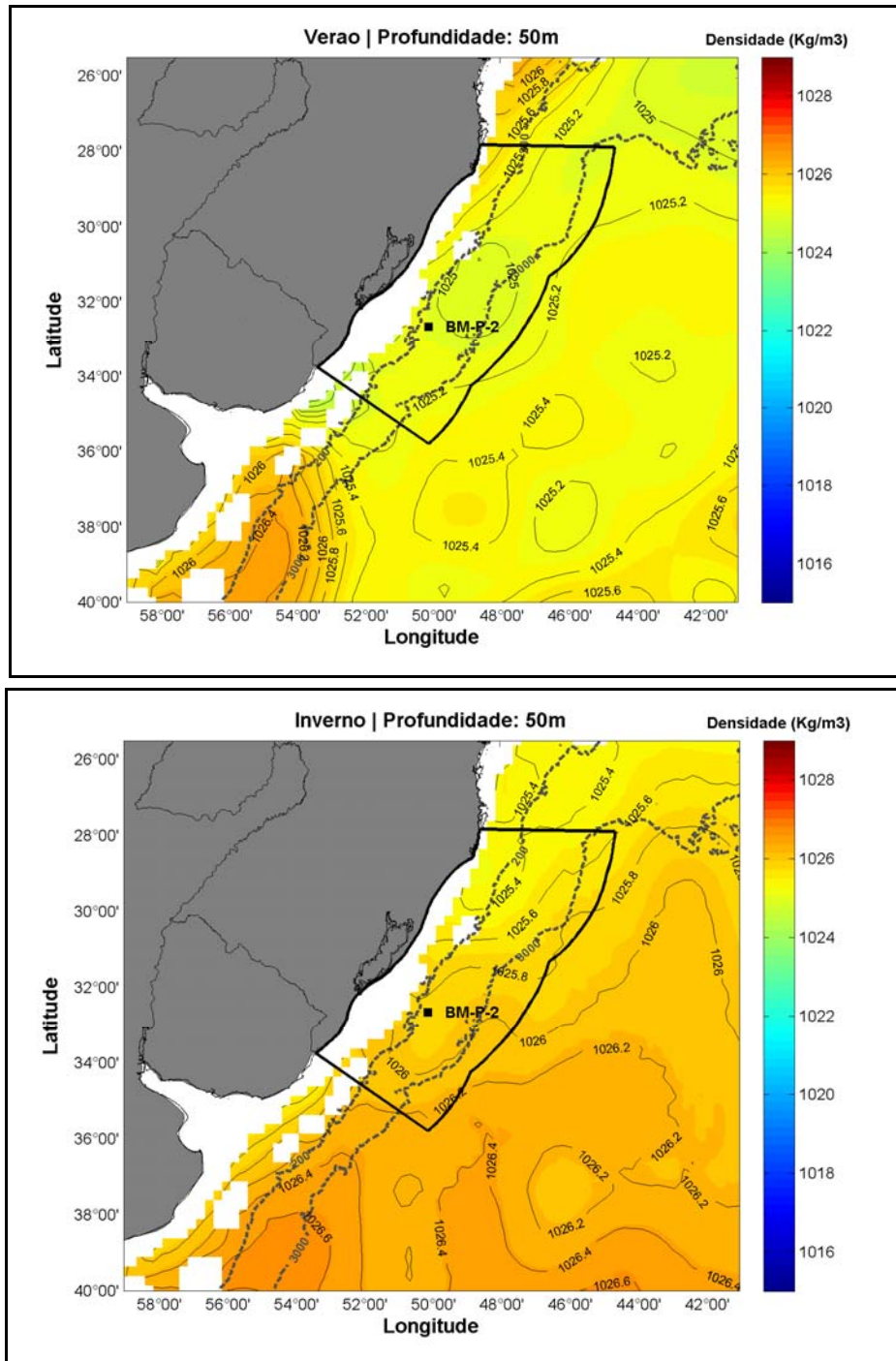


Figura II.5.1.3.2.1-17– Densidade climatológica a 50 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

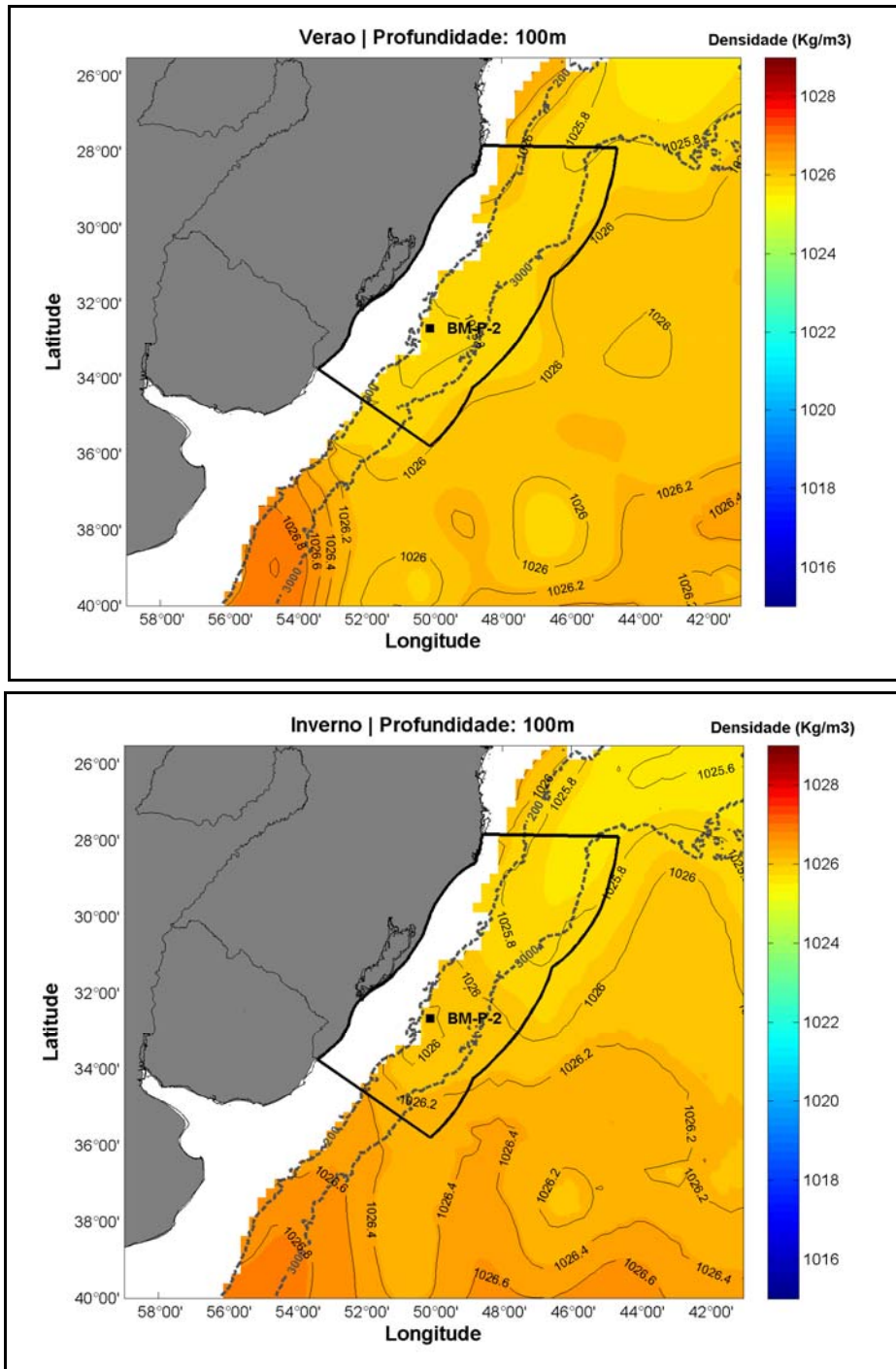


Figura II.5.1.3.2.1-18 – Densidade climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

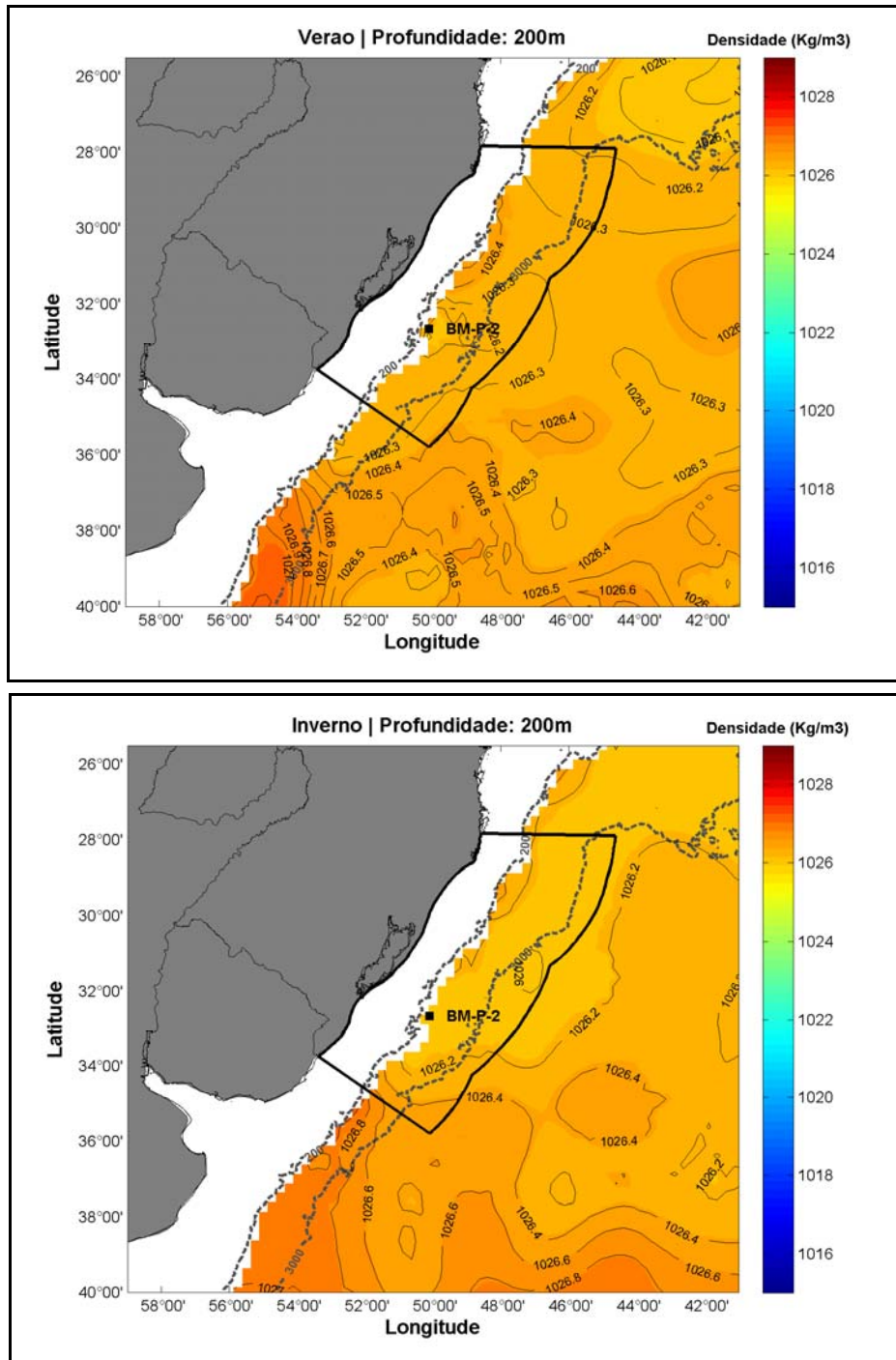


Figura II.5.1.3.2.1-19 – Densidade climatológica a 200 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

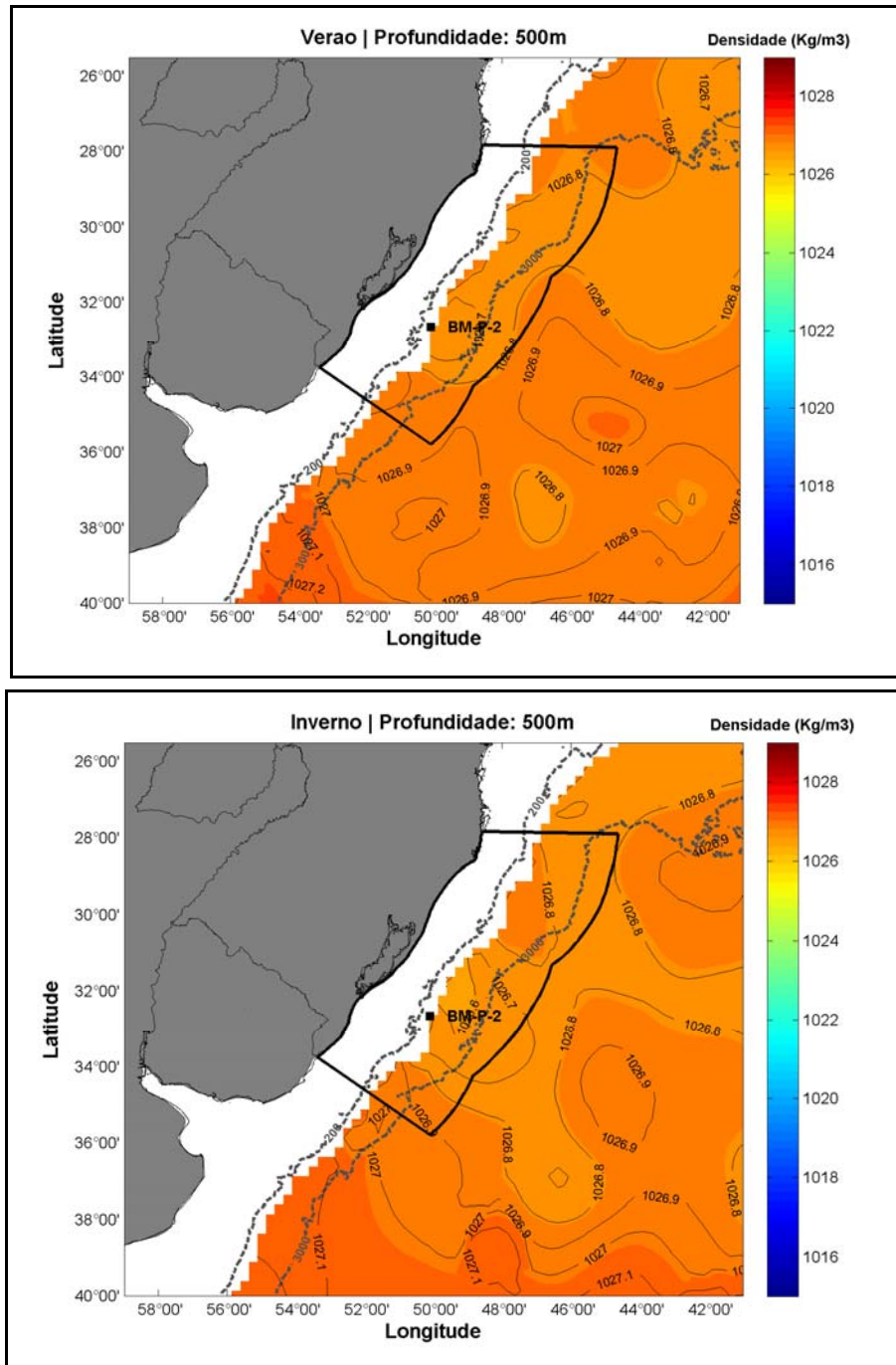


Figura II.5.1.3.2.1-20 – Densidade climatológica a 500 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

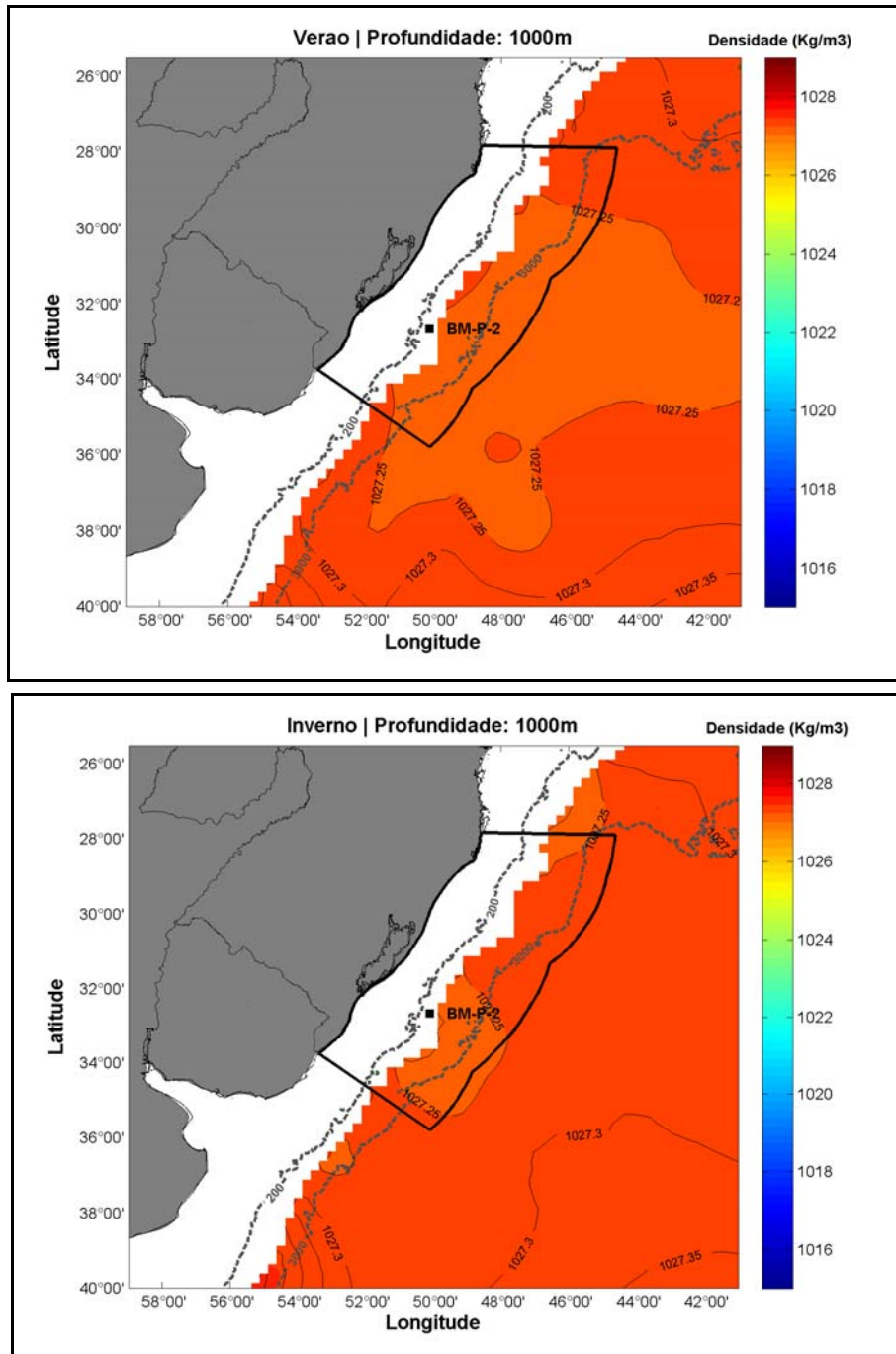


Figura II.5.1.3.2.1-21– Densidade climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (superior) e inverno (inferior). Em destaque o ponto de interesse relativo ao BM-P-2.

Na **Tabela II.5.1.3.2.1-3**, observa-se a variação da densidade climatológica nos níveis analisados. Como esperado, são observadas águas mais densas na região superficial durante o período de inverno, devido à presença de águas mais frias. As variações sazonais nos valores são restritas aos primeiros 50 m da coluna d'água.

Tabela II.5.1.3.2.1-3- Variação da densidade (kg/m^3) climatológica nos níveis de 0, 50, 100, 200, 500 e 1000 m de profundidade.

Profundidade	Verão				Inverno			
	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão	Mínima	Média	Máxima	D. Padrão
Superfície	1007,54	1023,51	1027,87	1,40	1009,73	1025,19	1026,69	1,31
50 m	1024,33	1025,49	1026,62	0,10	1025,21	1026,10	1026,88	0,11
100 m	1025,61	1026,18	1027,01	0,05	1025,51	1026,30	1026,97	0,10
200 m	1025,96	1026,46	1027,12	0,03	1025,98	1026,48	1027,22	0,07
500 m	1026,61	1026,92	1027,29	0,02	1026,50	1026,94	1027,26	0,05
1000 m	1027,20	1027,29	1027,48	0,01	1027,17	1027,30	1027,56	0,01

A seguir, da **Figura II.5.1.3.2.1-22** à **Figura II.5.1.3.2.1-24** são apresentadas seções verticais de temperatura potencial, salinidade e densidade potencial, respectivamente. Nestas seções, podemos observar águas quentes e relativamente menos salinas na região superficial da porção mais interna da plataforma continental, relacionada à Água de Mistura. Temperaturas superficiais mais elevadas são encontradas também na região oceânica, devido à presença da Água Tropical. Um núcleo de alta salinidade pode ser observado sobre o talude continental, entre a superfície e 200 m de profundidade associado ao fluxo da Corrente do Brasil. O núcleo de baixa salinidade associado à AIA pode ser observado entre 600 e 1400 m de profundidade, nas duas estações. De uma forma geral, as seções de densidade seguem o comportamento inverso da temperatura.

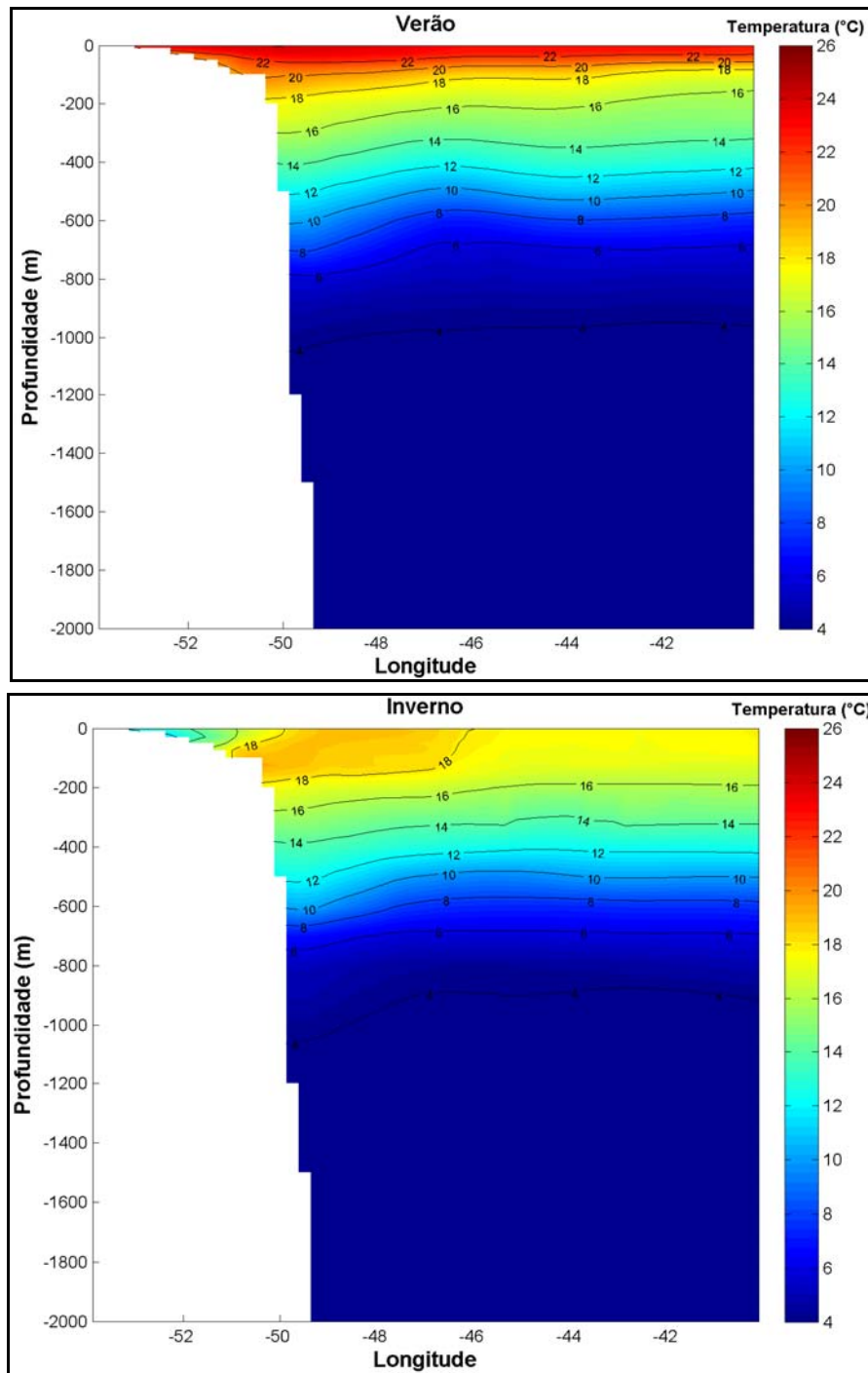


Figura II.5.1.3.2.1-22 – Seção vertical de temperatura potencial na latitude de 33,375° S para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

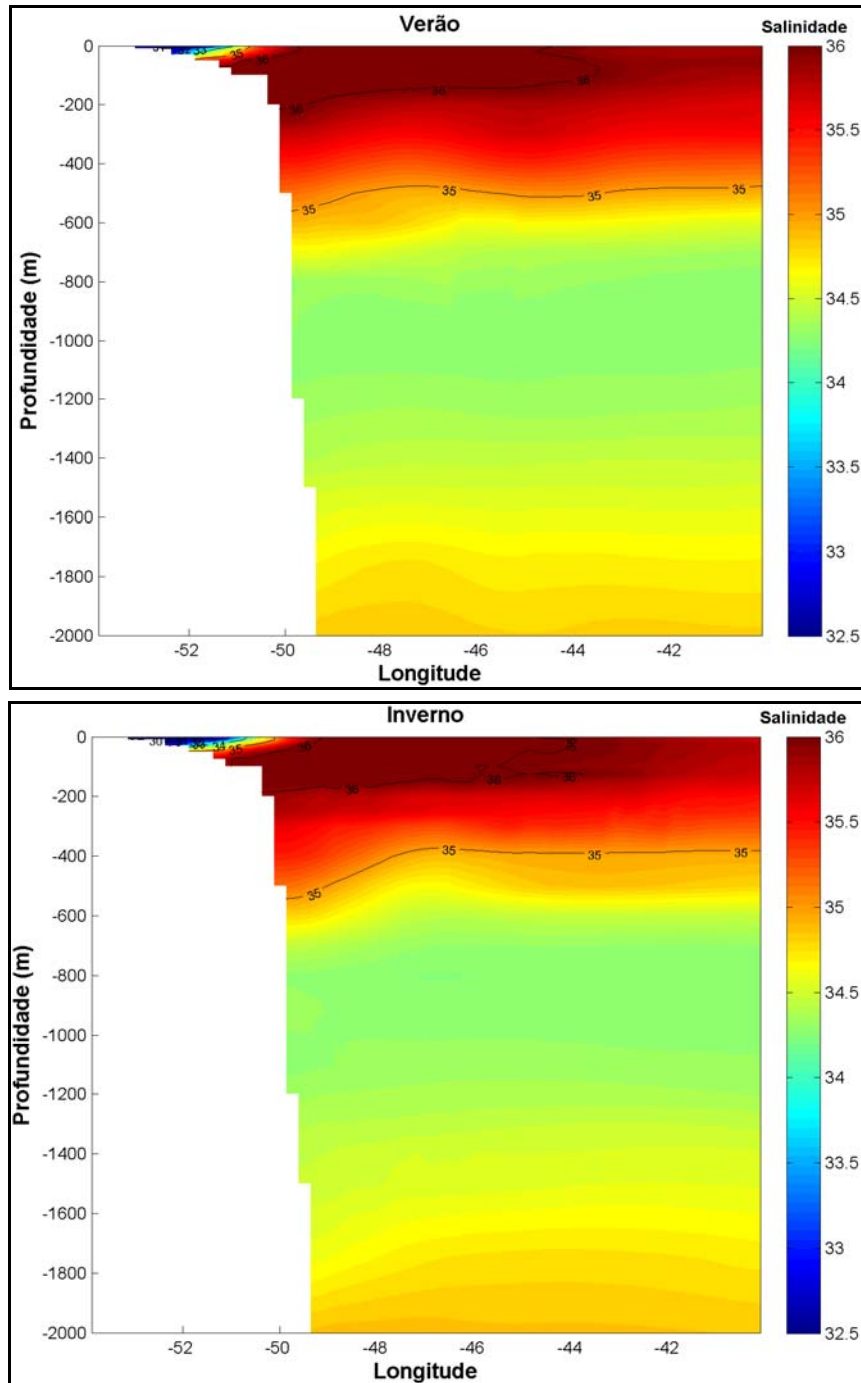


Figura II.5.1.3.2.1-23 – Seção vertical de salinidade climatológica na latitude de 33,375° S para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

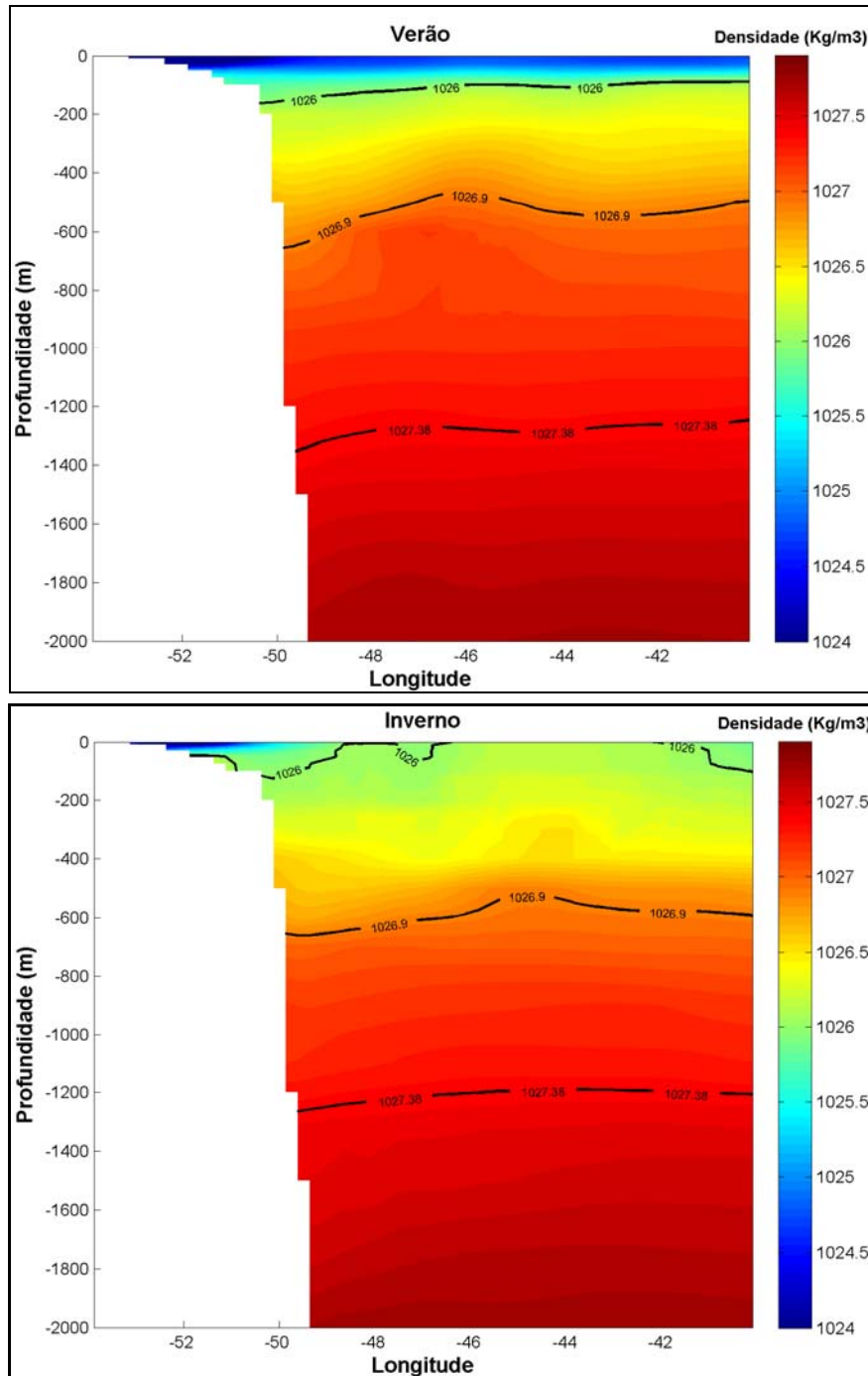


Figura II.5.1.3.2.1-24 – Seção vertical de densidade potencial na latitude de 33,375° S para o período de verão (superior) e inverno (inferior).

Gianinni *et. al.* (2009) realizaram estudo sobre a variabilidade espaço-temporal da temperatura da superfície do mar na costa sudoeste do Atlântico Sul, através do sensor MODIS a bordo do satélite Aqua. O período de dados analisado é de Julho de 2002 a Junho de 2008 (6 anos de dados). A **Figura II.5.1.3.2.1-25** mostra as médias de inverno e verão para a temperatura superficial do mar. Segundo os autores, podem ser observadas as diferenças de temperatura entre as águas da Corrente do Brasil e da Corrente das Malvinas, mais fria ao sul.

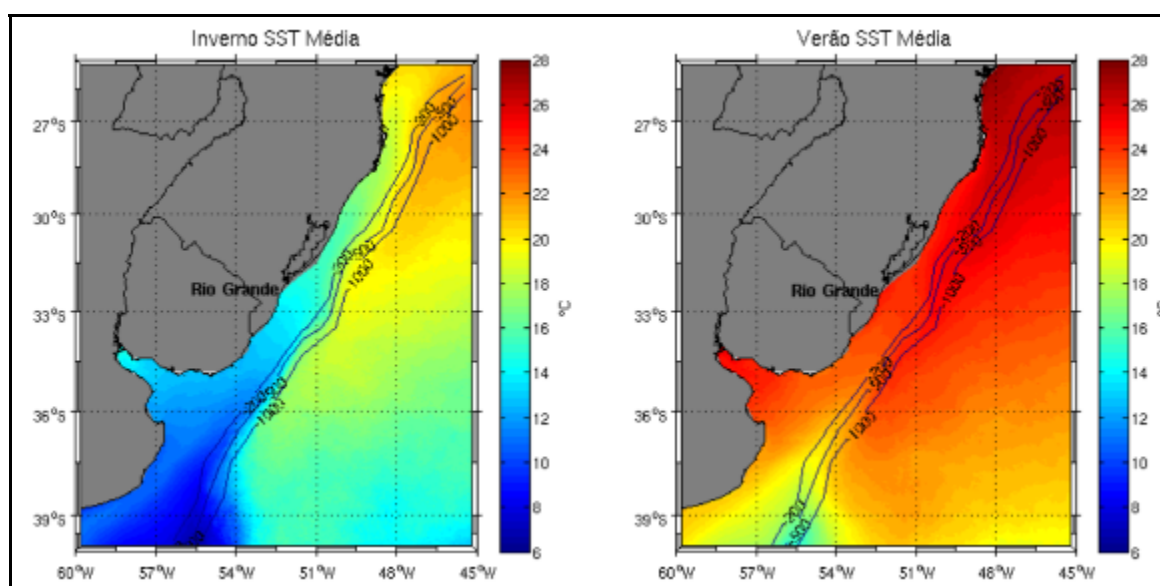


Figura II.5.1.3.2.1-25 – Médias de inverno e verão para temperatura superficial. Retirado de Gianinni, *et.al.* 2009

A partir de análise de frequências através da transformada de Fourier sobre determinados pontos da região, Gianinni *et. al.* (2009) concluem que existe uma clara variação sazonal de temperatura superficial na região, com um ciclo anual entre os domínios da Corrente do Brasil e Corrente das Malvinas.

Para complementar o estudo da variabilidade sazonal da TSM foram utilizados dados satelitais disponibilizados pelo NCOF (*National Center for Ocean Forecast*). O produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*) abrange todo o globo e possui alta resolução (~6 km). O produto é oferecido diariamente, sendo resultado da combinação de diversos sensores infravermelhos e micro-ondas, além de dados in situ por meio de processo de Análise Objetiva. Este produto tem oferecido dados acurados de TSM, com um erro médio quadrático menor que 0,6°C, em alta resolução e disponibilizados em tempo quase real (STARK *et al.*, 2007). A seguir, na **Figura II.5.1.3.2.1-26** e na **Figura II.5.1.3.2.1-27** são apresentadas as médias sazonais (verão e inverno) para o período de janeiro de 2008 a janeiro de 2012 na região da Bacia de Pelotas.

A grande vantagem da utilização do sensoriamento remoto para obtenção de dados de temperatura é que devido à elevada sensibilidade dos sensores que estão em operação, pequenas variações em áreas extensas podem ser capturadas, principalmente quando comparados a resultados obtidos a bordo de navios (SOUZA *et al.*, 2005).

As médias sazonais da TSM apresentam-se coerentes com os dados da climatologia WOA09. O período de verão apresenta águas superficiais mais quentes em relação ao período de inverno. Na área do BM-P-2 a média para a TSM foi de ~26,1°C para o verão e de ~23,3°C para o inverno.

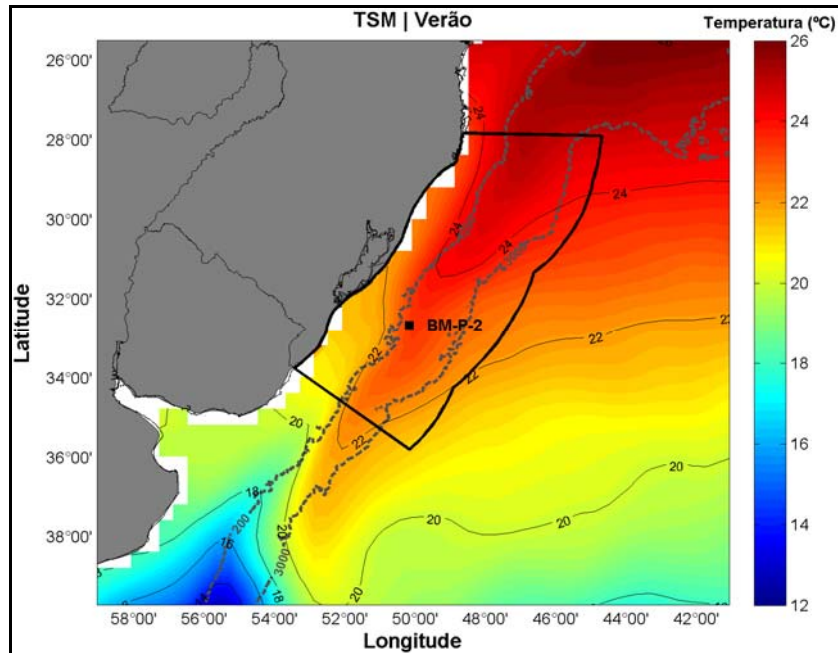


Figura II.5.1.3.2.1-26 – TSM média sazonal na região da Bacia de Pelotas para o período de verão (janeiro a março).

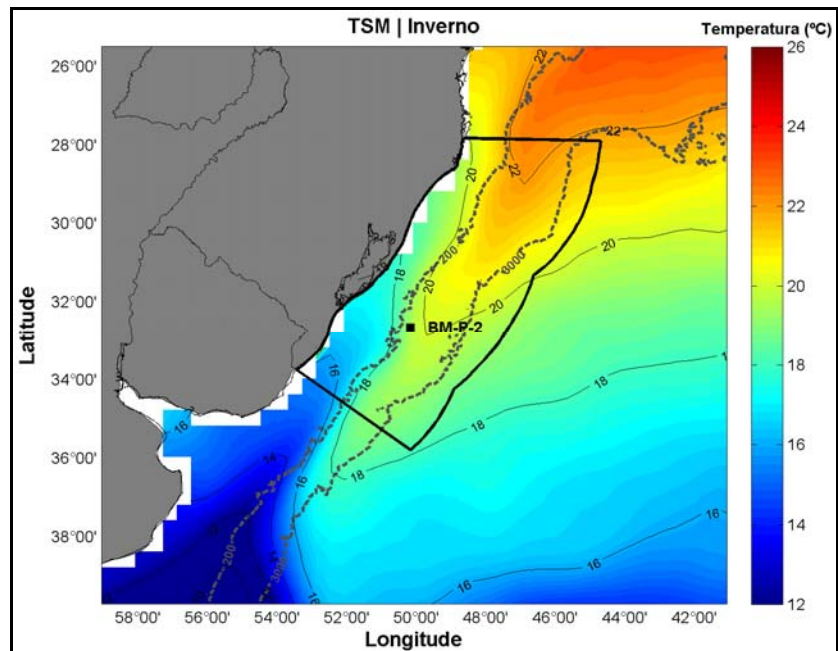


Figura II.5.1.3.2.1-27– TSM média sazonal na região da Bacia de Pelotas para o período de inverno (julho a setembro).

Os dados aqui apresentados e analisados estão de acordo com a sazonalidade da confluência Brasil-Malvinas, mais ao sul no verão, quando os parâmetros oceanográficos são claramente influenciados pela Corrente do Brasil e mais ao norte no inverno, onde os parâmetros de temperatura e salinidade são reflexos da Corrente das Malvinas.

II.5.1.3.2.2 - Densidade e Massas D'água

Uma avaliação das massas d'água presentes na região do Bloco BM-P-2 pode ser feita com os dados dos perfis de temperatura e salinidade disponíveis no NODC, coletados entre os anos de 1925 e 1994.

Estes dados pertencem à base conhecida como WOD09 (*World Ocean Database 2009*), e correspondem aos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos por todo o globo. Uma descrição completa sobre esta base de dados pode ser encontrada em Boyer *et al.* (2009). Na **Figura II.5.1.3.2.2-1** é apresentada a localização do bloco BM-P-2 e das estações de coleta dos dados apresentados. Os dados obtidos foram tratados, e observações com valores inferiores ou superiores a três vezes o desvio padrão, para cada profundidade, foram descartadas.

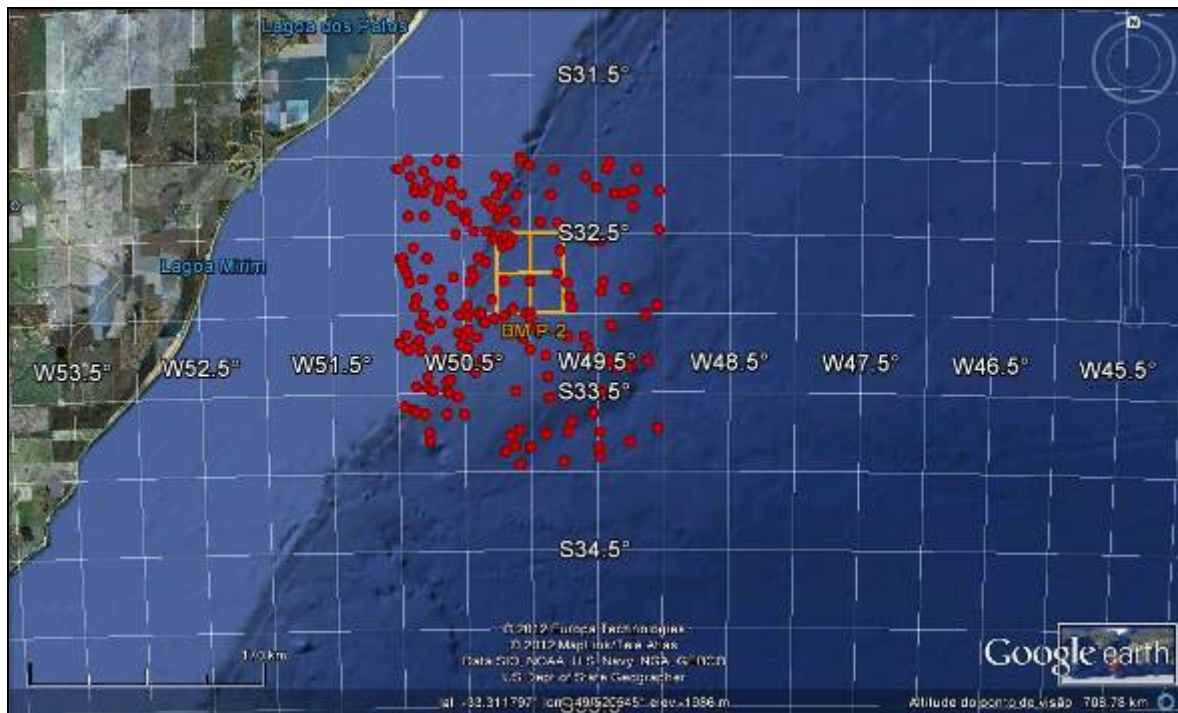


Figura II.5.1.3.2.2-1 – Localização das estações de coleta dos dados de temperatura e salinidade obtidos do NODC.

Na **Figura II.5.1.3.2.2-2** é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do NODC. As cores são referentes às profundidades dos dados.

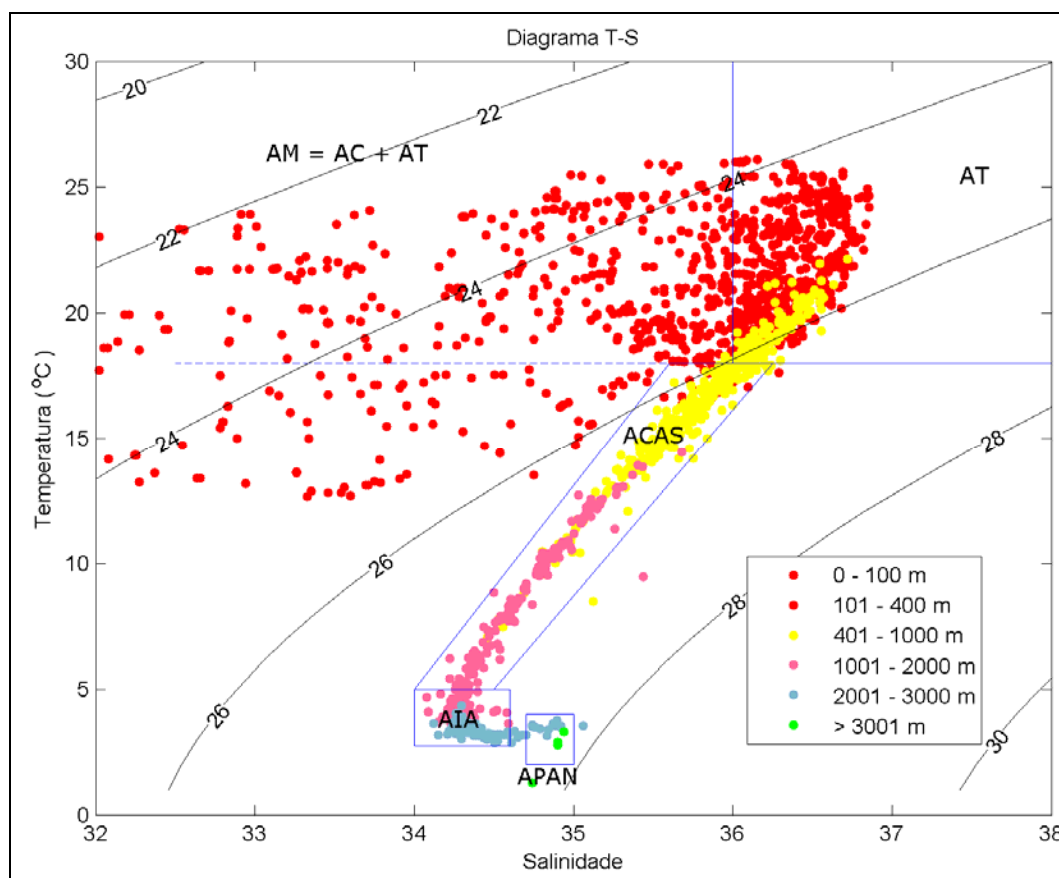


Figura II.5.1.3.2.2-2 – Diagrama TS espalhado para a região do BM-P-2, elaborado com os dados do NODC, para todo o período entre 1925 e 1994. A linha em azul representa o gabarito elaborado por Silva et al. (1982).

De acordo com o gabarito elaborado por Silva *et al.* (1982), todas as massas d'água são encontradas na região. A Água Tropical (AT) e a Água de Mistura (AM) limitam-se aos primeiros 100 m de profundidade. A ACAS, situada em regiões de termoclina, chega aos 1000 m. Já a AIA e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), mais profundas, situam-se de 1000 a 3000 m.

Para avaliar a distribuição vertical das massas d'água em relação à costa na região do BM-P-2, na **Figura II.5.1.3.2.2-3** e na **Figura II.5.1.3.2.2-4**, são apresentadas as seções verticais de densidade para o período de verão e inverno,

elaboradas com os dados do WOA09 apresentados na seção anterior. Nesta figura, as linhas isopícnais representam as interfaces entre as massas d'água apresentadas. Observa-se grande sazonalidade na distribuição das massas d'água AT e ACAS. No verão a AT aparece uniforme da superfície até aproximadamente 200 metros. Já no inverno, a AT se restringe a plataforma continental e a ACAS encontra-se desde a superfície até 600 metros na região oceânica.

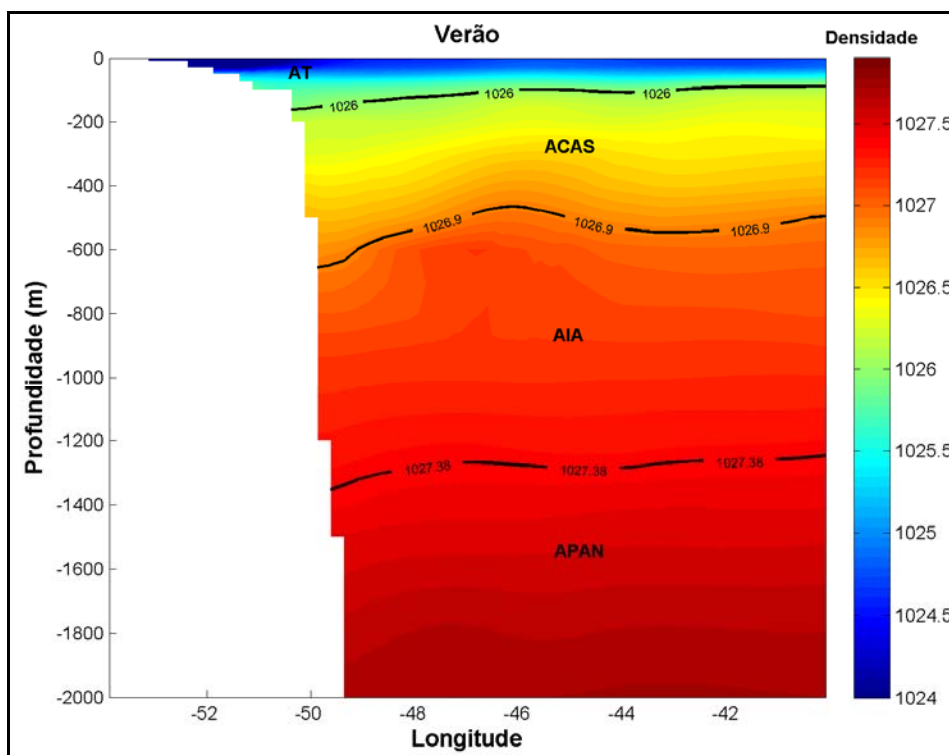


Figura II.5.1.3.2.2-3 – Seção vertical de densidade na latitude de 23,625°S para o período de verão. As linhas isopícnais representam os limites entre as massas d'água.

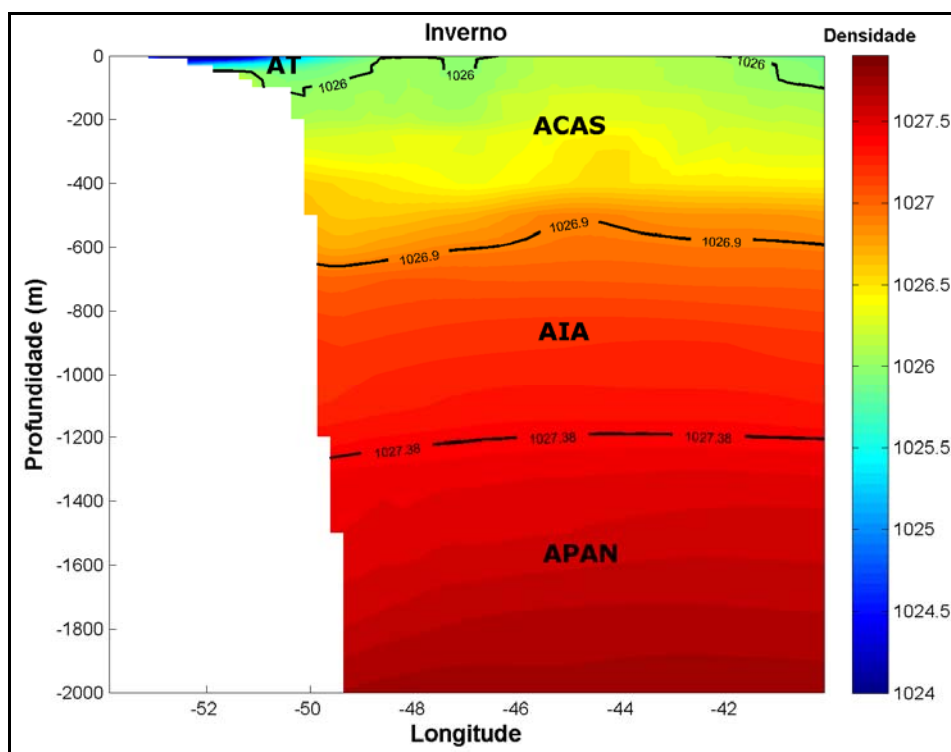


Figura II.5.1.3.2.2-4 – Seção vertical de densidade na latitude de 23,625°S para o período de inverno. As linhas isopícnas representam os limites entre as massas d'água.

As distribuições horizontais de massas d'água, são apresentadas em diferentes níveis, para o período de verão e inverno, da **Figura II.5.1.3.2.2-5** a **Figura II.5.1.3.2.2-14**. Nestas figuras, as massas d'água foram separadas, seguindo os limites termohalinos propostos por Silva *et al.* (1982).

Em superfície, no período de verão, a AT predomina na região, com a AM sendo encontrada próxima à costa, principalmente nas proximidades da Lagoa dos Patos e da foz do Rio da Prata. No período de inverno, também em superfície, além da AT e da AM, são observadas águas com características termohalinas semelhantes as da ACAS ao sul da Bacia de Pelotas. A presença dessas águas se deve ao fato da ACAS ser formada na região da Confluência Brasil-Malvinas, no final do inverno e início da primavera.

Em 100 m de profundidade, a AT e a ACAS são encontradas em proporções semelhantes na região, porém com maior presença de AT no período de verão.

Em 500 m, 1000 m e 2000 m de profundidade, praticamente não há variação sazonal. A ACAS preenche praticamente toda a área em 500 m, com uma pequena presença da AIA ao sul de aproximadamente 38°S. Na profundidade de 1000 m, toda a área é ocupada pela AIA, e em 2000 m, apenas a APAN foi verificada.

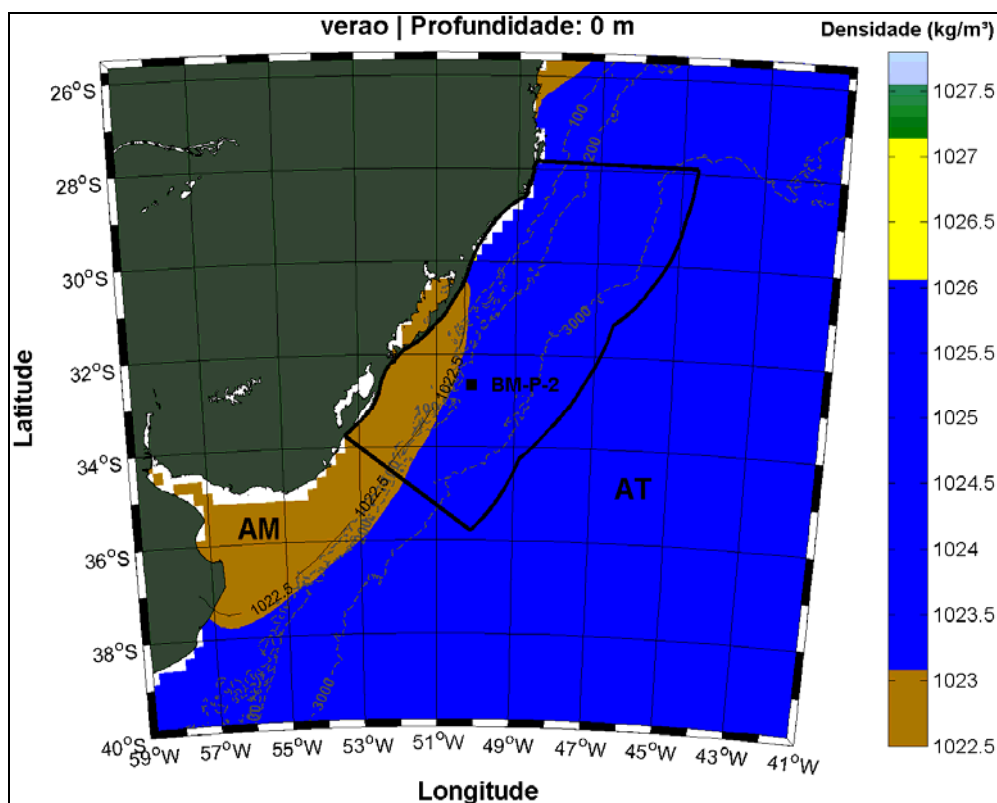


Figura II.5.1.3.2.2-5 – Distribuição horizontal de massas d'água em superfície, para o período de verão.

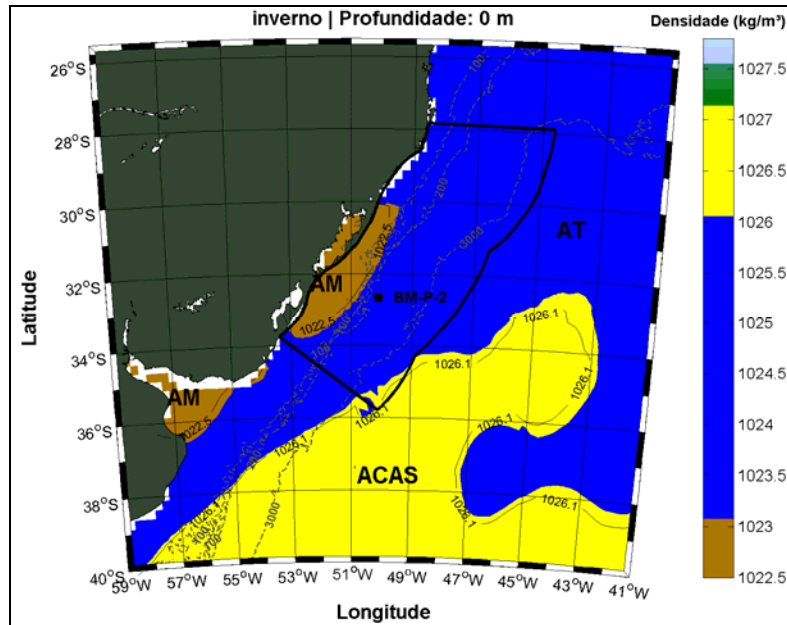


Figura II.5.1.3.2.2-6 – Distribuição horizontal de massas d'água em superfície, para o período de inverno.

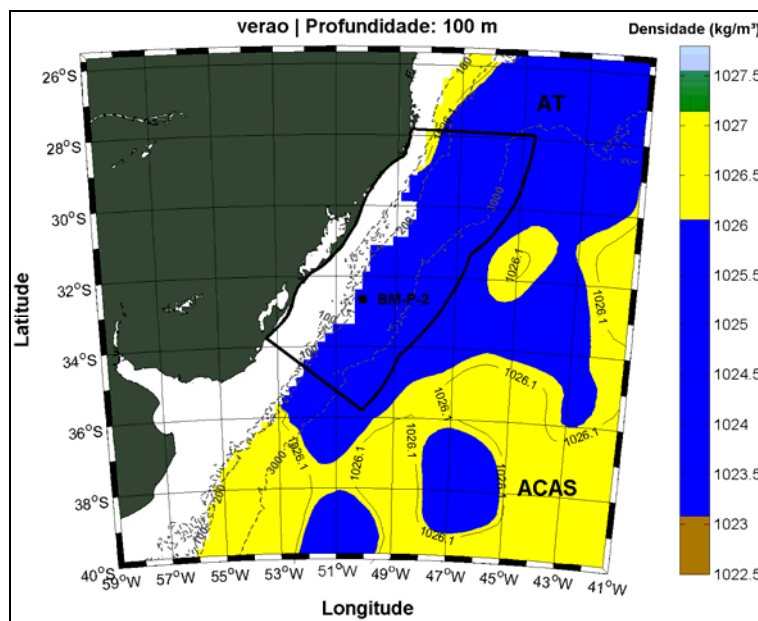


Figura II.5.1.3.2.2-7 – Distribuição horizontal de massas d'água na profundidade de 100 m, para o período de verão.

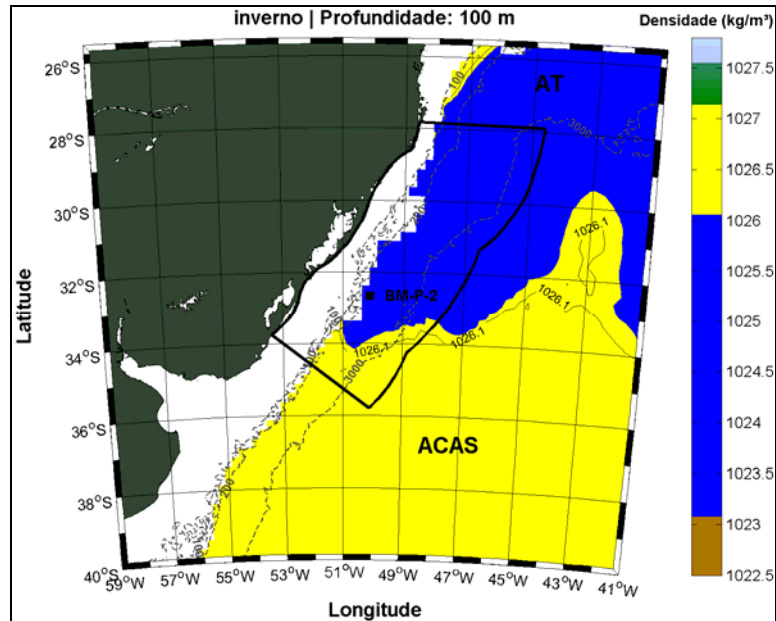


Figura II.5.1.3.2.2-8 – Distribuição horizontal de massas d’água na profundidade de 100 m, para o período de inverno.

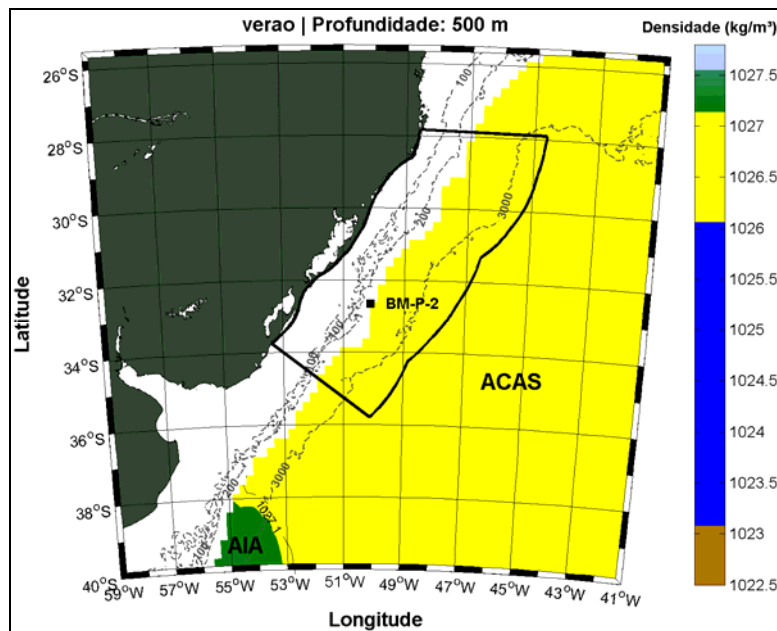


Figura II.5.1.3.2.2-9 – Distribuição horizontal de massas d’água na profundidade de 500 m, para o período de verão.

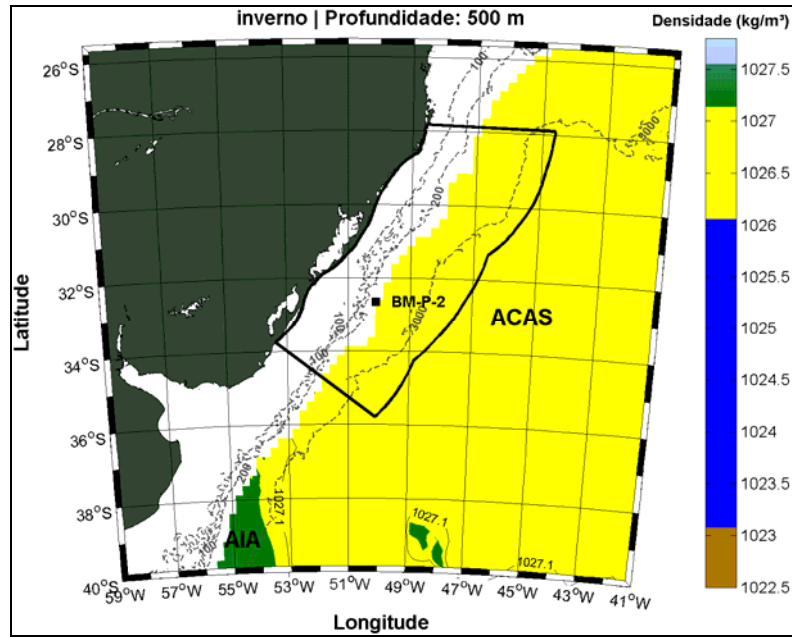


Figura II.5.1.3.2.2-10 – Distribuição horizontal de massas d'água na profundidade de 500 m, para o período de inverno.

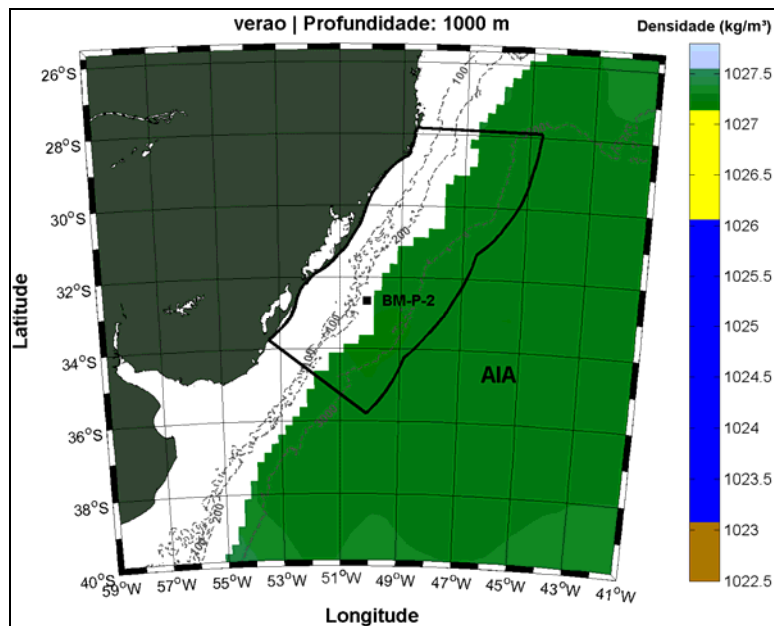


Figura II.5.1.3.2.2-11 – Distribuição horizontal de massas d'água na profundidade de 1000 m, para o período de verão.

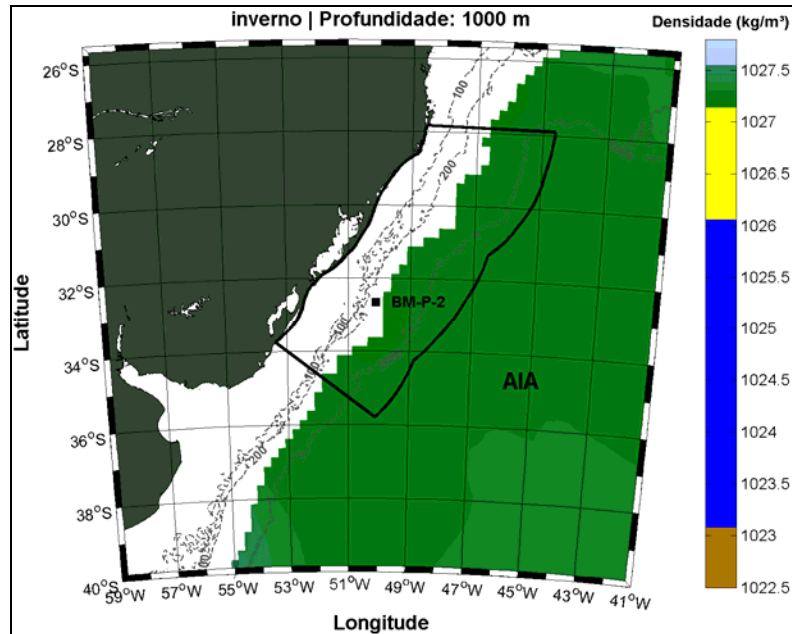


Figura II.5.1.3.2.2-12 – Distribuição horizontal de massas d’água na profundidade de 1000 m, para o período de inverno.

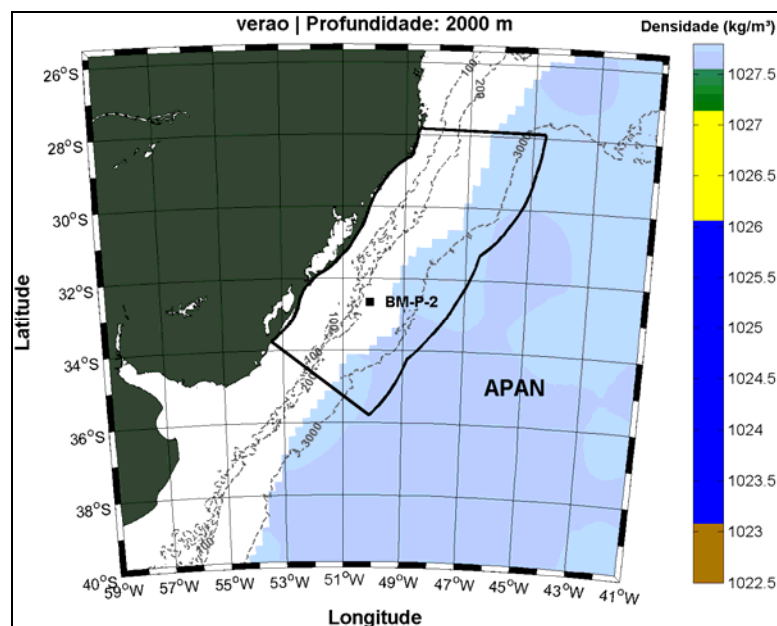


Figura II.5.1.3.2.2-13 – Distribuição horizontal de massas d’água na profundidade de 2000 m, para o período de verão.

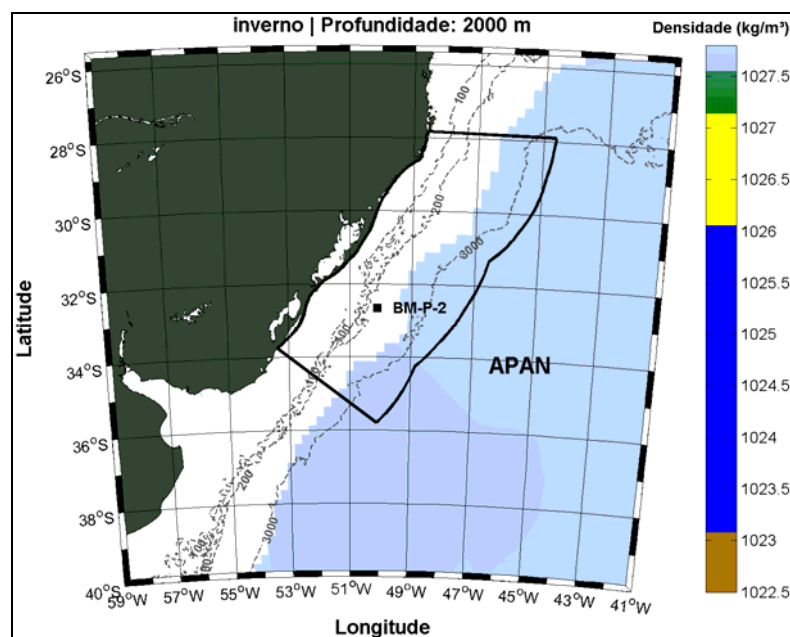


Figura II.5.1.3.2.2-14 – Distribuição horizontal de massas d'água na profundidade de 2000 m, para o período de inverno.

II.5.1.3.2.3 - Regime de Correntes

A costa sul do Brasil e a Bacia de Pelotas são influenciadas por variações sazonais nos padrões de ventos e correntes, destacando-se a circulação associada às correntes de contorno oeste, a posição da Convergência Subtropical e a descarga continental (SEELIGER; ODEBRECHT, 1998). Durante o verão, predominam os ventos de nordeste e leste, e as águas da plataforma possuem temperaturas mais elevadas devido à influência da CB. Durante o inverno, a região é dominada pelos ventos de Sudeste, e as águas da CM fluem para norte, formando uma frente entre esta e as águas da CB (LIMA *et al.*, 1996). O aporte do Rio da Prata gera um fluxo na plataforma que, reforçado pelos ventos de sudoeste durante o outono e inverno, flui para o norte, enquanto ventos nordeste tendem a reverterem este fluxo, principalmente nos períodos de primavera e verão (SOARES; MOLLER, 2001; ZAVIALOV *et al.*, 2002).

Para exemplificar os campos médios de circulação na região da Bacia de Pelotas foram utilizados os dados da Análise Global do modelo HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*) para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2010. O HYCOM é um modelo de circulação oceânica global, que utiliza discretização horizontal em diferenças finitas (GABIOUX, 2008), e tem como principal característica a utilização de um sistema de coordenadas verticais híbridas, isto é, utiliza o sistema de coordenadas isopícnais para as áreas de oceano aberto e estratificado, coordenadas z (cartesianas) para a camada de mistura e regiões pouco estratificadas, e coordenadas sigma para regiões com menores profundidades e topografia de fundo variável (zonas costeiras). Utilizando esses três sistemas de coordenadas, o modelo pode conservar as características das massas d'água por longos períodos de tempo em regiões oceânicas (coordenada isopícnal), obter alta resolução na camada de mistura ou em regiões com pouca estratificação (coordenada z), e resolver melhor a topografia de fundo em áreas costeiras ou sobre a plataforma continental (coordenada sigma).

Da **Figura II.5.1.3.2.3-1** à **Figura II.5.1.3.2.3-3**, são apresentados os campos médios elaborados a partir de todo o período analisado (média anual), para o período de verão (dezembro a fevereiro) e para o período de inverno (junho a agosto), respectivamente.

Observa-se a CB, caracterizada pelos valores mais altos de intensidade, fluindo na direção S/SW ao longo da Bacia de Pelotas durante todo o ano. O padrão direcional médio apresentado pelo fluxo da CB não apresentou variações significativas entre os três períodos analisados, entretanto, analisando a intensidade média, percebe-se uma maior intensidade no período de verão, com velocidades médias atingindo 0,6 m/s.

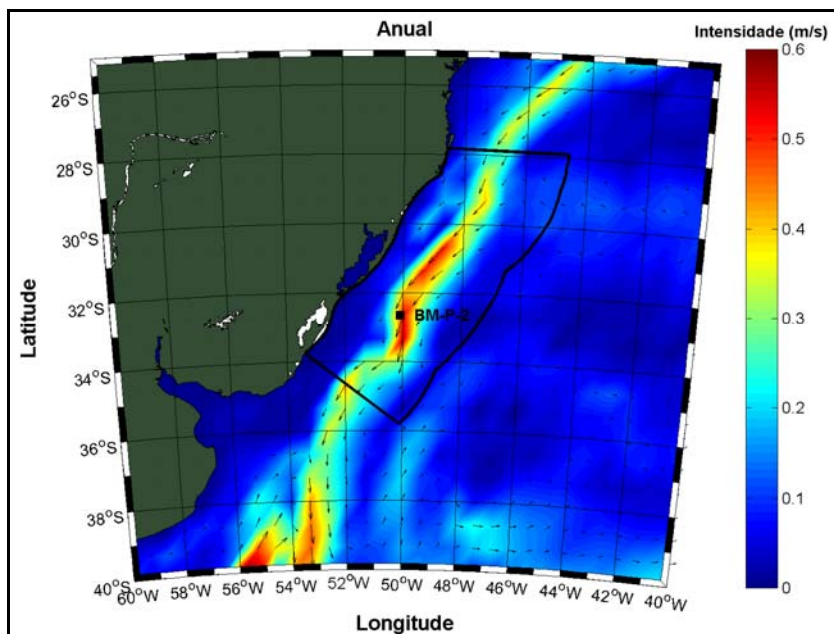


Figura II.5.1.3.2.3-1 – Campo médio anual das velocidades de corrente na região da Bacia de Pelotas.

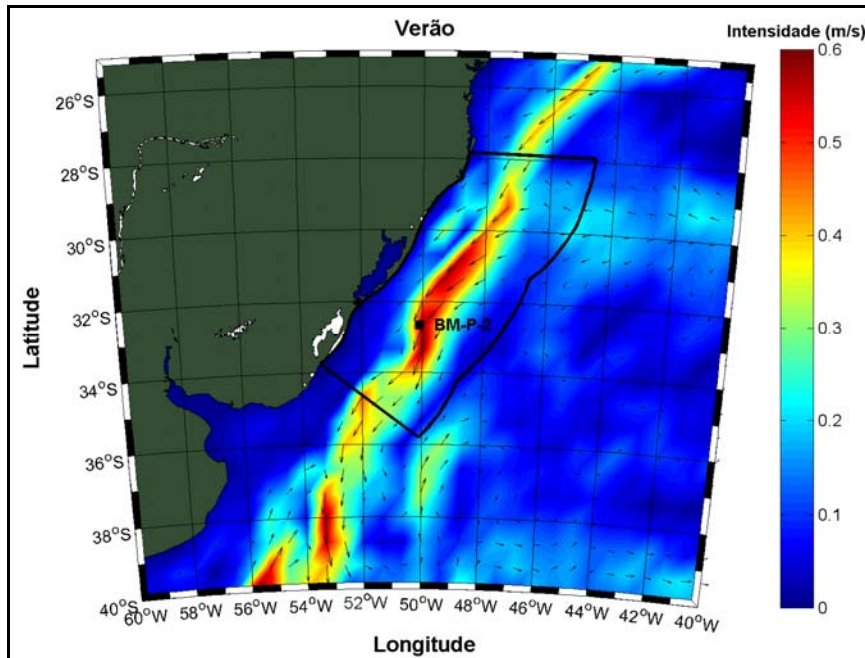


Figura II.5.1.3.2.3-2 – Campo médio sazonal de verão das velocidades de corrente na região da Bacia de Pelotas.

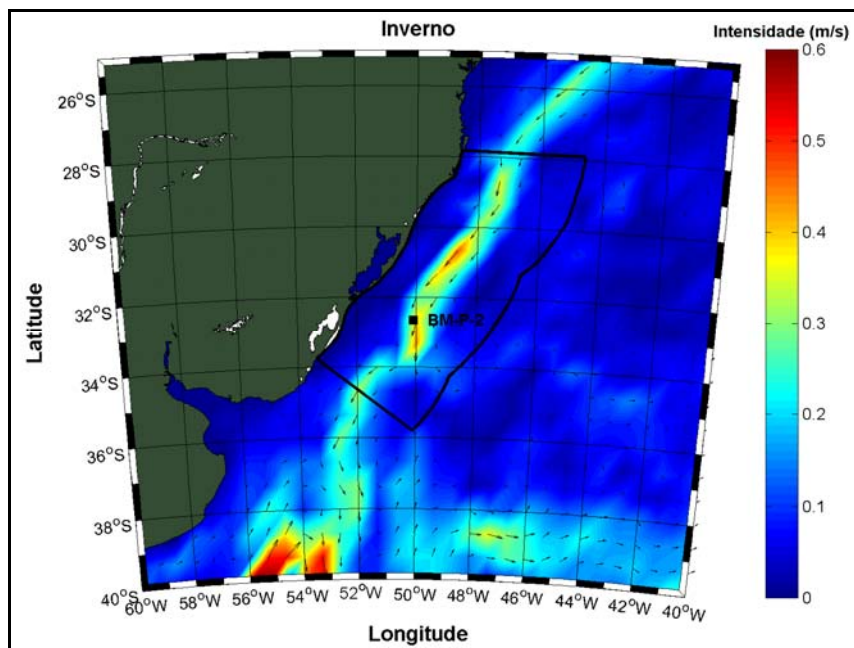


Figura II.5.1.3.2.3-3 – Campo médio sazonal de inverno das velocidades de corrente na região da Bacia de Pelotas.

Para avaliar a distribuição vertical das correntes na região do BM-P-2, foram elaboradas seções verticais da componente meridional das correntes na latitude de 32,6419° S, obtidas dos dados do HYCOM. As seções para todo o período, assim como para o período de verão e inverno podem ser observadas na **Figura II.5.1.3.2.3-4**, **Figura II.5.1.3.2.3-5** e na **Figura II.5.1.3.2.3-6**. Nestas seções verifica-se a presença da corrente do Brasil fluindo na direção S sobre a região da quebra da plataforma continental e do talude, desde a superfície, até 500 m de profundidade em média, aproximadamente. Durante o verão, em média, o núcleo da CB encontrou-se mais intenso, com velocidades superficiais médias de até 0,5 m/s.

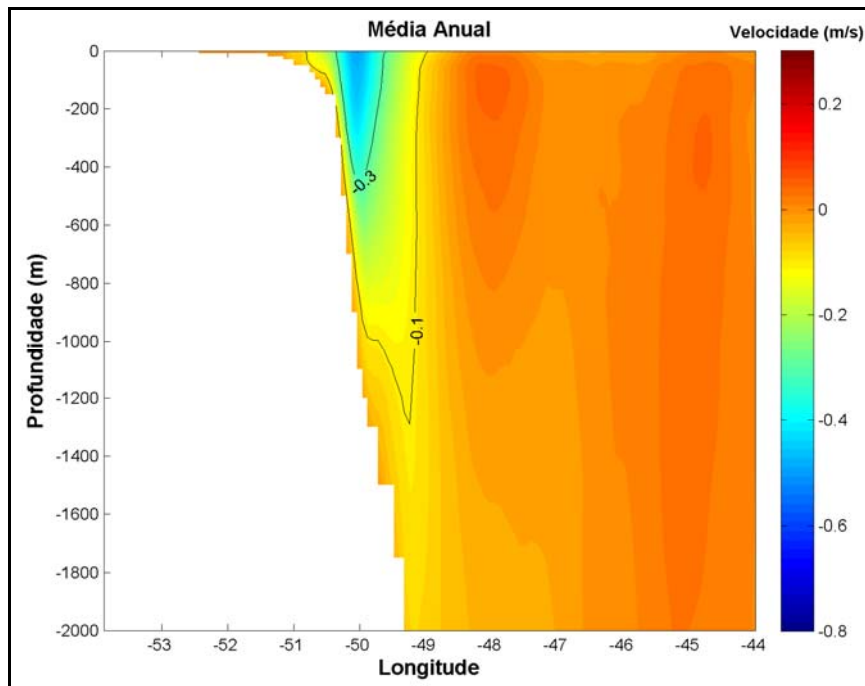


Figura II.5.1.3.2.3-4– Seção vertical das correntes na latitude de 32,6419° S para todo o período analisado.

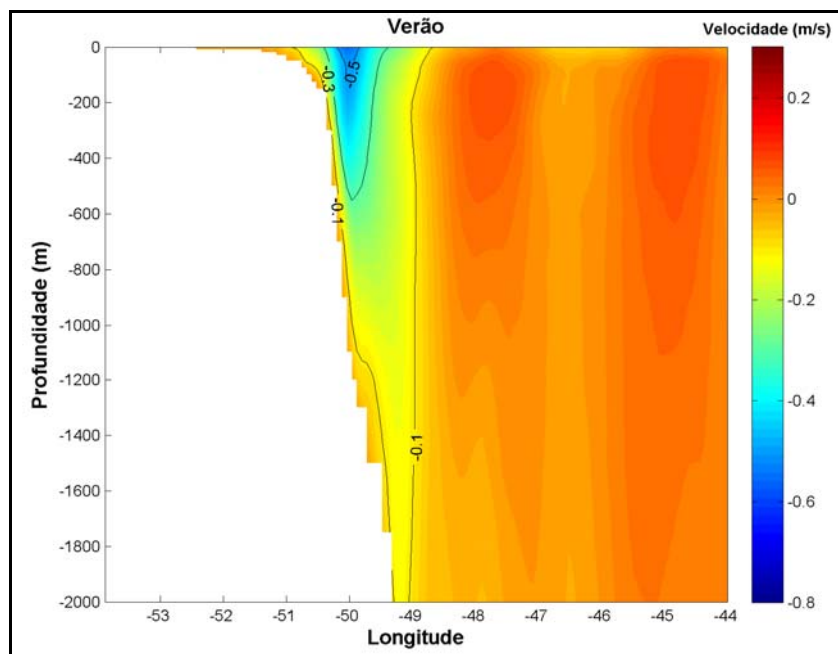


Figura II.5.1.3.2.3-5 – Seção vertical das correntes na latitude de 32,6419° S para o período de verão.

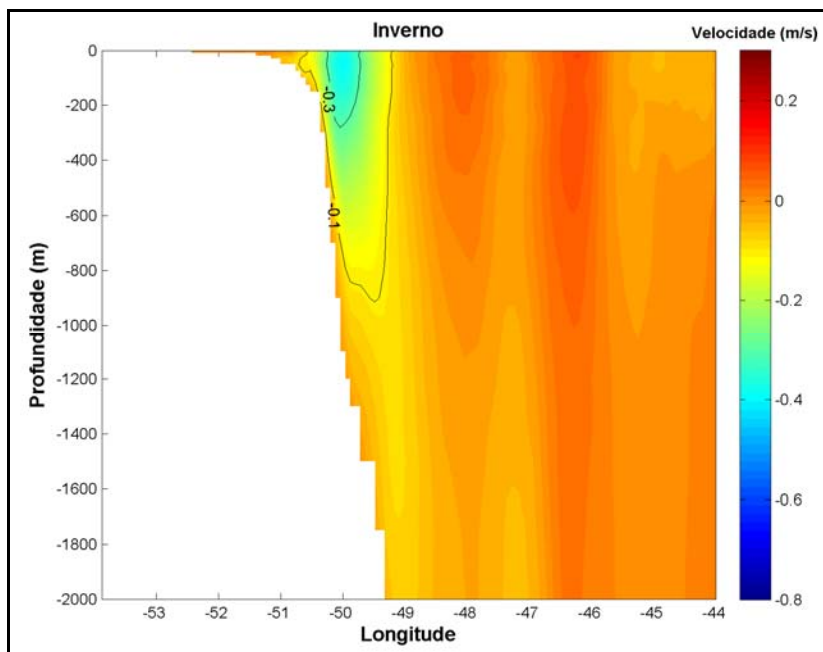


Figura II.5.1.3.2.3-6 – Seção vertical das correntes na latitude de 32,6419° S para o período de inverno.

Para a avaliação pontual do regime de correntes superficiais na região do BM-P-2, foram extraídos os resultados do HYCOM para o ponto de grade localizado em 32,67° S e 50,08° W (**Figura II.5.1.3.2.3-7**).

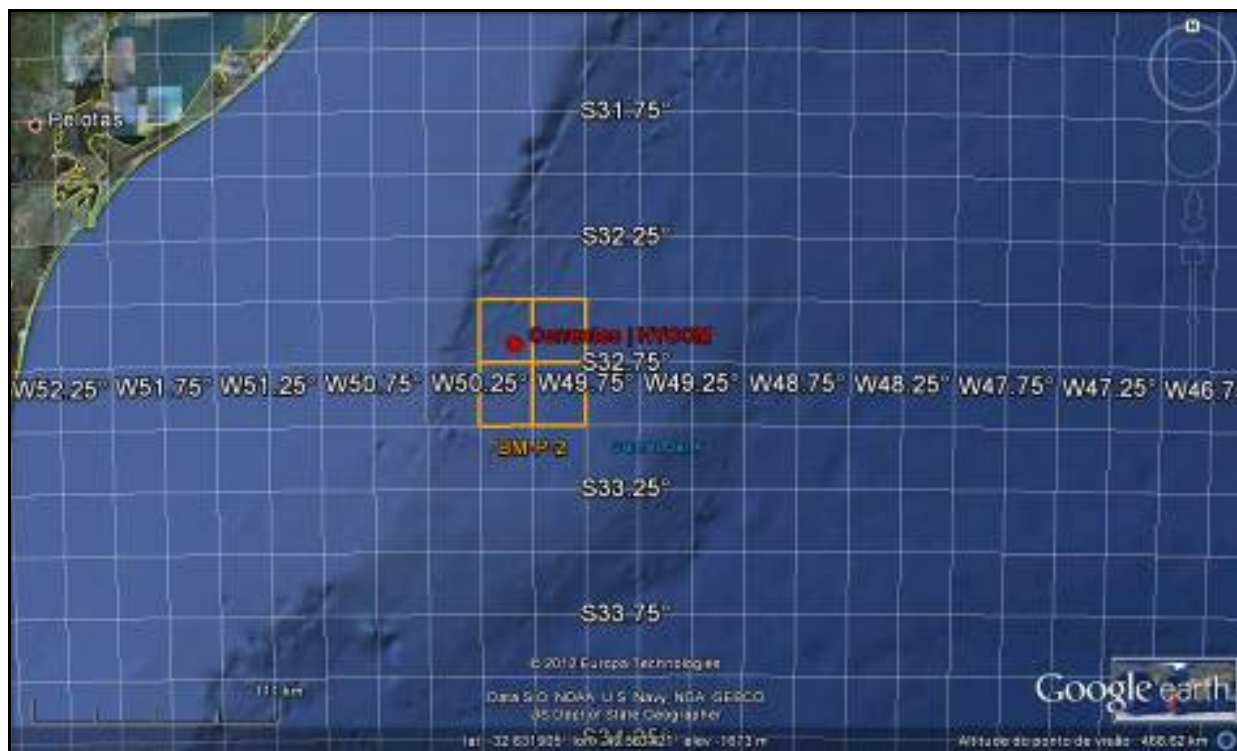


Figura II.5.1.3.2.3-7– Localização do ponto de grade do HYCOM utilizado nas análises pontuais do regime de correntes.

A série temporal de correntes superficiais para todo o período analisado (2005 a 2010), demonstra que durante quase todo o período, foram verificadas correntes para S e SW, com intensidades máximas raramente excedendo 1 m/s, e apresentando poucos períodos de inversão de direção (**Figura II.5.1.3.2.3-8**).

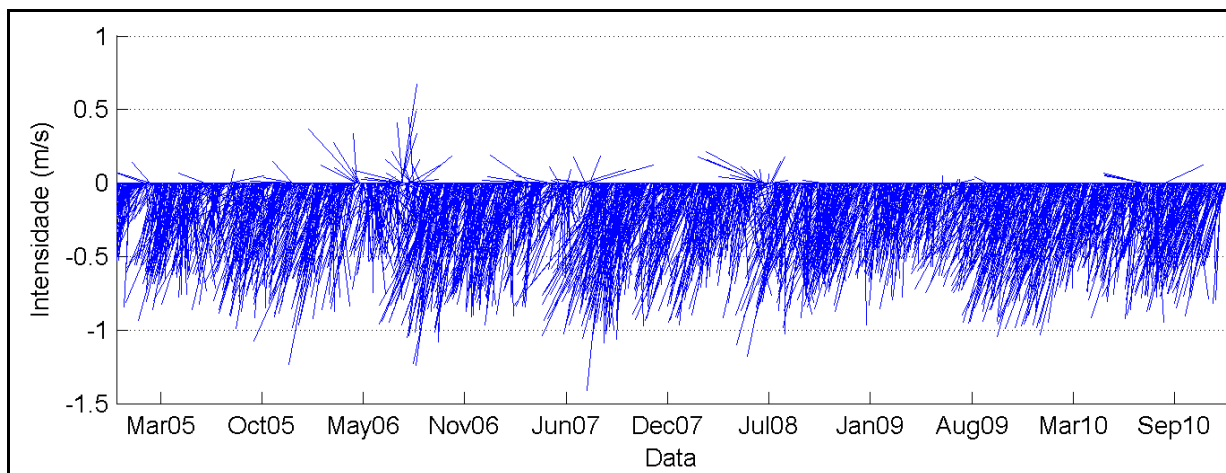


Figura II.5.1.3.2.3-8 – Série temporal de correntes superficiais na região do BM-P-2 obtida dos resultados do HYCOM.

Este padrão praticamente unidirecional de correntes fica mais evidente quando são observadas as rosas mensais de correntes (**Figura II.5.1.3.2.3-9** e **Figura II.5.1.3.2.3-10**). São verificadas correntes predominantes para SW ao longo de todo o ano, com aumento do percentual de correntes para S no período de inverno.

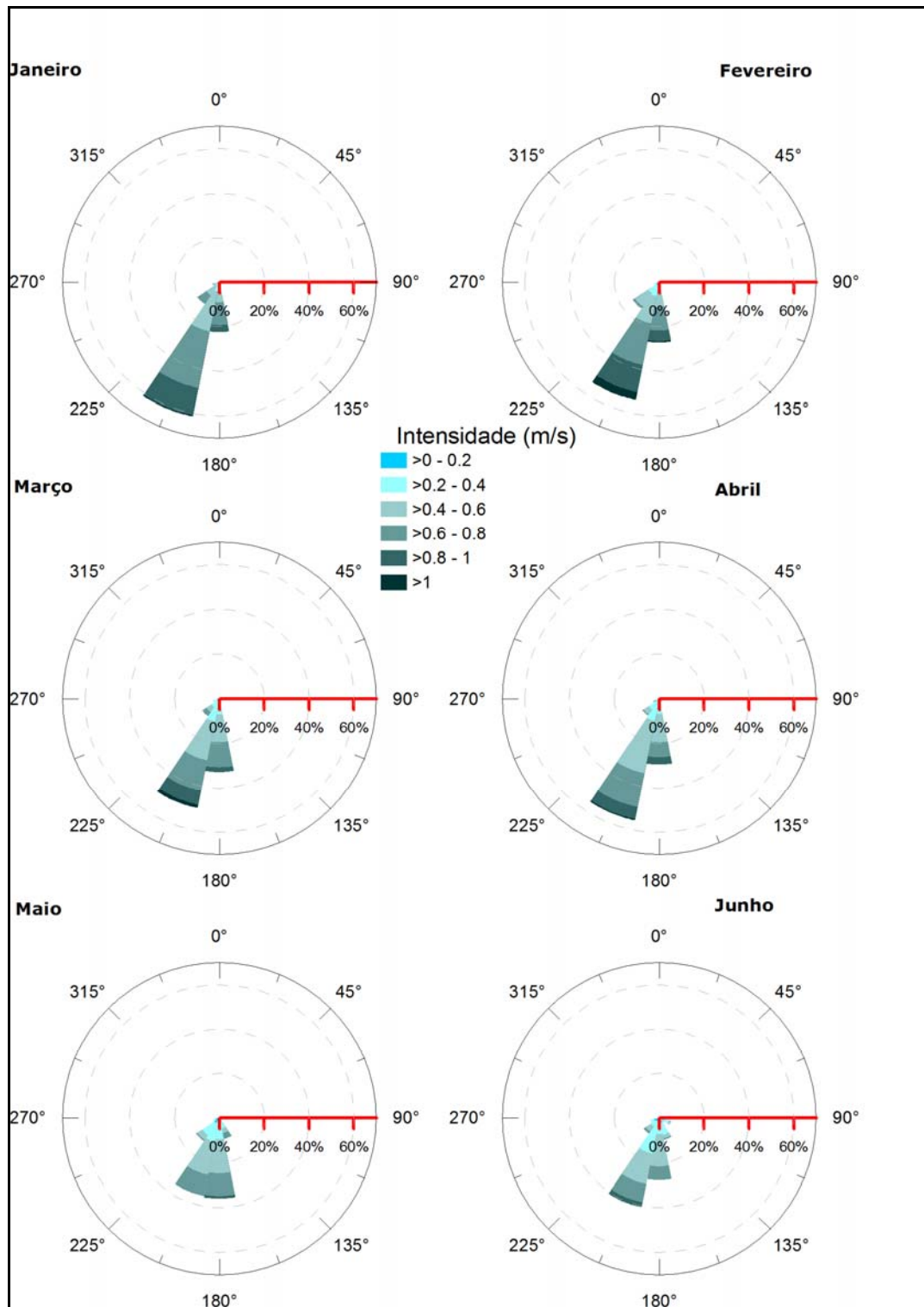


Figura II.5.1.3.2.3-9– Rosa de correntes superficiais para o período de janeiro a junho. Dados obtidos do HYCOM.

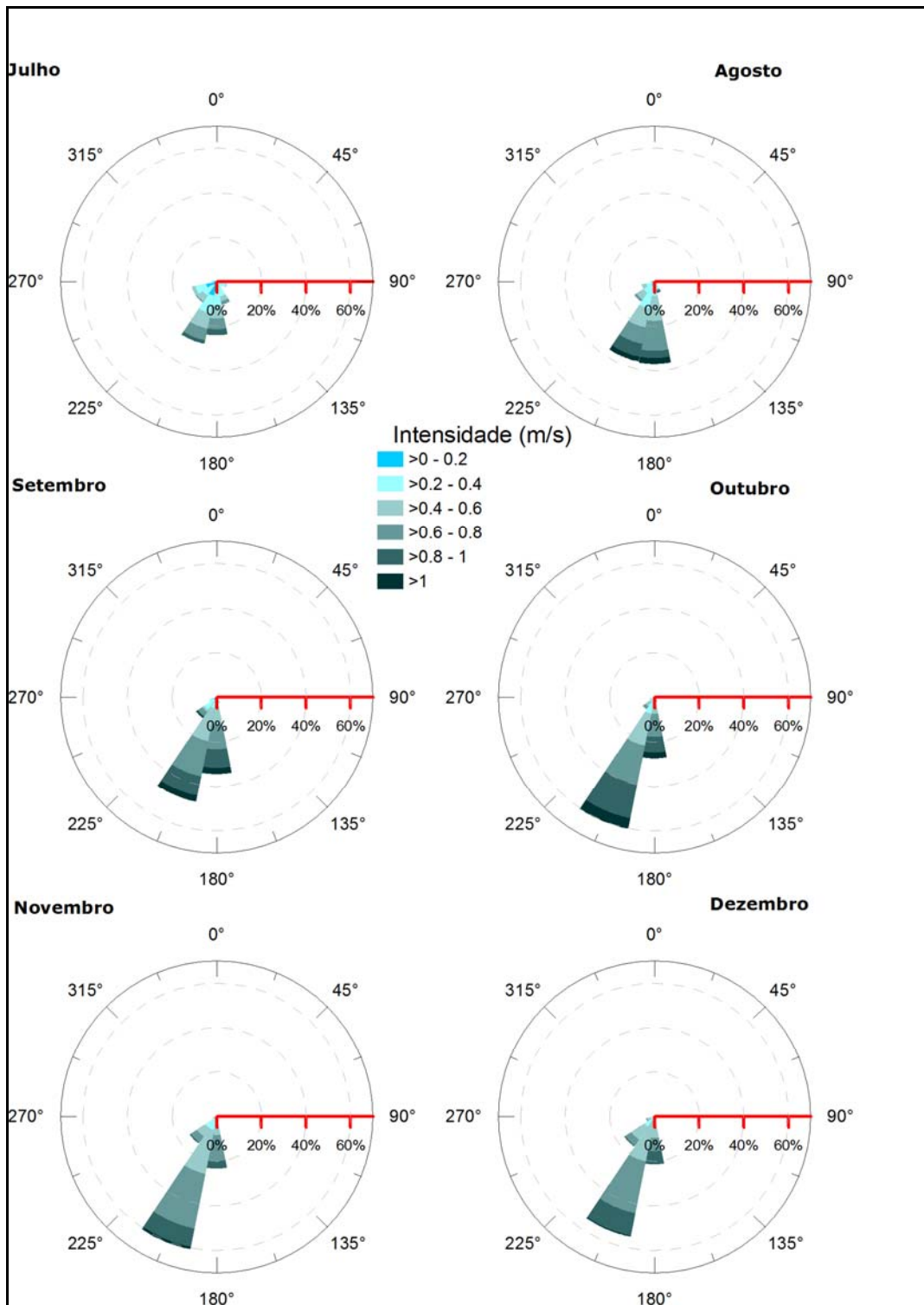
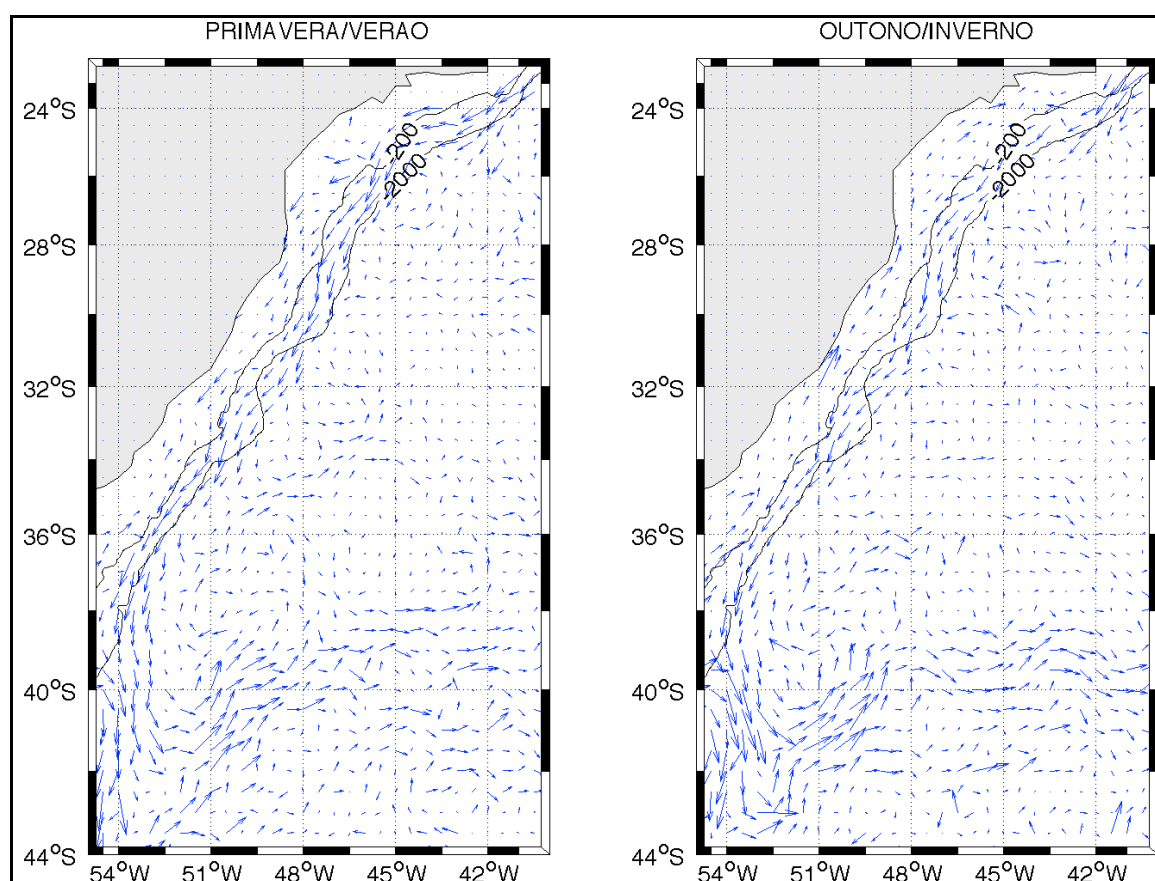


Figura II.5.1.3.2.3-10– Rosa de correntes superficiais para o período de julho a dezembro. Dados obtidos do HYCOM.

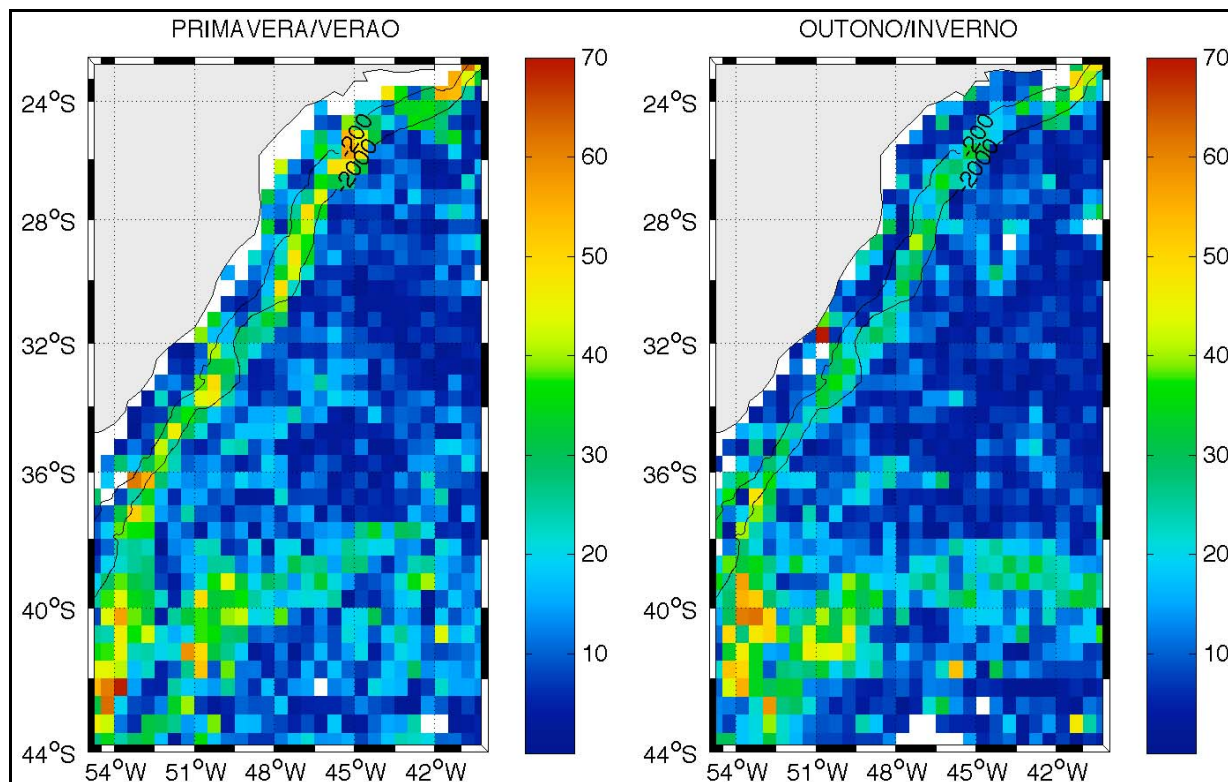
Outra análise do regime de correntes na região pode ser obtida em Cerrone (2010). Neste trabalho, foram realizadas estimativas da circulação na Bacia Sul/Sudeste do Brasil, através do uso de derivadores lagrangeanos rastreados por satélites, sendo utilizadas as trajetórias de mais de 500 derivadores (dentre eles derivadores do projeto MONDO), que passaram na região por um período de 18 anos (1993 - 2010).

A autora fez a separação do conjunto de dados em cenários sazonais de primavera/verão e outono/inverno, e os campos médios de velocidades superficiais obtidos nos dois cenários, são apresentados na **Figura II.5.1.3.2.3-11** (trajetória dos vetores médios) e **Figura II.5.1.3.2.3-12** (magnitude).



Fonte: Cerrone (2010).

Figura II.5.1.3.2.3-11– Campo de velocidades de corrente estimado para as costas sudeste e sul do Brasil.



Fonte: Cerrone (2010).

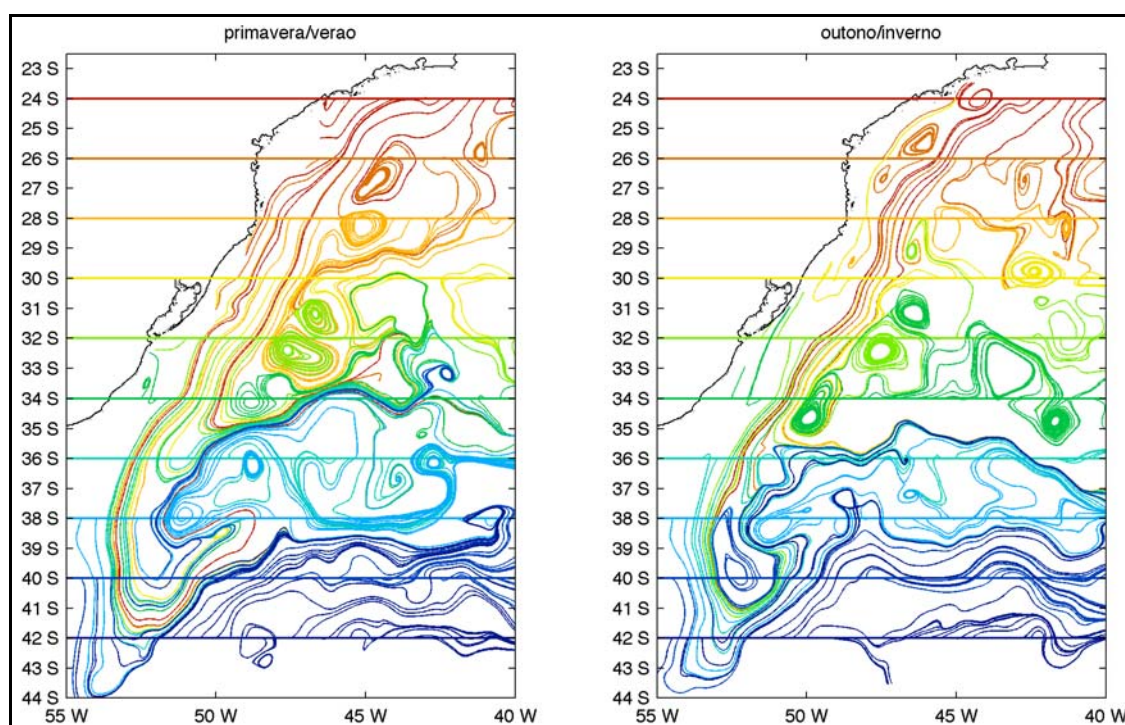
Figura II.5.1.3.2.3-12– Intensidade média de corrente (cm/s) estimada para as costas sudeste e sul do Brasil.

Em ambos os cenários verifica-se a presença da CB na região fluindo em direção ao sul, junto à quebra da plataforma continental. No período de primavera/verão as intensidades são mais elevadas, com média de $\sim 0,45$ m/s, no outono/inverno, as intensidades médias foram de $\sim 0,3$ m/s. Também pode ser observada claramente a presença da Confluência Brasil-Malvinas nos dois cenários, próximo a latitude de 40°S .

No cenário de outono/inverno, também nota-se a presença da Corrente Costeira do Brasil (CCB), fluindo sobre a plataforma continental em direção a norte, desde 36°S para além de 24°S (CERRONE, 2010).

Através dos gráficos de linhas de correntes (**Figura II.5.1.3.2.3-13**), podemos observar melhor as feições de mesoescala presentes nos campos médios. As linhas foram iniciadas em diferentes latitudes e são distintas por cor.

Dentre as feições observadas destaca-se a presença da CB, fluindo para sul sobre a quebra da plataforma continental e talude, nos dois cenários. A CCB pôde ser observada no cenário de outono/inverno, com trajetórias subindo a plataforma continental em direção ao norte. Nos dois cenários, a Confluência Brasil-Malvinas esteve posicionada entre aproximadamente 38° S e 40° S. Também é observada uma estrutura ciclônica em aproximadamente 28° S. Essa estrutura possivelmente representa o Vórtice de Santa Marta, e foi observada em ambos os cenários, porém, com maior intensidade no período de primavera/verão.



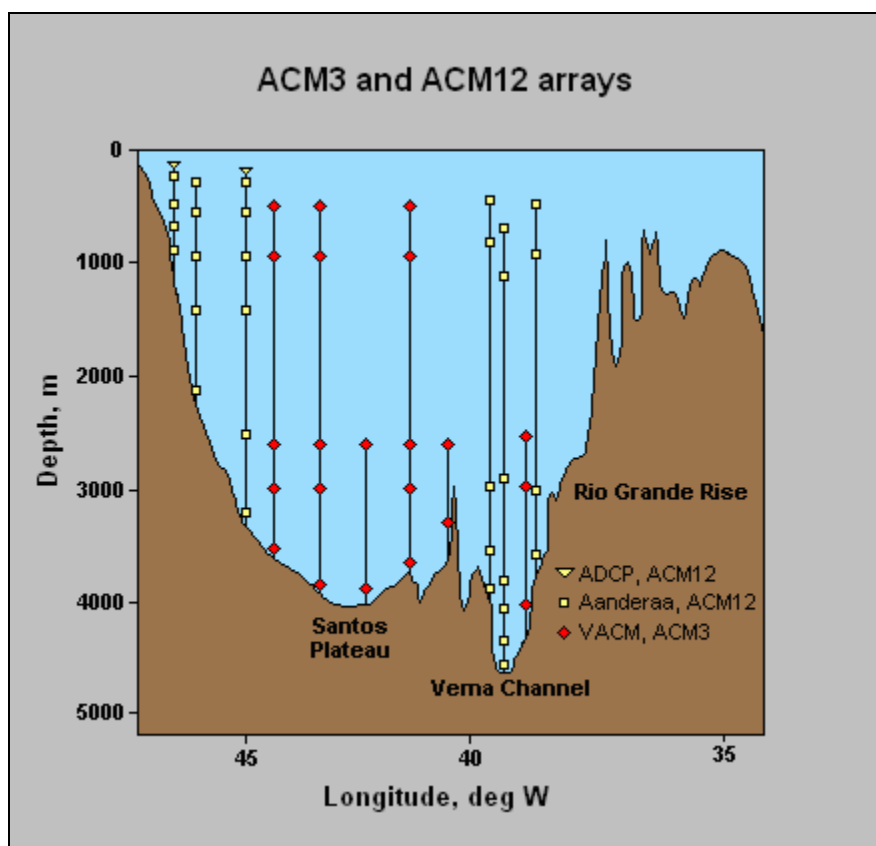
Fonte: Cerrone (2010).

Figura II.5.1.3.2.3-13– Linhas de corrente partindo das latitudes 25°S, 30°S, 35°S e 40°S para a área de estudo.

De uma forma complementar, foram analisados dados de corrente dos fundeios BW/333, BW/334 e BW/335 da componente ACM/12 do WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*). A série de dados disponível destes fundeios vai de março de 1991 a novembro de 1992. A localização dos fundeios utilizados encontra-se na **Figura II.5.1.3.2.3-14** e uma seção vertical dos mesmos é apresentada na **Figura II.5.1.3.2.3-15**.



Figura II.5.1.3.2.3-14 - Localização dos fundeios BW/333, BW/334 e BW/335 do banco de dados do WOCE.



Fonte: WOCE. .

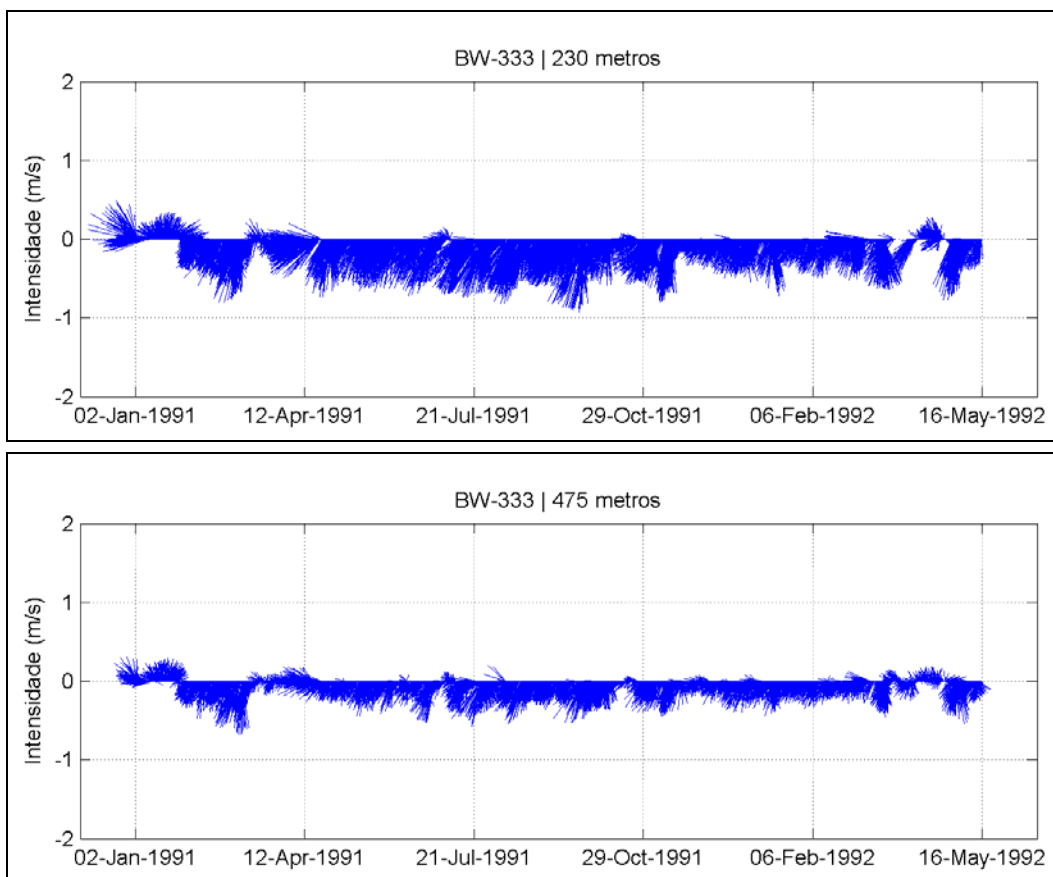
Figura II.5.1.3.2.3-15 - Seção vertical mostrando os fundeios da componente ACM12/3. Os fundeios utilizados são os três primeiros, da esquerda para a direita.

Foram analisados os dados dos três fundeios indicados nas figuras acima, da menor profundidade de amostragem até uma profundidade similar à do bloco BM-P-2 (250 a 1000 metros aproximadamente).

A seguir, da **Figura II.5.1.3.2.3-16** a **Figura II.5.1.3.2.3-19**, são apresentadas as séries temporais de corrente, dos três fundeios utilizados, na forma de *stickplot*.

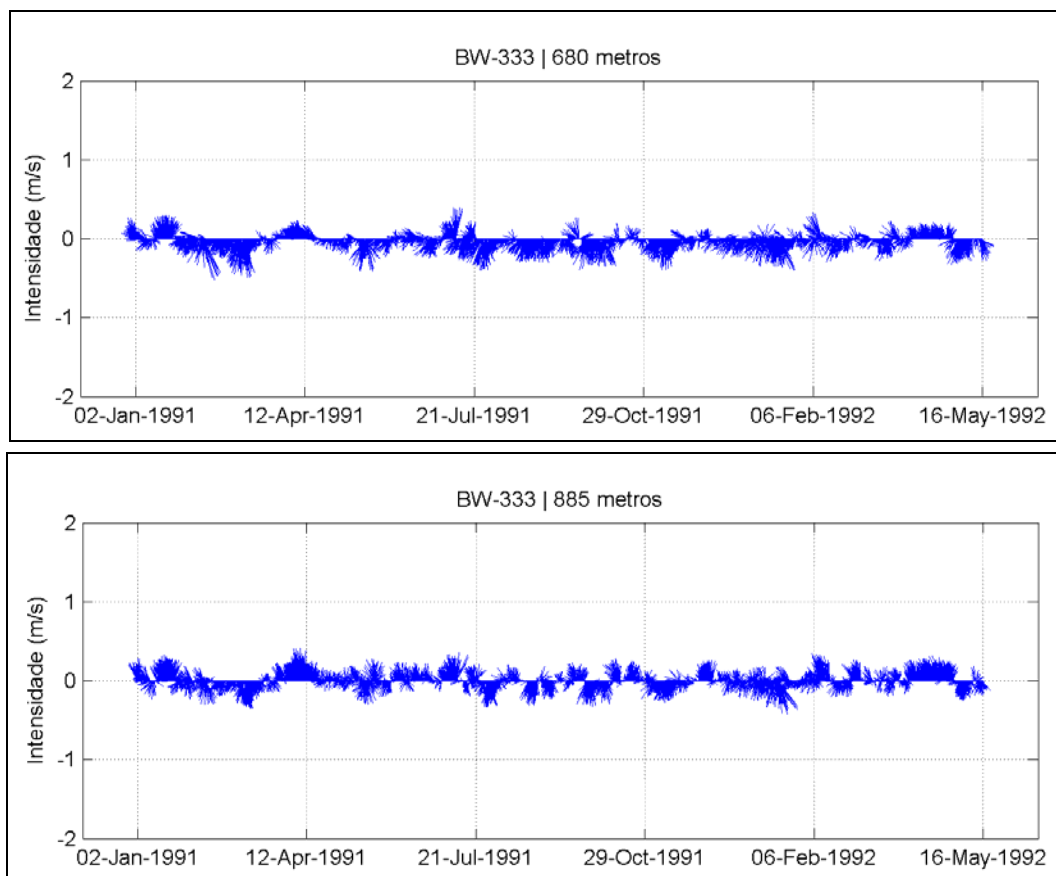
Na **Figura II.5.1.3.2.3-16**, nota-se que os dados do fundeio BW/333 nas profundidades de 230 e 475 metros apresentam um padrão quase unidirecional, para

sudoeste, com intensidade de aproximadamente 0,8 e 0,5 m/s, respectivamente, indicando a influência da Corrente do Brasil. Nas profundidades de 680 e 885 do mesmo fundeio (**Figura II.5.1.3.2.3-17**), nota-se a alternância entre correntes do quadrante sul e norte, com intensidades da ordem de 0,3 m/s.



Fonte WOCE.

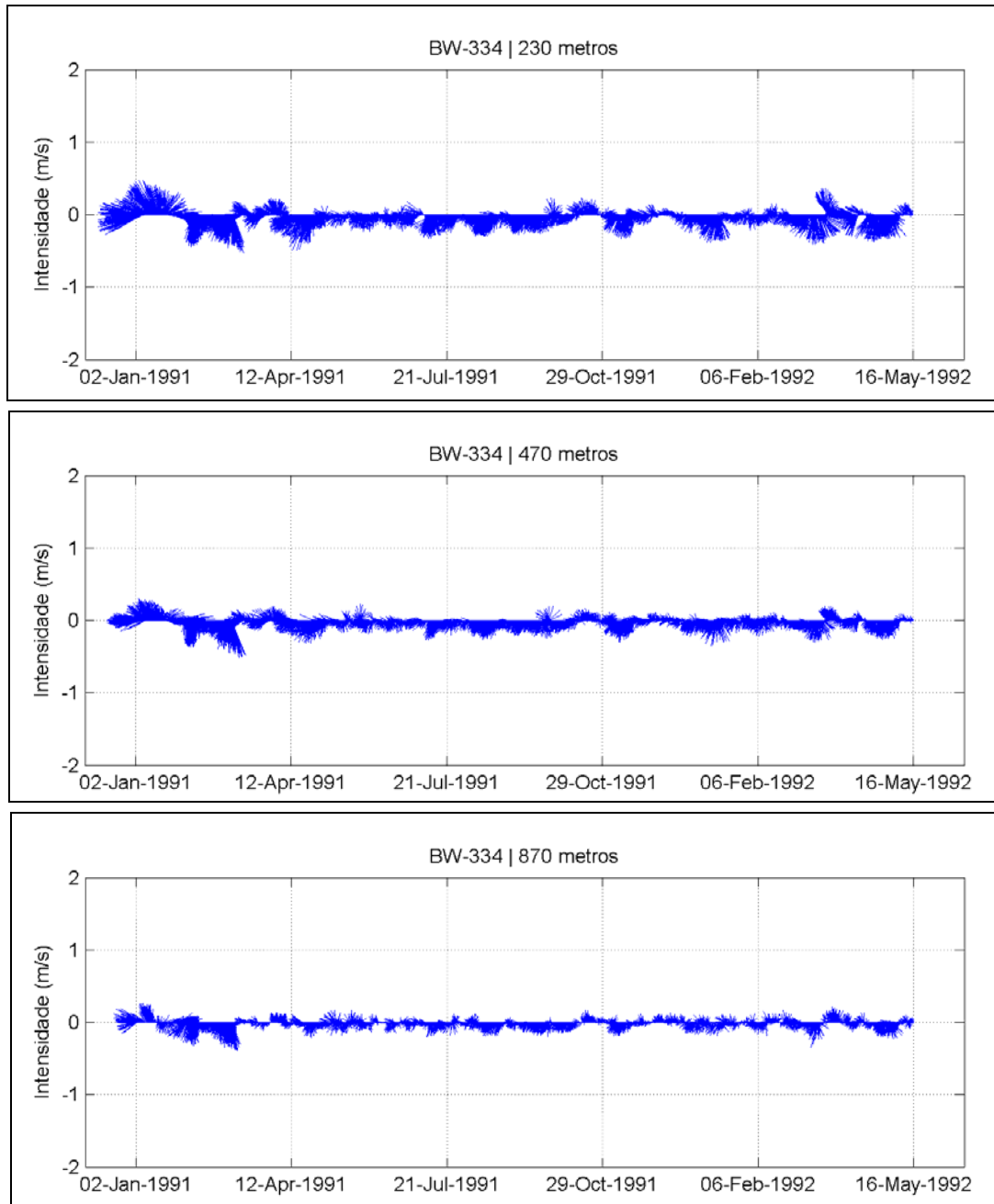
Figura II.5.1.3.2.3-16 - Stickplots do fundeio BW/333, nas profundidades de 230 e 475 metros.



Fonte WOCE.

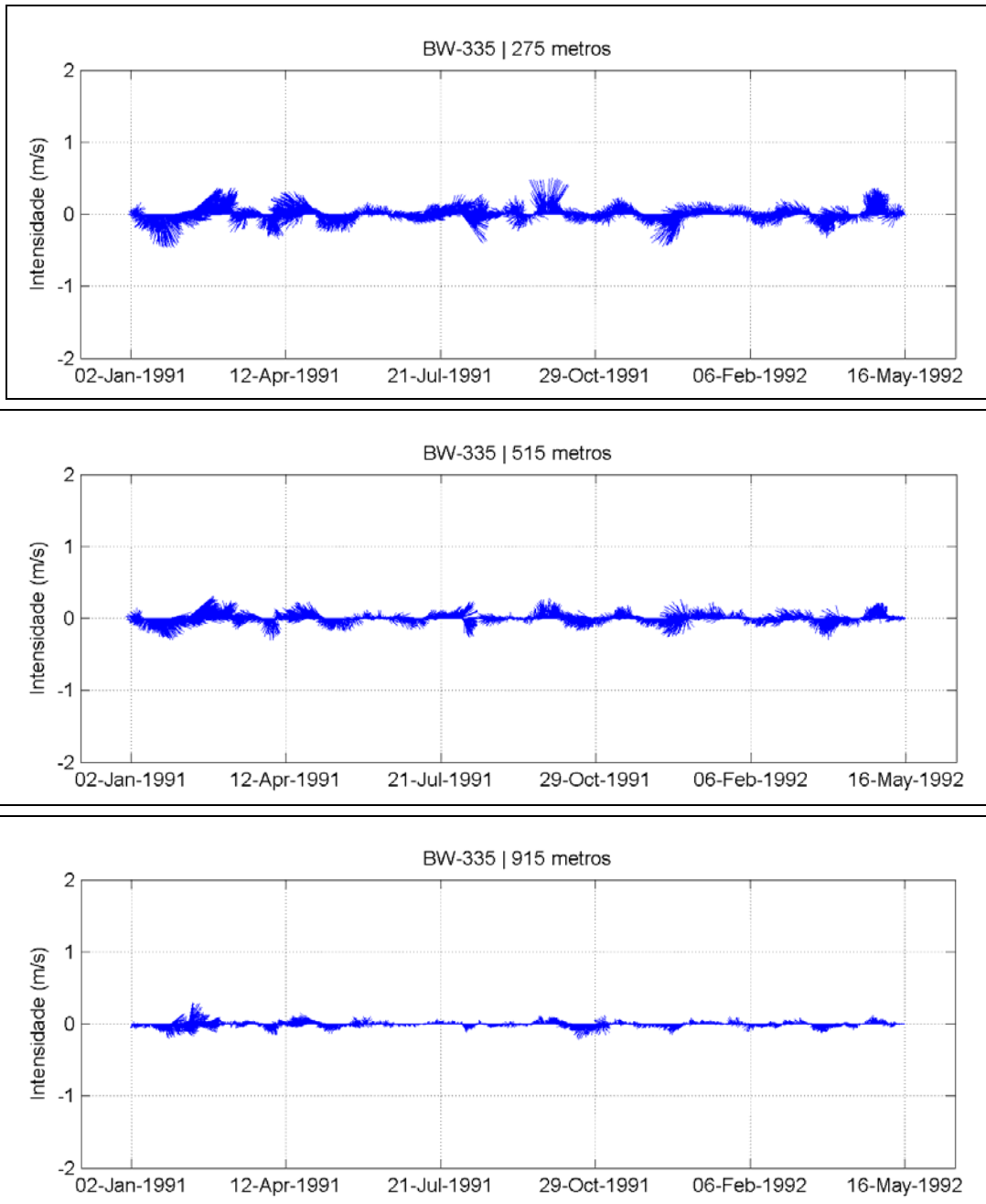
Figura II.5.1.3.2.3-17 - Stickplots do fundeio BW/333, nas profundidades de 680 e 885 metros.

Nos fundeios BW/334, com valores medidos nas profundidades de 230, 470 e 870 metros, (**Figura II.5.1.3.2.3-18**) e principalmente no BW/335), com valores medidos nas profundidades de 275, 515 e 715, (**Figura II.5.1.3.2.3-19**), a influência da Corrente do Brasil não é tão marcante, com maior alternância de direção, vide valores mais altos no desvio padrão desta variável (**Tabela II.5.1.3.2.3-1**) e menor intensidade, da ordem de 0,4 m/s. Estes dois fundeios estão mais distantes da quebra da plataforma, saindo da área de influência da CB.



Fonte WOCE.

Figura II.5.1.3.2.3-18 - Stickplots do fundeio BW/334, nas profundidades de 230, 470, e 870 metros.



Fonte WOCE.

Figura II.5.1.3.2.3-19 - Stickplots do fundeio BW/335, nas profundidades de 275, 515, e 915 metros.

A estatística básica dos dados dos três fundeios utilizados é apresentada na **Tabela II.5.1.3.2.3-1**, para a menor profundidade (230 m – 275 m).

Tabela II.5.1.3.2.3-1 - Estatística básica dos dados dos fundeios BW/333, BW/334 e BW/335 do WOCE.

Fundeiio	Vel. Média (m/s)	Vel. Máxima (m/s)	Desvio padrão (Vel.)	Direção Média (graus)	Desvio padrão (Dir.)
BW/333	0,35	0,95	0,16	210,5	47,4
BW/334	0,17	0,62	0,11	213,3	66,2
BW/335	0,15	0,58	0,1	198,7	104

II.5.1.3.2.4 - Regime de Ondas

Devido à escassez de medições de ondas na costa brasileira, especialmente de campanhas de longa duração, a modelagem numérica torna-se essencial para caracterização do estado do mar ao longo do litoral e áreas *offshore* do Brasil.

Medições diretas de ondas são escassas na costa brasileira e muitas vezes os dados existentes são privados e não disponibilizados para a comunidade científica. Soma-se a isso o fato de que as medições são normalmente de limitada duração. Portanto, a utilização de modelos de ondas é amplamente utilizada por permitir a análise de séries extensas e amplas de dados. Tais modelos utilizam séries de dados de vento e de batimetria para simular a formação e dispersão de ondas ao longo de um domínio específico.

O clima de ondas da região sul da costa brasileira foi estudado por Pianca *et al.*, (2010), baseados em uma série de 11 anos obtida a partir de um *hindcast* do modelo de ondas *WaveWatch III* (mais informações sobre este modelo em Tolman, 2002). O modelo foi forçado com dados da reanálise do NCEP, a partir de dados de vento de Janeiro de 1997 a Dezembro de 2007. O ponto de saída do modelo utilizado para a

análise foi designado de “W1”, com as seguintes coordenadas: 32° S e 48,75° O, próximas ao bloco BM-P-2 (Figura II.5.1.3.2.4-1).

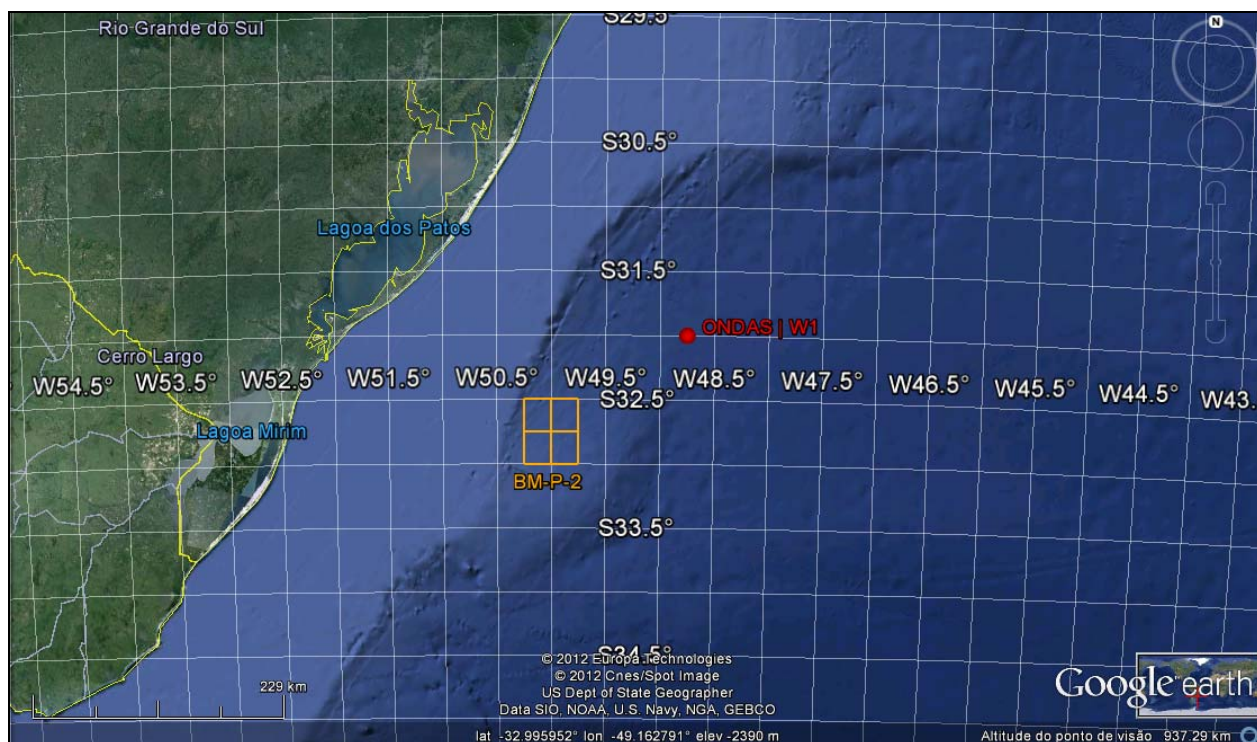


Figura II.5.1.3.2.4-1– Localização do ponto W1, no qual foram feitas as análises em Pianca et al., (2010).

Na **Tabela II.5.1.3.2.4-1** e na **Tabela II.5.1.3.2.4-2** são apresentadas as estatísticas básicas dos resultados obtidos por Pianca et al., (2010) referentes aos parâmetros altura de onda e período de onda, sazonalmente.

As estações de outono e inverno apresentaram as maiores médias de altura (~2,5 m) e período de onda (~8,3 s). Os meses de primavera e verão apresentaram altura média de onda de ~2,1m e período médio de 7,6s. O período e altura máximos foram observados nos meses de outono (15,7s e 7,4m) e os mínimos nos meses de verão (2,9s e 0,5m).

Tabela II.5.1.3.2.4-1 - Estatística básica da altura de onda para o ponto estudado.
Adaptado de
PIANCA, et.al. 2010.

Altura significativa de onda (m)				
Estação	Min	Máx.	Média	σ^2
Outono	0.6	7.4	2.4	1.1
Inverno	0.7	7.0	2.6	1.0
Primavera	0.7	5.9	2.2	0.8
Verão	0.5	5.9	2.0	0.8

Tabela II.5.1.3.2.4-2 - Estatística básica do período de onda para o ponto estudado.
Adaptado de PIANCA,
et.al. 2010.

Período de onda (s)				
Estação	Min	Máx.	Média	σ^2
Outono	3.2	15.7	8.3	2.5
Inverno	3.1	15.6	8.2	2.2
Primavera	3.1	14.5	7.6	1.9
Verão	2.9	15.5	7.6	2.7

A seguir, na **Figura II.5.1.3.2.4-2** e na **Figura II.5.1.3.2.4-3** são apresentados os histogramas direcionais de altura e período de onda para as quatro estações do ano.

Observa-se que os sistemas de onda com maior contribuição ao longo do ano são de NE e S. Nos meses de verão, ondas de NE são predominantes com ~28% de ocorrência, apesar das ondas de S representarem aproximadamente 23% de ocorrência e apresentarem maior período e altura significativa. Nos meses que perfazem o outono, ondas do quadrante Sul apresentam larga predominância, com aproximadamente 36%, contra menos de 15% de ondas do quadrante NE.

Nos meses de inverno, a contribuição de ondas de NE volta a aumentar, apesar de continuarem abaixo em porcentagem de contribuição e intensidade das ondas de S. Finalmente, nos meses de primavera, as ondas do quadrante NE aparecem com aproximadamente 33% de contribuição, contra 25% das ondas de Sul.

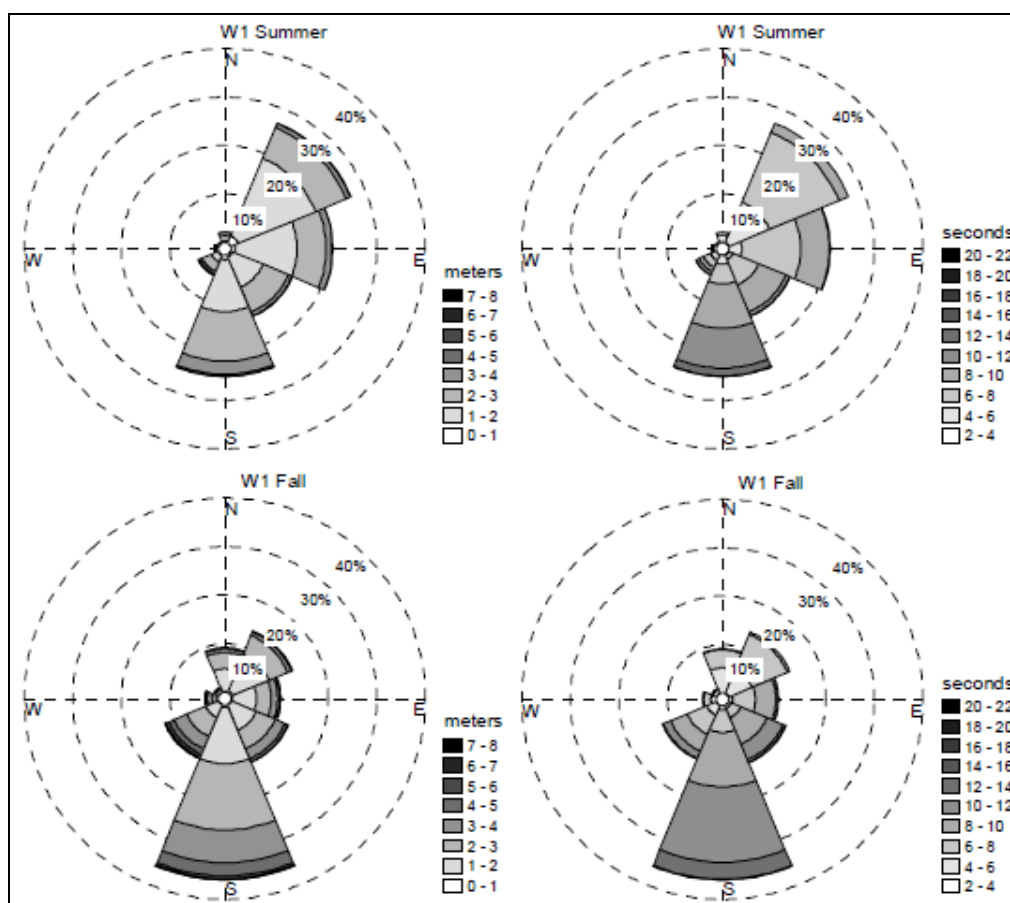


Figura II.5.1.3.2.4-2– Histograma direcional da altura e período de onda para o ponto W1, durante o período de verão e outono. Retirado de PIANCA et. al. 2010.

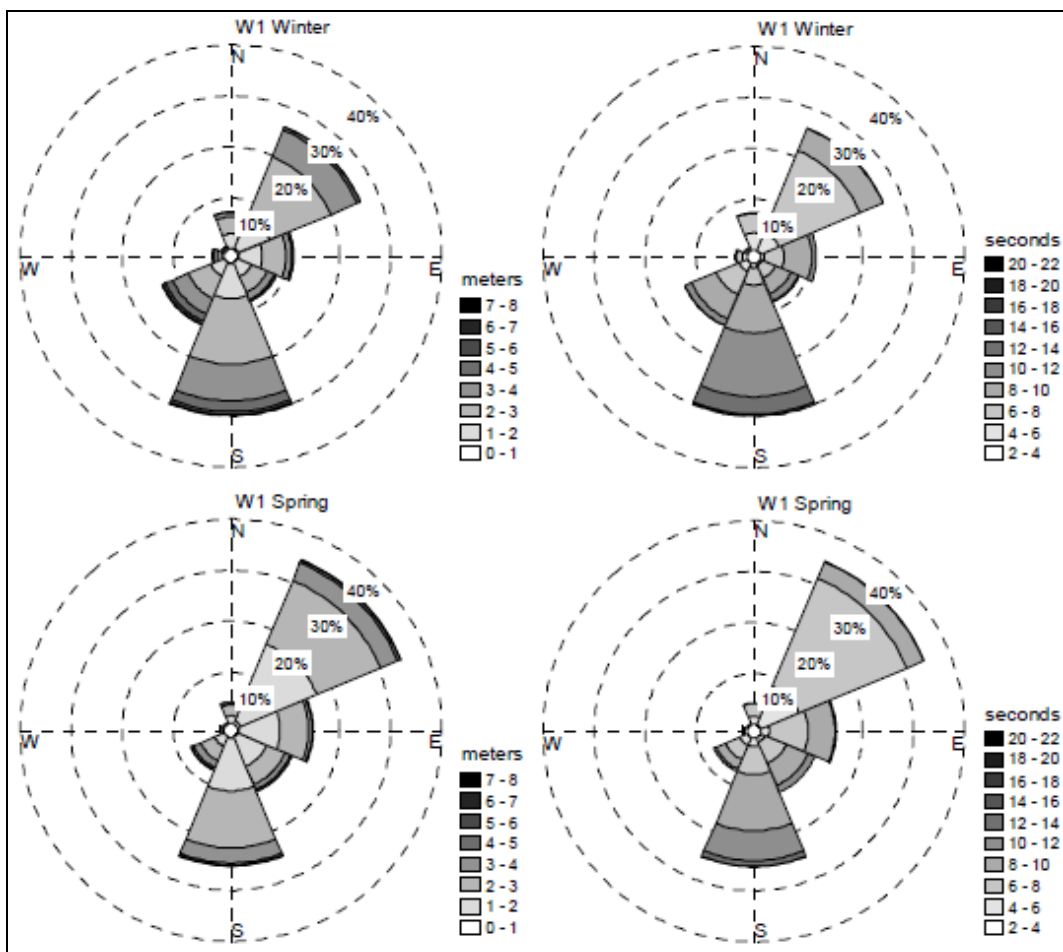


Figura II.5.1.3.2.4-3 – Histograma direcional da altura e período de onda para o ponto W1, durante o período de inverno e primavera. Retirado de PIANCA et. al. 2010.

Para a caracterização da agitação marítima na região da Bacia de Pelotas e nas proximidades do Bloco BM-P-2, foram utilizados os dados do Projeto ERA-40. O Projeto ERA-40 (ECMWF Re-Analysis 40) do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) tem como objetivo produzir análises globais diárias do estado atmosférico, terrestre e dos oceanos, em um período compreendido entre 1957 e 2001, com resolução espacial de 2,5°.

Esta abordagem considera os dados de altura significativa (H_s), direção (D_m) e período médios (T_m), para o período entre os anos de 1992 e 2001, em um ponto de grade localizado em 32.5° S de latitude e 50° W de longitude. A localização do ponto de grade do ERA-40 utilizado é apresentada na **Figura II.5.1.3.2.4-4**. Os dados do ERA-40 podem ser obtidos na internet através da página (ERA-40, 2011).

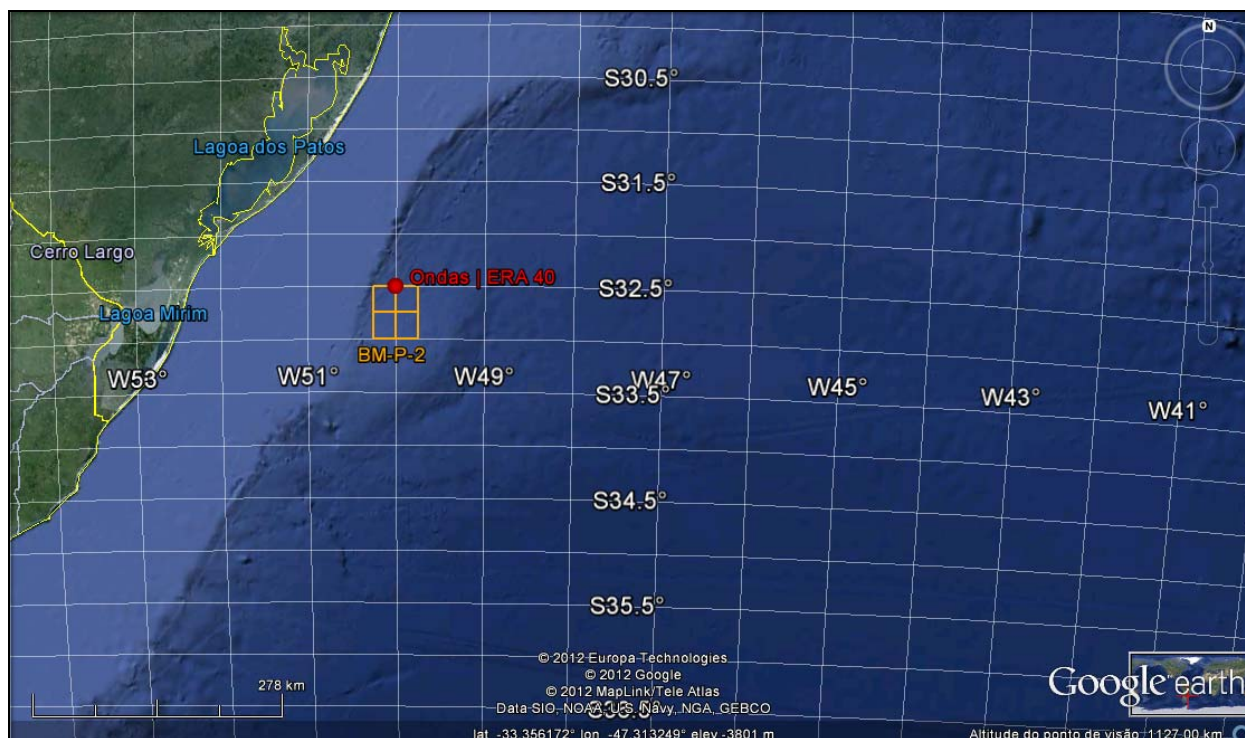


Figura II.5.1.3.2.4-4– Localização do ponto de grade do ERA-40 utilizado nas análises do regime de ondas.

No diagrama de dispersão de altura x direção das ondas (**Figura II.5.1.3.2.4-5**), pode-se verificar que aproximadamente 40% das ondas são do quadrante sul, entre as direções 135° e 225°. O restante das ondas se distribui entre as direções do quadrante leste, entre 45° e 135°. As ondas de 180° possuem a maior porcentagem de Hs na classe de 2 – 2,5 metros e as de ~202° possuem a maior porcentagem de ondas maiores que 3 metros.

Pela localização do ponto, praticamente não há ondas de oeste, embora ondas de formação local possam ser geradas dessa direção. Os máximos de altura estão associados ao quadrante S.

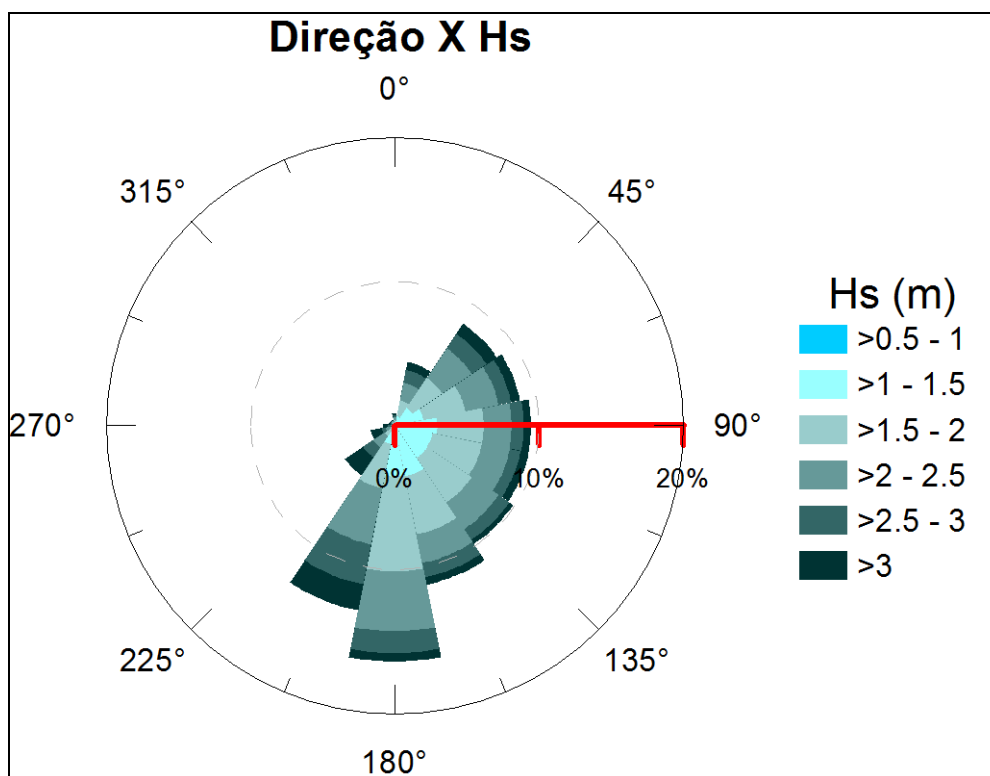


Figura II.5.1.3.2.4-5– Diagrama de dispersão para altura e direção para HS

Na **Tabela II.5.1.3.2.4-3** é apresentada a correlação entre direção e altura significativa. Este indica que ondas de sul possuem a maior frequência amostral, de 31%, seguidas por sudeste e leste. Ondas na classe de 1,5 a 2 metros são as mais frequentes, com 32,38% de ocorrência, seguidas por ondas de 2 a 2,5 metros com 24,14%. As ondas de SW concentram a maior ocorrência de altura significativa maior que 2,5.

Tabela II.5.1.3.2.4-3- Correlação entre altura significativa e direção média.

Direção >>		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Hs (m)											
0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
0,5	1	3	27	76	61	42	1	0	0	210	1,44%
1	1,5	50	381	726	780	885	105	8	18	2953	20,21%
1,5	2	111	696	923	1083	1623	231	35	29	4731	32,38%
2	2,5	80	658	621	587	1177	337	39	29	3528	24,14%
2,5	3	43	362	245	258	542	316	44	16	1826	12,50%
> 3		35	233	154	127	260	427	107	21	1364	9,33%
Total		322	2357	2745	2896	4529	1417	233	113	14612	-
Freq (%)		2,20%	16,13%	18,79%	19,82%	31,00%	9,70%	1,59%	0,77%	-	-

Na **Figura II.5.1.3.2.4-5**, pode ser visualizada a distribuição de período médio (Tm) por altura significativa de onda (Hs). Através desta figura, podemos observar que as ondas com mais de 5 m de altura estão associadas a períodos de pico entre 8 s e 10 s. Estas ondulações podem ser geradas tanto pelo vento local, como por tempestades ocorridas em regiões mais ao sul, gerando ondulações que atingem a região na forma de *swell*. Os detalhes dessa distribuição podem ser vistos na **Tabela II.5.1.3.2.4-4**.

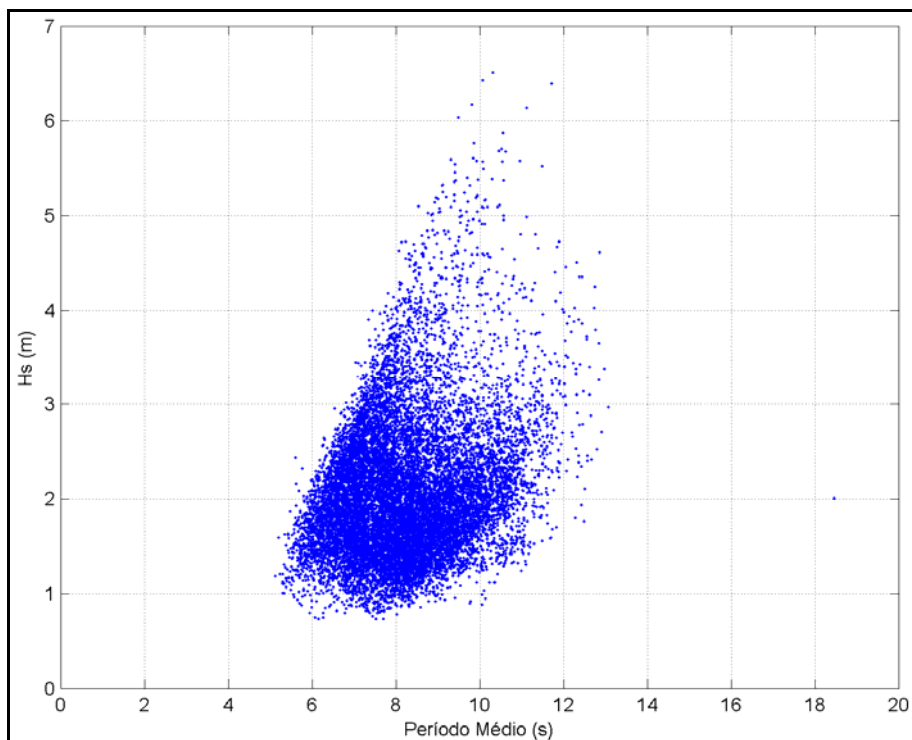


Figura II.5.1.3.2.4-5 – Diagrama de dispersão para Hs e Tm.

Tabela II.5.1.3.2.4-4- Correlação entre altura e período (T).

Tm (s) >>										Total	Freq (%)
Hs (m)		3 - 5	5 - 7	7 - 9	9 - 11	11 - 13	13 - 15	15 - 17	17 - 19		
0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
0,5	1	0	41	159	10	0	0	0	0	210	1,44%
1	1,5	0	647	1917	381	8	0	0	0	2953	20,21%
1,5	2	0	1152	2322	1212	45	0	0	0	4731	32,38%
2	2,5	0	693	1705	1038	91	0	0	1	3528	24,14%
2,5	3	0	164	1106	445	110	1	0	0	1826	12,50%
> 3		0	3	831	418	112	0	0	0	1364	9,33%
Total		0	2700	8040	3504	366	1	0	1	14612	-
Freq (%)		0,00%	18,48%	55,02%	23,98%	2,50%	0,01%	0,00%	0,01%	-	-

Na **Tabela II.5.1.3.2.4-5** é apresentada a correlação entre direção média e período médio. De uma forma geral, os maiores períodos estão associados com a direção S. Estas ondas são geradas pela evolução de sistemas frontais, onde tanto o ciclone extratropical, quanto o anticiclone polar, podem formar longas pistas, gerando, assim, ondas com período elevado.

Tabela II.5.1.3.2.4-5 - Correlação de direção e período.

Direção >>		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Tm (s)											
4	6	45	121	45	42	25	10	10	19	317	2,17%
6	8	251	1880	1581	1111	974	575	154	82	6608	45,22%
8	10	26	355	1032	1523	2484	688	68	12	6188	42,35%
10	12	0	1	87	211	1001	137	1	0	1438	9,84%
12	14	0	0	0	9	44	7	0	0	60	0,41%
14	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
> 16		0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01%
Total		322	2357	2745	2896	4529	1417	233	113	14612	-
Freq (%)		2,20%	16,13%	18,79%	19,82%	31,00%	9,70%	1,59%	0,77%	-	-

O histograma de altura significativa (**Figura II.5.1.3.2.4-6**) indica que os valores típicos desse parâmetro são de 1,5 a 2,5 m, mas alturas acima de 6,0 m podem ser observadas. Seja em medições, seja em modelagem, valores de Hs inferiores a 1,0 são bastante raros, como indicado no gráfico.

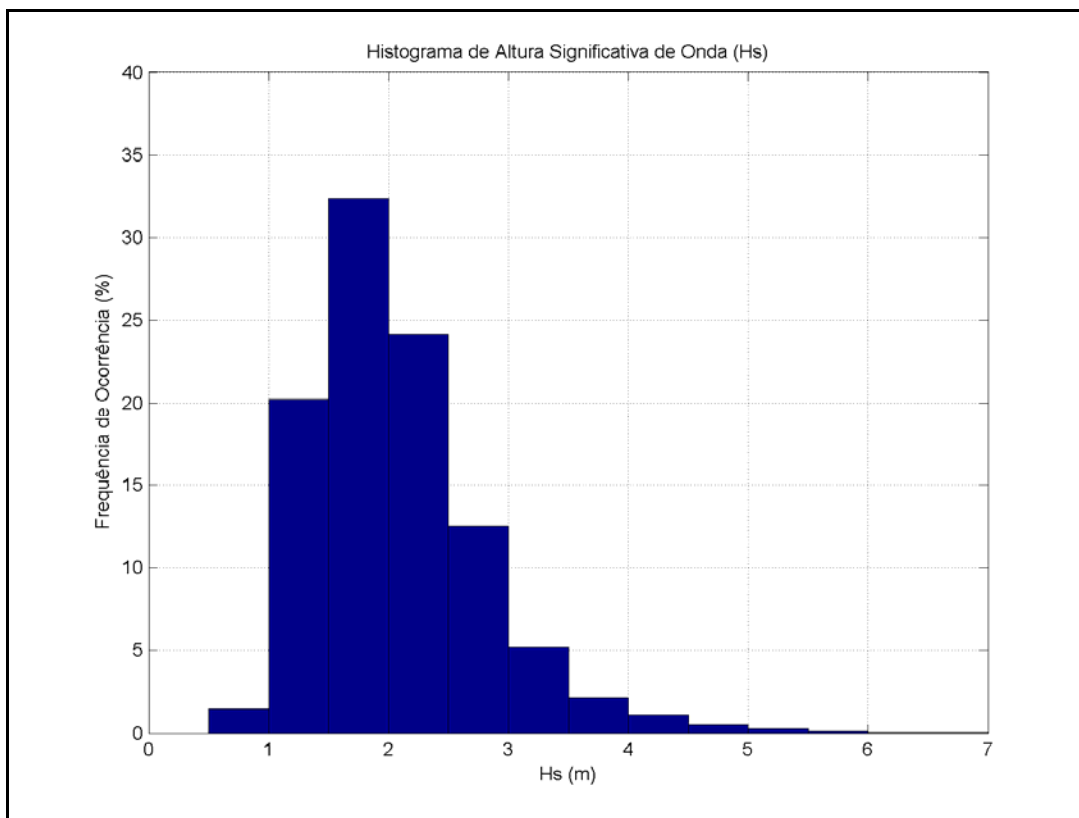


Figura II.5.1.3.2.4- 6– Distribuição de alturas para altura significativa em classes de 0,5 m, para todo o período analisado (1992 a 2001).

A série temporal das alturas significativas (**Figura II.5.1.3.2.4-7**) para todo o período analisado, apresenta um claro ciclo sazonal. Esse ciclo fica mais evidente nas médias e máximas mensais de alturas significativas (**Figura II.5.1.3.2.4-8**). Neste gráfico, percebe-se que as alturas tendem a ser maiores no período central do ano, entre abril e outubro.

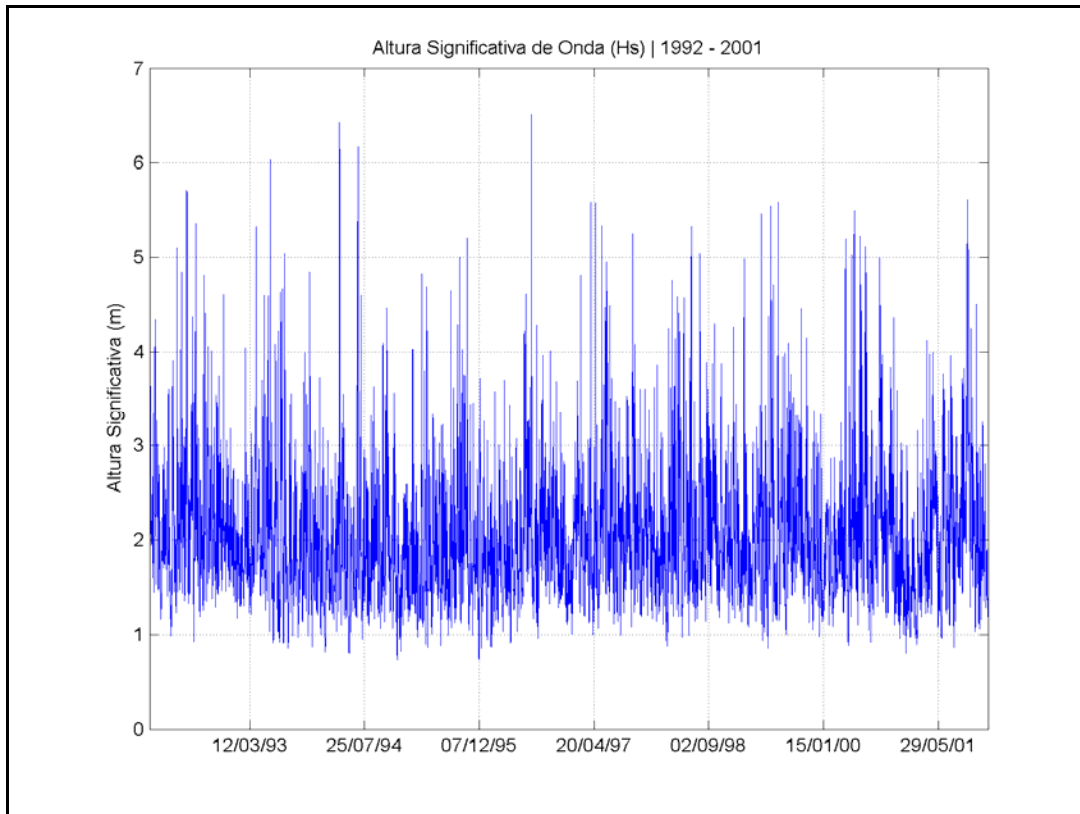


Figura II.5.1.3.2.4-7– Série temporal de altura significativa de onda para todo o período analisado.

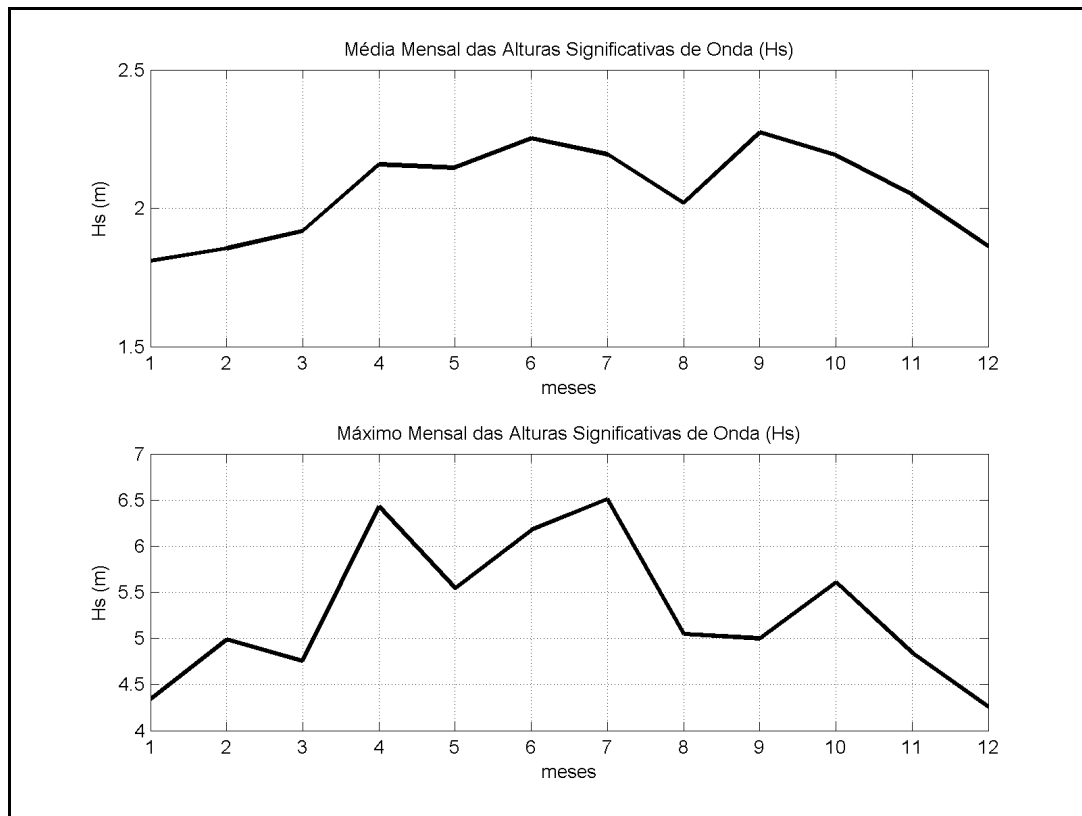


Figura II.5.1.3.2.4-8– Valores médios e máximos mensais da altura significativa.

O **Tabela II.5.1.3.2.4-6** apresenta os valores médios e máximos mensais de Hs. Novamente verifica-se que o período compreendido entre abril e outubro é o mais propício a ocorrência de extremos de ondas na região da Bacia de Pelotas. Setembro foi o mês que apresentou a maior média (2,27 m), e julho, o mês com a maior máxima (6,51 m).

Tabela II.5.1.3.2.4-6- Valores médios e máximos mensais e máximos para altura significativa, swell e wind sea.

Mês	Hs - Média (m)	Hs - Máxima (m)	Desvio Padrão (m)
Jan	1,81	4,34	0,52
Fev	1,86	4,99	0,59
Mar	1,92	4,76	0,53
Abr	2,16	6,43	0,83
Mai	2,15	5,54	0,79
Jun	2,25	6,17	0,92
Jul	2,20	6,51	0,80
Ago	2,02	5,05	0,68
Set	2,27	5,00	0,66
Out	2,19	5,61	0,71
Nov	2,05	4,84	0,61
Dez	1,86	4,26	0,56

Para avaliar o comportamento direcional do regime de ondas na região, também foram elaboradas, a partir dos dados do ERA-40, rosas mensais de direção média e altura significativa de onda (**Figura II.5.1.3.2.4-9** e **Figura II.5.1.3.2.4-10**).

Através destas rosas, verifica-se que no período de verão, há ocorrência de ondas de leste, sudeste e sul, em uma distribuição relativamente uniforme. Com o início do outono, há um aumento no percentual de ondas de sul, que passam a predominar também durante todo o inverno e início da primavera. Na primavera, destaca-se uma grande ocorrência de ondulações de NE na região.

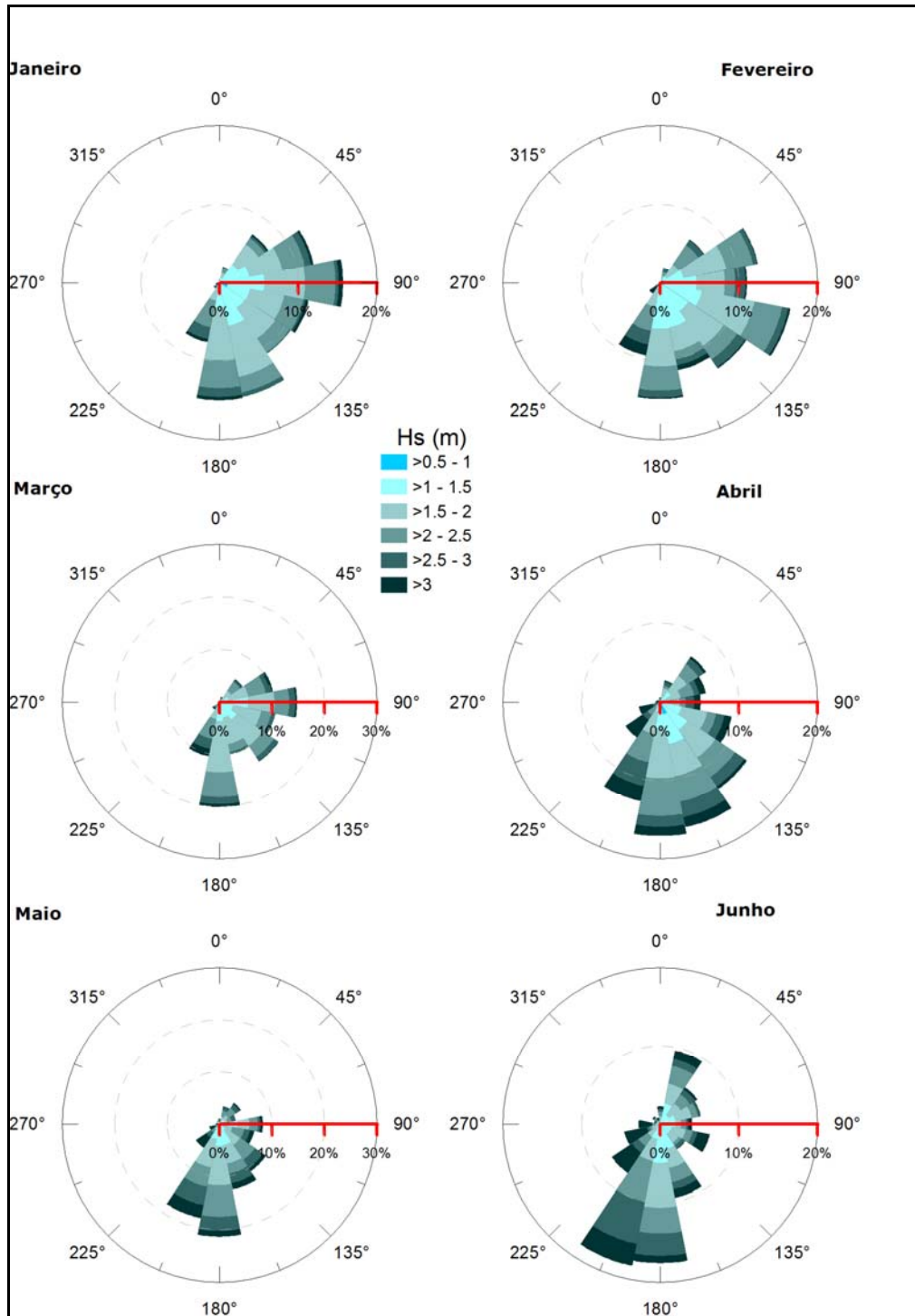


Figura II.5.1.3.2.4-9 – Rosas mensais de direção média e altura significativa de onda, para o período de janeiro a junho.

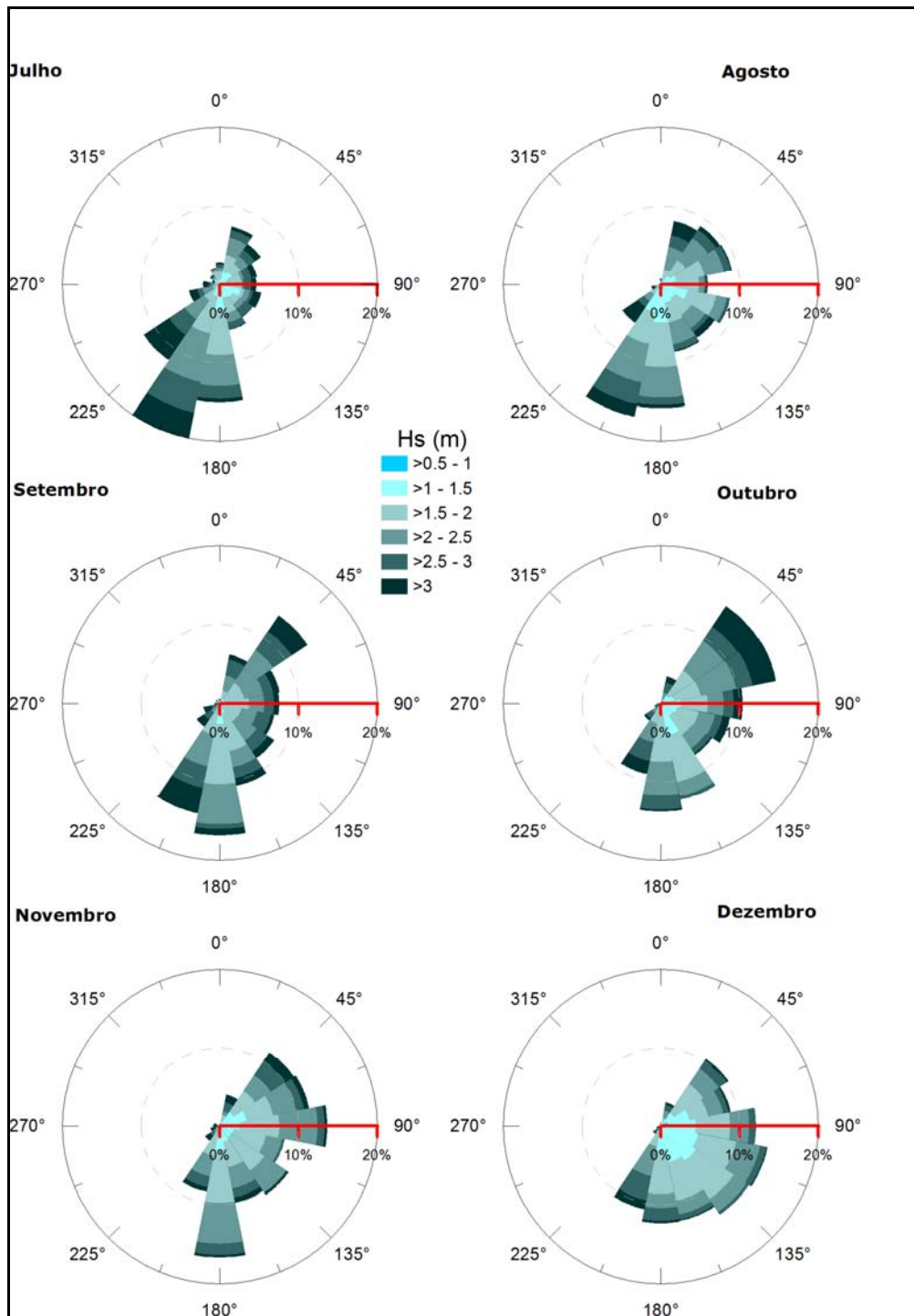


Figura II.5.1.3.2.4-10 – Rosas mensais de direção média e altura significativa de onda, para o período de julho a dezembro.

Os resultados obtidos com os dados do ERA-40 apresentaram-se semelhantes aos verificados na bibliografia, demonstrando que estes podem ser uma importante ferramenta na avaliação do regime de ondas na região.

II.5.1.3.2.5 - Regime de Marés

Podemos classificar a maré quanto ao seu período, ou seja, pode-se determinar se a maré é diurna, semidiurna, mista principalmente diurna ou mista principalmente semidiurna (POND; PICKARD, 1978).

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semidiurnas. Segundo Pond & Pickard (1978), esse fator é definido por:

$$F = \left(\frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right)$$

De acordo com essa classificação temos:

$F = 0$ a $0,25$: Maré semidiurna, ou seja, a maré cujo período é de aproximadamente 12h. Neste caso, têm-se duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. A altura de uma preamar é praticamente igual a outra, o mesmo acontecendo com a baixamar.

$F = 0,25$ a $1,5$: Maré mista, predominantemente semidiurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, semidiurna, podendo ser diurna em algumas épocas do ano.

$F = 1,5$ a $3,0$: Maré mista, predominantemente diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, diurna, podendo ser semidiurna em algumas épocas do ano.

$F > 3,0$: Maré diurna, ou seja, a maré cujo período é de 24h, aproximadamente. Nesse caso, tem-se apenas uma maré alta e uma maré baixa em 24 horas.

Para a caracterização da maré na região do BM-P-2, foram utilizadas as constantes harmônicas obtidas do modelo global de marés FES-2004 (de “*Finite Element Solutions*”). Esta é uma versão completamente revisada do modelo hidrodinâmico global de marés iniciado por Le Provost *et al.* (1994). Esta nova versão é baseada na resolução das equações barotrópicas de maré em uma nova grade global de elementos finitos (~1 milhão de nodos), que permitem a resolução independente de dados *in situ* e de sensoriamento remoto. A acurácia destas soluções têm sido otimizada pela assimilação de dados de marégrafos e de altimetria (TOPEX/POSEIDON e ERS-2). São disponibilizados dados de amplitude e fase de 15 constituintes de maré em uma grade com resolução de $1/8^\circ$. Uma descrição mais detalhada do FES-2004 pode ser obtida em Lyard *et al.* (2006).

A partir destes, foram então retirados os dados de fase e amplitude de sete componentes (M2, S2, N2, K2, K1, O1 e Q1) para o ponto localizado na latitude $32,65^\circ$ S e longitude $50,22^\circ$ W (**Figura II.5.1.3.2.5-1**). A localização desse ponto na Bacia de Pelotas pode ser observada na **Figura II.5.1.3.2.5-1** e as constantes harmônicas encontram-se na **Tabela II.5.1.3.2.5-1**.

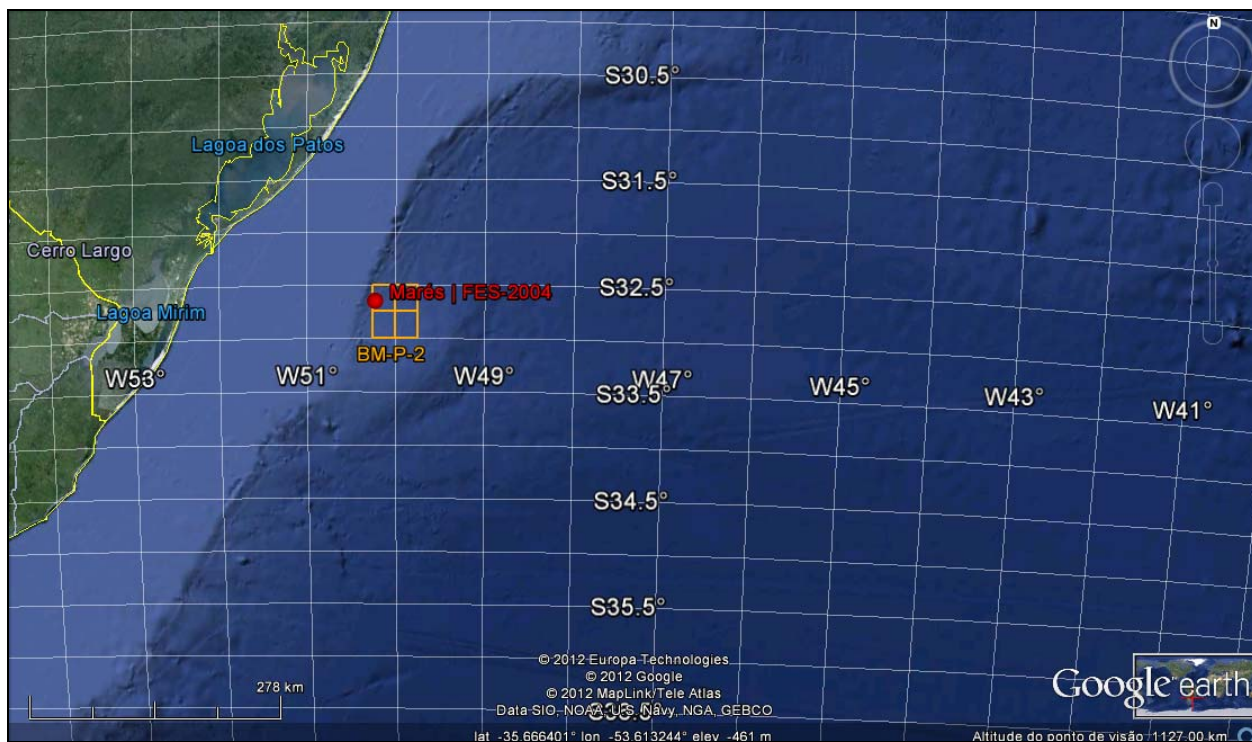


Figura II.5.1.3.2.5-1– Posicionamento do ponto de grade do FES-2004 utilizado.

Tabela II.5.1.3.2.5-1- Constantes harmônicas obtidas pelo modelo global de maré FES-2004 no ponto de latitude 32,65 S e longitude 50,22° W.

Componente	Nome	Amplitude (m)	Fase (em relação à Greenwich)
Q1	Lunar elíptica diurna	0,0267	66,60
O1	Lunar principal diurna	0,1063	98,33
K1	Luni-solar principal diurna	0,0630	171,28
N2	Lunar elíptica semidiurna	0,0429	262,44
M2	Lunar principal semidiurna	0,0372	249,33
S2	Solar principal semidiurna	0,0381	138,71
K2	Luni-solar semidiurna	0,0128	143,33

Exemplos dos campos de amplitude e fase da componente K1 (mais significativa na região) podem ser vistos na **Figura II.5.1.3.2.5-2** e na **Figura II.5.1.3.2.5-3**. A amplitude da componente K1 na região da Bacia de Pelotas apresenta um gradiente em direção ao norte da Bacia (menores valores ao sul, e maiores ao norte). Na região do BM-P-2, a componente K1 apresenta amplitude de aproximadamente 0,063 m e fase de $\sim 171,28^\circ$.

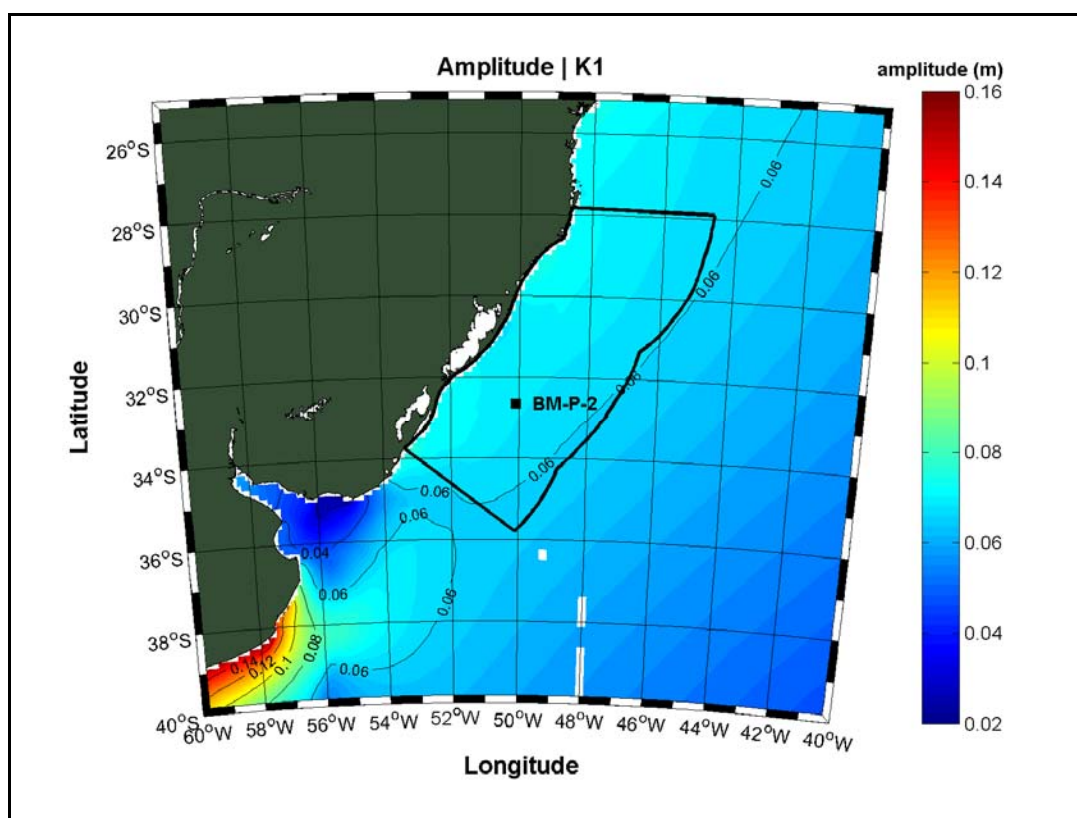


Figura II.5.1.3.2.5-3– Amplitude da componente K1 para região da Bacia de Pelotas.

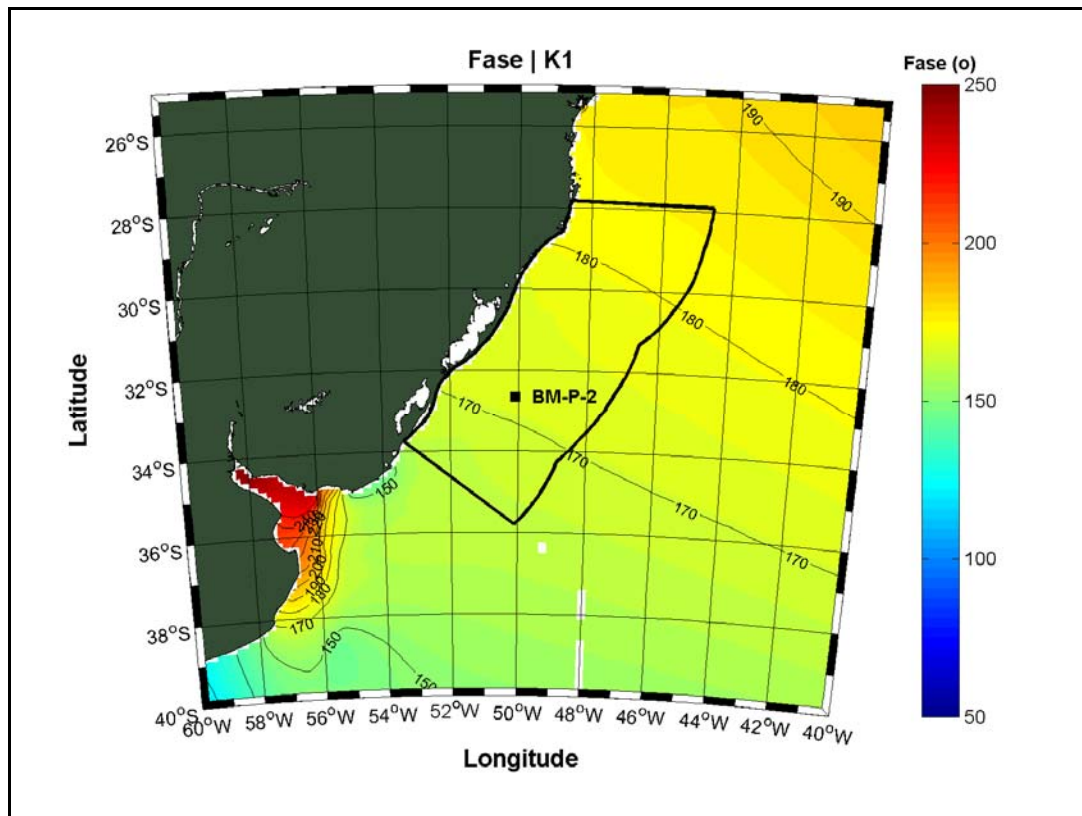


Figura II.5.1.3.2.5-3– Fase da componente K1 para região da Bacia de Pelotas.

Utilizando os valores apresentados na **Tabela II.5.1.3.2.5-1**, podemos concluir que na região de interesse temos:

$F = 2,25$ – maré mista predominantemente diurna.

Podemos calcular também, segundo a formulação de Pond e Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia, que nesse caso será: $2(M_2+S_2) = 0.15$ cm para os dados do FES-2004 e, portanto, podemos classificar a maré na região como sendo mista predominantemente diurna com desigualdade e com amplitudes médias de maré de sizígia variando em torno de 0.15 cm.

Na **Figura II.5.1.3.2.5-4** é apresentada a série de elevação para a estação maregráfica de FEMAR de Rio Grande – RS, para todo o ano de 2011. Foram verificadas alturas máximas de aproximadamente 0,3 m, e mínimas de -0,22 m. Através da figura, podemos concluir que as marés de quadratura na região possuem amplitudes médias da ordem de 12 cm.

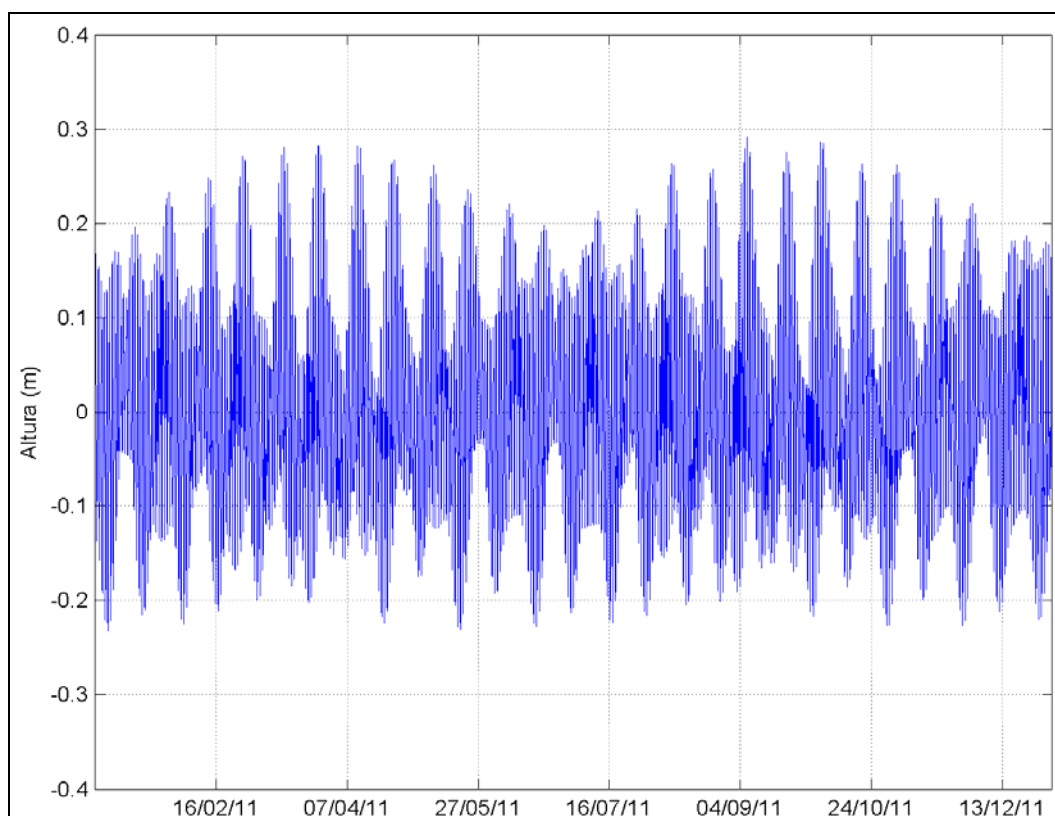


Figura II.5.1.3.2.5-4– Elevação da superfície do mar (m) para todo o ano de 2011.

Na **Figura II.5.1.3.2.5-5** é apresentada a série de elevação para o ponto utilizado na confecção das tabelas acima, elaborado a partir das constantes harmônicas disponibilizadas pelo FES-2004, para todo o ano de 2011. Novamente foram verificadas alturas máximas de aproximadamente 0,3 m, e mínimas de -0,22 m.

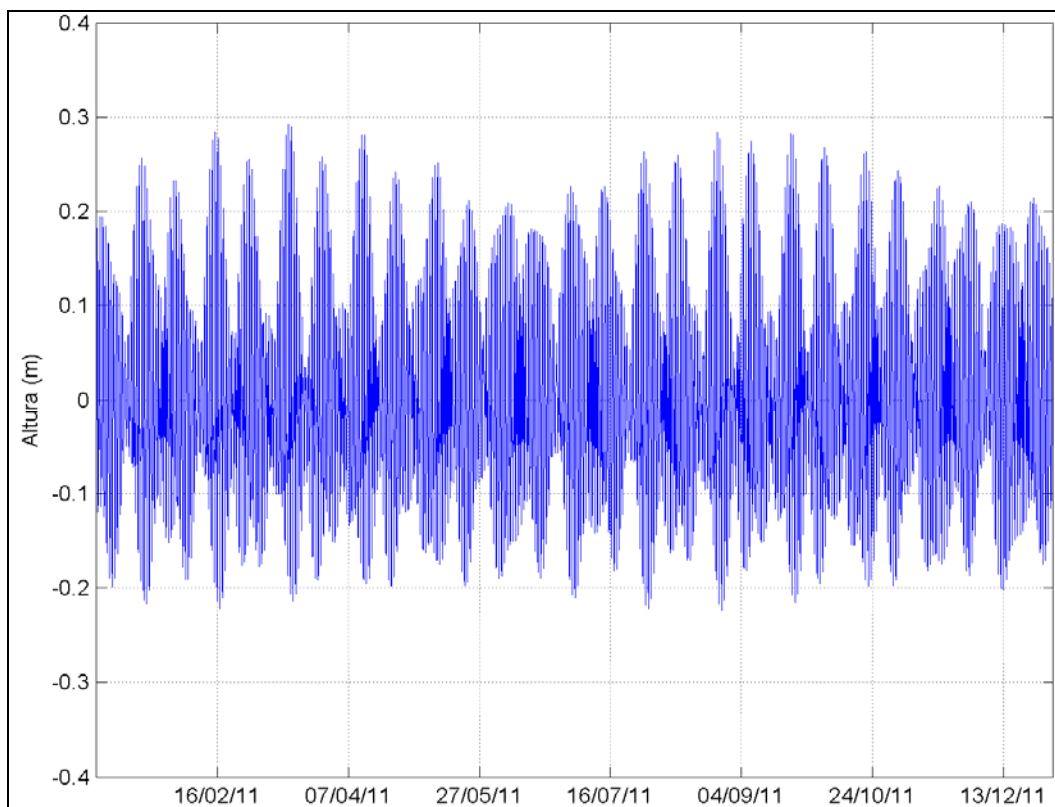


Figura II.5.1.3.2.5-5 – Elevação da superfície do mar (m) para todo o ano de 2011.

II.5.1.3.2.6 - Condições Extremas

A região sul do Brasil é frequentemente influenciada pela passagem de sistemas frontais. A influência desses sistemas no oceano é expressa em alterações substanciais no regime de ondas, seja em função de efeitos locais ou de fenômenos sinóticos, tais como a chegada de grandes ondulações geradas, por exemplo, em altas latitudes.

As condições extremas de ondas observadas na região podem estar associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), passagem de Sistemas Frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

No regime de ondas, analisado com dados do ERA40, todos os meses do ano apresentaram média de altura significativa relativamente alta, aproximadamente 2 metros. De acordo com a **Tabela II.5.1.3.2.6-1**, os meses com os maiores valores médios e máximos são os de abril a julho, o último apresentando o maior valor máximo. Os meses mais amenos foram os de novembro a março.

Tabela II.5.1.3.2.6-1 - Valores médios e máximos mensais e máximos para altura significativa.

Mês	Hs	
	Média	Máxima
Janeiro	1.80	4,35
Fevereiro	1.85	4,98
Março	1.91	4,75
Abril	2.15	6,42
Maiο	2.14	5,54
Junho	2.25	6,17
Julho	2.19	6,51
Agosto	2.01	5,04
Setembro	2.27	4,99
Outubro	2.19	5,60
Novembro	2.04	4,84
Dezembro	1.86	4,26

Ondas com altura significativa maior do que 3 metros são associados principalmente à direção SW (**Tabela II.5.1.3.2.6-2**), típica de passagem de frentes frias.

Tabela II.5.1.3.2.6-2- Correlação entre altura significativa e direção média.

Direção ->	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Hswell (m)									
> 3,00	35	233	154	127	260	427	107	21	1364

No regime hidrodinâmico, o valor máximo de velocidade de correntes observados na região próxima ao BM-P-2, foi de 1,45 m/s, ocorrido no período de verão, como verificado pelos dados do HYCOM. Estas velocidades ocorrem associadas à direção SW, característica da influência da CB na região.

II.5.1.3.3 - Lançamento de Derivadores para Simulação de uma Mancha de Óleo

Considerações sobre o lançamento de derivadores para simular a trajetória de uma mancha de óleo no mar encontram-se no ANEXO I deste documento, apresentado no final dessa sessão.

Ressalta-se que o referido anexo é de autoria da Petrobras.

II.5.1.3.4 - Considerações Finais

A análise dos parâmetros Oceanográficos revelou uma marcada sazonalidade. No período de verão, de modo geral, as correntes aparecem com direção SW, mais intensas relativamente aos meses de inverno. Nesse mesmo período, as isohalinas e isotermas aparecem relativamente mais ao sul. No inverno as mesmas se encontram cerca de 2 graus ao norte, e a corrente do Brasil se enfraquece.

De forma análoga, as ondas se apresentam com maior contribuição do quadrante NE nos meses de primavera e verão e maior contribuição do quadrante S e SW nos meses de outono e inverno. Esse padrão observado possui íntima correlação com o padrão de deslocamento sazonal do ASAS e da confluência Brasil-Malvinas.

A análise dos dados de temperatura e salinidade da região da Bacia de Pelotas, mais especificamente próximo ao BM-P-2, mostrou a presença da AM, da AT, da ACAS, da AIA e da APAN.

Os dados de correntes mostram que a região é influenciada principalmente pela Corrente do Brasil, com velocidades médias de aproximadamente 0,40 m/s e direção preferencial de SW. No período de verão, a Corrente do Brasil é mais intensa apresentando valores médios de 0,5 m/s na região próxima ao BM-P-2, contra 0,3m/s no período de inverno. Também deve ser destacada a presença da Confluência Brasil-Malvinas, um pouco mais ao sul do Bloco, com correntes dirigidas para E, e a presença da CCB fluindo para N ao longo da plataforma continental no período de outono/inverno.

Tanto o regime de ondas quanto o de correntes são forçados pelo regime de ventos, dependendo principalmente da atuação de sistemas meteorológicos como o ASAS e a passagem de sistemas frontais. Entretanto, deve-se ressaltar que o regime de correntes depende de outros fatores, sendo o efeito do vento observado de forma mais direta na região sobre a plataforma continental.

As marés na região do BM-P-2 são mistas e predominantemente diurnas, com amplitudes médias de maré de sizígia da ordem de 0,15 m.