



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA,
QUÍMICA E GEOLÓGICA



PETROBRAS



**INTER-RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS BIÓTICAS E ABIÓTICAS E OS
POTENCIAIS CONFLITOS NA EXPLOTAÇÃO DE RECURSOS RENOVÁVEIS E
NÃO-RENOVÁVEIS DA BACIA DE PELOTAS.**

MARCELO PERES DE PINHO

Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari

Orientador

Prof. Dr. Lauro Saint Pastous Madureira

Co-Orientador

RIO GRANDE, RS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA,
QUÍMICA E GEOLÓGICA



PETROBRAS



**INTER-RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS BIÓTICAS E ABIÓTICAS E OS
POTENCIAIS CONFLITOS NA EXPLOTAÇÃO DE RECURSOS RENOVÁVEIS E
NÃO-RENOVÁVEIS DA BACIA DE PELOTAS.**

M.Sc. MARCELO PERES DE PINHO

Eng. de Computação

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de DOUTOR.

Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari

Orientador

Prof. Dr. Lauro Saint Pastous Madureira

Co-Orientador

RIO GRANDE, RS

2015

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de iniciar estes agradecimentos por aqueles que foram, sem dúvida, os maiores responsáveis por este momento. Meus amados pais, Jorge e Nilda, que nunca pouparam esforços na luta diária contra todas as dificuldades, para proporcionar aos filhos o melhor dentro do possível. Obrigado pela educação e pelos exemplos que, com certeza, fizeram de meus irmãos e de mim, pessoas melhores. Obrigado Pai e mãe, por nos proporcionarem o melhor que puderam nos oferecer, sempre!

Agradeço à minha querida e amada filha Camila. A minha maior fonte de motivação e inspiração para toda a vida. Obrigado por ser tão compreensiva com minhas ausências ao longo destes anos que estive envolvido com este trabalho, principalmente nestes momentos finais. Obrigado por existir, amor da vida! Te amo!

À minha amada Michele, companheira de todas as horas, dos bons e maus momentos. Minha maior incentivadora. Que me manteve na linha neste tempo. Este trabalho só chegou ao fim graças a ti. Obrigado por tudo. Te amo!

Ao amigo e co-orientador Lauro Saint Pastous Madureira pela orientação, pelo tempo e esforço despendidos, pelas conversas diárias que ajudaram este Eng. de Computação a enxergar e compreender um pouco mais o fascinante mundo da Oceanografia.

Agradeço ao meu orientador Lauro Júlio Calliari que, mais uma vez, aceitou a tarefa de me orientar, estando sempre disponível para as discussões que tanto acrescentaram à este trabalho.

Agradeço ao amigo e parceiro de laboratório e de embarques, Stefan Weigert, pelas conversas e pelas sugestões que tanto contribuíram para este trabalho e também pela disponibilidade de participar das minhas bancas de qualificação e de defesa.

Agradeço aos demais amigos do Laboratório de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica: Paloma, Neiva, Antônio Carlos, Ramiro, Juliano, Mauro e, os recém chegados, Andriel e Julie. Obrigado pessoal, pela ajuda, pelas conversas na pausa para o café, pelas discussões, pelos embarques e por todos os bons momentos que tivemos. Cada um a seu modo acrescentou algo a este trabalho.

Ao coordenador do PRH (Programa de Recursos Humanos) 27 da FURG, Professor Gilberto Griep, e a Pesquisadora Visitante, Professora Isabel Machado, que não pouparam esforços para oferecer as melhores condições para execução deste trabalho, não só em termos de recursos financeiros e logísticos, mas pelas sugestões, a atenção, e pelo esforço e incentivo dedicados durante este período.

Gostaria de agradecer também ao Instituto de Oceanografia da FURG, especialmente ao seu diretor, Professor José H. Muelbert, pela flexibilização das minhas obrigações como Técnico de Instrumentação Oceanográfica, recém empossado, deste Instituto. Sem esta compreensão e suporte, certamente este trabalho não haveria sido finalizado dentro do prazo.

Agradeço também ao Professor Eduardo Secchi, coordenador do Laboratório de Ecologia e Conservação da Megafauna Marinha – EcoMega, do IO-FURG, por gentilmente fornecer os dados hidroacústicos e ambientais dos Cruzeiros Talude que foram patrocinados pela Chevron Brasil *Upstream* Frade Ltda. e pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) que disponibilizou o combustível para os cruzeiros.

À Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. por fornecer os dados de esforço de pesca do Bonito Listrado com vara e isca viva e ao Laboratório de Oceanografia Geológica do IO-FURG por fornecer o mapa faciológico da Bacia de Pelotas.

Agradeço a todos os tripulantes que conheci no Navio de Pesquisa Atlântico Sul da FURG, ao longo de todos estes anos embarcando em diversos cruzeiros de pesquisa realizados nesta lenda flutuante da Oceanografia Brasileira. É um agradecimento muito especial ao nosso saudoso e eterno Comandante Homero Poujeaux Alvariza, com quem tive o privilégio de embarcar por tantas vezes, e que agora navega em mares mais tranquilos. Obrigado por sempre nos levar e trazer de volta em segurança Comandante, e obrigado também, por todo o conhecimento transmitido, ao seu modo, não só a mim, mas à todos que tiveram a oportunidade de conhecê-lo.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande por me proporcionar uma educação superior de excelência, bem como aos professores, funcionários e colegas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica ao longo de todos esses anos, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física Química e Geológica, seus professores e técnicos.

Aos Professores Dr. José Gustavo Natorf de Abreu, Dr. João Luiz Nicolodi, Dr. Paulo Henrique Rezende Calil e Dr. Stefan Cruz Weigert, que se disponibilizaram à participar da banca de avaliação deste trabalho.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer ao PRH27, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis (ANP) e à Petrobrás, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	II
SUMÁRIO	IV
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	XV
RESUMO	XIX
ABSTRACT	XX
1. INTRODUÇÃO	21
1.1. ANTECEDENTES	21
1.2. HIPÓTESE CIENTÍFICA	27
1.3. OBJETIVOS	28
1.3.1. <i>Objetivo geral</i>	28
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	28
1.4. ÁREA DE ESTUDO E SUAS CARACTERÍSTICAS GERAIS	28
1.4.1. <i>Geomorfologia</i>	29
1.4.2. <i>Hidrodinâmica</i>	29
1.4.3. <i>Importância econômica e estratégica</i>	30
2. METODOLOGIA.....	32
2.1. CRUZEIROS DE PROSPECÇÃO HIDROACÚSTICA.....	32
2.2. DADOS HIDROACÚSTICOS.....	34
2.2.1. <i>Batimetria</i>	34
2.2.2. <i>Retroespalhamento acústico de fundo</i>	37
2.2.3. <i>Densidade Biológica</i>	39
2.2.3.1. Cruzeiros REVIZEE.....	40
2.2.3.2. Cruzeiros Talude.....	41
2.2.3.3. Cruzeiros Anchoíta	41
2.3. MAPA SEDIMENTOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS	41
2.4. DADOS AMBIENTAIS	44
2.4.1. <i>Geração das seções verticais de temperatura e salinidade</i>	47
2.4.2. <i>Geração dos estratos horizontais de temperatura e salinidade</i>	48
2.5. ESFORÇO DE PESCA.....	48
2.6. VISUALIZAÇÃO 3D DOS DADOS INTEGRADOS.....	49
2.7. ÍNDICE DE CONFLITO POTENCIAL	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.1. REPRESENTAÇÃO 3D INTERATIVA DOS DADOS OCEANOGRÁFICOS.....	52
3.2. MAPA BATIMÉTRICO.....	55
3.2.1. <i>Feições de fundo identificadas</i>	56
3.2.2. <i>Retroespalhamento acústico de fundo</i>	58
3.3. MAPA FACIOLÓGICO E DE RECURSOS MINERAIS DA BACIA DE PELOTAS	63
3.4. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	76
3.4.1. <i>Cruzeiros REVIZEE</i>	77
3.4.1.1. Diagramas TS.....	77
3.4.1.2. Processos oceanográficos identificados.....	80
3.4.2. <i>Cruzeiros Talude</i>	88

3.4.2.1.	Diagramas TS.....	88
3.4.2.2.	Processos oceanográficos identificados.....	89
3.4.3.	<i>Cruzeiros Anchoíta</i>	108
3.4.3.1.	Diagramas TS.....	108
3.4.3.2.	Processos oceanográficos identificados.....	110
3.5.	DENSIDADE ACÚSTICA BIOLÓGICA.....	125
3.5.1.	<i>Cruzeiros REVIZEE</i>	125
3.5.2.	<i>Cruzeiros Talude</i>	131
3.5.3.	<i>Cruzeiros Anchoíta</i>	140
3.6.	ESFORÇO DE PESCA.....	151
3.7.	ÁREAS POTENCIAIS DE CONFLITO DE ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO NA BACIA DE PELOTAS.....	153
4.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados referentes aos cruzeiros de pesquisa oceanográfica realizados na área de estudo e utilizados neste trabalho.....	33
Tabela 2 – Classes de BSBS definidas por Figueiredo & Madureira (2004) e a respectiva classificação de cores utilizada nos mapas de retroespalhamento acústico de fundo.	38
Tabela 3 – Resumo das informações referentes aos dados ambientais utilizados e o processamento realizado. Na coluna Estratos é indicada a profundidade do primeiro estrato horizontal, o intervalo de profundidade entre cada estrato e a profundidade do último estrato.	45
Tabela 4 - Limites termohalinos utilizados na classificação das massas d'água (Möller et al., 2008 adaptado por Aseff, 2009).....	47
Tabela 5 – Pesos atribuídos a cada quadrante de acordo a situação da atividade presente no mesmo.	51
Tabela 6 – Quantificação das áreas com fundos consolidados e não consolidados identificados nos trabalhos de Dias et al (2004) e do LOG-FURG e os respectivos cruzamentos destas áreas com o mapa de BSBS.	66
Tabela 7 – Quantificação espacial dos setores com presença de fosforita e calcário na Bacia de Pelotas e a quantificação espacial das áreas de intersecção entre os fundos com estes recursos e os fundos com alto BSBS.	71
Tabela 8 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros REVIZEE.	78
Tabela 9 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros Talude.....	89
Tabela 10 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros Anchoita.....	110
Tabela 11 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC Total na Bacia de Pelotas, para os Cruzeiros REVIZEE.	126
Tabela 12 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC na Bacia de Pelotas, para os Cruzeiros Talude.	131
Tabela 13 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC Total, para os Cruzeiros Anchoita.	140
Tabela 14 – Áreas potencialmente conflitantes na Bacia de Pelotas devido ao desenvolvimento de diferentes atividades de exploração.....	154
Tabela 15 – Classes de potencial conflito de atividades definidas para a Bacia de Pelotas.	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bacia de Pelotas.	29
Figura 2 – Navio de Pesquisa Atlântico Sul. Fonte: Projeto Amazônia Azul.	32
Figura 3 – Cruzeiros de prospecção acústica realizados na área de estudo e utilizados neste trabalho.	32
Figura 4 – Medição batimétrica através da variação de altura da superfície do oceano (altimetria por satélite). Fonte: modificado de Sandwell, Gille & Smith (2002).	35
Figura 5 – Fluxograma de processamento dos dados e geração da malha batimétrica final.	37
Figura 6 – Diagrama triangular de Shepard modificado por Figueiredo & Madureira (2004).	38
Figura 7 – Fluxograma de processamento dos dados de BSBS.	39
Figura 8 – Carta sedimentológica elaborada por Dias et al. (2004).	42
Figura 9 – Carta sedimentológica da Plataforma Continental do RS. Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/FURG).	43
Figura 10 - Mapa de presença de recursos minerais do APCJB, disponibilizada pela CPRM.	43
Figura 11 – Estações de coleta de dados ambientais na Bacia de Pelotas, realizadas durante os cruzeiros de prospecção hidroacústica utilizados.	46
Figura 12 – Posições de pesca do Bonito Listrado com Vara e Isca Viva (pontos vermelhos), realizados pelas embarcações da Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Os diferentes tons de verde indicam a densidade de operações de pesca dentro de cada quadrante. Os quadrantes são regulares e possuem meio grau de lado (30' x 30').	49
Figura 13 – Quadrantes (30' x 30') definidos para avaliação do índice de conflito potencial para a Bacia de Pelotas.	50
Figura 14 – Sequência de navegação em uma das representações 3D, desde a visão geral (a) até a visão em detalhe (d). Os círculos pretos representam o NASC no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010, os diamantes vermelhos representam as posições de pesca de Bonito Listrado com Vara e Isca Viva, os polígonos representam os blocos de exploração de petróleo e gás em fase de prospecção (amarelo) e em vias de serem leiloados (azuis). As linhas perpendiculares à costa representam a derrota do navio no cruzeiro. Sob tais linhas observa-se seções verticais de temperatura nas quais as cores frias indicam as menores temperaturas e as cores quentes as maiores.	54
Figura 15 - Visão geral do mapa batimétrico 3D base.	55
Figura 16 - Vales do Rio Grande e Cone do Rio Grande.	57
Figura 17 - Terraço do Rio Grande e terraço ao largo de Florianópolis.	57
Figura 18 – Dados hidroacústicos na Bacia de Pelotas, classificados segundo a escala de cores proposta por Figueiredo & Madureira (2004).	58

Figura 19 - Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa interpolado de BSBS sobreposto ao mapa batimétrico 3D da Bacia de Pelotas.	59
Figura 20 – Mapa de BSBS gerado por Figueiredo e Madureira (2004) (A); Mapa de BSBS gerado neste trabalho (B); Mapa de BSBS gerado por Costa et al. (2013) (C). Em destaque as áreas com maiores valores de BSBS e a correspondência entre os trabalhos.	62
Figura 21– Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa faciológico da Bacia de Pelotas, gerado por Dias et al. (2004), sobreposto a superfície batimétrica 3D.	63
Figura 22 – Carta faciológica fornecida pelo LOG – IO/FURG (A); Mapa de BSBS gerado neste trabalho (B); Carta faciológica gerada por Dias et al. (2004) (C). Em destaque a correspondência de áreas com alto BSBS em regiões com fundo considerado duro.	64
Figura 23 – Áreas de intersecção entre os altos valores de BSBS (> -15 dB) e os fundos duros (areia grossa, cascalho, cascalho lamoso, conchas, algas calcárias e recifes) identificados na carta faciológica de Dias et al (2004).	67
Figura 24 – Áreas de intersecção entre os baixos valores de BSBS (< -16 dB) e os fundos não consolidados ou moles (areia fina, areia média, areia lamosa e lama) identificados na carta faciológica de Dias et al (2004).	67
Figura 25 – Área de intersecção entre os altos valores de BSBS (> -15 dB) e os fundos duros (cascalho, cascalho arenoso, cascalho arenoso lamoso, cascalho lamoso e areia cascalhosa) identificados na carta faciológica do LOG.	68
Figura 26 – Área de intersecção entre os baixos valores de BSBS (< -16 dB) e os fundos não consolidados (lama, lama arenosa e areia lamosa) identificados na carta faciológica do LOG.	69
Figura 27 – Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa de recursos minerais da Bacia de Pelotas fornecido pela CPRM. As diferentes cores sobre o fundo representam diferentes minerais de interesse, de acordo com a legenda apresentada. Em amarelo os blocos adquiridos pela Petrobras na 6ª rodada de licitações da ANP, realizada em 2004, destaque (em laranja) para os poços denominados Pampeano e Guarani que deverão ser perfurados em 2015 (PETROBRAS, 2013). Em azul claro os 51 novos blocos que foram leiloados na 13ª rodada de licitações da ANP (ANP, 2015).	70
Figura 28 – Mapa de BSBS gerado neste trabalho (A); Mapa de presença de recursos minerais do APCJB, disponibilizada pela CPRM (B). Em destaque as principais áreas de correspondências entre fundos com alto BSBS em regiões com presença de recursos minerais de interesse como calcário e fosforita.	72
Figura 29 – Áreas de intersecção entre os fundos com presença de calcário (em marrom) e fosforita (em laranja) e os fundos com presença de altos valores de BSBS (> -15 dB) na Bacia de Pelotas. ..	73
Figura 30 – À esquerda, detalhe da região ao largo do Cabo de Santa Marta, com mapa de BSBS (A) e de presença de recursos minerais (B) e destaque para o transecto (seta preta) realizado sobre o Terraço do Rio Grande em área de possível presença de fosforita. A direção da seta indica o sentido	

de navegação da embarcação. À direita, o perfil batimétrico e de BSBS reconstruído a partir dos dados acústicos do transecto (C). A escala de cores obedece ao padrão dos mapas interpolados e os trechos I e II do perfil são apresentados em detalhes.	75
Figura 31 – Exemplo de seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) geradas a partir dos dados de quatro estações oceanográficas realizadas com CTD em um dos transectos do Cruzeiro Talude 3 e posteriormente inseridos na representação 3D.	76
Figura 32 – Exemplo de representação 3D integrando o mapa batimétrico, as seções verticais de temperatura e um dos estratos de temperatura (- 300 m) gerados para o Cruzeiro Talude 3.	77
Figura 33 – Diagramas TS dos Cruzeiros REVIZEE 1 (a), REVIZEE 2 (b) e REVIZEE 3 (c). As massas de água presentes na região foram: Pluma do Rio da Prata (PRP), Água Subantártica de Plataforma (ASAP), Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Tropical (AT) e Água Intermediária Antártica (AIA). As linhas tracejadas representam a densidade (Kg.m^{-3}). ..	78
Figura 34 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) e da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) na região da Plataforma Continental média e externa ao sul de Rio Grande, durante o Cruzeiro REVIZEE 1, realizado no inverno de 1996.	80
Figura 35 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 20 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) e da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) na Plataforma Continental média e externa ao sul de Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 1.	81
Figura 36 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b), em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) ao sul do Cone do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 1, realizado no inverno de 1996.	82
Figura 37 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de uma camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro REVIZEE 2, realizado no outono de 1997.	83
Figura 38 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 150 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 2.	84
Figura 39 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 2.	85
Figura 40 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro REVIZEE 3, realizado no verão de 1997.	86

Figura 41 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 20$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região sobre e ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 3.	87
Figura 42 – Diagramas TS dos Cruzeiros Talude 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d), 5 (e) e 6 (f). As massas de água presentes na região são indicadas: PRP, ASAP, ASTP, ACAS, AT e AIA. As linhas tracejadas representam a densidade (Kg.m^{-3}).....	88
Figura 43 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 1, realizado na primavera de 2009.....	90
Figura 44 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 50 m de profundidade da coluna de água, ilustrando a presença de ASAP até as camadas inferiores no extremo sul da área de estudo, durante o Cruzeiro Talude 1.....	91
Figura 45 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 150 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro Talude 1.	92
Figura 46 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade do Cruzeiro Talude 2 e também a presença da camada superficial (até 10 m) formada por águas costeiras sobre a Plataforma Continental externa e talude.	93
Figura 47 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental externa e talude desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 2 realizado no Outono de 2010.	94
Figura 48 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 390 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande e sobre o Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro Talude 2.	95
Figura 49 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade do Cruzeiro Talude 3 e também a presença da camada superficial (até 10 m) formada por águas costeiras sobre a Plataforma Continental externa e talude no Cruzeiro Talude 3, realizado na Primavera de 2010.	96
Figura 50 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental externa e talude desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 3. .	97
Figura 51 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 170 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental	

externa na região ao sul do Cone do Rio Grande e ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 3.....	98
Figura 52 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 3.....	99
Figura 53 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade e o domínio da AT ($S \geq 36$; $T \geq 18.5$) e ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) no Cruzeiro Talude 4, realizado no Outono de 2011.	100
Figura 54 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Bacia de Pelotas, durante o Cruzeiro Talude 4.....	101
Figura 55 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa ao sul do Cone do Rio Grande e ao sul e ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 4.....	102
Figura 56 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a pouca presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 11$) e a presença da ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Bacia de Pelotas durante o Cruzeiro Talude 5.....	103
Figura 57 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a presença da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 17$) entre 50 e 100 m de profundidade no transecto realizado no extremo sul da área de estudo durante o Cruzeiro Talude 5.....	104
Figura 58 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 180 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 5.	105
Figura 59 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade e o domínio da AT ($S \geq 36$; $T \geq 18.5$) e ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) no Cruzeiro Talude 6, realizado no Outono de 2013.	106
Figura 60 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando o predomínio de ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Bacia de Pelotas durante o Cruzeiro Talude 6.....	107
Figura 61 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa na região sobre o terraço ao largo de Florianópolis, ao norte do Cone do Rio Grande e no extremo sul da área de estudo, durante o Cruzeiro Talude 6.....	108

Figura 62 – Diagramas TS dos Cruzeiros Anchoita 1 (a) e 2 (b) de 2005; Anchoita 1 (c), 2 (d), 3 (e) e 4 (f) de 2010 e Anchoita 6 (g) de 2012. As massas de água presentes na região são indicadas: PRP, ASAP, ASTP, ACAS e AT. As linhas tracejadas representam a densidade (Kg.m^{-3}).	109
Figura 63 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2005.	111
Figura 64 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 20 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2005.	112
Figura 65 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2005.	113
Figura 66 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 20 e 40 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2005.	114
Figura 67 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2010.	115
Figura 68 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2010.	116
Figura 69 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a maior presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010.	117
Figura 70 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010.	118
Figura 71 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 3, realizado no inverno de 2010.	119
Figura 72 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 3, realizado no inverno de 2010.	120
Figura 73 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada	

superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 4, realizado no inverno de 2010.....	121
Figura 74 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 4, realizado no inverno de 2010.	122
Figura 75 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 6, realizado no inverno de 2012.	123
Figura 76 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 6, realizado no inverno de 2012.	124
Figura 77 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 1 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 20 m de profundidade da coluna de água.	128
Figura 78 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 2 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 150 m de profundidade da coluna de água.	129
Figura 79 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 3 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.	130
Figura 80 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 1 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.	134
Figura 81 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 2 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade na coluna de água.	135
Figura 82 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 3 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.	136
Figura 83 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 4 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.	137
Figura 84 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 5 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.	138
Figura 85 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 6 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.	139
Figura 86 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 5, realizado em 2010.....	141
Figura 87 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 1 de 2005 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m de profundidade da coluna de água.	144

Figura 88 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 2 de 2005 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m de profundidade da coluna de água.	145
Figura 89 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 1 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.	146
Figura 90 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 2 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.	147
Figura 91 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 3 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.	148
Figura 92 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 4 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.	149
Figura 93 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 6 de 2012 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.	150
Figura 94 – Posições de pesca do Bonito Listrado com vara e isca viva realizadas nas temporadas 2013/2014 e 2014/2015, fornecidas pela empresa Leal Santos.....	152
Figura 95 – Posições de pesca do Bonito Listrado com vara e isca viva plotadas sobre a representação 3D da Bacia de Pelotas, ilustrando a notável distribuição desta pescaria ao longo do Talude Continental e também a concentração de operações de pesca ao sul do Cone do Rio Grande.	152
Figura 96 – Densidade de operações de pesca de Bonito Listrado com vara e isca viva, por quadrante (30' x 30')......	153
Figura 97 – Visão geral da Bacia de Pelotas com destaque para as cinco áreas com desenvolvimento de atividades (já consolidadas ou futuras) potencialmente conflitantes. Os diamantes vermelhos representam as posições de pesca de Bonito Listrado com Vara e Isca Viva, os polígonos representam os blocos de exploração de petróleo e gás em fase de prospecção (amarelos) e em vias de serem leiloados (azuis) e as diferentes cores sobre o fundo (legenda) representam diferentes recursos minerais de interesse.	155
Figura 98 – Visão geral da Bacia de Pelotas subdivida em 116 quadrantes para avaliação dos conflitos de atividades. Os quadrantes em vermelho representam as áreas com presença potencial das três atividades avaliadas. Os quadrantes em laranja representam as áreas com presença potencial de duas das atividades avaliadas. Os quadrantes em amarelo representam as áreas com presença potencial de uma das atividades avaliadas. Os quadrantes sem cores não apresentaram nenhuma das atividades avaliadas.	156
Figura 99 – Potencial de conflito de atividades na Bacia de Pelotas por quadrante de avaliação.	157
Figura 100 – Blocos de exploração de P&G, Brasileiros e Uruguaios.....	159

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
3D	Tridimensional

A

AAF	Água Antártica de Fundo
AC	Água Costeira
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
AIA	Água Intermediária Antártica
ANCAP	<i>Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland</i>
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
AP	Águas Profundas
APAN	Água Profunda do Atlântico Norte
APCJB	Atlas da Plataforma Continental Jurídica Brasileira
AR	Águas Rasas
ASAP	Água Sub-Antártica de Plataforma
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ASTP	Água Sub-Tropical de Plataforma
AT	Água Tropical
AUP	Águas Ultra Profundas

B

BM-P	Bloco Marítimo - Pelotas
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
BP	Bacia de Pelotas
BSBS	<i>Bottom Surface Backscattering Strength</i>

C

CB	Corrente do Brasil
CCB	Corrente Costeira do Brasil
CEMBRA	Centro de Excelência para o Mar Brasileiro
CEPERG	Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros Estuarinos e Lagunares

CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CM	Corrente das Malvinas
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)
CS	<i>Continental Shelf</i>
CTD	<i>Conductivity, Temperature and Depth</i>

D

dB	Decibel
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação

E

ELPN	Escritório de Licenciamento das Atividades de Petróleo e Nuclear
ESDU	<i>Elementar Sampling Distance Unit</i>

F

FSTP	Frente Sub Tropical de Plataforma
FURG	Universidade Federal do Rio Grande

G

GIS	<i>Geographic Information System</i>
GMT	<i>Generic Mapping Tools</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GTOPO30	<i>30-arc second Global Topology</i>
GT-UCAM	Grupo de Trabalho Uso Compartilhado do Ambiente Marinho

I

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis.
IFREMER	<i>Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer</i>
IO	Instituto de Oceanografia
IVS	<i>Interactive Visualization Systems Inc</i>

K

kg.m ⁻³	Quilograma por metro cúbico
kHz	Kilohertz
km	Quilometro

L

log	Logaritmo
-----	-----------

LOG Laboratório de Oceanografia Geológica
Ltda Limitada

M

m Metro
m².mn⁻² metro quadrado por milha náutica quadrada
mn Milha náutica
mn² Milha náutica quadrada.
MPA Ministério da Pesca e Aquicultura

N

N. Pq. Navio de Pesquisa
NASC *Nautical Area Scattering Coefficient*
NE Nordeste
Nº Número

O

O&G *Oil and Gas*

P

P&G Petróleo e Gás
P₂O₅ Fosforita
PB *Pelotas Basin*
PC Plataforma Continental
PCSB Plataforma Continental Sul Brasileira
Petrobras Petróleo Brasileiro S.A
PNAP Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas
PR Paraná
PREPS Programa de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite
PRH Programa de Recursos Humanos
Prof. Profundidade
PRP Pluma do Rio da Prata

R

REMLAC Recursos Minerais da Plataforma Continental
REVIZEE Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva

RJ	Rio de Janeiro
RS	Rio Grande do Sul
S	
S	Salinidade
SC	Santa Catarina
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SP	São Paulo
SECIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
T	
T	Temperatura
TS	Temperatura e Salinidade
TSM	Temperatura Superficial do Mar
TVG	<i>Time Varied Gain</i>
U	
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
Z	
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

RESUMO

A porção marítima brasileira da Bacia de Pelotas (BP) ocupa uma área de 250.000 km², limitada ao norte pelo alto de Florianópolis no limite com a Bacia de Santos e, ao sul pela fronteira com o Uruguai. É uma área de grande importância econômica e estratégica, pois apresenta alto potencial à presença de recursos minerais subsuperficiais, como petróleo, gás natural (P&G) e hidrato de gás, e também depósitos superficiais, como calcário e fosforita, além da presença de recursos renováveis, com importantes segmentos da pesca comercial. Neste trabalho buscou-se identificar áreas de co-ocorrência de atividades devido à potencial utilização futura concomitante de recursos minerais, energéticos e pesqueiros na BP. Para tanto, foram estudadas as inter-relações entre as variáveis bióticas (densidade acústica biológica e esforço de pesca) e ambientais (distribuição termohalina e a geodiversidade) da região, integradas em um SIG (Sistema de Informações Geográficas) 3D. Dados hidroacústicos e termohalinos oriundos de 23 cruzeiros de pesquisa realizados entre 1995 e 2013 foram utilizados, além de dados de esforço de pesca cedidos pela Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. Os dados batimétricos e de retroespalhamento acústico de fundo (BSBS) foram obtidos por uma ecossonda científica SIMRAD EK500, calibrada, operando na frequência de 38 kHz, totalizando 5.249.191 leituras acústicas em 18.405 milhas náuticas navegadas na BP. O mapa batimétrico 3D, gerado a partir da integração dos dados acústicos à altimetria por satélite, possibilitou a identificação das principais feições de fundo da BP: Vales do Rio Grande, Cone do Rio Grande, Terraço do Rio Grande e o terraço ao largo de Florianópolis. O mapa de BSBS gerado permitiu a identificação de diferentes tipos de fundo, a partir das suas respostas acústicas. Este mapa foi comparado à cartas faciológicas da BP, permitindo a identificação de áreas com altos valores de BSBS sobre fundos considerados duros, como cascalho, cascalho arenoso, cascalho lamoso e conchas e, baixos valores, sobre fundos não consolidados, como lama e lama arenosa. O mapa de BSBS foi comparado a mapas de presença de recursos minerais de importância econômica e estratégica, como calcário e fosforita, observando-se considerável correspondência entre a presença dos mesmos e os altos BSBS. Dados de densidade acústica biológica e de esforço de pesca, além de 552 seções verticais e 1.496 estratos horizontais de temperatura e salinidade foram integrados ao SIG3D. Estes dados possibilitaram a análise das relações entre as altas densidades acústicas e processos de enriquecimento local identificados, como a ocupação da região oceânica por águas costeiras e a ascensão de águas profundas sobre o talude superior e a Plataforma Continental (PC) externa. Por fim, o cruzamento das informações disponíveis, permitiu a identificação de áreas potencialmente conflituosas a partir da criação de um índice de conflito potencial que considerou a sobreposição espacial e temporal, presente e futura, das atividades de exploração de P&G, mineração e pesca na BP. As áreas identificadas distribuem-se ao longo da PC externa e talude superior da região ao largo do Chuí-RS; do Cone do Rio Grande; ao largo de Mostardas-RS; no Terraço do Rio Grande e no terraço ao largo de Florianópolis-SC. Além do suporte à identificação de possíveis áreas de concorrência de atividades na BP, este trabalho poderá auxiliar no subsídio de informações para diagnósticos ambientais, licenciamentos, monitoramento e avaliação de recursos, além de melhorar a compreensão do ambiente marinho da BP. Também poderá ser utilizado por órgãos ambientais como ferramenta de gerenciamento oceânico, auxiliando na definição e reavaliação de diretrizes que devam ser cumpridas por empresas de exploração.

Palavras chave: Bacia de Pelotas, Índice de Conflito Potencial, Geoprocessamento, Geodiversidade, Petróleo e gás, SIG, Visualização 3D.

ABSTRACT

The Brazilian sector of the Pelotas Basin (PB) covers an area of 250,000 km², limited northwards by the Florianópolis High (limit with the Santos Basin) and southwards by the boundary with Uruguay. The PB is an area of great economic and strategic relevance, as it has great potential to the presence of sub-surface mineral resources, such as oil and natural gas (O&G) and gas hydrate, as well as superficial deposits, such as calcareous and phosphorite, in addition it has great importance to the commercial fishing. In this work we aimed to identify areas of co-occurring activities generated by the potential future use of mineral, energy and fishing resources in the BP. This search was developed by the study of the relationships between biotic variables, such as biological acoustical density and fishing effort and environmental variables, like thermohaline distribution and geodiversity of the region, all data were integrated into a GIS (Geographical Information System) 3D. Along this work we analyzed hydroacoustical and thermohaline data from 23 research surveys, realized between 1995 and 2012. Bathymetric and Bottom Surface Backscattering Strength data (BSBS) data were collected with a calibrated scientific echosounder SIMRAD EK500, operating at the frequency of 38 kHz, totaling 5,249,191 acoustic readings in 18,405 nautical miles. The 3D bathymetric map generated from the use of acoustic and satellite altimetry data, allowed the identification of the main features of the region: the Rio Grande Valleys, the Rio Grande Cone, the Rio Grande Terrace and the terrace off Florianópolis. The BSBS maps allowed the identification of different bottom types according to different acoustic backscattering levels. These maps were compared with faciological charts of the PB, where it could be identified sectors with high BSBS values in areas with hard bottoms, such as gravel, sandy gravel, silty gravel and shells fragments, and low BSBS values, over unconsolidated bottoms, such as mud and sandy mud. The BSBS maps were also compared to previously reported presence of economical and strategical mineral resources, such as calcareous and phosphorite, with considerable correspondence between areas with these resources and high BSBS areas. Biological acoustical density and fishing effort data were integrated into the SIG3D, in addition to 552 vertical sections and 1496 temperature and salinity horizontal strata. These data allowed the analysis of relationships between high acoustical densities and local enrichment processes identified as occupation of oceanic region by coastal waters and the ascension of deep waters upon the upper slope and outer Continental Shelf (CS). Finally, the interpretation of all processed information allowed the identification of potentially conflicting areas through the generation of a potential conflict index, which considered the spatial and temporal overlaps in the exploitation, in the present and in the future, of O&G, mining and fishing in the PB. These areas are distributed along the outer CS and upper slope of the region off Chui-RS; over the Rio Grande Cone; off Mostardas-RS; over the Rio Grande Terrace and over the terrace off Florianópolis-SC. This work is available as a support to the identification of areas of co-occurrence of activities in PB and it is expected that it can contribute as a subsidy for environmental diagnostics and licensing, to the monitoring and evaluation of resources and as a contribution to improve the knowledge of the PB marine environment. We expect that it can also be used by environmental agencies as a contribution within oceanic management tools, in order to assist the definition and review of directives that must be satisfied before mineral exploitation starts.

Keywords: Pelotas Basin, Potential Conflict Index, Geoprocessing, Geodiversity, Oil and gas, GIS, 3D Visualization.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Antecedentes

A demanda crescente pelo uso do espaço oceânico para extração de recursos renováveis e não renováveis tem gerado, cada vez mais, áreas de sobreposição de atividades de diferentes naturezas, tais como a extração de petróleo e gás, a mineração de recursos minerais superficiais, navegação e a pesca (CICIN-SAIN & KNECHT, 1998; DOUVRE & EHLER, 2009; DE GROOT et al., 2014).

Alguns estudos têm sido realizados na tentativa de avaliar, e até mesmo minimizar, os conflitos decorrentes da sobreposição de atividades de diferentes naturezas no ambiente costeiro e oceânico.

Grant (1978) descreveu os conflitos entre as indústrias petrolífera e pesqueira no Mar do Norte. Embora relativamente antigo o trabalho reflete muito do que acontece atualmente. O autor salienta que as atividades destas indústrias são essencialmente incompatíveis e identificou quatro principais fatores associados às operações *offshore* da indústria petrolífera que representam limitação às atividades pesqueiras: fechamento ou limitação da navegação e operações de pesca no entorno de estruturas *offshore*; perigo à navegação devido à presença em si destas estruturas; danos a equipamentos de pesca e às embarcações devido a detritos provenientes de operações *offshore* e, finalmente, os efeitos da poluição sobre os estoques pesqueiros e suas fontes de alimento.

Lahey & Leschine (1983) avaliaram os riscos ambientais e humanos envolvidos no desenvolvimento da indústria petrolífera *offshore*, desde a fase de exploração até a produção. Segundo os autores, a atividade pesqueira em particular pode ser bastante afetada principalmente nas fases de exploração, quando costumam ser realizados cruzeiros de prospecção sísmica para avaliação dos reservatórios. Além disso, a perturbação da vida marinha, incluindo os estoques pesqueiros e a perda de equipamentos de pesca, são exemplos de impactos potenciais dessa atividade gerados, principalmente, pelo tráfego de grandes embarcações sísmicas, o efeito direto das ondas sonoras geradas pelos *airguns* e dos grandes cabos com hidrofones que são rebocados durante a atividade sísmica.

Cicin-Sain & Tiddens (1989) analisaram os impactos da indústria petrolífera na pesca industrial na Califórnia. Segundo os autores estes impactos não limitaram-se a deslocamentos das áreas de pesca, perda de equipamentos, dispersão e degradação de recursos, mas geraram uma cadeia de efeitos que afetou pescadores de outras regiões e também processadores de pescado e o mercado como um todo. Na mesma época, Hildreth (1989) analisou os conflitos de uso dos recursos marinhos não renováveis (hidrocarbonetos e minerais) e renováveis da costa oeste dos Estados Unidos a partir de uma perspectiva legal, e propôs técnicas para evitar ou reduzir estes conflitos. Entre elas o planejamento do uso

múltiplo do ambiente oceânico para identificar os conflitos potenciais; separação dos direitos de exploração e de desenvolvimento para remover impedimentos legais à prevenção destes conflitos; programação de atividades, corredores e zonas de amortecimento; coordenação de processos de planejamento e licenciamento federais e estaduais; e proporcionar uma compensação para os conflitos inevitáveis.

Cicin-Sain & Knecht (1998) descreveram diversos tipos de conflitos associados ao uso comum do oceano. Segundo os autores as atividades da indústria petrolífera *offshore* exercem diversos efeitos sobre os outros usos das zonas costeiras e oceânicas, como a pesca, turismo, recreação, aquicultura, transporte marinho e mineração.

Coull, Johnstone & Rogers (1998) avaliaram as potenciais interações entre a pesca e as indústrias de petróleo e gás no Reino Unido. Os autores salientaram os efeitos da prospecção sísmica sobre as áreas de desova. Devido à sua baixa mobilidade, ovos e larvas de peixes estão sujeitos ao pulso de pressão dos *airguns*, sendo inevitavelmente danificados durante estas operações.

A redução nas capturas da pesca e os efeitos indiretos das ondas sísmicas sobre a distribuição espacial de recursos pesqueiros foram reportados por Mc Cauley et al. (2000) e Thomson, Lawson & Muecke (2000). Na mesma época Coffen-Smout & Herbert (2000) analisaram os conflitos espaciais gerados pela passagem de cabos submarinos com outros usuários do espaço oceânico, em particular a indústria pesqueira. Os autores examinaram questões relacionadas a compensações por perda de material, responsabilidades penais por danos aos cabos, regulamentação e licenciamento e destacaram a necessidade do desenvolvimento de políticas de planejamento e manejo do ambiente oceânico.

Fayram & De Risi (2007) discutiram a potencial compatibilidade da atividade pesqueira comercial e recreativa em área de geração de energia a partir de aerogeradores. Os autores avaliaram uma usina de geração de energia eólica no Mar Adriático e o seu potencial de afetar a gestão da pesca do atum *Bluefin* (*Thunnus thynnus*) e concluíram que, dependendo do efeito da sobrepesca sobre a população de peixes circundante as usinas, a exclusão da pesca no entorno dos aerogeradores pode ser benéfica para a recuperação dos estoques, no entanto a eficácia da exclusão das áreas de pesca depende do estudo das variáveis associadas ao ambiente e as espécies presentes na área da instalação

Douvere et al. (2007), Douvere (2008), Maes (2008) e Douvere & Ehler (2009) destacam em seus trabalhos a importância do planejamento espacial marinho, em especial em áreas onde há claro conflito entre diferentes atividades e também com o próprio ambiente. Douvere (2008) cita como exemplo de área conflituosa o Mar do Norte. Este autor e também Maes (2008), destacam que a sobreposição espacial e temporal das atividades humanas e seus objetivos, causam conflitos não só entre estas atividades (conflito usuário-usuário), mas entre elas e o próprio ambiente costeiro e marinho (conflito usuário - ambiente).

Em trabalhos recentes Alexander, Potts & Wilding (2013) e De Groot et al. (2014) avaliaram os impactos, as oportunidades e os desafios de coexistência gerados pelo incremento da demanda do espaço marinho para o desenvolvimento de projetos de energia renovável e de conservação marinha sobre o setor da pesca no Reino Unido. Em WOR3 (2014), são descritos conflitos entre a atividade de mineração de recursos minerais superficiais como areia, cascalho e fosforita e a pesca em diferentes locais do mundo, como na Grã-Bretanha, Namíbia, África do Sul e Nova Zelândia.

No Brasil, de modo geral, os trabalhos desenvolvidos sobre o tema tratam dos efeitos ambientais das atividades petrolíferas, em especial nas fases de prospecção sísmica. Douvère (2008), refere-se a esse tipo de conflito como usuário-ambiente.

Quanto aos conflitos usuário-usuário, também referidos por Douvère (2008), os trabalhos desenvolvidos no Brasil são dirigidos, em geral, a conflitos entre a indústria petrolífera e a pesca artesanal em águas costeiras ou pouco profundas. Em um destes trabalhos, Villardo (2007) realizou uma pesquisa bibliográfica detalhada sobre os impactos da atividade de aquisição sísmica sobre os peixes e a atividade pesqueira. O autor analisou a evolução da avaliação ambiental em pesquisas sísmicas marítimas no Brasil, realizadas no âmbito do processo de licenciamento de atividades. No que tange ao impacto da pesquisa sísmica nas atividades pesqueiras, o autor destaca, principalmente, duas dimensões: 1) A redução das capturas devido ao afugentamento de cardumes, sendo esta pouco conhecida em magnitude e extensão; e 2) A restrição de acesso aos pesqueiros tradicionais, sendo esta líquida e certa, mas mais manifesta em águas rasas, afetando mais diretamente pescadores artesanais.

Em relação às atividades de prospecção sísmica marítima em particular, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), na figura do seu Escritório de Licenciamento das Atividades de Petróleo e Nuclear (ELPN), publicou a Informação ELPN/IBAMA Nº012 (IBAMA, 2003) na qual avaliou os efeitos ambientais da prospecção sísmica marinha a partir de uma revisão bibliográfica sobre os impactos já conhecidos. O IBAMA incluiu no estudo uma análise das interferências entre as operações sísmicas e a atividade pesqueira, identificando como principais impactos da atividade sísmica marinha a restrição de acesso às áreas de pesca, danos a apetrechos de pesca e, principalmente, a redução de captura de pescado devido a impactos na dinâmica populacional dos recursos pesqueiros, como evasão do pescado das áreas de pesca e a mudanças comportamentais que diminuem sua suscetibilidade à captura.

A Bacia de Campos é a principal área sedimentar explorada pela indústria de P&G na costa brasileira e, assim, apresenta também, o maior potencial à existência de conflitos de atividade, especialmente com a pesca. A presença maciça de plataformas, dutos, equipamentos e embarcações representa riscos a navegação e as atividades pesqueiras.

Herculano (2012) descreve em seu trabalho a relação conflituosa entre a pesca artesanal no litoral fluminense, particularmente na região de Macaé-RJ e na Baía de Guanabara.

Outras bacias brasileiras como a do Espírito Santo apresentam problemática semelhante, relacionada à questão do conflito de atividades. Shignorelli (2013) utilizou Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para identificar e mapear áreas de potenciais conflitos entre diferentes atores sociais, o uso de recursos pesqueiros e a infraestrutura ligada a indústria de Petróleo e Gás na Bacia do Espírito Santo. Segundo a autora estes conflitos acontecem das fases de exploração até a produção.

A Bacia de Pelotas, área foco deste trabalho, por sua vez, historicamente tem como principal atividade comercial industrial a pesca. Os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina estão inseridos na Bacia de Pelotas e, segundo o último Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura fornecido pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) em 2011, no ano de 2010, o RS contribuiu com 28.455,9 t do total da produção de pescado proveniente da pesca extrativista marinha no Brasil. No mesmo período, SC foi responsável por 124.977,0 t de pescado. No ano de 2011 o RS contribuiu com 34.385,0 t e SC com 121.960,0 t. O somatório das produções pesqueiras marinhas extrativistas destes dois estados representou, oficialmente, 28,6% e 28,2% do total da produção marinha extrativista no Brasil nos anos de 2010 e 2011, respectivamente (MPA, 2011).

A atividade pesqueira na região se dá em diversas modalidades. Em águas costeiras é desenvolvida nas modalidades: arrasto (simples, duplo, de portas e de tangones), cerco, emalhe costeiro e potes para captura de polvos; e oceânicas nas modalidades: espinhel (de fundo e de superfície), vara com isca-viva e emalhe oceânico de fundo. A área de atuação destas frotas abrange a Plataforma Continental, principalmente a região interna e central, e também a Plataforma continental externa, quebra da plataforma e talude continental (HAIMOVICI et al., 2006; IBAMA/CEPERG, 2011 e MPA, 2011). As características ambientais do extremo sul do Brasil, como a influência alternada de águas subantárticas frias e de águas tropicais quentes sobre a plataforma, e os ciclos de vida das espécies exploradas, criam variações sazonais e interanuais bem definidas que influenciam na abundância e captura dos recursos pesqueiros (CASTELLO et al., 1997; HAIMOVICI, CASTELLO & VOOREN, 1998).

Dentre as pescarias mais importantes realizadas na região da plataforma externa e talude, região caracterizada pela grande produtividade biológica (MADUREIRA et al., 2005), destaca-se a do Bonito Listrado (*Katsuwonus pelamis*) que representa um dos mais importantes recursos pesqueiros pelágicos, com capturas anuais da ordem de 30.500 t (captura no ano de 2011) (MPA, 2011).

Atualmente, com exceção do intenso tráfego de embarcações mercantes devido a presença de importantes portos na região, como o de Montevideo (Uruguai), Rio Grande-RS e Itajaí-SC, existe pouca ou nenhuma sobreposição significativa com a atividade pesqueira

que gere conflito. No entanto, este cenário deve mudar com a recente perspectiva de início da atividade petrolífera na região, já que há a previsão de perfuração de poços exploratórios sobre o Cone do Rio Grande (PETROBRAS, 2013), e a licitação de 51 novos blocos de exploração no extremo sul da região, na fronteira com o Uruguai (ANP, 2015).

Áreas tradicionalmente dominadas pela atividade pesqueira industrial tenderão a ser tomadas pela indústria petrolífera, que traz consigo uma série de limitações à atividade pesqueira devido às restrições de navegação e trabalho próximo à plataformas de extração, dutos, equipamentos fundeados e mesmo devido ao tráfego intenso de embarcações de suporte (*supply boats*). Como foi visto em trabalhos anteriores, tal situação é complexa e ocorre hoje, principalmente, nas Bacias de Santos e Campos com as áreas de exclusão à pesca. Outro aspecto importante é o efeito atrator das plataformas na distribuição dos grandes pelágicos, que tem sido objeto de conflito, uma vez que a biomassa sob as plataformas, principalmente de atuns, não está legalmente disponível à pesca. Além disso, há ainda, outro fator pouco estudado, mas bastante impactante, que é o efeito do ruído acústico derivado das atividades humanas no ambiente marinho sobre a fauna (BOYD et al., 2011).

Além da interação entre as indústrias pesqueira e petrolífera na região, há ainda uma terceira atividade, que embora represente uma realidade prática a médio e longo prazos, uma vez instalada, seria potencialmente conflitante com estas duas: a mineração. Até o presente momento, toda a extensão dos fundos marinhos sob jurisdição brasileira permanece praticamente desconhecida quanto à potencialidade de seus recursos minerais que, pelo pouco que se sabe, pode ser enorme, com reais possibilidades de contribuição para o desenvolvimento do país (SOUZA, PEREIRA & NETO, 2007; CEMBRA, 2012). No entanto, os trabalhos de Klein et al. (1992), Martins, Barboza & Caruso Jr. (2003), Silva & Mello (2005) e outros mais recentes como CPRM (2008), Pinho et al. (2011), Costa, Madureira & Pinho (2013) e Abreu et al. (2014), indicaram, direta ou indiretamente, a presença de um importante recurso mineral na região da Bacia de Pelotas: a Fosforita. Mais detalhes sobre estes trabalhos serão apresentados mais adiante, neste capítulo.

Devido a sua importância como fertilizante a fosforita é um mineral de grande valor econômico e estratégico. A fosforita foi inserida no grupo dos recursos minerais marinhos com prioridade 1 (CGEE, 2008; CEMBRA, 2012), pois está presente na Plataforma Continental e talude superior e tem valor sócio-econômico, pois sua exploração pode movimentar a economia e gerar empregos. Devido às características autigênicas de sua formação, a fosforita tende a estar presente fortemente associada a áreas de ressurgência e divergência que apresentam elevado aporte de nutrientes, que elevam os índices de produtividade biológica e matéria orgânica e, conseqüentemente, a formação e crescimento de grãos fosfáticos (KUNZENDORF, 1986; EARNEY, 1990; RIGGS & SHELDON, 1990). Por esta razão, a fosforita é relativamente mais frequente em platôs marginais, bancos

submarinos, na Plataforma Continental externa e no talude superior, regiões normalmente caracterizadas por apresentar grande produtividade biológica e, por consequência, maior atividade pesqueira. Na Bacia de Pelotas em particular, esta grande produtividade biológica da Plataforma Continental externa e Talude é confirmada em trabalhos como o de Haimovici, Castello & Vooren (1998) e Madureira et al. (2005). Esta alta produtividade gera uma intensa movimentação da frota sobre os estoques pesqueiros dessas regiões. Assim, uma possível atividade de mineração a ser realizada nestas áreas poderá gerar conflitos entre estas diferentes atividades.

Neste contexto, surge a necessidade de estudos científicos que subsidiem a correta avaliação e manejo de áreas e a mitigação de potenciais conflitos gerados pela sobreposição de diferentes interesses nestas áreas. Estes estudos devem contemplar não somente as atividades propriamente ditas, mas o ambiente onde as mesmas estarão inseridas, pois a medida que aumentar a procura por recursos renováveis e não renováveis no oceano, aumentará também a demanda por estudos neste ambiente.

No que se refere a indústria petrolífera especificamente, a caracterização ambiental de uma determinada região de interesse, representa uma importante etapa do processo de planejamento do uso dos recursos naturais e também de otimização de investimentos, possibilitando, deste modo, a avaliação da viabilidade técnica e econômica, por parte das concessionárias que venham a adquirir blocos licitados. O estudo das variáveis ambientais e biológicas é fundamental, não só para a geração do histórico de informações para os diagnósticos ambientais e licenciamentos, mas também para a definição das melhores tecnologias de exploração e produção de petróleo e gás natural. Estes estudos são necessários também, para a definição, por exemplo, dos períodos ideais para a execução de atividades como a sísmica exploratória, potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e à outras atividades que podem se sobrepor espacial e temporalmente à atividade petrolífera, tais como a pesca e a mineração.

Assim, o conhecimento sobre o ecossistema bem como os fatores dinâmicos que agem sobre a porção oceânica da Bacia de Pelotas é fundamental para o manejo e preservação do ambiente como um todo, dentro das limitações impostas pelas diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais que, por sua vez, também necessitam de informações para definição e revisão do nível de exigência dessas diretrizes.

Atualmente, este subsidio de informações proporcionado, muitas vezes, por uma significativa integração de dados, tem sido facilitado pelos sistemas do tipo SIG (Sistema de Informação Geográfica) que surgiram e tem evoluído de simples auxiliares, para a confecção de mapas, a importantes ferramentas de auxílio à tomada de decisões, extração de

informações e gerenciamento de recursos naturais renováveis e não renováveis (PINHO et al., 2011).

O incremento significativo nas capacidades de processamento e armazenamento de dados dos computadores atuais possibilitou o desenvolvimento e utilização de técnicas de geoprocessamento e realidade virtual. Isto proporcionou um novo desafio de representar o mundo real, tridimensional, em um ambiente computacional, com uma representação dinâmica e com a possibilidade de interferência e interação direta do usuário. Tais características enquadram-se com os ambientes do tipo SIG, desenvolvidos para proporcionar ao usuário um ambiente interativo e de fácil manuseio, no qual ele pode, a partir do cruzamento de diversos dados e informações georreferenciadas, identificar áreas de interesse, fazer suposições e testar hipóteses (PINHO et al., 2011).

Neste contexto têm sido desenvolvidas ferramentas computacionais em formato de SIG 3D, que proporcionam a visualização integrada de dados tridimensionalmente e de forma interativa. Neste trabalho optou-se por utilizar o *software* em formato de SIG, *IVS Fledermaus Professional Edition v. 7.2.2c* (FLEDERMAUS, 2010), para visualização das representações 3D geradas. Este sistema oferece uma gama de ferramentas para visualização e interação de um grande volume de informações de forma integrada, podendo ser utilizado para uma variedade de aplicações, incluindo avaliação de impacto ambiental, mineração, geologia e pesquisa. O Fledermaus destaca-se por suportar a importação de uma grande variedade de formatos padrão para cenas 3D, incluindo modelos de elevação, nuvens de pontos, linhas, polígonos, imagens de satélite e ecogramas (FLEDERMAUS, 2010).

1.2. Hipótese científica

Neste contexto, considerando a porção marítima brasileira da Bacia de Pelotas como área de estudo, concebeu-se a seguinte hipótese científica para esta tese:

“As possíveis atividades de extração de recursos minerais superficiais e subsuperficiais conflitarão espacial e temporalmente com as atividades extrativistas de recursos renováveis na Bacia de Pelotas, uma vez que as condicionantes ambientais presentes e pretéritas determinaram a co-ocorrência destes recursos em áreas restritas, especialmente na plataforma externa e talude continental superior.”

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo geral*

Identificação de áreas de importância estratégica devido à presença de recursos minerais superficiais e subsuperficiais, energéticos e pesqueiros na Bacia de Pelotas, para identificar potenciais conflitos gerados com a utilização simultânea destes recursos, a partir do estudo das inter-relações entre as variáveis bióticas, como a densidade acústica biológica e esforço de pesca e, abióticas, como a distribuição termohalina e a geodiversidade da região.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Levantar dados disponíveis e gerar um banco de informações batimétricas, de densidade acústica biológica, físicas, geológicas e de ação da frota pesqueira de vara e isca-viva das Indústrias Alimentícias Leal Santos nas safras 2013/2014 e 2014/2015 do Bonito Listrado (*Katsuwonus pelamis*) na Bacia de Pelotas;
- Desenvolver um mapa batimétrico 3D da área de estudo a partir de dados de altimetria por satélite, publicamente disponíveis e acústicos, provenientes de cruzeiros de pesquisa realizados entre 1995 e 2012;
- Identificar e caracterizar as variações termohalinas sazonais da região de estudo a partir de dados pretéritos de cruzeiros de pesquisa realizados entre 1996 e 2013;
- Aperfeiçoar as técnicas de visualização tridimensional interativa de dados a fim de integrar à representação 3D da área de estudo os diferentes tipos de dados;
- Identificar áreas de interesse para a mineração marinha, a partir dos dados de retrospalhamento acústico de fundo e sedimentológicos;
- Integrar dados de esforço de pesca com os dados de geodiversidade, a fim de identificar possíveis áreas de conflito e a viabilidade da co-ocorrência ou compartilhamento de uso do ambiente;
- Criar um índice de conflito potencial de atividades para a Bacia de Pelotas.

1.4. Área de estudo e suas características gerais

A área de estudo deste trabalho foi a porção brasileira imersa da Bacia de Pelotas, que situa-se no extremo sul da margem continental brasileira, abrangendo uma área aproximada de 250.000 km², entre os paralelos 34°S e 28°40'S, da divisa com o Uruguai, ao sul, até a fronteira com a Bacia de Santos ao norte, no alto de Florianópolis, até a isóbata de 3.000 m (MOHRIAK, 2003). A Figura 1 ilustra a área de estudo a partir de um mapa de fundo 3D gerado neste trabalho e que destaca as principais feições geomorfológicas da região.

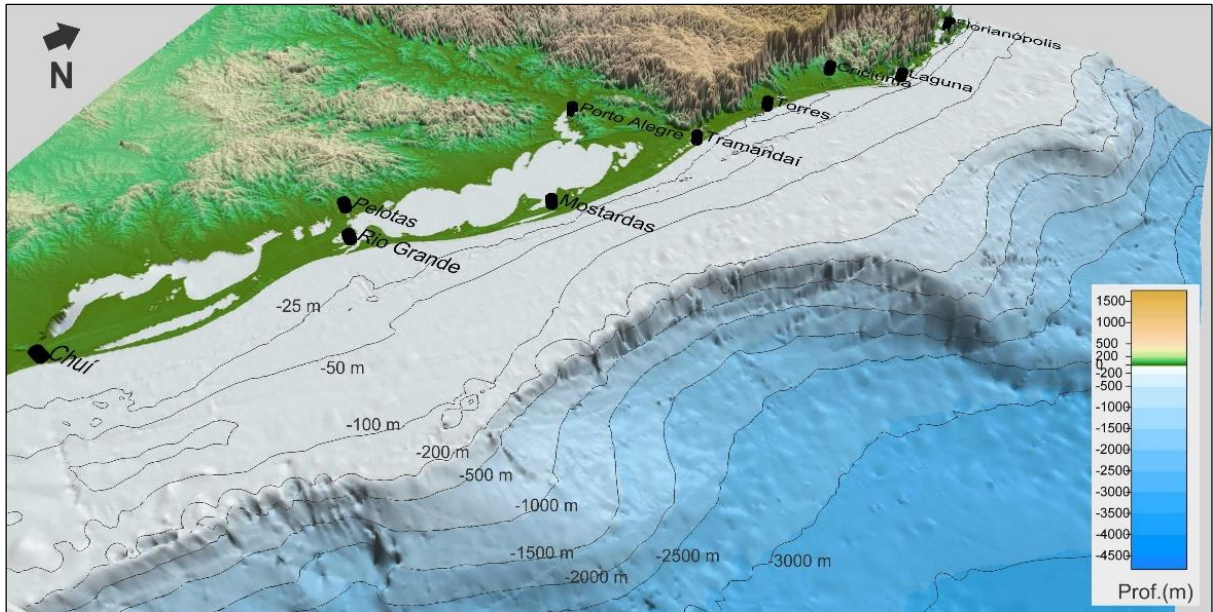


Figura 1 – Bacia de Pelotas.

1.4.1. Geomorfologia

A Plataforma Continental Sul Brasileira (PCSB), inserida na Bacia de Pelotas, é relativamente extensa se comparada às de outras regiões do Brasil. O relevo é suave, com baixa declividade e com contornos batimétricos acompanhando a morfologia da costa. A largura média da PCSB é de 125 km, variando de um mínimo de 90 km ao largo de Mostardas-RS a um máximo de 190 km, na altura da Lagoa Mirim, no extremo sul (ZEMBRUSCKI, 1979). Ainda segundo o autor, a máxima profundidade de quebra da plataforma ocorre ao largo de Torres-RS, na isóbata de 180 m e a mínima entre a Lagoa Mirim e o Arroio Chuí a 80 m de profundidade. Destaca-se na região a presença de províncias secundárias associadas a elevações e irregularidades do fundo, entre elas o Terraço e o Cone de Rio Grande, além dos vales do Rio Grande, situados ao sul do cone (ZEMBRUSCKI, 1979).

A cobertura sedimentar da plataforma é predominantemente clástica terrígena (CORRÊA, 1987) e, de modo geral, com exceção da plataforma média ao largo da Lagoa dos Patos, onde o predomínio é de sedimentos de granulometria de lamas arenosas, a plataforma interna e média apresentam sedimentos lamosos (FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004). Ao sul da cidade do Rio Grande há o predomínio de areias, enquanto no talude de toda a região há o predomínio de lama, com ocorrências de lama arenosa próxima a quebra da plataforma (FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004).

1.4.2. Hidrodinâmica

Quanto à hidrodinâmica superficial da Bacia de Pelotas, a plataforma externa e talude estão sob influência de águas tropicais e subtropicais transportadas pela Corrente do Brasil. A convergência das correntes do Brasil e das Malvinas, conhecida como Confluência

Brasil/Malvinas (GORDON, 1981; PIOLA et al., 2000), influencia fortemente a porção sul da Plataforma Continental brasileira. Durante o período de inverno, há a penetração das águas de origem subantártica, transportadas para norte pela Corrente das Malvinas (CM). Estas águas frias e de baixa salinidade, dividem a dinâmica da região, com as águas quentes e salinas de origem tropical transportadas pela CB, gerando fortes gradientes termo-halinos (CHENEY, MARSH & BECKLEY, 1983, MATSUURA, 1995). Somadas a estas duas águas, podemos encontrar ainda a contribuição de águas de origem continental, provenientes da Lagoa dos Patos e principalmente do estuário do Rio da Prata (SOARES & MÖLLER, 2001; SILVA JR. & KAMPEL, 1996).

O ambiente físico da Plataforma Continental ao sul do Cabo de Santa Marta (SC) apresenta forte variabilidade sazonal. Ao sul deste cabo a CB pode bifurcar-se em dois ramos, quando da passagem pelo mesmo, um ramo fluindo ao longo da isóbata de 2.000 m, transportando a maior parte do volume e outro, mais fraco, fluindo ao longo da isóbata de 100 m, como componente costeiro da CB (FRANCO, MUELBERT & MATA, 2006). A presença de um fluxo costeiro, de sentido oposto sobre a região da plataforma interna, denominado Corrente Costeira do Brasil (CCB), promove cisalhamento entre os dois fluxos, induzindo a formação de pequenos vórtices (SOUZA & ROBINSON, 2004). A Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), formada no hemisfério norte, e a Água Antártica de Fundo (AAF), formada no continente Antártico, determinam a circulação profunda e de fundo da região.

1.4.3. Importância econômica e estratégica

A Bacia de Pelotas é uma área de grande importância econômica e estratégica devido à intensa atividade da pesca comercial historicamente estabelecida (HAIMOVICI et al., 1989), e ao elevado potencial exploratório mineral, pois sabe-se que bacias sedimentares como a de Pelotas, têm possibilidade de apresentar jazidas de petróleo e gás natural (USGS, 2001), além de hidrato de gás (SAD et al., 1998). No entanto, esta potencialidade ainda não foi confirmada para a Bacia de Pelotas, visto o pouco investimento em perfurações, muito embora o interesse da indústria petrolífera tenha aumentado nos últimos anos, mais especificamente na região do Cone do Rio Grande, onde a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) ofereceu blocos de exploração na sexta rodada de licitações, realizada em 2004. Além disto, está previsto para 2015, na mesma região, a perfuração de dois blocos exploratórios denominados Pampeano e Guarani, no bloco BM-P-02 localizado em área próxima ao Cone do Rio Grande. Talvez ainda mais importante venha a ser a inclusão de 51 novos blocos de exploração no extremo sul da Bacia de Pelotas, na 13ª Rodada de licitações da ANP que deverá ser realizada neste ano.

Pouco se conhece também sobre a distribuição de depósitos minerais como as concreções fosfáticas, que representam um recurso de elevada importância social, econômica

e estratégica. Klein et al. (1992) citam a ocorrência de nódulos fosfáticos no Terraço do Rio Grande durante dragagens na plataforma continental externa e talude superior, em profundidades de 100 à 500 m. Na mesma região Silva & Mello (2005) destacam ocorrências de nódulos de fosforita com teores de 15 à 16% de P_2O_5 , a uma profundidade de cerca de 500 m. Pinho et al. (2011) identificaram potenciais áreas de ocorrência de depósitos fosfáticos na região sudeste e sul do Brasil a partir das relações entre dados batimétricos, sedimentológicos e de BSBS em uma representação 3D da região. Da mesma forma, em um estudo recente, Costa et al. (2013) utilizaram dados de retroespalhamento acústico de fundo da Plataforma Continental e Talude Superior da Bacia de Pelotas e mapearam diferentes substratos, indicando áreas potenciais de ocorrência de recursos minerais, entre eles a fosforita. Abreu et al. (2014) descreveram a mineralogia de amostras de depósitos fosfáticos coletadas acidentalmente em operações de pesca do Projeto REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) entre 200 e 800 m de profundidade, na margem continental sul brasileira, ao largo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

No que se refere a pesca comercial, a Bacia de Pelotas representa uma das principais áreas de concentração desta atividade na costa brasileira. Como já foi dito anteriormente, segundo o último boletim estatístico publicado pelo MPA, a produção pesqueira marinha dos estados do RS e SC totalizaram, no ano de 2011, 156.345,0 t de pescado, representando 28,2% da produção marinha brasileira. Esta intensa atividade da pesca comercial, historicamente estabelecida, deve-se as condições oceanográficas desta região, que favorecem o desenvolvimento de importantes estoques pesqueiros pelágicos e demersais (HAIMOVICI et al., 1989; CASTELLO et al., 1997).

Neste contexto de importância econômica e também ecológica, a avaliação ambiental da região é fundamental para o conhecimento acadêmico e científico e para utilização direta por parte de empresas do setor energético (petróleo e gás) e de mineração. O subsídio de informações ambientais e ecológicas é de fundamental importância nas diversas etapas de implantação deste tipo de atividade. Desde a avaliação da viabilidade técnica e econômica destes empreendimentos até as etapas de licenciamento e monitoramento de suas atividades, bem como na definição das melhores tecnologias de exploração, além, é claro, para a mitigação de possíveis impactos ambientais decorrentes destas atividades.

2. METODOLOGIA

2.1. Cruzeiros de prospecção hidroacústica

Os dados hidroacústicos e ambientais utilizados neste trabalho são provenientes de vinte e três cruzeiros de pesquisa oceanográfica, executados inteira ou parcialmente na Baía de Pelotas. Embora tenham sido realizados como parte de projetos de pesquisa com diferentes objetivos, todos os levantamentos contaram com a coleta de dados utilizando a metodologia hidroacústica. Os cruzeiros foram realizados entre 1995 e 2013 com o Navio de Pesquisa Atlântico Sul (Figura 2), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), e cobriram desde a plataforma interna até o talude e a região oceânica adjacente, totalizando 18.405 mn navegadas dentro da área de estudo. A Figura 3 ilustra o desenho amostral dos cruzeiros de prospecção acústica utilizados e a Tabela 1 um resumo das informações referentes aos mesmos.



Figura 2 – Navio de Pesquisa Atlântico Sul. Fonte: Projeto Amazônia Azul.

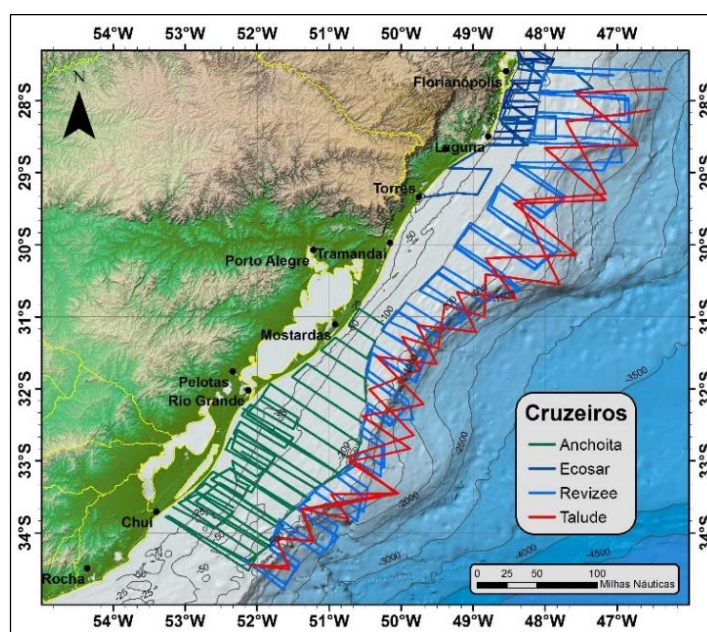


Figura 3 – Cruzeiros de prospecção acústica realizados na área de estudo e utilizados neste trabalho.

Tabela 1 – Dados referentes aos cruzeiros de pesquisa oceanográfica realizados na área de estudo e utilizados neste trabalho.

Cruzeiro	Embarcação	Ano	Período	Região de estudo	Lim. Prof. (m)	Varredura Total (mn)	Varredura BP (mn)	Estações	Estações utilizadas
Ecosar 2	N.Pq. Atlântico Sul	1995	08/06-03/07	SC/PR/SP/RJ	100-500	1448	260	-	-
Ecosar 3	N.Pq. Atlântico Sul	1995	13/11-05/12	SC/PR/SP/RJ	100-500	2099	166	-	-
Pelágicos 1	N.Pq. Atlântico Sul	1996	15/07-03/09	RS/SC/PR/SP/RJ	100-2000	3161	1749	160	78
Pelágicos 2	N.Pq. Atlântico Sul	1997	21/04-26/05	RS/SC/PR/SP/RJ	100-2000	3224	1749	159	75
Pelágicos 3	N.Pq. Atlântico Sul	1997	06/11-23/12	RS/SC/PR/SP/RJ	100-2000	3310	1793	160	75
Anchoita 1	N.Pq. Atlântico Sul	2005	10/08-17/08	RS	20-100	767	767	42	42
Anchoita 2	N.Pq. Atlântico Sul	2005	19/09-26/08	RS	20-100	360	360	31	31
Ecosar 4	N.Pq. Atlântico Sul	2008	17/01-05/02	SC/PR/SP/RJ	20-100	1906	263	51	-
Ecosar 5	N.Pq. Atlântico Sul	2008	06/11-29/11	SC/PR/SP/RJ	20-100	2261	255	-	-
Ecosar 6	N.Pq. Atlântico Sul	2009	21/09-09/10	SC/PR/SP/RJ	20-100	2210	252	51	-
Talude 1	N.Pq. Atlântico Sul	2009	21/10-06/11	RS/SC/PR/SP/RJ	100-1200	1408	894	51	32
Talude 2	N.Pq. Atlântico Sul	2010	22/04-14/05	RS/SC/PR/SP/RJ	100-1200	1595	1140	47	35
Ecosar 7	N.Pq. Atlântico Sul	2010	03/03-23-03	SC/PR/SP/RJ	20-100	2359	246	56	-
Anchoita 1	N.Pq. Atlântico Sul	2010	22/06-29/06	RS	20-100	582	582	30	30
Anchoita 2	N.Pq. Atlântico Sul	2010	06/08-18/08	RS	20-100	613	613	30	30
Anchoita 3	N.Pq. Atlântico Sul	2010	31/08-06/09	RS	20-100	635	635	32	32
Anchoita 4	N.Pq. Atlântico Sul	2010	16/09-26/09	RS	20-100	633	633	32	32
Anchoita 5	N.Pq. Atlântico Sul	2010	04/10-10/10	RS	20-100	632	632	36	-
Talude 3	N.Pq. Atlântico Sul	2010	19/10-19-11	RS/SC/PR/SP/RJ	100-1200	2438	1189	63	35
Talude 4	N.Pq. Atlântico Sul	2011	09/04-10/05	RS/SC/PR/SP/RJ	100-1200	2090	1189	63	36
Anchoita 6	N.Pq. Atlântico Sul	2012	07/07-14/07	RS	20-100	660	660	36	36
Talude 5	N.Pq. Atlântico Sul	2012	25/10-24/11	RS/SC/PR/SP/RJ	100-2000	2265	1189	67	36
Talude 6	N.Pq. Atlântico Sul	2013	05/05-13/06	RS/SC/PR/SP/RJ	100-2000	2042	1189	60	35
TOTAL						38698	18405	1257	670

2.2. Dados hidroacústicos

Os dados hidroacústicos utilizados incluem informações referentes ao fundo, como batimetria e a força de retroespalhamento acústico da superfície do fundo (*Bottom Surface Backscattering Strength* - BSBS) e também dados de densidade acústica biológica da coluna d'água. Os sistemas acústicos utilizados para aquisição destes dados foram uma ecossonda científica marca SIMRAD modelo EK500 (SIMRAD, 1996) para os cruzeiros realizados até 2011 e uma ecossonda SIMRAD EK60 (SIMRAD, 2008) para os cruzeiros realizados a partir de 2012. Ambos os sistemas foram calibrados utilizando-se esfera de Carbetto de Tungstênio com diâmetro de 41 mm, conforme metodologia descrita por Foote (1982) e modificada por MacLennan & Simmonds (1992). As ecossondas operaram acopladas a dois transdutores de casco do tipo *Split-beam*, transmitindo nas frequências de 38 e 120 kHz.

Os parâmetros configurados nas ecossondas permaneceram constantes ao longo da realização dos cruzeiros e os efeitos do espalhamento esférico ($20 \log R$) e absorção ($2\alpha R$), que atenuam o sinal acústico durante sua propagação na coluna de água, foram compensados pelo sistema de ganho crono-variado (Função TVG – *Time Varied Gain*), conforme a distância do transdutor à frente de onda (R).

Durante a operação com a ecossonda, os dados gerados em cada pulso emitido são visualizados em tempo real e armazenados em arquivos digitais e processados à bordo ou em laboratório, de acordo com o objetivo do trabalho que se deseja realizar.

2.2.1. Batimetria

A malha batimétrica deste trabalho foi gerada a partir dos dados da frequência de 38 kHz pois, segundo Mitson (1983), embora apresentem uma menor resolução se comparadas às frequências mais altas, as frequências mais baixas são mais indicadas para estudos batimétricos e de retroespalhamento de fundo, uma vez que tem menor atenuação (menor α) e por consequência, maior alcance e penetração no substrato.

As informações do fundo relevantes para este estudo foram extraídas do universo de dados adquiridos, a partir de um filtro computacional desenvolvido especificamente para os dados da ecossonda EK500. A saída deste filtro consiste de um arquivo de dados tabulados no qual constam as informações relevantes, neste caso: localização (latitude e longitude), profundidade e BSBS de cada pulso acústico emitido pelo equipamento. Os dados foram filtrados por cruzeiro, integrados em um único conjunto de leituras batimétricas e de BSBS e então filtrados novamente por uma rotina computacional implementada utilizando-se o *software* Matlab R2014a (MATLAB, 2013). Este último filtro eliminou os dados fora da área de estudo, além de dados inconsistentes, como erros do GPS ou erros evidentes de profundidade. O conjunto de dados filtrado final totalizou 5.249.191 leituras acústicas.

Como mencionado no item anterior, os dados acústicos utilizados neste estudo são provenientes de cruzeiros de prospecção acústica pesqueira, ou de cruzeiros de avaliação da distribuição e abundância de cetáceos (Tabela 1). O espaçamento entre transectos em cruzeiros desta natureza é, em média, 20 mn, seja devido a metodologia amostral utilizada ou mesmo limitações orçamentarias ou de tempo disponível para a execução das prospecções. Além disso, quando se observa a distribuição espacial do conjunto completo de dados, nota-se uma heterogeneidade na distribuição de densidade dos mesmos, devido à maior cobertura de cruzeiros em determinadas regiões (Figura 3). Assim sendo, os dados acústicos batimétricos disponíveis para a Bacia de Pelotas, por si só, são insuficientes para gerar uma malha batimétrica com alta resolução. Para contornar essa dificuldade foram integrados aos dados acústicos, dados batimétricos calculados indiretamente, a partir de altimetria por satélite, visando preencher as áreas do mapa com menor ou nenhuma cobertura amostral. Estes dados são públicos e encontram-se disponíveis em: <http://topex.ucsd.edu/>.

Os dados altimétricos são obtidos através de um sensor de microondas instalado em uma plataforma orbital que varre, aproximadamente, 90% dos oceanos. A medição da profundidade é indireta e é função da variação de altura da superfície do oceano induzida pela influência do campo gravitacional do relevo submerso (geóide) (SMITH & SANDWELL, 1997; SANDWELL, GILLE & SMITH, 2002) (Figura 4).

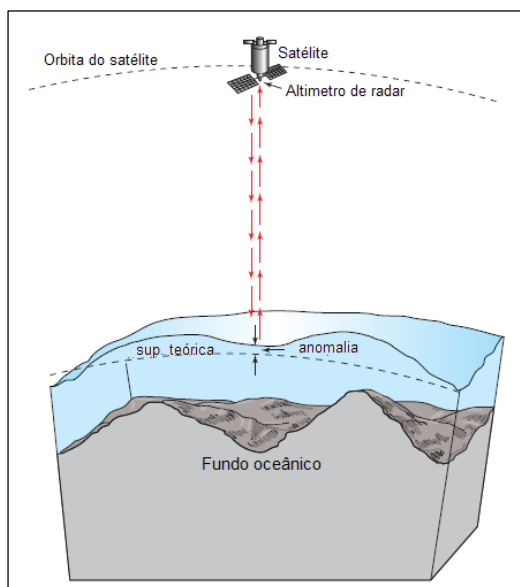


Figura 4 – Medição batimétrica através da variação de altura da superfície do oceano (altimetria por satélite). Fonte: modificado de Sandwell, Gille & Smith (2002).

As medições realizadas com este método sobre a plataforma e talude não são plenamente confiáveis, uma vez que as leituras de gravimetria são influenciadas pela presença de sedimentos, de forma ainda não quantificada (SANDWELL, GILLE & SMITH, 2002). Assim sendo, os autores incorporaram dados acústicos obtidos por navios de ocasião visando complementar a informação batimétrica sobre a plataforma e talude dos oceanos.

Uma análise geral sobre a evolução dos erros do modelo batimétrico global baseado em altimetria por satélite e dados acústicos, desenvolvido originalmente por Smith & Sandwell (1997) e que tem sido melhorado desde então, pode ser encontrada em Marks, Smith & Sandwell (2010).

O mapa batimétrico gerado nesta tese foi criado a partir de 6.247.111 dados batimétricos, sendo 5.249.191 provenientes de dados acústicos de cruzeiros de pesquisa (Tabela 1) e 997.920 de altimetria por satélite. Este conjunto de dados foi processado utilizando-se as funções do pacote GMT (*Generic Mapping Tools*), uma coleção de ferramentas para manipulação, filtragem, interpolação, projeção e produção de ilustrações a partir de dados geográficos e cartesianos (GMT, 2013).

Primeiramente foi criada uma máscara de dados utilizando-se as funções *blockmedian* e *nearneighbor* do GMT, com um raio de busca de 3 km. Os dados acústicos foram então interpolados com resolução de 30x30 segundos de grau, utilizando-se a função *surface* do GMT que utiliza o algoritmo de interpolação de curvatura contínua *spline* com tensão, sugerido por Smith & Wessel (1990). Segundo os autores o método com tensão é mais local do que o da curvatura mínima e reflete melhor a natureza da autocovariância dos dados batimétricos. Ainda sobre este algoritmo, Wessel & Bercovici (1998) destacam a sua capacidade de produzir bons resultados na geração de mapas batimétricos baseados em dados esparsos, produzindo uma superfície suavizada devido a minimização da curvatura quadrada integrada sobre toda essa superfície.

Na continuidade do processamento foram eliminados os dados batimétricos fora do raio de busca a partir da aplicação da máscara criada no primeiro passo. A malha batimétrica final foi gerada após a integração dos dados restantes aos dados altimétricos e a realização de uma segunda interpolação utilizando-se o algoritmo de curvatura contínua *spline* com tensão, com resolução de 30x30 segundos. O fluxograma apresentado na Figura 5 resume a metodologia de processamento dos dados e geração da malha batimétrica.

As informações batimétricas geo-referenciadas estão posicionadas dentro da área delimitada pelas coordenadas: 1) longitudes 55° W e 46° W e, 2) latitudes de 35°S e 27° S, cobrindo completamente a região da Bacia de Pelotas brasileira.

A malha batimétrica gerada foi utilizada como base para a construção da representação 3D da área de estudo, sobre a qual foram incluídas diversas “camadas” de dados, conforme será descrito à seguir.

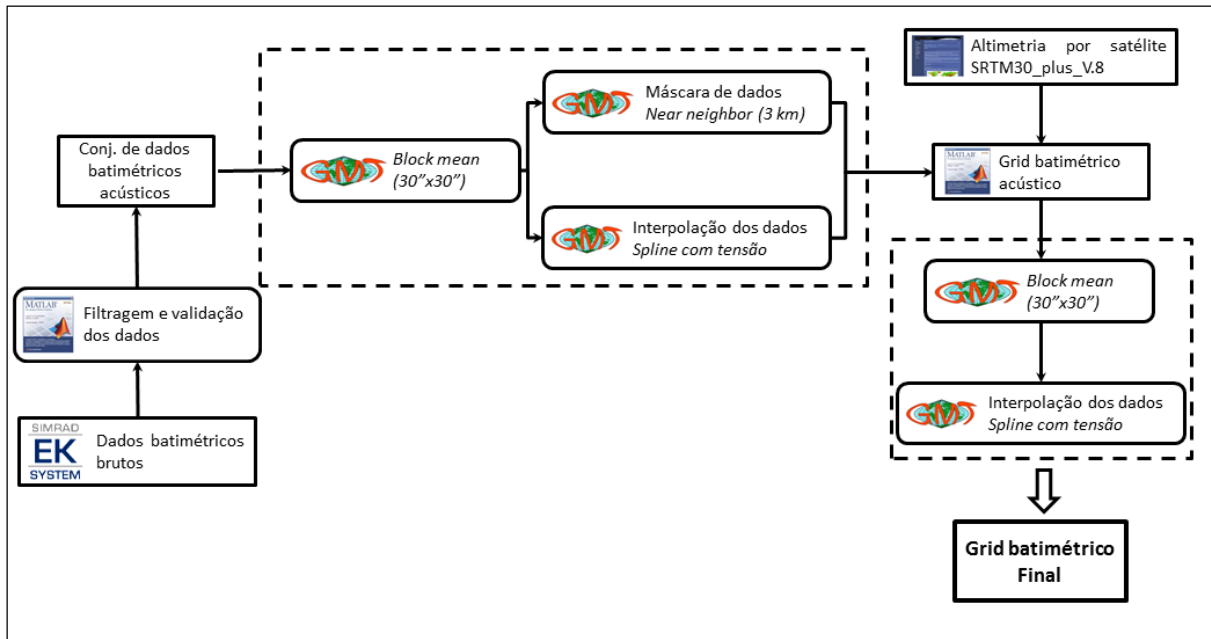


Figura 5 – Fluxograma de processamento dos dados e geração da malha batimétrica final.

Para visualização 3D dos mapas gerados foi utilizado o *software* para visualização tridimensional de dados *IVS Fledermaus Professional Edition v. 7.2.2c* (FLEDERMAUS, 2010).

Mais detalhes sobre desenvolvimento desta representação 3D serão encontrados no item 2.6 deste capítulo.

2.2.2. Retroespalhamento acústico de fundo

O BSBS foi filtrado do conjunto de dados acústicos por uma rotina computacional desenvolvida especificamente para este trabalho utilizando-se o *software* Matlab R2014a. Foram eliminadas falhas de posicionamento, além de dados de BSBS menores do que -30 dB e maiores do que -5 dB, conforme metodologia descrita por Figueiredo & Madureira (2004). Os dados errôneos eliminados representaram, aproximadamente, 1% do universo total de dados.

Devido à diferença entre as taxas de geração de sinal de georreferenciamento por parte do GPS da embarcação e de aquisição de dados da ecossonda, sendo esta última mais rápida do que o GPS, houve, eventualmente, a leitura de mais de um valor de BSBS para uma mesma posição geográfica. Esta dificuldade instrumental foi minimizada durante o processamento dos dados, utilizando-se uma rotina computacional desenvolvida em MatLab. Esta rotina identificou as repetições de posicionamento nos arquivos de dados e gerou novos arquivos considerando a média, o maior e o menor valor de BSBS de cada uma das posições repetidas.

Devido a maior correspondência visual entre os mapas de BSBS gerados a partir dos menores valores e os mapas sedimentológicos analisados, optou-se por utilizar o menor valor de BSBS para geração dos mapas de retroespalhamento acústico de fundo.

O conjunto de dados de BSBS filtrados totalizou 1.839.535 leituras acústicas, que foram utilizadas como entrada para uma rotina de processamento desenvolvida com as funções do pacote GMT. Os dados foram filtrados para blocos de 2x2 minutos de grau e então interpolados por um algoritmo de curvatura contínua *spline* com tensão. Os dados interpolados foram então classificados em quatro faixas de BSBS, representadas por diferentes cores, conforme metodologia descrita por Figueiredo & Madureira (2004) e adotada por Cooke et al. (2007), Pinho et al. (2011) e Costa et al. (2013). Segundo Figueiredo & Madureira (2004) estas classes podem ser associadas a dez diferentes tipos de sedimentos de fundo (Tabela 2), definidos de acordo com o diagrama de classificação de Shepard (SHEPARD, 1954) modificado por aqueles autores (Figura 6). Por fim, um mapa de contornos de BSBS foi gerado no *software Surfer v.12* e posteriormente integrado às representações 3D na forma de textura sobre o mapa batimétrico.

Tabela 2 – Classes de BSBS definidas por Figueiredo & Madureira (2004) e a respectiva classificação de cores utilizada nos mapas de retroespalhamento acústico de fundo.

Faixa de ocorrência	Classificação segundo Diagrama Triangular Tipo Shepard modificado (Figura 2)	Cor correspondente nos mapas de BSBS
-05 até -10 dB	(10) cascalho, (9) cascalho lamoso, (8) cascalho arenoso, (6) cascalho/areia/lama, (5) areia cascalhosa, (1) areia	Vermelho
-10 até -15 dB	(7) lama cascalhosa, (3) lama arenosa, (2) areia lamosa, (1) areia	Amarelo
-15 até -20 dB	(3) lama arenosa, (4) lama	Verde
< -20 dB	(4) lama	Azul

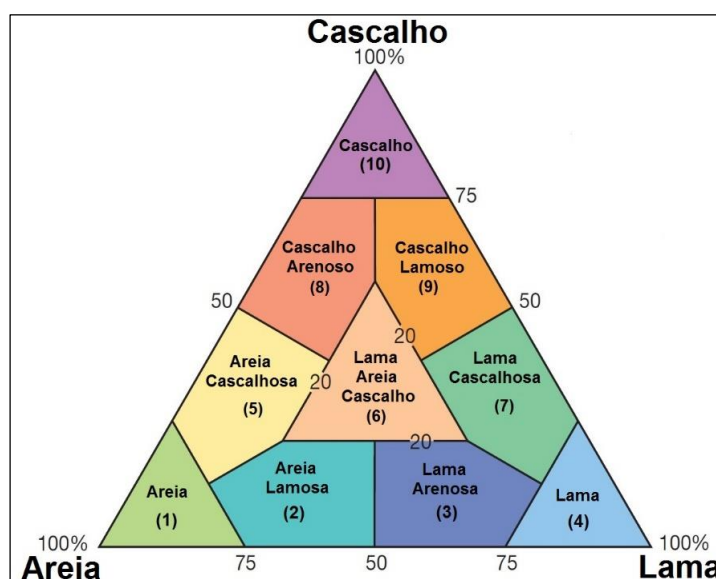


Figura 6 – Diagrama triangular de Shepard modificado por Figueiredo & Madureira (2004).

A Figura 7 resume a metodologia de processamento dos dados e geração do mapa de BSBS interpolado.

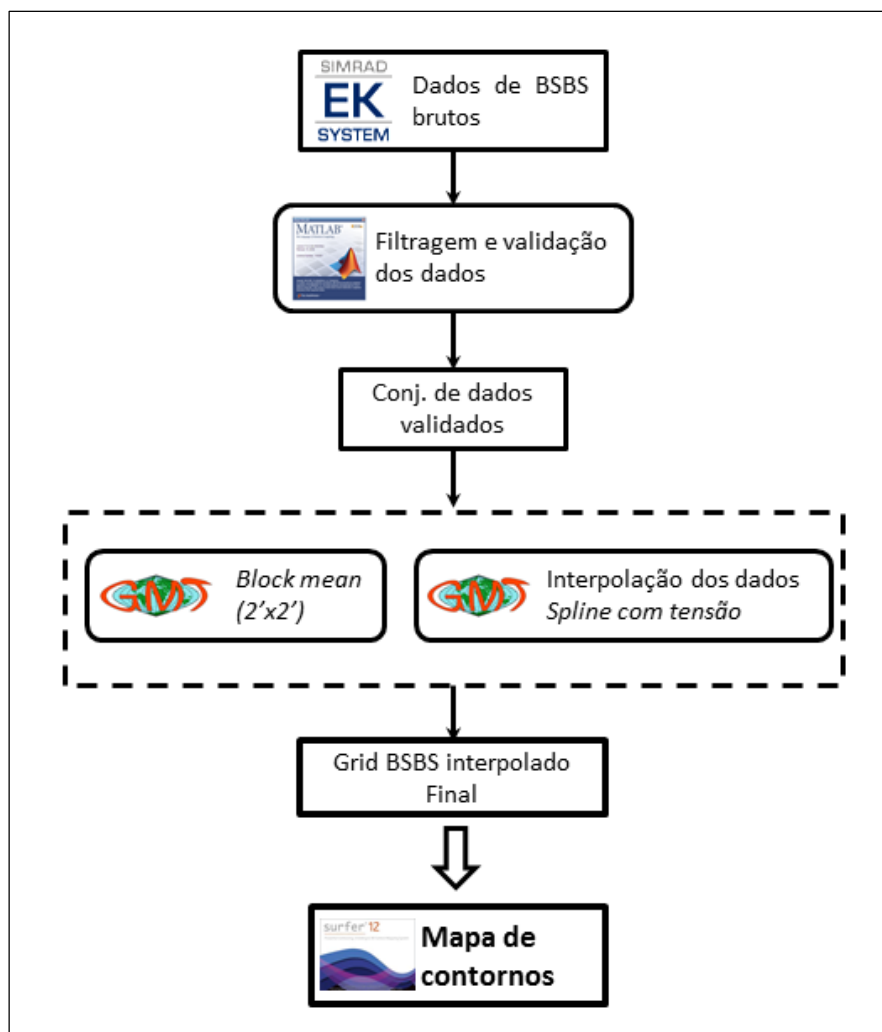


Figura 7 – Fluxograma de processamento dos dados de BSBS.

2.2.3. Densidade Biológica

O conjunto de dados hidroacústicos biológicos utilizados neste trabalho contempla dados pretéritos, já processados, adquiridos em cruzeiros de pesquisa mais antigos, tais como os do Projeto REVIZEE (1995 à 1997) e Projeto Anchoita (2005 à 2010) e dados de cruzeiros mais recentes, como os do Projeto Talude (2009 à 2013), estes últimos ainda não haviam sido avaliados e passaram por todas as etapas de processamento.

Em todos os cruzeiros avaliados, a prospecção hidroacústica, para fins de mapeamento de ocorrência de organismos marinhos nectônicos e planctônicos, foi realizada utilizando-se a metodologia de eco-integração (MACLENNAN & SIMMONDS, 1992). Uma descrição detalhada deste método encontra-se em Madureira et al. (2005).

Os objetivos de cada cruzeiro, bem como os avanços técnicos de cada época, como a disponibilidade de computadores com maiores capacidades de processamento e

armazenamento de dados, ou mesmo a utilização de *softwares* de aquisição e de processamento específicos e mais eficientes, influenciaram os diferentes protocolos de aquisição e processamento dos dados hidroacústicos ao longo do tempo. Nos cruzeiros mais antigos, esta aquisição consistia na impressão de ecogramas e também no armazenamento digital das informações em arquivos de texto a bordo, para posterior processamento. Recentemente a impressão de ecogramas em tempo real caiu em desuso devido ao advento de sofisticados *softwares* para aquisição e processamento de dados hidroacústicos, que permitem, entre outras facilidades, dispor dos ecogramas digitais, e ainda possibilitam processar e reprocessar os dados em laboratório, quantas vezes forem necessárias.

Independentemente do modo de aquisição e processamento dos dados, o principal parâmetro utilizado para quantificar a abundância acústica em todos os cruzeiros foi o NASC (*Nautical Area Scattering Coefficient* - Coeficiente de retro-espalhamento por área náutica), cuja unidade é $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. O intervalo acústico amostral unitário ou ESDU (*Elementar Sampling Distance Unit*) também foi o mesmo para todos os cruzeiros: 1 mn (uma milha náutica) durante a aquisição de dados ao longo dos transects.

Valores de NASC foram gerados para cada milha náutica (cada ESDU) e representam a somatória dos ecos registrados nas camadas da coluna de água, ou seja, o NASC representa a densidade acústica de toda a coluna d'água para cada ESDU e é proporcional a densidade biológica detectada pelo equipamento. Com estes valores foram gerados mapas de distribuição desta variável, que posteriormente foram integrados às representações 3D.

A seguir será apresentada uma breve descrição dos procedimentos de aquisição e processamento dos dados para cada série de cruzeiros analisada.

2.2.3.1. Cruzeiros REVIZEE

Nos cruzeiros do Projeto REVIZEE os dados hidroacústicos foram impressos sob a forma de ecogramas e digitalmente armazenados na forma de arquivos ASCII contendo diversas informações, entre elas a quantificação da densidade acústica em diferentes camadas de integração. Detalhes sobre o processamento dos dados destes cruzeiros podem ser encontrados em Madureira et al. (2005). No presente trabalho foram utilizadas as tabelas de integração finais, georeferenciadas, que continham os valores de NASC, por camada da coluna de água, para cada ESDU. A partir destas tabelas utilizou-se o *software Surfer v.12* para criar mapas de distribuição de NASC total, que corresponde à somatória de todas as camadas dentro do respectivo ESDU, para cada cruzeiro, que posteriormente foram integrados às representações 3D juntamente com os dados ambientais referentes aos Cruzeiros REVIZEE.

2.2.3.2. Cruzeiros Talude

Com exceção do Cruzeiro Talude 1, realizado na primavera de 2009, não houve impressão de ecogramas nos demais. Os dados hidroacústicos dos cruzeiros 2 à 6, utilizados neste trabalho, foram armazenados digitalmente à bordo com o *software Movies+* v.3.4b (IFREMER, 2002) (Cruzeiros 2 à 4) e com o *software ER60* (SIMRAD, 2008) (Cruzeiros 5 e 6). Os dados de todos os cruzeiros foram processados em laboratório, utilizando-se o *software Echoview* v.6.0. O produto final do processamento dos dados hidroacústicos de todos os cruzeiros Talude foi o mesmo: uma tabela georeferenciada contendo a quantificação da densidade acústica (NASC) total, para cada ESDU de cada cruzeiro. A partir destas tabelas utilizou-se o *software Surfer* v.12 para criar mapas de distribuição de NASC total que posteriormente foram integrados às representações 3D, juntamente com os dados ambientais referentes aos respectivos cruzeiros.

2.2.3.3. Cruzeiros Anchoita

Nos Cruzeiros do Projeto Anchoita, com exceção daquele realizado em 2012, os dados foram impressos sob a forma de ecogramas e digitalmente armazenados utilizando-se o *software Movies+* v.3.4b, para posterior processamento. Em 2012 os dados foram adquiridos com o *software ER60* e posteriormente processados em laboratório com o *software Echoview* v.6.0. O produto final do processamento dos dados de todos os cruzeiros Anchoita foi o mesmo: uma tabela georeferenciada contendo a quantificação da densidade acústica (NASC) total, para cada ESDU, de cada cruzeiro. A partir destas tabelas utilizou-se o *software Surfer* v.12 para criar mapas de distribuição de NASC total que posteriormente foram integrados às representações 3D geradas juntamente com os dados ambientais referentes aos respectivos cruzeiros.

2.3. Mapa sedimentológico e de recursos minerais

Neste trabalho foram utilizadas as cartas de sedimento de fundo geradas por Dias et al. (2004) no âmbito do Programa REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva), que contém informações de amostras obtidas junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/DHN) e oriundas de expedições do REVIZEE.

As cartas disponíveis foram georeferenciadas utilizando-se o *software* ArcMap 9.3, e integradas em um único mapa cobrindo toda a área de estudo (Figura 8). Este mapa foi sobreposto à superfície batimétrica 3D gerada, possibilitando a análise e identificação das relações entre os dados sedimentológicos, a batimetria e também com os dados de retroespalhamento acústico de fundo.

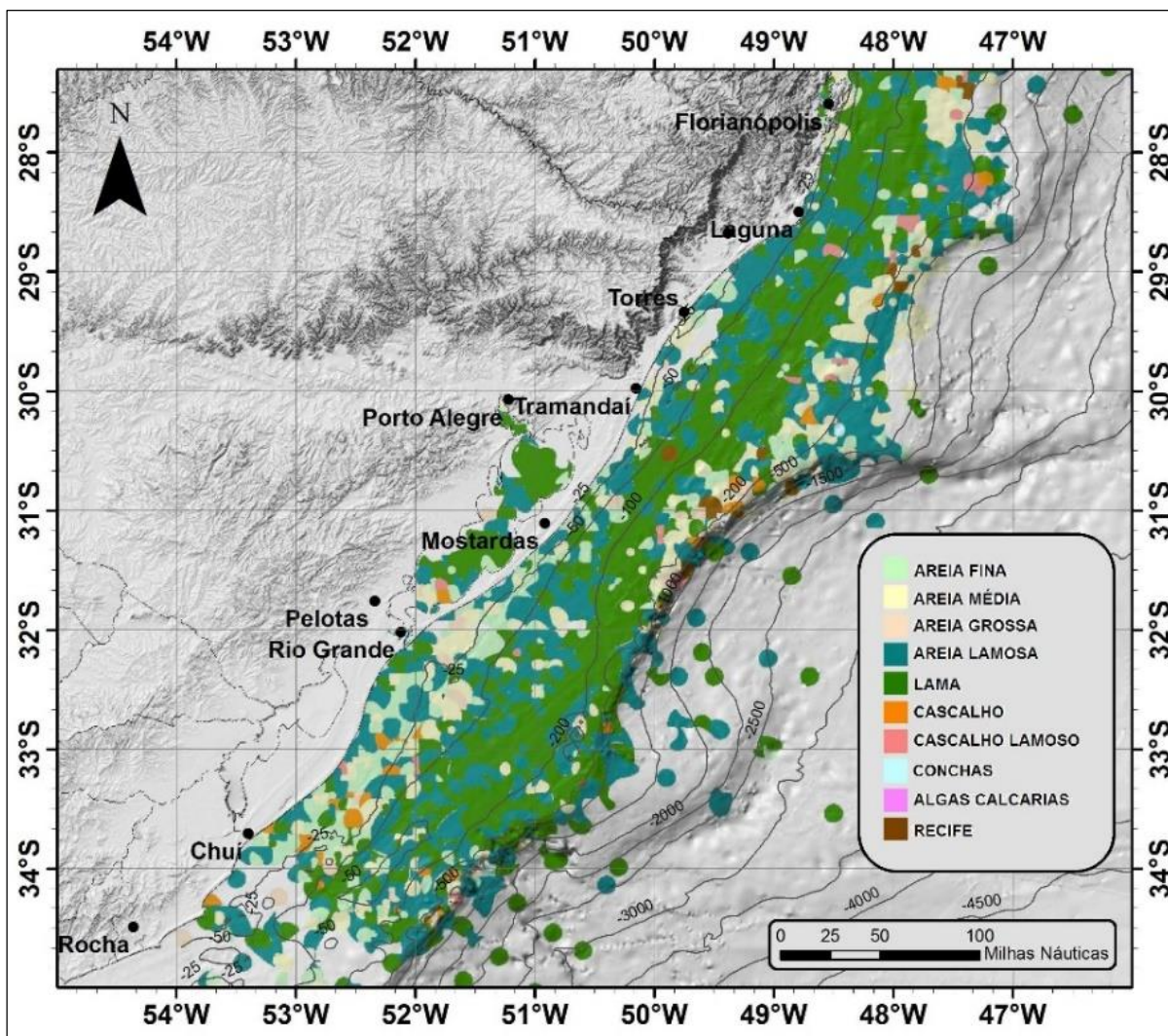


Figura 8 – Carta sedimentológica elaborada por Dias et al. (2004).

Para fins de comparação dos resultados também foi utilizada a carta sedimentológica da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, disponibilizada pelo Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) do Instituto de Oceanografia da FURG (Figura 9).

Neste trabalho também foi utilizado o mapa de presença de recursos minerais do Atlas da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (APCJB), disponibilizado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico Brasileiro). Os dados são disponibilizados *on-line* na forma de *shapefiles* (<http://www.cprm.gov.br/>). A Figura 10 ilustra o mapa limitado à região da Bacia de Pelotas.

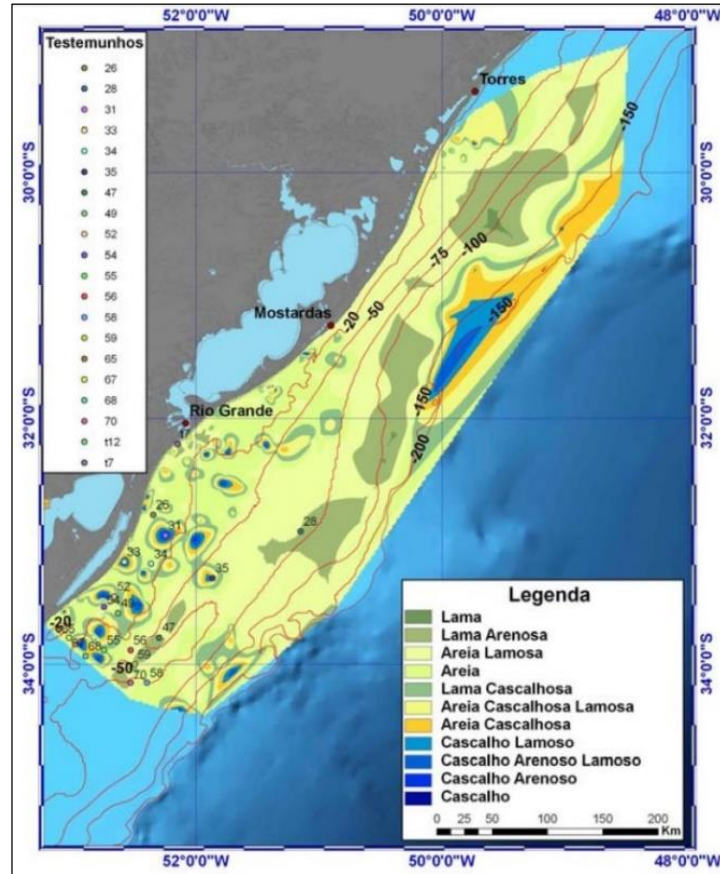


Figura 9 – Carta sedimentológica da Plataforma Continental do RS. Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/FURG).

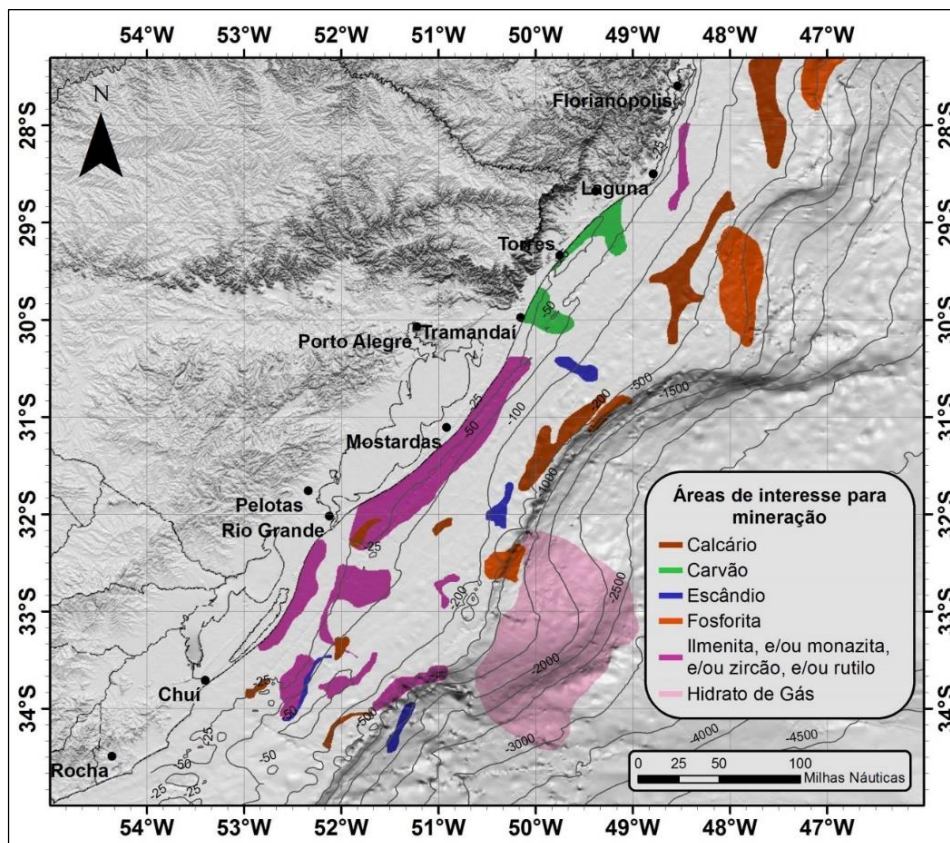


Figura 10 - Mapa de presença de recursos minerais do APCJB, disponibilizada pela CPRM.

2.4. Dados ambientais

Neste trabalho foram utilizados dados de temperatura e salinidade, em função da profundidade, obtidos com perfilador CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) em 670 estações oceanográficas realizadas na área de estudo, em dezesseis cruzeiros de pesquisa. A partir dos dados ambientais foram gerados diagramas TS (Temperatura e Salinidade) para cada um dos cruzeiros, além de 552 seções verticais e 1496 estratos horizontais de temperatura e salinidade. Mais adiante, neste capítulo, serão fornecidos detalhes sobre o processamento dos dados e os produtos gerados.

A Tabela 3 apresenta um resumo das informações referentes aos dados ambientais dos cruzeiros e o processamento realizado sobre os mesmos, como número de estações utilizadas e o número de seções verticais e de estratos horizontais gerados por cruzeiro. A fim de reduzir o tempo de processamento dos dados e a quantidade de estratos horizontais a serem gerados, optou-se pela utilização de resoluções diferentes para cada série de cruzeiros. Nos cruzeiros REVIZEE e Talude, nos quais a profundidade amostral das estações oceanográficas mais profundas foi maior (até 600 m), os estratos horizontais foram gerados à cada 10 m. Nos cruzeiros Anchoita, nos quais a maior profundidade amostral nas estações mais profundas foi menor (até 100 m), os estratos horizontais foram gerados à cada 2 m. Estas resoluções mostraram-se suficientes para a análise das relações entre os diferentes dados analisados.

Os dados dos cruzeiros Ecosar não foram utilizados devido à pouca cobertura espacial destes cruzeiros na área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 3. Os dados ambientais do Cruzeiro Anchoita 5, realizado em 2010, não foram utilizados devido à problemas técnicos ocorridos com o CTD utilizado à época do cruzeiro, o que comprometeu a qualidade dos dados ambientais coletados.

A coleta dos dados ambientais seguiu a mesma metodologia durante todos os cruzeiros, com estações sendo realizadas no início e fim dos transectos e entre essas posições, em distâncias não maiores do que 20 milhas náuticas. A Figura 11 ilustra a posição geográfica das estações de coleta de dados ambientais utilizadas.

Tabela 3 – Resumo das informações referentes aos dados ambientais utilizados e o processamento realizado. Na coluna Estratos é indicada a profundidade do primeiro estrato horizontal, o intervalo de profundidade entre cada estrato e a profundidade do último estrato.

Cruzeiro	Estações utilizadas	Nº de Seções verticais geradas	Nº de Estratos horizontais gerados	Estratos
Ecosar 2	-	-	-	-
Ecosar 3	-	-	-	-
Revizee 1	78	50	104	10:10:520
Revizee 2	75	50	120	10:10:600
Revizee 3	75	50	120	10:10:600
Anchoita 1 - 2005	42	22	50	2:2:50
Anchoita 2 - 2005	31	24	50	2:2:50
Ecosar 4	-	-	-	-
Ecosar 5	-	-	-	-
Ecosar 6	-	-	-	-
Talude 1	32	38	100	10:10:500
Talude 2	35	46	100	10:10:500
Ecosar 7	-	-	-	-
Anchoita 1 - 2010	30	14	80	2:2:80
Anchoita 2 - 2010	30	14	80	2:2:80
Anchoita 3 - 2010	32	18	80	2:2:80
Anchoita 4 - 2010	32	16	80	2:2:80
Anchoita 5 - 2010	-	-	-	-
Talude 3	35	46	92	10:10:460
Talude 4	36	50	120	10:10:600
Anchoita 6 - 2012	36	16	80	2:2:80
Talude 5	36	50	120	10:10:600
Talude 6	35	48	120	10:10:600
TOTAL	670	552	1496	-

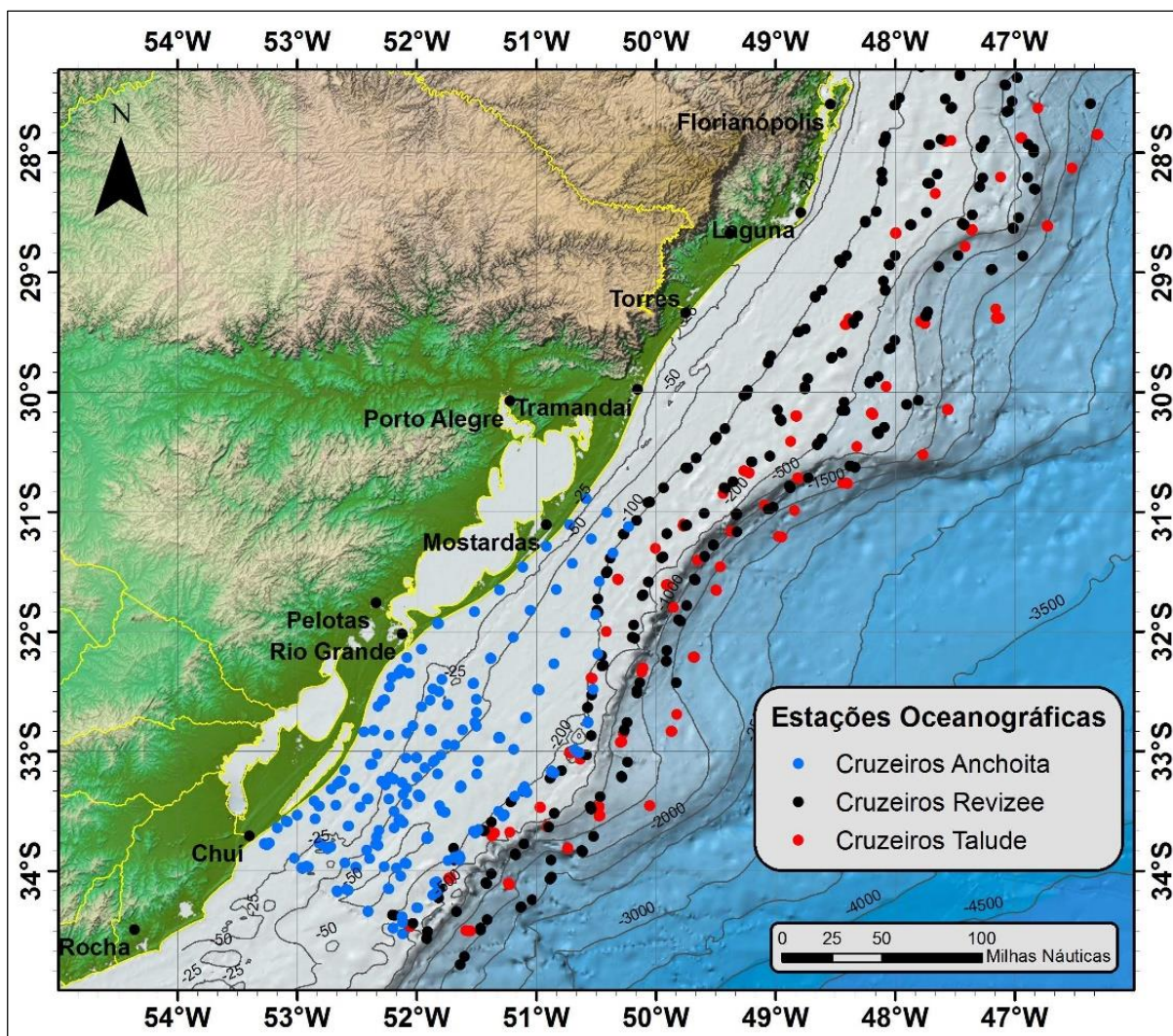


Figura 11 – Estações de coleta de dados ambientais na Baía de Pelotas, realizadas durante os cruzeiros de prospecção hidroacústica utilizados.

Os dados foram filtrados à partir dos arquivos brutos utilizando-se rotinas de processamento desenvolvidas em MatLab, sendo padronizados em tabelas com formato único, com dados de temperatura e salinidade a cada metro, desde a superfície até o fundo. As massas d'água presentes na área de estudo à época dos cruzeiros foram identificadas a partir de Índices Termo-halinos e Diagramas TS.

Os limites termohalinos utilizados para a classificação das massas d'água são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Limites termohalinos utilizados na classificação das massas d'água (Möller et al., 2008 adaptado por Aseff, 2009).

	PRP	ASAP	ASTP	ACAS	AT
Inverno	$S \leq 33.5;$ $T \geq 10$	$33.5 < S < 34.1;$ $T \leq 14$	$33.5 < S < 35.3; T > 14$ & $35.3 \leq S < 36; T \geq 18.5$	$S \geq 35.3;$ $T < 18.5$	$S \geq 36;$ $T \geq 18.5$
Primavera	$S \leq 33.5;$ $T \geq 11$	$33.5 < S < 34.1;$ $T \leq 17$	$33.5 < S < 35.3; T > 17$ & $35.3 \leq S < 36; T \geq 18.5$	$S \geq 35.3;$ $T < 18.5$	$S \geq 36;$ $T \geq 18.5$
Verão	$S \leq 33.5;$ $T \geq 16$	$33.5 < S < 34.2;$ $T \leq 21$	$33.5 < S < 35.3; T > 21$ & $35.3 \leq S < 36; T \geq 20$	$S \geq 35.3;$ $T < 20$	$S \geq 36;$ $T \geq 20$
Outono	$S \leq 33.5;$ $T \geq 11$	$33.5 < S < 34.1;$ $T \leq 17$	$33.5 < S < 35.3; T > 17$ & $35.3 \leq S < 36; T \geq 18.5$	$S \geq 35.3;$ $T < 18.5$	$S \geq 36;$ $T \geq 18.5$

2.4.1. Geração das seções verticais de temperatura e salinidade

Para cada cruzeiro, após a filtragem e padronização dos dados por estação, os arquivos foram organizados por transecto, ou seja, os dados das estações oceanográficas realizadas sobre um determinado transecto foram reunidos em uma tabela final única para o mesmo. Em todos os cruzeiros cada transecto contou com um mínimo de duas e um máximo de cinco estações.

As tabelas finais foram utilizadas para gerar seções verticais de temperatura e salinidade perpendiculares ou diagonais em relação a costa. Devido à grande quantidade de seções verticais que deveriam ser geradas, optou-se por desenvolver uma rotina de processamento de dados utilizando-se a ferramenta *scripter* do *software* de geoprocessamento *Surfer v.12*. Esta rotina automatizou a geração das seções verticais que posteriormente foram integradas à representação 3D da área de estudo. Os grids a partir dos quais foram geradas estas seções, foram interpolados utilizando-se o algoritmo *krigging*. Este método de interpolação considera a autocorrelação espacial das variáveis regionais utilizando-se de parâmetros variográficos e apresenta bons resultados em situações em que o volume de dados é grande e com distribuição irregular (GOMES, VITAL & MACEDO, 2007; LI & HEAP, 2008). Neste trabalho foi utilizado o *Krigging* ordinário, com semivariograma linear. As seções propriamente ditas foram geradas a partir da ferramenta de visualização gráfica *Contour Map*, do *software Surfer v.12*.

Para fins de comparação sazonal dos dados nas diferentes séries de cruzeiros, todas as seções verticais foram geradas respeitando-se a mesma escala de cores, para cada uma das variáveis estudadas.

Para as seções de temperatura as isotermas foram plotadas a cada 1°C enquanto as isohalinas das seções de salinidade foram plotadas a cada 0,5 de salinidade.

2.4.2. Geração dos estratos horizontais de temperatura e salinidade

Para cada cruzeiro foram gerados estratos horizontais de temperatura e salinidade considerando a totalidade das estações oceanográficas de cada cruzeiro. Uma rotina de processamento desenvolvida em MatLab foi utilizada para gerar tabelas de dados padronizadas a partir dos dados brutos de cada estação oceanográfica do cruzeiro, considerando determinados estratos horizontais. Para os cruzeiros Anchoita, realizados sobre a Plataforma Continental, entre as isóbatas de 20 e 100 m, foram gerados estratos a cada dois metros, desde os 2 m até o limite de profundidade das estações mais profundas, o que variou entre 50 e 80 m, dependendo do cruzeiro avaliado (Tabela 3). Para os cruzeiros REVIZEE e Talude, que foram realizados sobre uma variação de profundidades maior, desde os 100 até os 2000 m, foram gerados estratos a cada dez metros, desde os 10 m até o limite de profundidade das estações mais profundas, o que variou entre 420 e 600 m, dependendo do cruzeiro avaliado (Tabela 3).

Devido a grande quantidade de estratos horizontais que deveriam ser gerados, também optou-se por desenvolver uma rotina de processamento de dados utilizando-se a ferramenta *scripter* do *software* de geoprocessamento *Surfer v. 12*. Esta rotina automatizou a geração dos estratos horizontais que posteriormente foram integrados a representação 3D da área de estudo. Os estratos foram gerados utilizando-se o algoritmo de interpolação *kriging* ordinário com semivariograma linear e as ferramentas de visualização gráfica do *software Surfer v. 12*.

Para fins de comparação sazonal dos dados nas diferentes séries de cruzeiros, todos os estratos foram gerados respeitando-se a mesma escala de cores, para cada uma das variáveis estudadas.

Para os estratos de temperatura as isotermas foram plotadas a cada 1°C enquanto as isohalinas dos estratos de salinidade foram plotadas a cada 0,5 de salinidade.

2.5. Esforço de pesca

Neste trabalho foram utilizados dados de esforço de pesca sobre o Bonito Listrado (*Katsuwonus pelamis*) da modalidade de vara e isca viva, fornecidos pela empresa Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda., sediada na cidade do Rio Grande. A empresa é parceira do Instituto de Oceanografia da FURG no projeto de pesquisa denominado “O Bonito Listrado e as condicionantes ambientais: uma nova abordagem”. Este projeto está em desenvolvimento e tem como objetivos a aquisição, interpretação e disponibilização de dados relativos à distribuição e abundância do Bonito Listrado e de variáveis ambientais que condicionam os deslocamentos desta espécie no Atlântico Sul Ocidental; e também o monitoramento das operações de iscagem dos atuneiros com anchoita (*Engraulis anchoita*) como isca viva, no

intuito de quantificar a demanda por isca e também a disponibilidade e distribuição de frequência de comprimento das anchoitas em diferentes épocas do ano.

Dados de duas safras de pesca consecutivas (2013/2014 e 2014/2015) foram utilizados, totalizando 1.248 posições de pesca, sendo 916 na região na Bacia de Pelotas. A Figura 12 ilustra a localização geográfica das posições de pesca de Bonito Listrado com Vara e Isca Viva realizados na Bacia de Pelotas, fornecidos pela Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. Pode-se observar na figura, que os dados foram compartimentados em quadrantes regulares de meio grau (30') de lado, sendo contabilizado o número de operações de pesca dentro de cada quadrante. Esta metodologia foi baseada na utilizada em UNIVALI/CTTMar (2013) e facilita o cruzamento dos dados em ambiente SIG e a criação do índice de conflito potencial pretendido neste trabalho.

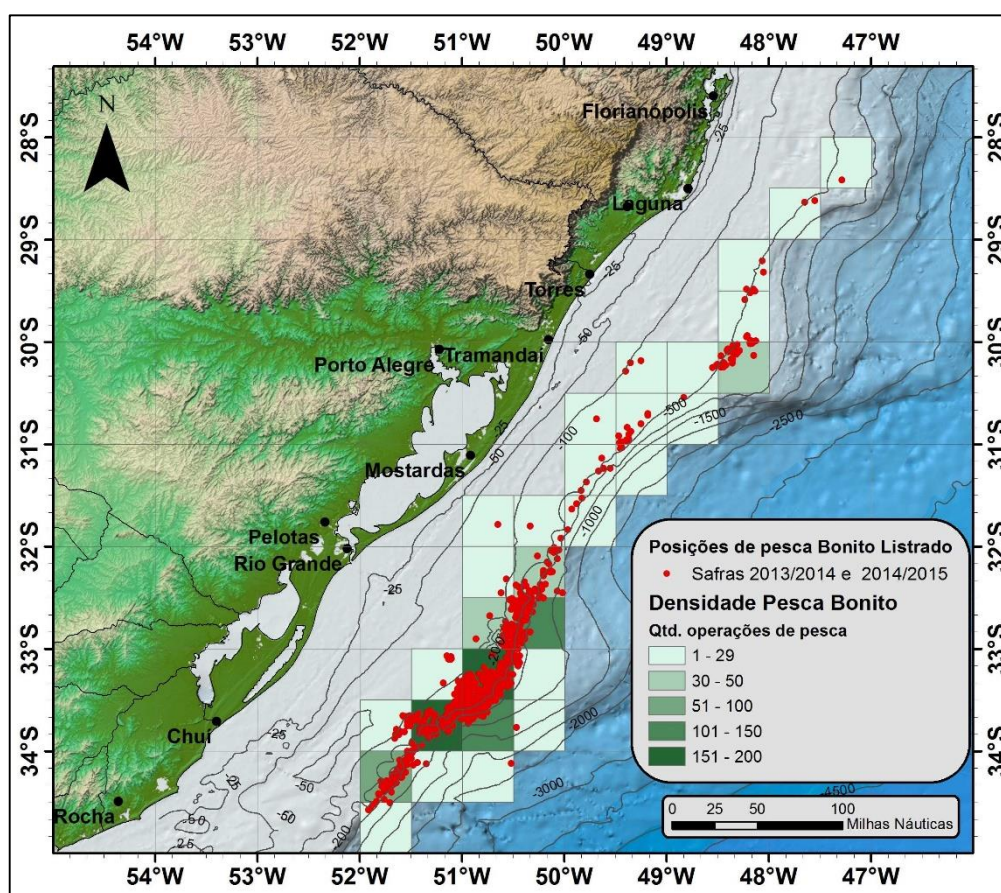


Figura 12 – Posições de pesca do Bonito Listrado com Vara e Isca Viva (pontos vermelhos), realizados pelas embarcações da Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. nas safras 2013/2014 e 2014/2015. Os diferentes tons de verde indicam a densidade de operações de pesca dentro de cada quadrante. Os quadrantes são regulares e possuem meio grau de lado (30' x 30').

2.6. Visualização 3D dos dados integrados

Para visualização dos mapas gerados neste trabalho foi utilizado o software para visualização tridimensional de dados *IVS Fledermaus Professional Edition v. 7.2.2c* (FLEDERMAUS, 2010).

Devido à grande quantidade de imagens que deveriam ser inseridas nas representações 3D geradas, optou-se por otimizar este processo utilizando a ferramenta *Fledermaus comand line*, disponível no *software*, e que permite a automatização do processo de inserção de elementos diversos nas representações 3D base.

2.7. Índice de conflito potencial

Um índice de conflito potencial foi desenvolvido neste trabalho, a fim de identificar as áreas da Bacia de Pelotas potencialmente conflituosas devido a sobreposição, atual ou futura, de diferentes atividades de exploração. Para a aplicação deste índice, a região da Bacia de Pelotas foi subdividida em 116 quadrantes de avaliação. Estes quadrantes possuem as mesmas dimensões (meio grau (30') de lado) com exceção da região costeira, onde os mesmos foram ajustados à linha de costa, e ao norte, no limite com a Bacia de Santos. Os quadrantes definidos são ilustrados na Figura 13.

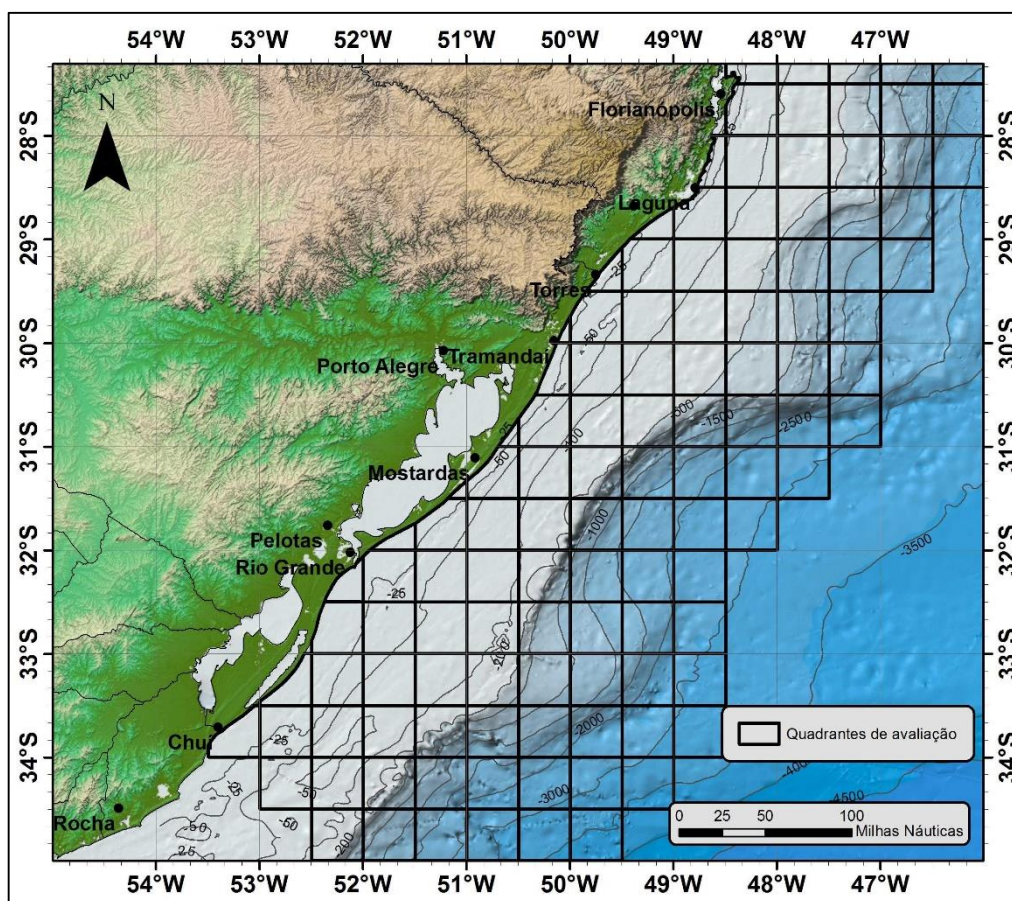


Figura 13 – Quadrantes (30' x 30') definidos para avaliação do índice de conflito potencial para a Bacia de Pelotas.

Para cada quadrante foi calculado um índice que corresponde ao somatório dos pesos atribuídos às diferentes situações possíveis para cada uma das atividades presentes em cada quadrante. O índice criado varia de 0 a 10, sendo que 0 significa nenhum potencial de conflito de atividades e 10 significa potencial de conflito de atividades muito alto. As

atividades avaliadas neste trabalho foram as da Indústria de Petróleo e Gás, da Mineração e da Pesca. O valor dos pesos de cada uma das situações possíveis para cada atividade em cada quadrante variou entre 1 e 3, de acordo com a atividade e a importância da mesma em cada quadrante. Os pesos atribuídos para cada situação estão apresentados na Tabela 5, sendo que o somatório dos pesos máximos das situações plausíveis para cada quadrante é 10, que representa o potencial de conflito máximo.

Tabela 5 – Pesos atribuídos a cada quadrante de acordo a situação da atividade presente no mesmo.

Atividade	Situação do quadrante	Peso
Petróleo e Gás	Presença de bloco exploratório em leilão	2
	Presença de bloco exploratório adquirido	3
Mineração	Presença de área com alto BSBS	1
	Presença de fosforita ou calcário	2
	Presença de hidrato de gás	1
Pesca	Atividade não-intensa (nº operações < 30)	2
	Atividade intensa (nº operações > 30)	3

Para a atividade da indústria de Petróleo e Gás foram definidos duas situações possíveis para os quadrantes avaliados: “Presença de bloco exploratório em leilão”, para os blocos que foram leiloados na 13ª Rodada de Licitações da ANP e “Presença de bloco exploratório adquirido”, para os blocos já adquiridos em leilões anteriores e que se encontram em fase de exploração, sendo atribuídos pesos 2 e 3, respectivamente, para cada uma destas situações. Para a atividade da mineração foram definidas três situações possíveis: “Presença de área com alto BSBS”, atribuindo-se peso 1 para os quadrantes onde foram identificados altos valores de BSBS (> -15 dB) nos mapas gerados neste trabalho; “Presença de fosforita ou calcário”, atribuindo-se peso 2 para os quadrantes onde, segundo a CPRM, há a presença destes recursos; e “Presença de hidrato de gás”, atribuindo-se peso 1 para os quadrantes onde, novamente, segundo a CPRM, há a presença deste recurso. A definição das situações possíveis para a atividade da pesca foi baseada na média de operações de pesca com vara e isca viva do Bonito Listrado realizados em cada quadrante, considerando as duas safras analisadas. A média calculada foi de 30 operações de pesca para cada quadrante. Com base neste valor foram definidas duas situações: “Atividade não intensa”, atribuindo-se peso 2 aos quadrantes em que foi observada quantidade de operações de pesca menor do que a média e “Atividade intensa”, atribuindo-se peso 3 aos quadrantes em que foram observadas quantidade de operações de pesca maior do que a média.

Com base nos índices calculados foi criado um mapa de conflito potencial que será apresentado no Capítulo Resultados e Discussão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta tese foi gerado um mapa batimétrico a partir de dados hidroacústicos e de altimetria por satélite. Este mapa formou a camada base do SIG 3D, sobre a qual foram integradas as demais informações de fundo, como o BSBS e a carta faciológica, que possibilitaram a identificação de áreas de interesse para a mineração. Dados de temperatura e salinidade da coluna d'água também foram integrados e possibilitaram, juntamente com outras ferramentas de análise, como os diagramas TS, identificar as massas de água presentes na área de estudo em diferentes épocas. Por outro lado, também foi possível identificar a presença de diferentes feições oceanográficas temporalmente recorrentes, ou não, e que poderiam estar relacionadas a picos de densidade acústica biológica, ou ainda, à intensificação da atividade pesqueira nestas áreas. Estas relações foram identificadas a partir das informações de NASC e de esforço de pesca, integradas às representações 3D e analisadas em conjunto com as demais informações disponíveis.

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados alcançados neste trabalho. A apresentação será realizada de acordo com as diferentes etapas do processamento dos dados e a integração dos mesmos ao ambiente 3D, à medida que o trabalho foi desenvolvido. Inicialmente, no item 3.1, será feita uma breve descrição da representação tridimensional interativa de dados oceanográficos desenvolvida.

3.1. Representação 3D interativa dos dados oceanográficos

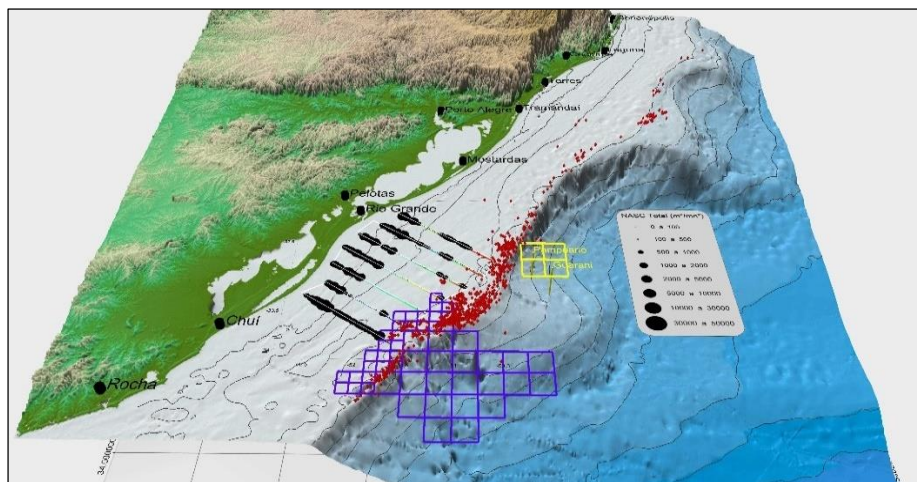
O objetivo principal deste trabalho foi a identificação de áreas de ocorrência de potenciais conflitos em função da sobreposição espacial e/ou temporal, de diferentes atividades que já se desenvolvem na região da Bacia de Pelotas, como a pesca, e outras que virão a se desenvolver, como a exploração de petróleo e gás e a mineração. Para tanto foram utilizadas diferentes representações 3D geradas a partir do conjunto de informações já descrito.

As representações 3D desenvolvidas permitem que o usuário interaja de forma direta com o grande volume de dados disponíveis, buscando visualizações que favoreçam a observação das informações. Essa possibilidade de “navegação” em um ambiente tridimensional, interativo e dinâmico, se mostra vantajosa, principalmente se comparada às representações clássicas, bidimensionais.

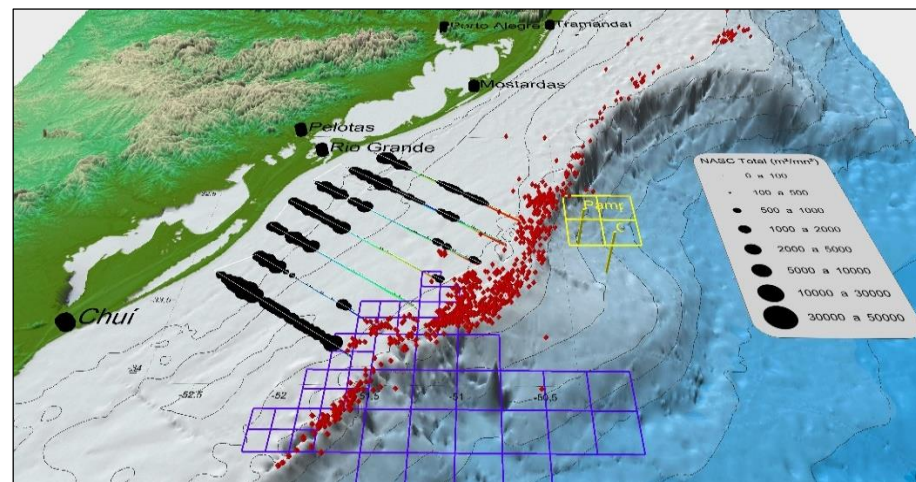
A disposição espacial das diversas informações e o cruzamento entre elas pode ser observada a partir de diferentes ângulos de visão. Desde os mais abertos, com o objetivo de visualizar os dados em um contexto geral, até visões gradativamente mais fechadas em regiões que sejam de interesse do observador. A fim de exemplificar a interatividade das representações 3D, é apresentada, na Figura 14, uma sequência de imagens de uma destas

representações. No exemplo da figura o observador inicia a visualização dos dados contemplando a representação a partir de uma visão aberta (Figura 14 (a)), analisando os dados de forma geral e avaliando somente o contexto dos mesmos. À medida que navega na interface (Figura 14 (b) e (c)), o observador “entra” na representação 3D, aproximando - se cada vez mais do ponto de interesse, onde deseja visualizar os dados em detalhes (Figura 14 (d)). Esta dinâmica no acesso aos dados facilita a interpretação dos mesmos e, por consequência, maximiza e qualifica a geração de informações.

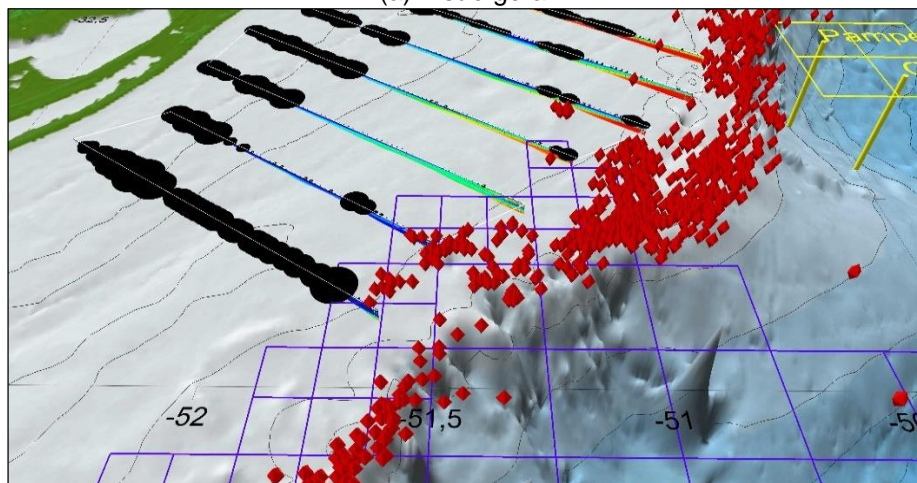
Na sequência deste capítulo serão apresentados o mapa batimétrico 3D e a integração ao mesmo, dos dados faciográficos e de retroespalhamento acústico de fundo. Na continuidade a caracterização ambiental a partir dos dados de temperatura e salinidade integrados de diferentes formas à representação 3D, além do cruzamento com dados de densidade acústica biológica e de esforço de pesca com vara e isca viva. Ao final do capítulo serão apresentados as potenciais áreas de conflito de atividades identificadas na Baía de Pelotas.



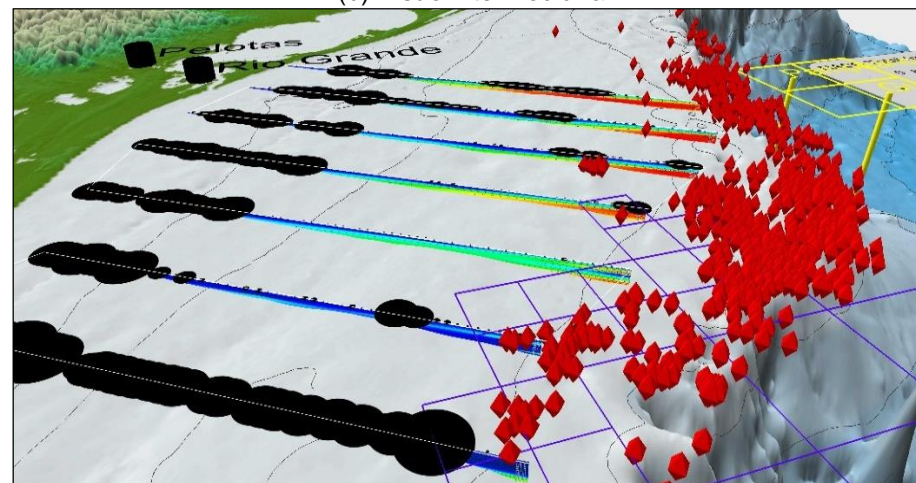
(a) Visão geral



(b) Visão intermediária



(c) Visão intermediária



(d) Visão em detalhe

Figura 14 – Sequência de navegação em uma das representações 3D, desde a visão geral (a) até a visão em detalhe (d). Os círculos pretos representam o NASC no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010, os diamantes vermelhos representam as posições de pesca de Bonito Listrado com Vara e Isca Viva, os polígonos representam os blocos de exploração de petróleo e gás em fase de prospecção (amarelo) e em vias de serem leiloados (azuis). As linhas perpendiculares à costa representam a derrota do navio no cruzeiro. Sob tais linhas observa-se seções verticais de temperatura nas quais as cores frias indicam as menores temperaturas e as cores quentes as maiores.

3.2. Mapa batimétrico

A caracterização do fundo oceânico é de fundamental importância para diversas atividades realizadas *offshore*, tais como a pesca, ou mesmo a Engenharia Oceânica, como instalação de plataformas e equipamentos, passagem de dutos, etc. Neste contexto, o mapa batimétrico gerado neste estudo representa, por si só, um acréscimo no conhecimento da morfologia de fundo desta região. Além disso, a malha batimétrica gerada representa uma contribuição importante também para a interpretação e modelagem da dinâmica do ambiente, uma vez que a batimetria tem forte influência no deslocamento de massas d'água.

O mapa batimétrico (Figura 15) inclui as regiões da Plataforma Continental, talude e região oceânica adjacente à Bacia de Pelotas e foi utilizado como base para gerar as representações 3D interativas. O mapa batimétrico tem resolução de 30x30 segundos de grau (aproximadamente 926 m) e está representado com um exagero vertical de 30 vezes a fim de destacar as principais feições de fundo. Dados de elevação do continente (GTOPO30) com resolução de 30 segundos de grau, disponibilizados juntamente com os dados altimétricos, foram mantidos nesta representação.

A partir da representação 3D foi possível identificar as principais feições de fundo da região, como os Vales do Rio Grande e o Cone do Rio Grande, no extremo sul, o Terraço do Rio Grande ao largo de Tramandaí-RS e o terraço ao largo de Florianópolis-SC (Figura 15).

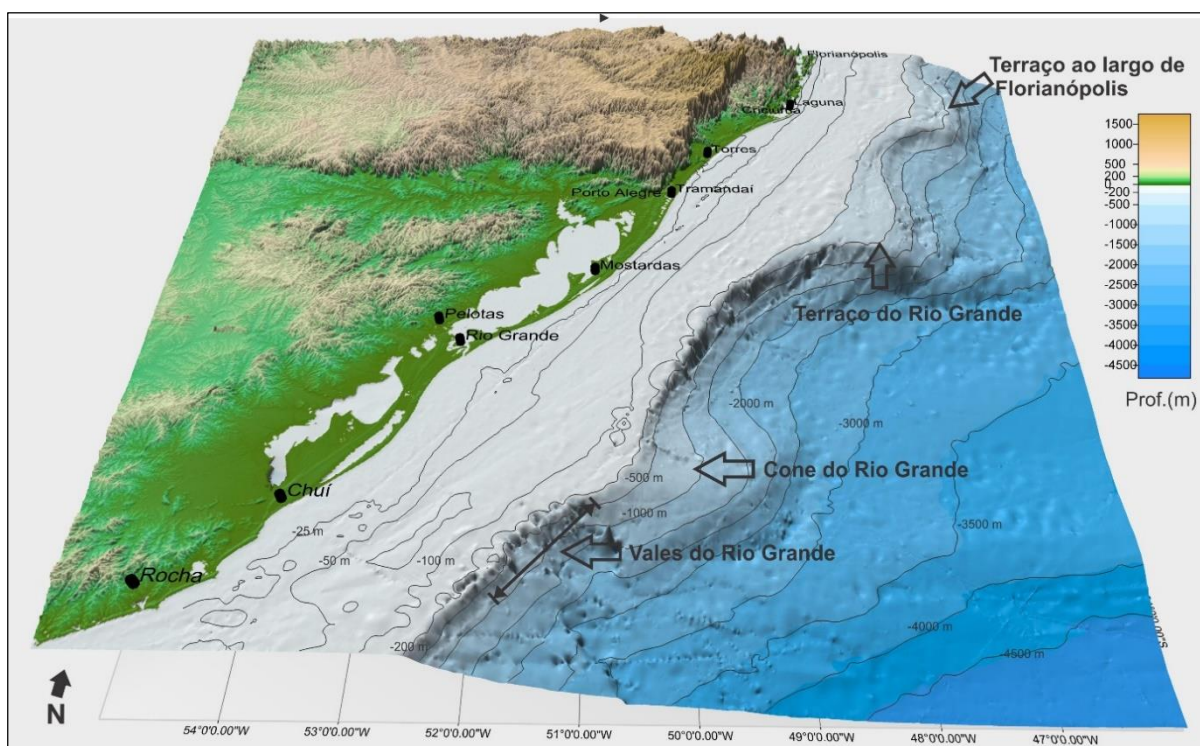


Figura 15 - Visão geral do mapa batimétrico 3D base.

Cabe salientar que as medições realizadas com método gravimétrico, que originam os dados de altimetria, apresentam grande incerteza vertical sobre a plataforma e talude

(SANDWELL, GILLE & SMITH, 2002). Segundo os autores, esta incerteza vertical deve-se a influência da proximidade dos sedimentos da costa e ainda não foi quantificada com precisão. Visando minimizar esta incerteza, estes autores incorporaram aos dados altimétricos satelitais, dados batimétricos obtidos por navios de ocasião. Esta correção acaba, por vezes, gerando “artefatos” que são minimizados durante o processo de interpolação, mas que ainda assim podem persistir, aparecendo nos mapas na forma de linhas, ou cavidades ao longo das derrotas dos navios, conforme pode ser observado na Figura 16, na região próxima aos Vales do Rio Grande e ao Cone do Rio Grande.

A seguir serão descritas as principais feições de fundo identificadas a partir do mapa batimétrico gerado.

3.2.1. Feições de fundo identificadas

A qualidade dos dados e a liberdade de movimentação proporcionada pela representação virtual 3D permitiu a observação detalhada das principais feições de fundo presentes na área de estudo, a partir de diferentes ângulos.

Comparando o mapa batimétrico gerado com os mapas de Chaves (1979) e outros mais recentes, como o de Figueiredo & Madureira (2004) e da CPRM (2008), foi possível identificar, de forma mais precisa, as mesmas principais feições de fundo existentes na Bacia de Pelotas, como os Vales do Rio Grande e o Cone do Rio Grande encontrados mais ao sul e mostrados em mais detalhes na Figura 16, seguido pelo Terraço do Rio Grande, ao largo de Tramandaí, e o terraço ao largo de Florianópolis, mostrados em mais detalhes na Figura 17.

A representação 3D possibilitou a confirmação da constatação feita por Figueiredo & Madureira (2004), de que todas as protuberâncias observadas são assimétricas em relação a um eixo imaginário partindo da costa, evidenciando a presença de uma disposição sedimentar diferenciada de um lado para o outro. Todas as protuberâncias presentes na Bacia de Pelotas apresentam a face sul mais íngreme se comparada à norte, mais suavizada, o que é indicativo de retirada de sedimento da face sul, provavelmente devido a ação de correntes de contorno que ocorrem paralelamente as linhas isobatimétricas (Figura 15, 16 e 17). Situação semelhante foi documentada por Vianna et al. (1998) apud Figueiredo & Madureira (2004) que mostrou que no flanco norte do leque de São Tomé, entre a quebra da plataforma e 300 m de profundidade a Corrente do Brasil aumenta sua velocidade para logo a seguir na área sul se desacelerar, criando condições de deposição de sedimento.

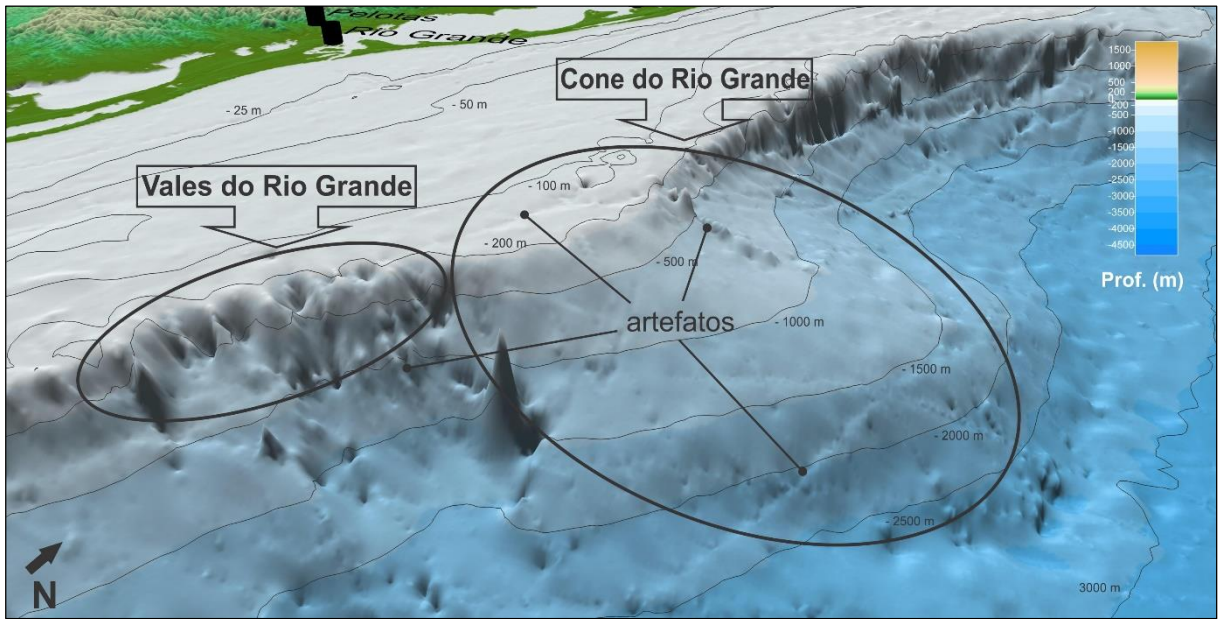


Figura 16 - Vales do Rio Grande e Cone do Rio Grande.

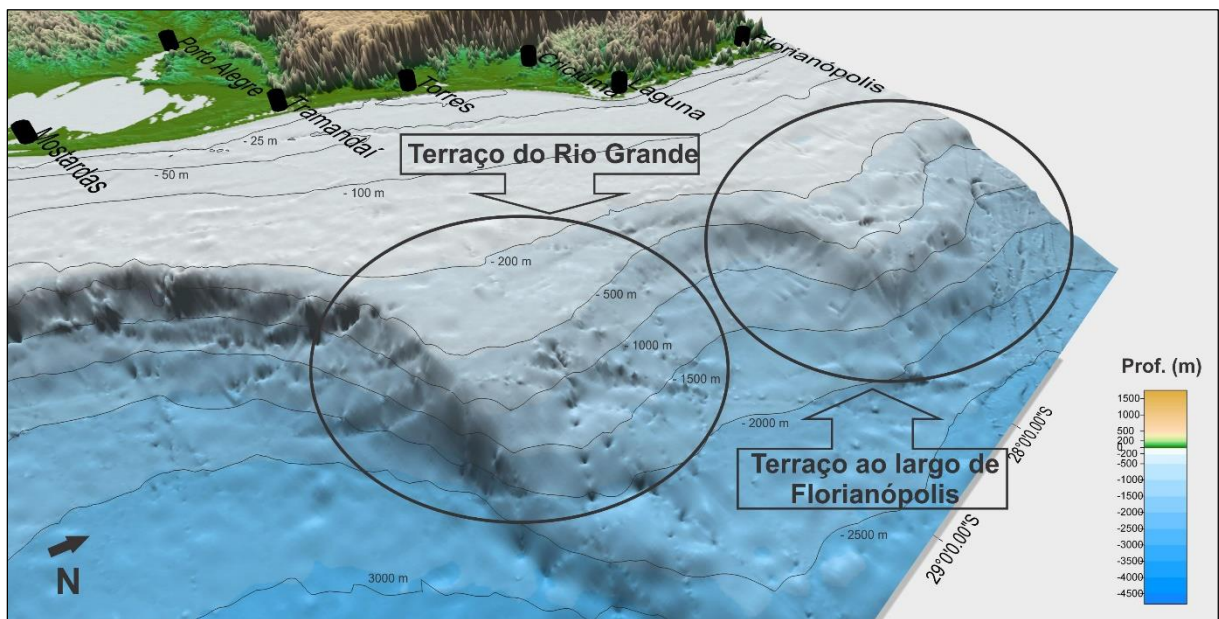


Figura 17 - Terraço do Rio Grande e terraço ao largo de Florianópolis.

3.2.2. Retroespalhamento acústico de fundo

O mapa de BSBS foi gerado a partir da interpolação dos dados acústicos ilustrados na Figura 18. Os dados de BSBS ao longo dos transectos foram representados utilizando-se a escala de cores proposta por Figueiredo & Madureira (2004). Os dados em vermelho representam alto retroespalhamento acústico, indicativo de fundos mais duros, enquanto os dados em azul representam baixo retroespalhamento acústico, indicativo de fundos não consolidados. As cores amarela e verde representam fundos com retroespalhamento acústico intermediário, conforme a Tabela 2 apresentada no Capítulo 2.

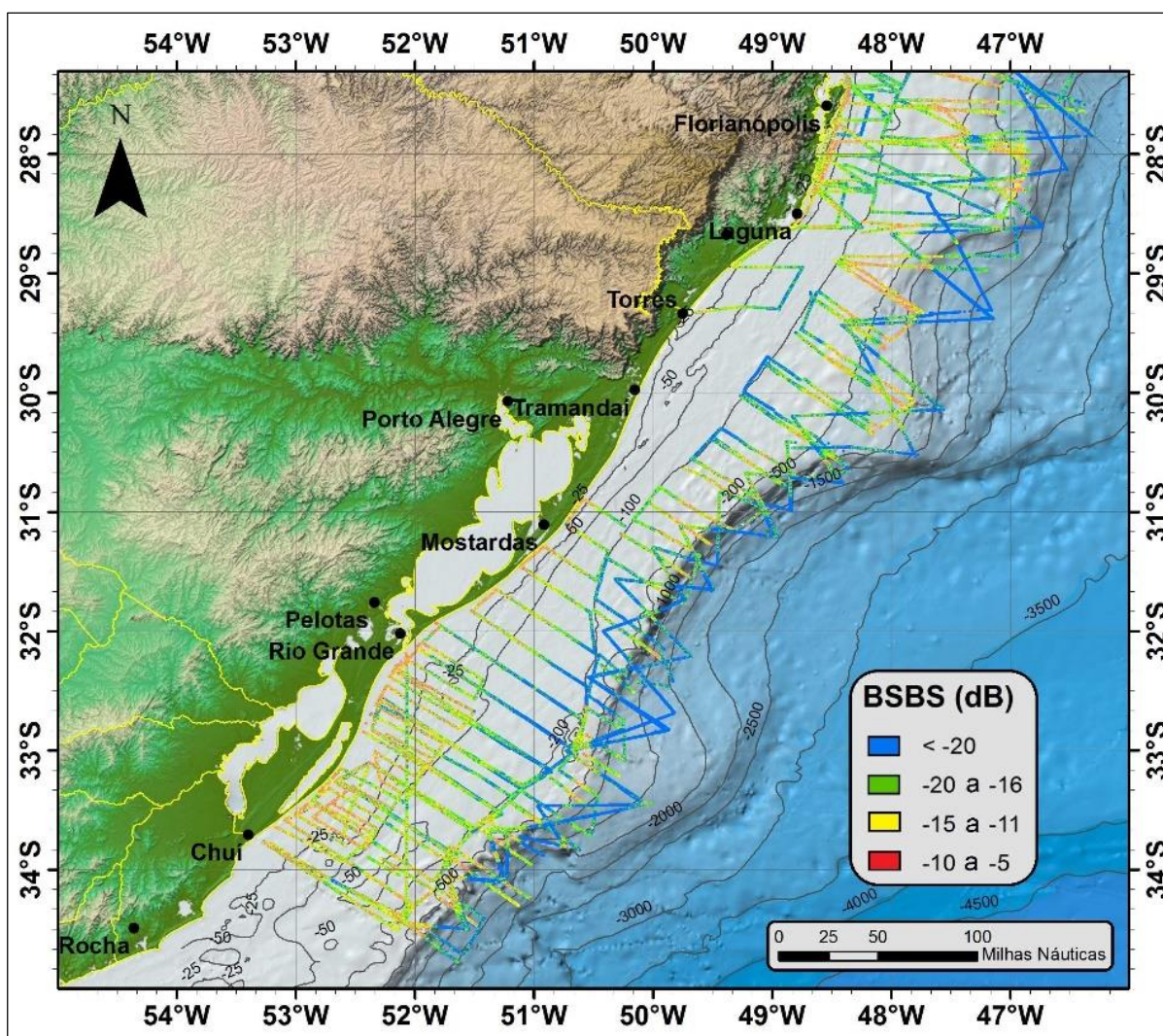
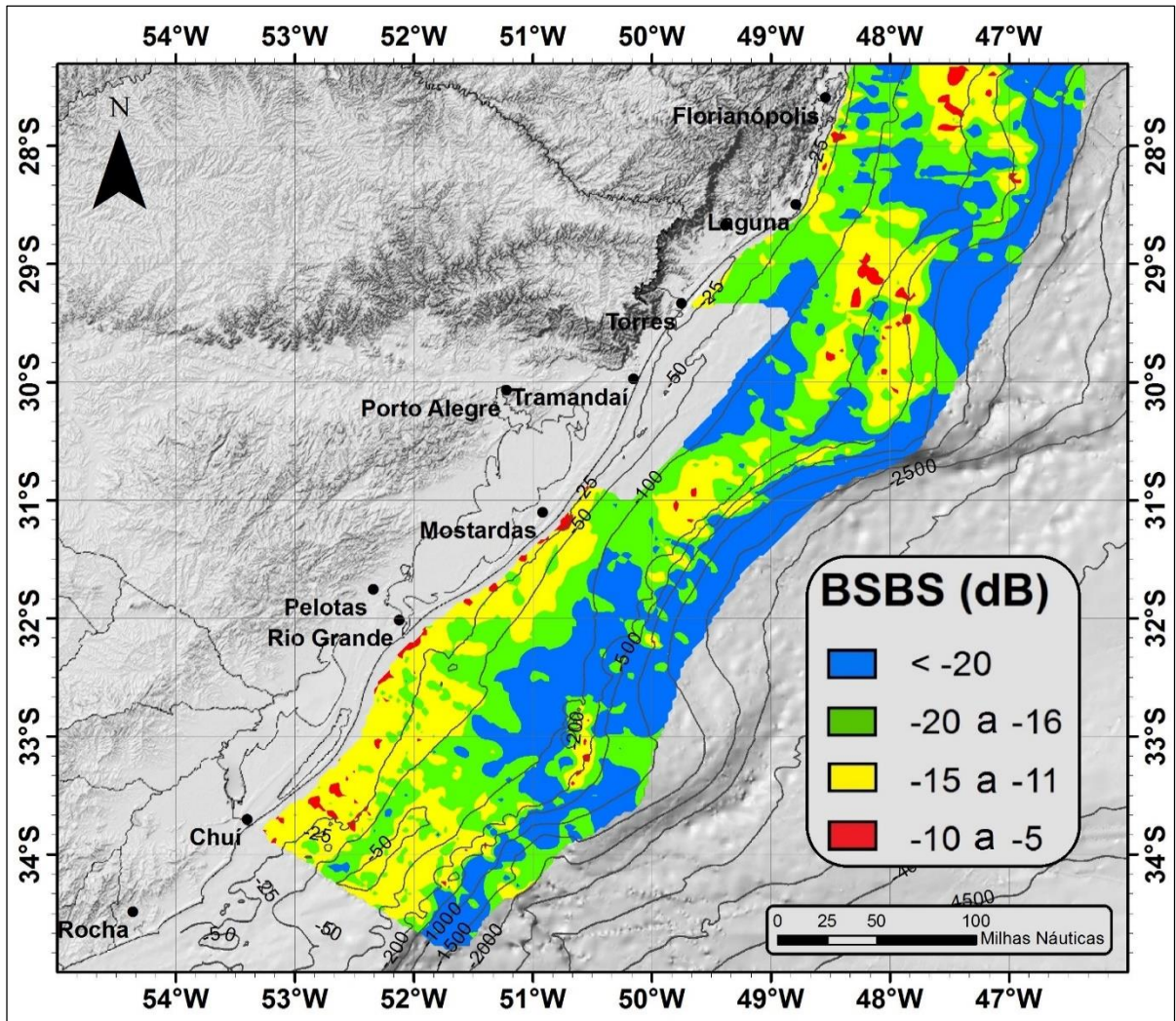
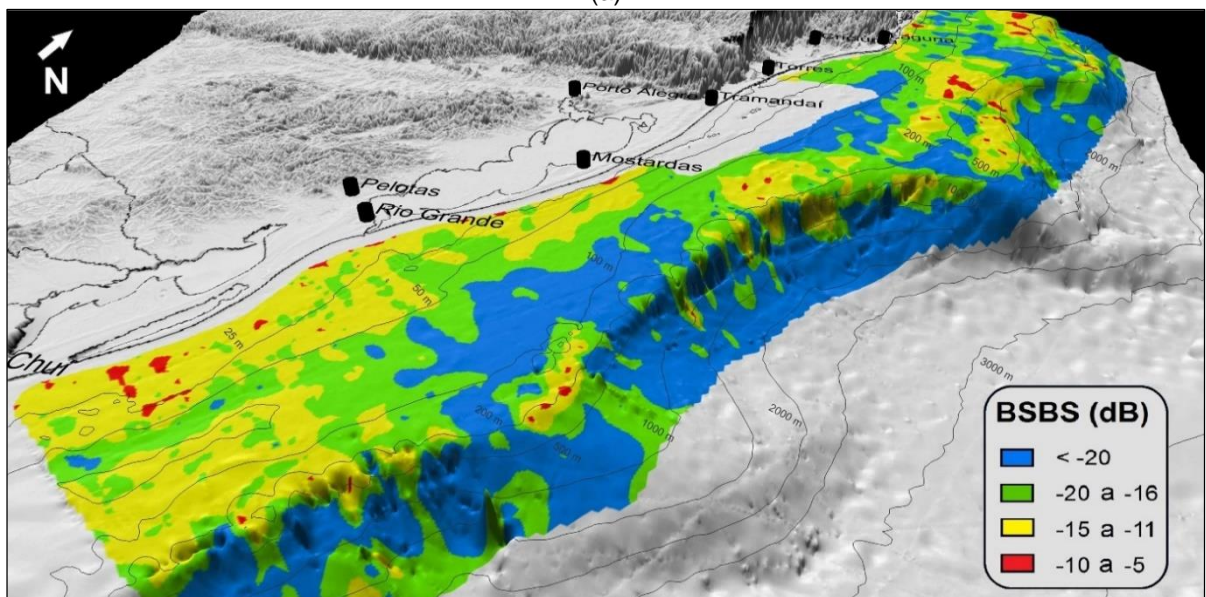


Figura 18 – Dados hidroacústicos na Baía de Pelotas, classificados segundo a escala de cores proposta por Figueiredo & Madureira (2004).

A Figura 19 (a) e (b) ilustra o mapa de BSBS interpolado a partir dos dados apresentados na Figura 18, sobreposto ao mapa batimétrico 3D com exagero vertical de 30 vezes.



(a)



(b)

Figura 19 - Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa interpolado de BSBS sobreposto ao mapa batimétrico 3D da Baía de Pelotas.

De modo geral a região da Bacia de Pelotas apresentou valores intermediários de BSBS ($-20 \text{ dB} < \text{BSBS} < -10 \text{ dB}$), representados no mapa nas cores amarela e verde. Valores menores que -20 dB , indicativos de fundos não consolidados, e representados no mapa na cor azul, predominaram na região do talude e região oceânica profunda adjacente. Em áreas mais rasas foram identificados fundos não consolidados em três regiões principais, a saber: sobre a Plataforma Continental ao largo da cidade do Rio Grande, em profundidades maiores do que 50 m ; na faixa entre as latitudes $28^{\circ}57'S$ e $30^{\circ}33'S$ entre as profundidades de 60 m e 150 m e; ao sul do terraço ao largo de Florianópolis, entre os 60 m e o talude continental (aproximadamente 300 m). Algumas ocorrências de fundos com valores de BSBS inferiores à -20 dB também foram identificados na área ao norte do Cabo de Santa Marta ($28^{\circ}35'S$), entre as isobátas de 50 m e 100 m .

Fundos com alto BSBS ($> -10 \text{ dB}$), representadas nos mapas na cor vermelha, não ocuparam grandes áreas, tendo ocorrido de forma reduzida no mapa de BSBS gerado. De sul para norte (Figura 19), pode-se identificar ocorrências na área na altura da latitude $33^{\circ}30'S$, na região da plataforma interna e também no talude ao largo da região do Chuí. Outra ocorrência reduzida pode ser observada sobre a plataforma externa, na região do Cone do Rio Grande, na altura da latitude $33^{\circ}10'S$. Mais ao norte foram identificadas áreas com altos valores de BSBS na altura na latitude $31^{\circ}S$, sobre a plataforma externa ao largo de Mostardas, e próximo ao Terraço do Rio Grande, entre $28^{\circ}53'S$ e $30^{\circ}05'S$. No extremo norte da área de estudo, no limite com a Bacia de Santos, ocorre outra área com altos valores de BSBS, entre as latitudes de $27^{\circ}20'S$ e $28^{\circ}18'S$, com ocorrência mais destacada entre os 140 m e 200 m de profundidade e menos ampla nos 500 m , na área sobre o terraço de Florianópolis. Algumas ocorrências pontuais foram identificadas em áreas costeiras, como ao sul de Florianópolis e em alguns pontos da costa do RS, em profundidades que variaram entre 15 m e 30 m .

O mapa de BSBS gerado foi comparado com outros estudos realizados total ou parcialmente na Bacia de Pelotas. Na Figura 20 o mapa de BSBS deste estudo (Figura 20 B) é comparado com os mapas gerados por Figueiredo & Madureira (2004), apresentado na Figura 20 (A) e de Costa et al. (2013), apresentado na Figura 20 (C). Figueiredo & Madureira (2004) utilizaram dados de três cruzeiros que cobriram a plataforma externa e talude da região sudeste sul do Brasil, desde o Chuí até o Cabo Frio – RJ. Costa et al. (2013) utilizaram, além destes mesmos dados, outros provenientes de mais três cruzeiros realizados na área do talude da mesma região, limitando-se à Bacia de Pelotas.

No presente estudo os dados utilizados por Figueiredo & Madureira (2004) e Costa et al. (2013) foram integrados à outros provenientes de uma série de novos cruzeiros realizados total ou parcialmente na Bacia de Pelotas (Tabela 1). O mapa de BSBS apresentando neste trabalho contém um aumento considerável no número de cruzeiros e, por consequência, da

densidade de leituras acústicas nas regiões já cobertas nos trabalhos anteriores. Além disso, a cobertura foi expandida à Plataforma Continental interna da Bacia de Pelotas, com exceção da área entre o norte de Mostardas e o sul de Torres (Figura 18), para a qual não havia dados disponíveis.

Neste estudo, diferente dos anteriores, em que os dados foram utilizados na sua totalidade, optou-se por filtrar as repetições de posicionamento (ver Capítulo Metodologia). Esta modificação, aliada a maior resolução propiciada pela maior densidade de dados em determinadas áreas, possibilitou a definição mais precisa da extensão das áreas que apresentaram diferentes respostas acústicas, principalmente dos fundos com altos valores de BSBS identificadas nos trabalhos anteriores, como pode ser observado na Figura 20. Com exceção da área com altos valores de BSBS identificada por Costa et al., 2013 (Figura 20 (C)) no extremo sul da Bacia de Pelotas, na altura da latitude 34°S, que não foi observada, todas as demais áreas com altos valores de BSBS identificadas nos trabalhos anteriores foram identificadas também neste estudo, porém de forma mais detalhada. As áreas com baixos valores de BSBS, identificadas nos trabalhos anteriores nas regiões do talude e oceânica profunda, são compatíveis com as áreas identificadas no presente estudo.

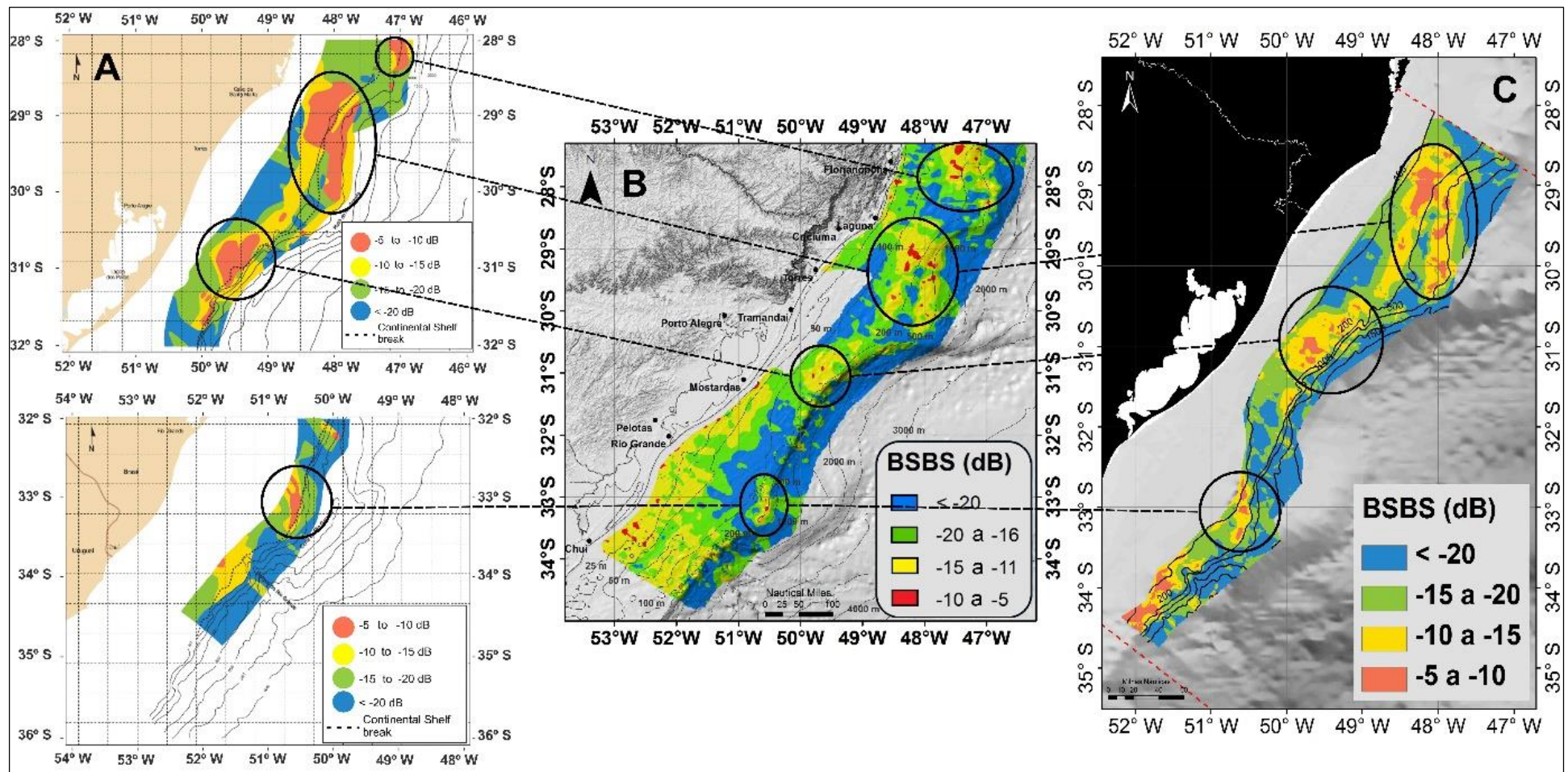


Figura 20 – Mapa de BSBS gerado por Figueiredo e Madureira (2004) (A); Mapa de BSBS gerado neste trabalho (B); Mapa de BSBS gerado por Costa et al. (2013) (C). Em destaque as áreas com maiores valores de BSBS e a correspondência entre os trabalhos.

3.3. Mapa faciológico e de recursos minerais da Bacia de Pelotas.

A Figura 21 (a) e (b) ilustra o mapa faciológico de Dias et al. (2004), utilizado neste trabalho, já georeferenciado e integrado à representação batimétrica 3D da área de estudo. Nele é possível observar a distribuição sedimentar superficial da Plataforma Continental e do talude da Bacia de Pelotas.

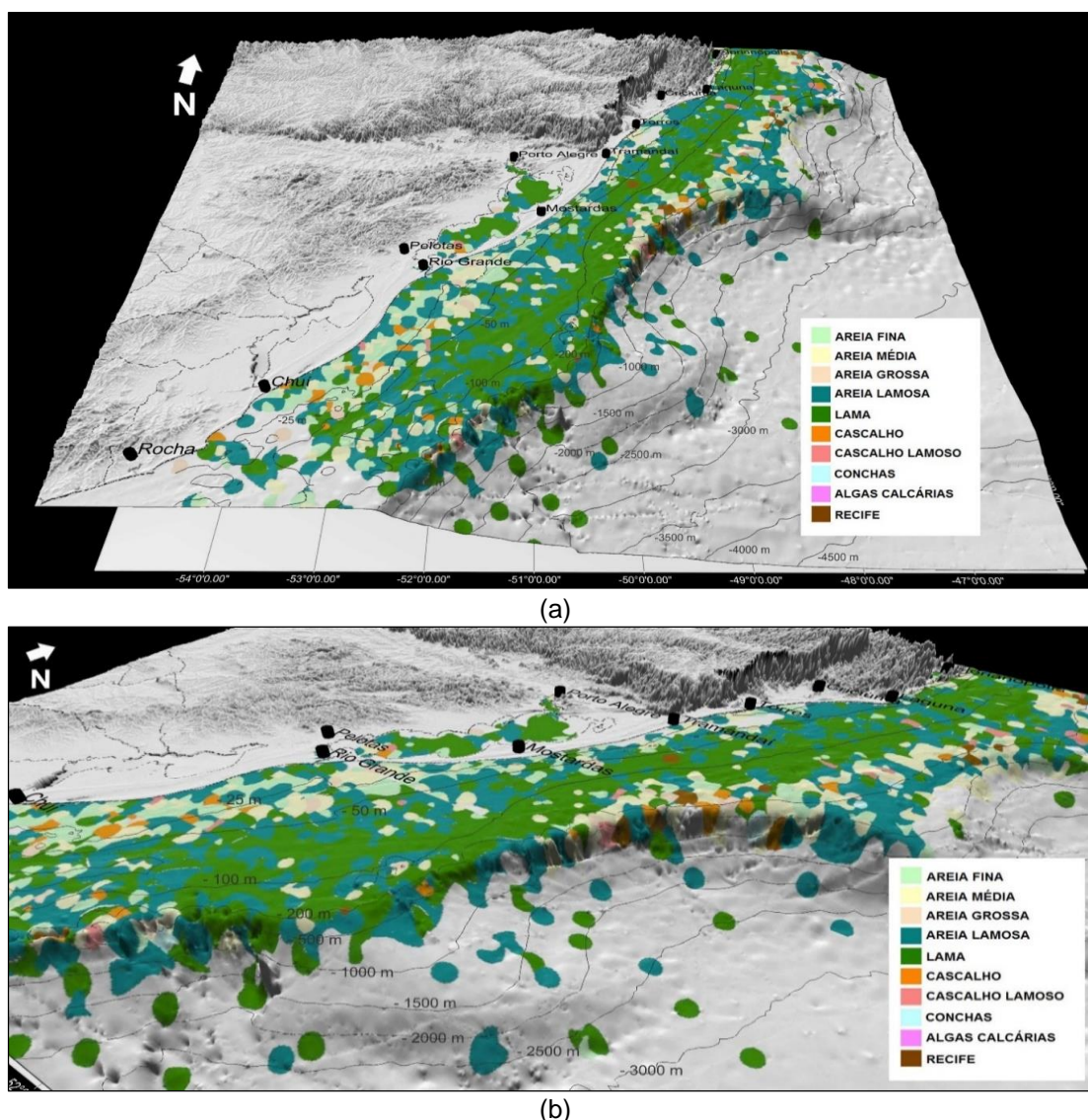


Figura 21– Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa faciológico da Bacia de Pelotas, gerado por Dias et al. (2004), sobreposto a superfície batimétrica 3D.

Na Figura 22, o mapa de BSBS (Figura 22 B) é comparado com a carta faciológica da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul (RS), fornecido pelo Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) do Instituto de Oceanografia da FURG (Figura 22 A) e com a carta faciológica gerada por Dias et al. (2004) (Figura 22 C). Ambos os trabalhos contaram com dados gerados a partir da análise das amostragens de fundo realizadas no âmbito do Projeto REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) e REMPLAC (Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica do Brasil). A carta do LOG-FURG teve o incremento de amostragens realizadas em projetos mais recentes.

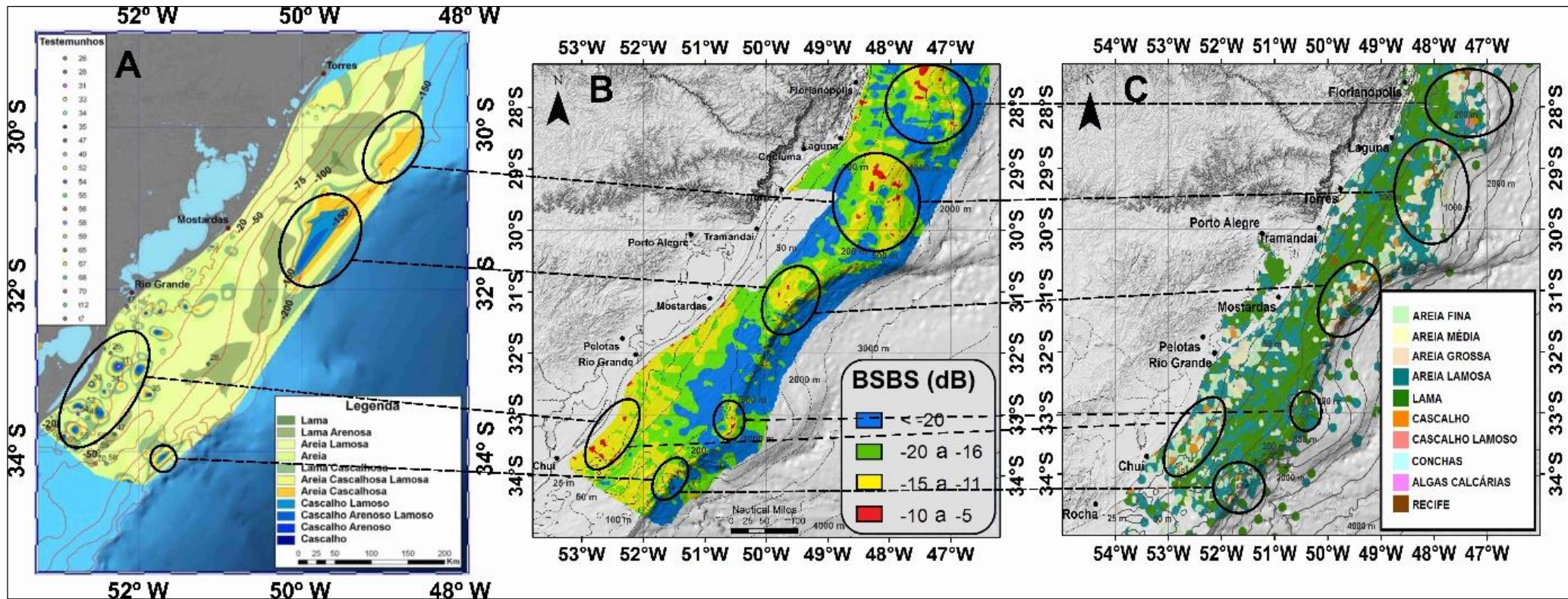


Figura 22 – Carta faciológica fornecida pelo LOG – IO/FURG (A); Mapa de BSBS gerado neste trabalho (B); Carta faciológica gerada por Dias et al. (2004) (C). Em destaque a correspondência de áreas com alto BSBS em regiões com fundo considerado duro.

Pode-se observar na carta faciológica elaborada pelo LOG-FURG, o predomínio de areia na Plataforma Continental do RS, com maiores concentrações encontradas na plataforma média e interna e do sul de Mostardas até o Chuí. Entretanto observa-se também, a presença de consideráveis corpos de lama na plataforma média e externa.

Esta configuração da distribuição sedimentar é compatível com a carta faciológica gerada por Dias et al. (2004). Embora apresentem metodologias diferentes de geração dos mapas interpolados, a fonte de parte dos dados utilizados nos dois trabalhos é coincidente (Projetos REVIZEE e REMPLAC).

No extremo sul da área de estudo, próximo ao Chuí, observa-se na carta faciológica do LOG-FURG e na de Dias et al. (2004), a presença de bancos de material grosso, com predomínio de cascalho, que podem ser responsáveis pelos “*patches*” de altos valores de BSBS, identificados no mapa de retroespalhamento acústico de fundo. Ainda no extremo sul, na região próxima ao talude, ao sul do Vale do Rio Grande, observa-se uma pequena ocorrência de valores altos de BSBS, em área com presença de sedimento mais grosso, conforme pode ser observado na Figura 22 (A) e (C).

Tanto no mapa gerado pelo LOG-FURG quanto no de Dias et al. (2004) pode-se observar a presença de fundos de material grosso (cascalho, cascalho arenoso, cascalho lamoso e conchas) na altura da latitude 31°S. Figueiredo & Tessler (2004), que caracterizaram o fundo marinho em termos de topografia e composição, para efeitos de pesca de fundo, desde o Chuí até o Cabo Frio, classificaram esta região específica como “Área não recomendável para arrasto” devido à presença de conchas e nódulos de algas calcárias (rodolitos), ou seja, fundos considerados duros. Nesta área, o mapa de BSBS apresenta, de modo geral, BSBS intermediário (-10 dB à -15 dB) e alguns “*patches*” com BSBS mais alto (> -10 dB). Nos trabalhos anteriores de Figueiredo & Madureira (2004) e Costa et al. (2013) esta região apresentou alto BSBS, conforme pode ser observado na Figura 20.

Altos valores de BSBS também podem ser observados na área próxima ao Terraço do Rio Grande (~29°30’S), onde há presença de fundos de cascalho, cascalho lamoso, areia cascalhosa e conchas, nas cartas faciológicas analisadas. No extremo norte, ao largo de Florianópolis, em área não coberta na carta faciológica do LOG-FURG, mas com presença de fundos de material grosso, conforme a carta de Dias et al. (2004), observa-se altos valores de BSBS, tanto nos resultados do presente trabalho quanto nos de Figueiredo & Madureira (2004) e Costa et al. (2013), apresentados na Figura 20. Figueiredo & Tessler (2004) classificaram esta área ao largo de Florianópolis, como “Não recomendável para arrasto” devido a presença de conchas e nódulos de algas calcárias (rodolitos), ou seja, com presença de fundos duros.

As ocorrências pontuais de altos valores de BSBS nas áreas rasas na costa do RS, de Mostardas até o sul do Rio Grande e também em Santa Catarina, ao sul de Florianópolis, onde os mapas sedimentológicos apontam fundo lamoso, podem ser explicadas pela provável existência de um sub-fundo duro. É possível que, devido à pequena profundidade, o sinal acústico de 38 kHz tenha penetrado a camada superficial de sedimentos lamosos detectando assim, além desta camada superficial, uma camada sub-superficial sobre a qual este sedimento pode estar assentado (COSTA et al., 2013). Segundo estudos anteriores (BUCHMANN, 2002; MARTINS & MARTINS, 2004; GOULART, 2010) existem evidências de afloramentos de antigos substratos de arenito de praia (*beach rocks*) na região ao sul de Mostardas.

De modo geral houve considerável correspondência entre as áreas com presença de fundos não consolidados e com fundos com baixos valores de BSBS, assim como entre as áreas com presença de fundos considerados duros, ou consolidados, e fundos com altos valores de BSBS. A Tabela 6 apresenta a quantificação espacial das áreas com fundos consolidados e não consolidados identificados nos trabalhos de Dias et al. (2004) e do LOG-FURG e as respectivas quantificações das áreas de sobreposição destes fundos com as áreas com baixos e altos BSBS identificadas neste trabalho.

Tabela 6 – Quantificação das áreas com fundos consolidados e não consolidados identificados nos trabalhos de Dias et al (2004) e do LOG-FURG e os respectivos cruzamentos destas áreas com o mapa de BSBS.

	Tipo de fundo	Área (km ²)	Área intersecção com alto BSBS (km ²)	Área intersecção com Baixo BSBS (km ²)
Carta Dias et al (2004)	Consolidado	8.182,20 (5,3%)	4.228,68 (51,7%)	
	Não consolidado	145.215,70 (94,7%)		85.359,90 (58,8%)
	TOTAL	153.397,90 (100%)		
Carta LOG	Consolidado	9.730,30 (10,2%)	5.442,99 (55,9%)	
	Não consolidado	85.296,70 (89,8%)		48.090,49 (56,4%)
	TOTAL	95.027,00 (100%)		

A área total da Baía de Pelotas avaliada no trabalho de Dias et al. (2004) corresponde a 153.397,20 km², dos quais 8.122,20 km² (5,3%) foram considerados fundos duros, tais como: areia grossa, cascalho, cascalho lamoso, conchas, algas calcárias e recifes. O cruzamento da localização dos fundos duros com as áreas de alto BSBS (> -15 dB) identificadas, resultou em uma área de 4.228,65 km², que representa 51,7% de correspondência entre as áreas de alto BSBS e as áreas com fundo considerado duro. A distribuição espacial das áreas identificadas a partir deste cruzamento é apresentada na Figura 23. Fundos não consolidados ou moles, representaram 145.215,90 (94,7%) da área analisada por Dias et al. (2004) e foram classificados como areia fina, areia média, areia lamosa e lama. O cruzamento entre as áreas ocupadas por estes fundos e as áreas com baixo

BSBS (< -16 dB), identificadas neste trabalho, resultou em uma área de 85.359,90 km², o que representa 58,8% de correspondência entre as áreas com baixo BSBS e as áreas com fundo não consolidado identificados por Dias et al (2004). A distribuição espacial das áreas identificadas a partir deste cruzamento é apresentada na Figura 24.

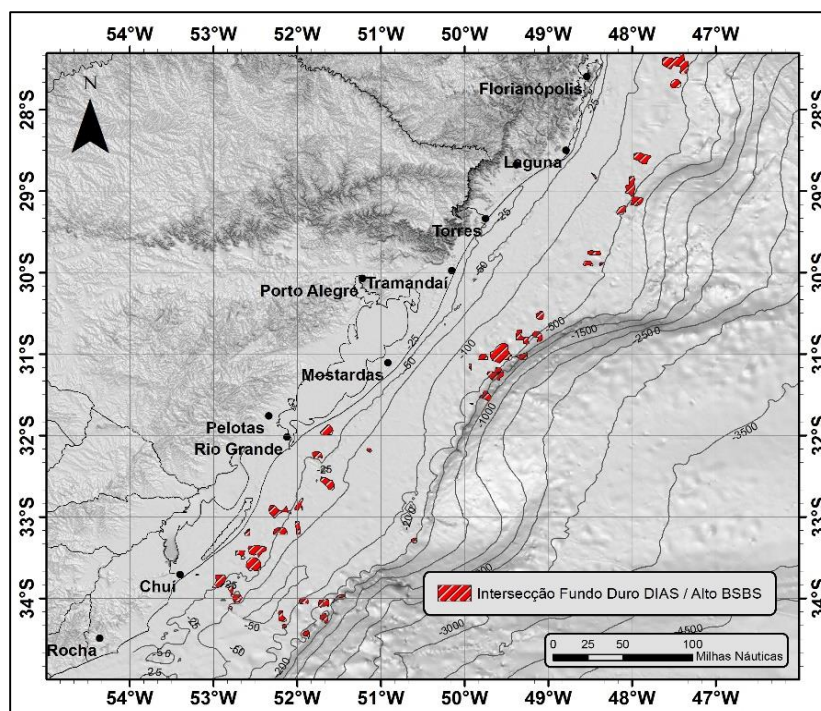


Figura 23 – Áreas de intersecção entre os altos valores de BSBS (> -15 dB) e os fundos duros (areia grossa, cascalho, cascalho lamoso, conchas, algas calcárias e recifes) identificados na carta faciológica de Dias et al (2004).

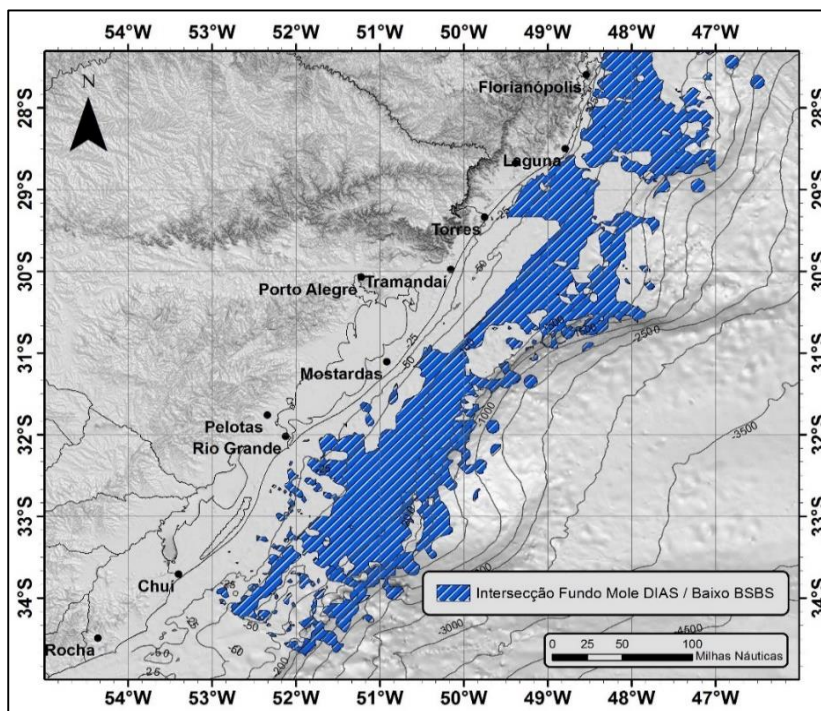


Figura 24 – Áreas de intersecção entre os baixos valores de BSBS (< -16 dB) e os fundos não consolidados ou moles (areia fina, areia média, areia lamosa e lama) identificados na carta faciológica de Dias et al (2004).

A área total da Baía de Pelotas avaliada na carta do LOG foi de 95.027,00 km², dos quais 9.730,30 km² foram considerados fundos duros. Estes fundos foram classificados como cascalho, cascalho arenoso, cascalho arenoso lamoso, cascalho lamoso e areia cascalhosa. O cruzamento destas áreas com o mapa de BSBS resultou em uma área de 5.442,99 km², o que representa 55,9% de correspondência entre as áreas de fundo considerado duro com as áreas de alto BSBS (> -15 dB). A distribuição espacial das áreas identificadas a partir deste cruzamento é apresentada na Figura 25. Fundos não consolidados ou moles, representaram 85.296,70 km² (89,8%) da área analisada e foram classificados como lama, lama arenosa, areia lamosa, areia, lama cascalhosa e areia cascalhosa lamosa. O cruzamento destas áreas com o mapa de BSBS resultou em um área de 48.090,49 km², o que corresponde a 56,4% de sobreposição entre as áreas de fundo considerado não consolidado com as áreas de baixo BSBS (<-16 dB). A distribuição espacial da sobreposição é apresentada na Figura 26.

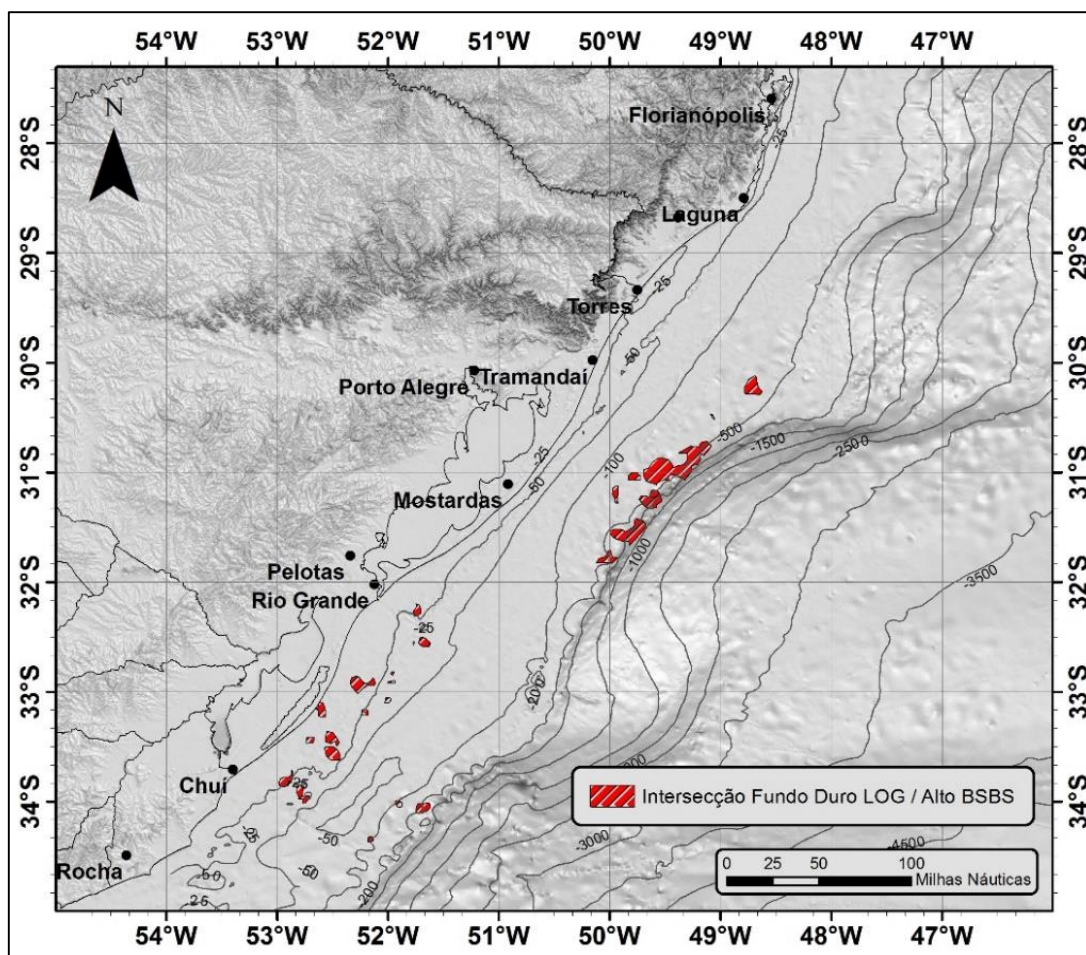


Figura 25 – Área de intersecção entre os altos valores de BSBS (> -15 dB) e os fundos duros (cascalho, cascalho arenoso, cascalho arenoso lamoso, cascalho lamoso e areia cascalhosa) identificados na carta faciológica do LOG.

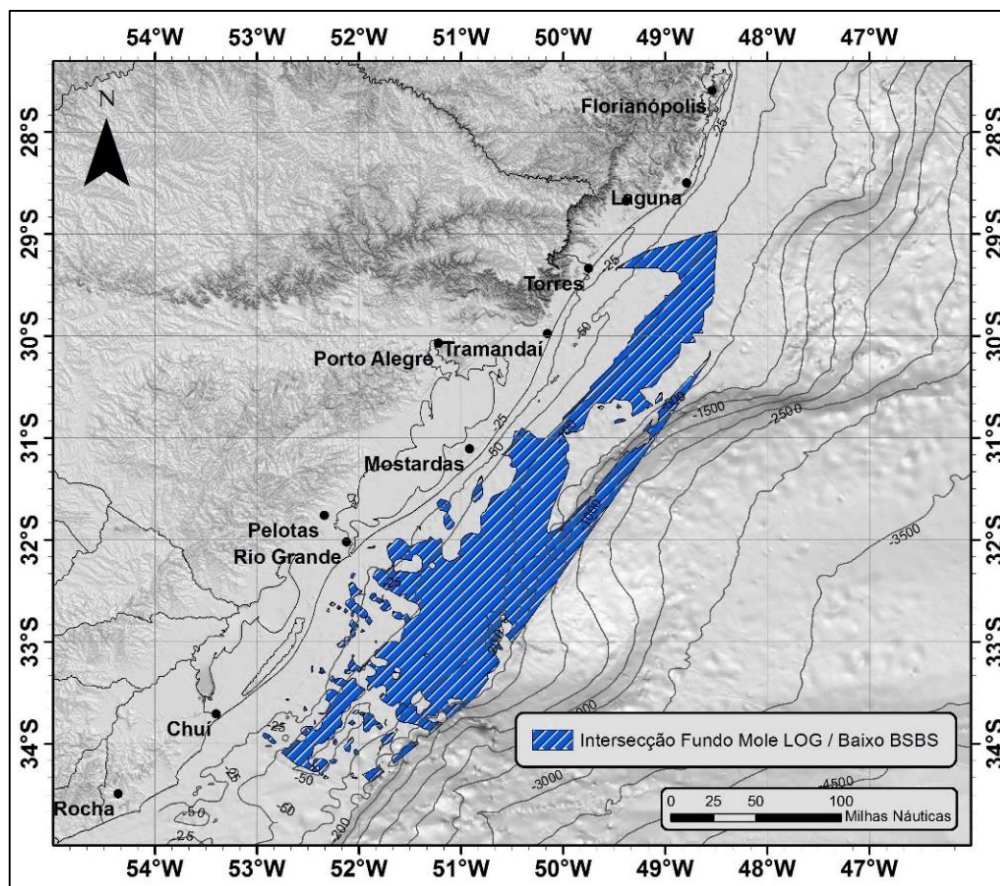
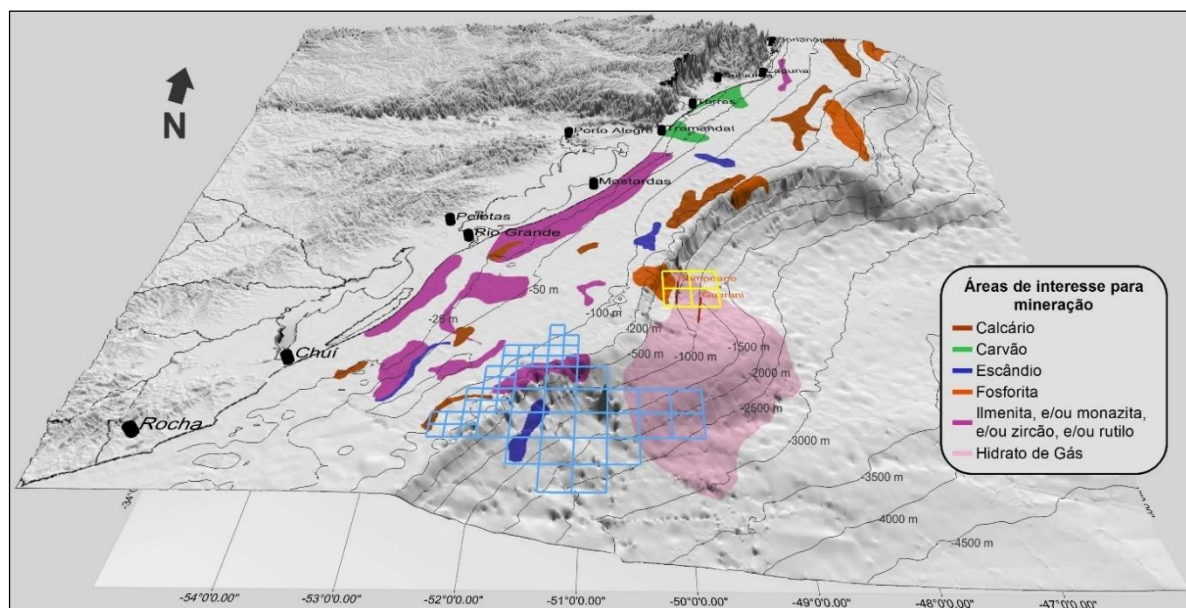
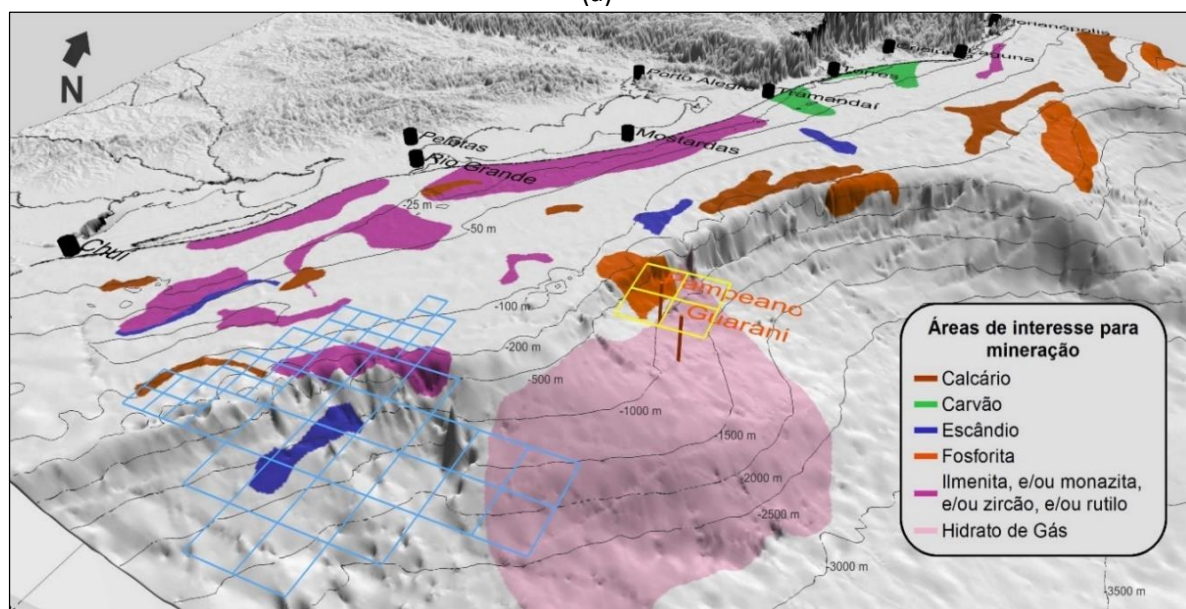


Figura 26 – Área de intersecção entre os baixos valores de BSBS (< -16 dB) e os fundos não consolidados (lama, lama arenosa e areia lamosa) identificados na carta faciológica do LOG.

A Figura 27 (a) e (b) ilustra o mapa de presença de recursos minerais da Plataforma Continental da Bacia de Pelotas, fornecido pela CPRM, integrado à representação batimétrica 3D. Também é possível observar na figura, os blocos de exploração de petróleo sobre a região do Cone do Rio Grande, adquiridos pela Petrobras na 6ª rodada de licitações da ANP, realizada em 2004. Há a previsão da realização da perfuração de dois poços exploratórios denominados Pampeano e Guarani nos blocos P-M-1269 e P-M-1353 ainda no ano de 2015 (PETROBRAS, 2013). Também é possível observar no mapa, os 51 novos blocos de exploração na Bacia de Pelotas, distribuídos em três áreas, classificadas pela ANP como de águas rasas (Setor SP-AR4, com 29 blocos), águas profundas (Setor SP-AP4, com 8 blocos) e águas ultra-profundas (Setor SP-AUP4, com 14 blocos). Estes blocos foram leiloados na 13ª Rodada de licitações da ANP.



(a)



(b)

Figura 27 – Visão geral (a) e em detalhe (b) do mapa de recursos minerais da Bacia de Pelotas fornecido pela CPRM. As diferentes cores sobre o fundo representam diferentes minerais de interesse, de acordo com a legenda apresentada. Em amarelo os blocos adquiridos pela Petrobras na 6ª rodada de licitações da ANP, realizada em 2004, destaque (em laranja) para os poços denominados Pampeano e Guarani que deverão ser perfurados em 2015 (PETROBRAS, 2013). Em azul claro os 51 novos blocos que foram leiloados na 13ª rodada de licitações da ANP (ANP, 2015).

Na Figura 28 o mapa de BSBS gerado neste estudo (A) é comparado com o mapa de presença de recursos minerais do Atlas da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (APCJB), disponibilizado pela CPRM. Pode-se observar a considerável sobreposição entre as áreas de alto BSBS identificadas na Plataforma Continental externa e talude ao largo de Mostardas (~31°S), sobre o Terraço do Rio Grande e ao largo de Florianópolis, com as áreas identificadas pela CPRM com a presença de depósitos de calcário e fosforita. Amostras de

fundo analisadas por Abreu et al. (2014) confirmam a presença de fosforita na região do Terraço do Rio Grande e da Plataforma Continental ao largo de Florianópolis. Segundo os autores, a batimetria destas feições de fundo, associada ao regime de vento e a sazonalidade das correntes, favorece a formação de fenômenos de ressurgência que são responsáveis pelo suporte de nutrientes que incrementa a produção primária local e, conseqüentemente, a produção de matéria orgânica, fundamental para a formação da fosforita.

A Tabela 7 apresenta a quantificação espacial das áreas com presença de fosforita e de calcário na Bacia de Pelotas e também das áreas de intersecção dos fundos com presença destes recursos e os fundos com alto BSBS (> -15 dB) identificados nesta tese. A distribuição espacial destas áreas de sobreposição é apresentada na Figura 29.

Tabela 7 – Quantificação espacial dos setores com presença de fosforita e calcário na Bacia de Pelotas e a quantificação espacial das áreas de intersecção entre os fundos com estes recursos e os fundos com alto BSBS (> -15 dB).

Recursos de interesse (CPRM)	Área (km²)	Área de intersecção com alto BSBS (km²)
Fosforita	9.718,00 (50,0%)	4.018,28 (41,3%)
Calcário	9.737,00 (50,0%)	5.215,36 (53,6%)
TOTAL	19.455,00 (100,0%)	9.233,64 (47,5%)

A partir do mapa de presença de recursos minerais de interesse da CPRM foi calculado o somatório das áreas com presença dos recursos fosforita e calcário na Bacia de Pelotas, totalizando 19.455,00 km² distribuídos da seguinte maneira: 9.718,00 km² (50,0%) com presença de fosforita e 9.737,00 km² (50,0%) com presença de calcário. A localização das áreas com presença destes recursos foi cruzada com a localização dos fundos com alto BSBS (>-15 dB) identificados nesta tese, totalizando uma área de 9.233,64 km², o que corresponde a 47,5% de sobreposição entre os fundos com presença de fosforita e calcário e os fundos com alto BSBS. A área de intersecção com presença específica de fosforita e alto BSBS foi de 4.018,28 km², o que corresponde a 41,3% de sobreposição entre a área total identificada pela CPRM com presença deste recurso na Bacia de Pelotas e as áreas de alto BSBS. A área de intersecção entre os fundos com presença específica de calcário e com presença de altos valores de BSBS foi de 5.215,36 km², o que corresponde a 53,6% da área identificada pela CPRM com presença deste recurso na Bacia de Pelotas.

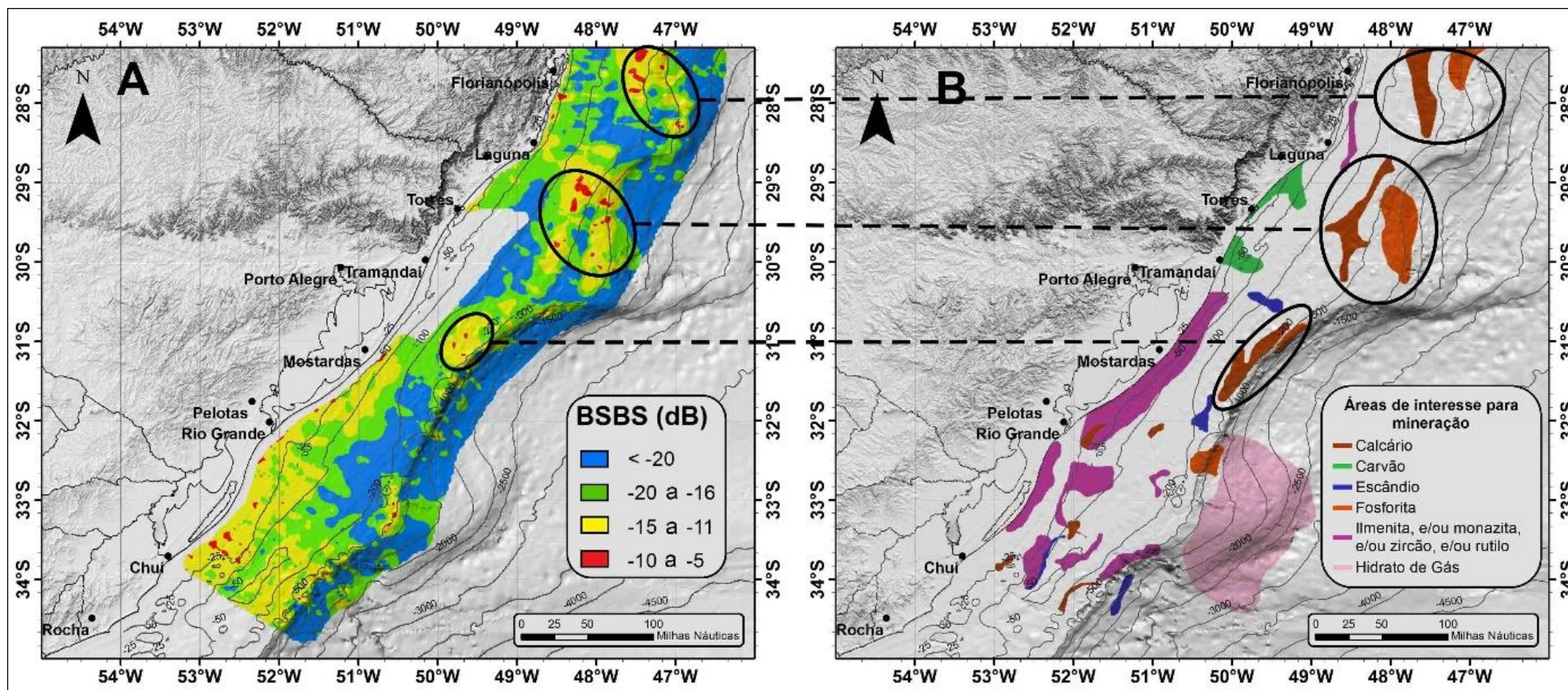


Figura 28 – Mapa de BSBS gerado neste trabalho (A); Mapa de presença de recursos minerais do APCJB, disponibilizada pela CPRM (B). Em destaque as principais áreas de correspondências entre fundos com alto BSBS em regiões com presença de recursos minerais de interesse como calcário e fosforita.

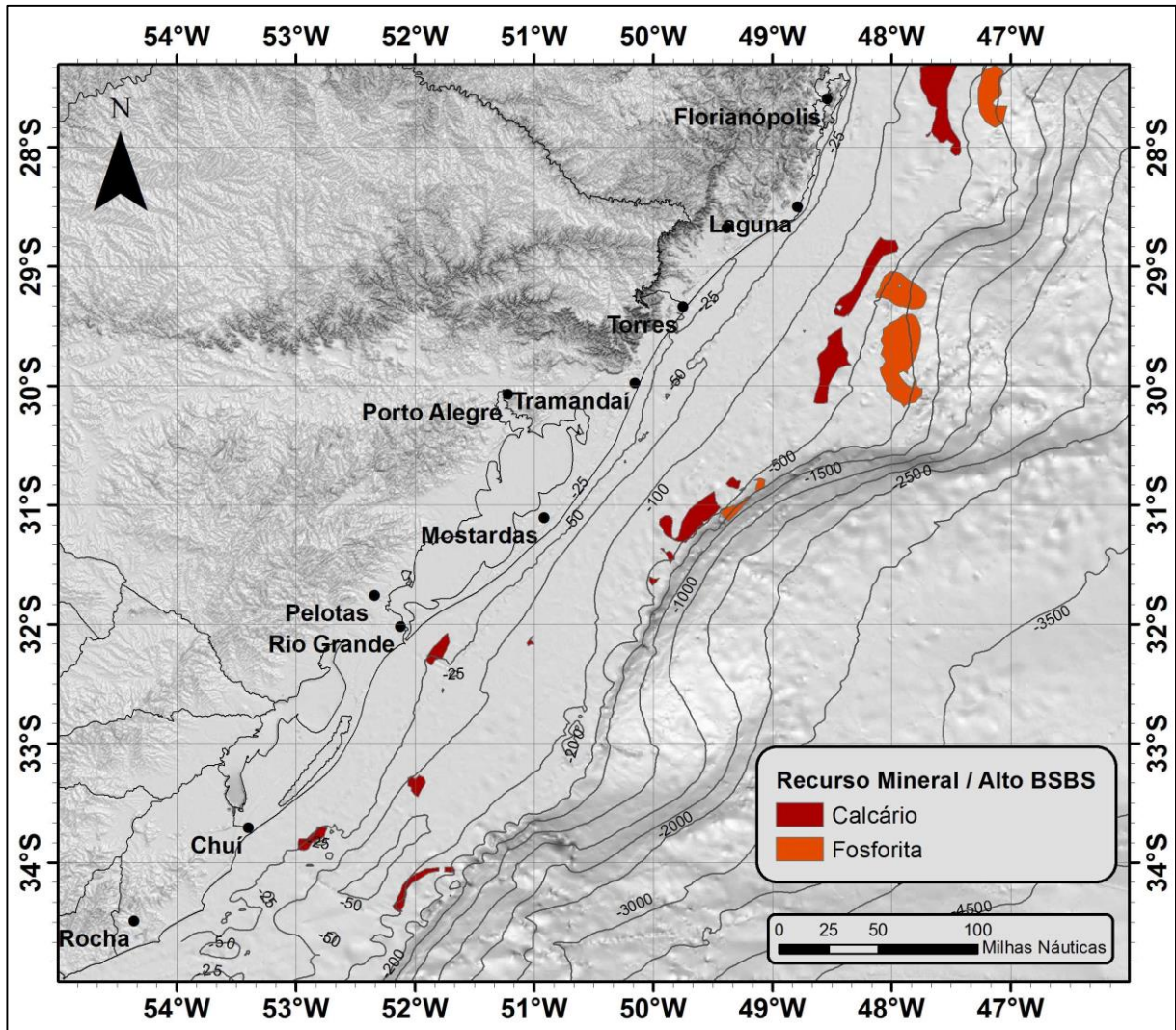


Figura 29 – Áreas de intersecção entre os fundos com presença de calcário (em marrom) e fosforita (em laranja) e os fundos com presença de altos valores de BSBS (> -15 dB) na Bacia de Pelotas.

Tanto a fosforita quanto o calcário representam recursos de elevado valor econômico devido, principalmente, à sua importância como insumo agrícola. A fosforita está entre os principais recursos não-metálicos encontrados no fundo submarino (SILVA & MELLO, 2005). São minerais autigênicos relacionados a elevados níveis de matéria orgânica nos sedimentos de fundo e intimamente associados com o clima e convergência de correntes oceânicas e baixa taxa de sedimentação terrígena (RIGGS & BURNETT, 1990). A formação das partículas autigênicas ocorre através de longos processos que envolvem reações químicas na água, ou entre substâncias dissolvidas e outras depositadas no fundo oceânico (DIAS, 2004).

Segundo Silva & Mello (2005), as fosforitas desenvolvem-se frequentemente sob forma de pelotas ou nódulos de diâmetros variáveis, entre 0,1 mm e alguns centímetros, chegando a formar camadas que variam de alguns centímetros até dezenas de metros de nódulos de fosforitas, intercalados com quantidades variáveis de material sedimentar detrítico.

Os depósitos de fosforita são relativamente mais comuns em regiões tropicais, ocorrendo até uma profundidade máxima de 1.000 metros, cobrindo a borda da plataforma e talude superior, platôs marginais e bancos submarinos (MERO, 1965). Aparecem na forma de cascalhos, nódulos ou crostas de espessura variada e parecem estar associadas a zonas de ressurgência (*upwelling*), divergência e alta produtividade biológica (PINET, 1998).

Segundo Riggs & Sheldon (1990), áreas de ressurgência são áreas de elevado aporte de nutrientes (nitrogênio e fósforo) que elevam os índices de produção e matéria orgânica e, conseqüentemente, a formação e crescimento de grãos fosfáticos.

O ciclo completo de formação da fosforita marinha compreende três estágios: deposição biogênica, diagênese e dinâmica. Uma série destes ciclos repetidos na mesma região pode resultar na formação de camadas de nódulos ou grandes pelotas compostas por diversas gerações de fosfatos (BATURIN, 1971).

Klein et al. (1992) citam a ocorrência de nódulos fosfáticos entre as profundidades de 100 e 500 m no Terraço do Rio Grande. Na mesma região Silva & Mello (2005) indicaram a presença de depósitos fosfáticos com concentração de 15-16% de P_2O_5 . Cooke et al. (2007) e Pinho et al. (2011) sugeriram a presença de depósitos fosfáticos na região do Terraço do Rio Grande baseados em ecogramas e perfis de BSBS reconstruídos à partir dos dados acústicos e que indicaram altos valores de BSBS.

A Figura 30 ilustra um transecto acústico realizado ao largo do Cabo de Santa Marta, ao norte do Terraço do Rio Grande, em um dos cruzeiros analisados. Este transecto foi reconstruído à partir dos dados acústicos, sendo que a escala de cores obedece àquela utilizada nos mapas interpolados de BSBS. Pode-se observar na figura que o transecto apresentou elevado BSBS sobre área com presença de fosforita e calcário, segundo o Atlas da Plataforma Continental Jurídica Brasileira.

O presente trabalho, e os demais descritos acima, ilustram a efetividade da utilização do método acústico para a identificação e mapeamento de diferentes tipos de fundo. No entanto, é importante salientar a necessidade de aprimoramentos na utilização do método acústico visando gerar mapas de fundo mais precisos a partir da associação com amostragens de fundo específicas (verdade de fundo).

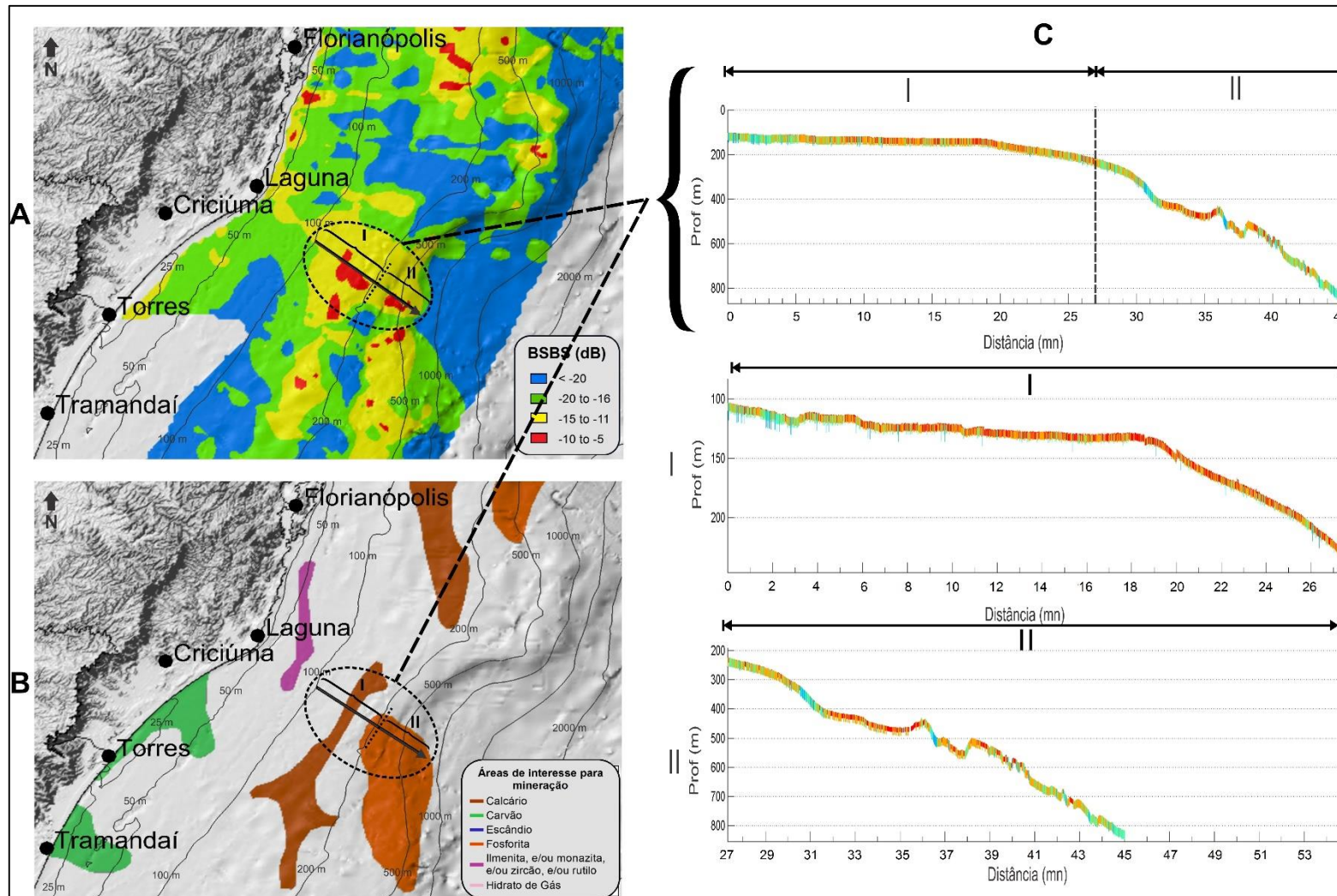


Figura 30 – À esquerda, detalhe da região ao largo do Cabo de Santa Marta, com mapa de BSBS (A) e de presença de recursos minerais (B) e destaque para o transecto (seta preta) realizado sobre o Terraço do Rio Grande em área de possível presença de fosforita. A direção da seta indica o sentido de navegação da embarcação. À direita, o perfil batimétrico e de BSBS reconstruído a partir dos dados acústicos do transecto (C). A escala de cores obedece ao padrão dos mapas interpolados e os trechos I e II do perfil são apresentados em detalhes.

3.4. Caracterização ambiental

As massas de água presentes na área de estudo, nos diferentes períodos de realização dos cruzeiros, foram identificadas a partir da utilização de diagramas TS (Temperatura e Salinidade) e dos índices termo-halinos indicados por Möller et al. (2008) e Aseff (2009), apresentados na Tabela 4 do Capítulo 2.

Os principais processos oceanográficos presentes na área de estudo à época dos cruzeiros, foram identificados a partir da análise de 552 seções verticais e 1496 estratos horizontais de temperatura e salinidade gerados a partir de 670 estações de coleta de dados oceanográficos obtidas em 16 cruzeiros de pesquisa realizados em diferentes épocas do ano (Tabela 3). Todas estas informações foram integradas às representações 3D geradas para cada um dos cruzeiros.

A Figura 31 exemplifica uma seção vertical de temperatura (a) e salinidade (b) do Cruzeiro Talude 3, realizado na primavera de 2010. Esta seção foi realizada no extremo sul da área de estudo, na região ao sul do Cone do Rio Grande. As linhas pretas verticais representam a posição relativa das estações oceanográficas no transecto e a profundidade máxima de aquisição de dados nas mesmas.

A Figura 32 exemplifica a representação 3D do Cruzeiro Talude 3, já com a integração ao mapa batimétrico 3D, das seções verticais de temperatura e um estrato horizontal em 300 m de profundidade, permitindo a análise integrada dos dados ambientais em relação à batimetria. Conforme pode ser observado, os dados ambientais interpolados posicionados abaixo da profundidade máxima das estações, são ocultados quando as seções são integradas à representação 3D.

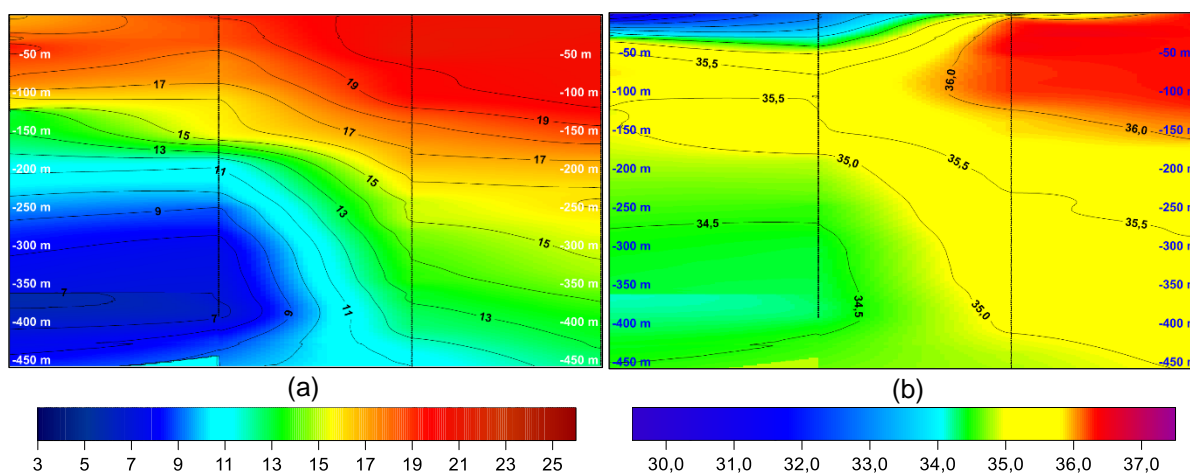


Figura 31 – Exemplo de seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) geradas a partir dos dados de quatro estações oceanográficas realizadas com CTD em um dos transectos do Cruzeiro Talude 3 e posteriormente inseridos na representação 3D.

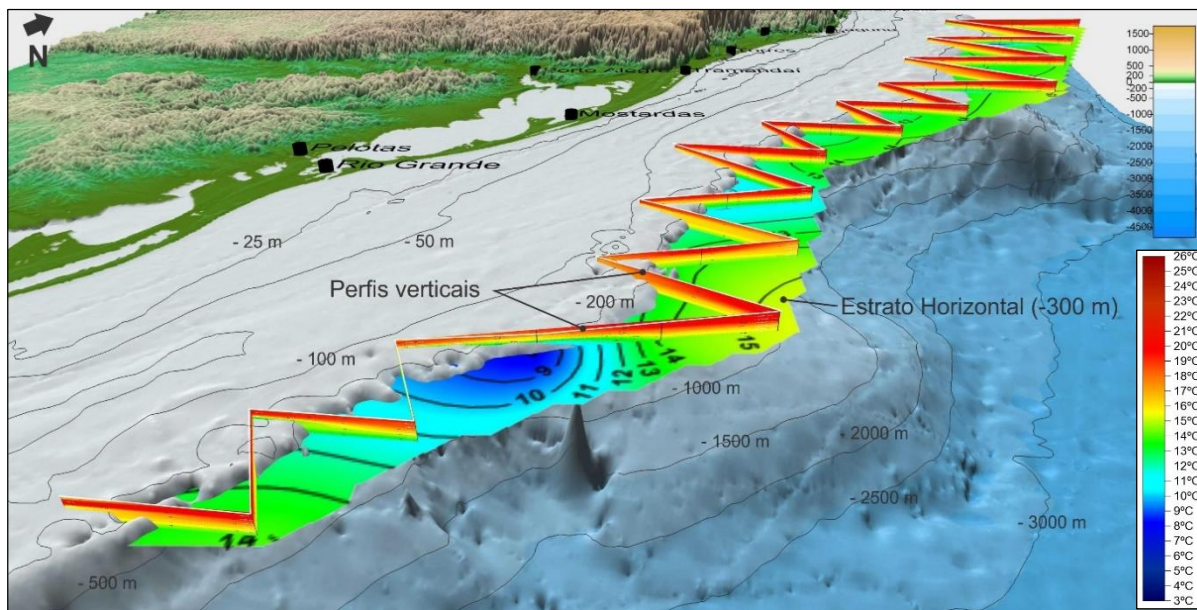


Figura 32 – Exemplo de representação 3D integrando o mapa batimétrico, as seções verticais de temperatura e um dos estratos de temperatura (-300 m) gerados para o Cruzeiro Talude 3.

O *software* de visualização 3D *IVS Fledermaus*, utilizado no trabalho, permite a geração de animações interativas que possibilitam a observação dos diferentes estratos posicionados na coluna de água dinamicamente, ou seja, o *software* permite que o observador, de forma interativa, faça com que os estratos sejam mostrados um a um, à medida que “descem” na coluna de água. Isto facilita a interpretação dos dados ambientais, pois permite observar a variação dos mesmos ao longo de toda a coluna de água e também as relações destes dados com a morfologia do fundo.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos diagramas TS e das seções verticais e estratos horizontais de temperatura e salinidade gerados para cada um dos cruzeiros. A fim de facilitar a análise e a comparação dos resultados, os mesmos foram separados por série de cruzeiros: REVIZEE, Talude e Anchoita.

3.4.1. Cruzeiros REVIZEE

3.4.1.1. Diagramas TS

A Figura 33 (a), (b) e (c) ilustra os diagramas TS dos Cruzeiros REVIZEE 1 (inverno), 2 (outono) e 3 (verão), respectivamente. Através dos diagramas TS gerados a partir dos índices termo-halinos e dos dados de temperatura e salinidade dos três cruzeiros, foram identificadas seis massas d’água: Pluma do Rio da Prata (PRP), Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Subantártica de Plataforma (ASAP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA).

A Tabela 8 apresenta os valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros REVIZEE.

Tabela 8 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros REVIZEE.

Cruzeiro	T °C mínima	T °C máxima	Salinidade mínima	Salinidade máxima
REVIZEE 1	5,0	20,7	24,4	37,2
REVIZEE 2	3,2	25,0	27,0	36,9
REVIZEE 3	3,1	25,0	27,1	36,9

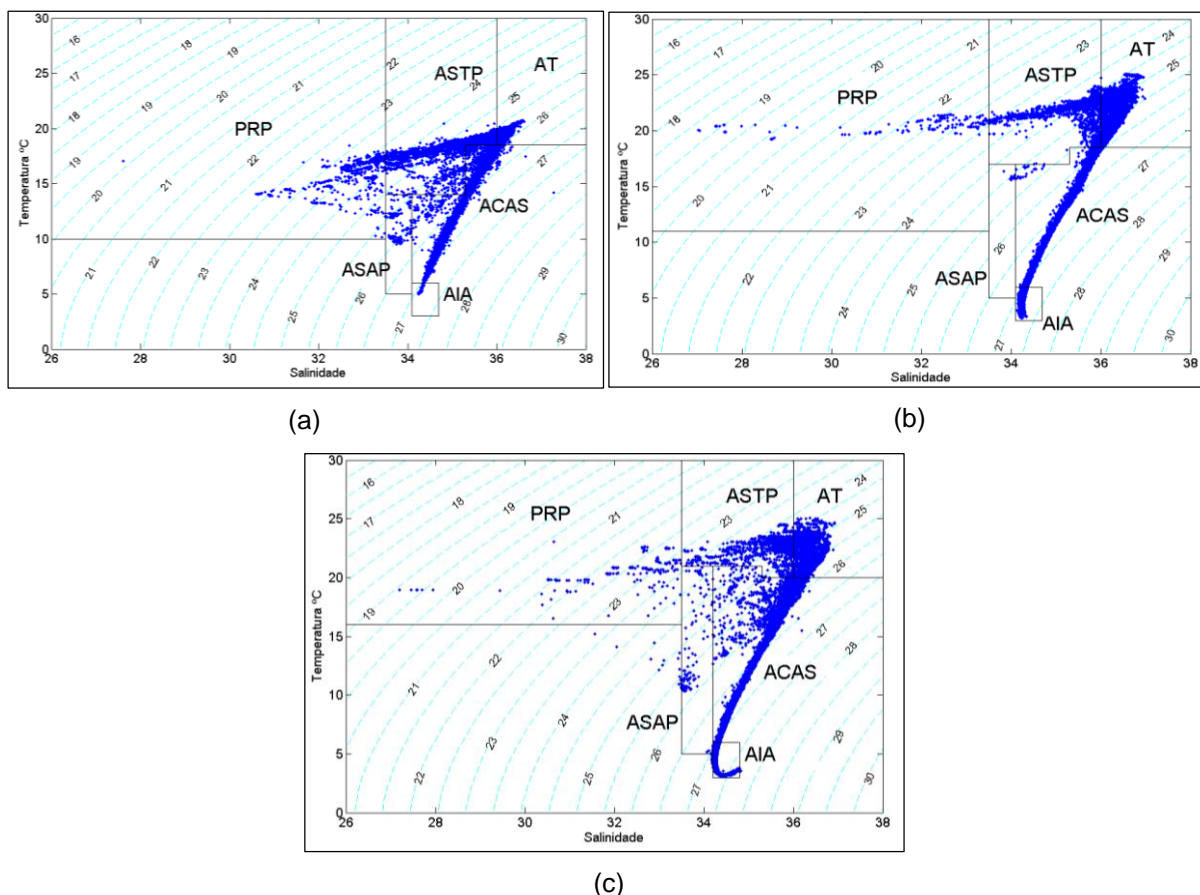


Figura 33 – Diagramas TS dos Cruzeiros REVIZEE 1 (a), REVIZEE 2 (b) e REVIZEE 3 (c). As massas de água presentes na região foram: Pluma do Rio da Prata (PRP), Água Subantártica de Plataforma (ASAP), Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Tropical (AT) e Água Intermediária Antártica (AIA). As linhas tracejadas representam a densidade ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

PRP é a denominação dada às águas de baixa salinidade ($S < 33,5$) que se distribuem ao longo das costas da Argentina, Uruguai e Brasil, misturando-se lateralmente e verticalmente com outras massas d'água (MÖLLER et al., 2008; PIOLA et al., 2008). Esta denominação se deve à origem dessas águas no estuário do Rio da Prata, muito embora as águas do Complexo Lagoa dos Patos/Mirim também contribuam, mesmo que em menor escala, para a formação das águas de baixa salinidade presentes ao longo da costa sul do Brasil, também denominadas, simplesmente, de Águas Costeiras (AC) (PIOLA et al., 2008). A PRP esteve presente na área de estudo nos três cruzeiros da série REVIZEE.

A ASTP, relativamente quente ($T > 14^{\circ}\text{C}$) e salina ($S > 33,5$), resultante da modificação da ACAS e da AT, diluídas por águas de aporte continental na região sul brasileira (PIOLA et al., 2000; MÖLLER et al., 2008).

A ASAP, relativamente fria ($T < 14^{\circ}\text{C}$) e pouco salina ($S < 34,1$), é transportada sobre a plataforma do sul do Brasil, pela Corrente da Patagônia (PIOLA et al., 2008). Esta massa de água caracteriza-se por apresentar uma salinidade sazonalmente uniforme, em média 33,8, e grandes variações na temperatura superficial, passando de aproximadamente 21°C , no verão, para, aproximadamente, 11°C , no inverno.

Segundo Piola et al. (2008), a ASTP e ASAP são separadas por uma zona de transição termohalina observada sobre a plataforma continental uruguaia e sul - brasileira, chamada Frente Subtropical de Plataforma (FSTP).

A AT é uma massa de água quente, com temperatura mínima variando entre $18,5$ e 20°C , dependendo da estação do ano, e salina ($S > 36$). É formada em baixas latitudes onde a taxa de evaporação é maior que a taxa de precipitação (CAMPOS; GONÇALVES & IKEDA 1995; CASTRO et al., 2006) e transportada para o sul pela Corrente do Brasil, onde torna-se mais densa a medida que se mistura com outras massas d'água durante o seu deslocamento. Geralmente é encontrada no talude, mas pode ocupar a Plataforma Externa e Média durante o verão devido a ação do vento NE (SOARES & MÖLLER, 2001).

A ASTP, a ACAS e a AT estiveram presentes em toda a área de estudo nos três cruzeiros REVIZEE. A ASAP também foi observado nos três cruzeiros, mas de forma mais intensa nos cruzeiros de inverno e verão. A AT esteve menos presente na área de estudo durante o cruzeiro de inverno, quando comparado aos demais cruzeiros.

Posicionada logo abaixo da AT na coluna d'água, a ACAS é formada na região de Convergência Subtropical e estrutura a principal termoclina da região oceânica adjacente à plataforma continental. Apresenta temperaturas menores do que 20°C e salinidade de até 35,3 (MÖLLER et al., 2008).

A análise dos diagramas TS dos cruzeiros de inverno e verão indicou a presença de uma zona de mistura intensa na área de estudo. A água presente nessa zona é, possivelmente, proveniente da mistura entre ACAS e ASAP.

Imediatamente abaixo da ACAS encontra-se a AIA, com temperaturas entre 3°C e 6°C e salinidades entre 34,2 e 34,6 (CIRANO et al., 2006). De acordo com Müller et al. (1998), a AIA apresenta-se como uma corrente de contorno oeste bem definida que se bifurca, movendo-se paralelamente ao talude, em direção ao Equador, ao norte de 25°S e, para o sul em 28°S . A AIA foi observada nos três cruzeiros.

3.4.1.2. Processos oceanográficos identificados.

A partir da análise das seções verticais e dos estratos horizontais de temperatura e salinidade, foi possível observar dois processos oceanográficos bem definidos na área de estudo: ocupação da região oceânica por águas costeiras e a ascensão de ACAS sobre a plataforma.

No Cruzeiro REVIZEE 1, realizado no inverno de 1996, é possível observar a presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) e da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) sobre a plataforma externa e média no extremo sul da Bacia de Pelotas, conforme pode ser observado nas seções verticais ilustradas na Figura 34 (a) e (b).

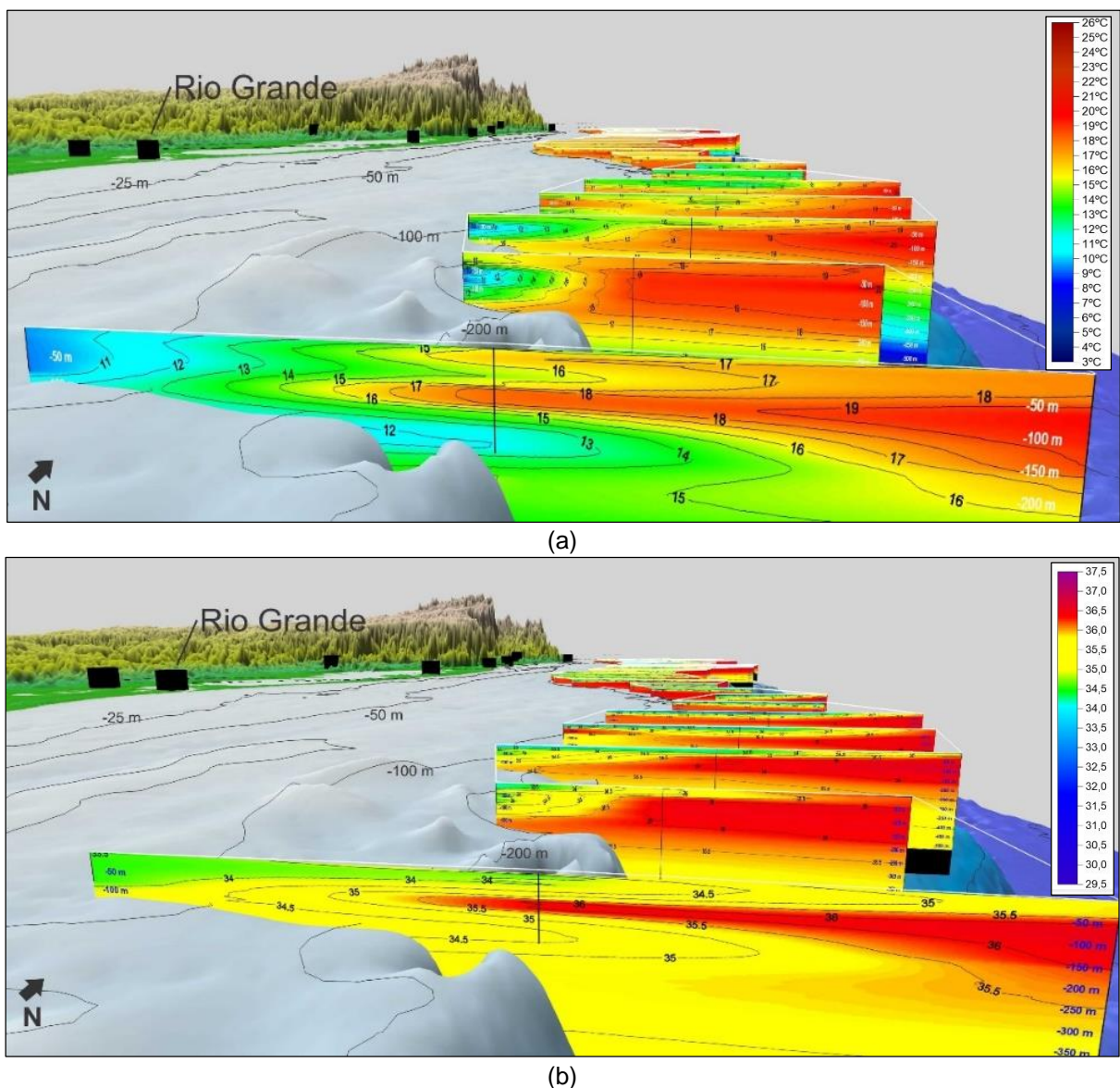
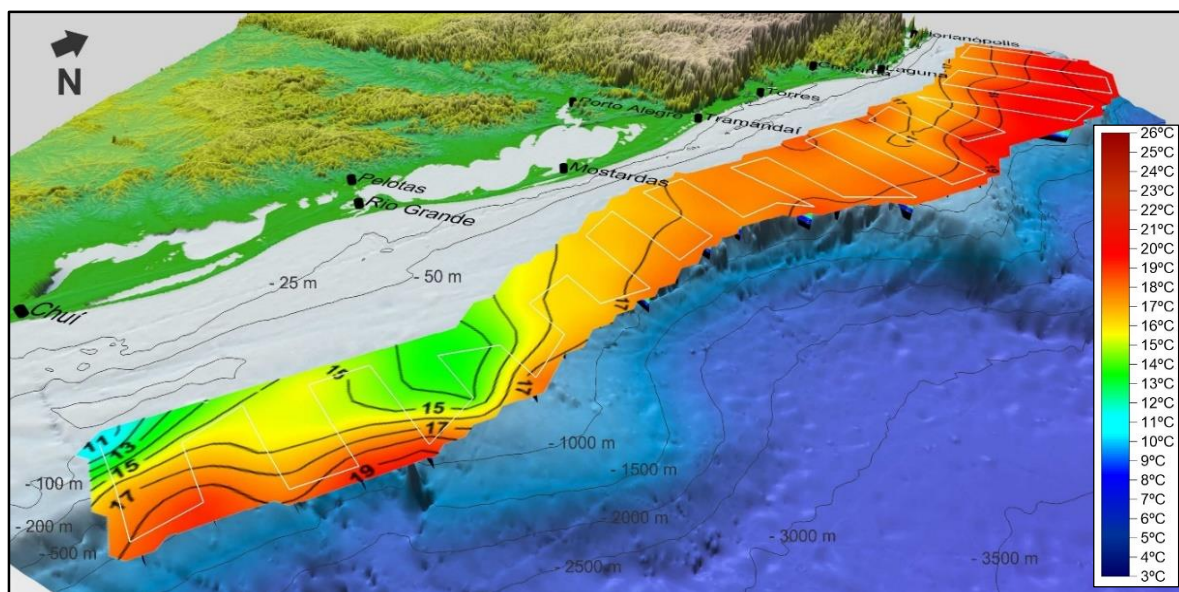
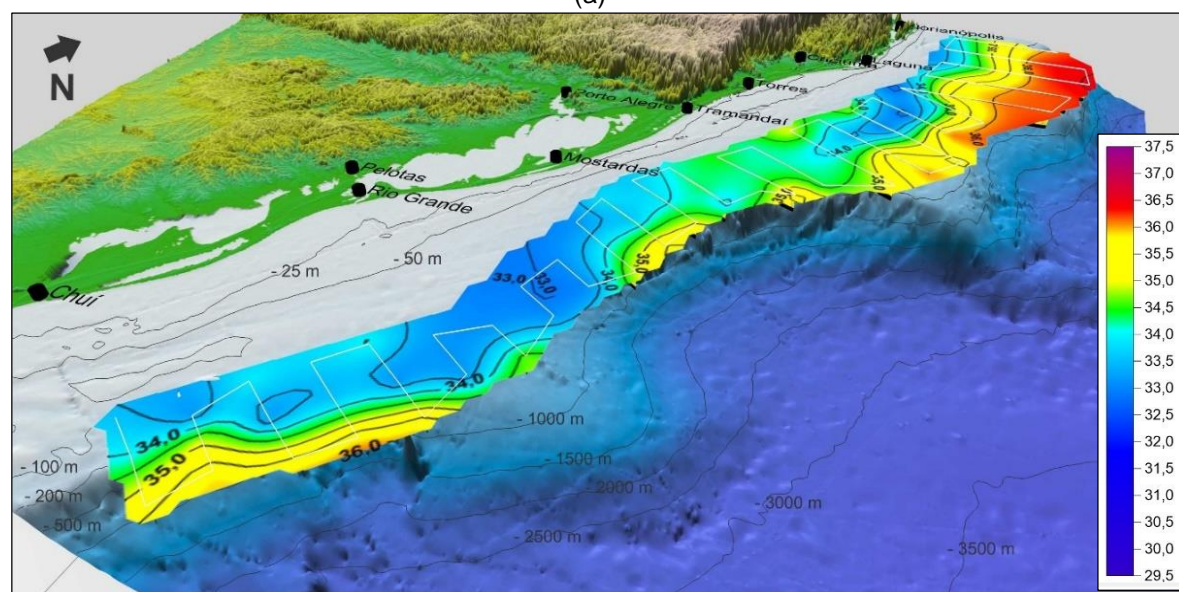


Figura 34 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) e da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) na região da Plataforma Continental média e externa ao sul de Rio Grande, durante o Cruzeiro REVIZEE 1, realizado no inverno de 1996.

A Figura 35 (a) e (b) apresenta os estratos horizontais de temperatura e salinidade à 20 m de profundidade, que ilustram a presença destas massas de água nesta região, com águas com temperaturas inferiores à 15° C e salinidade inferior à 34.



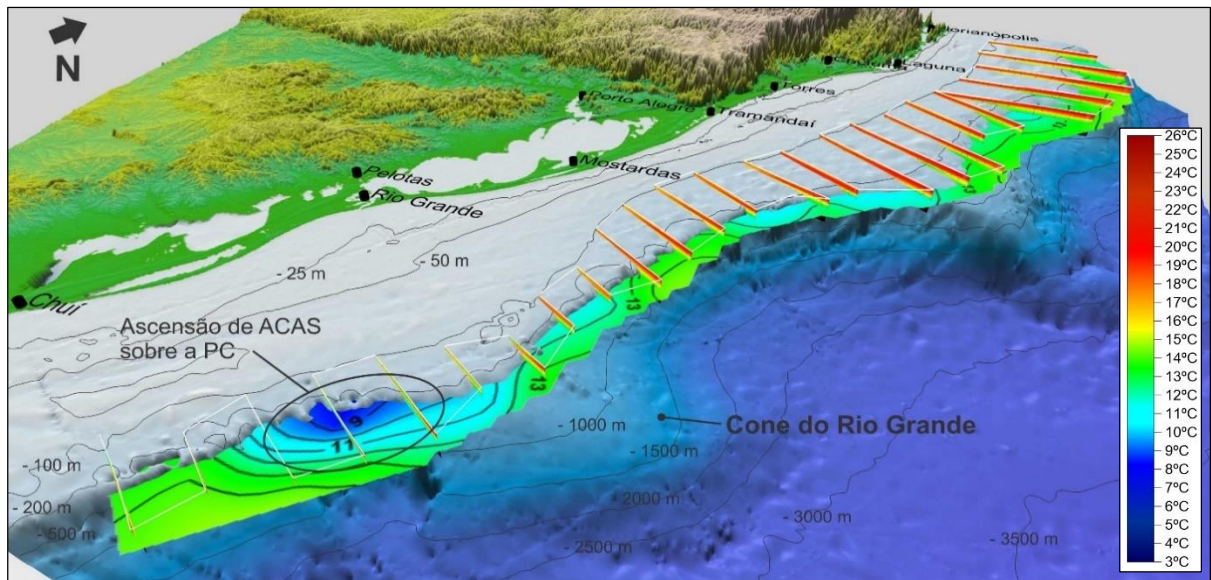
(a)



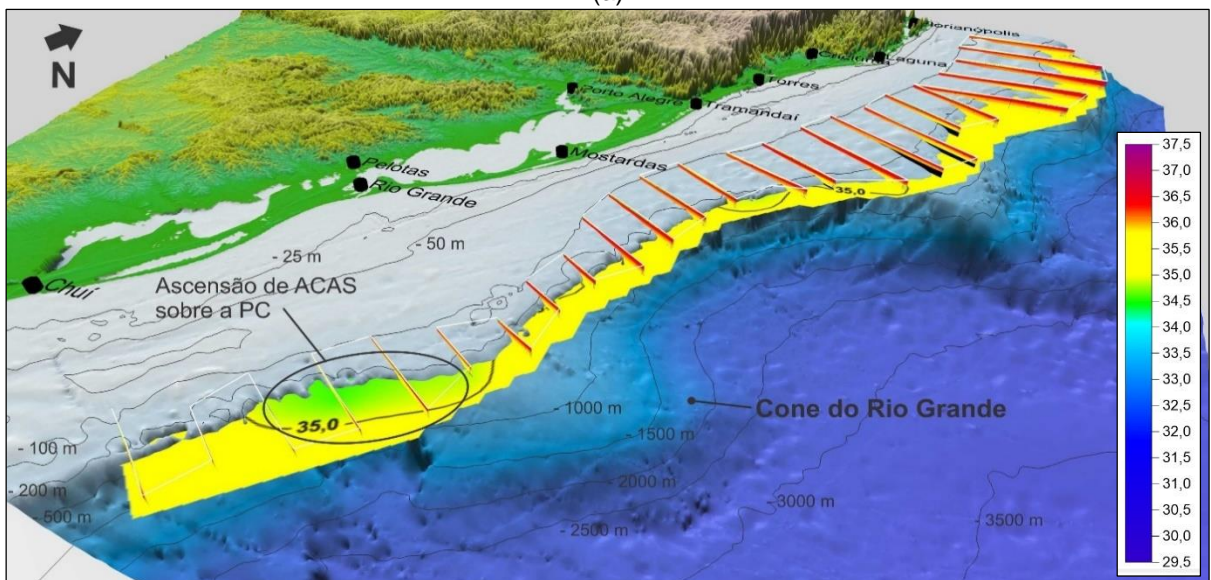
(b)

Figura 35 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 20 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) e da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) na Plataforma Continental média e externa ao sul de Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 1.

Neste cruzeiro destaca-se também a ascensão de ACAS sobre a Plataforma Continental, em especial na região ao sul do Cone do Rio Grande, aparentemente influenciada pela presença desta feição geomorfológica, conforme pode ser observado na animação 3D gerada para este trabalho e ilustrada na Figura 36 (a) e (b), que apresenta os estratos de temperatura e salinidade em 300 metros de profundidade. Na figura é possível observar a presença de águas mais frias ($T < 11^{\circ}\text{C}$) e menos salinas ($S < 35$), características da ACAS, ao sul do Cone do Rio Grande.



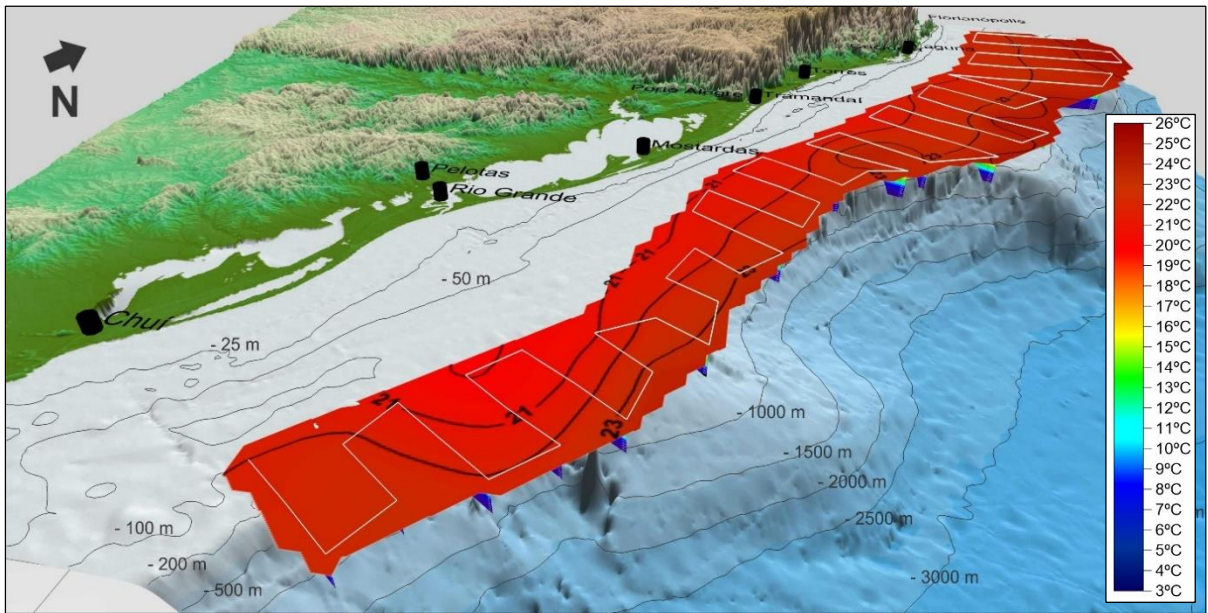
(a)



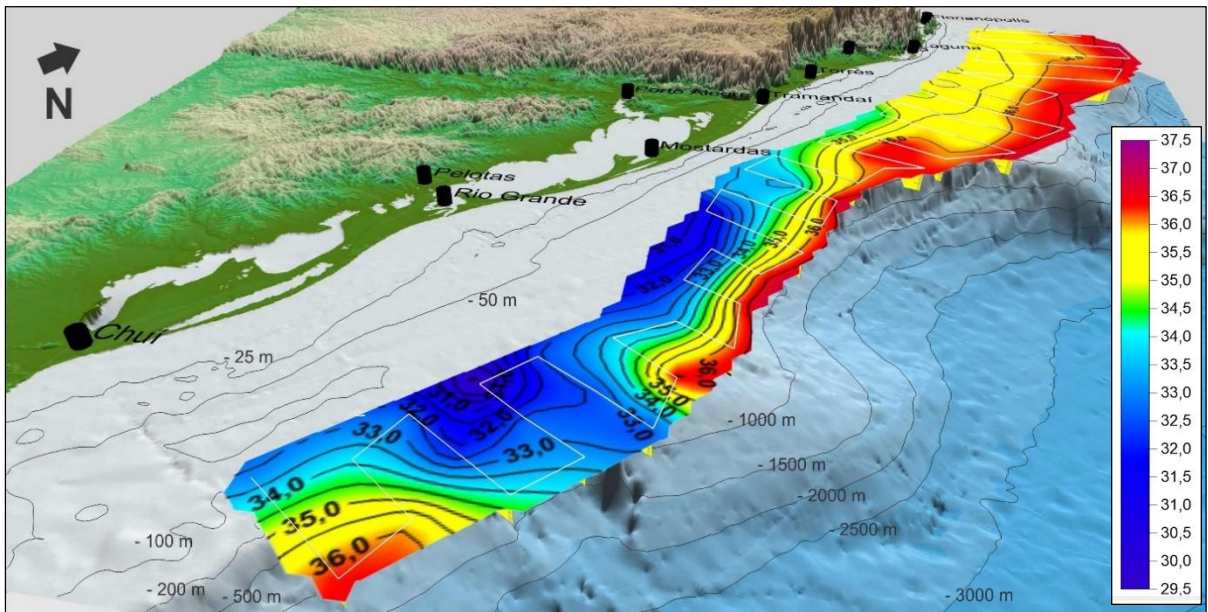
(b)

Figura 36 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b), em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) ao sul do Cone do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 1, realizado no inverno de 1996.

O Cruzeiro REVIZEE 2, realizado no outono de 1997, mostrou-se mais homogêneo em termos de temperatura. No entanto, pode-se observar uma ligeira diferença de temperatura na camada superior até os 20m, ao largo do Rio Grande – RS, caracterizando uma camada superficial de águas provenientes de aportes continentais associadas a PRP e, em menor escala, a águas do Sistema Lagoa dos Patos/Mirim. Esta camada é bem evidente nos dados de salinidade, com valores que chegam a atingir 27, conforme pode ser observado na Figura 37 (b). Também foi possível observar nos dados deste cruzeiro, a ascensão de ACAS, com $T < 16^\circ \text{C}$ e $S < 35,5$ sobre o talude e plataforma externa, principalmente na região ao norte do Terraço do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 38 (a) e (b).

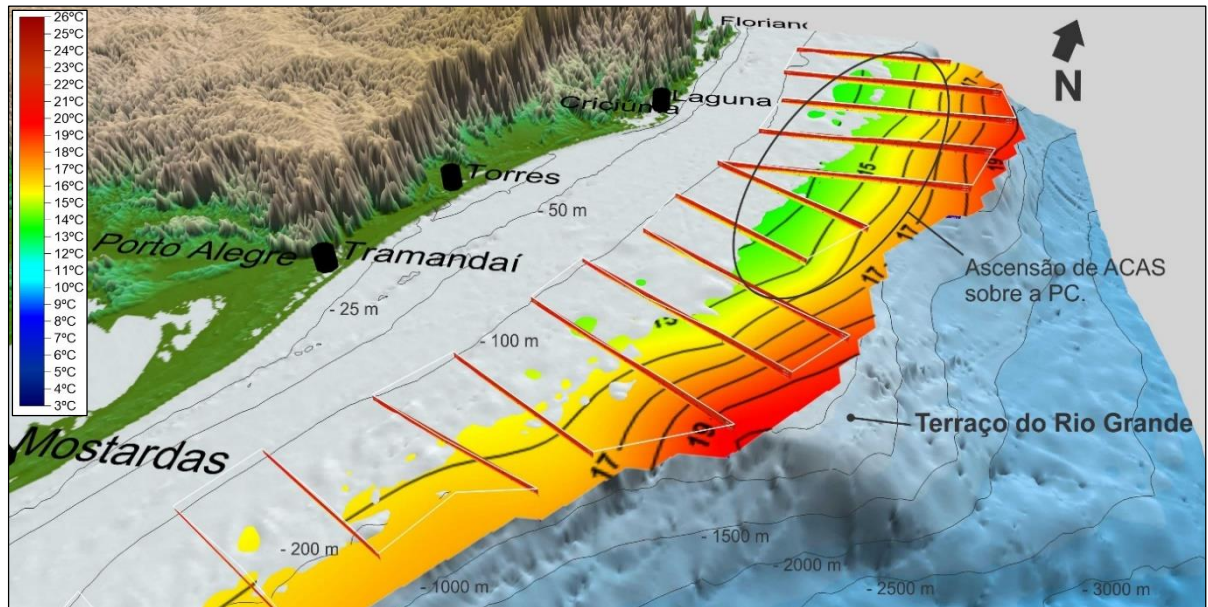


(a)

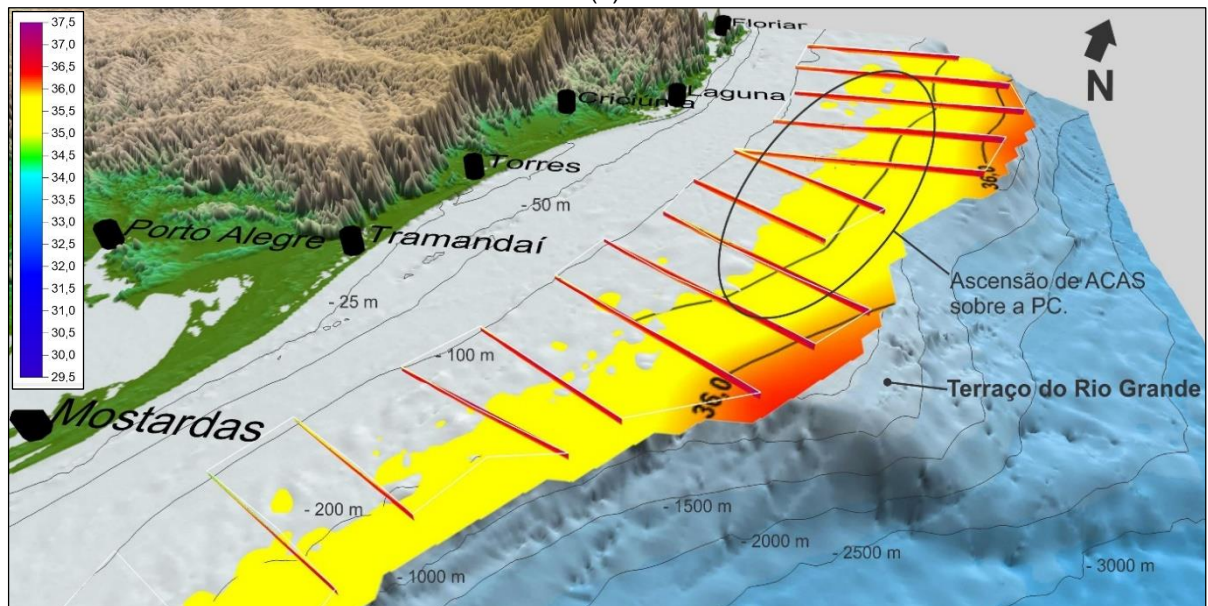


(b)

Figura 37 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de uma camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chui até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro REVIZEE 2, realizado no outono de 1997.



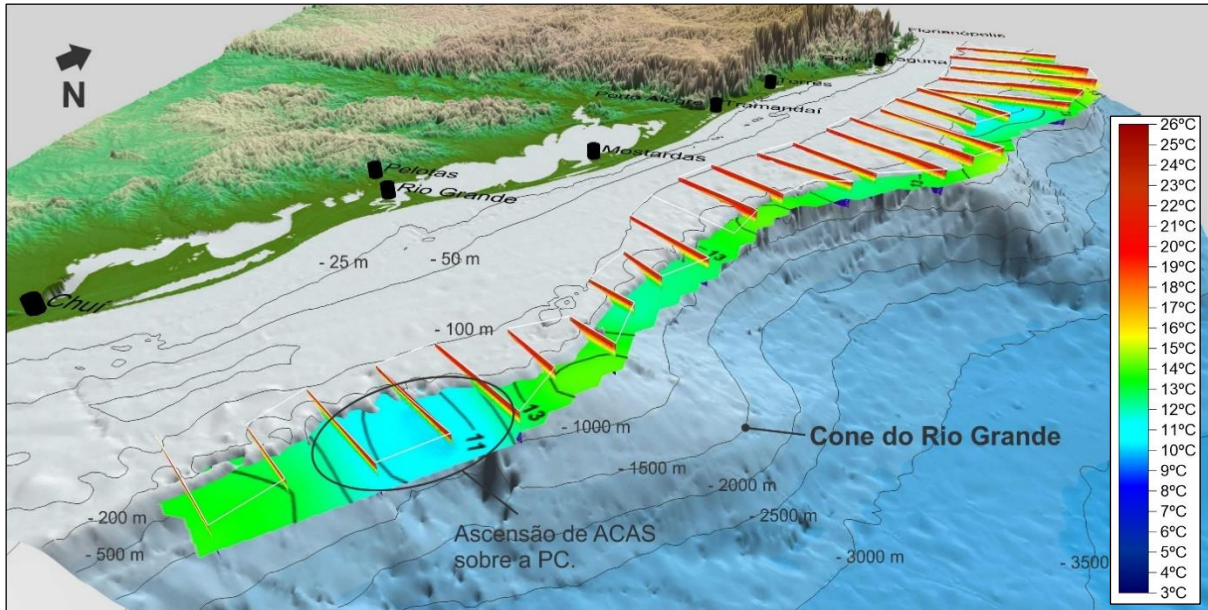
(a)



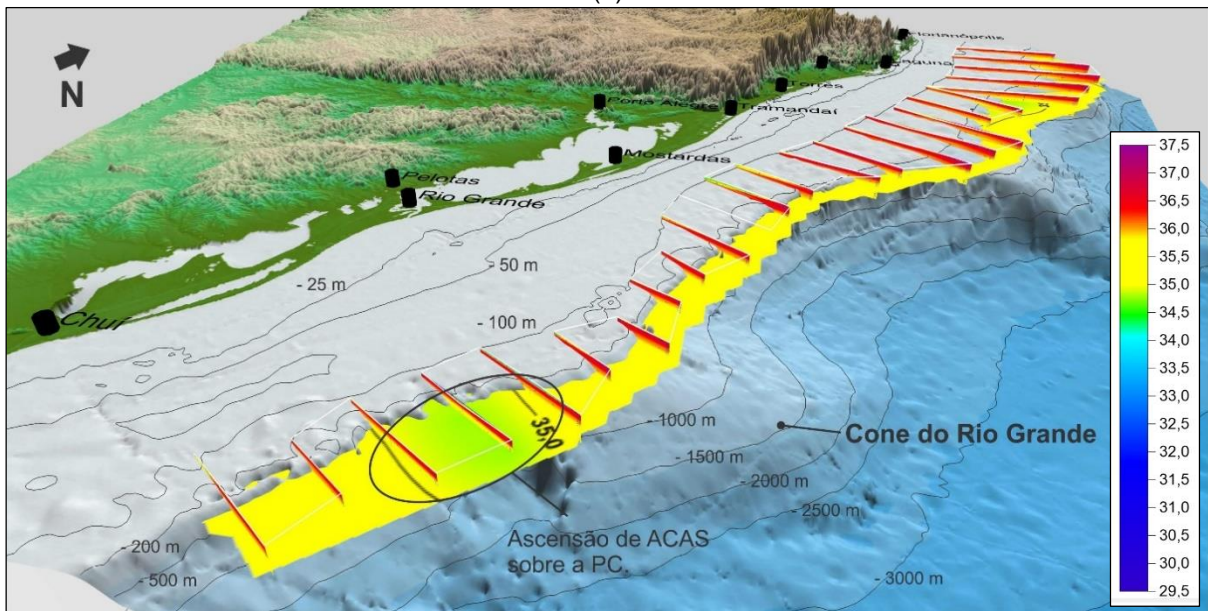
(b)

Figura 38 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 150 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 2.

Neste cruzeiro também foi possível observar, a partir do estrato de 300 metros de profundidade, a ascensão de ACAS com $T < 12^{\circ}\text{C}$ e $S < 35$ ao sul do Cone do Rio Grande, conforme ilustra a Figura 39 (a) e (b). Esta ascensão também foi observada no Cruzeiro REVIZEE 1 (Figura 36).



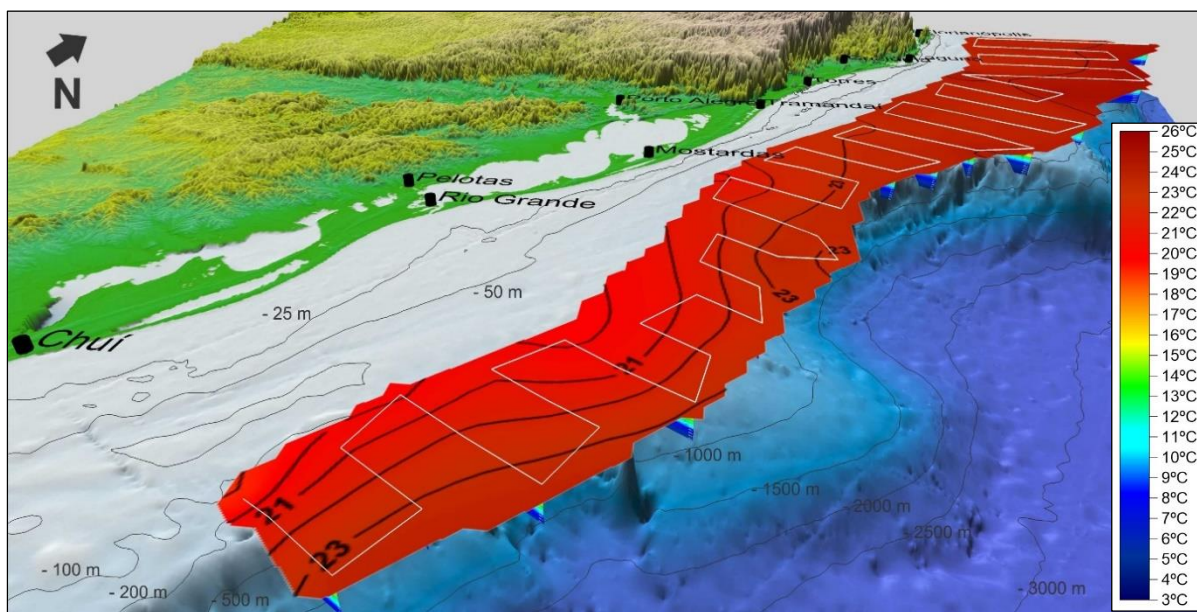
(a)



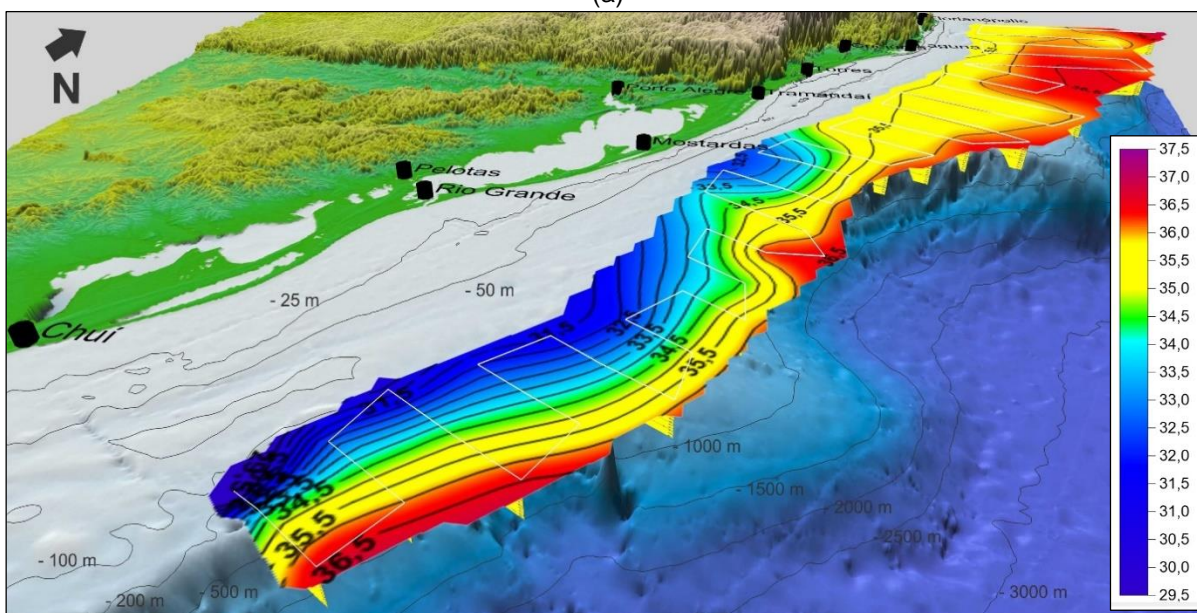
(b)

Figura 39 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 2.

No Cruzeiro REVIZEE 3, realizado no verão de 1997, foram identificadas águas costeiras ($T < 21^{\circ}\text{C}$ e $S < 33,5$) em grande parte da plataforma média e externa (Figura 40), configurando situação semelhante à observada no Cruzeiro REVIZEE 2, embora naquele cruzeiro estas águas tenham atingido longitudes menores, principalmente na região ao sul do Cone do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 37.



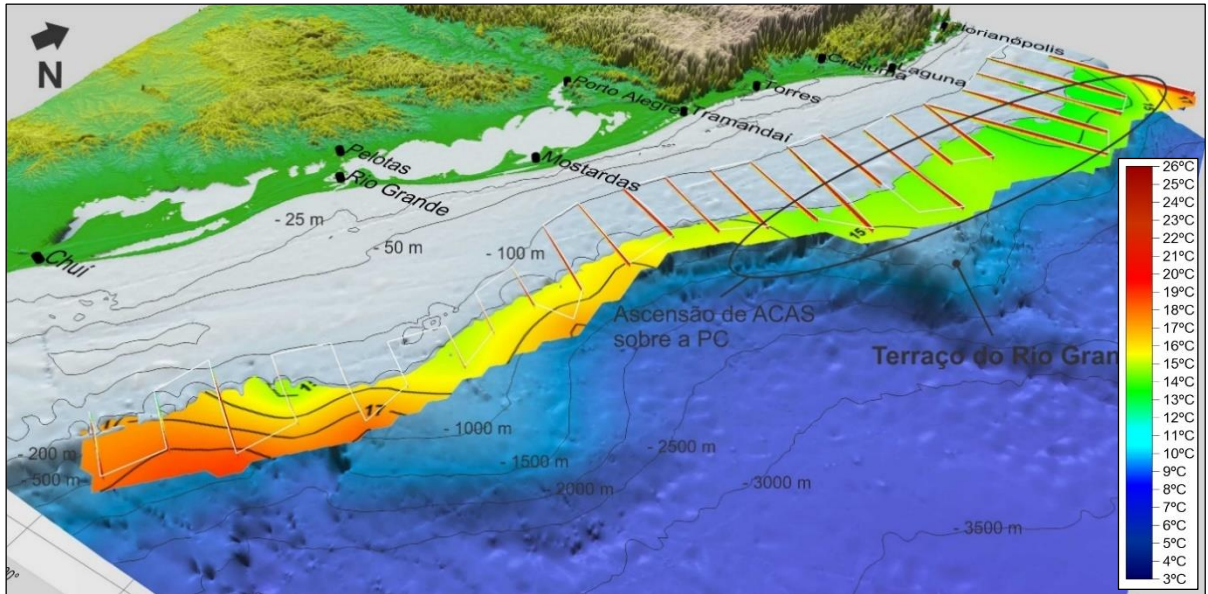
(a)



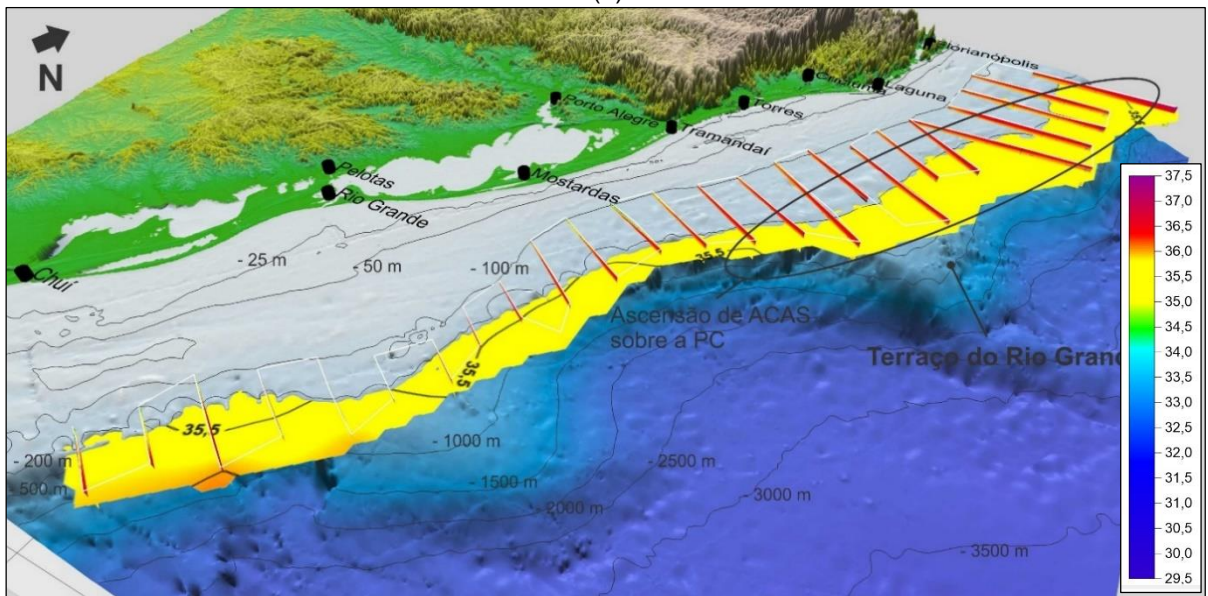
(b)

Figura 40 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chui até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro REVIZEE 3, realizado no verão de 1997.

Também foi possível observar nos dados deste cruzeiro a ascensão de ACAS, com águas com $T < 15^{\circ} \text{C}$ e $S < 35,5$ sobre o talude e plataforma externa, principalmente na região sobre e ao norte do Terraço do Rio Grande. Esta ascensão é mais evidente nos dados de temperatura, conforme pode ser observado na Figura 41 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 41 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 20$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região sobre e ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro REVIZEE 3.

Neste cruzeiro não foi observada a ascensão de ACAS nos estratos mais profundos (Prof. > 300 m) ao sul do Cone do Rio Grande, observada nos cruzeiros anteriores (Figura 36 e Figura 39).

3.4.2. Cruzeiros Talude

3.4.2.1. Diagramas TS

A Figura 42 (a) à (f) ilustra os diagramas TS dos Cruzeiros Talude 1 ao 6, respectivamente. Os diagramas TS gerados a partir dos índices termo-halinos e dos dados de temperatura e salinidade dos seis cruzeiros, permitiram identificar seis massas d'água: PRP, ASTP, ASAP, AT, ACAS e AIA.

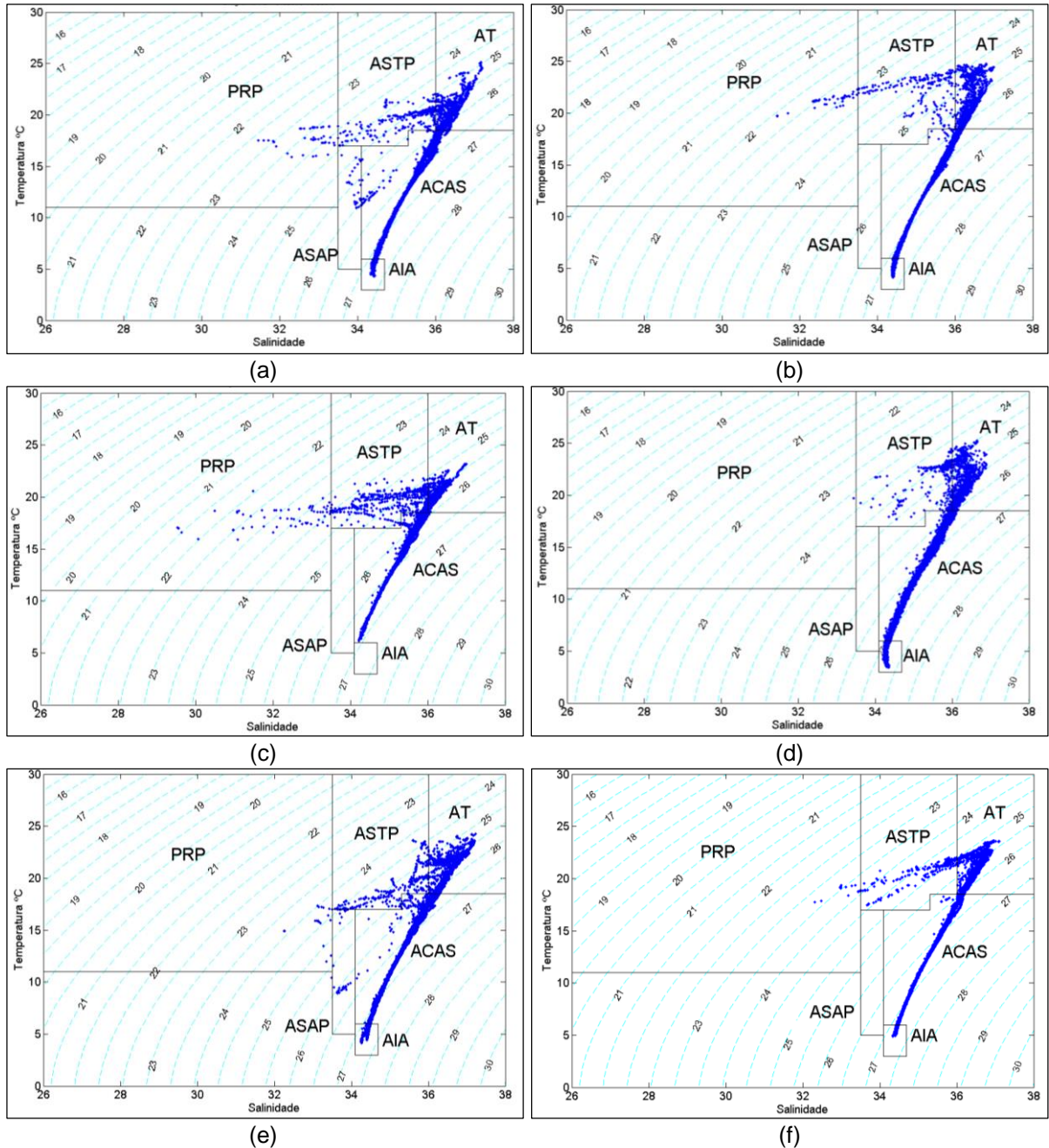


Figura 42 – Diagramas TS dos Cruzeiros Talude 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d), 5 (e) e 6 (f). As massas de água presentes na região são indicadas: PRP, ASAP, ASTP, ACAS, AT e AIA. As linhas tracejadas representam a densidade (Kg.m^{-3}).

A Tabela 9 apresenta os valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade obtidos nos Cruzeiros Talude.

Tabela 9 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros Talude.

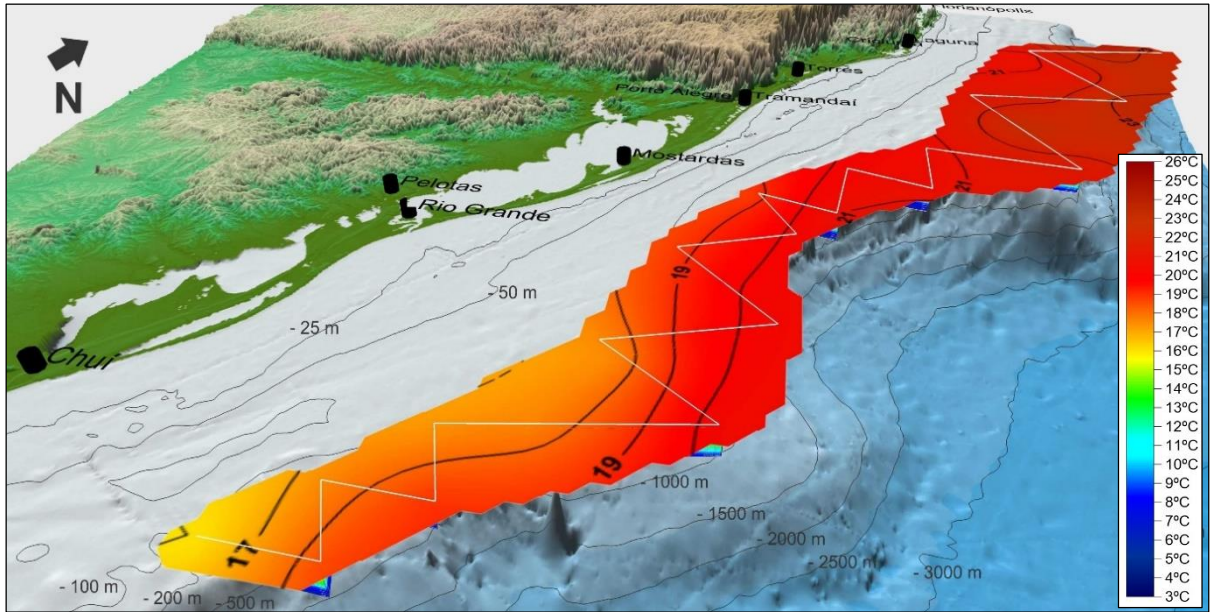
Cruzeiro	T °C mínima	T °C máxima	Salinidade mínima	Salinidade máxima
Talude 1	4,2	25,1	31,4	37,1
Talude 2	4,1	24,7	31,4	36,9
Talude 3	6,1	23,1	29,5	36,9
Talude 4	3,4	25,2	32,5	36,8
Talude 5	4,1	24,2	32,2	37,2
Talude 6	4,8	23,6	32,3	37,1

Embora tenha sido observada nos cruzeiros 1, 2 e 3, a PRP esteve pouco presente nos cruzeiros da série Talude, tendo estado quase que completamente ausente nos cruzeiros 4, 5 e 6. Esta ausência pode ser justificada pela cobertura espacial desta série de cruzeiros, haja visto os limites batimétricos do desenho amostral adotado (120 aos 2500 m) e também pela época de realização dos mesmos (Primavera e Outono). Nestes períodos há um menor aporte de águas continentais provenientes do Rio da Prata e também do Sistema Lagoa dos Patos/Mirim (SOARES & MÖLLER, 2001). As massas de água com presença mais marcante nos cruzeiros da série Talude foram a AT e ACAS, presentes em todos os cruzeiros, bem como a ASTP, também presente em todos os cruzeiros, mas de forma menos marcada nos cruzeiros 4 e 6. A ASAP esteve pouco presente nos cruzeiros talude, tendo sido fracamente detectada nos cruzeiros 1 e 5. A AIA foi observada em todos os cruzeiros, com exceção do cruzeiro 3. Neste cruzeiro a profundidade máxima de lançamento do CTD nas estações oceanográficas foi reduzida em relação aos demais cruzeiros desta série devido à limitações técnicas do aparelho utilizado.

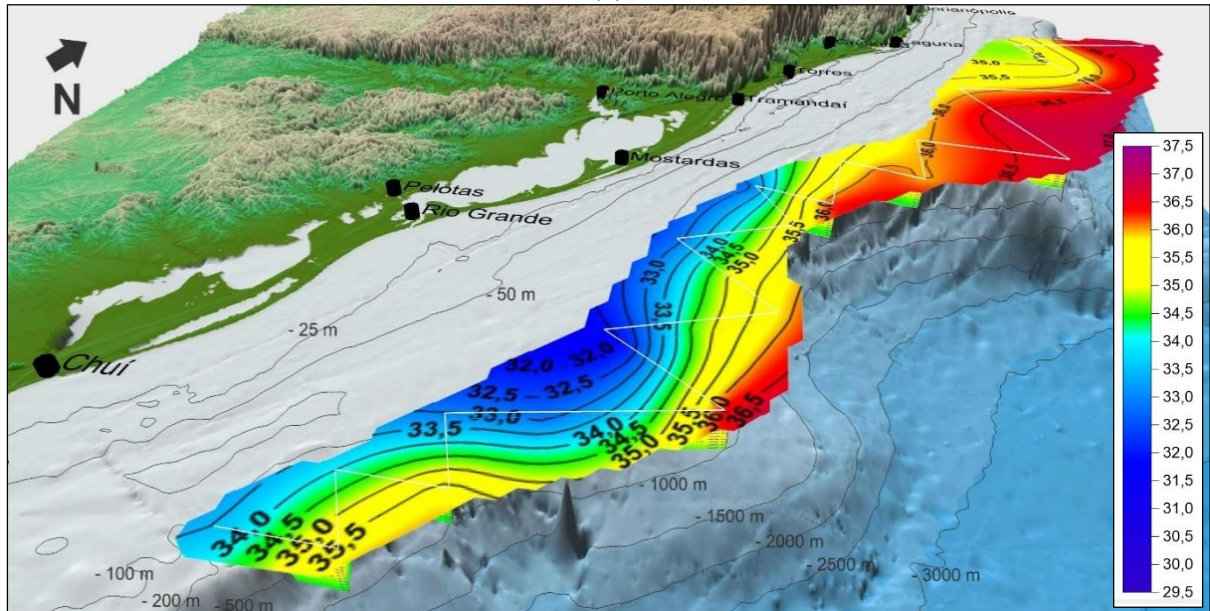
3.4.2.2. Processos oceanográficos identificados.

A partir da análise das seções verticais e dos estratos horizontais de temperatura e salinidade, novamente, foi possível observar dois processos oceanográficos bem definidos na área de estudo: ocupação da região oceânica por águas costeiras e ascensão de ACAS sobre o talude e Plataforma Continental externa.

No Cruzeiro Talude 1, realizado na primavera de 2009, é evidente, a presença de águas costeiras, representadas pela PRP e, também da ASAP e da ASTP, na região da plataforma externa e talude. A camada superficial (até 10 m) esteve ocupada por estas águas até aproximadamente a latitude da região de Mostradas, conforme pode ser observado na Figura 43 (a) e (b). Neste cruzeiro, a ASAP foi detectada até aproximadamente os 50 m de profundidade, nas estações oceanográficas mais costeiras, principalmente nos dois transectos mais ao sul da área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 44 (a) e (b).

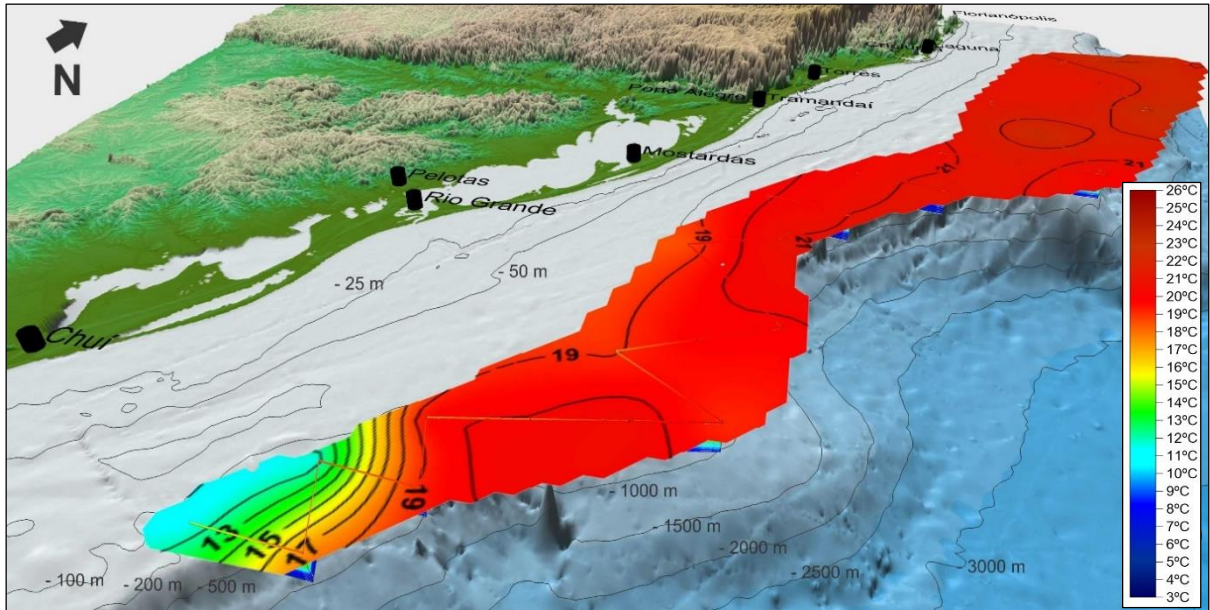


(a)

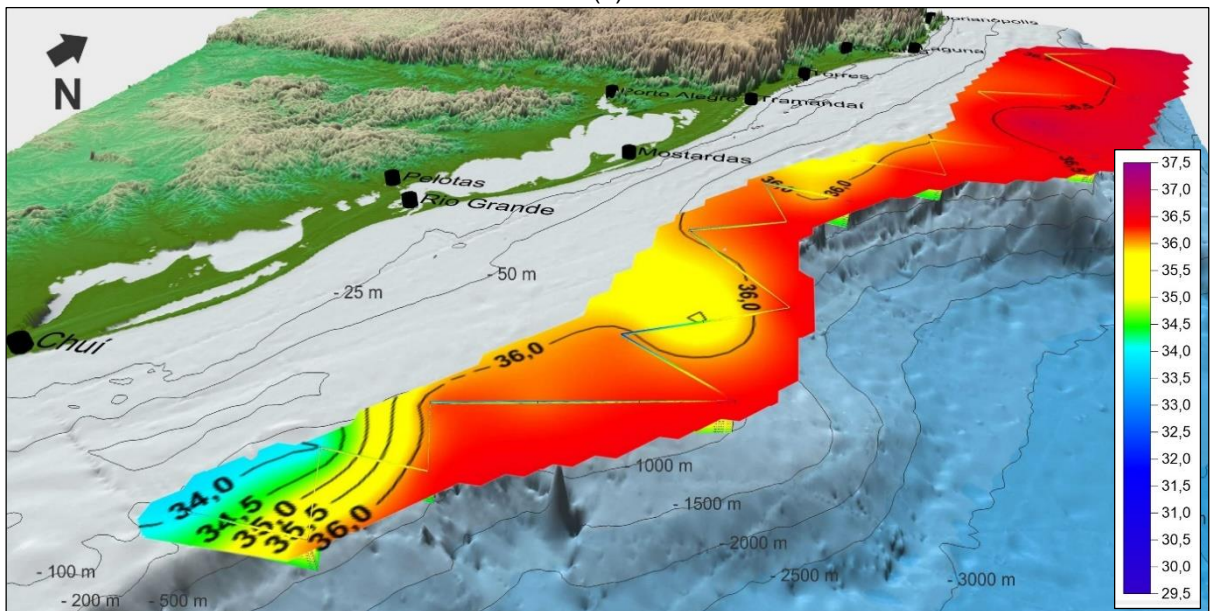


(b)

Figura 43 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental média e externa desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 1, realizado na primavera de 2009.



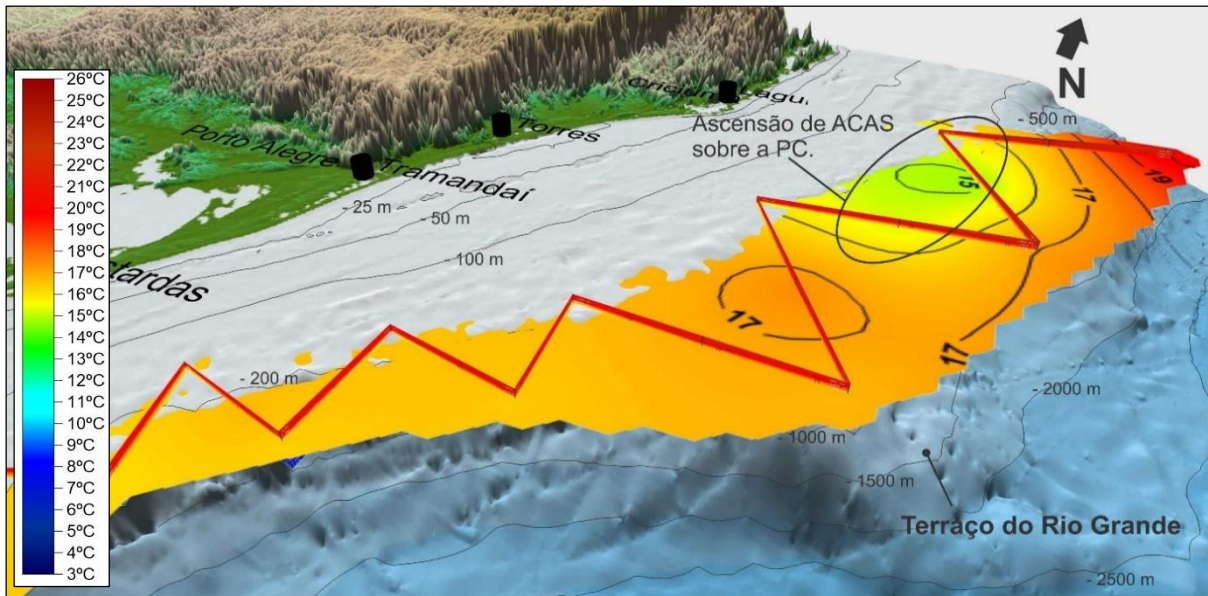
(a)



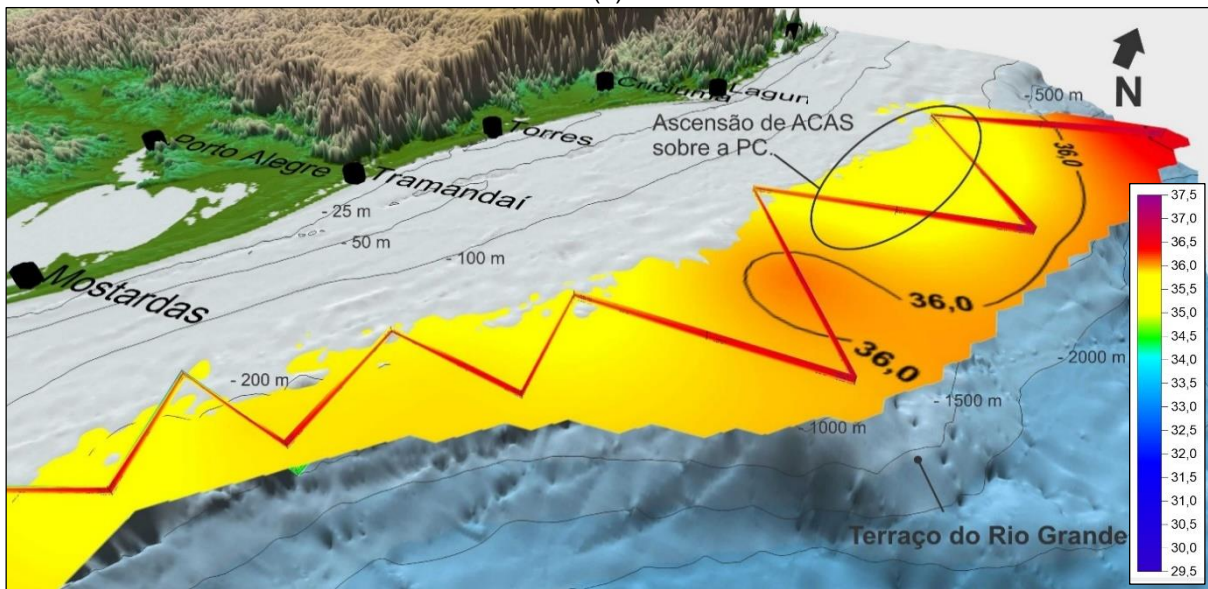
(b)

Figura 44 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 50 m de profundidade da coluna de água, ilustrando a presença de ASAP 0 até as camadas inferiores no extremo sul da área de estudo, durante o Cruzeiro Talude 1.

Outro processo oceanográfico observado neste cruzeiro foi a ascensão de ACAS sobre a plataforma externa ao norte do Terraço do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 45 (a) e (b).



(a)



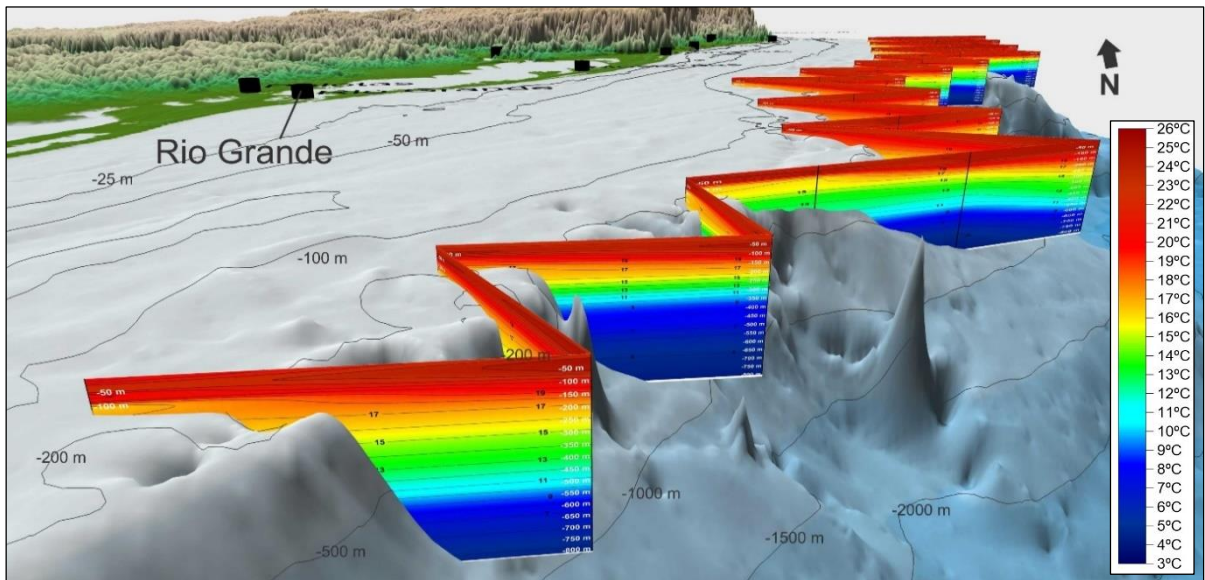
(b)

Figura 45 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 150 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro Talude 1.

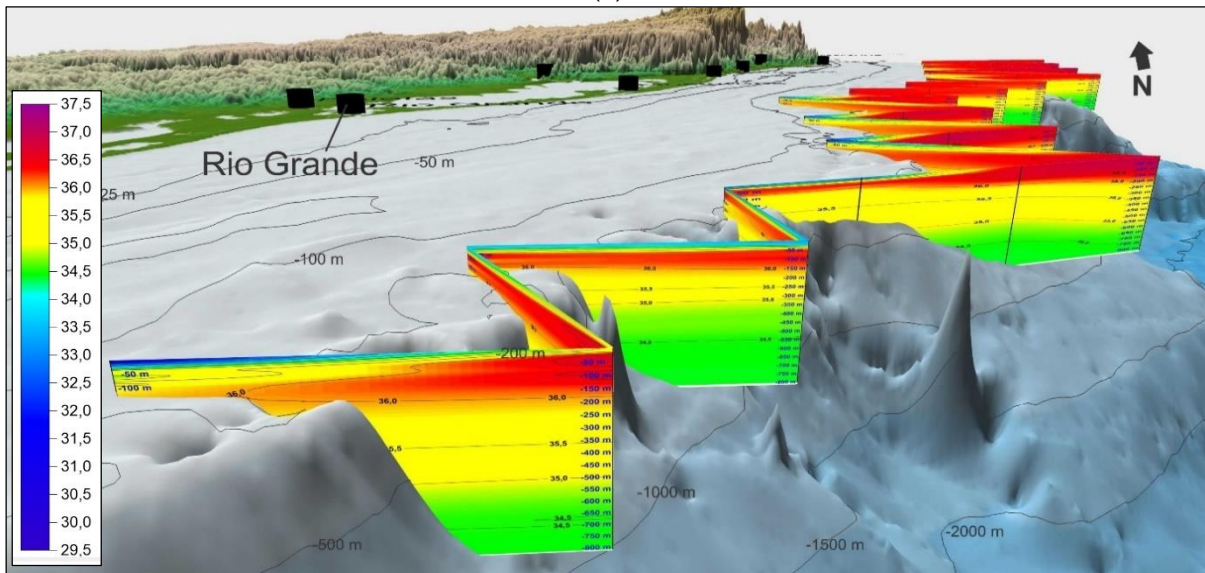
Neste cruzeiro não foi observado o efeito da presença do Cone do Rio Grande sobre a dinâmica de ascensão das águas mais frias ao sul desta feição, conforme identificado nos Cruzeiros REVIZEE 1 e 2.

De modo geral o Cruzeiro Talude 2, realizado no outono de 2010, mostrou-se mais estratificado em termos de temperatura e salinidade do que o Cruzeiro Talude 1, conforme ilustra a Figura 46 (a) e (b), que apresenta uma visão das seções verticais localizadas no extremo sul da Bacia de Pelotas. Na figura é possível observar a disposição empilhada das isolinhas que sugere a grande estratificação vertical dos estratos de temperatura e salinidade.

Embora tenha se mostrado verticalmente mais estratificado em relação ao Cruzeiro Talude 1, também foi possível observar no Cruzeiro Talude 2, a presença da PRP na camada superficial (até 10 m) sobre a plataforma externa e talude até a latitude de Mostardas, conforme ilustra a Figura 47 (a) e (b). Neste cruzeiro a ASAP não foi observada, sendo que as camadas mais profundas da região da plataforma externa e talude estiveram ocupadas pela ASTP.

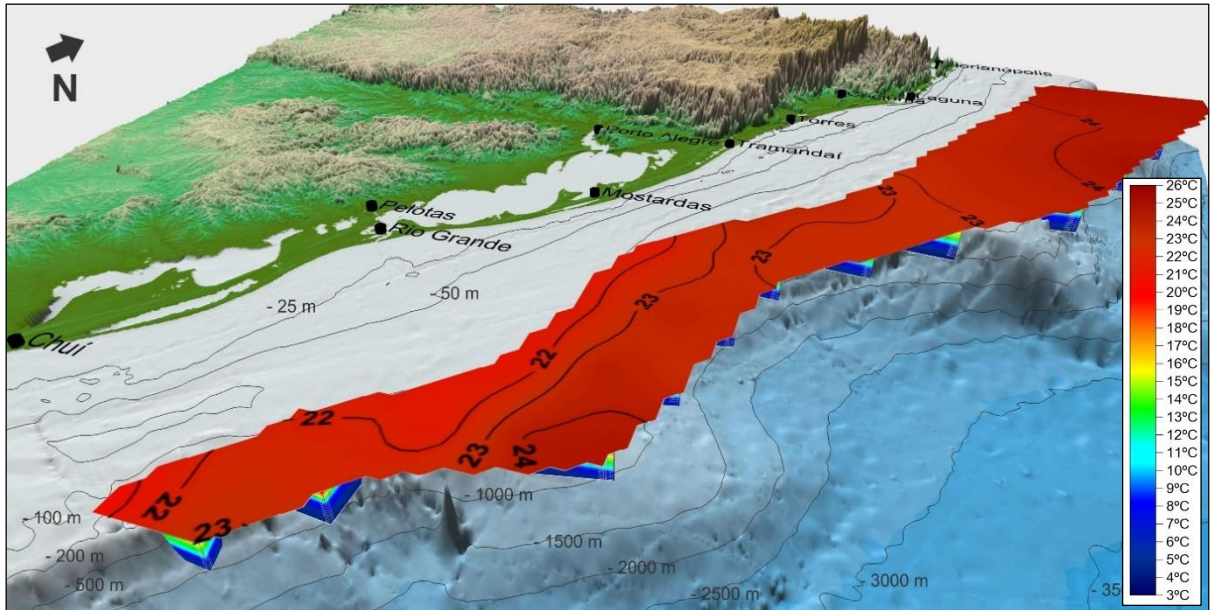


(a)

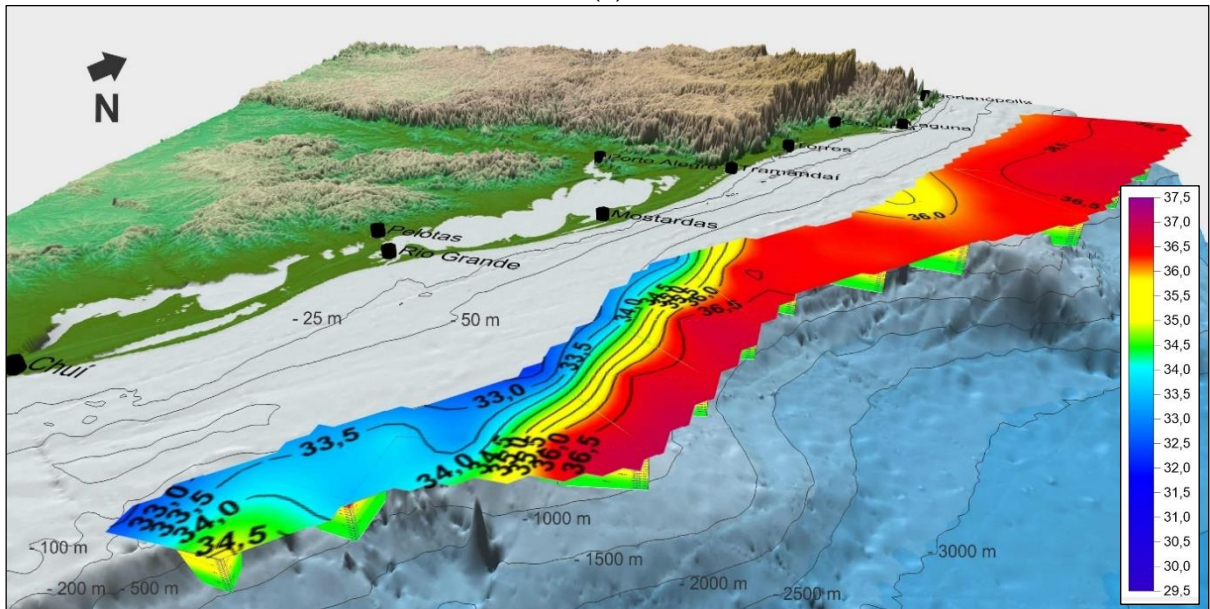


(b)

Figura 46 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade do Cruzeiro Talude 2 e também a presença da camada superficial (até 10 m) formada por águas costeiras sobre a Plataforma Continental externa e talude.



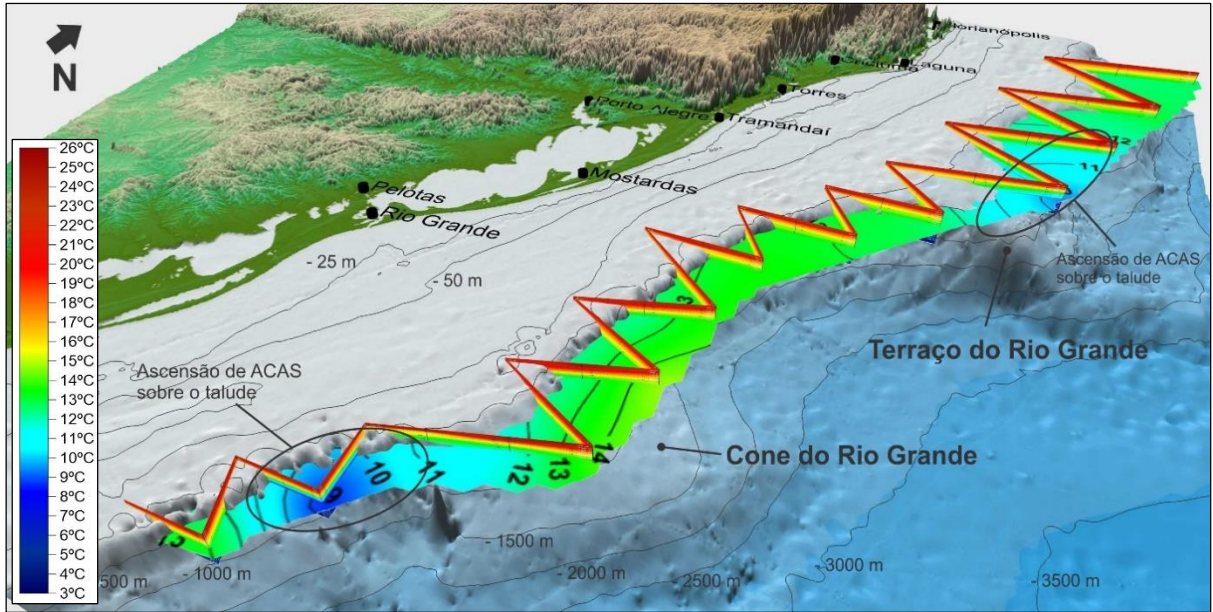
(a)



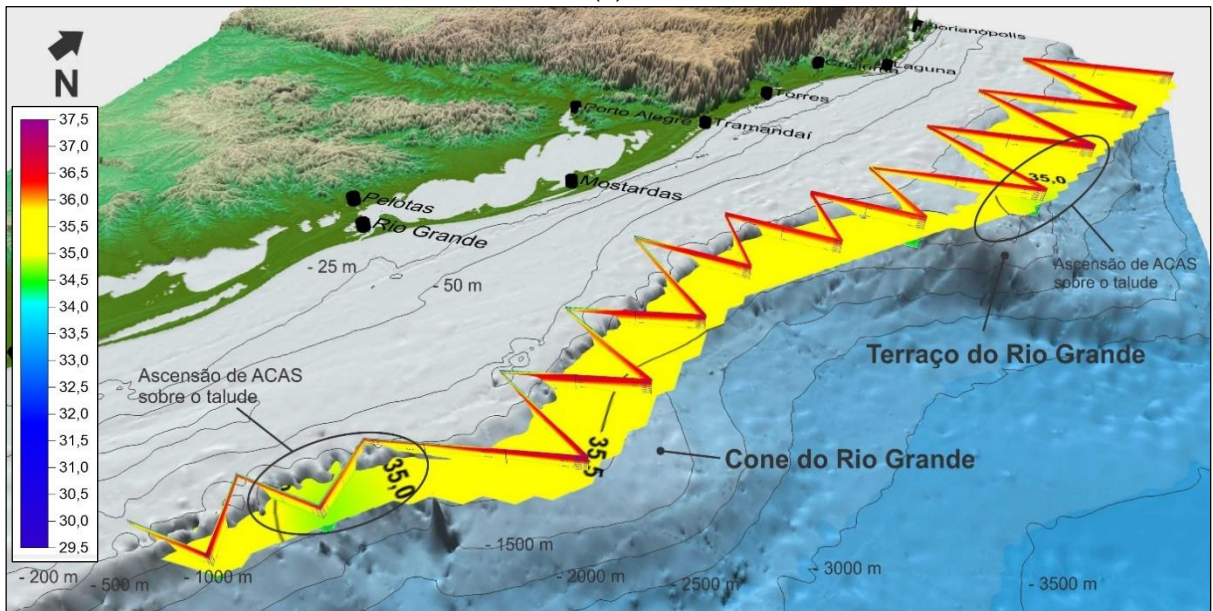
(b)

Figura 47 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental externa e talude desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 2 realizado no Outono de 2010.

Neste cruzeiro foi possível observar nos dados ambientais, a ascensão de ACAS na região ao sul do Cone do Rio Grande (Figura 48), embora em um estrato mais profundo (390 m) do que nos cruzeiros REVIZEE 1 e 2, ilustrada na Figura 36 e na Figura 39, respectivamente. Neste mesmo estrato foi possível observar também ascensão de ACAS sobre o talude na região do Terraço do Rio Grande (Figura 48).



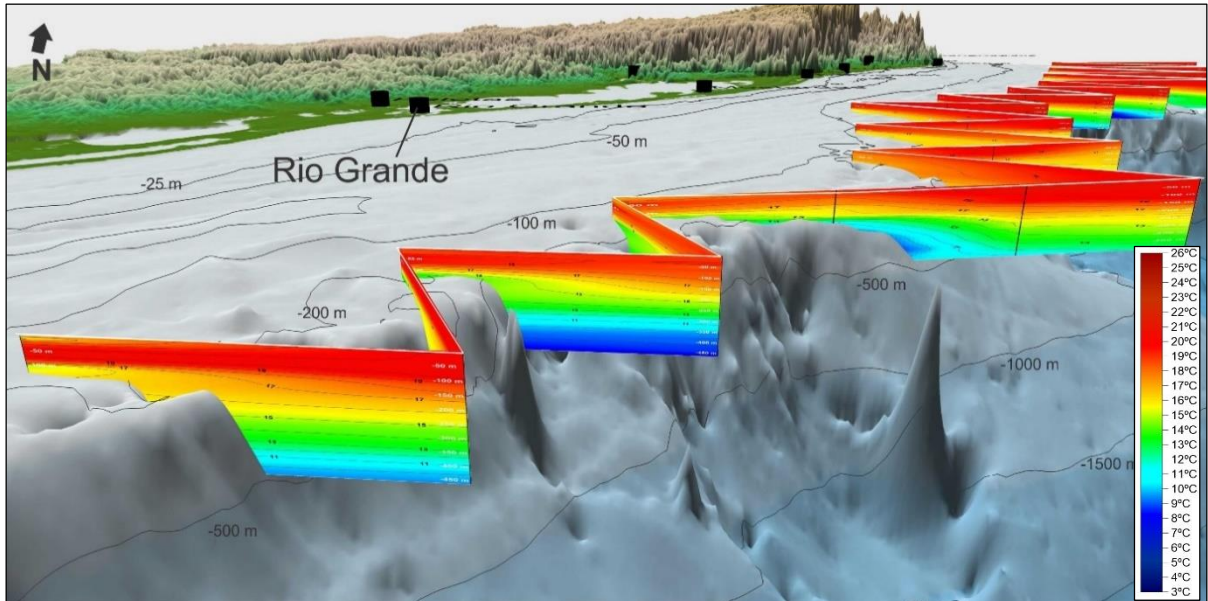
(a)



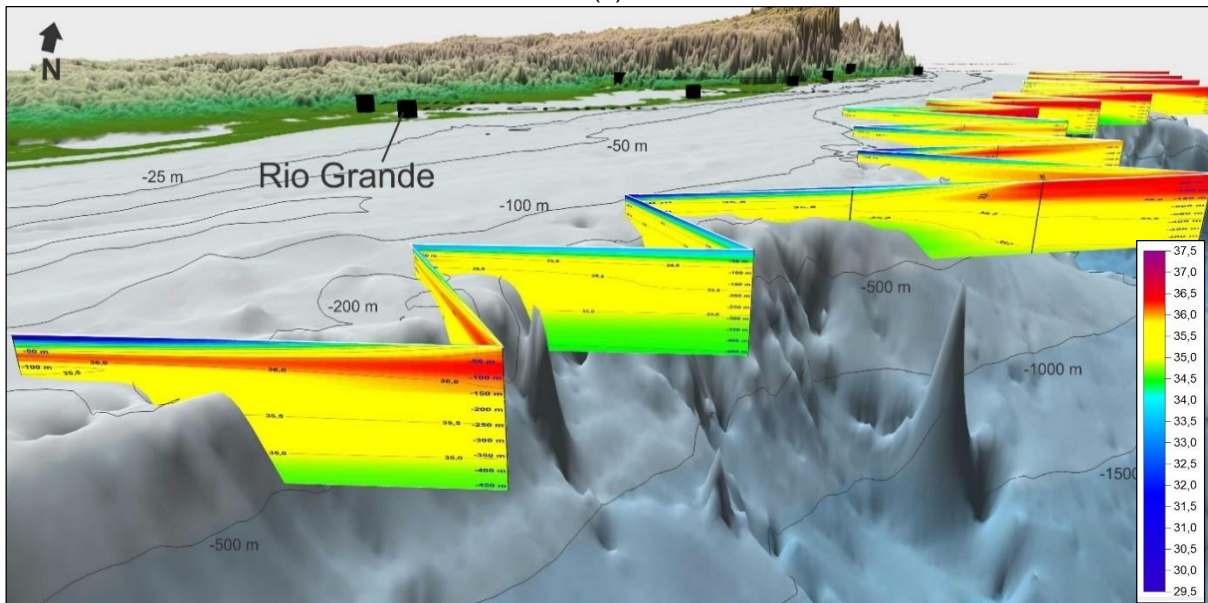
(b)

Figura 48 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 390 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande e sobre o Terraço do Rio Grande durante o Cruzeiro Talude 2.

De modo geral, assim como no Cruzeiro Talude 2, a coluna de água mostrou-se bem estratificada no Cruzeiro Talude 3, realizado na primavera de 2010 (Figura 49). Também foi possível observar nas seções verticais de temperatura e salinidade no extremo sul da Baía de Pelotas a tendência de subida no talude das isolinhas de temperatura e salinidade.



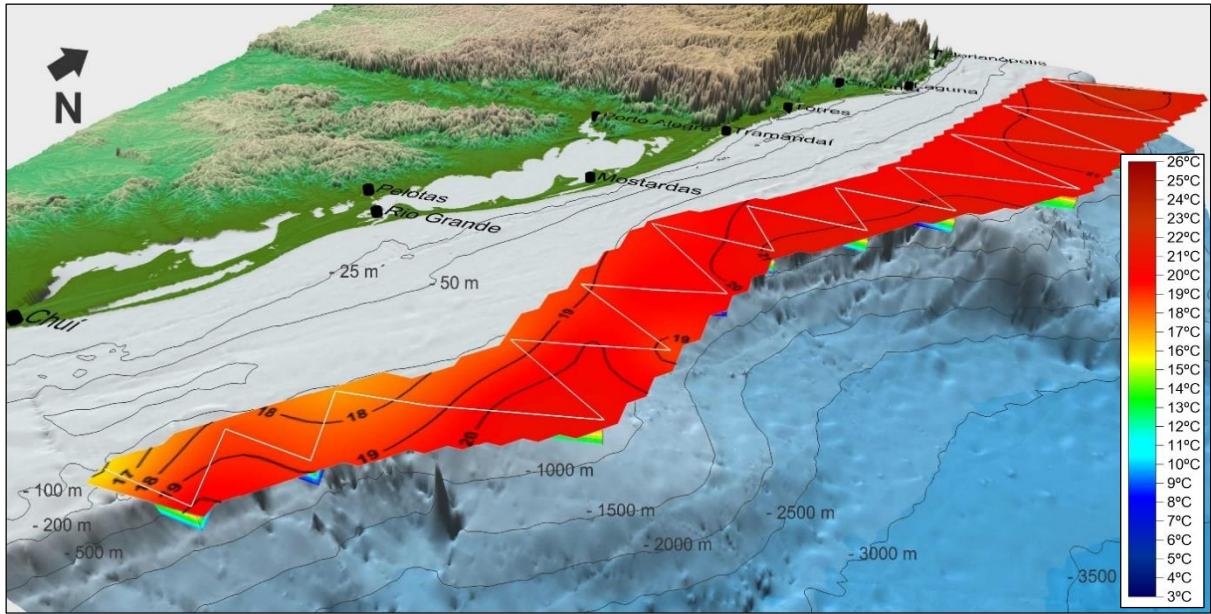
(a)



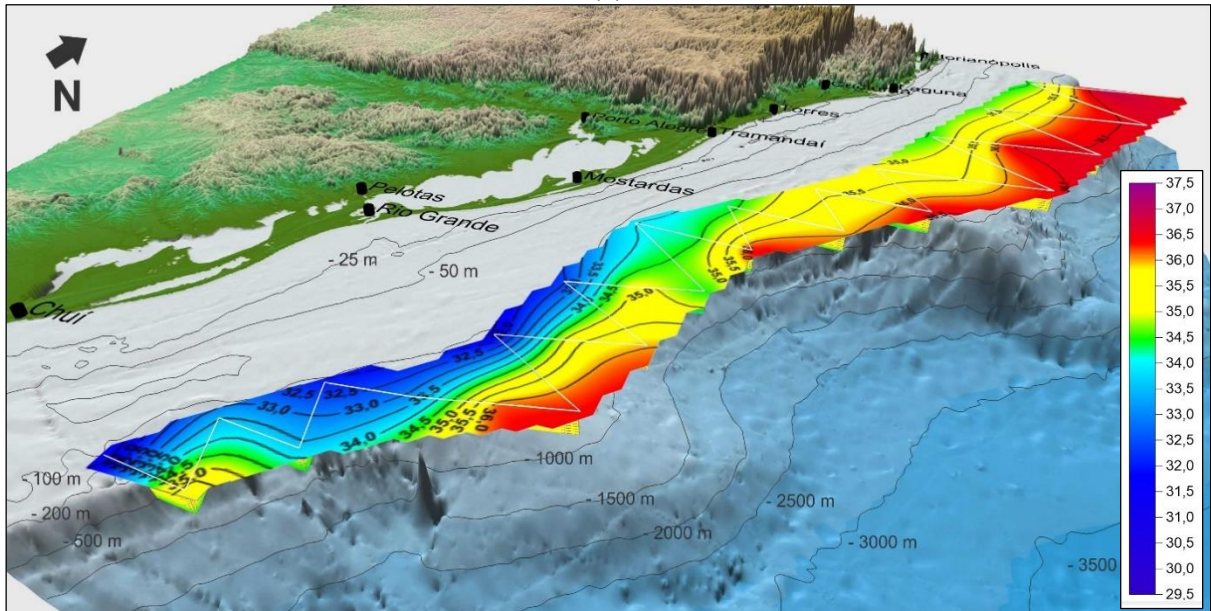
(b)

Figura 49 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade do Cruzeiro Talude 3 e também a presença da camada superficial (até 10 m) formada por águas costeiras sobre a Plataforma Continental externa e talude no Cruzeiro Talude 3, realizado na Primavera de 2010.

Novamente foi evidente, principalmente nos dados de salinidade, a presença marcante da PRP na camada superficial (até 10 m) em toda a área da Plataforma Continental externa e talude, até aproximadamente a latitude de Mostardas (Figura 50). De modo geral, a amplitude de variação da temperatura nesta camada, no Cruzeiro Talude 3 ($16^{\circ}\text{C} < T < 21^{\circ}\text{C}$) foi semelhante a do Cruzeiro Talude 1 ($16^{\circ}\text{C} < T < 20^{\circ}\text{C}$) e maior em relação ao Cruzeiro Talude 2 ($22^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$) que apresentou menor variação, mas temperaturas mais altas. No extremo sul da área de estudo, na altura do Chuí, foram observados os menores valores de salinidade ($S = 29,5$) entre todos os cruzeiros talude.



(a)

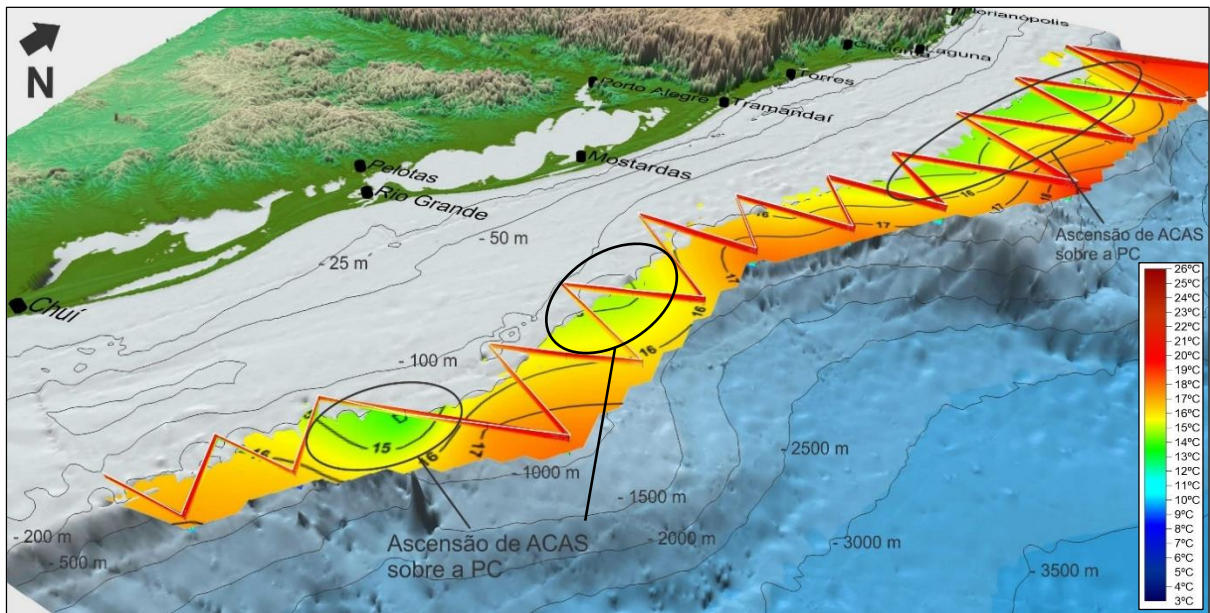


(b)

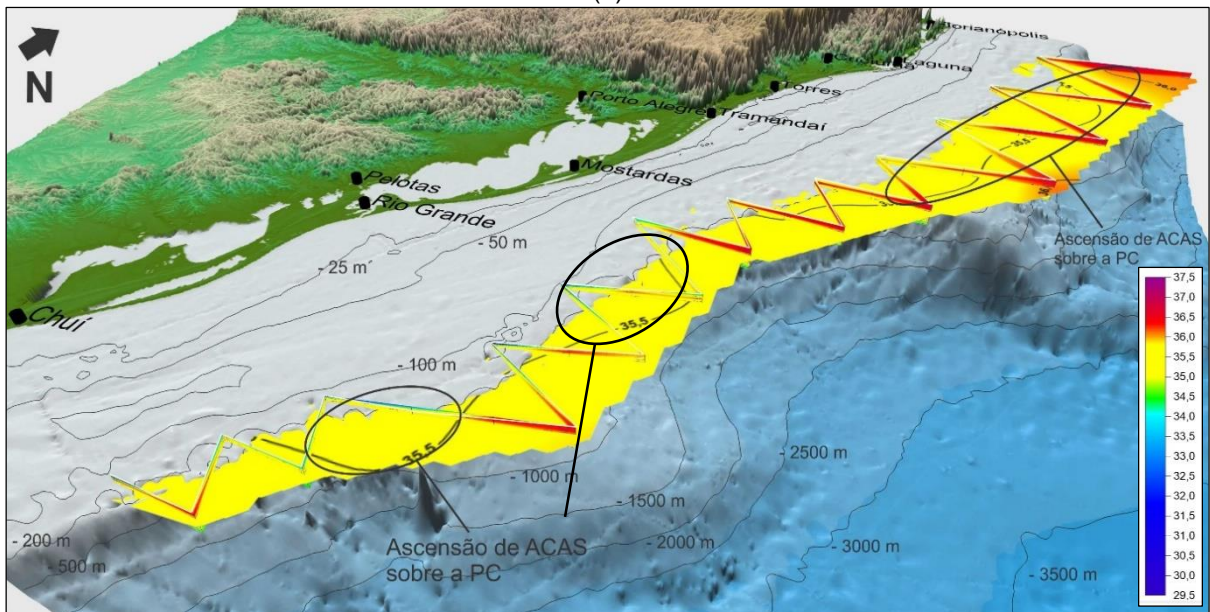
Figura 50 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de camada superficial de águas continentais na região da Plataforma Continental externa e talude desde o Chuí até o norte de Mostardas, durante o Cruzeiro Talude 3.

Neste cruzeiro a ascensão de ACAS sobre o talude e a plataforma externa foi bastante evidente, conforme pode ser observando na Figura 51 (a) e (b). Na figura é apresentado o estrato de 170 m de profundidade onde observa-se a ascensão de águas relativamente mais frias ($T < 15^{\circ}\text{C}$) e menos salinas ($S < 35,5$), características de ACAS, sobre a plataforma, na região ao sul do Cone do Rio Grande, ao norte do Terraço do Rio Grande e também ao largo da cidade do Rio Grande, de forma menos marcada. Esta ascensão é ainda mais evidente quando observa-se estratos horizontais mais profundos, particularmente em 300 m onde,

novamente, destaca-se a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande conforme pode ser observado na Figura 52 (a) e (b).

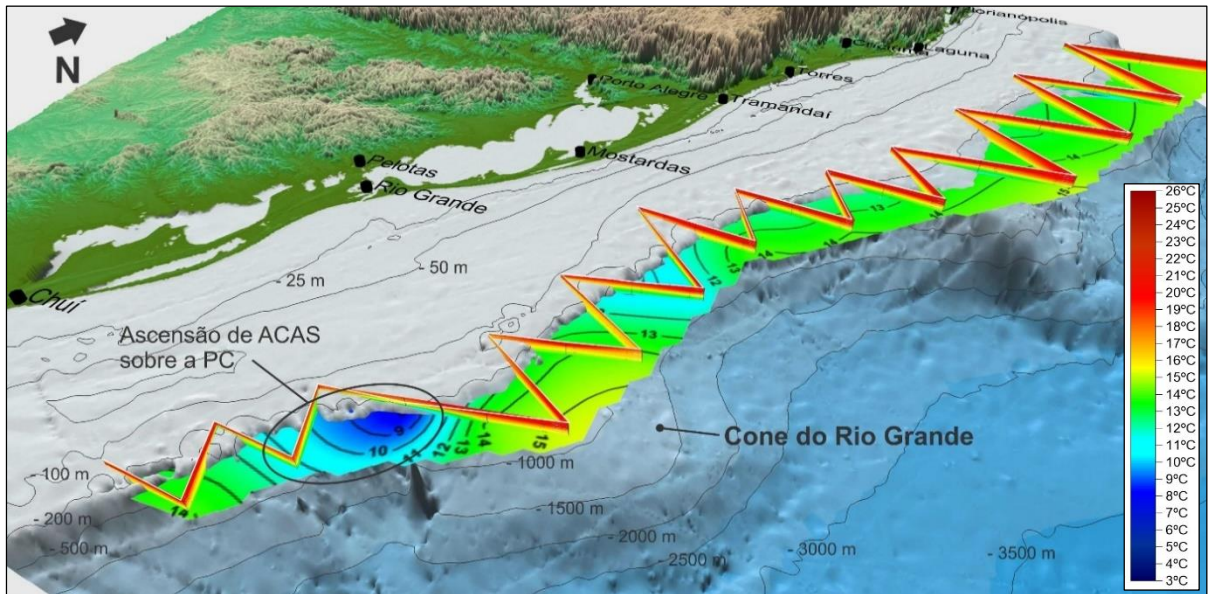


(a)

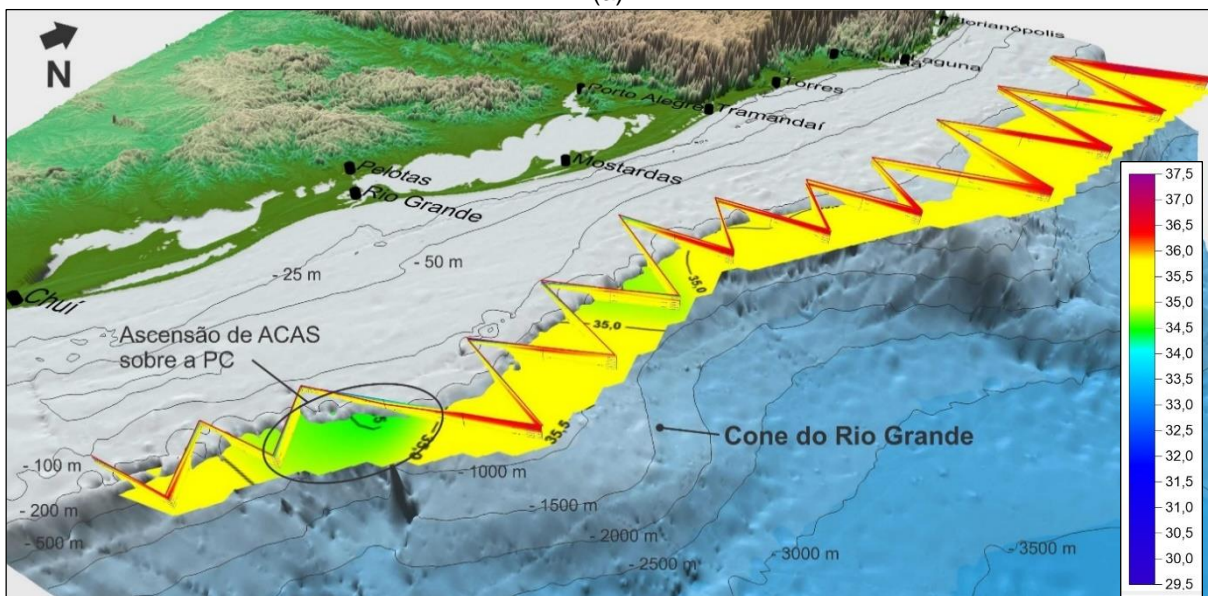


(b)

Figura 51 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 170 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre o talude e Plataforma Continental externa na região ao sul do Cone do Rio Grande e ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 3.



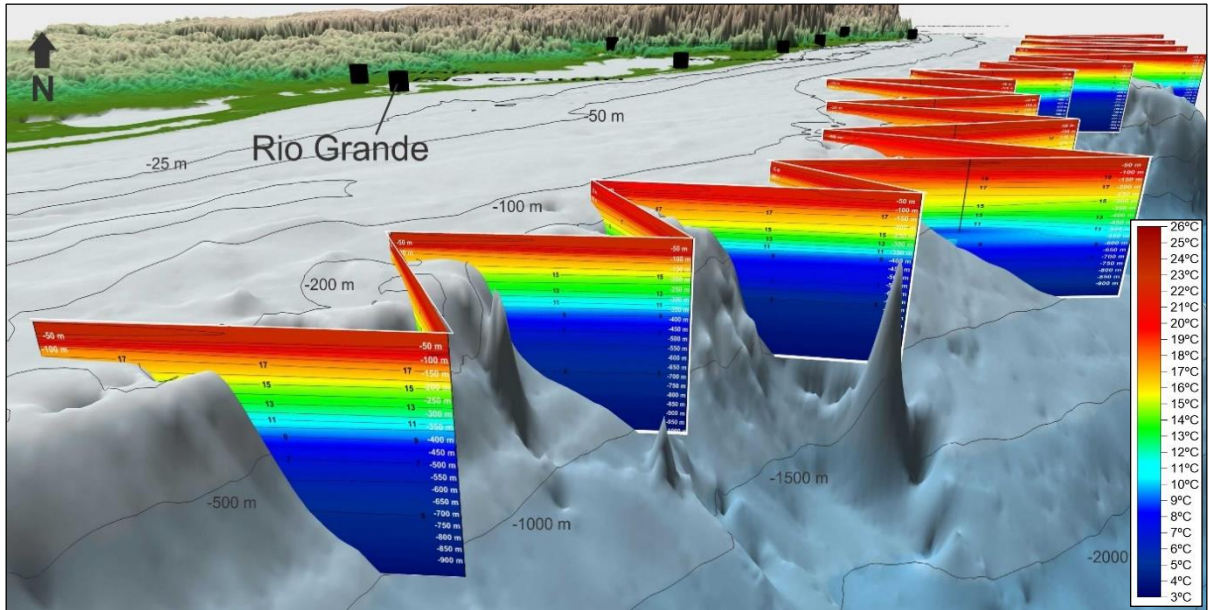
(a)



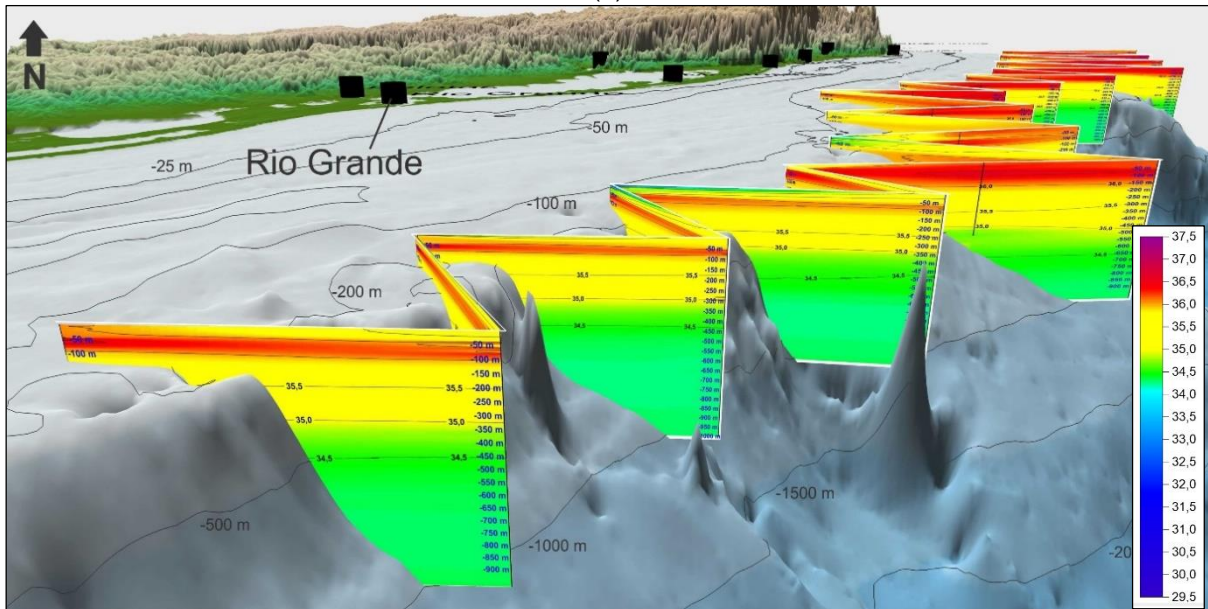
(b)

Figura 52 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 300 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ao sul do Cone do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 3.

No Cruzeiro Talude 4, realizado no Outono de 2011, diferente dos anteriores desta série, não houve presença da PRP. Neste cruzeiro a região da Baía de Pelotas mostrou-se intensamente estratificada e dominada por AT e ACAS, conforme pode ser observado na Figura 53 (a) e (b). A ASTP pode ser observada somente nas camadas superficiais (até os 30 m) em algumas estações mais costeiras (Figura 54). Neste cruzeiro destaca-se a ascensão de ACAS sobre o talude e a Plataforma Continental externa sobre grande parte da área estudada, principalmente ao sul do Cone do Rio Grande e ao sul e norte do Terraço do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 55 (a) e (b).

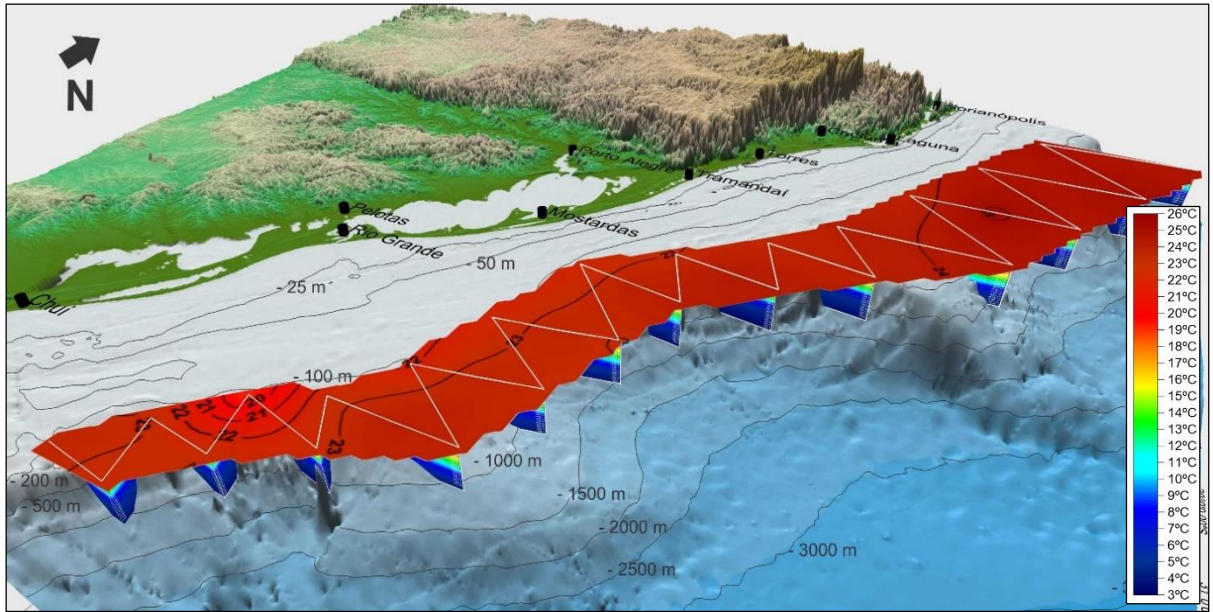


(a)

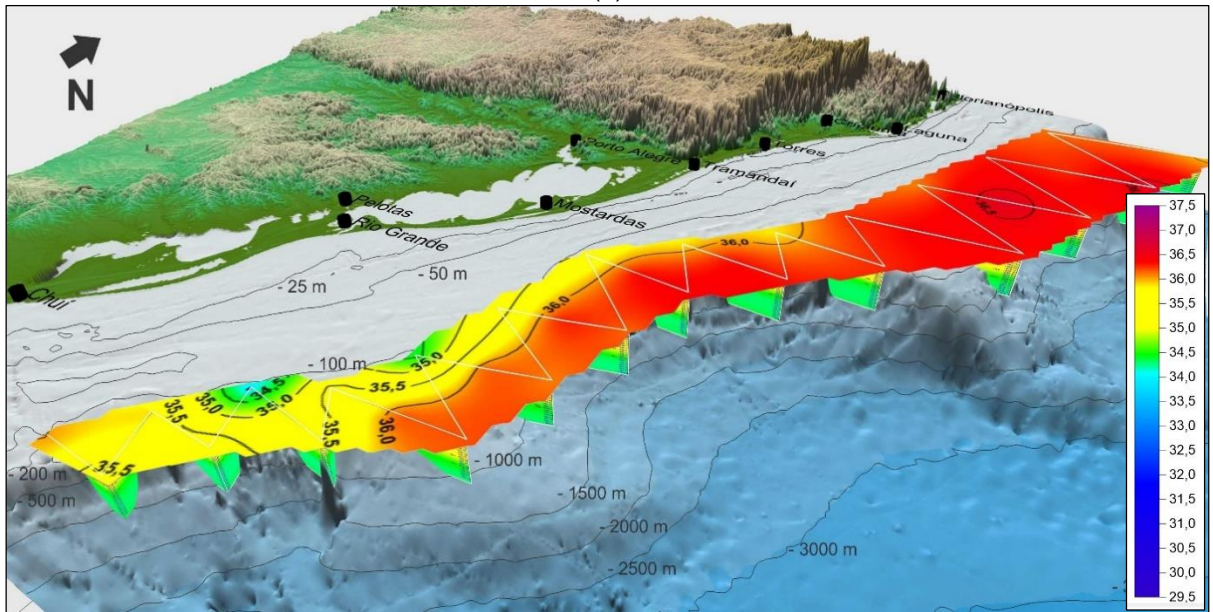


(b)

Figura 53 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade e o domínio da AT ($S \geq 36$; $T \geq 18.5$) e ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) no Cruzeiro Talude 4, realizado no Outono de 2011.

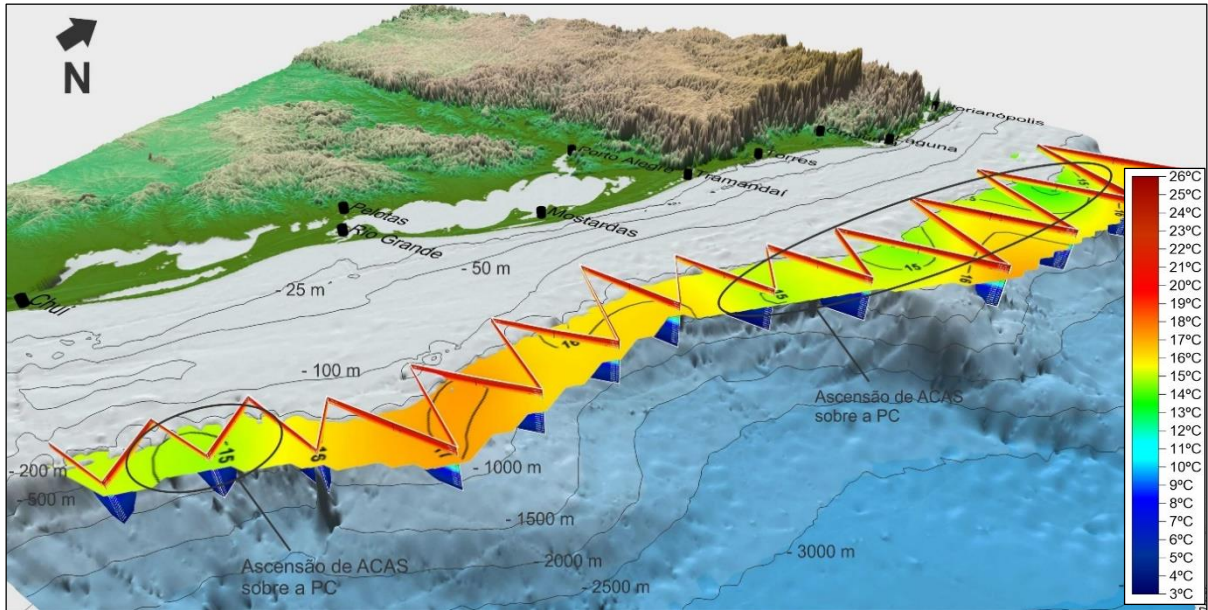


(a)

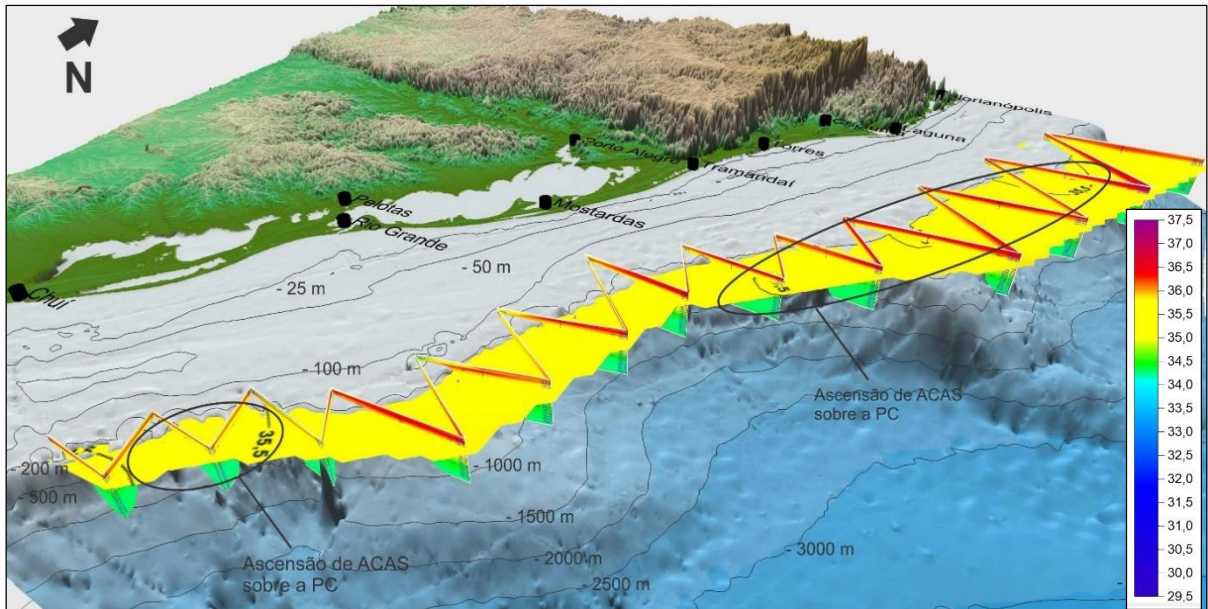


(b)

Figura 54 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a presença de ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Bacia de Pelotas, durante o Cruzeiro Talude 4.



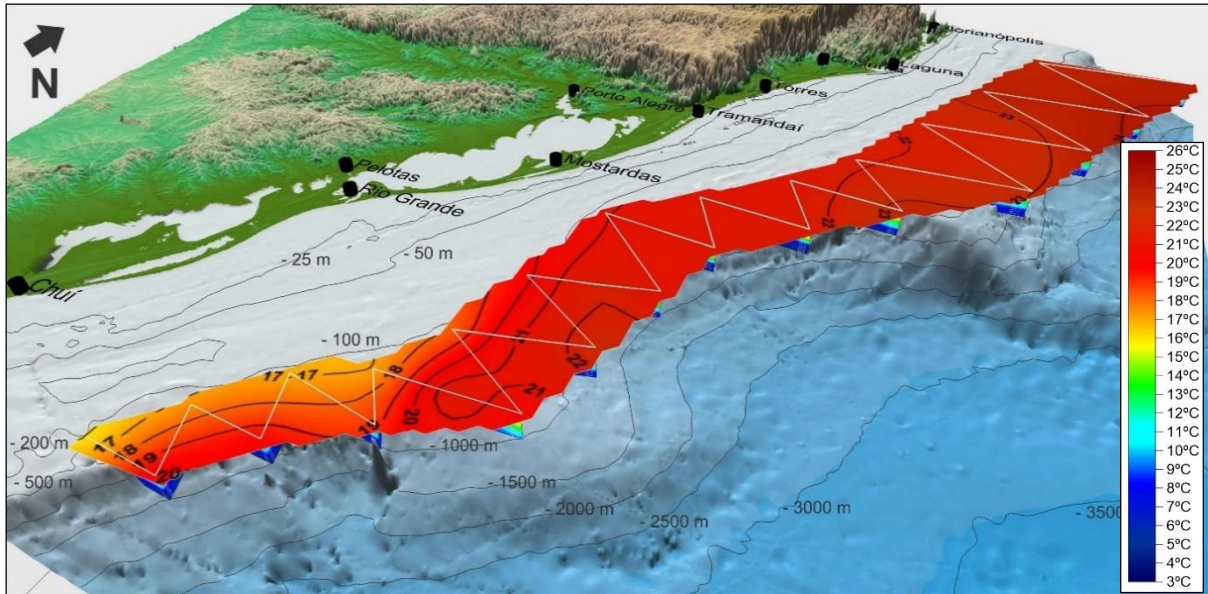
(a)



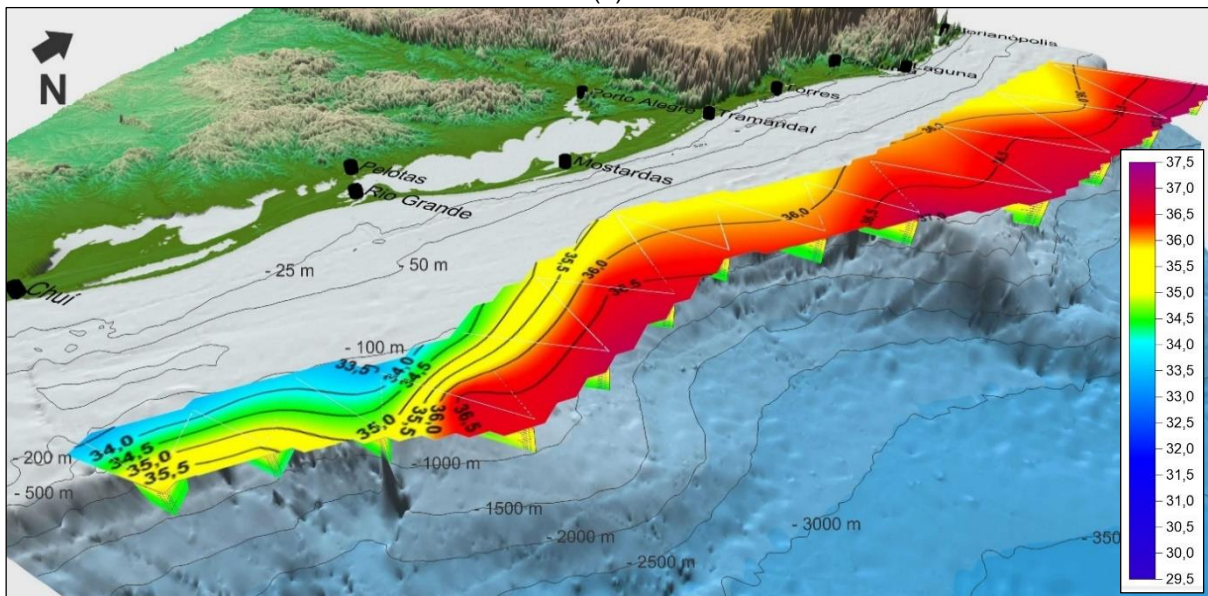
(b)

Figura 55 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa ao sul do Cone do Rio Grande e ao sul e ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 4.

O Cruzeiro Talude 5, realizado na primavera de 2012, caracterizou-se pela baixa presença de águas costeiras sobre a plataforma externa, embora mais intensa do que no Cruzeiro Talude 4. No estrato de 10 m de profundidade, apresentado na Figura 56, foi possível observar a presença de águas relativamente mais frias ($17^{\circ}\text{C} < T < 19^{\circ}\text{C}$) e menos salinas ($33,5 < S < 34,5$) sobre a plataforma externa e talude, entre o Chuí e o Rio Grande. Estas águas dominam a camada superficial (até 10 m) desta região e são formadas principalmente pela ASTP e pela pouca PRP presente.



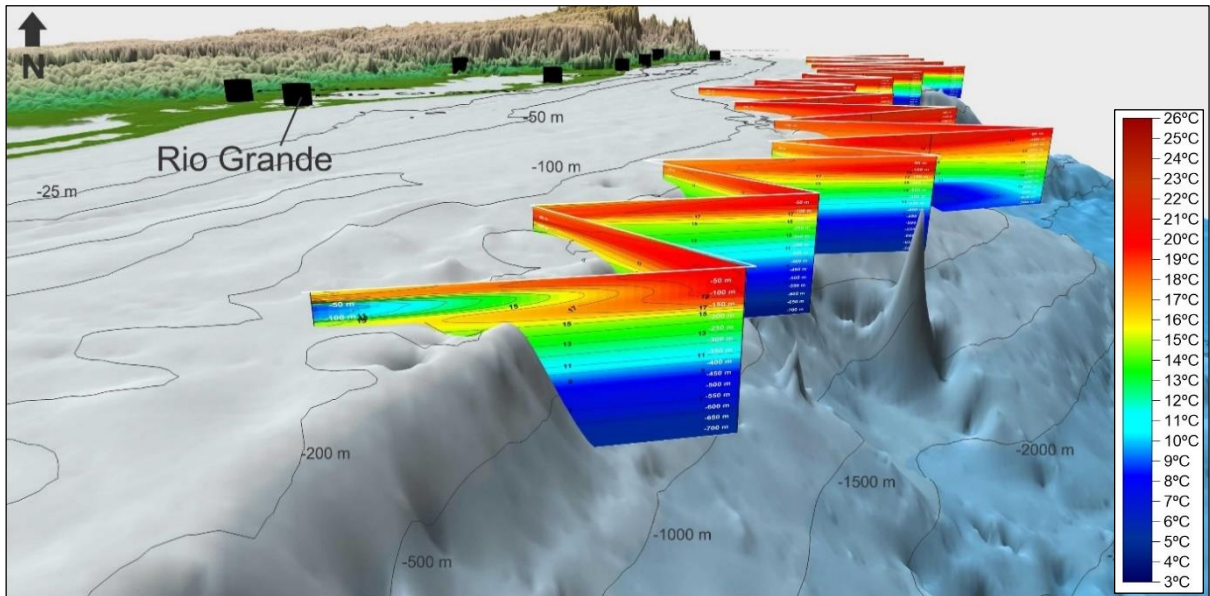
(a)



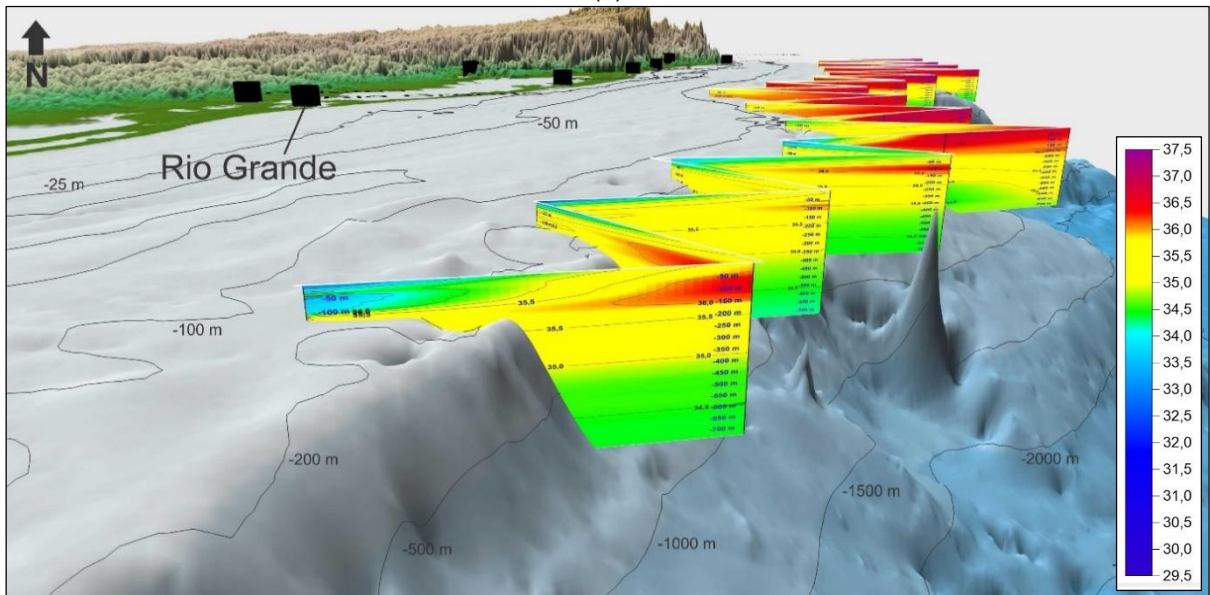
(b)

Figura 56 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando a pouca presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 11$) e a presença da ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Baía de Pelotas durante o Cruzeiro Talude 5.

A Figura 57 apresenta as seções verticais de temperatura e salinidade dos transectos realizados no extremo sul da área de estudo, onde é possível identificar uma camada entre 50 e 100 m de profundidade, detectada na estação oceanográfica mais costeira do transecto mais ao sul, e que corresponde à presença da ASAP identificada de forma pouca marcada no diagrama TS deste cruzeiro, que pode ser visualizado na Figura 42 (e).



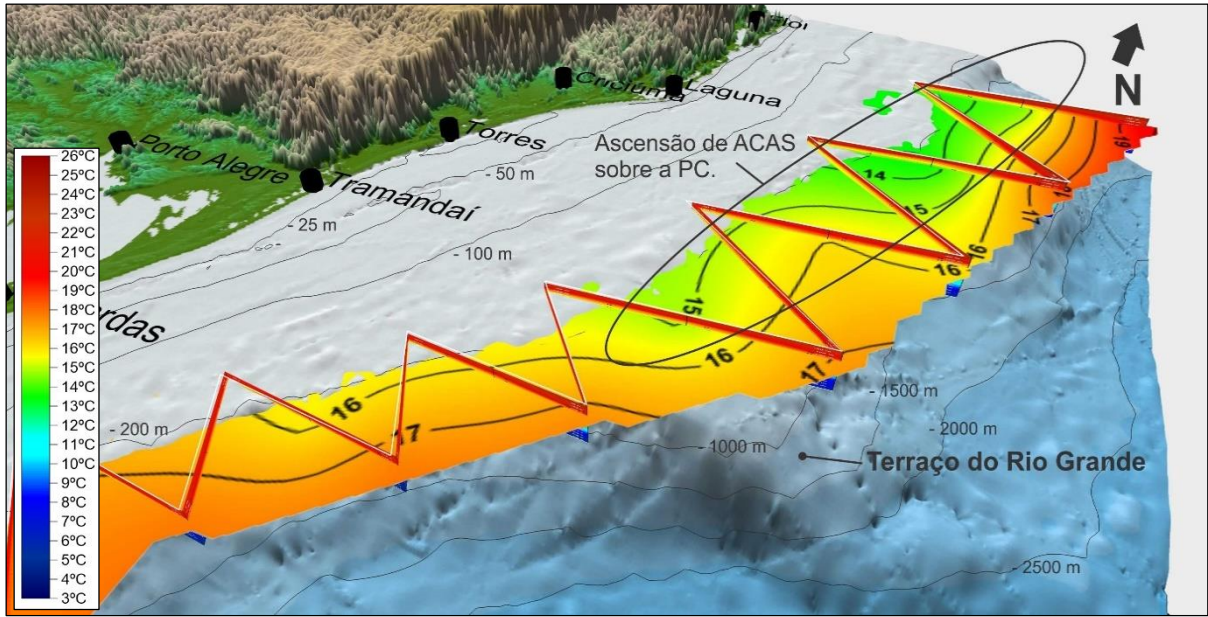
(a)



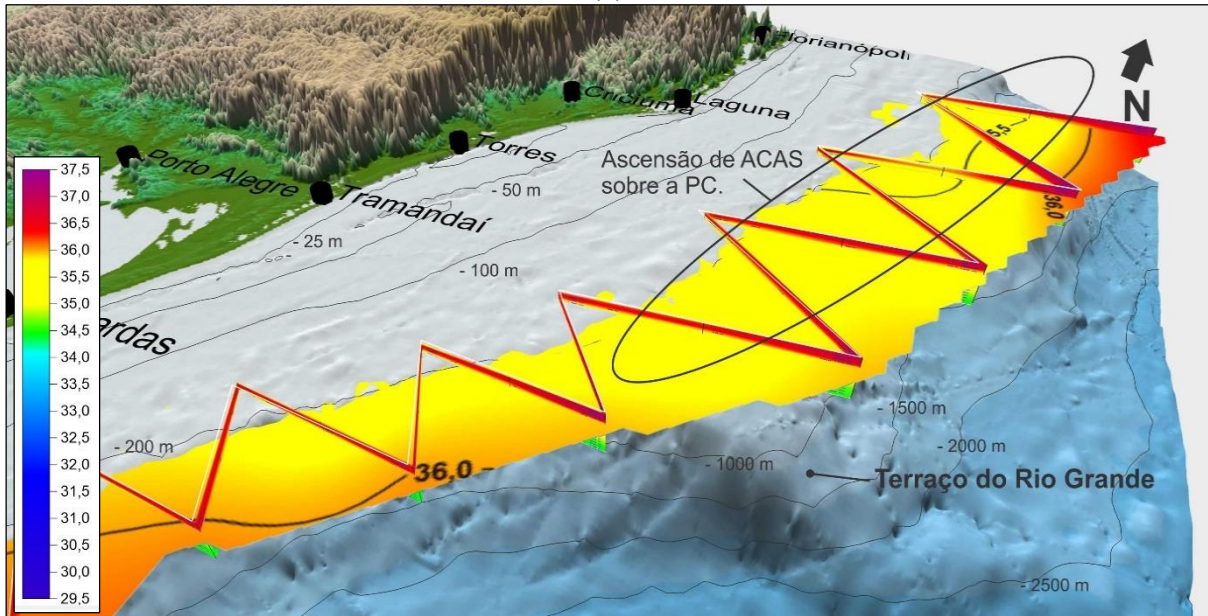
(b)

Figura 57 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a presença da ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 17$) entre 50 e 100 m de profundidade no transecto realizado no extremo sul da área de estudo durante o Cruzeiro Talude 5.

O processo oceanográfico mais marcante observado neste cruzeiro foi a ascensão da ACAS sobre a plataforma na região ao norte do Terraço do Rio Grande (Figura 58).



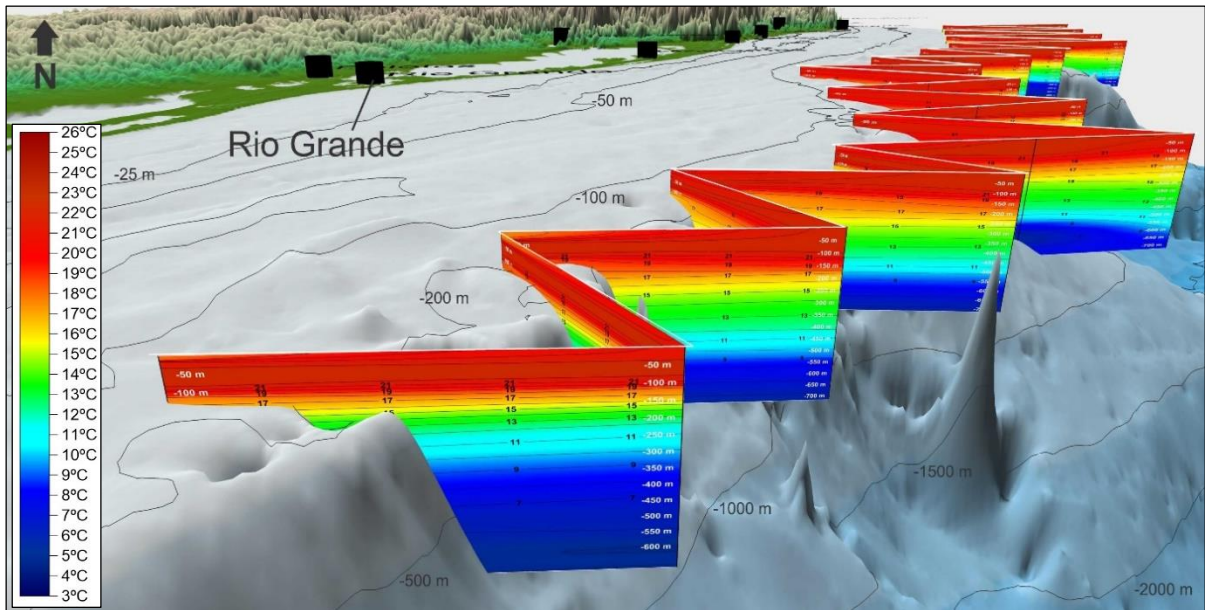
(a)



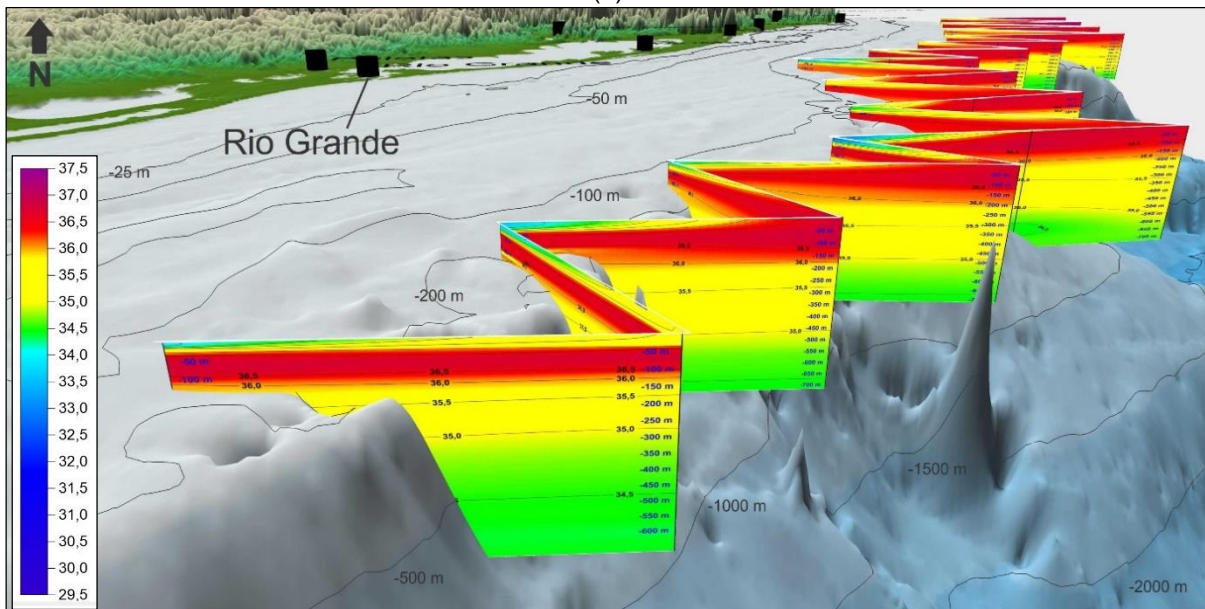
(b)

Figura 58 - Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 180 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa na região ao norte do Terraço do Rio Grande, durante o Cruzeiro Talude 5.

O Cruzeiro Talude 6, realizado no outono de 2013, mostrou-se bem estratificado em termos ambientais, conforme pode ser observado na Figura 59. Destaca-se novamente a presença, na camada superficial (até 10 m), de águas relativamente menos salinas ($S < 34,5$) e mais frias ($T < 18$) formadas pela ASTP e PRP. Neste cruzeiro a distribuição desta camada de água limitou-se a plataforma externa, embora tenha se estendido latitudinalmente, novamente, até Mostardas (Figura 60).



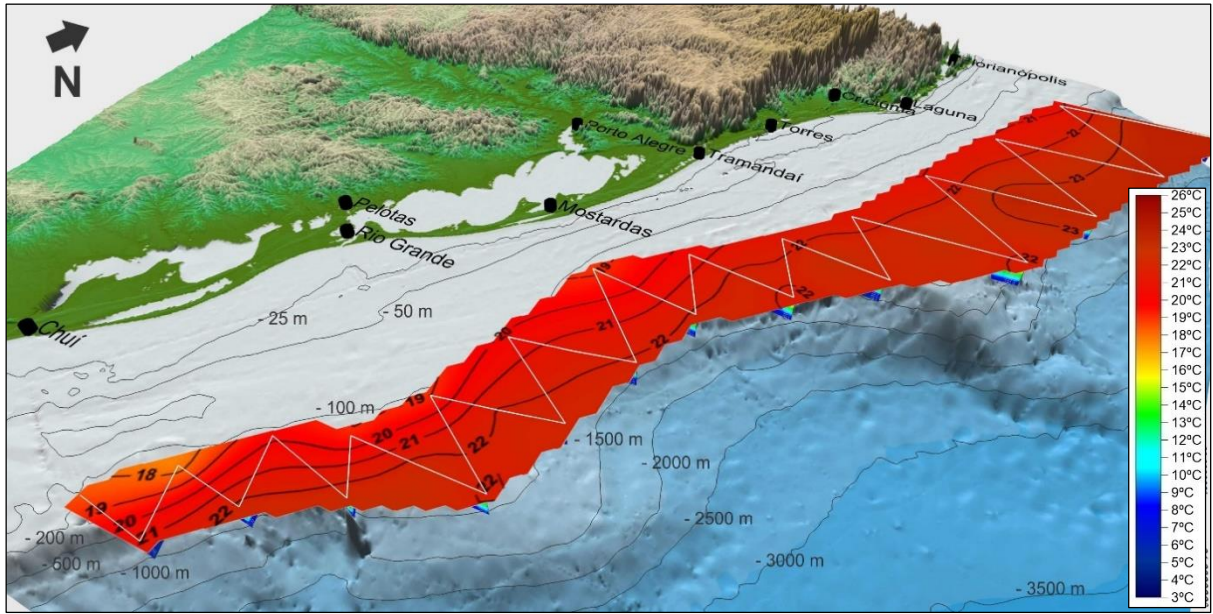
(a)



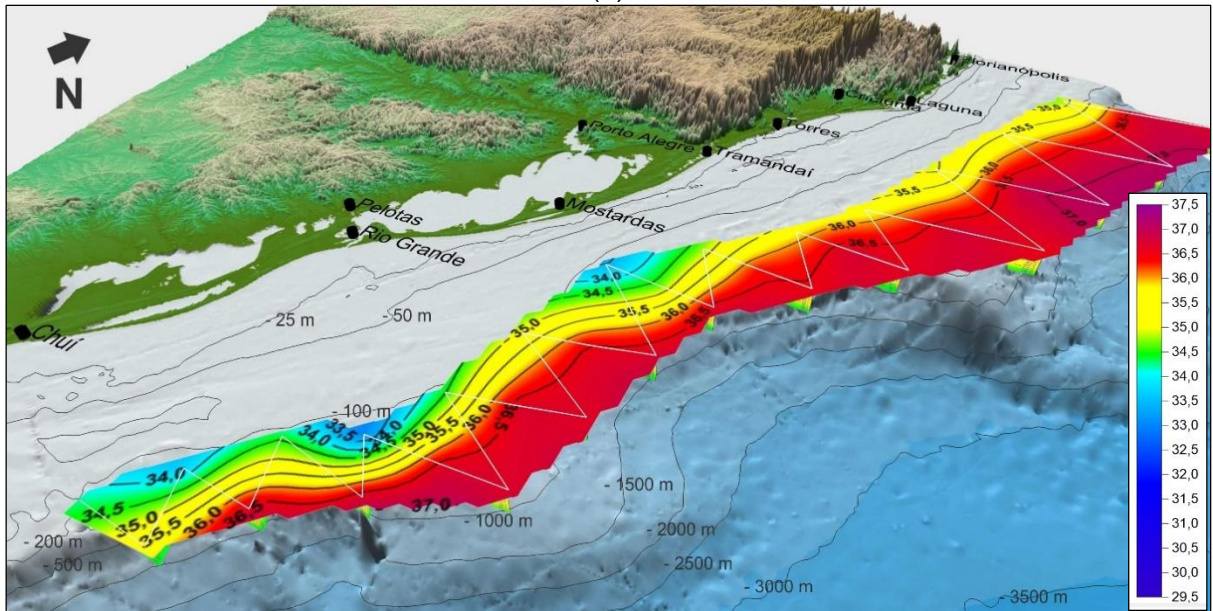
(b)

Figura 59 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade e o domínio da AT ($S \geq 36$; $T \geq 18.5$) e ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) no Cruzeiro Talude 6, realizado no Outono de 2013.

Destaca-se também a ascensão de ACAS sobre a plataforma externa na região sobre o terraço ao largo de Florianópolis. Nos cruzeiros anteriores a ascensão de ACAS foi observada mais ao sul nesta região. Também foi possível observar ACAS sobre a plataforma externa na região ao norte do Cone do Rio Grande, além de uma ascensão de ACAS com temperaturas de até 13°C neste estrato, no extremo sul da BACIA DE PELOTAS (Figura 61).

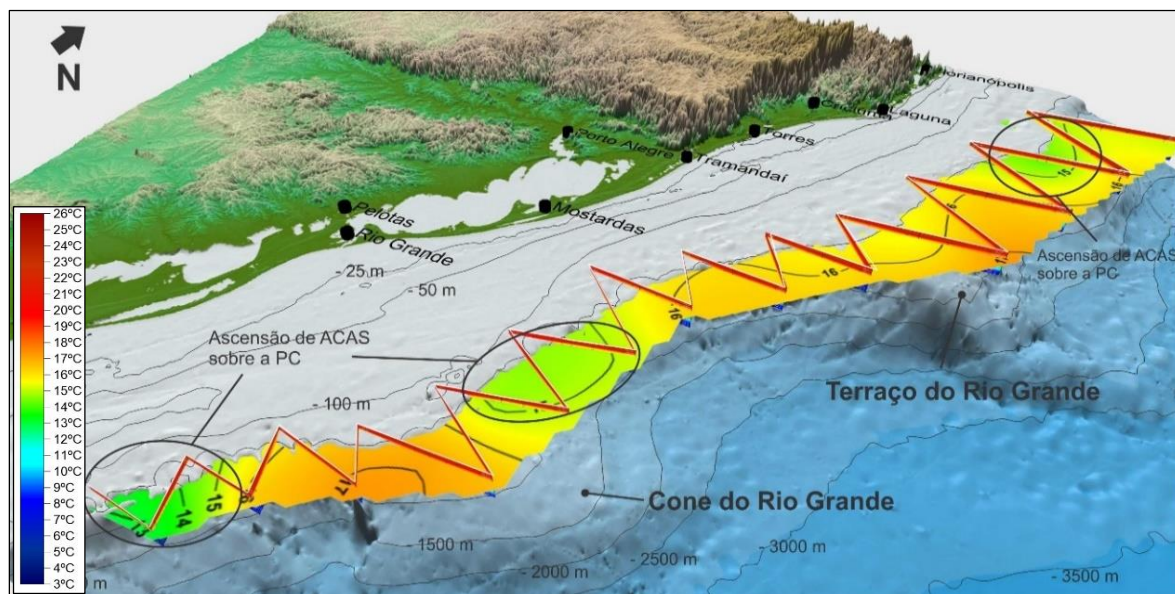


(a)

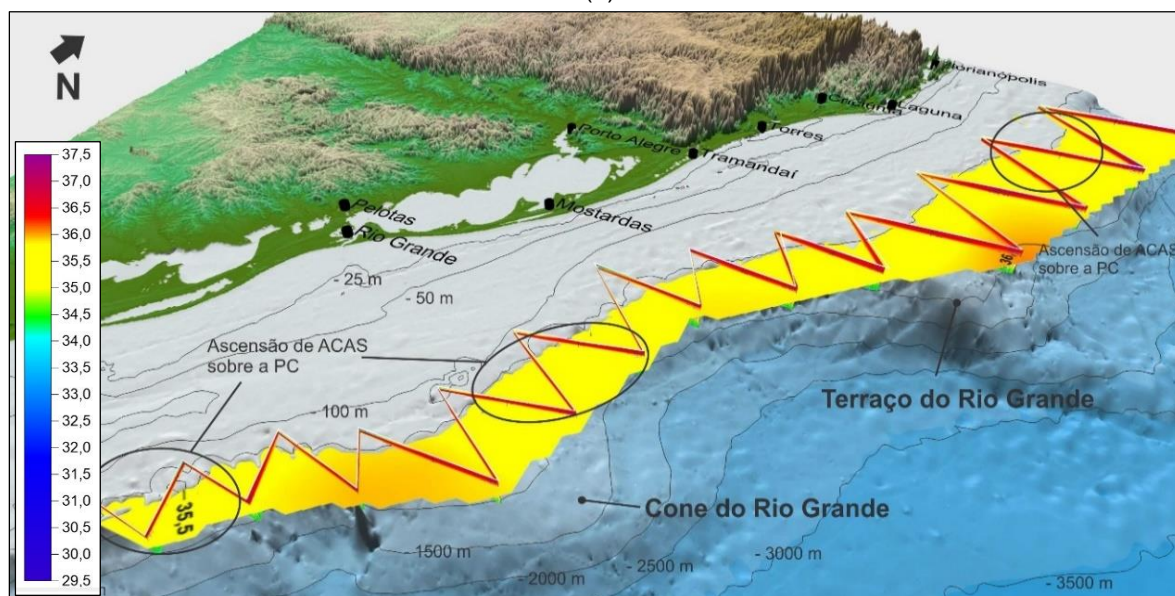


(b)

Figura 60 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 10 m de profundidade da coluna de água, mostrando o predomínio de ASTP ($33.5 < S < 35.3$; $T > 17$ & $35.3 \leq S < 36$; $T \geq 18.5$) no extremo sul da Bacia de Pelotas durante o Cruzeiro Talude 6.



(a)



(b)

Figura 61 – Estratos horizontais de temperatura (a) e salinidade (b) em 200 m de profundidade da coluna de água, mostrando a ascensão de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa na região sobre o terraço ao largo de Florianópolis, ao norte do Cone do Rio Grande e no extremo sul da área de estudo, durante o Cruzeiro Talude 6.

3.4.3. Cruzeiros Anchoita

3.4.3.1. Diagramas TS

A Figura 62 (a) à (g) ilustra, respectivamente, os diagramas TS dos Cruzeiros Anchoita 1 (a) e 2 (b), realizados no inverno de 2005; os Cruzeiros Anchoita 1 (c), 2 (d), 3 (e) e 4 (f), realizados no inverno de 2010 e o Cruzeiro Anchoita 6 (g), realizado no inverno de 2012. Os diagramas TS gerados a partir dos índices termo-halinos e dos dados de temperatura e salinidade dos sete cruzeiros, permitiram identificar cinco massas d'água: PRP, ASTP, ASAP, AT e ACAS.

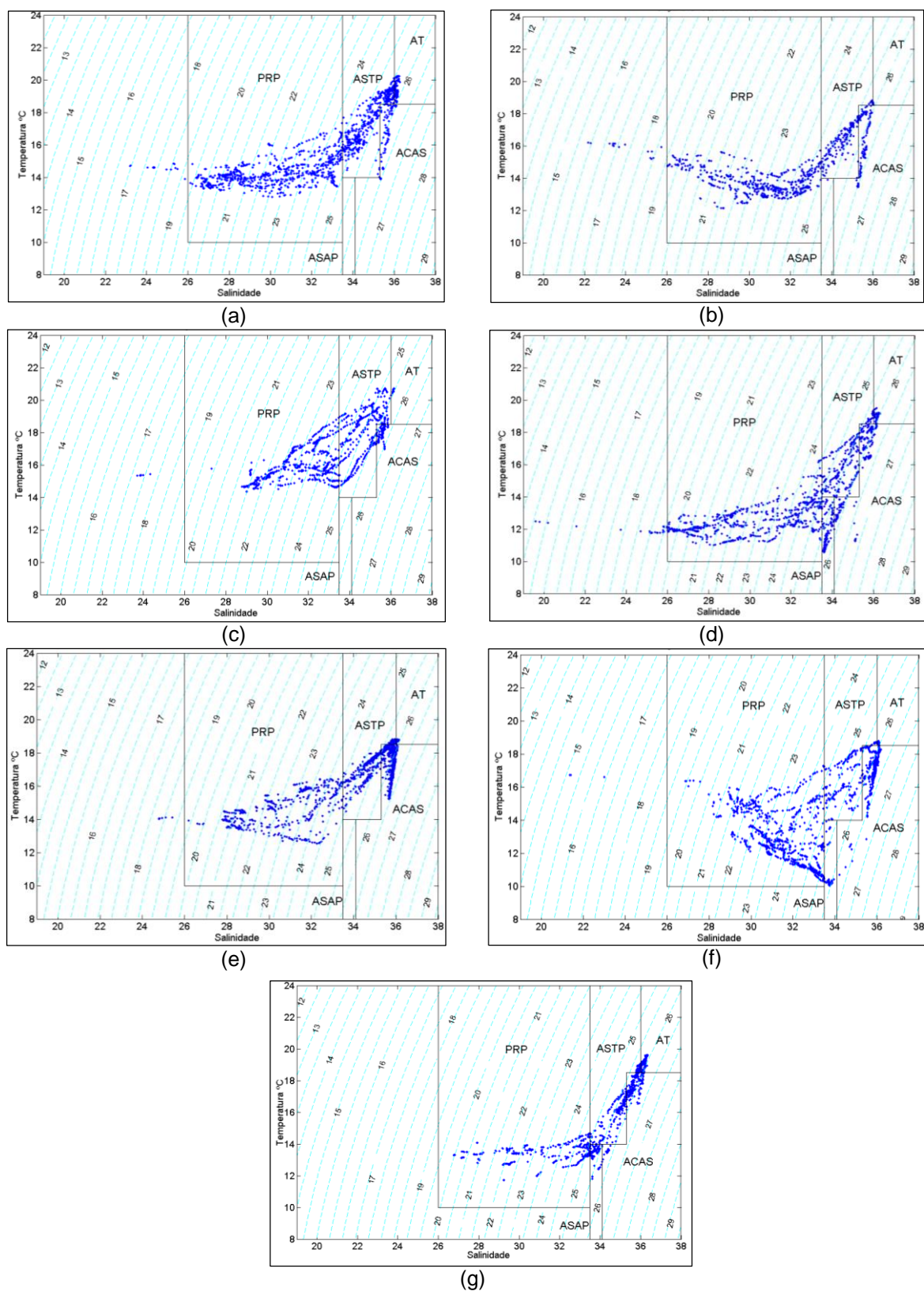


Figura 62 – Diagramas TS dos Cruzeiros Anchoita 1 (a) e 2 (b) de 2005; Anchoita 1 (c), 2 (d), 3 (e) e 4 (f) de 2010 e Anchoita 6 (g) de 2012. As massas de água presentes na região são indicadas: PRP, ASAP, ASTP, ACAS e AT. As linhas tracejadas representam a densidade ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

A Tabela 10 apresenta os valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros Anchoita.

Tabela 10 – Valores mínimos e máximos de temperatura e salinidade nos Cruzeiros Anchoita.

Cruzeiro	T °C mínima	T °C máxima	Salinidade mínima	Salinidade máxima
Anchoita 1 – 2005	12,7	20,2	23,1	36,2
Anchoita 2 – 2005	12,1	18,8	22,1	36,0
Anchoita 1 – 2010	14,3	20,7	23,7	36,1
Anchoita 2 – 2010	10,5	19,5	19,5	36,3
Anchoita 3 – 2010	12,5	18,2	24,7	36,1
Anchoita 4 – 2010	10,0	18,7	21,3	36,1
Anchoita 6 – 2012	11,7	19,6	26,7	36,3

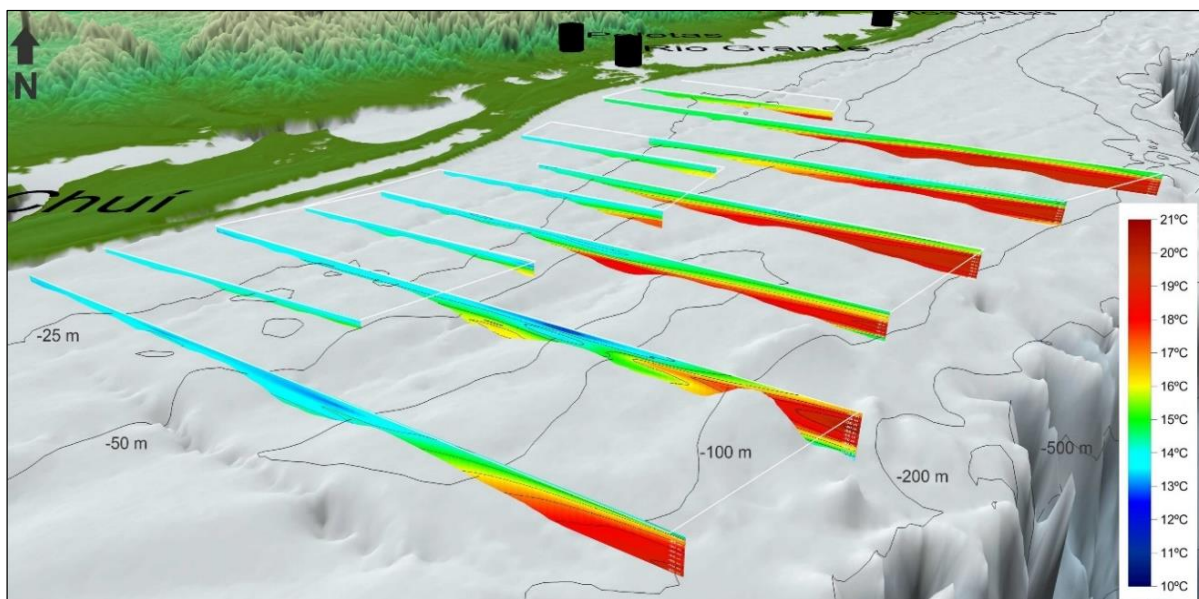
De modo geral a PRP e a ASTP foram as massas de água mais fortemente presentes em todos os cruzeiros desta série onde percebe-se a grande amplitude de salinidade e a menor variação de temperatura da PRP. A ACAS também esteve presente em todos os cruzeiros, embora não de forma muito evidente nos cruzeiros 1 e 2 de 2010. A AT, quente e salina, esteve ausente ou pouco evidente, em todos os cruzeiros, com exceção do Anchoita 1 de 2005 e do Anchoita 6 de 2012, quando esteve relativamente mais presente. A ASAP, responsável pelas águas mais frias presentes na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, foi pouco observada nos Cruzeiros 4 de 2010 e 6 de 2012, e ausente nos demais, com exceção do Cruzeiro 2 de 2010, quando foi fortemente detectada. Em todos os cruzeiros, com exceção do Cruzeiro Anchoita 6 de 2012, foi observada a presença de águas menos salinas provenientes da pluma do sistema Patos/Mirim. Estas águas foram detectadas superficialmente nas estações oceanográficas realizadas próximas à Barra do Rio Grande, na desembocadura da Lagoa dos Patos.

3.4.3.2. Processos oceanográficos identificados.

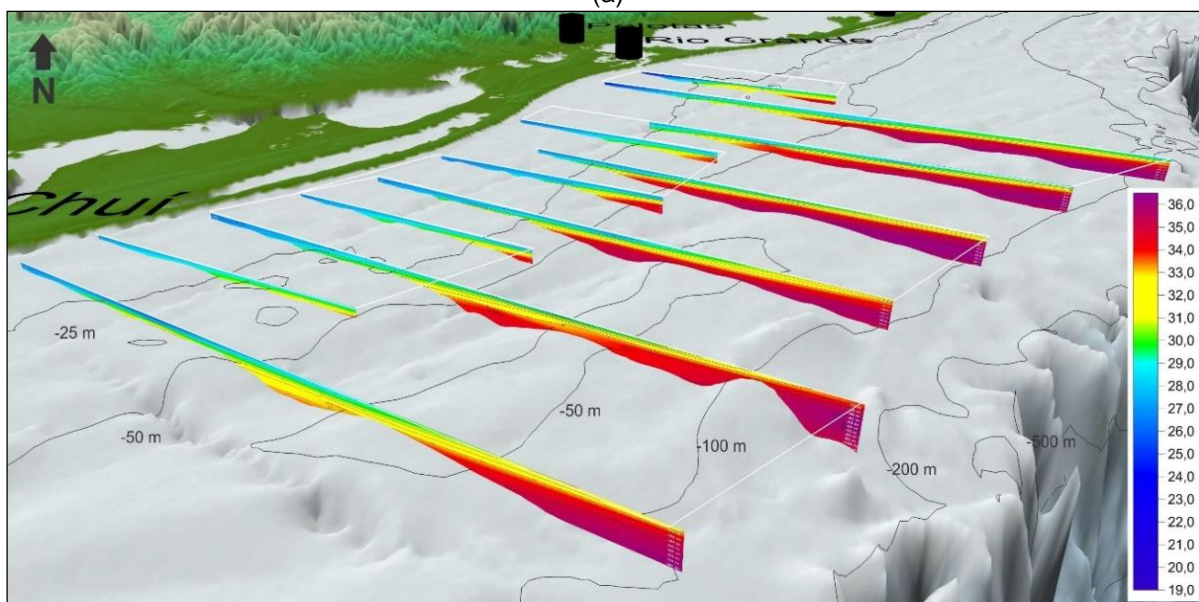
De modo geral pôde-se observar alguns processos oceanográficos que foram recorrentes em todos os cruzeiros da série Anchoita, realizados nos períodos de inverno de 2005, 2010 e 2012. Embora os índices termo-halinos sugeridos por Moller et al. (2008) e utilizados neste trabalho para o período de inverno, tenham indicado a ausência ou pouca presença da ASAP nos Cruzeiros Anchoita, foi possível observar a presença da FSTP (Frente Sub-Tropical de Plataforma) que aparece separando águas mais frias menos salinas da ASTP, mais quente e de maior salinidade.

Além da presença da FSTP, que exerceu influencia importante sobre a distribuição da densidade biológica sobre a região, conforme será mostrado mais adiante, destaca-se também, nesta série de cruzeiros, a presença marcante e recorrente da PRP nas camadas superiores, além da ascensão da ACAS sobre a região da plataforma externa.

A fim de ilustrar a variação da temperatura e da salinidade nesta região durante o Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2005, as Figura 63 e 64 apresentam, respectivamente, as seções verticais e quatro estratos: 2, 10, 20 e 50 m de profundidade, deste cruzeiro. Observa-se nas figuras a intensa presença da PRP sobre toda a Plataforma Continental. Na região da plataforma externa há a presença da ACAS nas camadas inferiores e também AT com $S > 30$ e $T > 18,5^{\circ}\text{C}$ conforme pode ser observado no estrato de 50 m ilustrado na Figura 64 (g) e (h).



(a)



(b)

Figura 63 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2005.

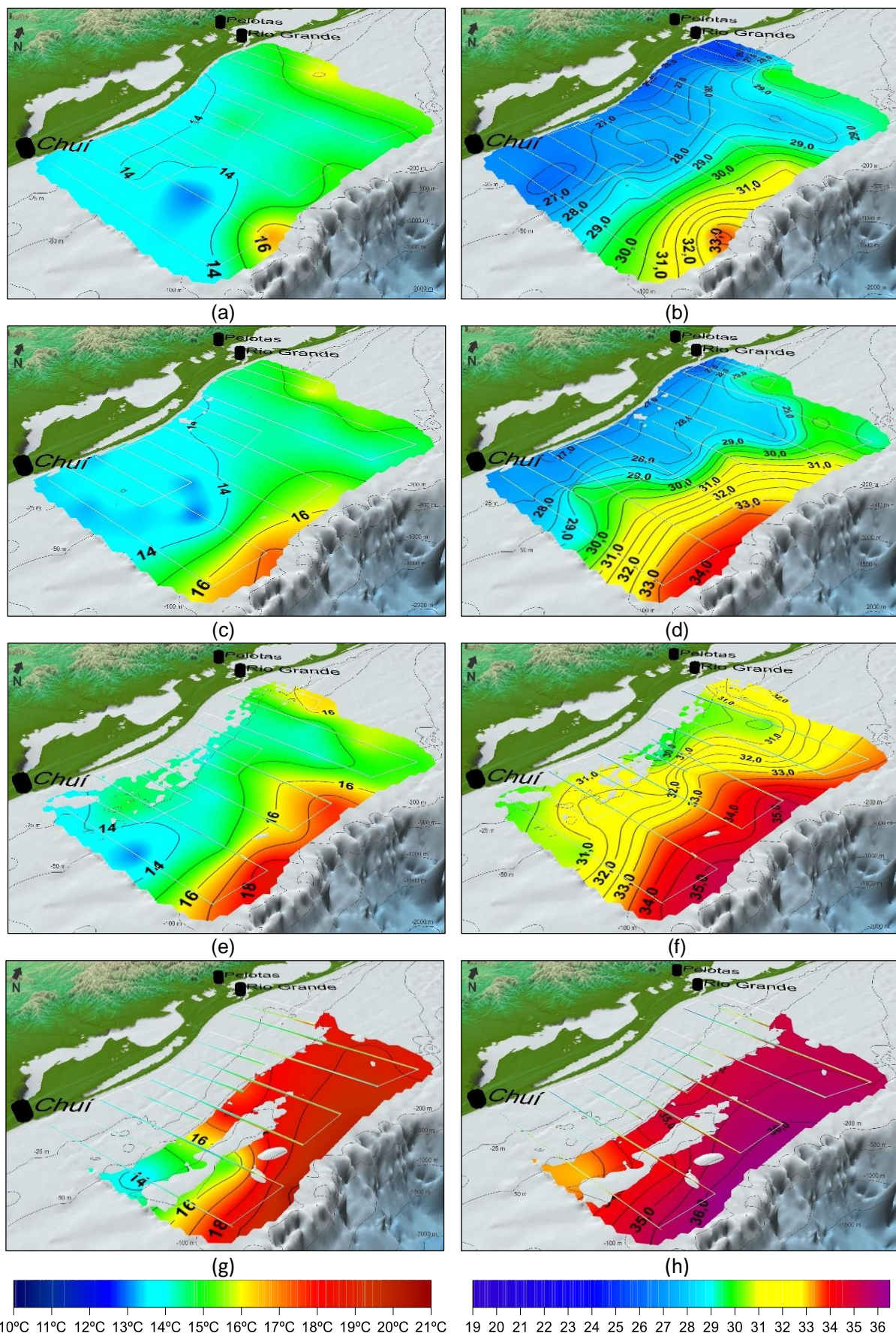
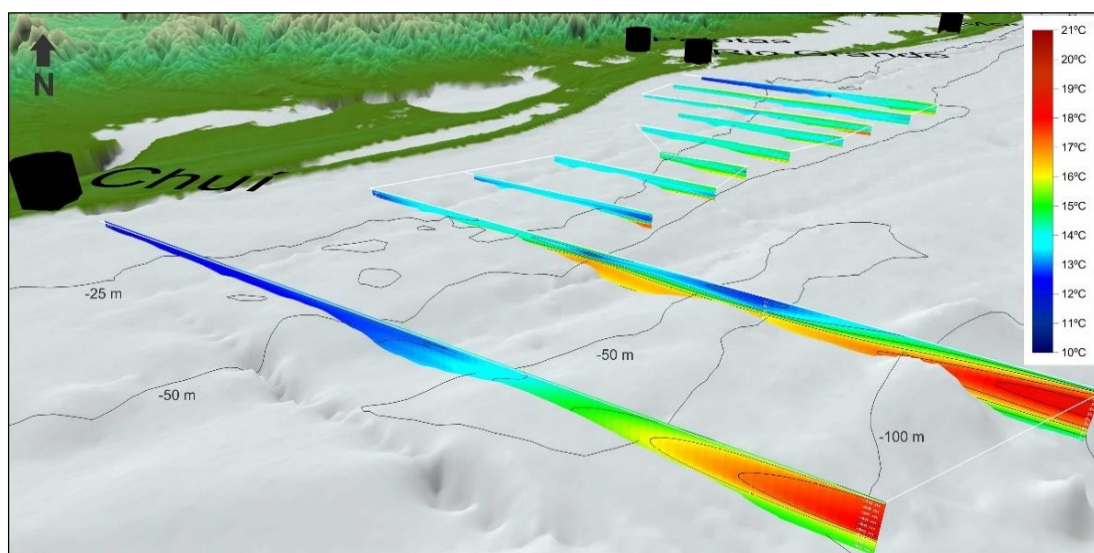


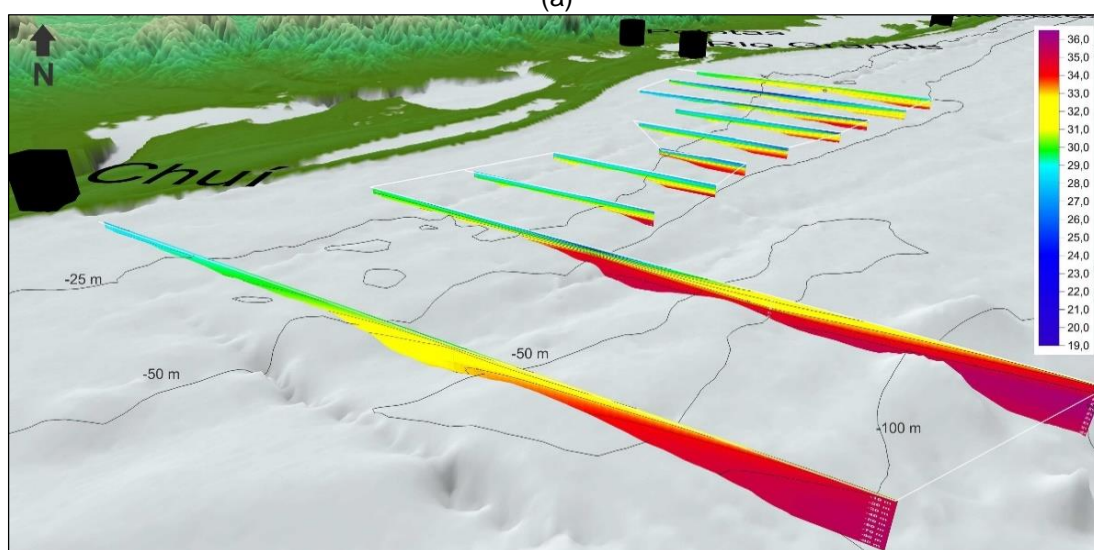
Figura 64 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 20 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2005.

No Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2005, observa-se a presença da ACAS na Plataforma Continental externa sob a camada de águas mais frias e menos salinas formada, principalmente, pela PRP que domina toda a coluna d'água da Plataforma Continental na região costeira (até a isóbata de 50 m) no extremo sul, conforme ilustram as seções verticais apresentados na Figura 65.

Em frente a cidade do Rio Grande a camada superficial (Prof. <10 m) apresenta salinidade bastante baixa, relacionada, provavelmente, a alta descarga da lagoa dos patos no período que antecedeu o cruzeiro. O estrato de 40 m de profundidade mostra a presença de águas com $T > 16^{\circ}\text{C}$ e $S > 35$ ao sul da cidade do Rio Grande, porém não foi possível definir com exatidão o limite latitudinal norte desta camada devido à limitação do desenho amostral do cruzeiro na isóbata de 50 metros nos transectos localizados mais à norte (Figura 66).

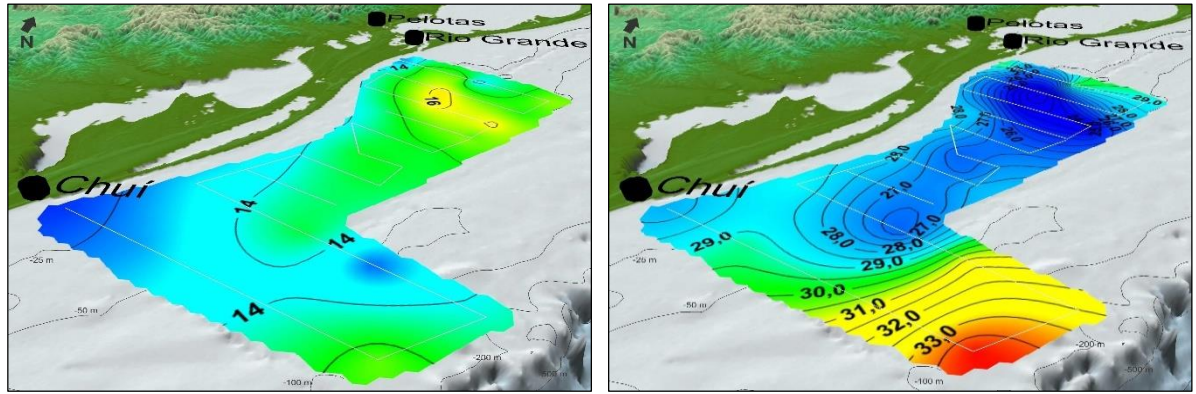


(a)



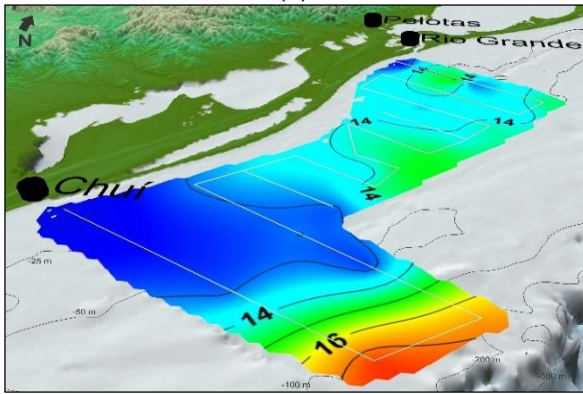
(b)

Figura 65 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2005.

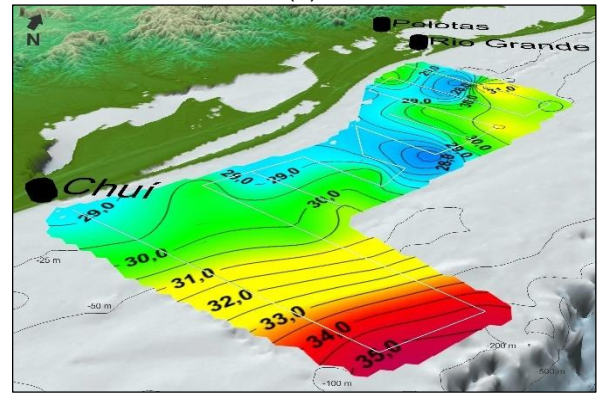


(a)

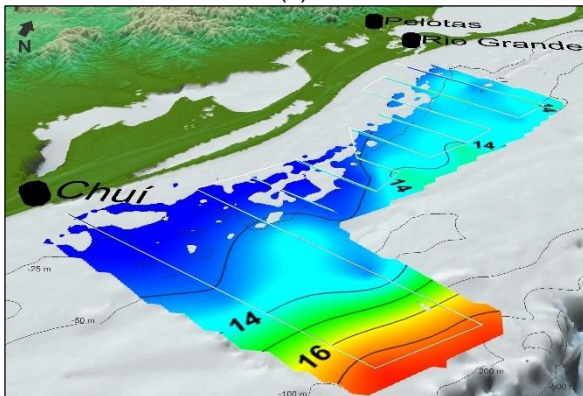
(b)



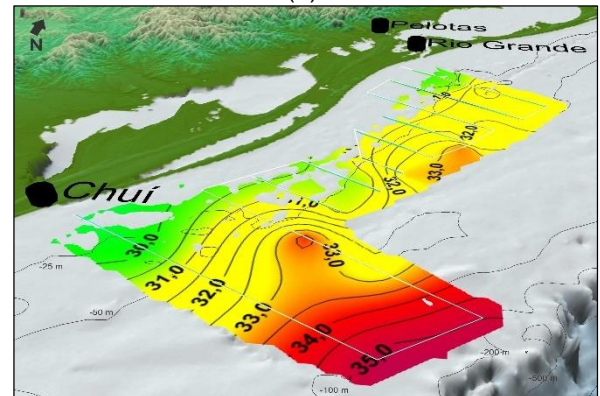
(c)



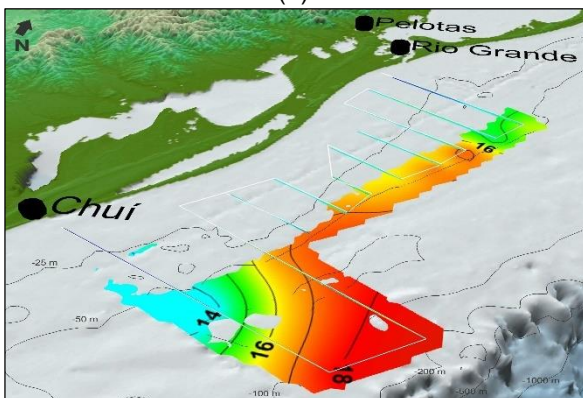
(d)



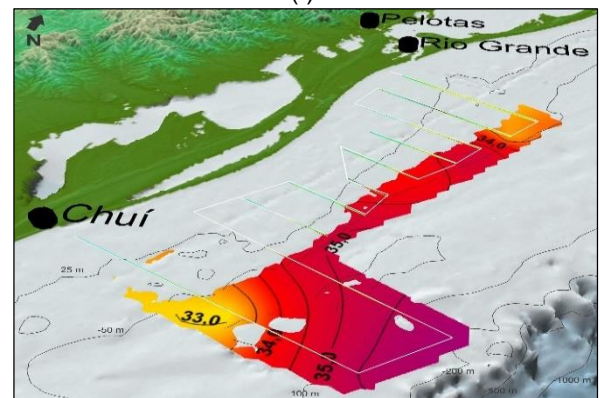
(e)



(f)



(g)



(h)

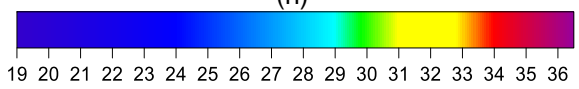
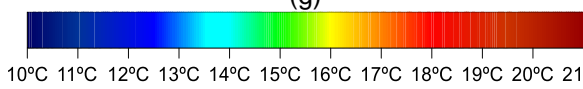


Figura 66 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 20 e 40 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2005.

No Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2010, destaca-se a concentração dos valores de salinidade da PRP em uma faixa mais estreita ($29,5 < S < 33,5$), embora a amplitude da mesma tenha sido maior ($23,7 < S < 33,5$) conforme pode ser observado no diagrama TS do cruzeiro na Figura 62 (c). É notável também, a maior estratificação vertical e horizontal dos dados ambientais em relação aos cruzeiros de 2005, além da presença da pluma da Lagoa dos Patos na camada superficial (até 10 m de profundidade) com baixa salinidade ($S < 23,5$), pouco ao norte do Rio Grande (Figuras 67 e 68). Neste cruzeiro observa-se, à partir da plataforma média, águas mais frias (até os 50 m de profundidade) sobre águas mais quentes da ASTP e ACAS na região mais externa e profunda, caracterizando a termoclina invertida descrita por Castelo et al. (1997), conforme pode ser observado nas Figuras 67 e 68.

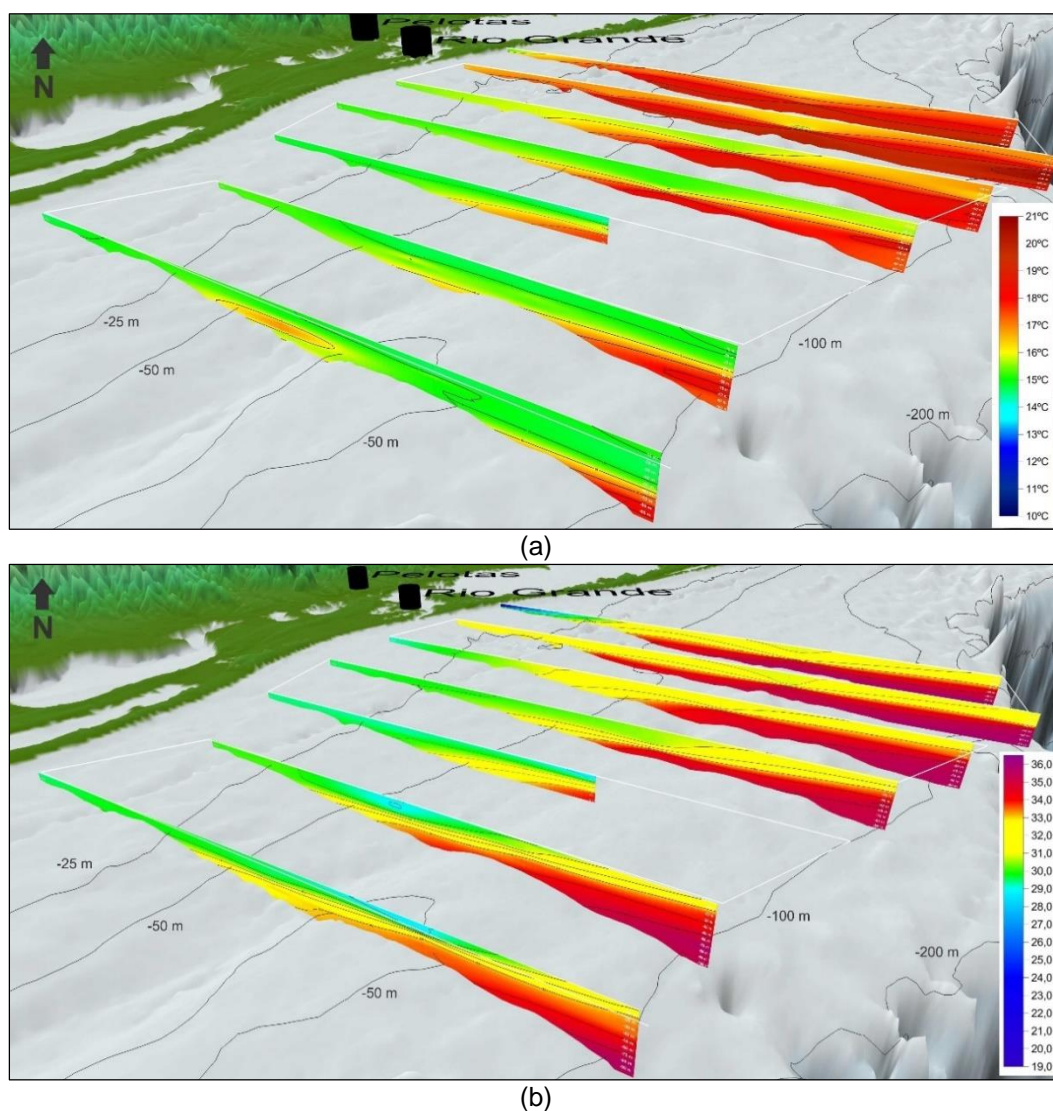


Figura 67 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33,5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35,3$; $T < 18,5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2010.

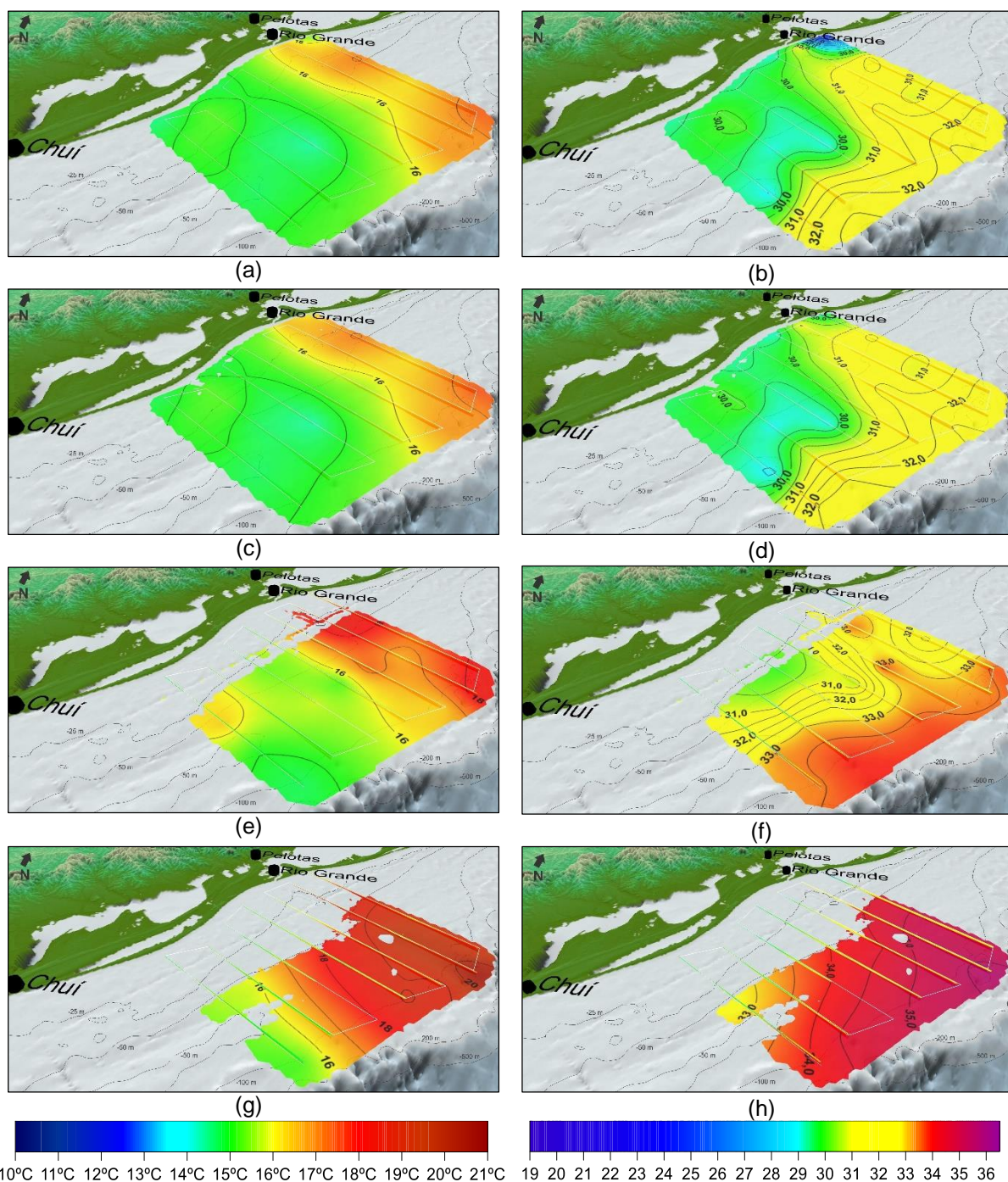
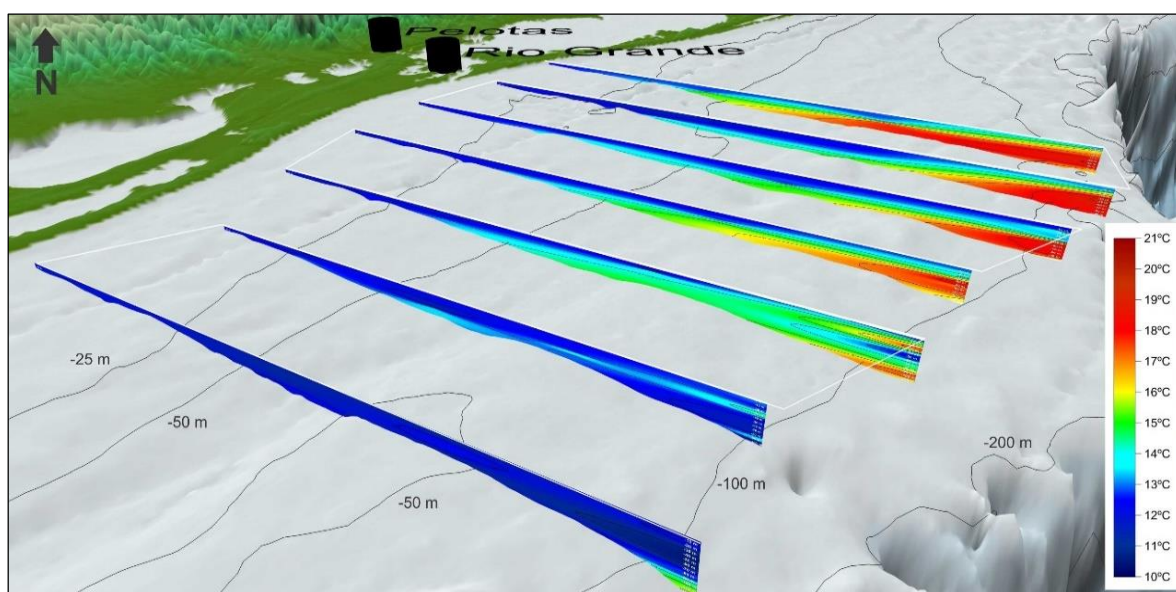


Figura 68 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, no Cruzeiro Anchoita 1, realizado no inverno de 2010.

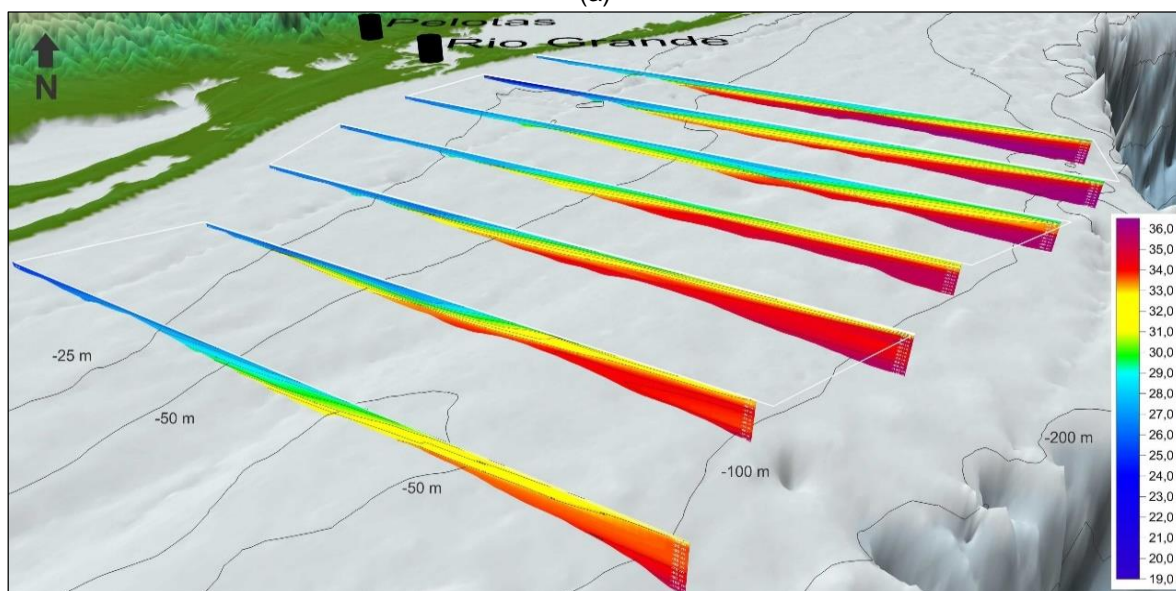
O Cruzeiro Anchoita 2 de 2010, realizado 38 dias após, e sobre o mesmo desenho amostral do Cruzeiro Anchoita 1 de 2010, mostrou o avanço rápido das águas mais frias e menos salinas (PRP e ASAP) sobre a Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. A PRP neste cruzeiro foi a mais fria ($12^{\circ}\text{C} < T < 14^{\circ}\text{C}$) e com a maior amplitude de salinidade ($19,5 < S < 33,5$), dentre todos os cruzeiros Anchoita. Também destaca-se neste cruzeiro a presença bem marcada da ASAP, conforme pode ser observado no diagrama TS da Figura 62 (d). Esta massa de água dominou totalmente as camadas inferiores no extremo sul da área

amostrada no cruzeiro, conforme pode ser observado nas seções verticais (Figura 69) e nos estratos horizontais de 2, 10, 30 e 50 m apresentados na Figura 70. A Pluma da Lagoa dos Patos, de baixa salinidade, foi detectada na camada superficial (até 10 m de profundidade) nas estações próximas à Rio Grande (Figura 70 (b)).

Neste cruzeiro nota-se, novamente, a presença de águas mais quentes sob águas frias na região da plataforma média e externa (Figuras 69 e 70). Assim como nos cruzeiros anteriores houve ascensão da ACAS sobre a plataforma externa nas camadas mais profundas (abaixo dos 50 m de profundidade) nos transectos mais ao norte (Figura 70 (h)).



(a)



(b)

Figura 69 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a maior presença da PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33.5 < S < 34.1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010.

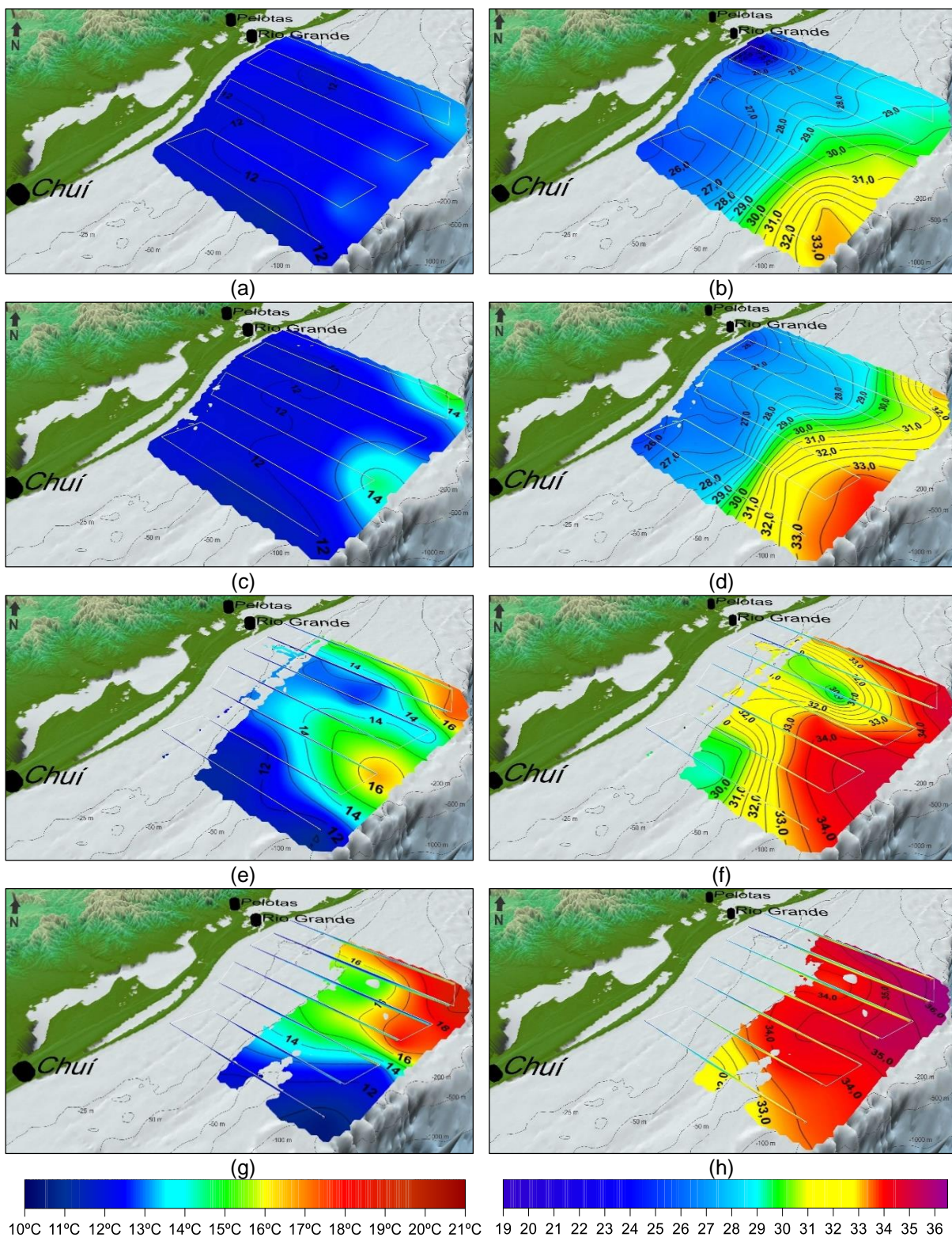
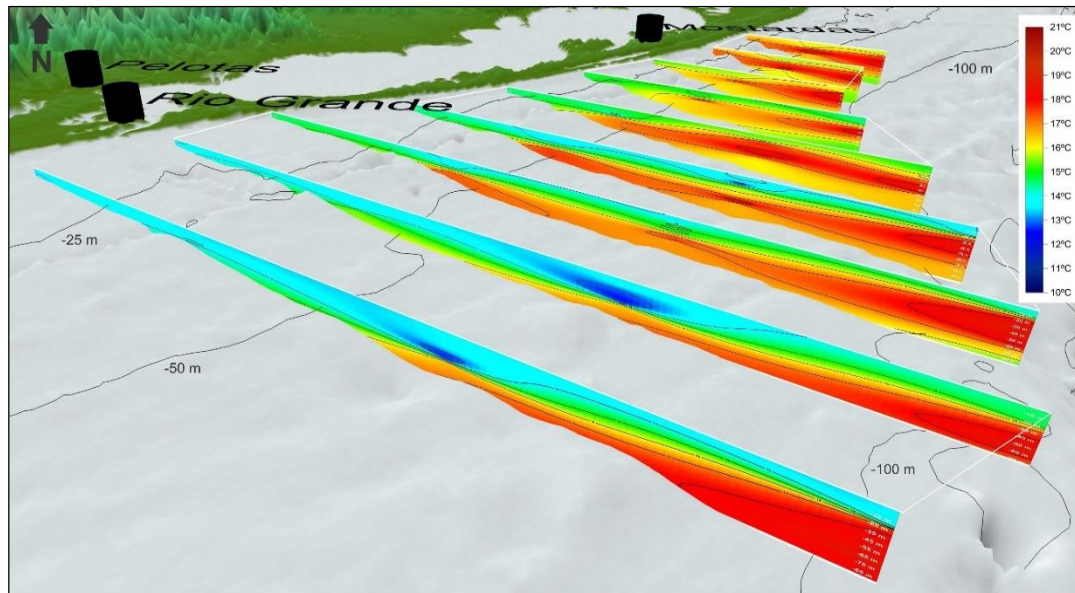


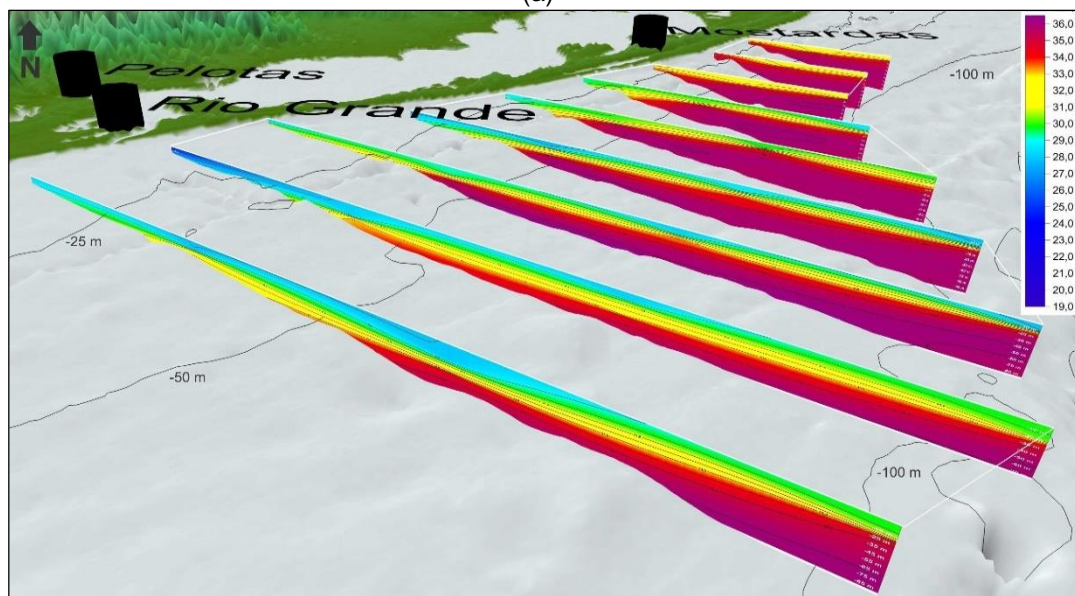
Figura 70 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 2, realizado no inverno de 2010.

O Cruzeiro Anchoita 3, realizado 13 dias após o término do Cruzeiro 2 e mais ao norte em relação aos demais, apresentou menor mistura das massas de água e por consequência separação mais evidente das mesmas a partir dos índices termo-halinos utilizados, conforme pode ser observado no diagrama TS da Figura 62 (e). A PRP esteve presente, novamente,

na camada superior (prof. < 20 m), conforme pode ser observado nas seções verticais de temperatura e salinidade apresentados na Figura 71 e nos estratos horizontais em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade apresentados na Figura 72. Neste cruzeiro houve a presença mais marcante da ACAS nos estratos mais profundos na região da plataforma externa e, novamente, localizada sob uma camada de águas mais frias e menos salinas (Figura 71 e Figura 72 (e, f, g e h)). Em frente o Rio Grande fica evidente a Pluma da Lagoas dos Patos nos estratos superficiais (Prof. < 10 m) de salinidade (Figura 72 (b) e (d)).



(a)



(b)

Figura 71 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33.5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35.3$; $T < 18.5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 3, realizado no inverno de 2010.

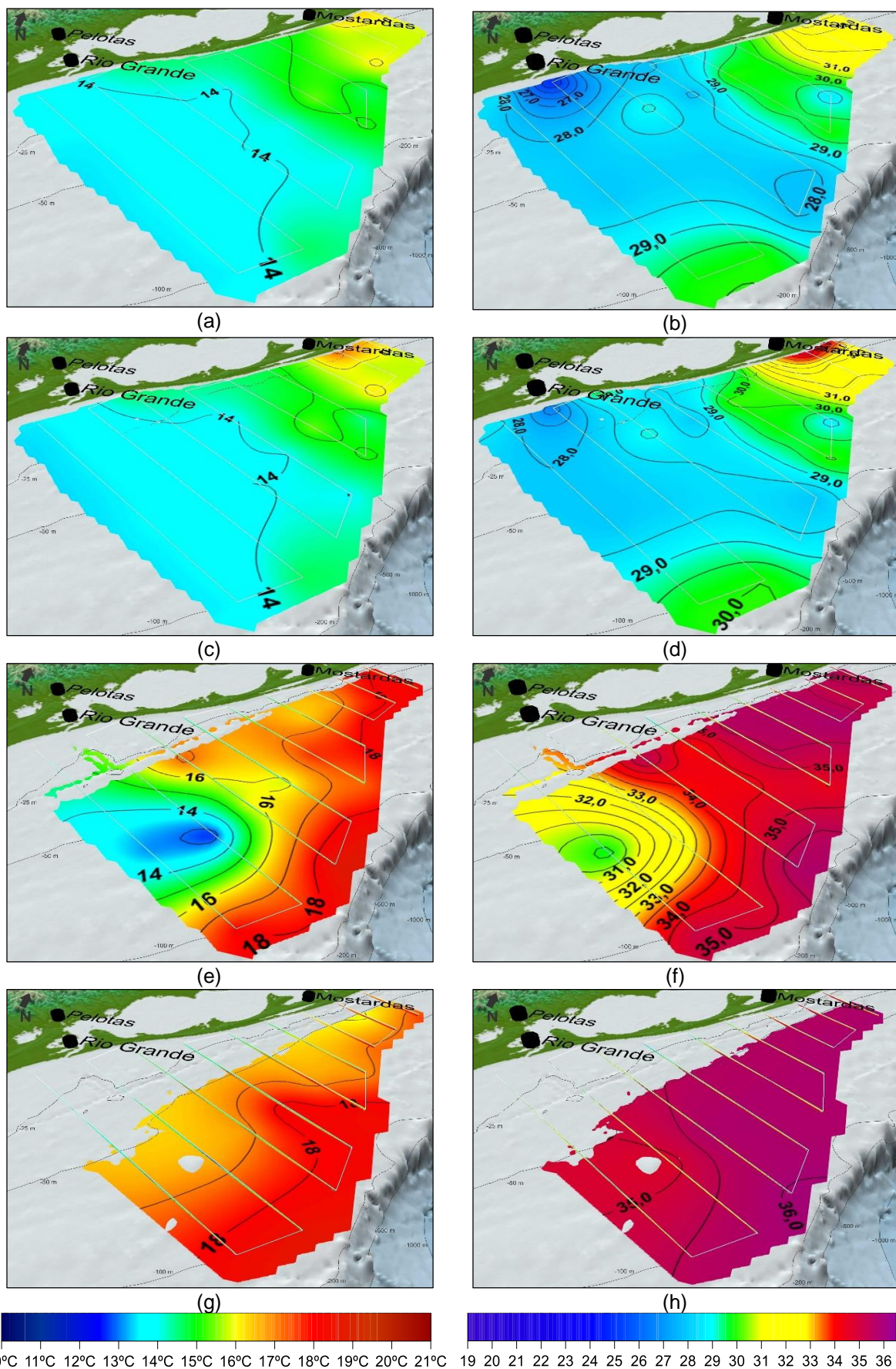
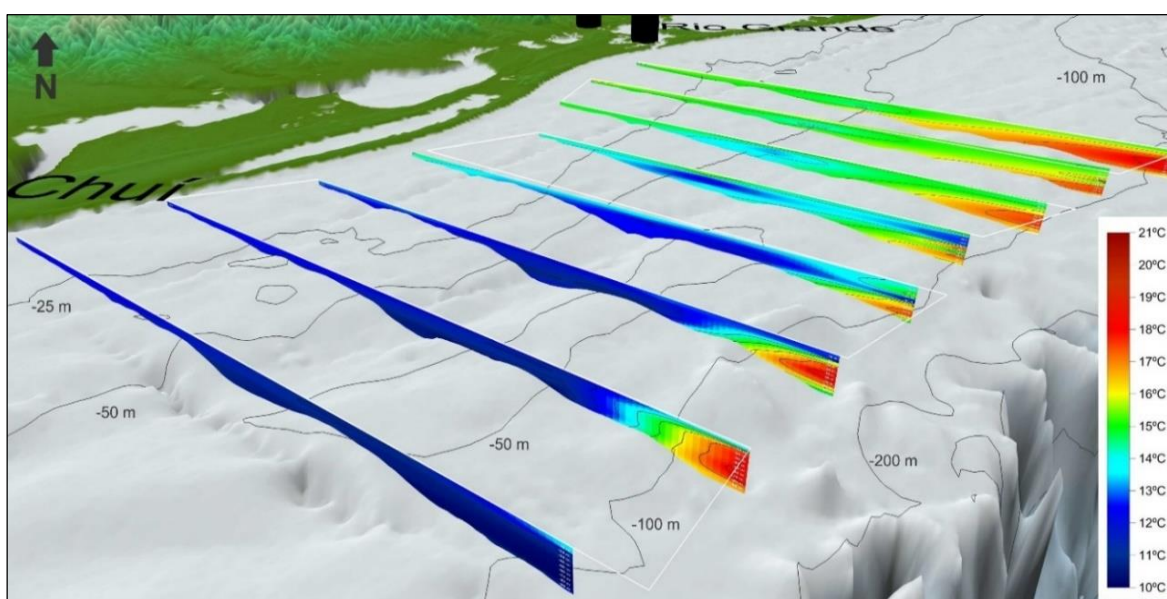
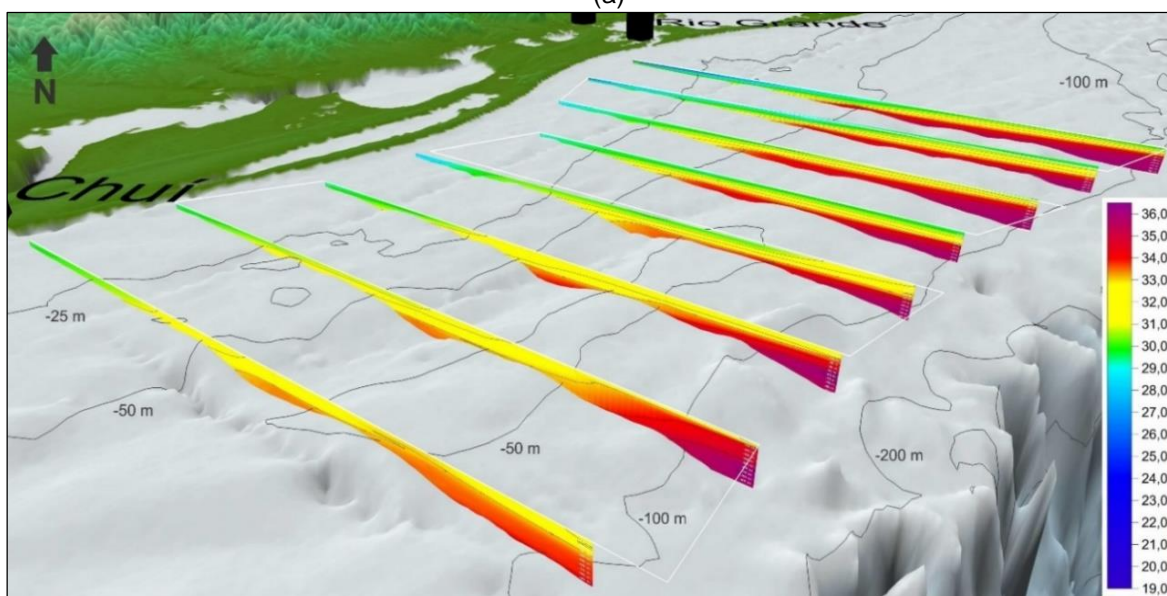


Figura 72 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 3, realizado no inverno de 2010.

No Cruzeiro Anchoita 4, realizado 10 dias após o cruzeiro 3, foi observada a maior amplitude térmica da PRP dentre todos os cruzeiros ($10^{\circ}\text{C} < T < 17^{\circ}\text{C}$). Foi observado também, uma maior mistura das massas de água, conforme pode ser observado no diagrama TS deste cruzeiro (Figura 62 (f)). Como nos cruzeiros anteriores, observa-se a presença da ASAP no extremo sul, a ascensão de ACAS sobre a plataforma externa e águas de baixa salinidade provenientes da Lagoa dos Patos em frente o Rio Grande, conforme pode ser observado nas seções verticais apresentados na Figura 73 e nos estratos horizontais apresentados na Figura 74.

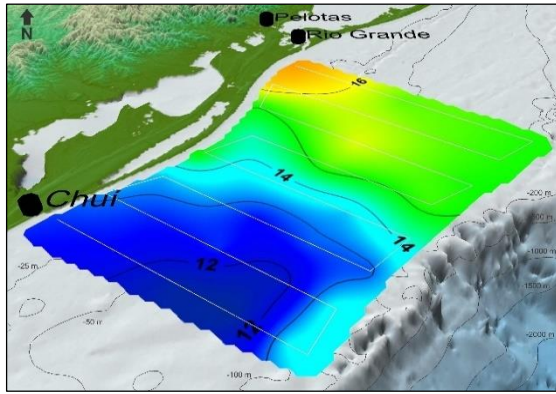


(a)

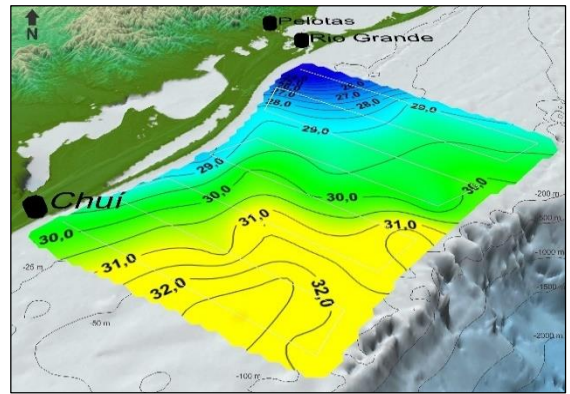


(b)

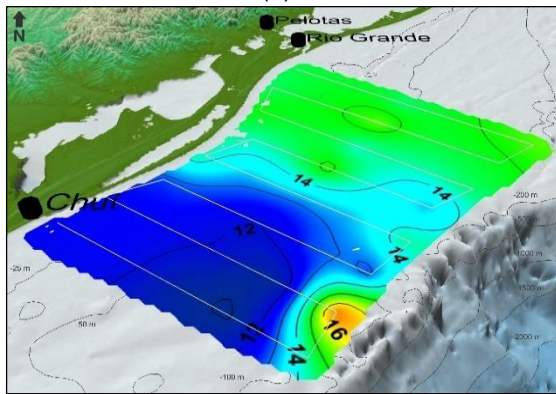
Figura 73 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a grande estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33,5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33,5 < S < 34,1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS ($S \geq 35,3$; $T < 18,5$) sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 4, realizado no inverno de 2010.



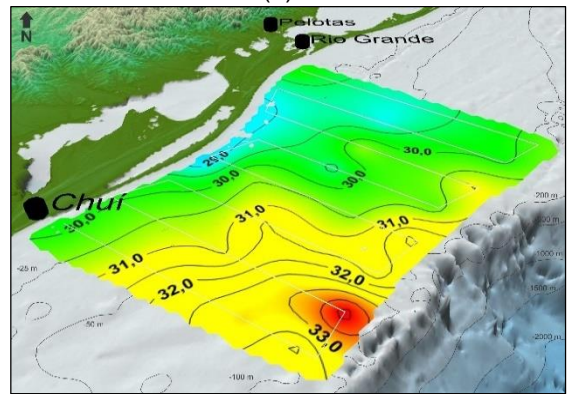
(a)



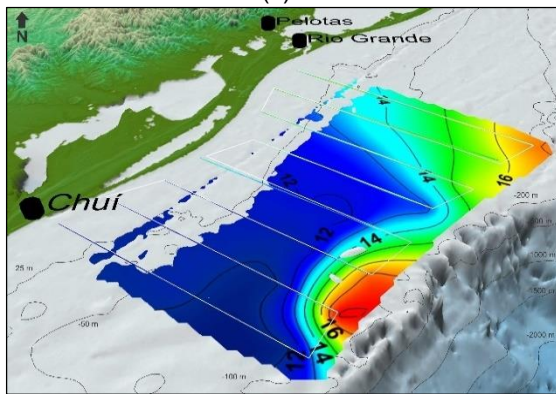
(b)



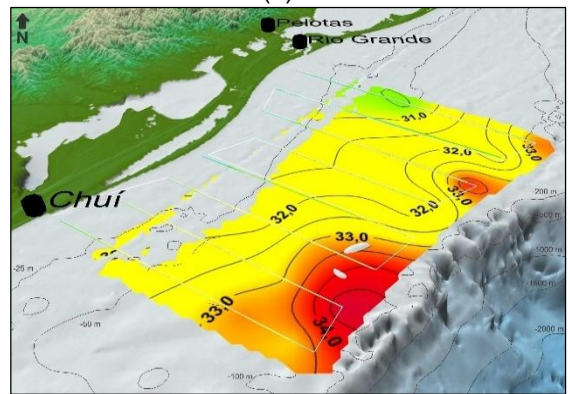
(c)



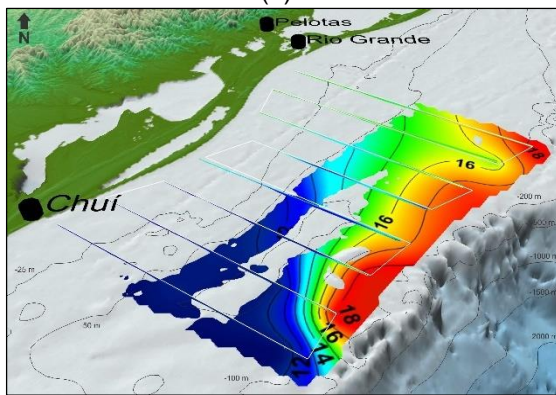
(d)



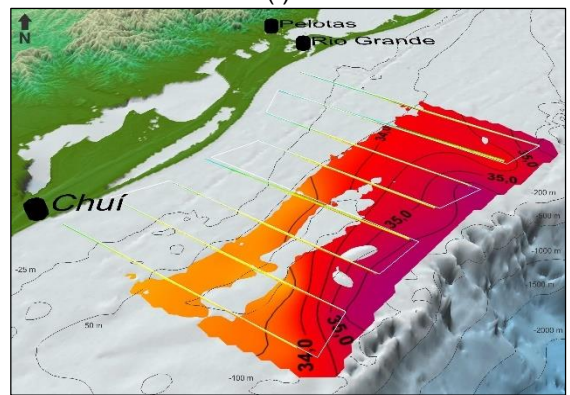
(e)



(f)



(g)



(h)

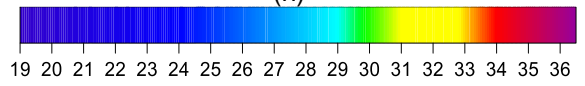
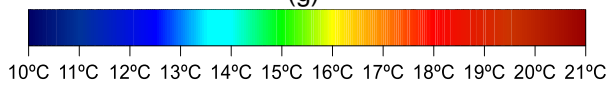
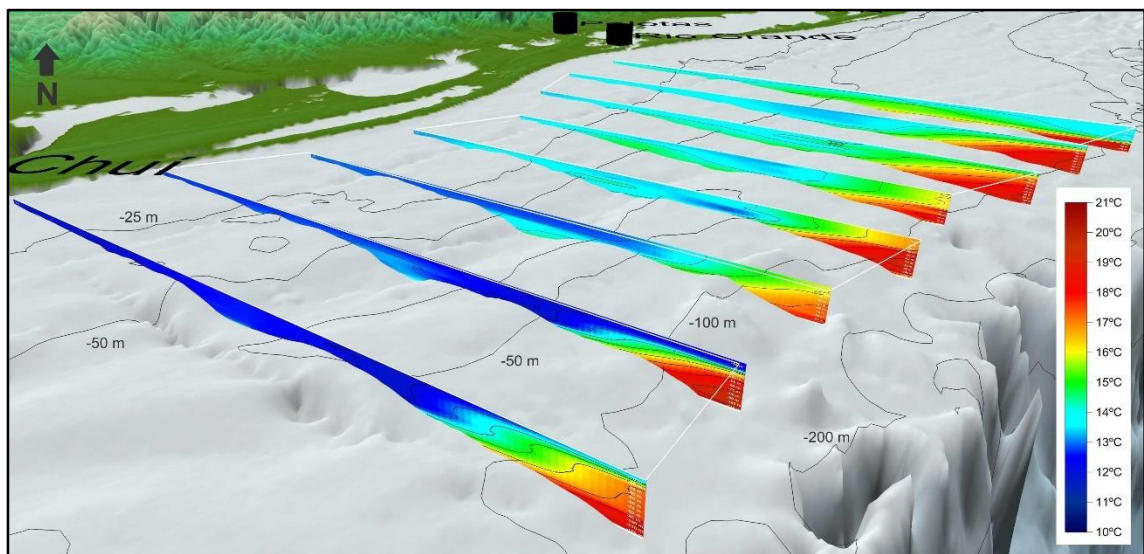
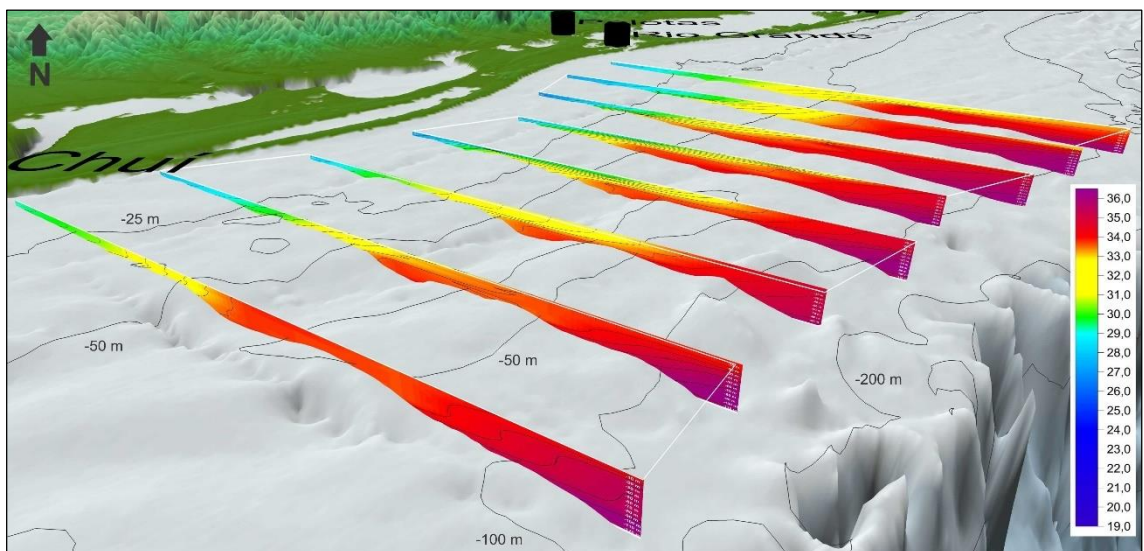


Figura 74 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 4, realizado no inverno de 2010.

No Cruzeiro Anchoita 6, realizado no inverno de 2012, destaca-se a baixa temperatura da PRP ($T < 14^{\circ}\text{C}$) e a grande amplitude de salinidade da mesma ($26,7 < S < 33,5$). Destaca-se também a presença da ASAP, principalmente nos transectos mais ao sul, conforme pode ser observado nas seções verticais da Figura 75 e nos estratos horizontais da Figura 76 (a) à (h), gerados para este cruzeiro. Nestes estratos fica evidente o alinhamento quase paralelo à costa das isolinhas de temperatura e salinidade, destacando a FSTP que separa às águas frias e menos salinas da ASAP das águas relativamente mais quentes e salinas da ASTP. Neste cruzeiro destaca-se também, novamente, a ascensão da ACAS sobre a plataforma externa ao longo de todo do cruzeiro (Figura 76 (g) e (h)).



(a)



(b)

Figura 75 – Seções verticais de temperatura (a) e salinidade (b) mostrando a estratificação vertical e horizontal de temperatura e salinidade, com a PRP ($S \leq 33,5$; $T \geq 10$) dominando a camada superficial sobre toda a Plataforma Continental, a ASAP ($33,5 < S < 34,1$; $T \leq 14$) nas camadas inferiores no extremo sul e a camada inferior de ACAS sobre a Plataforma Continental externa no Cruzeiro Anchoita 6, realizado no inverno de 2012.

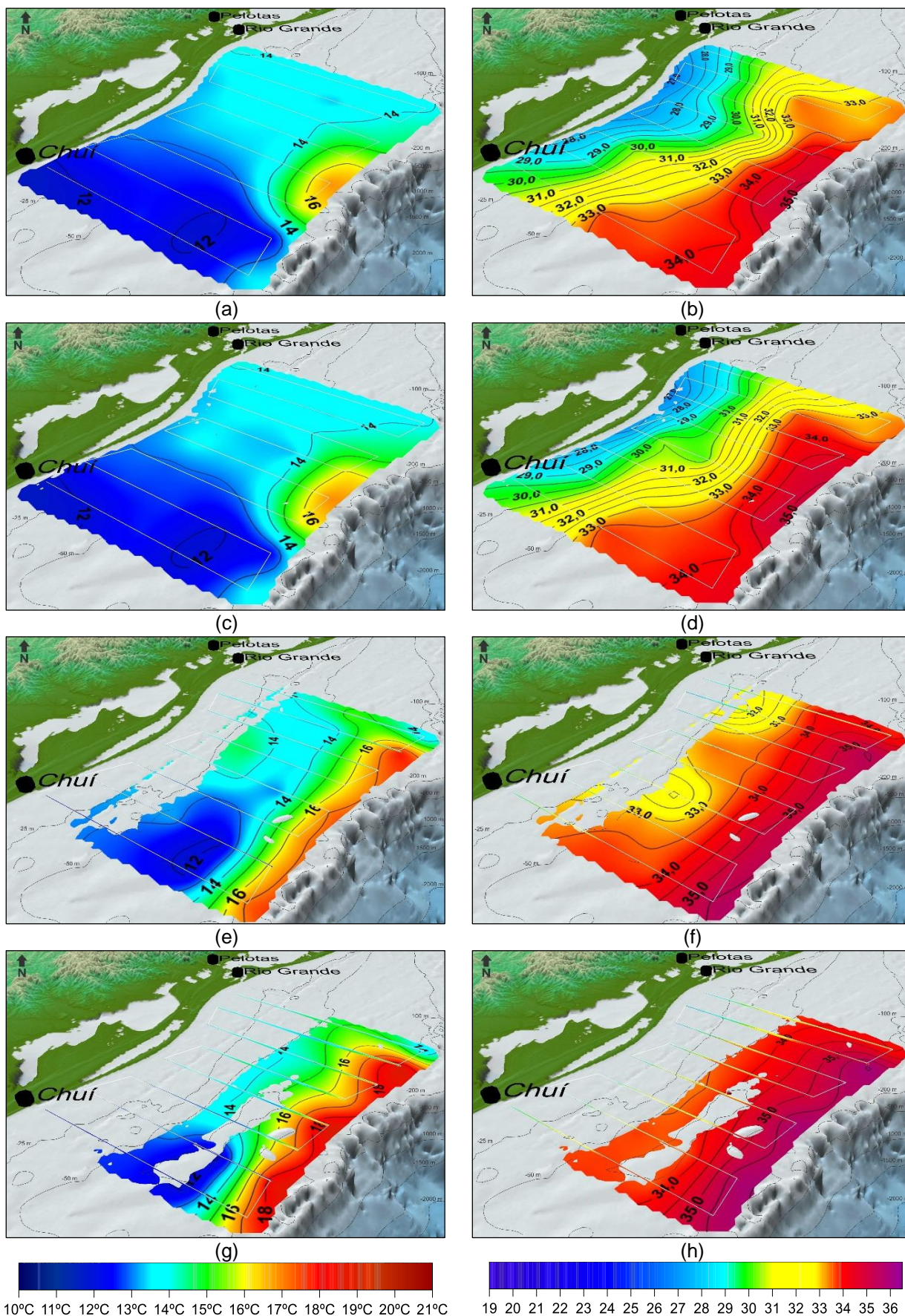


Figura 76 – Estratos de temperatura (à esquerda) e salinidade (à direita) em 2, 10, 30 e 50 m de profundidade da coluna de água, do Cruzeiro Anchoita 6, realizado no inverno de 2012.

3.5. Densidade acústica biológica

Para todos os cruzeiros analisados foram gerados mapas de distribuição de NASC total, que equivale ao somatório da energia acústica de toda a coluna de água em cada ESDU. O NASC é proporcional a densidade biológica detectada pelo equipamento, na frequência acústica operacional.

Nos itens a seguir os mapas gerados para cada cruzeiro serão apresentados e discutidos individualmente e também serão avaliadas as prováveis relações entre a densidade acústica biológica com as variáveis ambientais. Embora os dados de NASC possam ser integrados por camadas ou estratos, optou-se neste trabalho, pela integração total da coluna d'água, como se a mesma representasse uma única grande camada ou estrato. Esta opção dificulta a tentativa de relacionar os dados de densidade acústica aos diferentes estratos individuais de temperatura e salinidade de cada cruzeiro, uma vez que, à medida que se desce nos diferentes estratos da coluna de água, pode-se observar grandes variações ambientais, com gradientes bastante elevados de temperatura e salinidade em determinadas regiões. No entanto, mesmo com essa limitação, foi possível observar possíveis relações a partir das animações geradas sobre as representações 3D desenvolvidas para os diferentes cruzeiros.

Os resultados serão apresentados por série de cruzeiros: REVIZEE, Talude e Anchoita.

3.5.1. Cruzeiros REVIZEE

A Tabela 11 apresenta a extensão da varredura acústica, a área da superfície prospectada, o grau de cobertura, além dos valores mínimo, máximo, médio e o desvio padrão do NASC Total dos Cruzeiros REVIZEE.

O Grau de Cobertura da área (d), conforme proposto por MacLennan & Simmonds (1992), relaciona a extensão da varredura acústica com a superfície prospectada, sendo obtida a partir da equação:

$$d = D/\sqrt{A}$$

Onde:

D = extensão da varredura acústica; e

A = superfície prospectada

Segundo MacLennan & Simmonds (1992), um Grau de Cobertura adequado não deve ser inferior a quatro.

Os cruzeiros REVIZEE apresentaram alto grau de cobertura e valores máximo e médio de NASC bastante semelhantes. O maior valor absoluto de NASC Total foi observado no

Cruzeiro REVIZEE 1 (22.537 m².mn⁻²), e o menor no Cruzeiro REVIZEE 2 (17.257 m².mn⁻²). O maior NASC Total médio foi calculado para o Cruzeiro REVIZEE 3 (1.775 m².mn⁻²) e o menor foi observado no Cruzeiro REVIZEE 2 (1.665 m².mn⁻²).

Normalmente cruzeiros de prospecção acústica com grande cobertura espacial e realizados em regiões com alta variabilidade ambiental, como os REVIZEE, apresentam grande variabilidade da densidade acústica ao longo do cruzeiro, conforme pode ser observado a partir do alto desvio padrão calculado para estes cruzeiros.

Tabela 11 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC Total na Bacia de Pelotas, para os Cruzeiros REVIZEE.

Cruzeiro	Período (Est/Ano)	Varredura acústica (mn)	Área (mn ²)	Grau de Cobertura (d)	NASC _{Total} mínimo	NASC _{Total} máximo	NASC _{Total} médio	DP
REV 1	Inverno/1996	1.510	32.349	8,4	0	22.537	1.756	2.137
REV 2	Outono/1997	1.489	32.544	8,3	0	17.257	1.665	1.421
REV 3	Verão/1997	1.583	33.306	8,7	0	21.753	1.775	1.730

As Figuras 77 (a), 78 (a) e 79 (a) apresentam os mapas de distribuição de NASC dos Cruzeiros REVIZEE 1, 2 e 3, respectivamente. As classes de NASC foram padronizadas para facilitar a comparação entre cruzeiros. Na legenda das figuras é apresentada a quantidade de ESDUs que fazem parte de cada classe, bem como o percentual de cada classe em relação ao todo.

A maior parte dos valores de NASC do Cruzeiro REVIZEE 1, concentraram-se entre 100 e 500 m².mn⁻² (27,7%), sendo que 72,7% dos ESDUs concentraram-se entre 0 e 2.000 m².mn⁻² de NASC. De modo geral, conforme pode ser observado na Figura 77 (a), os maiores valores de NASC deste cruzeiro, foram observados nas regiões mais costeiras dos transectos e também na região da quebra da plataforma.

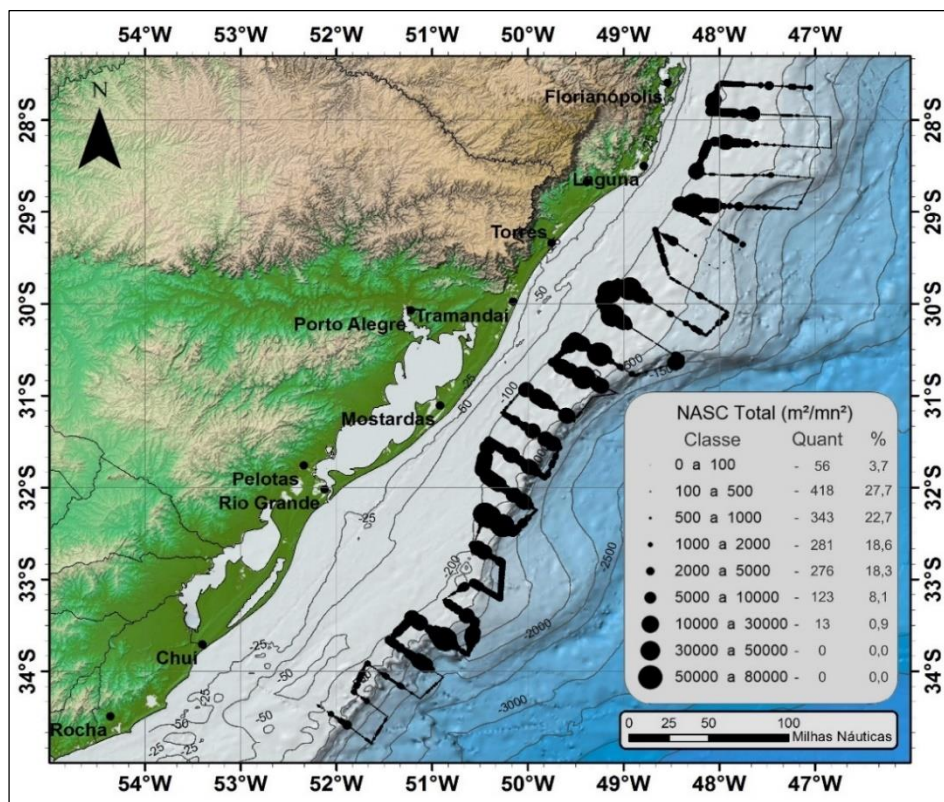
A partir da sobreposição dos dados de NASC total do cruzeiro REVIZEE 1 aos dados ambientais do mesmo, e a avaliação integrada destes dados a partir das animações 3D geradas para o cruzeiro, nota-se a aparente relação entre os altos valores de NASC presentes na região mais interna dos transectos e na quebra da plataforma, com a presença de águas relativamente mais frias (T < 18^o C) e menos salinas (S < 34,5) nas camadas superficiais (até 20 m), conforme pode ser observado na Figura 77 (b) e (c), respectivamente.

No Cruzeiro REVIZEE 2, a maior concentração de NASC esteve na classe entre 1.000 e 2.000 m².mn⁻², com 38,7% do total de ESDUs, sendo que o somatório das classes até 2.000 m².mn⁻² totalizou 72,8%. Neste cruzeiro a distribuição de NASC foi mais homogênea, com uma concentração dos maiores valores na região da quebra da plataforma continental (Figura 78 (a)).

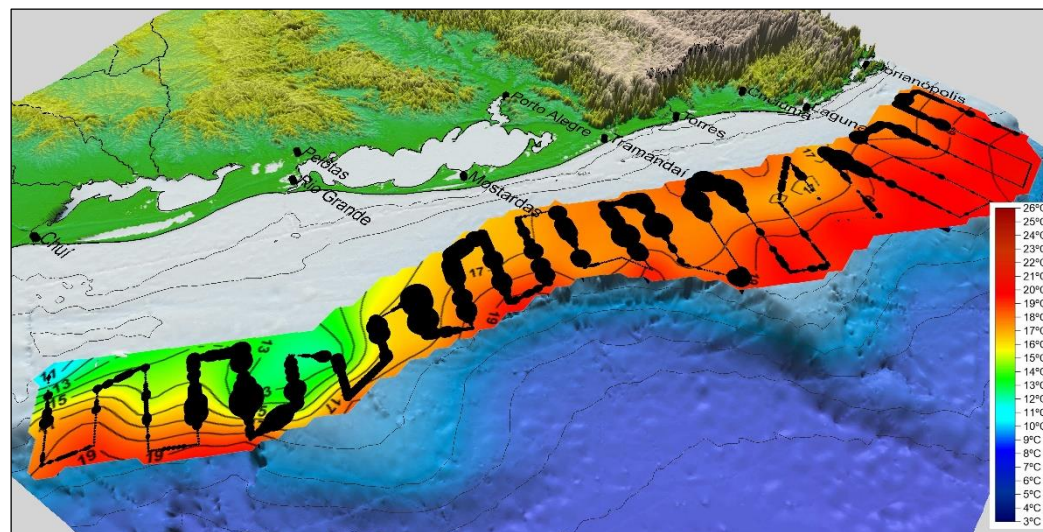
A partir da sobreposição dos dados de NASC total do cruzeiro REVIZEE 2 aos dados ambientais do mesmo, e a avaliação integrada destes dados a partir das animações 3D geradas para o cruzeiro, nota-se a aparente relação entre os altos valores de NASC e o enriquecimento localizado, gerado pela ascensão de ACAS, com temperaturas menores do que 16°C e salinidades menores do que 35, na região da Plataforma Continental externa, ao norte do Terraço do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 78 (b) e (c), respectivamente. O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 150 m de profundidade.

No Cruzeiro REVIZEE 3, a classe mais representativa foi a de 500 a 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 27,4% dos valores de NASC, sendo que o somatório das classes até 2.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ totalizou 68,3%. Neste cruzeiro também houve uma relativa homogeneidade na distribuição do NASC se comparada ao cruzeiro 1, com alguns valores altos registrados na região mais oceânica dos transectos e na região da quebra da plataforma, assim como nos anteriores (Figura 79 (a)).

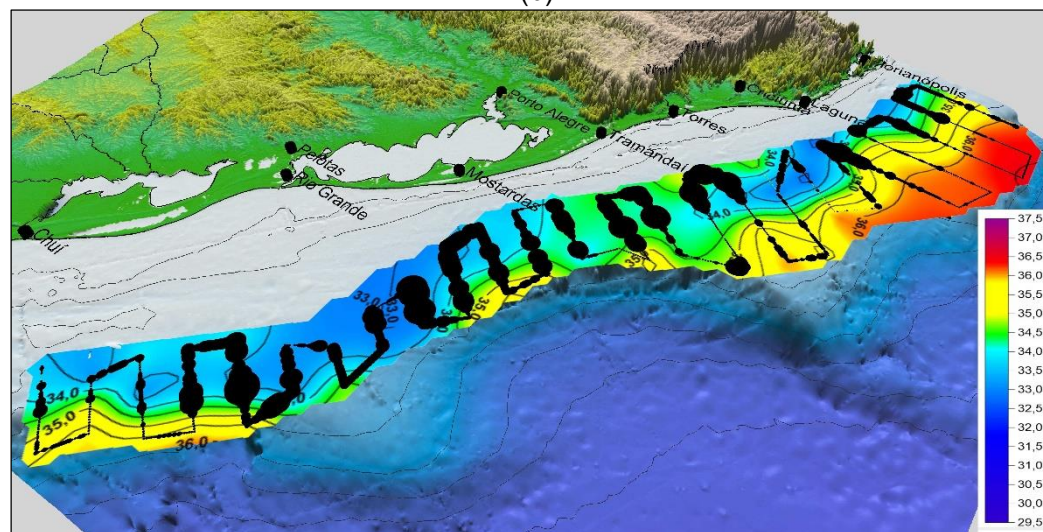
Assim como no cruzeiro anterior, o Cruzeiro REVIZEE 3 apresentou aparente relação entre os altos valores de NASC e áreas de enriquecimento pela ascensão de ACAS, com temperaturas menores do que 16°C e salinidades menores do que 35.5, na região da Plataforma Continental externa, ao norte do Terraço do Rio Grande, conforme pode ser observado na Figura 79 (b) e (c), respectivamente. O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 130 m de profundidade.



(a)

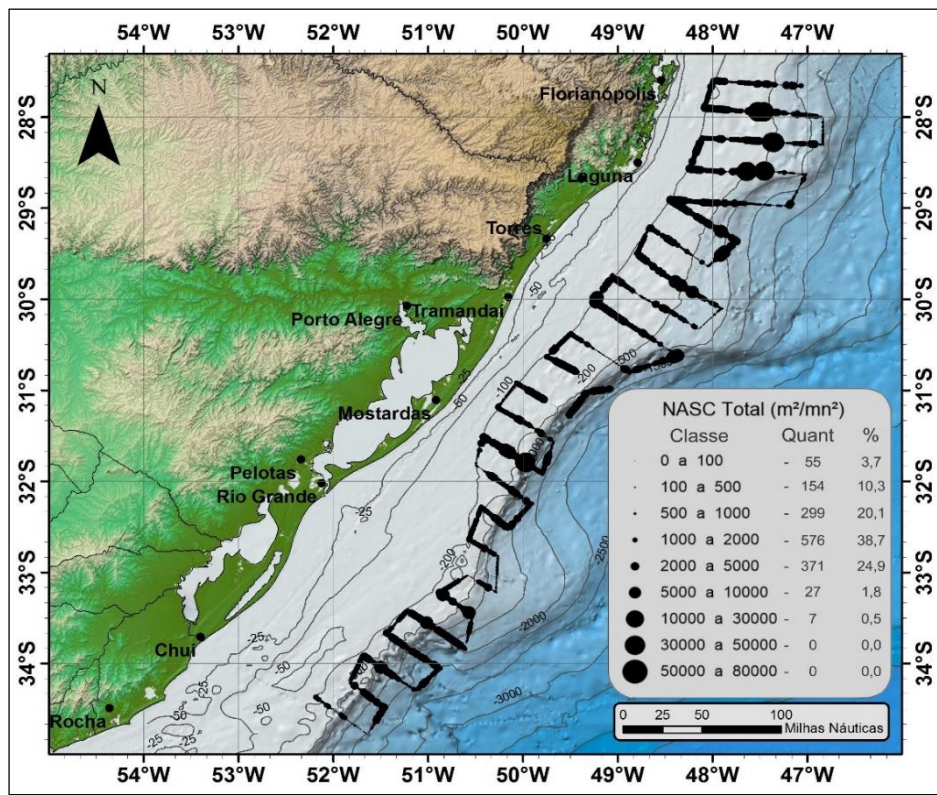


(b)

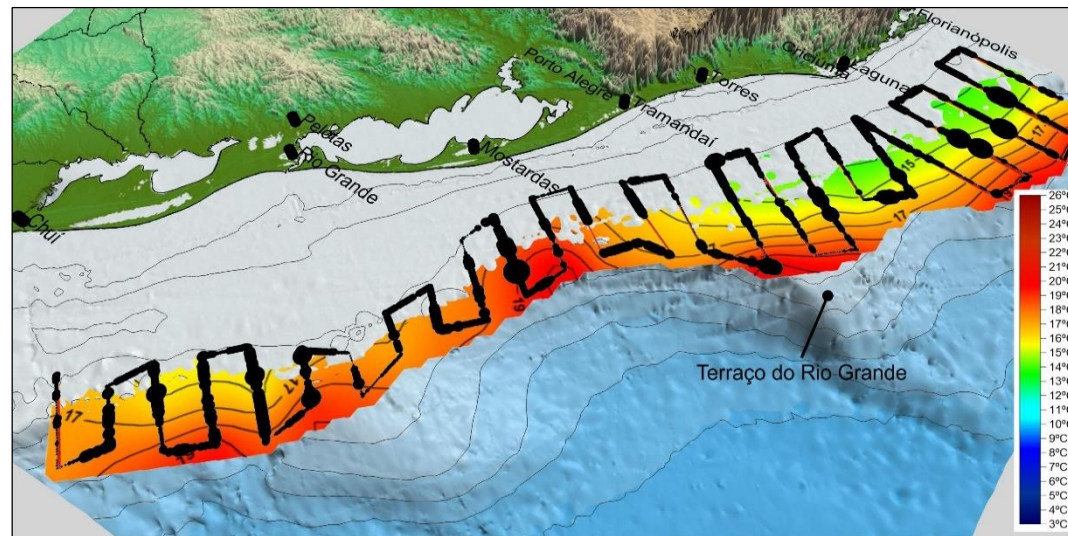


(c)

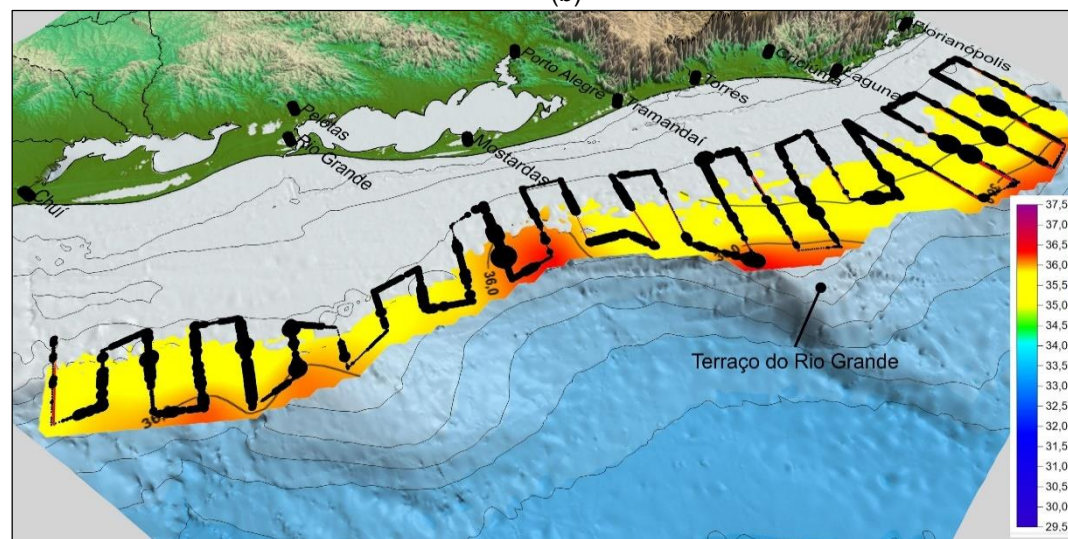
Figura 77 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 1 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 20 m de profundidade da coluna de água.



(a)

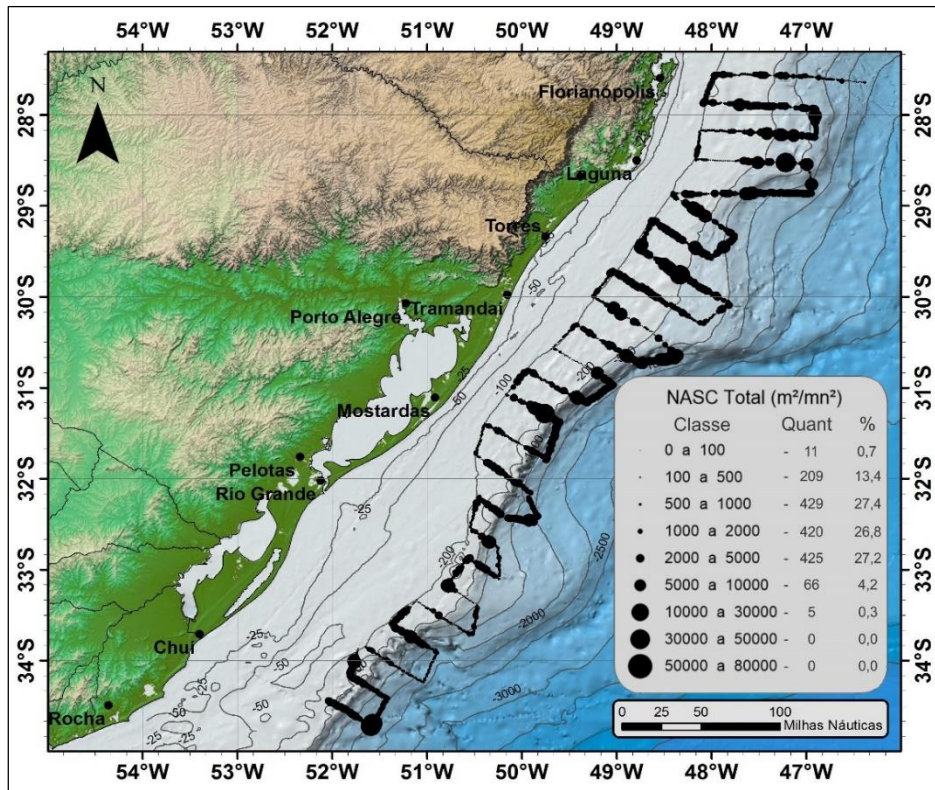


(b)

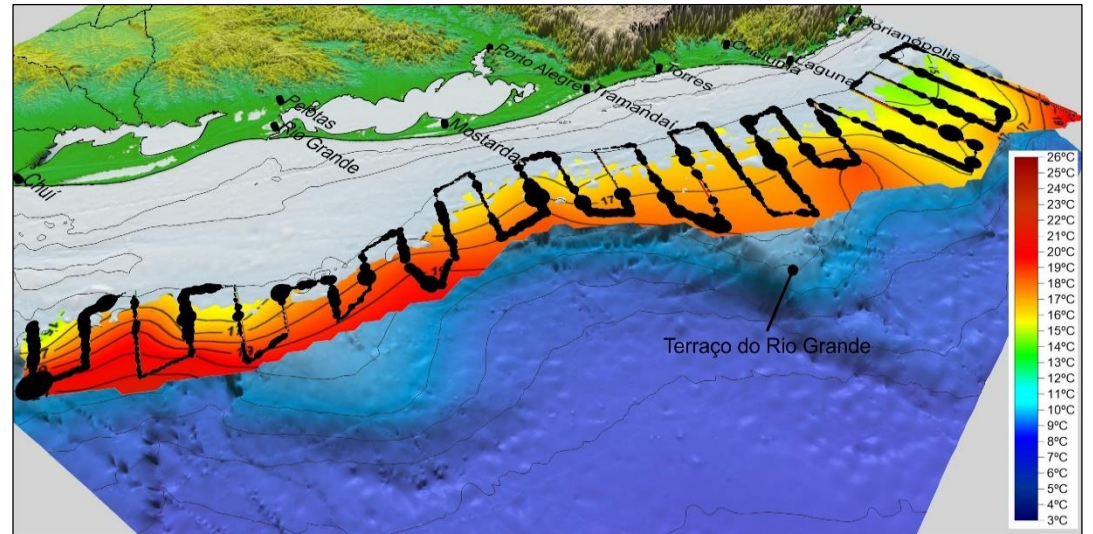


(c)

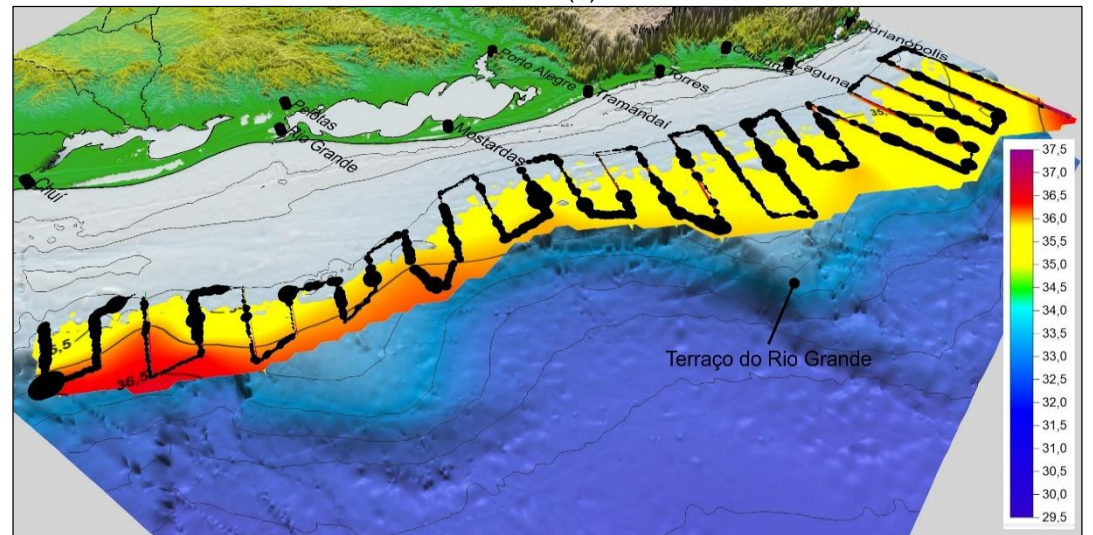
Figura 78 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 2 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 150 m de profundidade da coluna de água.



(a)



(b)



(c)

Figura 79 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro REVIZEE 3 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.

3.5.2. Cruzeiros Talude

A Tabela 12 apresenta a extensão da varredura acústica, a área da superfície prospectada, o grau de cobertura, além dos valores mínimo, máximo, médio e o desvio padrão do NASC Total dos Cruzeiros Talude. Todos os cruzeiros apresentaram grau de cobertura adequado ($d \geq 4$).

De modo geral, os Cruzeiros Talude apresentaram NASC Total médio mais baixo do que os Cruzeiros REVIZEE, o que se justifica pela área amostral destes cruzeiros, que cobriram a região mais oceânica, caracteristicamente oligotrófica (MANN & LAZIER, 2006).

O Cruzeiro Talude 6 foi o que apresentou o maior valor absoluto de NASC Total ($48.348 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$), enquanto o Cruzeiro Talude 1 apresentou o menor ($5.677 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$), além do menor NASC Total médio ($459 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$). O Cruzeiro Talude 3 foi o que apresentou o maior valor médio de NASC Total ($1.809 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$).

As Figuras 80 à 85 ilustram a distribuição de NASC dos Cruzeiros Talude 1 ao 6, respectivamente. As classes de NASC foram padronizadas para facilitar a comparação entre cruzeiros. Na legenda das figuras pode-se observar a quantidade de ESDUs que fazem parte de cada classe, bem como o percentual de cada classe em relação ao todo. As classes e o tamanho dos símbolos utilizados são os mesmos utilizados para os Cruzeiros REVIZEE.

Tabela 12 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC na Bacia de Pelotas, para os Cruzeiros Talude.

Cruzeiro	Período (Est/Ano)	Varredura acústica (mn)	Área (mn^2)	Grau de Cobertura (d)	NASC _{Total} mínimo	NASC _{Total} máximo	NASC _{Total} médio	DP
Talude 1	Primavera/2009	758	22.729	5,0	3	5.677	459	669
Talude 2	Outono/2010	1.082	27.570	6,5	50	8.485	686	682
Talude 3	Primavera/2010	1.192	29.915	6,9	0	19.116	1809	1938
Talude 4	Outono/2011	1.006	24.139	6,5	9	12.889	977	1.273
Talude 5	Primavera/2012	929	22.133	6,4	40	14.168	866	1.370
Talude 6	Outono/2013	942	22.406	6,3	21	48.348	945	1.754

A maior parte dos valores de NASC do Cruzeiro Talude 1, concentraram-se entre 100 e $500 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ (49,6%), sendo que 89,1% dos valores de NASC concentraram-se entre 0 e $1.000 \text{ m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. De modo geral, os maiores valores de NASC deste cruzeiro foram observados na região da quebra da Plataforma Continental, em regiões de águas com temperaturas menores do que 18°C e salinidade menor do que 36, conforme pode ser observado na Figura 80 (a), (b) e (c). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 120 m de profundidade.

No Cruzeiro Talude 2, a maior concentração de NASC também esteve na classe entre 100 e 500 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 43,3% do total de ESDUs, sendo que o somatório das classes até 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ totalizou 80,6%. De modo geral, os maiores valores de NASC deste cruzeiro foram observados na região da quebra da Plataforma Continental em águas com temperaturas menores do que 18°C e salinidades menores do que 36, conforme pode ser observado na Figura 81 (a), (b) e (c). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 120 m de profundidade.

O Cruzeiro Talude 3 apresentou os maiores valores de NASC dentre todos os cruzeiros desta série, sendo que a classe mais representativa foi a de 1.000 a 2.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 33,6% dos valores de NASC. Este cruzeiro apresentou ainda, 24,7% dos ESDUs com valores de NASC entre 2.000 e 5.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Destaca-se neste cruzeiro, a relativa homogeneidade na distribuição do NASC, com os maiores valores sendo registrados na região mais costeira dos transectos e na região da quebra da plataforma, conforme pode ser observado na Figura 81 (a). De modo geral, os maiores valores de NASC deste cruzeiro foram observados na região da quebra da plataforma continental em águas com temperaturas menores do que 18°C e salinidades menores do que 36, conforme pode ser observado na Figura 82 (a), (b) e (c). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 120 m de profundidade.

Ainda neste cruzeiro, particularmente na região do flanco sul do Cone do Rio Grande, onde destaca-se a ascensão de ACAS nas camadas mais profundas (Figura 36), nota-se a concentração de altos valores de NASC, que pode estar relacionada à presença de águas mais ricas em nutrientes que geram este acúmulo de organismos que são detectados e quantificados pela ecossonda científica.

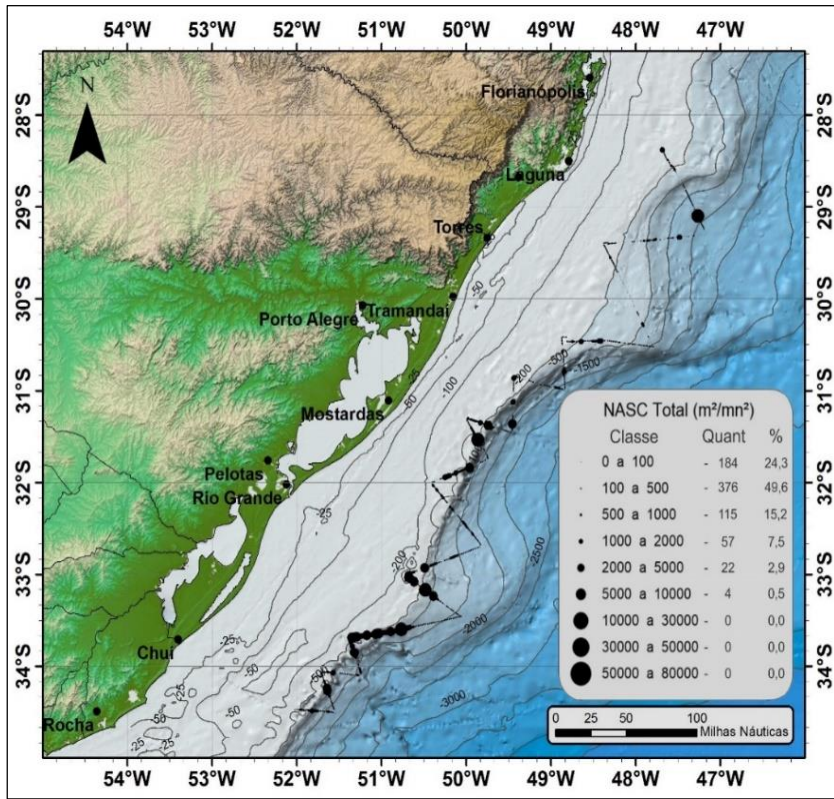
No Cruzeiro Talude 4 a classe mais significativa foi a de 100 a 500 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ com 29,3% do total dos dados de NASC. Neste cruzeiro 65,4% dos dados estiveram entre 0 e 100 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Os maiores valores foram, novamente, observados na região da quebra da plataforma, conforme pode ser observado na Figura 83 (a). De modo geral, os maiores valores de NASC foram observados na região da quebra da Plataforma Continental em águas com temperaturas menores do que 18°C e salinidades menores do que 36, conforme pode ser observado na Figura 83 (a), (b) e (c). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 130 m de profundidade.

No Cruzeiro Talude 5 a classe de 100 a 500 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ representou 58,3% dos dados de NASC. Neste cruzeiro, 75,2% dos dados observados estiveram entre 0 e 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Os maiores valores de NASC distribuíram-se sobre a quebra da Plataforma Continental, conforme pode ser observado na Figura 84 (a), e em águas com temperatura inferior à 19°C e salinidade

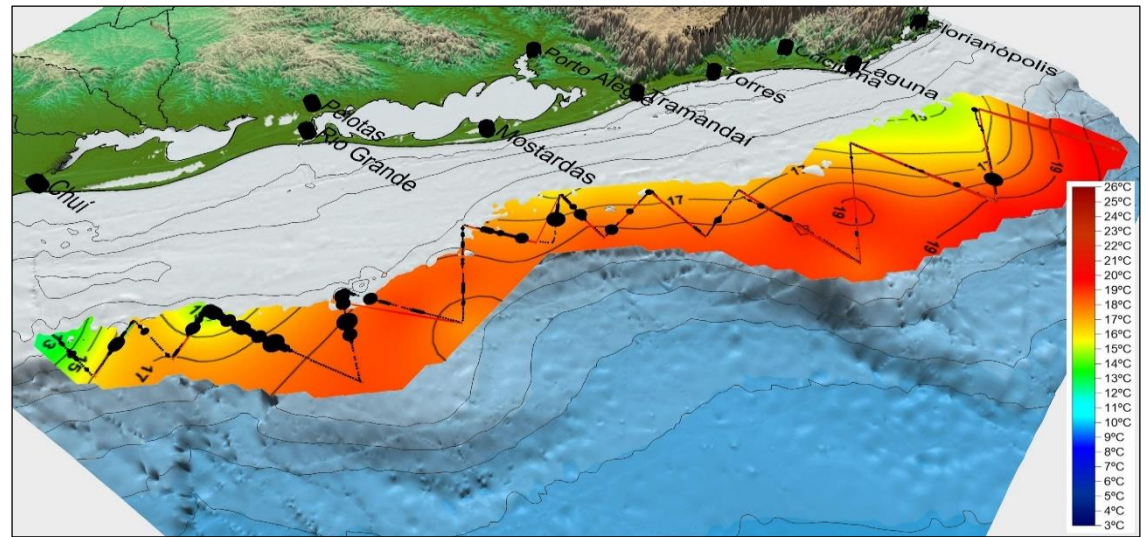
inferior à 36 (Figura 84 (a), (b) e (c)). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 120 m de profundidade.

O Cruzeiro Talude 6 mostrou-se mais homogêneo em termos da distribuição de NASC se comparado aos cruzeiros anteriores. Este cruzeiro apresentou três classes principais de NASC: 500 a 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 35,6% dos ESDUs; 1.000 a 2.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 32% e 100 a 500 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 26,4%. Estas três classes representaram 94% dos dados de NASC deste cruzeiro. Novamente os maiores valores distribuíram-se sobre a quebra da Plataforma Continental, particularmente no extremo sul da área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 85 (a).

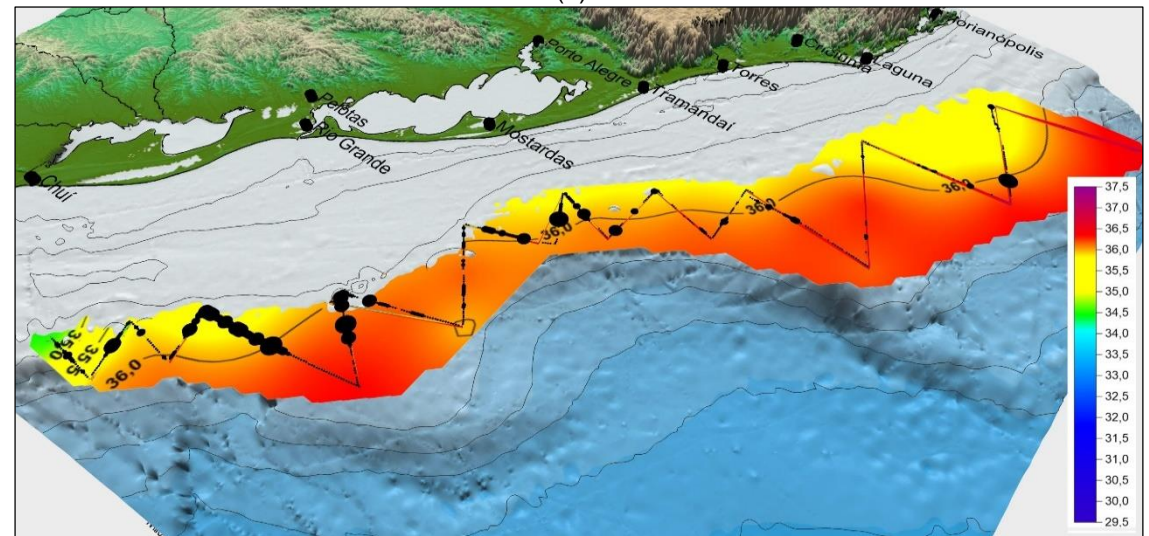
No Cruzeiro Talude 6 a distribuição dos maiores valores de NASC concentrou-se sobre águas com temperaturas inferiores à 19°C e salinidades inferiores a 36 (Figura 85 (a), (b) e (c)). O estrato de temperatura e salinidade representado na figura é o de 130 m de profundidade.



(a)

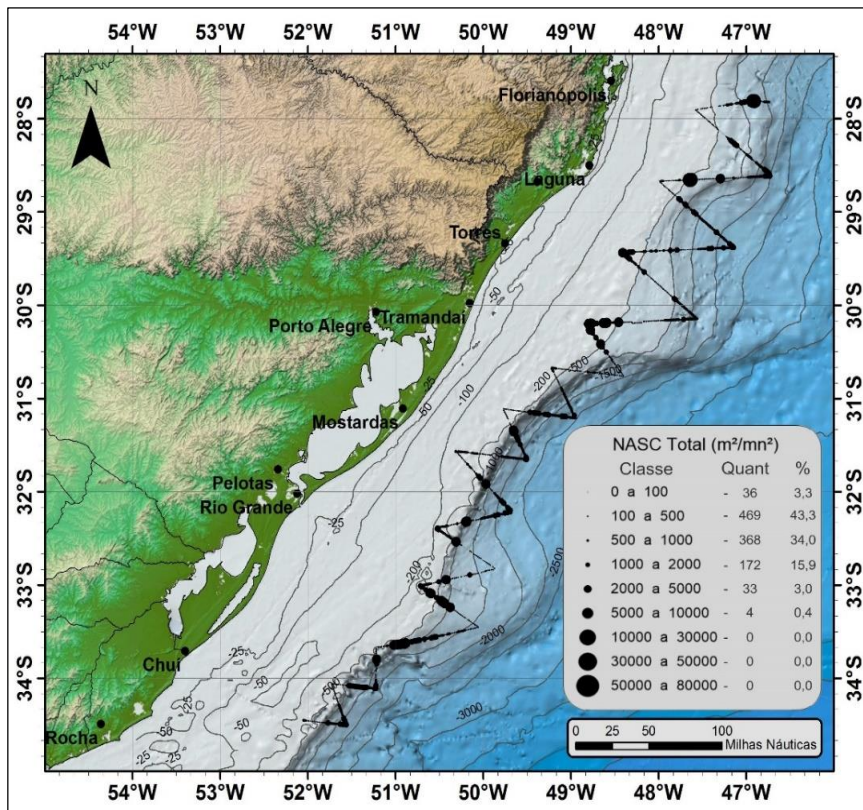


(b)

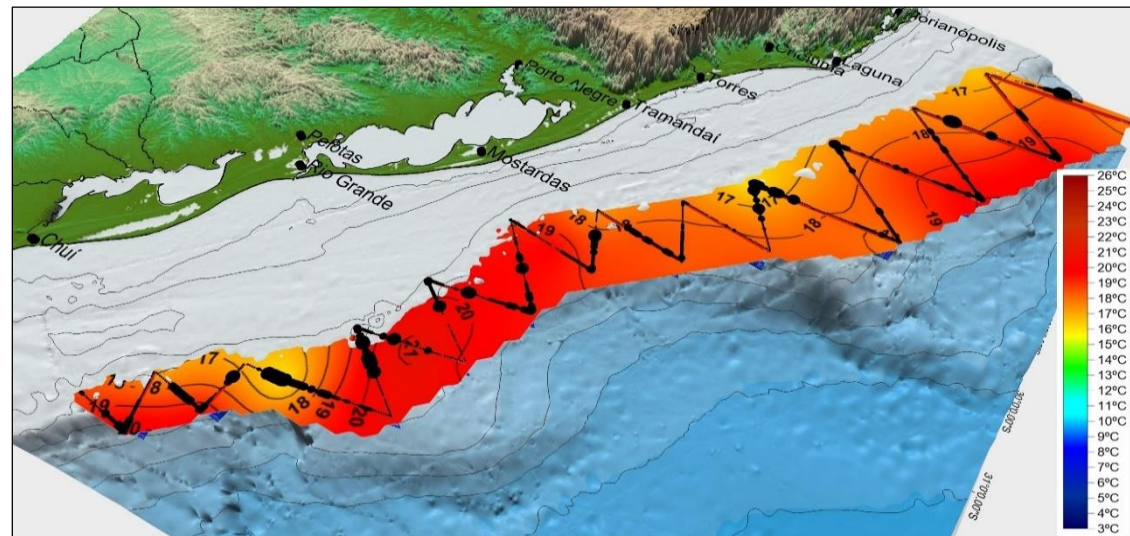


(c)

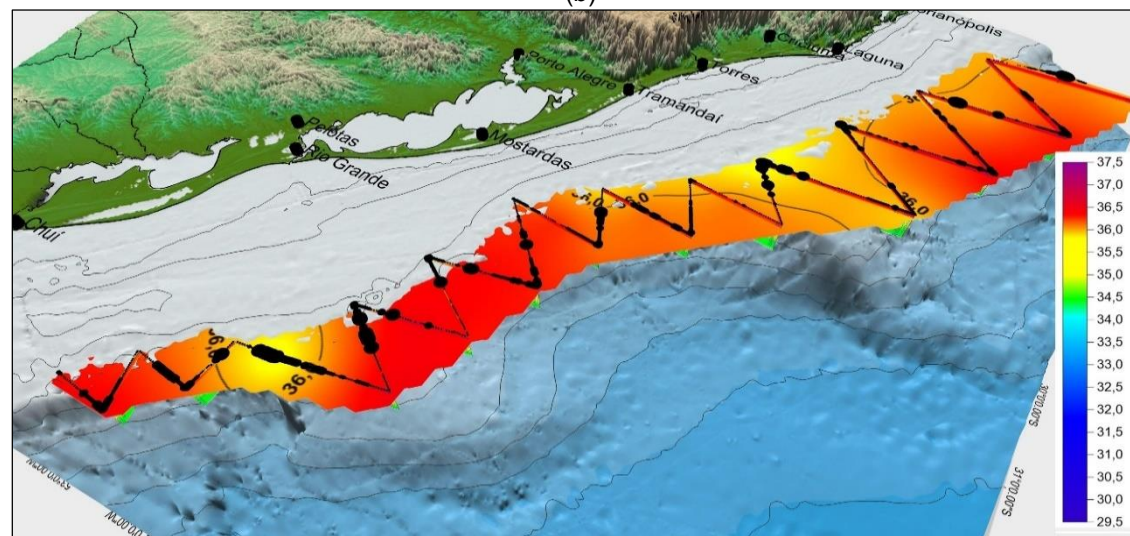
Figura 80 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 1 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.



(a)

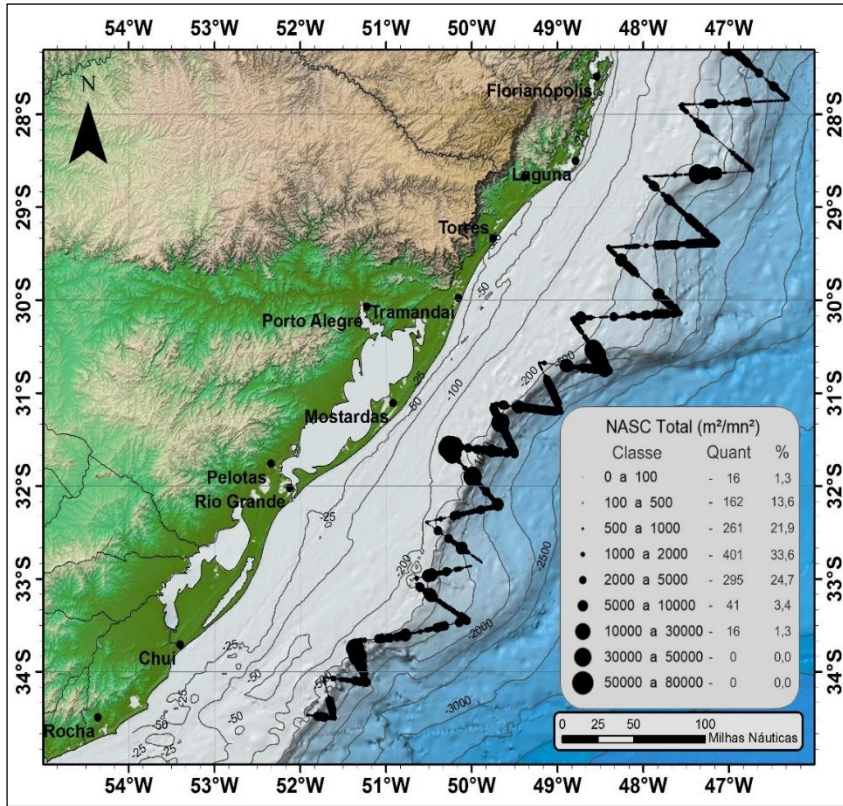


(b)

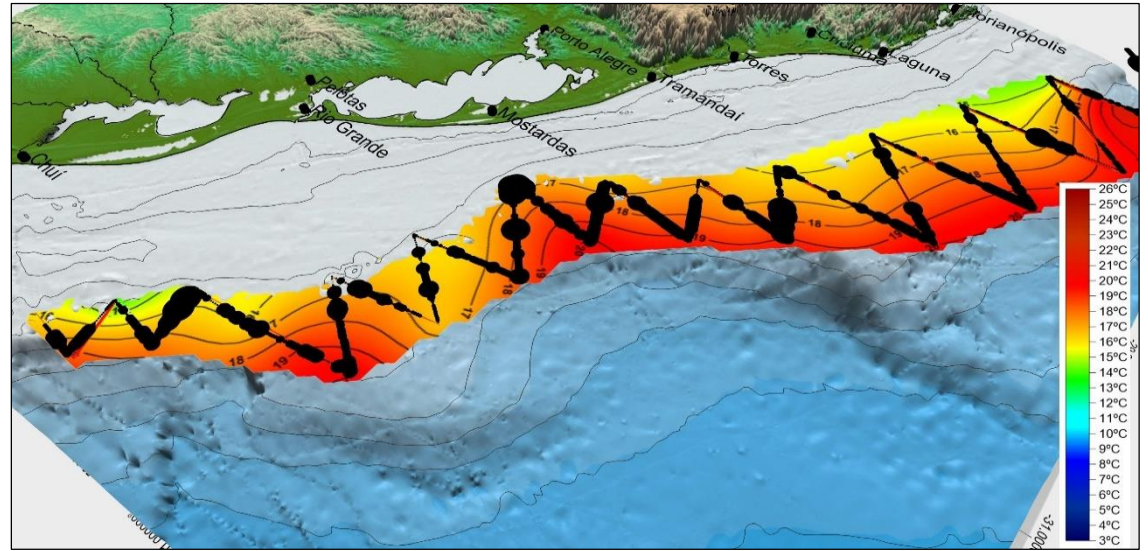


(c)

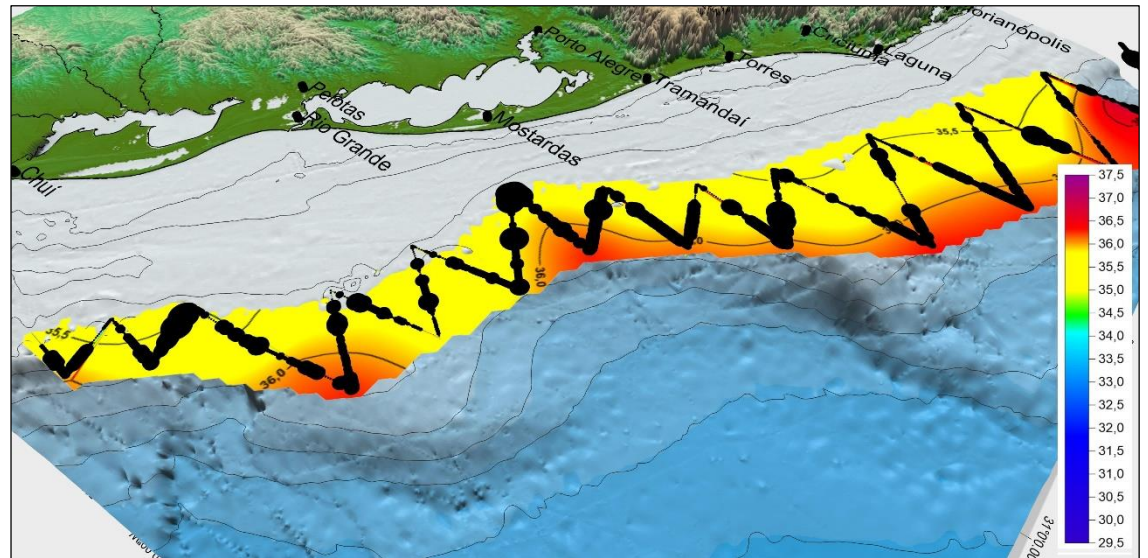
Figura 81 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 2 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade na coluna de água.



(a)

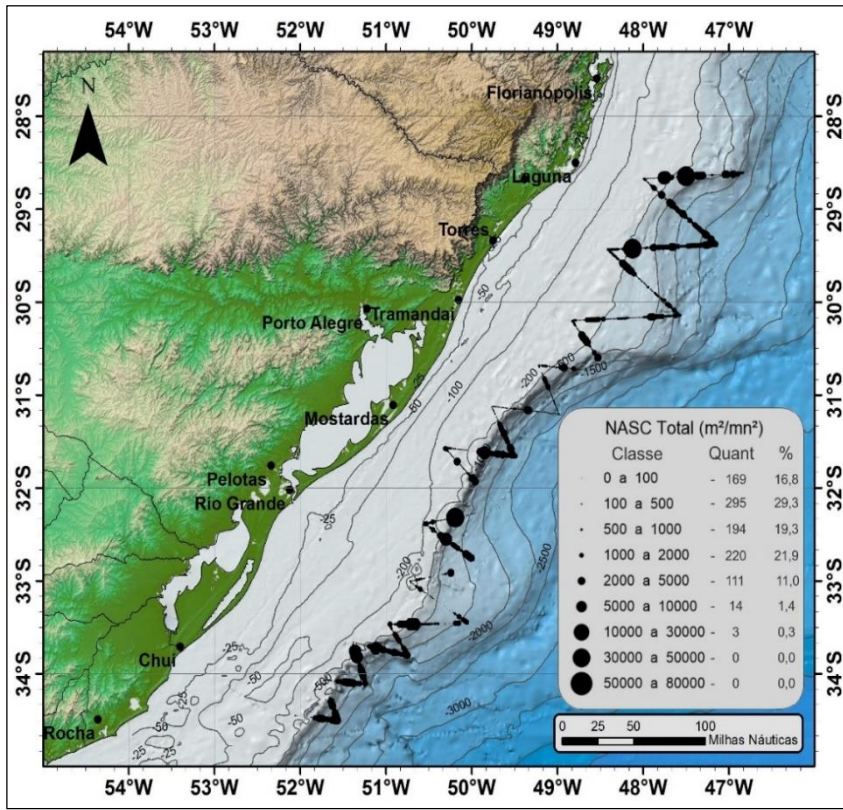


(b)

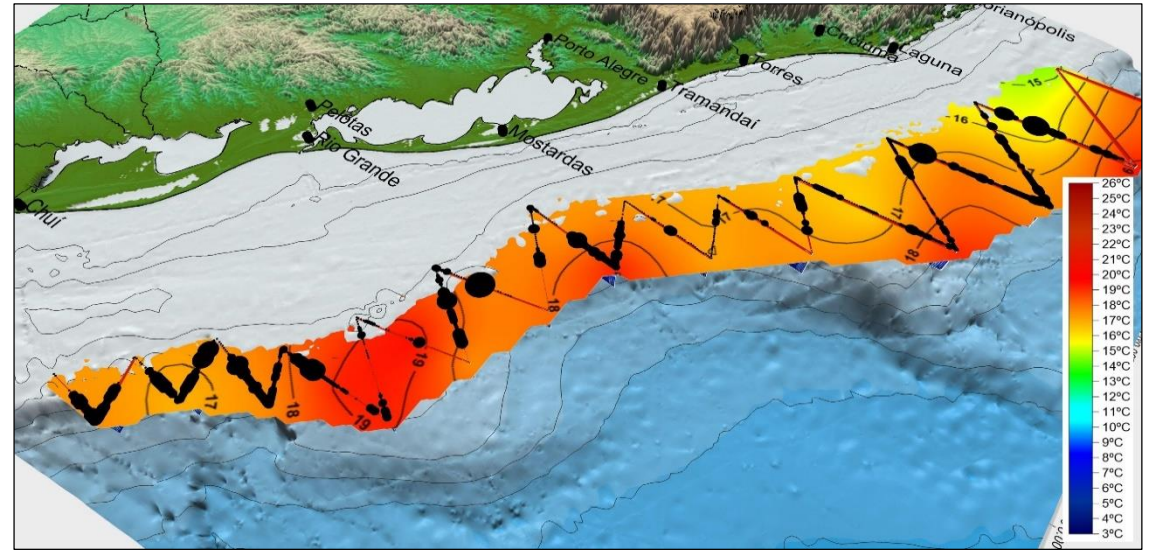


(c)

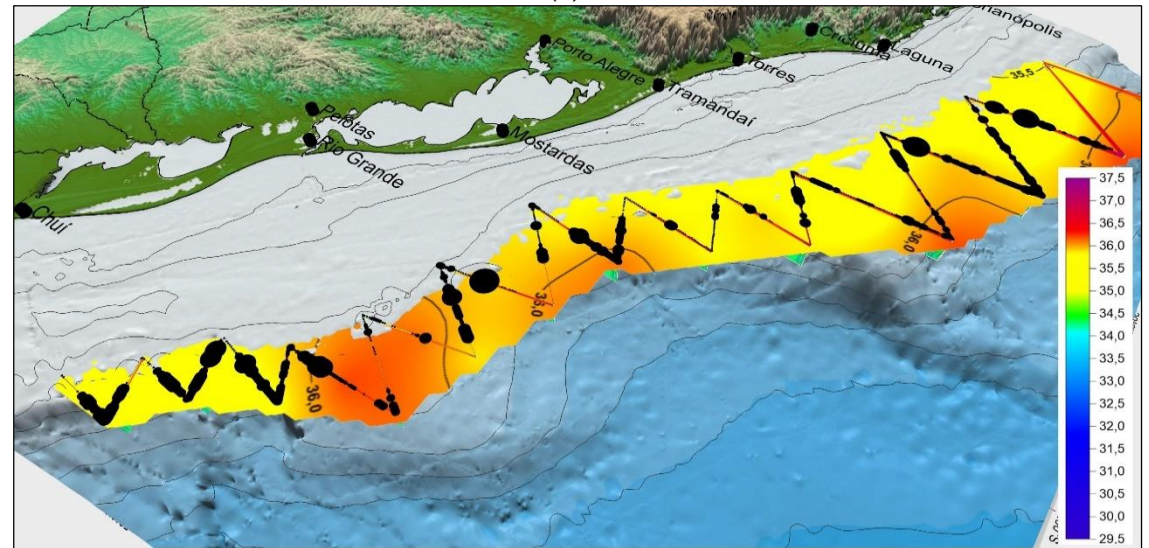
Figura 82 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 3 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.



(a)

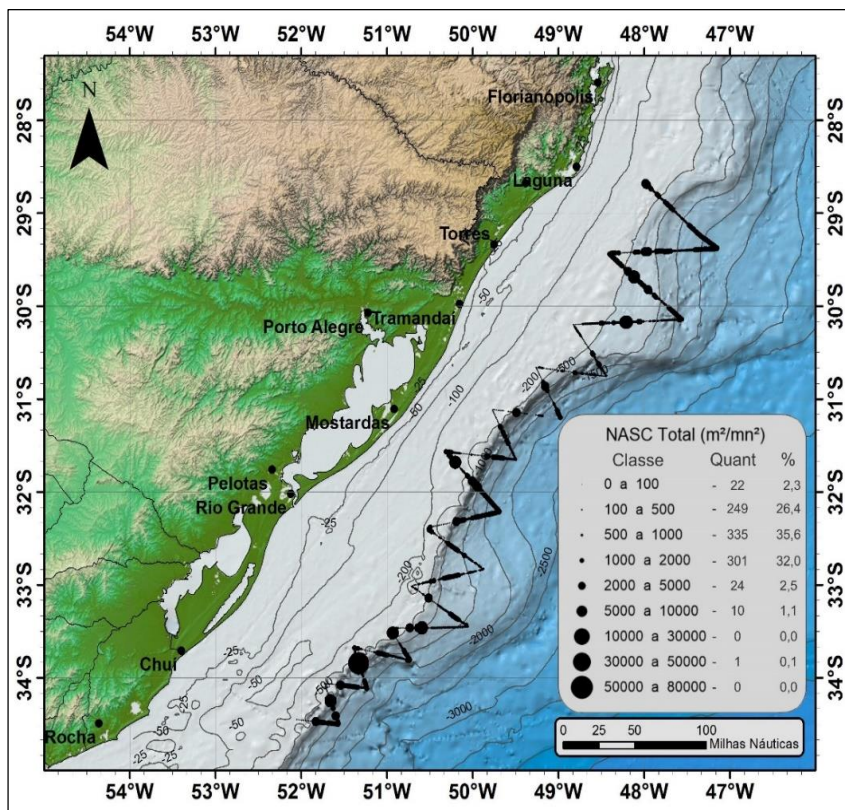


(b)

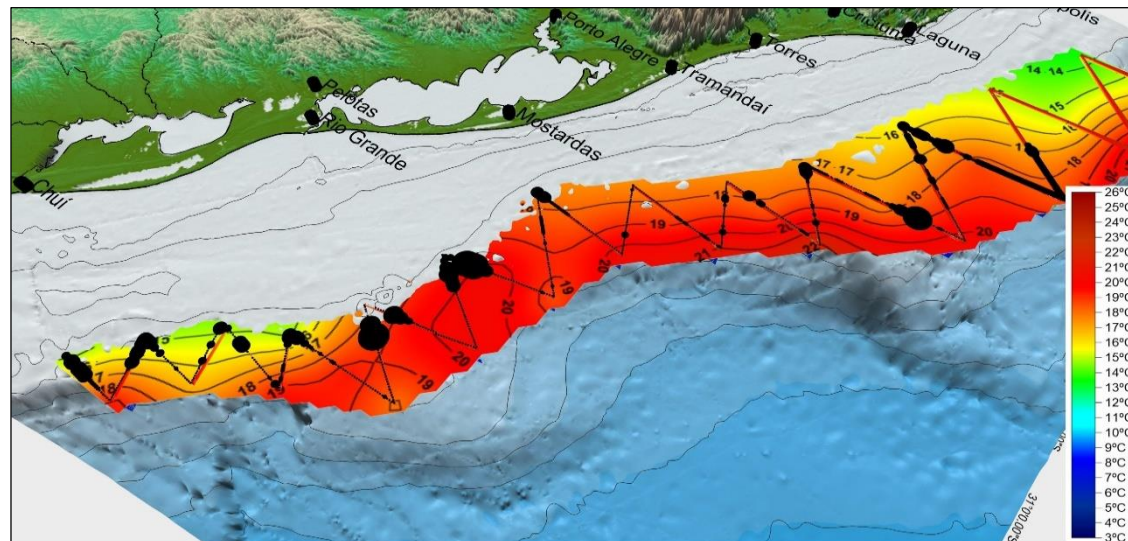


(c)

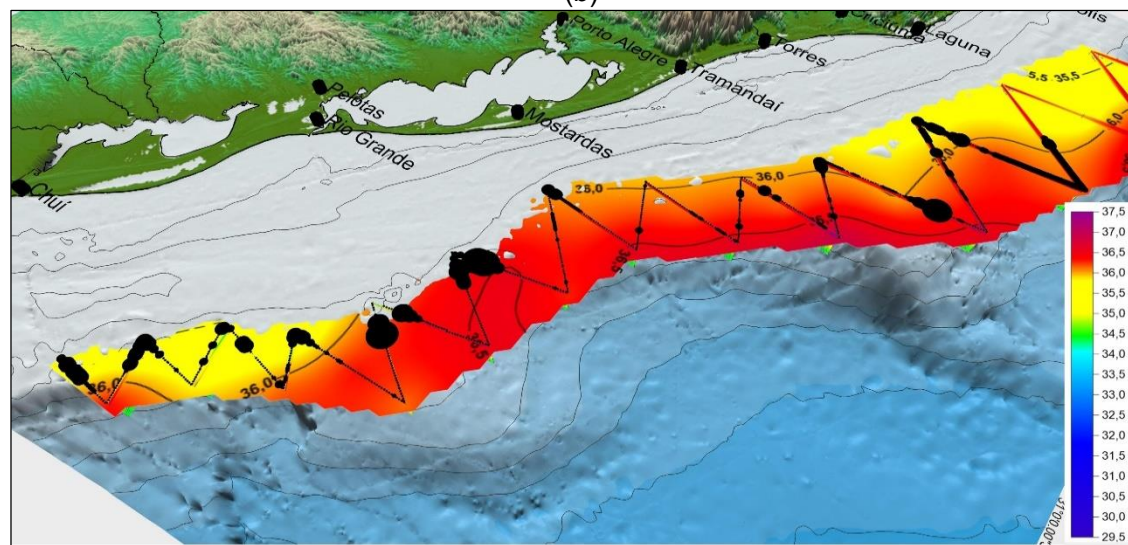
Figura 83 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 4 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.



(a)

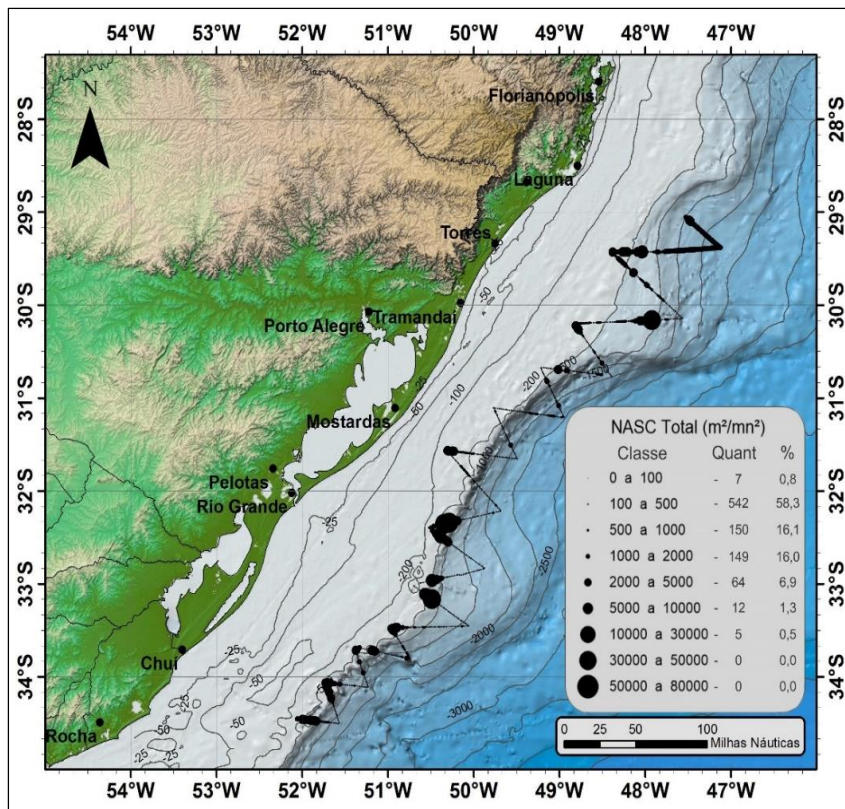


(b)

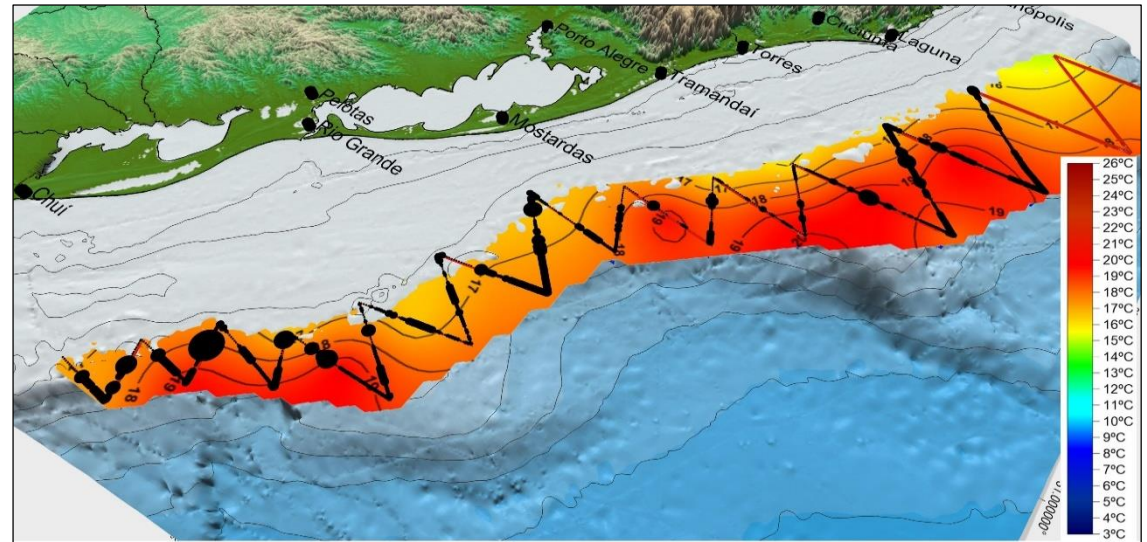


(c)

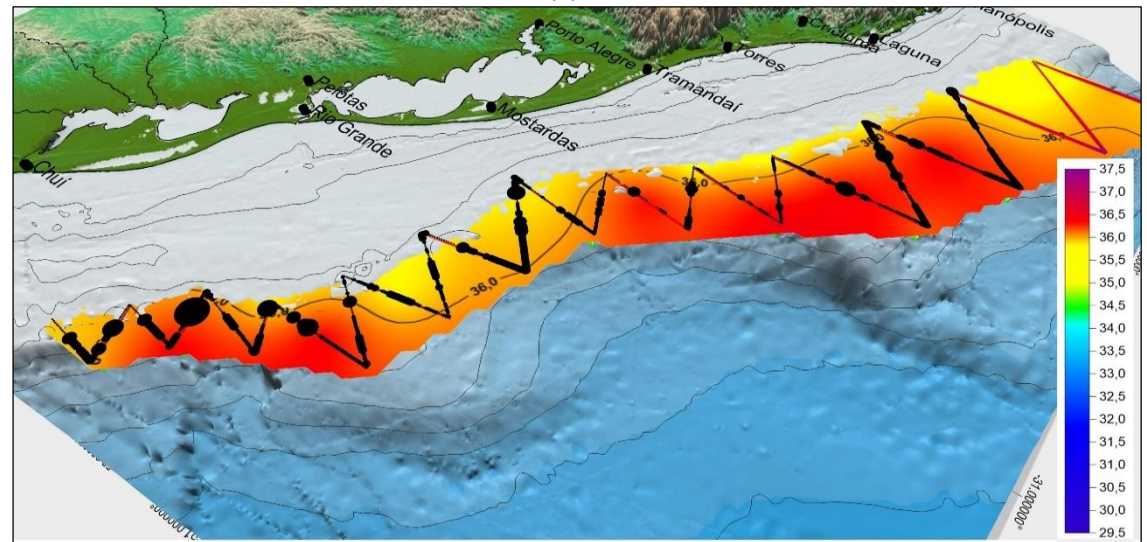
Figura 84 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 5 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 120 m de profundidade da coluna de água.



(a)



(b)



(c)

Figura 85 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Talude 6 (a) e sobreposição do mesmo com dados de temperatura (b) e salinidade (c) do estrato em 130 m de profundidade da coluna de água.

3.5.3. Cruzeiros Anchoita

A Tabela 13 apresenta a extensão da varredura acústica, a área da superfície prospectada, o grau de cobertura, além dos valores mínimo, máximo, médio e o desvio padrão do NASC Total dos Cruzeiros Anchoita. Todos os cruzeiros apresentaram grau de cobertura adequado ($d \geq 4$).

Tabela 13 – Extensão da varredura acústica, área prospectada, grau de cobertura, valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão do NASC Total, para os Cruzeiros Anchoita.

Cruzeiro	Período (Est/Ano)	Varredura acústica (mn)	Área (mn ²)	Grau de Cobertura (d)	NASC _{Total} mínimo	NASC _{Total} máximo	NASC _{Total} médio	DP
Anchoita 1–2005	Inverno/2005	749	10.070	7,5	0	41.875	688	2.382
Anchoita 2–2005	Inverno/2005	438	5.714	5,8	0	35.500	1.157	2.735
Anchoita 1–2010	Inverno/2010	440	8.310	4,8	0	12.136	688	1.310
Anchoita 2–2010	Inverno/2010	485	8.310	5,3	0	34.131	2.405	4.859
Anchoita 3–2010	Inverno/2010	465	8.077	5,2	0	78.750	1.050	4.720
Anchoita 4–2010	Inv-Prim/2010	485	9.159	5,1	0	74.872	2.164	5.439
Anchoita 5–2010	Primavera/2010	485	9.159	5,1	0	39.027	1.602	3.243
Anchoita 6–2012	Inverno/2010	563	9.159	5,9	14	4.077	643	658

O Cruzeiro Anchoita 3, realizado em 2010, apresentou o maior valor absoluto de NASC Total (78.750 m².mn⁻²), enquanto o Cruzeiro Anchoita 6, realizado em 2012, apresentou o menor valor (4.077 m².mn⁻²), além do menor NASC Total médio (643 m².mn⁻²). O Cruzeiro Anchoita 2, realizado em 2010, foi o que apresentou o maior valor médio de NASC Total (2.450 m².mn⁻²).

Como já explicado anteriormente no Capítulo 2 (Metodologia), os dados ambientais do Cruzeiro Anchoita 5, realizado em 2010, foram comprometidos devido à problemas técnicos com o aparelho CTD utilizado à época do cruzeiro. Portanto não foi possível relacionar a distribuição da densidade acústica deste cruzeiro com a distribuição das massas de águas presentes na área de estudo quando da realização da prospecção hidroacústica. A distribuição de NASC deste cruzeiro é apresentada na Figura 86, na qual pode-se observar que a classe de NASC mais representativa foi a menor, com 33,6% dos ESDUs apresentando NASC até 100 m².mn⁻². A distribuição do NASC do Cruzeiro Anchoita 5 foi bastante homogênea, ocupando a Plataforma Continental interna e grande parte da Plataforma Continental média. Neste cruzeiro, 60,7% dos ESDUs apresentaram NASC até 1.000 m².mn⁻².

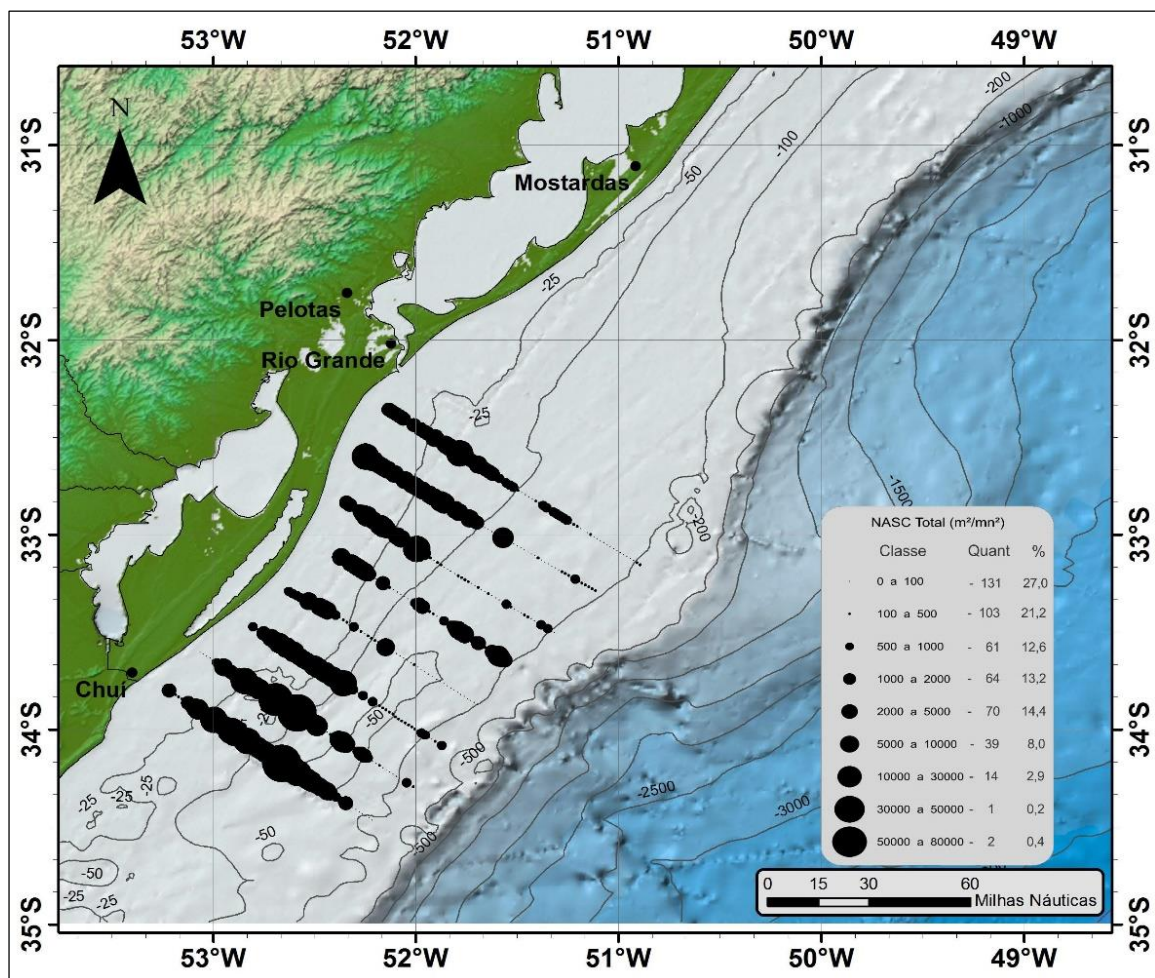


Figura 86 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 5, realizado em 2010.

As Figuras 87 à 93 ilustram o cruzamento da distribuição de NASC Total dos cruzeiros anchoita e as relações dessa distribuição com os dados ambientais (temperatura e salinidade). As Figuras 87 e 88 apresentam, respectivamente, os resultados dos Cruzeiros Anchoita 1 e 2, realizados em 2005. As Figuras 89 à 92 apresentam, respectivamente, a distribuição de NASC relacionados aos dados ambientais dos Cruzeiros Anchoita 1 ao 4, realizados em 2010. Por fim, a Figura 93 ilustra a distribuição de NASC Total do Cruzeiro Anchoita 6, realizado em 2012. As classes de NASC apresentadas nas figuras foram padronizadas para facilitar a comparação entre cruzeiros. Na legenda das figuras pode-se observar a quantidade de ESDUs que fazem parte de cada classe, bem como o percentual de cada classe em relação ao todo.

Conforme pode ser observado na Figura 87 (a), de modo geral, a maior parte dos valores de NASC do Cruzeiro Anchoita 1, realizado em 2005, foram baixos, concentrando-se entre 0 e 100 m².mn⁻² (67,8%), o que justifica o baixo NASC Total médio desse cruzeiro (688 m².mn⁻²). Neste cruzeiro, 83,2% dos valores de NASC estiveram entre 0 e 1.000 m².mn⁻². De modo geral, os maiores valores de NASC, foram observados na região da Plataforma Continental interna, até a isóbata de 50 m, relacionados à presença de águas mais frias (T <

15°C) e menos salinas ($S < 31$) da PRP e da ASAP provenientes da Plataforma Continental Uruguiaia e Argentina, conforme ilustrado nos estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 87 (b) e (c), respectivamente.

No Cruzeiro Anchoita 2, realizado em 2005, a maior concentração de NASC também esteve na classe entre 0 e 100 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$, com 46,1% do total de ESDUs, sendo que o somatório das classes até 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ totalizou 71,7%, conforme pode ser observado na Figura 88 (a). Assim como no cruzeiro 1, de 2005, os maiores valores de NASC deste cruzeiro foram observados na região da Plataforma Continental interna, até a isóbata de 50 m, que representou o limite amostral da maior parte dos transectos deste cruzeiro, e, novamente, sob águas mais frias ($T < 14$ °C) e menos salinas ($S < 31$) provenientes da Plataforma Continental Argentina e Uruguiaia, conforme ilustrado nos estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 88 (b) e (c), respectivamente.

O Cruzeiro Anchoita 1, realizado em 2010, caracterizou-se pelos baixos valores de NASC, sendo a classe de 0 a 100 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ a mais numerosa, com 42,5% do total de ESDUs. Neste cruzeiro, 81,4% dos valores de NASC concentraram-se entre 0 e 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. A distribuição espacial do NASC foi mais homogênea neste cruzeiro, se comparada aos realizados em 2005, com os maiores valores cobrindo quase a totalidade da área amostrada, entre as isóbatas de 15 e 100 m, conforme pode ser observado na Figura 89 (a). Os maiores valores de NASC deste cruzeiro estão relacionados a águas relativamente frias ($T < 16$ °C) e menos salinas ($S < 32,5$), conforme pode ser observado nos estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 89 (b) e (c), respectivamente.

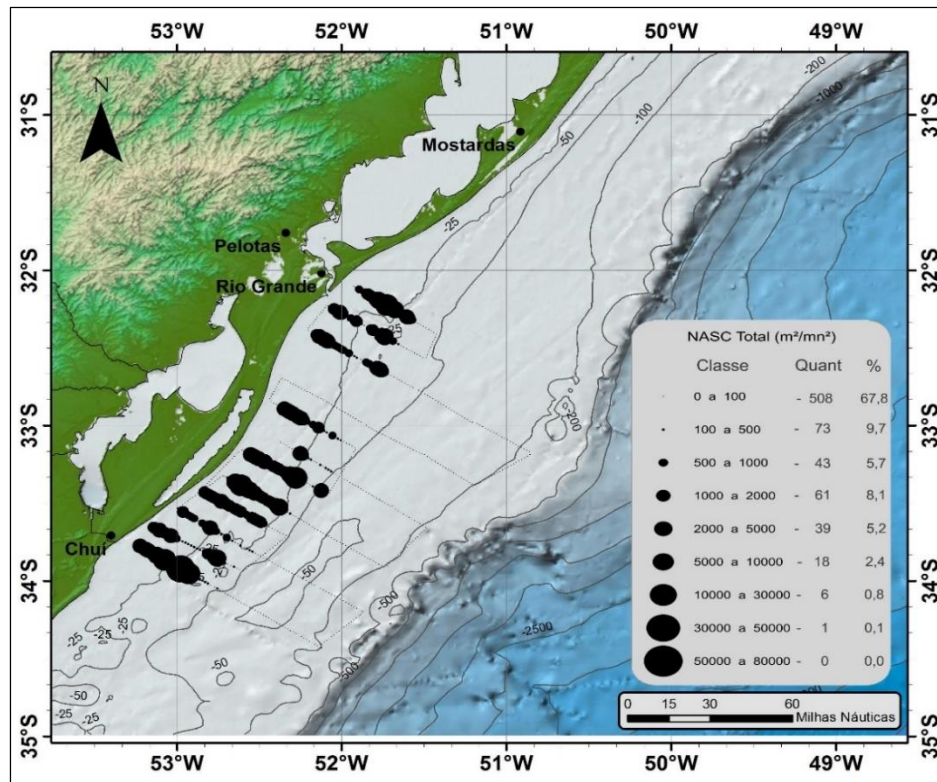
O Cruzeiro Anchoita 2 de 2010, apresentou os maiores valores de NASC dentre todos os cruzeiros desta série, embora a classe de NASC Total mais numerosa tenha sido, novamente, a mais baixa, com 35,5% dos ESDUs. Este cruzeiro apresentou o maior NASC Total médio (2.405 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$), o que se justifica pelo maior número de ESDUs com valores de NASC superiores à 2.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ (28,9%), conforme pode ser observado na Figura 90 (a). Este cruzeiro destacou-se entre os demais desta série pela intensa presença da PRP e ASAP. A totalidade do NASC do Cruzeiro Anchoita 2 de 2010, esteve presente em águas com temperaturas inferiores à 13°C e salinidades inferiores à 33, conforme pode ser observado nos estratos de 14 m de profundidade, apresentados na Figura 90 (b) e (c), respectivamente.

No Cruzeiro Anchoita 3 de 2010, a classe mais significativa foi também a de 0 a 100 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$ com 43,7% do total dos dados de NASC. Neste cruzeiro 85% dos dados estiveram entre 0 e 1.000 $\text{m}^2 \cdot \text{mn}^{-2}$. Os maiores valores foram, novamente, observados na região Plataforma Continental interna, conforme pode ser observado na Figura 91 (a). Quanto a relação com os dados ambientais, neste cruzeiro os maiores valores de NASC foram

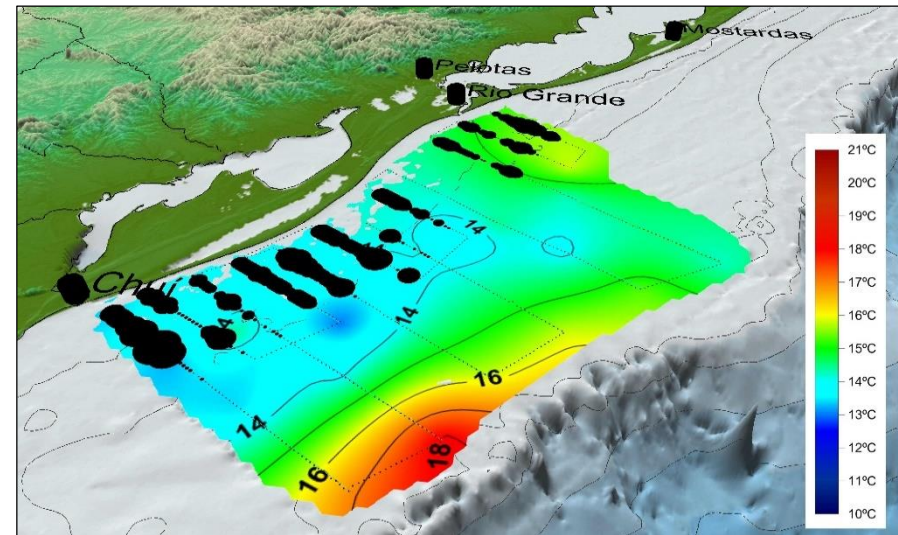
observados em águas com temperaturas inferiores à 15°C e salinidades inferiores à 30,5, conforme ilustram os estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 91 (b) e (c), respectivamente.

A classe de NASC mais representativa no Cruzeiro Anchoita 4 de 2010, foi a de 0 a 100 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$, com 27,0%, seguida pela classe de 100 a 500 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$, com 21,2% dos ESDUs. Neste cruzeiro, 60,8% dos ESDUs apresentaram NASC entre 0 e 1.000 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$. A distribuição dos dados de NASC foi bastante homogênea neste cruzeiro, com os dados distribuindo-se sobre praticamente toda a Plataforma Continental interna e média da área prospectada, conforme pode ser observado na Figura 92 (a). Durante este cruzeiro, a área de distribuição dos maiores valores de NASC apresentou águas com temperaturas inferiores à 15°C e salinidades inferiores à 32,5, conforme ilustram os estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 92 (b) e (c), respectivamente.

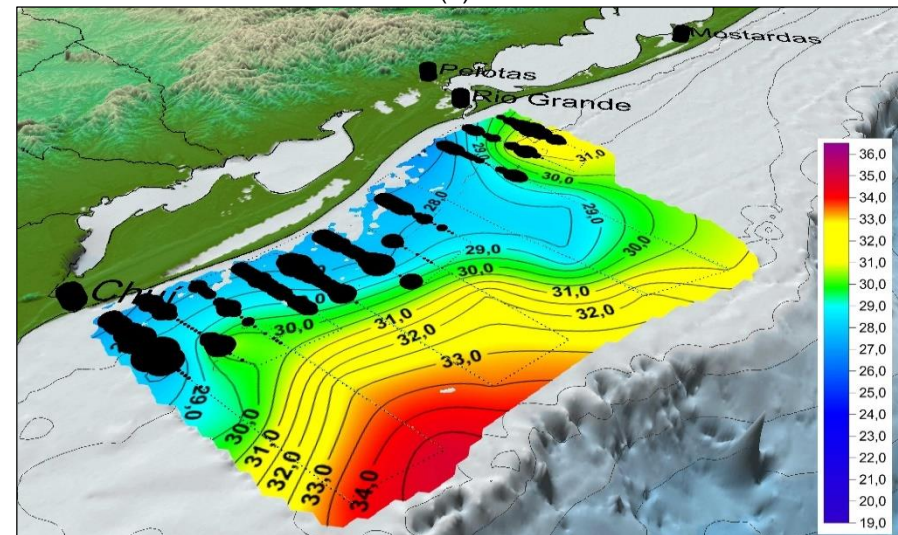
O Cruzeiro Anchoita 6 de 2012, apresentou a classe de 100 a 500 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$ como a mais representativa, com 43,9% dos ESDUs. Este cruzeiro destacou-se entre os demais por apresentar os menores valores de NASC, sendo que o NASC total médio do mesmo foi de 643 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$. Neste cruzeiro, 79,1% dos ESDUs apresentaram NASC inferior à 1.000 $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$. Também chama a atenção a distribuição espacial dos maiores valores de NASC, que apresentaram-se, em sua maioria, na parte mais oceânica dos transectos, ocupando a região da Plataforma Continental média, principalmente a partir da isóbata de 50 m, conforme pode ser observado na Figura 93 (a). Durante este cruzeiro, a área de distribuição dos maiores valores de NASC apresentou águas com temperaturas inferiores à 16°C e salinidades inferiores à 35, conforme ilustram os estratos de 14 m de profundidade apresentados na Figura 93 (b) e (c), respectivamente.



(a)

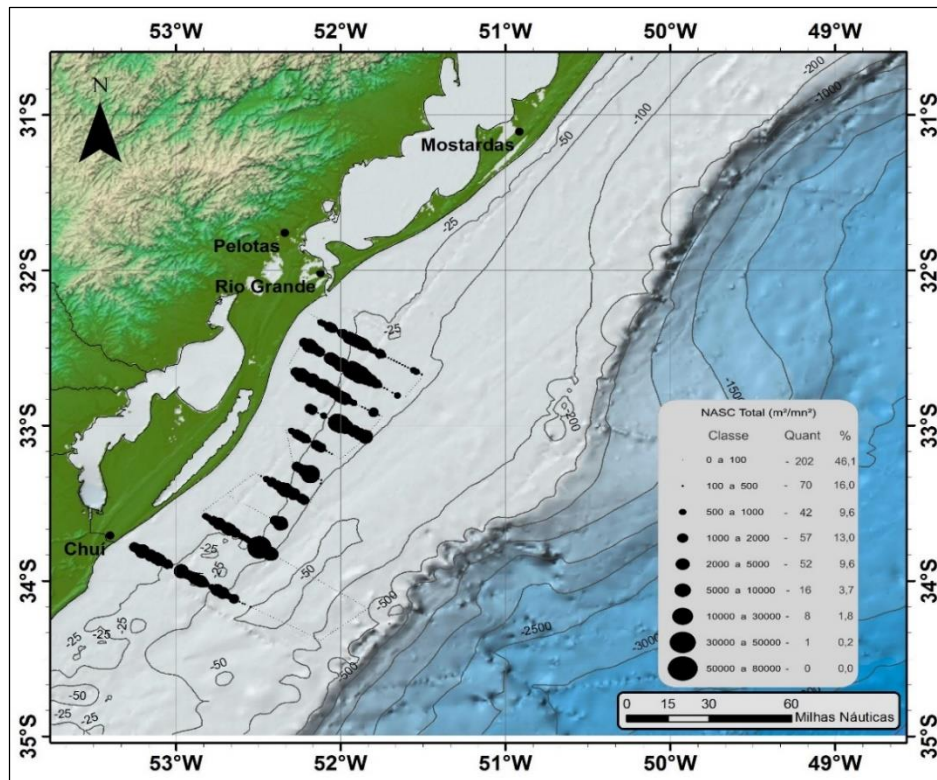


(b)

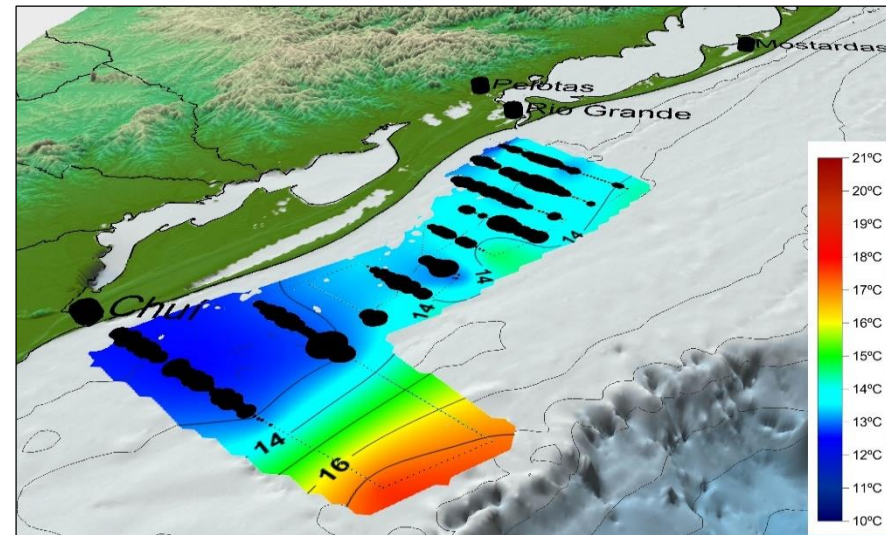


(c)

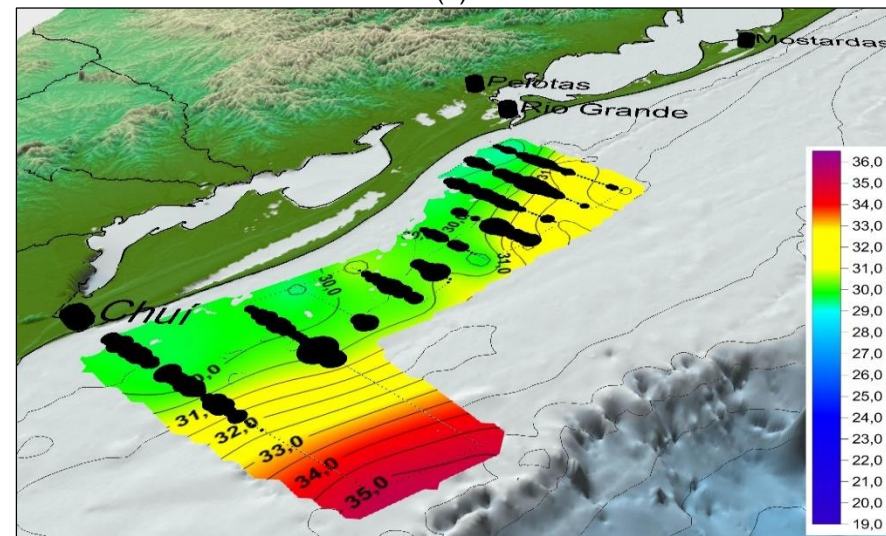
Figura 87 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 1 de 2005 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m de profundidade da coluna de água.



(a)

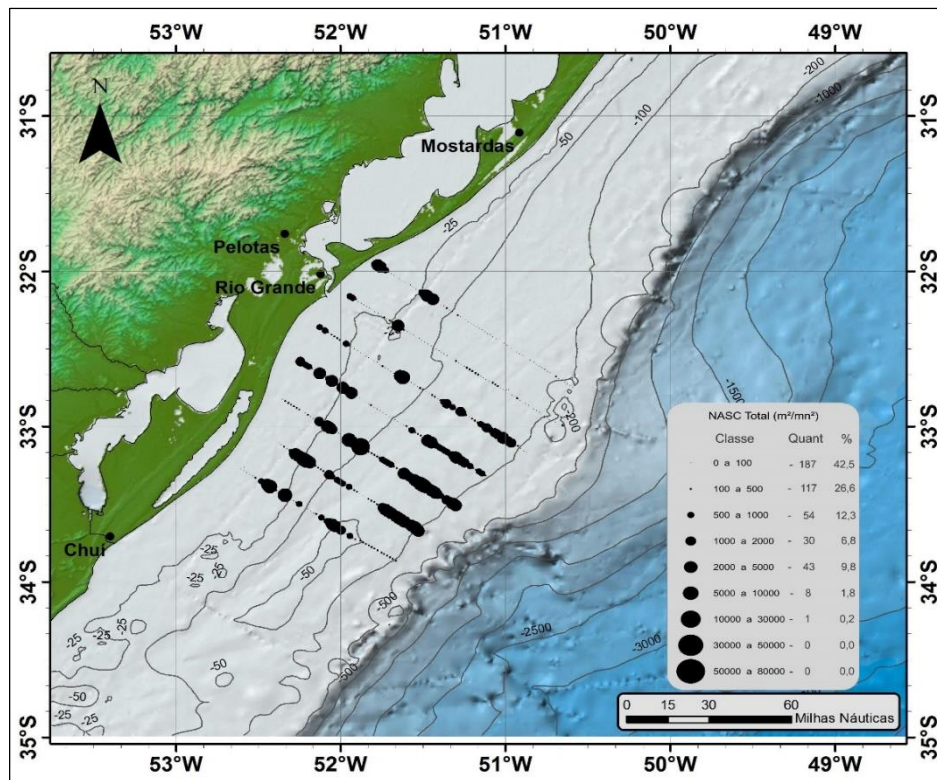


(b)

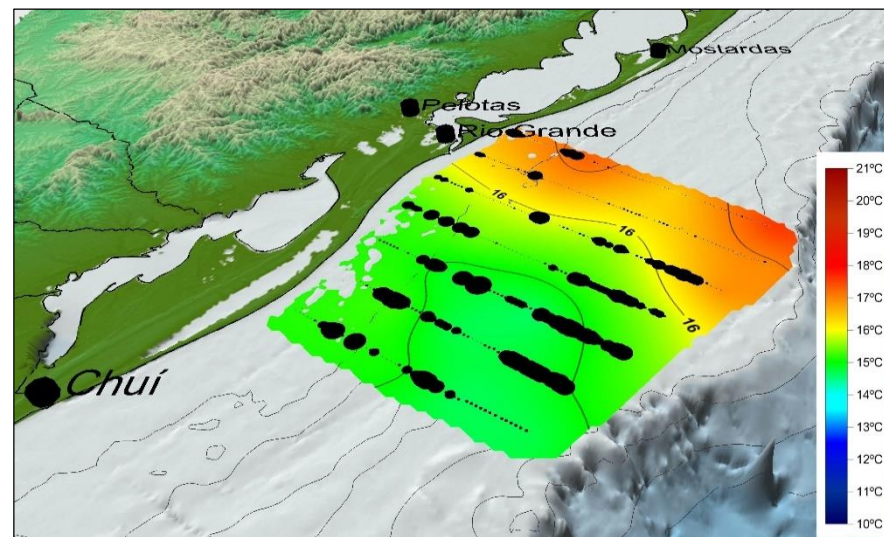


(c)

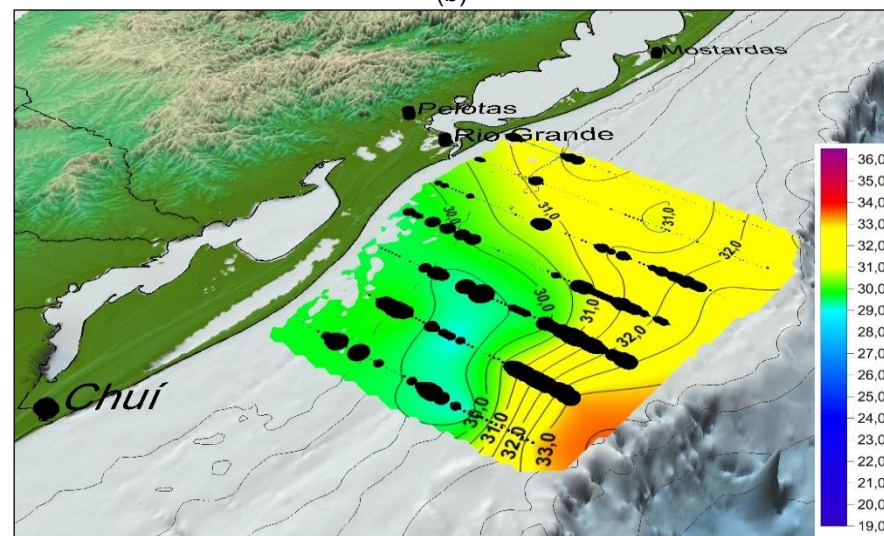
Figura 88 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 2 de 2005 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m de profundidade da coluna de água.



(a)

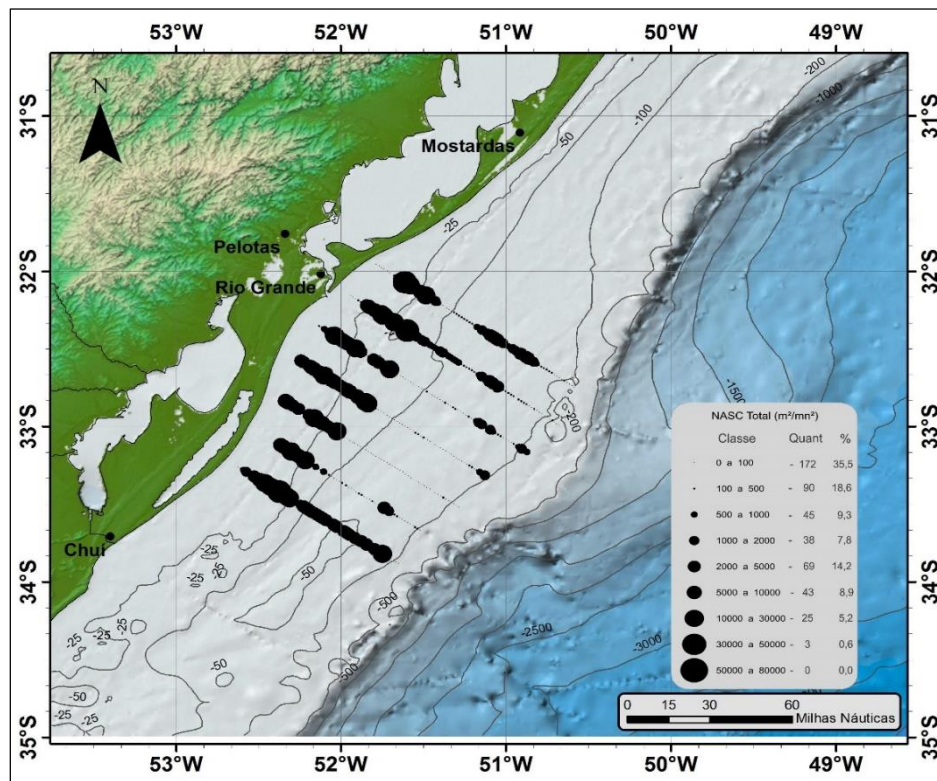


(b)

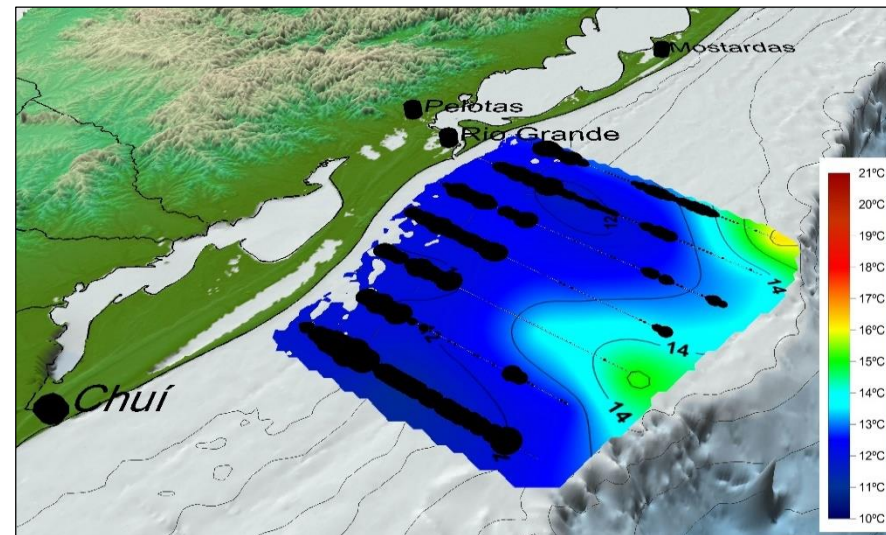


(c)

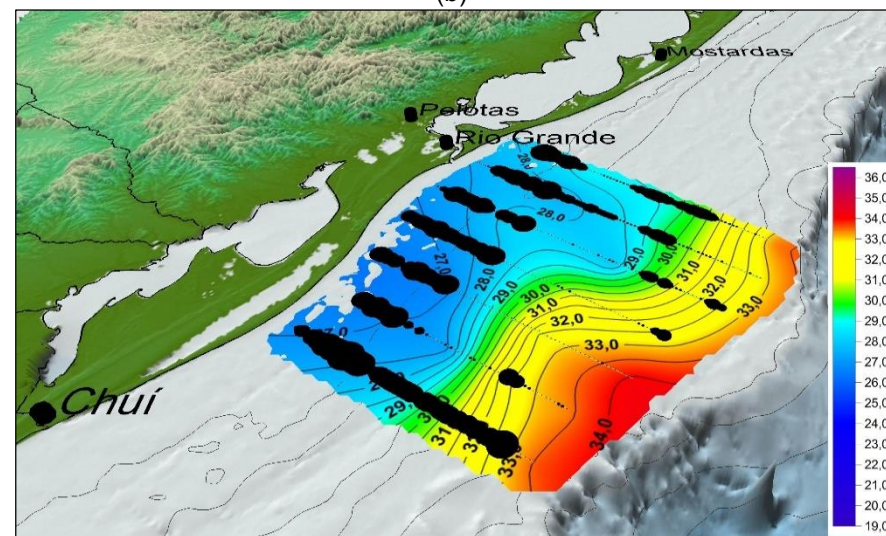
Figura 89 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 1 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.



(a)

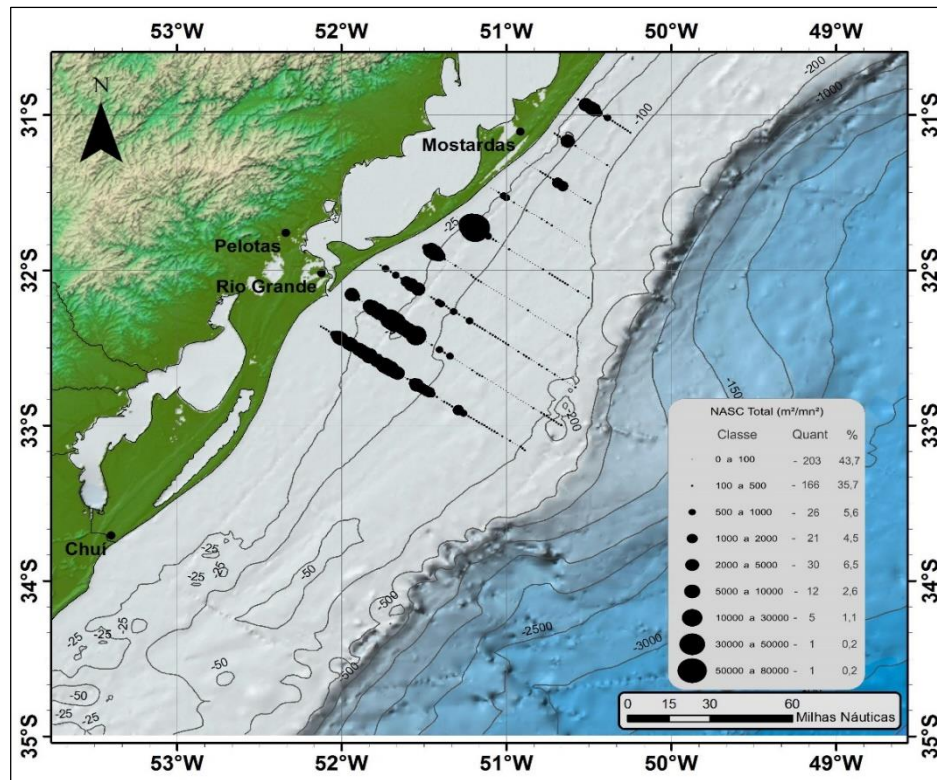


(b)

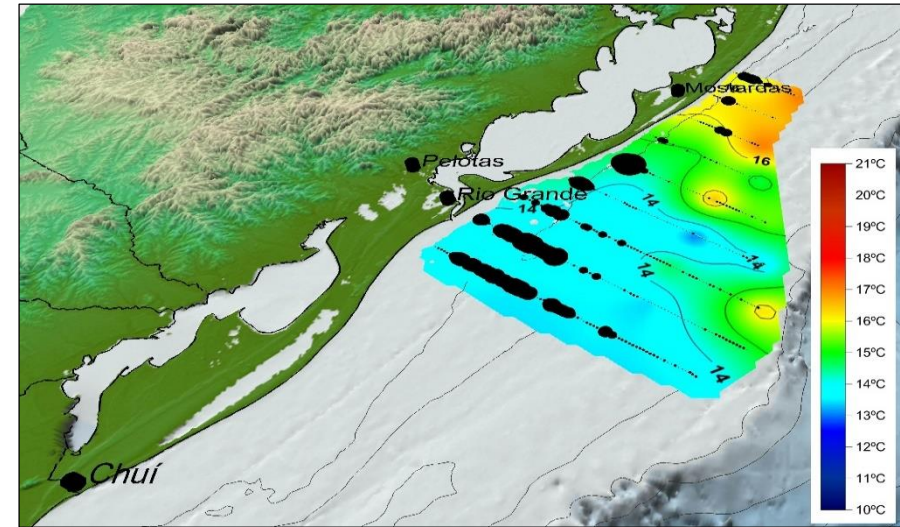


(c)

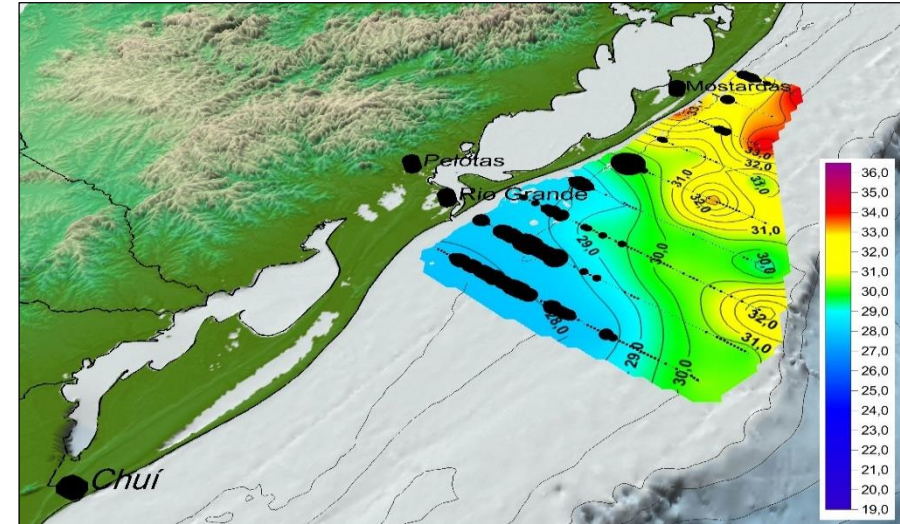
Figura 90 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 2 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.



(a)

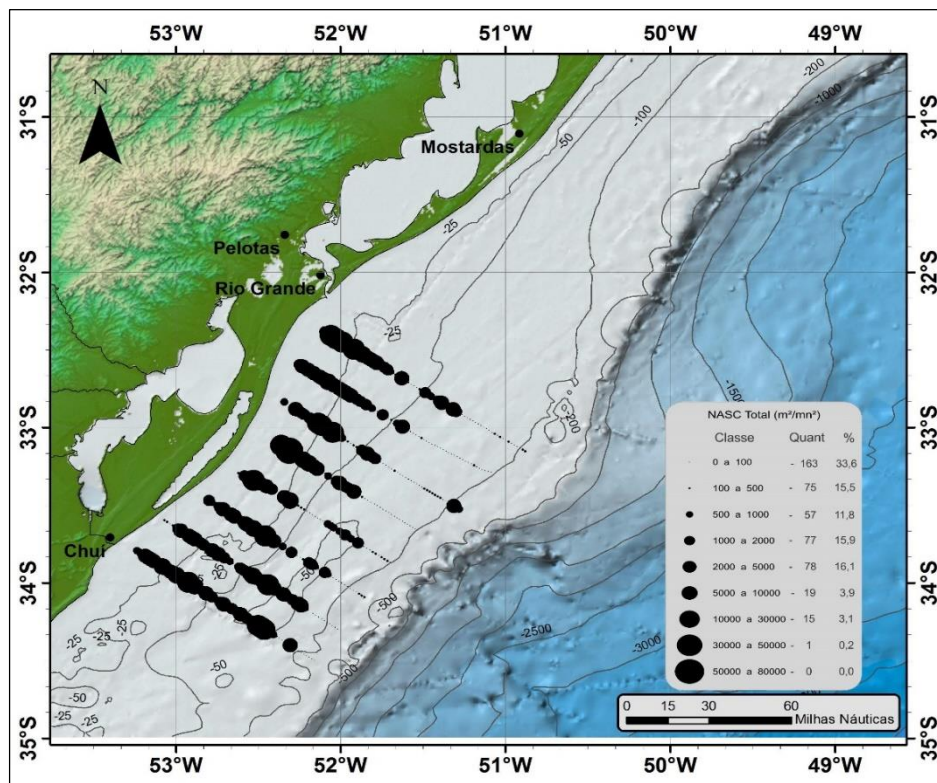


(b)

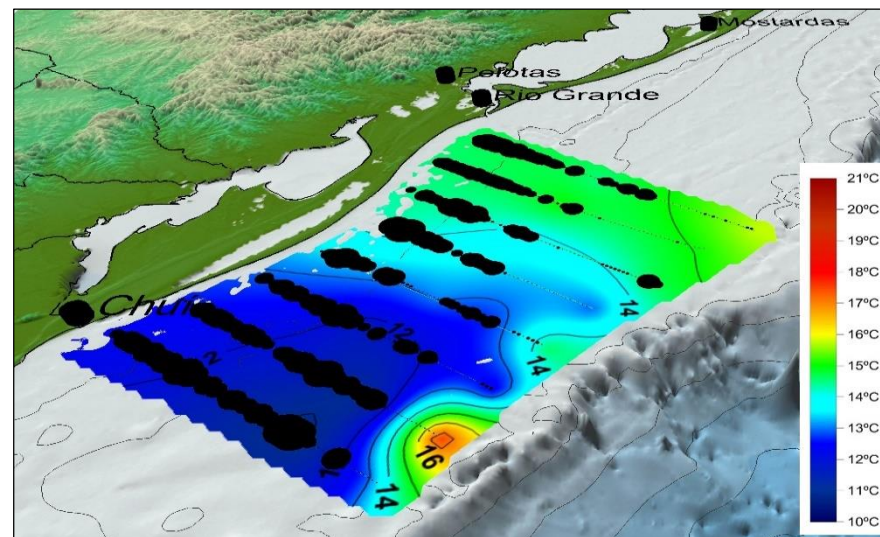


(c)

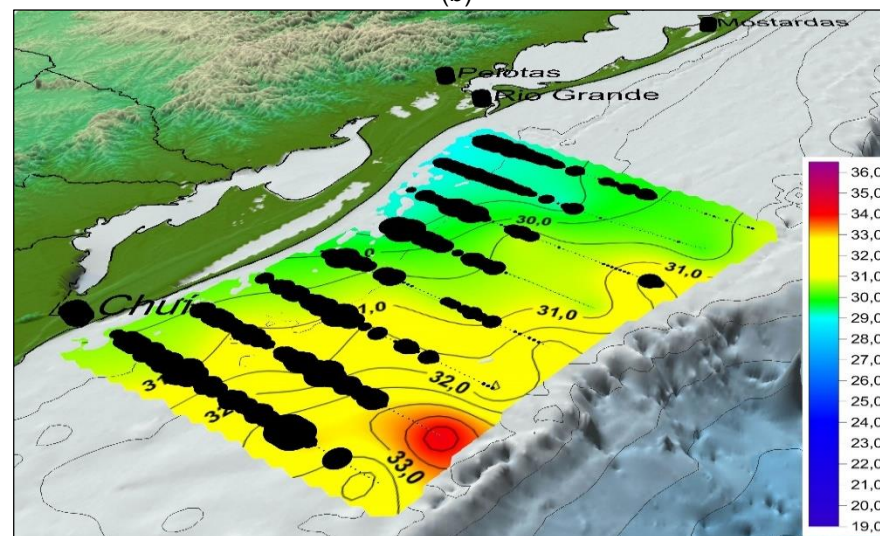
Figura 91 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 3 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.



(a)

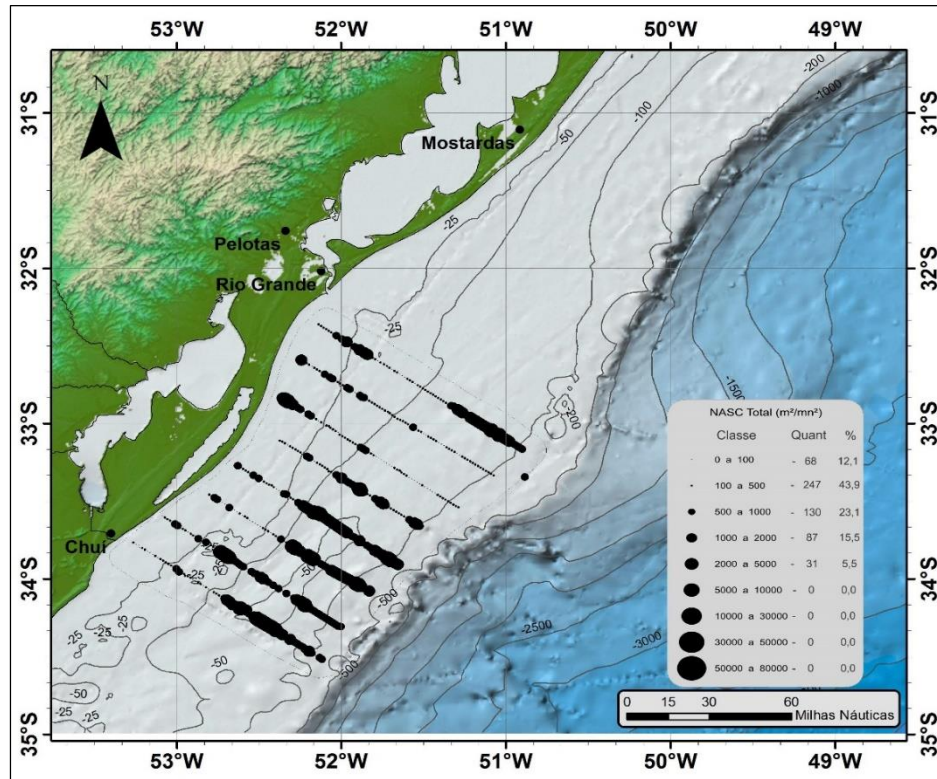


(b)

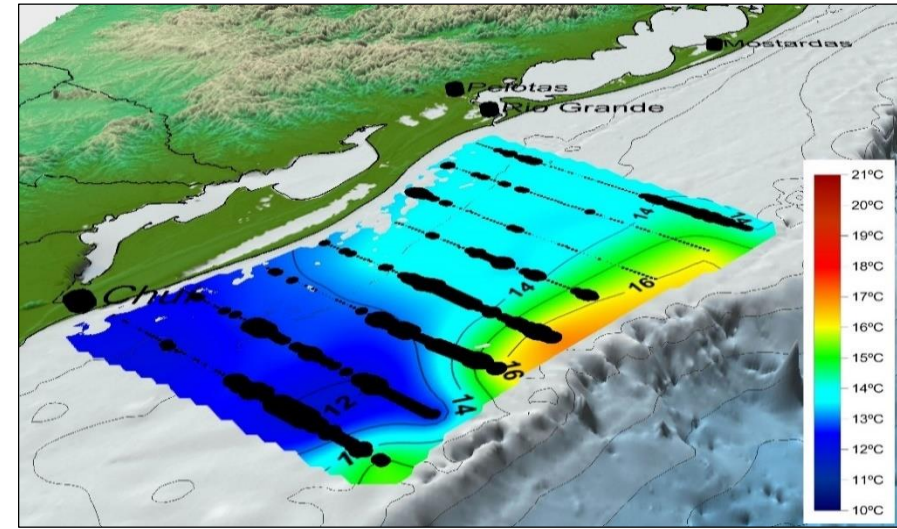


(c)

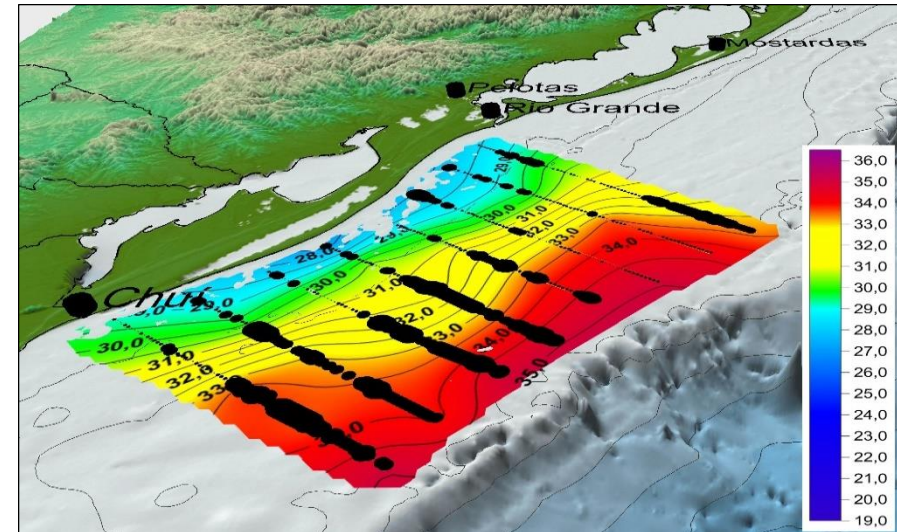
Figura 92 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 4 de 2010 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.



(a)



(b)



(c)

Figura 93 – Distribuição de NASC Total no Cruzeiro Anchoita 6 de 2012 (a) e a sobreposição com os dados de temperatura (b) e salinidade (c) dos estratos em 14 m profundidade da coluna de água.

3.6. Esforço de pesca

As Figura 94 e 95 apresentam a posição geográfica de 916 operações de pesca do Bonito Listrado na modalidade de Vara e Isca Viva, realizadas na região da Bacia de Pelotas durante as temporadas 2013/2014 e 2014/2015. Estas posições foram fornecidas pela Indústrias Alimentícias Leal Santos, Ltda. e plotadas sobre a representação 3D (Figura 95), permitindo observar a notável relação espacial entre as operações de pesca e a Plataforma Continental Externa e Talude Continental Superior. A fim de identificar de forma mais precisa esta relação e também, quais regiões da Bacia de Pelotas apresentaram as maiores densidades em termos de número de operações de pesca realizadas, foram definidos quadrantes de mesma dimensão (meio grau (30') de lado), dentro dos quais foi quantificado o número de operações de pesca realizados, considerando as duas safras. A Figura 96 ilustra a densidade de operações de pesca por quadrante analisado.

A relação entre a distribuição do Bonito Listrado e a quebra da Plataforma Continental foi estudada anteriormente em trabalhos como o de Castello & Habiaga (1988), Andrade (1996), Andrade & Garcia (1999) e Andrade (2003). De modo geral, estes autores sugerem que a presença do Bonito Listrado na Plataforma Continental Externa e talude está associada a ocorrência de frentes oceânicas superficiais. Processos oceânicos de mesoescala estimulam a produção primária nestas áreas, causando aumento na biomassa de plâncton, zooplâncton e de pequenas espécies forrageiras (OLSON & BACKUS, 1985). Andrade (2003) investigou as relações entre a variabilidade da temperatura do mar e a pesca de Bonito Listrado com vara e isca viva no Oceano Atlântico Sudoeste. O autor concluiu que as capturas estavam relacionadas, principalmente, à presença de águas tropicais da Corrente do Brasil e que as frentes oceanográficas de Outono e Primavera e a termoclina rasa no verão, são os fatores que induzem a agregação dos cardumes de Bonito sobre a quebra da Plataforma Continental. No verão em particular, o autor sugere a associação dos eventos de pesca de Bonito à intrusão de águas frias (ACAS) sobre a Plataforma Continental Externa. Essas águas frias e mais ricas em nutrientes, proporcionam um aumento da produção primária nestas áreas, tornando-as atraentes para pequenas espécies que servem de alimento para o Bonito que, por sua vez, acaba concentrando-se nestes locais. Esta observação é corroborada neste trabalho, pois, a partir dos dados de esforço utilizados, nota-se a evidente concentração de operações de pesca ao sul do Cone do Rio Grande (Figuras 94, 95 e 96), com densidades maiores do que 150 operações de pesca por quadrante (Figura 96). Esta densidade é particularmente alta na região próxima à feição de fundo conhecida entre os pescadores como “Valão”, uma reentrância integrante dos Vales do Rio Grande, localizada na quebra da Plataforma Continental, no flanco sul do Cone do Rio Grande. Na análise ambiental realizada neste trabalho, a partir dos dados pretéritos provenientes de diferentes cruzeiros, foi

observado nesta mesma região, a recorrência da ascensão de ACAS sobre o talude e Plataforma Continental Externa. Esta ascensão de ACAS gera um enriquecimento da região e pode ser observada nas Figuras 36, 39, 48, 51 e 52, apresentadas no item 3.4 deste capítulo.

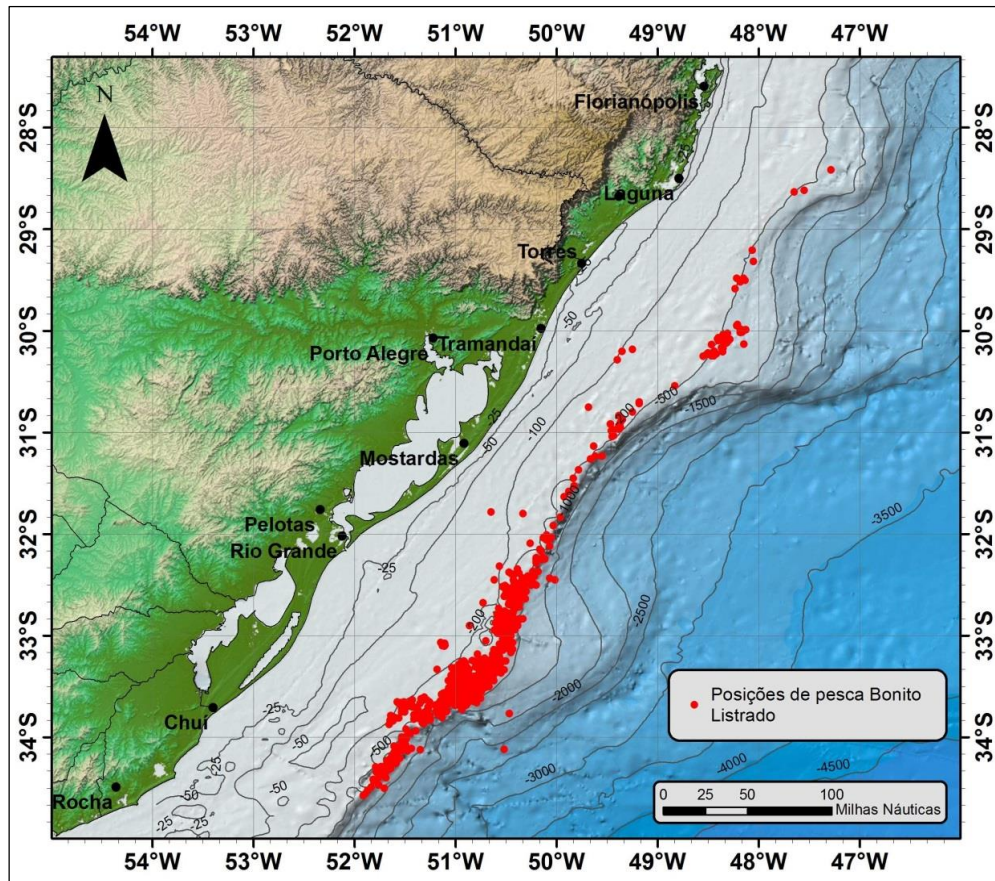


Figura 94 – Posições de pesca do Bonito Listrado com vara e isca viva realizadas nas temporadas 2013/2014 e 2014/2015, fornecidas pela empresa Leal Santos.

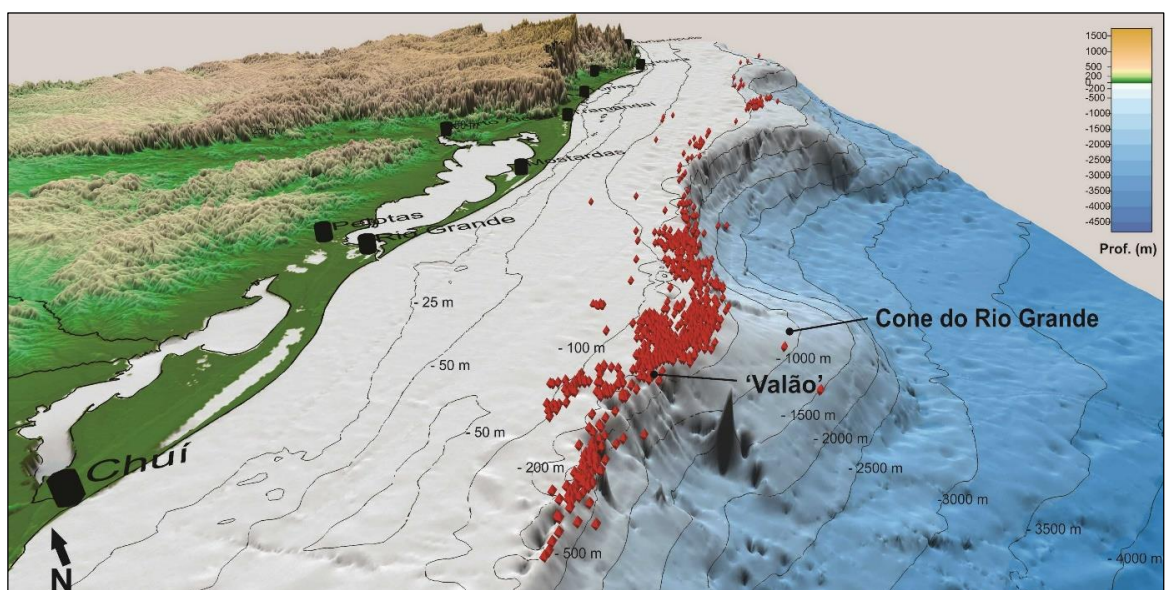


Figura 95 – Posições de pesca do Bonito Listrado com vara e isca viva plotadas sobre a representação 3D da Bacia de Pelotas, ilustrando a notável distribuição desta pescaria ao longo do Talude Continental e também a concentração de operações de pesca ao sul do Cone do Rio Grande.

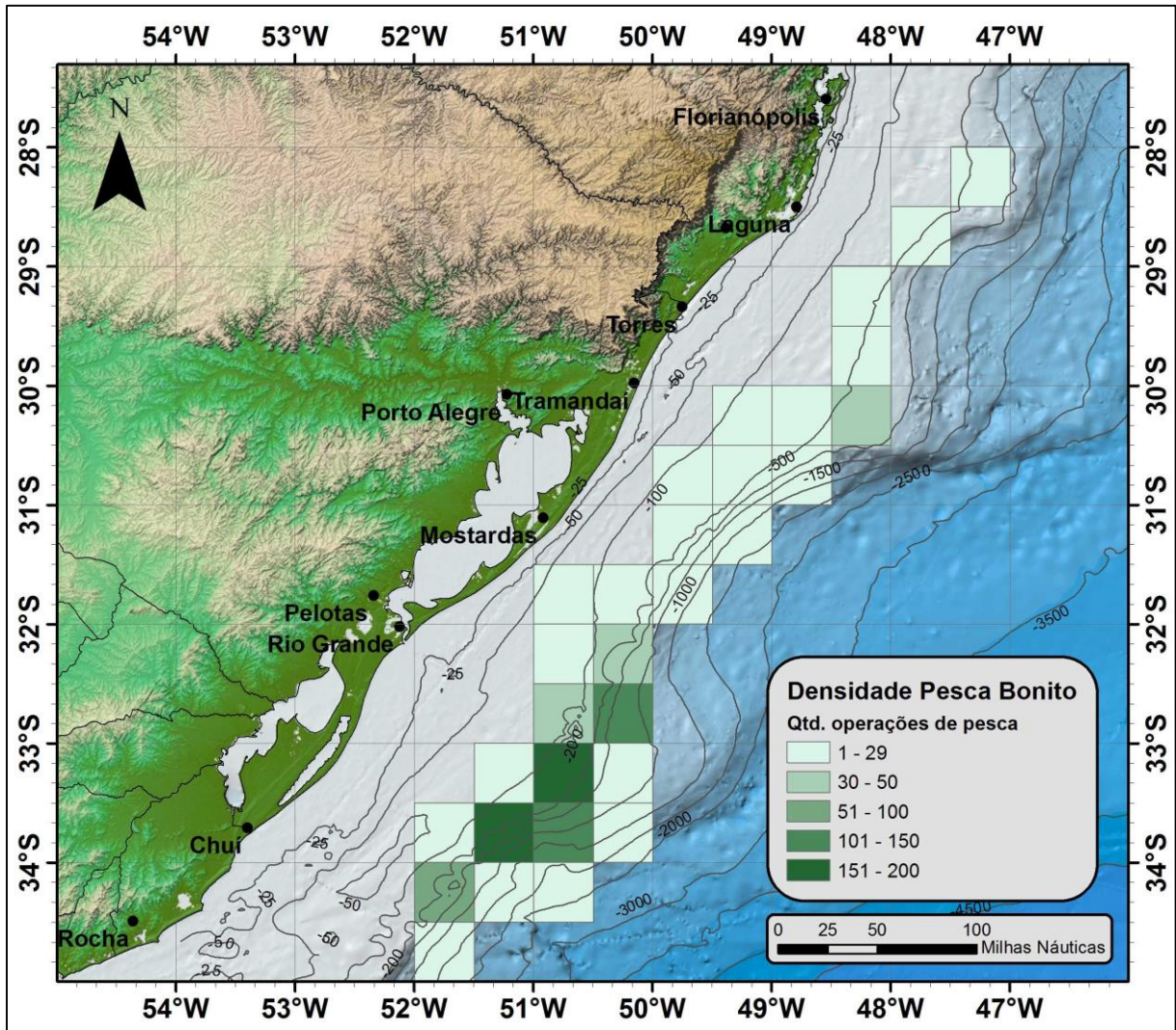


Figura 96 – Densidade de operações de pesca de Bonito Listrado com vara e isca viva, por quadrante (30' x 30').

3.7. Áreas potenciais de conflito de atividades de exploração na Baía de Pelotas

A partir da análise visual dos dados disponíveis e processados no presente estudo foi possível identificar cinco áreas com potencial para à ocorrência de conflitos, tanto espaciais quanto temporais, devido ao desenvolvimento concorrente de atividades de diferentes naturezas na região da Baía de Pelotas. Estas atividades incluem a pesca comercial, a mineração de recursos minerais superficiais, como a fosforita e o calcário e subsuperficiais como os hidratos de gás, além da exploração de petróleo e gás. Cabe salientar que, embora tenham sido utilizados dados referentes à pesca com Vara e Isca Viva do Bonito Listrado, a pesca comercial realizada nesta região não se resume a esta modalidade. Pelo contrário, como já discutido anteriormente no Capítulo 1, a região da Baía de Pelotas é caracterizada fortemente pela atividade pesqueira tradicionalmente estabelecida, com intensa ação de frotas pesqueiras de diversas modalidades importantes além da vara e isca viva, tais como:

arrasto de parelha, arrasto simples e duplo, armadilhas para polvos e caranguejos e também espinhel de superfície e de fundo (HAIMOVICI et al., 1989; CASTELLO et al., 1997).

A Figura 97 apresenta uma visão geral da Bacia de Pelotas a partir de uma representação 3D, ilustrando a sobreposição das informações referentes às diferentes atividades potencialmente conflitantes, com destaque para as cinco áreas de potencial conflito. Para fins de análise, estas áreas foram numeradas sequencialmente de sul para norte e identificadas por feições geomorfológicas conhecidas próximas ou por referências no continente, como cidades.

A Tabela 14 relaciona as áreas às atividades desenvolvidas (consolidadas ou potenciais) em cada uma delas.

Tabela 14 – Áreas potencialmente conflitantes na Bacia de Pelotas devido ao desenvolvimento de diferentes atividades de exploração.

Área	Identificação	Atividade desenvolvida ou potencial		
		Pesca comercial de Bonito Listrado	Mineração de recursos superficiais e subsuperficiais	Exploração de petróleo e gás
1	PC externa, talude e região oceânica entre Rio Grande –RS e Chuí	X	X	X
2	PC externa e talude no Cone do Rio Grande	X	X	X
3	PC externa e talude ao largo de Mostardas	X	X	
4	PC externa e talude no Terraço do Rio Grande	X	X	
5	PC externa e talude Terraço ao largo de Florianópolis	X	X	

A Figura 98 apresenta de forma mais precisa a sobreposição potencial das diferentes atividades de exploração realizadas da Bacia de Pelotas já considerando a subdivisão da mesma nos 116 quadrantes para avaliação do índice de conflito potencial. Os 9 quadrantes em vermelho (7,8%), representam as áreas com presença potencial das três atividades avaliadas (Petróleo e Gás, Mineração e Pesca), os 23 quadrantes em laranja (19,8%) representam as áreas com presença potencial de duas das três atividades avaliadas e os 58 quadrantes em amarelo (50,0%) representam as áreas com presença potencial de uma das três atividades avaliadas. Os 26 quadrantes sem cores (22,4%) não apresentaram nenhuma das atividades consideradas.

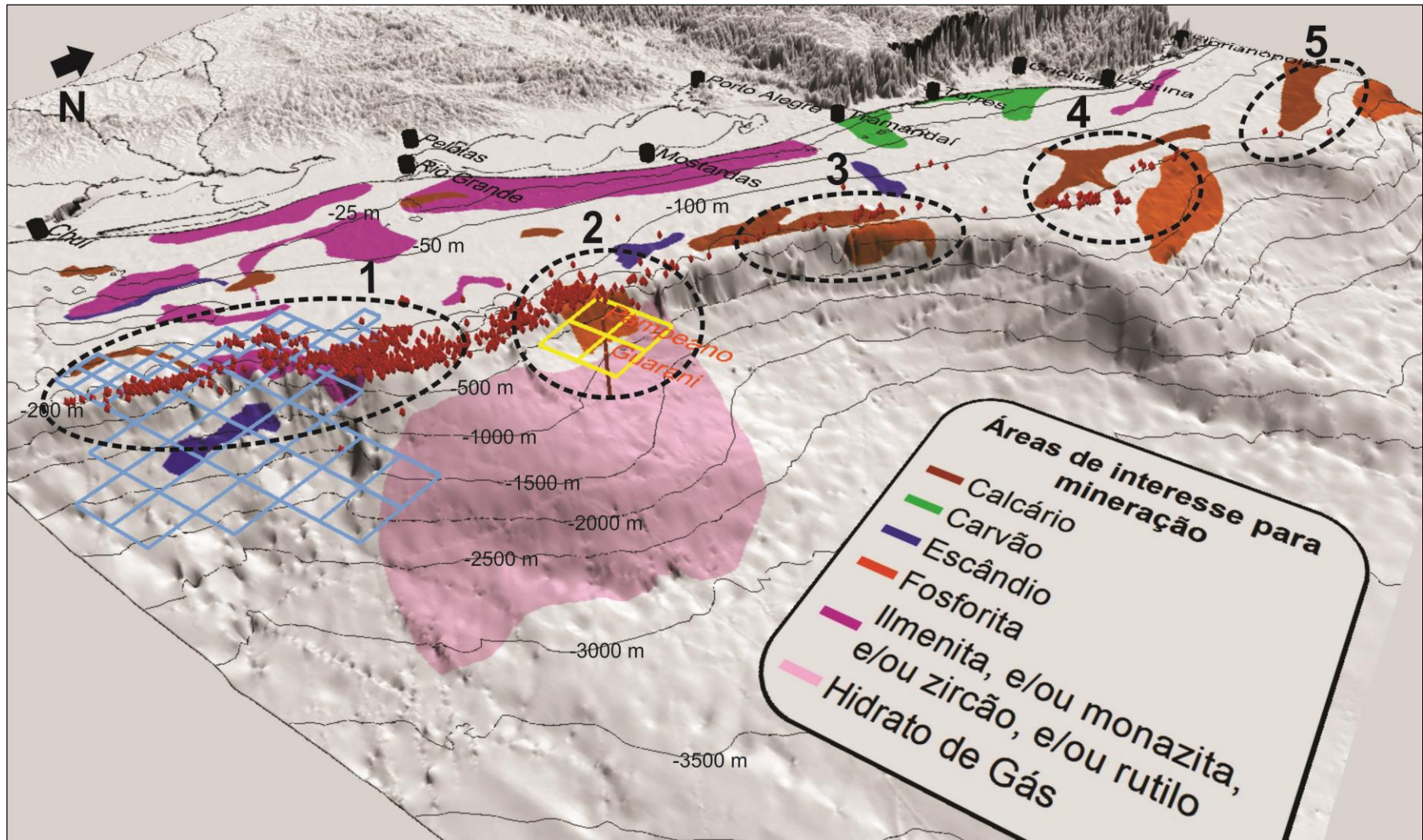


Figura 97 – Visão geral da Bacia de Pelotas com destaque para as cinco áreas com desenvolvimento de atividades (já consolidadas ou futuras) potencialmente conflitantes. Os diamantes vermelhos representam as posições de pesca de Bonito Listrado com Vara e Isca Viva, os polígonos representam os blocos de exploração de petróleo e gás em fase de prospecção (amarelos) e em vias de serem leiloados (azuis) e as diferentes cores sobre o fundo (legenda) representam diferentes recursos minerais de interesse.

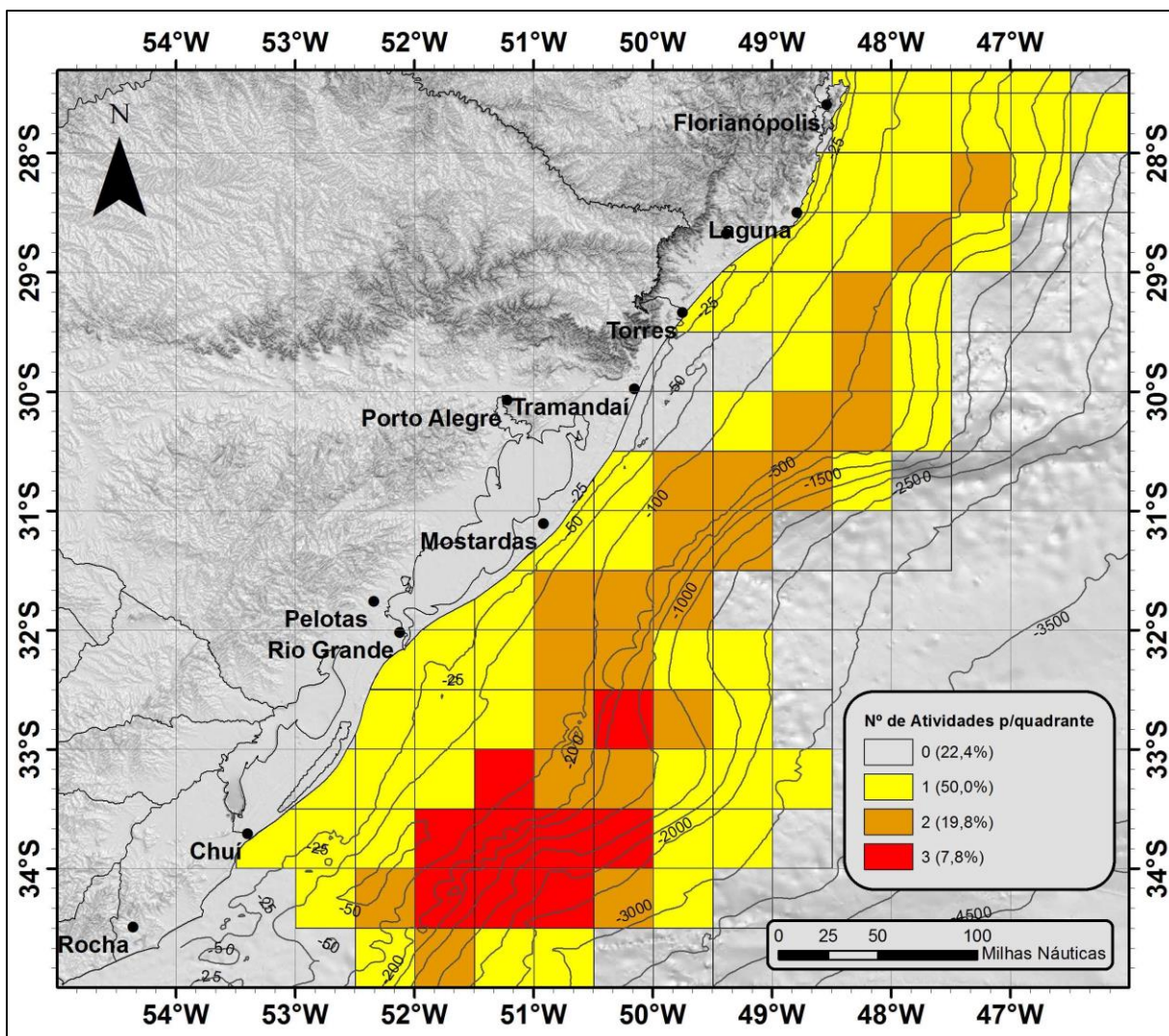


Figura 98 – Visão geral da Baía de Pelotas subdivida em 116 quadrantes para avaliação dos conflitos de atividades. Os quadrantes em vermelho representam as áreas com presença potencial das três atividades avaliadas. Os quadrantes em laranja representam as áreas com presença potencial de duas das atividades avaliadas. Os quadrantes em amarelo representam as áreas com presença potencial de uma das atividades avaliadas. Os quadrantes sem cores não apresentaram nenhuma das atividades avaliadas.

A Figura 99 apresenta o mapa de potencial conflito de atividades da Baía de Pelotas considerando o índice criado neste trabalho. Os 116 quadrantes analisados foram classificados de acordo com o índice gerado a partir do somatório dos pesos definidos para cada situação possível para cada atividade presente em cada quadrante, conforme detalhado no Capítulo Metodologia. Foram consideradas seis classes de potencial conflito, de acordo com a variação do índice, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Classes de potencial conflito de atividades definidas para a Bacia de Pelotas.

Potencial de Conflito	Índice
Nenhum	0
Muito Baixo	1-2
Baixo	3-4
Médio	5
Alto	6-7
Muito Alto	8-10

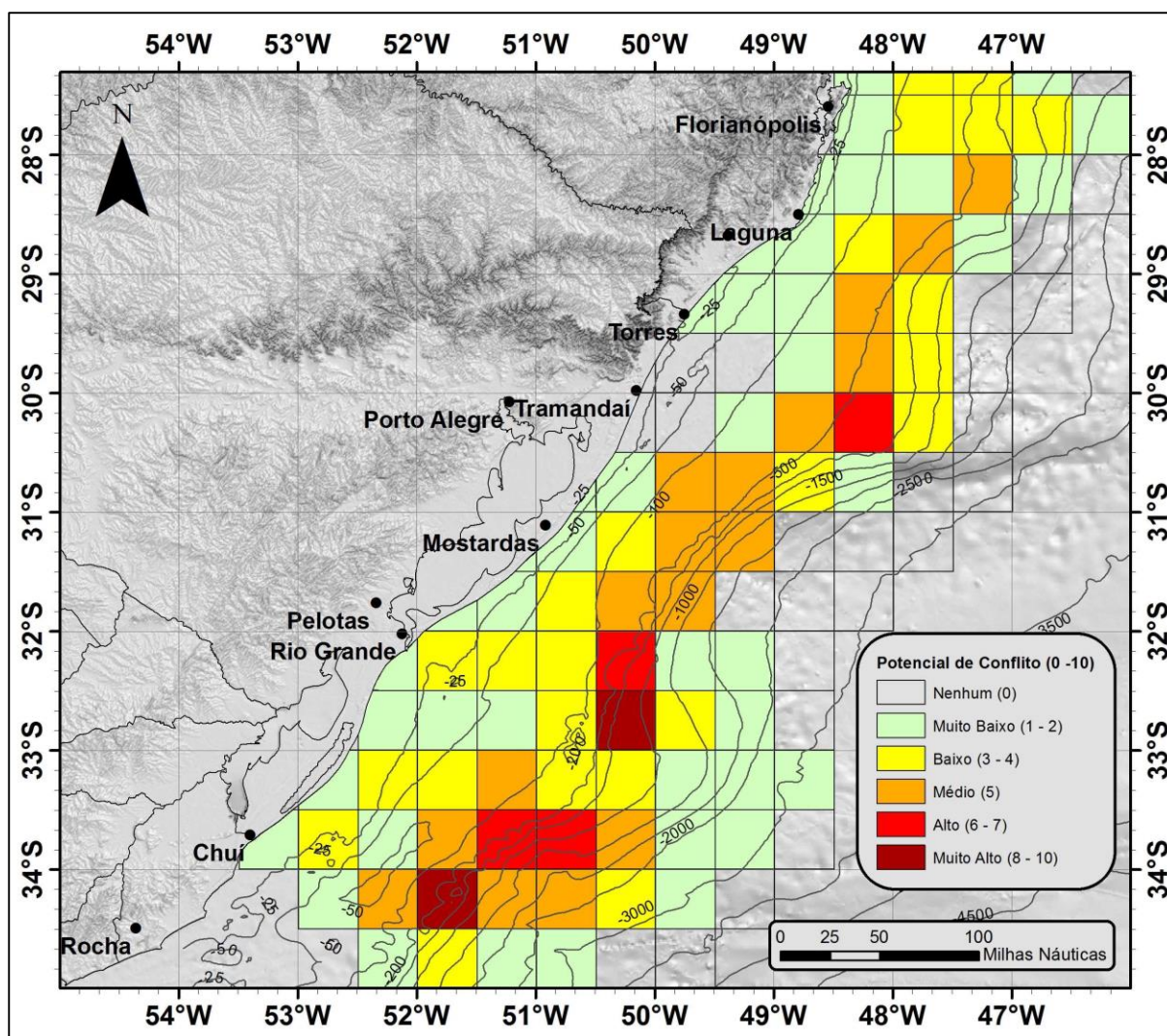


Figura 99 – Potencial de conflito de atividades na Bacia de Pelotas por quadrante de avaliação.

De acordo com o índice de potencial conflito, a maior parte da Bacia de Pelotas não apresenta potencial de conflitos de atividades ou apresenta potencial baixo ou muito baixo. Dos 116 quadrantes analisados, 93 enquadraram-se em uma destas classes, o que representa 80,2% do total. Os quadrantes classificados com potencial de conflito de atividades médio, alto e muito alto, concentraram-se, principalmente, na região da Plataforma

Continental Externa e Talude. Destes, 17 (14,7%) quadrantes foram classificados com potencial de conflito médio, 4 (3,4%) com potencial de conflito alto e 2 (1,7%) com potencial de conflito muito alto.

Os quadrantes classificados com potencial de conflito alto e muito alto estão localizados sobre as regiões da Plataforma Continental e Talude ao largo do Chuí, do Cone do Rio Grande e do Terraço do Rio Grande. Todos os quadrantes classificadas nesta categoria, localizados ao sul da latitude da cidade do Rio Grande apresentaram potencial sobreposição das três atividades analisadas, com exceção de um dos quadrantes localizados sobre o Cone do Rio Grande. O quadrante localizado sobre o Terraço do Rio Grande apresenta a sobreposição potencial de duas das três atividades, mineração e pesca.

Dentre todas as áreas identificadas com sobreposição de atividades concorrentes, os quadrantes ao largo do Chuí e sobre o flanco norte do Cone do Rio Grande, representam os maiores potenciais em termos de relação conflituosa, principalmente se considerada a relação entre a pesca e a indústria de Petróleo e Gás, a exemplo do que ocorre atualmente nas Bacias de Campos e Santos, onde a indústria de Petróleo e Gás está plenamente estabelecida, determinando uma série de limitações à pesca. Nestas regiões específicas da Bacia de Pelotas estas limitações seriam ainda maiores considerando-se a possível atividade futura de mineração

Na região ao largo do Chuí estão localizados os 51 blocos de exploração de Petróleo e Gás que foram a leilão recentemente na 13ª Rodada de Licitações da ANP, totalizando 18.685,19 km² de área ofertada na Bacia de Pelotas. Diferentemente do leilão realizado no ano de 2004, quando apenas os quatro blocos adquiridos pela Petrobras sobre o Cone do Rio Grande foram arrematados, havia a expectativa de que, nesta rodada, grande parte destes 51 blocos fossem adquiridos. Esta expectativa devia-se ao elevado interesse demonstrado por várias grandes empresas do setor, e que confirmaram participação neste leilão, e também devido à contiguidade espacial destes blocos à áreas leiloadas pela ANCAP (*Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland*) na porção Uruguia da Bacia de Pelotas e na contígua Bacia de Punta del Este, nos anos de 2009 e 2012. Na ocasião os blocos Uruguaios atraíram grandes empresas do setor, tendo sido arrematados, praticamente, em sua totalidade. Este blocos encontram-se, atualmente, em processo de exploração. No entanto, provavelmente devido as atuais situações econômicas brasileiras e mundiais, os blocos da Bacia de Pelotas acabaram não sendo arrematados, o que não os desqualifica para as próximas rodadas de licitações, uma vez que o potencial para presença de Petróleo e Gás nesta região é elevado segundo estudos da própria ANP.

A Figura 100 apresenta uma representação 3D da Bacia de Pelotas e parte da Bacia de Punta del Este, ilustrando a contiguidade dos blocos Brasileiros, recentemente leiloados, e os Uruguaios, em fase de exploração.

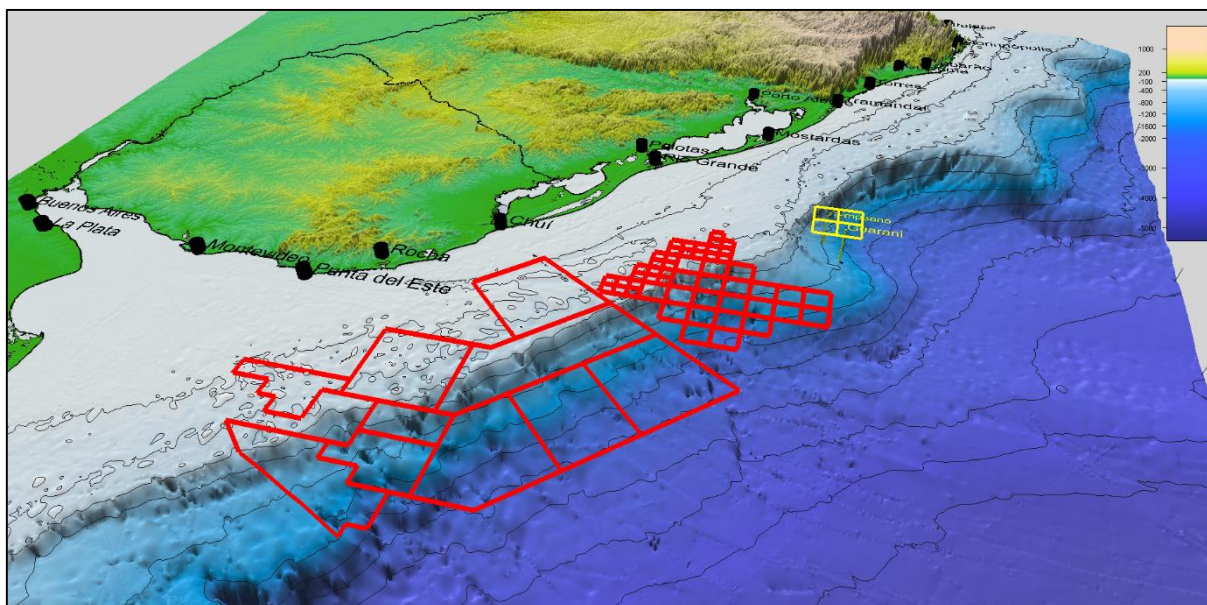


Figura 100 – Blocos de exploração de P&G, Brasileiros e Uruguaios

Uma vez instalada a atividade de exploração de Petróleo e Gás na Bacia de Pelotas, os conflitos usuário-usuário, destacados por Douvere (2008) e também por Maes (2008), deverão tornar-se realidade na região, assim como os conflitos usuário-ambiente, também destacados por estes autores. Neste sentido, os possíveis impactos ambientais da atividade de Petróleo e Gás nesta região, devem representar uma preocupação conjunta entre Brasil e Uruguai, haja visto a contiguidade espacial dos blocos de exploração de Petróleo e Gás brasileiros e uruguaios. De modo geral, a dinâmica sazonal das correntes e dos ventos atuantes na área, faz com que, no verão, águas quentes e salinas sejam transportadas para sul, pela Corrente do Brasil, sobre a Plataforma Continental e Talude do Uruguai e, no inverno, águas frias e menos salinas sejam trazidas da Plataforma Continental Uruguiaia para a Plataforma Continental Sul-Brasileira. Esta dinâmica, há muito conhecida, exerce forte influência sobre a disponibilidade dos estoques pesqueiros que deslocam-se com estas correntes (HAIMOVICI et al., 1989; CASTELLO et al., 1997), sendo, desta forma, compartilhados por estes países. É imperativa a necessidade de estudos conjuntos, considerando escalas amostrais espaciais e temporais adequadas, no sentido de compreender melhor a dinâmica ambiental desta região, visando identificar e quantificar os efeitos desta dinâmica no ecossistema. Somente desta forma será possível associar alterações ambientais à flutuações naturais, em diferentes escalas espaço-temporais. Assim como, identificar o efeito de ações antrópicas no ambiente, considerando que este é um meio em constante movimento. Neste caso o objetivo será de evitar ou diminuir os impactos

causados por alterações geradas por possíveis derrames ou, no pior dos casos, para a definição e dimensionamento das ações de gerenciamento e remediação sobre os impactos inevitáveis.

Na região sobre o Cone do Rio Grande estão os quatro blocos de exploração de petróleo e gás adquiridos pela Petrobras na 6ª Rodada de Licitações realizado pela ANP em 2004 e onde deverão ser perfurados os primeiros dois poços de exploração previstos para o ano de 2015. Assim como na área mais ao sul, a iminência do início de uma intensa atividade da indústria de Petróleo e Gás na região da Plataforma Externa e Talude superior do Cone do Rio Grande, gera uma série de preocupações à indústria pesqueira estabelecida na Bacia de Pelotas. Desde as fases de estudo de viabilidade até a exploração, a indústria de Petróleo e Gás traz consigo uma série de limitações à atividade pesqueira. Estas limitações vão desde os impactos das prospecções sísmicas sobre os estoques pesqueiros, até as restrições de navegação impostas às embarcações pesqueiras durante estas prospecções, e também próximo à plataformas, bóias e outros equipamentos. O efeito atrator exercido sobre os estoques pesqueiros que concentram-se sob as plataformas, bóias, embarcações de apoio e demais equipamentos também é importante, além do aumento do tráfego de embarcações, perda de apetrechos de pesca, além, é claro, dos danos ambientais causados pelos derrames, que são virtualmente inevitáveis, visto o grande número de ocorrências relatados à ANP a cada ano (ANP, 2014). Alguns trabalhos já citados nesta tese, como o de Grant (1978), Lahey & Leschine (1983), Cicin-Sain & Tiddens (1989), Hildreth (1989), Cicin-Sain & Knecht (1998), Mc Cauley et al. (2000) e Thomson, Lawson & Muecke (2000), Villardo (2007), Herculano (2012) e Shignorelli (2013) descrevem bem os conflitos entre a pesca comercial e artesanal e as atividades da indústria de Petróleo e Gás, em todas as suas fases.

Além disso, segundo a CPRM, a Plataforma Continental externa e Talude do Cone do Rio Grande, tem alto potencial para a presença de importantes recursos minerais superficiais e sub-superficiais, tais como a fosforita, que tem grande importância como insumo agrícola, e os hidratos de gás, que representam um importante recurso energético a ser explorado no futuro.

Nos quadrantes localizados sobre a Plataforma Continental externa e Talude ao largo de Mostardas, do Terraço do Rio Grande e do terraço ao largo de Florianópolis, foi identificada a potencial sobreposição das atividades da pesca comercial e a mineração de recursos não renováveis (Figuras 97 e 98). De acordo com o mapa de recursos minerais da CPRM, corroborado pelo mapa de BSBS apresentando neste trabalho, estas áreas apresentam potencial para a presença de importantes recursos minerais, como o calcário e, em especial, a fosforita. A região sobre o Terraço do Rio Grande, em particular, apresentou alto potencial de conflito, considerando o índice desenvolvido neste trabalho. As demais áreas apresentaram potencial de conflito médio (Figura 99).

Na área ao largo e ao norte do Cabo de Santa Marta foram registradas poucas operações de pesca nos dados que foram disponibilizados para este trabalho, no entanto esta região é conhecida pela ocorrência de eventos de ressurgência costeira (CASTRO et al., 2006; GANDINI & MADUREIRA, 2007), que aumentam a produtividade local e, conseqüentemente, a atividade pesqueira. Considerando os critérios estabelecidos para a definição do índice de potencial conflito desenvolvido neste trabalho, o incremento de informações de esforço de pesca desta região, aumentaria também, o potencial de conflito de atividades, devido ao incremento do peso referente a intensidade da pesca na região.

Embora não represente uma realidade a curto ou médio prazo, a atividade de mineração de recursos minerais marinhos superficiais e subsuperficiais tem potencialidade de ser implantada na Bacia de Pelotas, visto a demanda cada vez maior por recursos minerais como o fosfato. Demanda esta, que poderia ser substancialmente reduzida a partir da exploração de depósitos fosfáticos marinhos, a exemplo do que já se planeja realizar em países como a Namíbia, África do Sul e Nova Zelândia, onde a exploração está em fase de avaliação (WOR3, 2014).

A extração de recursos minerais marinhos não é uma atividade nova. Muitos países, como o Japão, Canadá, Estados Unidos, Holanda e Inglaterra, têm extraído areia e cascalho por décadas (KUNZENDORF, 1986) e os impactos desta extração sobre outras atividades, como a pesca, e também os efeitos ambientais sobre os habitats marinhos, tem gerado discussão (WOR3, 2014). No Japão, por exemplo, empresas de mineração de areia que operavam *onshore* tem migrado para áreas *offshore* devido, principalmente, à depleção dos depósitos, mas também devido à conflitos com pescadores e aquicultores (KUNZENDORF, 1986). No Mar do Norte, a extração em grande escala de areia e cascalho por dragas de sucção, preocupa a indústria da pesca, que afirma que os cardumes são afastados pelo ruído das dragas e que os sedimentos suspensos na coluna de água pelas operações de dragagem, destroem as áreas de alimentação e desova dos estoques pesqueiros. Além disso, relatam a perda de equipamentos de pesca, como os potes para captura de lagosta, que são arruinados pela sucção das dragas. Por outro lado, as empresas de mineração alegam que os impactos da mineração por sucção de fato existem, mas são limitados a pequenas áreas que tendem a se recuperar relativamente rápido, uma vez cessadas as operações de extração (WOR3, 2014).

Desde 1952 são estudados os depósitos de fosforita presentes na Elevação Chathan (KUNZENDORF, 1986), na costa oeste da Nova Zelândia. Atualmente há planos de exploração destes depósitos, em uma área de 820 km² e 400 m de profundidade (CHATHAN, 2015) e discute-se os prováveis impactos que a implantação desta atividade ocasionará nos importantes habitats de fundo da região. Em contrapartida, os proponentes desta atividade

argumentam que a área proposta para a mineração é extremamente pequena se comparada à área afetada pela atividade pesqueira com arrasto de fundo (WOR3, 2014).

Na Namíbia e na África do Sul o debate sobre a mineração de depósitos fosfáticos também é intenso. Na Namíbia pescadores estão preocupados com os efeitos da mineração sobre áreas de pesca. Na África do Sul, ambientalistas afirmam que as áreas de mineração propostas são próximas à ecossistemas marinhos vulneráveis que necessitam de proteção e que atividades de mineração não devem ser iniciadas sem os devidos estudos de impacto ambiental (WOR3, 2014).

De modo geral o debate entre os diferentes usuários do ambiente marinho é bastante arraigado e as cobranças e acusações de lado a lado são comuns. Acrescente-se a isso a participação de ambientalistas e a discussão torna-se ainda mais acalorada. Talvez não exista solução definitiva para os conflitos geradas pela sobreposição de diferentes atividades no espaço marinho, no entanto, estes conflitos podem ser minimizados através do zoneamento marinho, com delimitação de áreas específicas para usos bem definidos. Um exemplo da aplicação do zoneamento para solução de conflitos gerados pela concorrência de atividades no espaço marinho e costeiro é a Grã-Bretanha, onde os conflitos entre a indústria de mineração e pesca foram substancialmente diminuídos a partir da implantação do “*Marine and Coastal Access Act 2010*”, que regulou a concessão de licenças para áreas marinhas. Deste então, o ordenamento do espaço marinho da Grã-Bretanha e a sua utilização pelas frotas pesqueiras, operadores de turismo, empresas de energia eólica e da indústria de mineração de areia e cascalho é coordenada e regulada por lei, evitando, por exemplo, que atividades potencialmente prejudiciais ocorram perto demais das áreas de desova de peixes como Arenque e outros (WOR3, 2014).

No Brasil, os esforços neste sentido, resultaram na criação do Grupo de Trabalho Uso Compartilhado do Ambiente Marinho (GT-UCAM) no qual foram estabelecidos dois subgrupos sob a coordenação da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM). Um destes subgrupos, criado pela Portaria nº 19, de 22 de maio de 2014, é o de Legislação, que objetiva realizar levantamentos da legislação e do marco institucional, normativo e regulatório vigente, visando harmonização da legislação, atribuições institucionais, normas e definições relacionadas ao uso compartilhado do ambiente marinho e executar as demais tarefas que lhe forem atribuídas. O segundo grupo é o de Planejamento Espacial Marinho, criado pela Portaria nº 18, de 22 de maio de 2014, e objetiva levantar, analisar e propor diretrizes, ferramentas e metodologias de planejamento espacial marinho para implementação, em nível nacional, do uso compartilhado do ambiente marinho (SECIRM, 2015).

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o incremento significativo nas capacidades de processamento e armazenamento de dados dos computadores possibilitou o desenvolvimento e utilização de recursos como o geoprocessamento e a realidade virtual. Neste contexto, cada vez mais os sistemas do tipo SIG têm sido utilizados para integrar e gerenciar grandes quantidades de dados de diferentes naturezas. Estes sistemas facilitam a geração de informações de qualidade que auxiliam a tomada de decisões para o gerenciamento de recursos naturais renováveis e não renováveis. Os SIGs 3D, em particular, representam um avanço ainda maior na visualização de dados científicos, uma vez que aproximam a representação das informações a um ambiente mais familiar (tridimensional) ao usuário. Este tipo de sistema não representa somente uma forma mais atraente de visualização de dados, mas efetivamente facilita o raciocínio interativo de análise e a extração e geração de informações, já que não limita o observador a uma representação estática dos dados, mas dinâmica.

Neste contexto de visualização científica tridimensional integrada de dados oceanográficos, as representações 3D da Bacia de Pelotas geradas neste trabalho, permitiram identificar uma série de feições geomorfológicas e ambientais presentes na região.

O mapa batimétrico da Bacia de Pelotas possibilitou a identificação das principais feições de fundo presentes na mesma, tais como os Vales do Rio Grande e o Cone do Rio Grande no extremo sul, o Terraço do Rio Grande ao largo de Tramandaí e o terraço ao largo de Florianópolis.

No que se refere a hidrodinâmica, a caracterização do fundo oceânico é de suma importância para a interpretação e modelagem do ambiente, uma vez que a batimetria tem forte influência no deslocamento de massas d'água. Neste sentido, a integração dos dados topográficos e morfológicos do fundo com dados ambientais (temperatura e salinidade) de toda a coluna d'água, provenientes de diferentes cruzeiros, permitiu a identificação de padrões oceanográficos associados à Plataforma Continental externa e Talude da região de estudo, em diferentes períodos. Foram observados recorrentemente nos dados dos cruzeiros REVIZEE e Talude, ocorrências de ascensão de ACAS sobre a Plataforma Continental externa e Talude superior, principalmente na região do Terraço do Rio Grande e ao sul do Cone do Rio Grande. Esta ascensão foi, aparentemente, influenciada pela presença destas feições oceanográficas.

Além disso, o mapa de retroespalhamento acústico de fundo gerado permitiu a identificação de áreas com altos valores de BSBS que corroboraram trabalhos anteriores realizados nas mesmas áreas. Embora fundos com alto retroespalhamento acústico (BSBS > -10 dB) não tenham ocupado amplos setores, a comparação do mapa de BSBS com cartas faciológicas da região permitiu identificar áreas com considerável relação entre os sinais

acústicos e o tipo de fundo. Foram identificadas áreas com altos valores de BSBS sobre fundos considerados duros, como cascalho, cascalho arenoso, cascalho lamoso e conchas e ainda, baixos valores de BSBS em fundos de lama e lama arenosa. Além disso, os mapas de BSBS foram comparados a mapas de presença de recursos minerais de alta importância econômica e estratégica, como o calcário e a fosforita sendo identificadas áreas coincidentes, com as áreas de alto retroespalhamento acústico identificadas, principalmente sobre a Plataforma Continental externa e Talude superior ao largo de Tramandaí, do Terraço do Rio Grande e também do terraço ao largo de Florianópolis.

Neste trabalho buscou-se, dentre outros objetivos, a identificação de áreas que, por suas características, pudessem indicar a presença de recursos minerais, como depósitos fosfáticos. A disponibilização integrada das informações batimétricas, de BSBS e ambientais, confrontado com as informações faciológicas e de presença de recursos não renováveis da Bacia de Pelotas, permitiu a identificação de áreas prioritárias que, a partir de estudos mais detalhados, podem tornar-se áreas potenciais para a exploração de recursos não renováveis na região. Algumas destas áreas, próximas à Plataforma Continental externa e Talude superior, foram identificadas em regiões com ocorrência de eventos de ascensão de águas mais frias e ricas em nutrientes, que possibilitam o aporte de grande quantidade de matéria orgânica localmente nestas áreas. A identificação de ressurgências associadas à feições de fundo e alto BSBS, pode indicar áreas propícias a formação de depósitos fosfáticos. No entanto, embora os indícios sejam sugestivos, a presença de depósitos fosfáticos nessas áreas só pode ser confirmada a partir de amostragens de fundo específicas, que podem ser direcionadas e determinadas, tanto em termos de localização quanto em tipo de amostradores necessários, baseado nas informações geradas neste trabalho.

O cruzamento dos dados de densidade acústica biológica (NASC) com os dados ambientais dos diversos cruzeiros analisados, possibilitou a identificação de possíveis relações entre estas informações. Nos cruzeiros REVIZEE e Talude ficou evidenciado a relação entre as altas densidades acústicas e a presença de águas de origem costeira, e também com águas mais frias, provenientes da ascensão de estratos mais profundos sobre o talude e Plataforma Continental externa em determinadas regiões, particularmente ao sul do Cone do Rio Grande e sobre o Terraço do Rio Grande.

Da mesma forma, nos cruzeiros da série Anchoita, ficou clara a relação entre a presença de águas mais frias e menos salinas, provenientes da Plataforma Continental Argentina e Uruguia e a distribuição da densidade acústica biológica. Esta alta densidade acústica que, nestes cruzeiros, está quase que completamente relacionada à presença do pequeno pelágico *Engraulis anchoita*, limitou-se a estas águas mais frias e ricas, estando ausente nas águas mais quentes e menos ricas, trazidas pela Corrente do Brasil,

caracterizando assim, a FSTP como um limite oceanográfico às altas densidades acústicas, e assim, à presença da Anchoita.

Quanto ao principal objetivo deste trabalho, que foi a identificação de áreas de sobreposição espacial e temporal de atividades de exploração concorrentes na Bacia de Pelotas, as principais áreas de conflito identificadas distribuem-se sobre a região da Plataforma Continental externa e talude de toda a Bacia de Pelotas, confirmando assim, a hipótese científica desta tese. Alguns setores específicos se destacam, como na região ao largo do Chuí onde foram identificados quadrantes com índice potencial de conflito de atividades alto e muito alto, conforme definido neste trabalho. Nestas áreas, além da tradicional atividade pesqueira comercial, representada por diversas modalidades de pesca, e da potencial presença da atividade de mineração em função da existência de recursos de interesse, haverá ainda a potencial presença da indústria de Petróleo e Gás, visto a disponibilização de 51 novos blocos de exploração nesta área, na 13ª Rodada de licitações da ANP. Esta nova área leiloadada pela ANP é espacialmente contígua aos blocos de exploração de Petróleo e Gás do Uruguai, que já se encontram em exploração. Esta região apresenta intensa dinâmica ambiental e biológica, com variações sazonais marcantes no regime de ventos e correntes, que influenciam na distribuição dos estoques pesqueiros compartilhados pelos dois países. Assim, é fundamental que estes dois países realizem estudos conjuntos para um melhor entendimento dessa dinâmica ambiental e biológica da região, visando a implementação de planos de monitoramento e de manejo adequados.

Na área sobre o Cone do Rio Grande, além da atividade pesqueira, há a presença da indústria de Petróleo e Gás em vias de ser estabelecida na região a partir da perfuração, em breve, dos primeiros poços exploratórios. Nesta área há ainda, a possibilidade da atividade de exploração de recursos minerais marinhos superficiais que, embora não represente uma realidade à curto ou médio prazo, tem potencialidade, visto a demanda cada vez maior por recursos minerais como o fosfato. Neste sentido as áreas localizadas, respectivamente, sobre a Plataforma Continental externa e talude ao largo de Mostardas, sobre o Terraço do Rio Grande e no terraço ao largo de Florianópolis, também apresentaram possível sobreposição desta atividade e da pesca comercial. Os efeitos da mineração sobre a atividade pesqueira são foco de discussão em vários locais do mundo, como no Reino Unido, Holanda, Japão, Canadá, Namíbia, África do Sul e Nova Zelândia, onde estuda-se os efeitos desta atividade sobre os locais de pesca e de desova dos recursos pesqueiros.

Considerando as atividades inerentes a cada um destes usuários do ambiente marinho, a pesca comercial será, potencialmente, a atividade mais prejudicada nesta região, principalmente se analisada a sua co-ocorrência com a indústria de Petróleo e Gás, visto o que já ocorre nas Bacias de Santos e Campos. As interações entre estas duas atividades vêm sendo estudadas nestas regiões, tendo sido observada a existência de uma série de

limitações e impactos sobre a atividade pesqueira, no entanto a quantificação destes impactos é complexa, o que dificulta a definição das compensações que deveriam ser impostas às empresas de Petróleo e Gás.

O zoneamento marinho talvez represente, não a solução definitiva, mas uma boa forma de minimização dos conflitos gerados pela sobreposição de atividades de diferentes usuários em uma mesma região, principalmente se associado a outras ações como a programação de atividades. No entanto, a definição de áreas específicas para usos bem definidos na Bacia de Pelotas somente poderá ser realizada a partir de estudos detalhados, com escalas espaciais e temporais adequadas, que permitam o entendimento da dinâmica ambiental e biológica desta região. Neste contexto, a caracterização morfológica do fundo e ambiental da coluna de água, realizada neste trabalho, associada a outros estudos que visem à caracterização ambiental e biológica da Bacia de Pelotas, poderão subsidiar futuras políticas relacionadas ao planejamento espacial marinho e o consequente zoneamento ecológico e econômico da região.

Como sugestões para a melhoria dos resultados apresentados, inclui-se a integração de novos dados batimétricos provenientes de cruzeiros de pesquisa mais recentes, o que poderia enriquecer ainda mais a qualidade do mapa batimétrico gerado. Outra sugestão relacionada ao mapa batimétrico, é a melhoria nos dados provenientes da altimetria por satélite. Estes dados, embora de excelente qualidade, ainda necessitam de um maior refinamento para a região da Bacia de Pelotas, pois ainda é comum a presença de “artefatos”, que aparecem na malha batimétrica devido a pequenas diferenças nas leituras batimétricas provenientes de navios de ocasião que são utilizados para incrementar e corrigir as leituras altimétricas, principalmente sobre a Plataforma Continental. Estes artefatos apresentam-se na forma de marcas ou linhas que surgem na malha batimétrica sobre as trajetórias das embarcações e ficam evidentes na superfície 3D gerada. Sugere-se a eliminação dos dados destes navios de ocasião.

Quanto aos dados de BSBS, embora a metodologia proposta neste trabalho tenha apresentado bons resultados, é necessário um maior refinamento dos mesmos, uma vez que existe uma sobreposição de valores muito distintos de BSBS, causada pelos movimentos da embarcação (*pitch e roll*). Futuras aquisições de dados de BSBS no N. Pq. Atlântico Sul da FURG, já incluirão correções referentes a estes movimentos, já que um sensor de movimentos foi instalado recentemente nesta embarcação. Além disso, sugere-se que os dados sejam calibrados, com a aquisição de novas informações sobre fundos de características sedimentológicas devidamente estudadas e conhecidas.

Além dos dados referentes ao fundo, como batimetria e BSBS, sugere-se também, a integração de novos dados ambientais e de densidade acústica biológica, provenientes de cruzeiros mais recentes, além da inserção de imagens de TSM dos períodos de realização

dos cruzeiros analisados. Isto enriqueceria ainda mais a análise ambiental e as suas relações com as variáveis biológicas. Ainda neste sentido, sugere-se que os dados de NASC também sejam avaliados por camadas de integração e não somente considerando o NASC total. Esta análise por estratos de integração que sejam próximos aos estratos de temperatura e salinidade poderá refinar a observação das relações entre as altas densidades acústicas, que indicam as maiores concentrações de organismos, e a presença de estruturas ambientais que podem alterar-se em variações verticais de poucos metros.

Há ainda a necessidade de mais dados de esforço de pesca. Os dados fornecidos pela empresa Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. são de excelente qualidade, porém representam apenas duas safras de apenas uma modalidade de pesca dentre as muitas realizadas na Bacia de Pelotas. Assim, o incremento de dados de esforço de pesca de outras modalidades, tanto em quantidade (várias safras), quanto em qualidade (fontes confiáveis), seria fundamental para o aumento das informações gerado neste trabalho. Uma excelente fonte de dados que cobriria estas necessidades seria o PREPS (Programa de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite), que possui informações detalhadas da ação de grande parte da frota pesqueira marítima nacional, ao longo dos últimos anos.

Do ponto de vista das indústrias de P&G e de mineração que venham a se instalar na Bacia de Pelotas, este trabalho representa um importante instrumento para a geração de informações, tanto para Diagnóstico Ambiental, visando o licenciamento de atividades exigido pela legislação brasileira, quanto para a avaliação de recursos. Este trabalho também pode fornecer informações importantes à programas como o REMPLAC, que visa o conhecimento geológico do fundo marinho da Plataforma Continental, seus recursos minerais e as suas relações com as questões ambientais. Neste sentido, as representações 3D geradas podem ser utilizadas para a visualização primária de regiões de fundo que sejam de interesse sedimentológico e geomorfológico. O mesmo vale para as informações ambientais e biológicas da coluna d'água, possibilitando, por exemplo, a identificação de processos oceanográficos característicos e as suas relações com as concentrações de organismos.

Do ponto de vista ambiental, em observância ao acordo da Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável e do Plano Estratégico da Convenção sobre Diversidade Biológica, o Brasil tem direcionado esforços à seleção de áreas prioritárias a serem preservadas através de suas delimitações e controle de exploração dos recursos. Tais esforços incluem a instituição, por decreto, (DECRETO N°- 5.758, de 13 de Abril de 2006) do Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP) com princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, que visam orientar as ações para estabelecimento e manejo de áreas terrestres e marinhas protegidas. Neste sentido este trabalho, novamente, poderá ser utilizado como fonte de informações que possibilitem a identificação de áreas que, por suas características, devam ser preservadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.G.N.; CORRÊA, I.C.S.; FILHO, N.O.H. & CALLIARI, L.J. Phosphorites of the Brazilian Continental Margin, Southwestern Atlantic Ocean. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 32, n. 3, p. 539–548, . 2014.

ALEXANDER, K. A.; POTTS, T. & WILDING, T. A. Marine renewable energy and Scottish west coast fishers: Exploring impacts, Opportunities and potential mitigation. **Ocean and Coastal Management**, v. 75, p. 1–10, 2013.

ANDRADE, H. A. **Distribuição, abundância relativa e migração do *Katsuwonus pelamis* (Scombridae) em relação à temperatura da superfície do mar e à dinâmica oceanográfica na costa sudeste-sul do Brasil**. Rio Grande, FURG, 148p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Fundação Universidade do Rio Grande, 1996.

ANDRADE, H. A. & GARCIA, C. A. E. Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the southern Brazilian coast. **Fisheries Oceanography**, v. 8, n. 4, p. 245-254, 1999.

ANDRADE, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. **Fisheries Oceanography**. v. 12, n.1, p. 10-18, 2003.

ANP. Brasil-Rounds: Licitação de Petróleo e Gás. 13ª Rodada. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/>. Acesso: Junho de 2015.

ANP. Relatório de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural – Ano de 2013. 51p. 2014.

ASEFF, C. R. C., **Estudo da variação sazonal na composição físico-química das massas de água da Plataforma Continental do Atlântico Sudoeste (PCASO) ente Mar del Plata (Argentina, 38° S) e Itajaí (SC, 26°S)**. Rio Grande, FURG, 114 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) Universidade Federal do Rio Grande, 2009.

BATURIN, G. N. Stages of phosphorite formation on the ocean floor. **Nature Physical Science**, v. 232, n. 29, p. 61-62, 1971.

BOYD, I.L.; FRISK, G.; URBAN, E.; TYACK, P.; AUSUBEL, J.; SEEYAVE, S.; CATO, D.; SOUTHALL, B.; WEISE, M.; ANDREW, R.; AKAMATSU, T.; DEKELING, R.; ERBE, C.; FARMER, D.; GENTRY, R.; GROSS, T.; HAWKINS, A.; Li, F.; METCALF, K.; MILLER, J.H.; MORETTI, D.; RODRIGO, C. & SHINKE, T. An International Quiet Ocean Experiment. **Oceanography**, v. 24, n. 2, p. 174–181, 2011.

- BUCHMANN, F. S. C. **Bioclastos de organismos terrestres e marinhos na praia e plataforma interna do Rio Grande do Sul: natureza, distribuição, origem e significado geológico.** Porto Alegre, UFRGS, 108 p. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- CAMPOS, E. J. D.; GONÇALVES, J. E. & IKEDA, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: Summer of 1991. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C9, p. 18.537-18.550, 1995.
- CASTELLO, J. P.; HABIAGA, R. P. The Skipjack Tuna Fishery In The Southern Brazil.. Iccat Coll Vol Sc Pap, Madrid, v. 30, n.1, p. 6-19, 1988.
- CASTELLO, J. P.; HAIMOVICI, M.; ODEBRECHT, C. & VOOREN, C.M. Relationships and Function of Coastal and Marine environments: the continental shelf and slope. In: Subtropical Convergence Environments: the Coastal and Sea in the Southwestern Atlantic, (171-178). Seeliger, U.; Oderbrecht, C. & Castello, J.P. (eds) Springer, 1997.
- CASTRO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A. & MIRANDA, L. B. Estrutura Termo-halina e Circulação na Região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In ROSSI – WONGTSCHOWSKI, C. L.; MADUREIRA, S. P. L. **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil.** São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, v. único, p. 11-120, 2006.
- CEMBRA. **O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País. Centro de Excelência para o Mar Brasileiro**, coord. FERNANDES, L.P.C; prep. OLIVEIRA, L.L. 2ª Ed, Niterói, RJ: BHMN, 540 p. 2012.
- CGEE. **Mar e ambiente costeiros.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE, Brasília, DF, 323 p, 2008.
- CHATHAN. Rock Phosphate. <http://www.rockphosphate.co.nz/>. Acesso: Setembro de 2015.
- CHAVES, H. A. F. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final – Projeto REMAC, Ed. Rio de Janeiro, PETROBRAS< CENPESM DINTEP, 177p, 1979.
- CHENEY, R.E.; MARSH J.G. & BECKLEY B.D. Global Mesooscale Variability from Collinear Tracks of Seasat Altimetry Data. **Journal of Geophysical Research** v. 88, p. 4343-4351, 1983.
- CICIN-SAIN, B. & KNECHT, R. W. **Integrated coastal and ocean management: concepts and practices.** Washington, EUA: Island Press, 518p., 1998.
- CICIN-SAIN, B. & TIDDENS, A. Private and public approaches to solving oil/fishing conflicts offshore California. **Ocean and Shoreline Management**, v. 12, p. 233–251, 1989.

- CIRANO, M.; MATA, M. M.; CAMPOS, E. J. D. & DEIRÓ, N. F. R. A circulação oceânica de larga-escala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação Global OCCAM. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n. 2, 2006.
- COFFEN-SMOUT, S. & HERBERT, G. J. Submarine cables: A challenge for ocean management. **Marine Policy**, v. 24, p. 441–448, 2000.
- COOKE, C. V.; MADUREIRA, L. S. P.; GRIEP, G. H. & PINHO, M. P. Análise de dados de ecossondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 4, p. 443-457, 2007.
- CORRÊA, I. C. S. Sedimentos Superficiais da Plataforma e Talude Continental do Rio Grande do Sul. Pesquisas, Instituto de Geociências – UFRGS. Porto Alegre, n. 19, p. 95-104, 1987.
- COSTA, P. L.; MADUREIRA, L. A S. P. & PINHO, M. P. Seabed acoustic classification in the Pelotas basin, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n. 1, p. 13–22, 2013.
- COULL, K.A.; JOHNSTONE, R.; & ROGERS, S.I. Fisheries Sensitivity Maps in British Waters. Published and distributed by UKOOA Ltd, 1998.
- CPRM - Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Programa Geologia do Brasil: Integração, atualização e difusão de dados da Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais escala 1:750000. Brasília, DF: MME, 2008. (CD-ROM).
- DE GROOT, J.; CAMPBELL, M.; ASHLEY, M. & RODWELL, L. Investigating the co-existence of fisheries and offshore renewable energy in the UK: Identification of a mitigation agenda for fishing effort displacement. **Ocean & Coastal Management**, v. 102, p. 7–18, 2014.
- DIAS, J. M. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos: Uma Introdução à Oceanografia Geológica**. e-book Disponível em: < <http://www.academia.edu/> > 84 p. 2004.
- DIAS, G. T. M; EL ROBRINI, M.; FREIRE, G. S. F. & FIGUEIREDO, A. G. Cartas de Sedimento de Fundo. Áreas da Oceanografia Geológica (Sul, Central, Nordeste e Norte) - Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score- Sul**. São Paulo, Instituto Oceanográfico – USP, 2004.

- DOUVERE, F.; MAES, F.; VANHULLE, A. & SCHRIJVERS, J. The role of marine spatial planning in sea use management: The Belgian case. **Marine Policy**, v. 31, , p. 182–191, 2007.
- DOUVERE, F. The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. **Marine Policy**, v. 32, p. 762–771, 2008.
- DOUVERE, F. & EHLER, C. N. New perspectives on sea use management: Initial findings from European experience with marine spatial planning. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 77–88, 2009.
- EARNEY, C.F.F. **Marine Mineral Resources. Ocean Management and Policy Series.** Routledge, London and New York, 387p.,1990.
- FAYRAM, A. H. & DE RISI, A. The potential compatibility of offshore wind power and fisheries: An example using bluefin tuna in the Adriatic Sea. **Ocean and Coastal Management**, v. 50, p. 597–605, 2007.
- GORDON, A., South Atlantic thermohaline ventilation. **Deep Sea Research**, v. 28A, n. 11, p. 1238-1264, 1981.
- FIGUEIREDO, J. R. A.G. & TESSLER, M.G. Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul**, São Paulo: Instituto Oceanográfico-USP. 64p, 2004.
- FIGUEIREDO, A. G. & MADUREIRA S. P. L. Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação de províncias sedimentares na Região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul**. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP 64p, 2004.
- FLEDERMAUS. Reference Manual. Version 7.2. Fredericton, Canada, 359 p., 2010.
- FOOTE, K. G. Optimizing copper spheres for precision callibration of hydroacoustic equipment. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 22, n. 44, p. 151-156, 1982.
- FRANCO, B. C.; MUELBERT, J. H. & MATA, M.M. Mesoscale physical processes and the distribution and composition of ichthyoplankton on the southern Brazilian shelf break. **Fisheries Oceanography**, v. 15, n. 1, p. 37–43, 2006.
- GANDINI, F. C.& MADUREIRA, L. S. P. Prospecção acústica de Organismos Pelágicos e sua Integração com os Processos Físicos de Enriquecimento no Atlântico Sudoeste Brasileiro. In Bernardes, R. A.; ROSSI – WONGTSCHOWSKI, C. L.; MADUREIRA, S. P. L. Prospecção pesqueira de espécies pelágicas de pequeno porte na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE – Score Sul**. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, p. 9-25, 2007.

GMT. Online Documentation. <http://gmt.soest.hawaii.edu/projects/gmt/wiki/Documentation>. Acesso: vários em 2013

GOMES, M. P.; VITAL, H.; MACEDO, J. W. P. Aplicação da geoestatística na filtragem de dados batimétricos e altimétricos na Bacia Potiguar. **Revista de Geologia**, v. 20, n. 2, p. 243-247, 2007.

GOULART E. S. **Morfodinâmica da antepraia adjacente ao Farol da Conceição: litoral médio do RS**. Rio Grande, FURG, 89p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica). Universidade Federal do Rio Grande. 2010.

GRANT, J. P. The conflict between the fishing and the oil industries in the North Sea A case study. **Ocean Management**, v. 4, p. 137–149, 1978.

HAIMOVICI, M.; VASCONCELLOS, M.; KALIKOSKI, D. C.; ABDALAH, P.; CASTELLO, J. P. & HELLEBRANDT. Diagnóstico da pesca no litoral sul do Rio Grande do Sul. In: Isaac, V. J.; Martins, A. S.; Haimovici, M.; Andriguetto, J. M. **A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Projeto RECOS: Uso e apropriação dos recursos costeiros**. Grupo Temático: Modelo Gerencial da pesca. Belém: UFPA, p. 157-180, 2006.

HAIMOVICI, M.; CASTELLO, J.P. & VOOREN, C.M. Pescarias. In: Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Seeliger, U.; Oderbretch, C. & Castello, J.P. (ed.) tradução Editora Ecocientia, p. 205-219. 1998.

HAIMOVICI, M, PEREIRA, S. D. & VIEIRA, P. C. La pesca demersal en el sur do Brasil en el periodo 1975-1985. **Frente Marítimo**, v. 5(A), p. 151-163, 1989.

HERCULANO, S. Pesca e petróleo no litoral fluminense. **Revista Nordestina de Ecoturismo**. v. 4, p. 1–15, 2012.

HILDRETH, R. G. Marine use conflicts arising from development of seabed hydrocarbons and minerals: Some approaches from the United States West Coast. **Ocean and Shoreline Management**, v. 12, p. 271–284, 1989.

IBAMA. Informação ELPN/IBAMA Nº 012/03. Impactos Ambientais de Prospecção Sísmica Marítima, 2003.

IBAMA/CEPERG. Desembarque de pescado no Rio Grande do Sul: 2009. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos; Projeto Estatística Pesqueira. – Rio Grande: IBAMA/CEPERG, 45 p. 2011.

IFREMER. Movies+ User Manual – Version 3.4b. 73 p., 2002.

- KLEIN A. H. F.; GRIEP G. H.; CALLIARI J. L. & VILLWOCK J.A. Ocorrências de Concreções Fosfáticas no Terraço de Rio Grande. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 37, 1992, Camboriú/SC, Resumos Expandidos: p. 202-203, 1992.
- KUNZENDORF, H. (ed). **Marine Mineral Exploration**. Elsevier Oceanography Series. Elsevier. p 300, 1986.
- LAHEY, W. L. & LESCHINE, T. M. Evaluating the risks of offshore oil development. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 4, p. 271–286, 1983.
- LI, J. & HEAP, A. D. A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. *Geoscience Australia, Record 2008/23*, 137 pp., 2008.
- MACLENNAN, D. N. & SIMMNODS, E. J. **Fisheries Acoustics**. Chapman & Hall. Fish and Fisheries. London, Series 5, 1992.
- MADUREIRA, L. S. P.; VASCONCELLOS, M. C.; WEIGERT, S. C.; HABIAGA, R. P.; PINHO, M. P.; FERREIRA, C. S.; DUVOISIN, A. C.; SOARES, C. F.; BRUNO, M. A. In: MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. In: MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. **Série Documentos Técnicos do Programa REVIZEE Score-Sul**, São Paulo, Instituto Oceanográfico – USP, p. 63-141, 2005.
- MAES, F. The international legal framework for marine spatial planning. **Marine Policy**, v. 32, p. 797–810, 2008.
- MARKS, K. M.; SMITH, W. H. F. & SANDWELL, D. T. Evolution of errors in the altimetric bathymetry model used by Google Earth and GEBCO. **Marine Geophysics Research**, n. 31, p. 223-238, 2010.
- MANN K.H. & LAZIER R.N. **Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans**. Blackwell Publishing, Oxford, ed 3, 503 p., 2006.
- MARTINS L. R. & MARTINS, I. R.; A. Presença de Turfa na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. **Gravel**, v.1, n. 2, p.77-85, 2004.
- MARTINS, L. R.; BARBOZA, E. G. & CARUSO JR, F. C. Southern Brazilian Marine Mineral Occurrences and Deposits. **Gravel**, v. 1, n. 1, p. 25–39, 2003.
- MATLAB R2014a. Online Documentation for MathWorks Products, MatLab. Disponível em: < <http://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> >. Acessos: vários em 2013.
- MATSUURA, Y. Exploração pesqueira: ambiente marinho no litoral brasileiro. In: *Eossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento: Subsídios ao*

- Planejamento da Gestão Ambiental: Min. Meio Amb Rec Hidr Amaz Legal/Scama/Pnma. v. 4, p.42-48. 1995.
- MC CAULEY, R. D.; FEWTRELL, J.; DUNCAN, A. J.; JENNER, C.; JENNER, M-N.; PENROSE, J .D.; PRINCE, R. I. T.; ADHITYA, A.; MURDOCH, J. & MC CABE, K. Marine seismic surveys – a study of environmental implications. **APPEA Journal**, p. 692-706. 2000.
- MERO, J. L. **The mineral resources of the sea. Oceanography Series**. Editora Elsevier, v. 1, 312p, 1965.
- MITSON, R. B. **Fisheries Sonar**. Fishing News Books Ltd, Farnham, England: 287p. 1983.
- MOHRIAK, W. U., Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M. & GONÇALVES, J. H., *Geologia Tectônica e Recursos Minerais do Brasil- Texto, Mapas e SIG*. (eds). CPRM, Brasília, p. 87-157, 2003.
- MÖLLER, O.; PIOLA, A. R.; FREITAS, A. C. & CAMPOS, E. J. D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, n. 28, p. 1607–1624, 2008.
- MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, Brasil 2008-2009. 99 p., 2011.
- MÜLLER, T. J.; IKEDA, Y.; ZANGENBERG, N. & NONATO, L. V. Direct measurements of the western boundary currents between 20°S and 28°S. **Journal of Geophysical Research**, v.103, p. 5429-5437, 1998.
- OLSON, D.B. & BACKUS R. H. The concentrating of organisms at fronts: A cold-water fish and a warm-core Gulf Stream ring. **Journal of Marine Research**, n. 43, p. 113-137, 1985.
- PETROBRAS. RIAP – Relatório de Impacto Ambiental de Perfuração. Atividade de perfuração marítima Bloco BM-P-02, Bacia de Pelotas. Rev. 04, 64 p. 2013.
- PINET, P. **Invitation to oceanography**. Jones & Bartlett Pub. 508p,1998.
- PINHO, M. P.; MADUREIRA L. A. S. P.; CALLIARI L. J.; GRIEP G.H. & COOKE C. V. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrência identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 113–126, 2011.
- PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER JR, O. O.; CHARO, M. & MARTINEZ, C. Subtropical Shelf Front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. c3, p. 6565-6578, 2000.

PIOLA, A. R.; MÖLLER JR., O. O.; GUERRERO, R. A. & CAMPOS, E. J. D.. Variability of the subtropical shelf front of eastern South America: Winter 2003 and summer 2004.

Continental Shelf Research, n. 28, p. 1639-1648, 2008.

RIGGS, S. R. & SHELDON, R. P. Paleooceanographic and paleoclimatic controls of the temporal and geographic distribution of upper Cenozoic continental margin phosphorites. In: BURNETT, W.C. & RIGGS, S.R. **Phosphate deposits of the world**. Cambridge University Press, v. 3, 1990.

RIGGS, S.R. & W. C. BURNETT, W. C. Continental margin environments and mineral resources (COMEMIR). Plain of action. A research project of the Intergovernmental Oceanographic Commission - United Nations Ocean Affairs and Law of the Sea Branch. Ocean Science in Relation to Non-Living Resources (OSNRL), 1990.

SAD, A. R. E.; SILVEIRA, D. P.; SILVA, S. R. P.; MACIEL, R. & MACHADO, M. A.. Marine gas hydrates along the Brazilian margin. **AAPG International Conference and Exhibition**, Rio Janeiro, Brazil, Extended Abstract, p. 146-147, 1998.

SANDWELL, D.T.; GILLE, S.T. & SMITH, W. H. F. Bathymetry from Space: Oceanography, Geophysics and Climate, Geoscience Professional Services, Bethesda, Workshop, Maryland, 24 p., 2002.

SECIRM. Legislação Federal – Uso Compartilhado do Ambiente Marinho.

<https://www.mar.mil.br/secirm/publicacoes/ebook/ebook.pdf>. Acesso em Setembro de 2014.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158, 1954.

SHIGNORELLI, B. G. **Mapeamento dos conflitos ambientais da infraestrutura da Indústria de Petróleo e Gás na Bacia do Espírito Santo**. Vitória, 90 p. Monografia (Departamento de Oceanografia e Ecologia) Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.

SILVA, C. G. & MELLO, S. L. M. Nossas riquezas no mar: Recursos não-vivos. In: **O mar no espaço geográfico brasileiro**. Ministério da Educação, Secretária da Educação Básica. Coleção Explorando o ensino. v. 8, Cap. 5, p. 160-178, 2005.

SILVA, J. R & KAMPEL, M. Observação da penetração do ramo costeiro da Corrente das Malvinas na costa sul sudeste do Brasil a partir de imagens AVHRR. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto**. Salvador, Bahia (CD-Rom), 1996.

SIMRAD, Simrad EK500: Fishery research echo sounder Instruction Manual (Operator manual). 232 p., 1996.

SIMRAD. Simrad ER60 – Scientific echo sounder *software* – Reference Manual. Release 2.2.0, 221 p., 2008.

- SMITH, W. H. F. & SANDWELL, D. T. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. **Science**, n. 277, p. 1956-1962, 1997.
- SMITH, W. H. F. & WESSEL, P. Gridding with continuous curvature splines in tension. **Geophysics**, n. 55, p. 293-305, 1990.
- SOARES, I. & MÖLLER J. O. Low-frequency currents and water mass spatial distribution on the Southern Brazilian shelf. **Continental Shelf Research**, n. 21, p. 1785-1814, 2001.
- SOUZA, R. B. & ROBINSON, I. S. Satellite and Lagrangian observations of the Brazilian Coastal Current. **Continental Shelf Research**, v. 24, p. 241-262, 2004.
- SOUZA, K.G.; PEREIRA, C.V. & NETO, M.B.R., Arcabouço legal internacional e o espaço marinho brasileiro. In: **Parcerias estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)**, Edição Especial – Estudos do Mar, n. 24, 2007.
- THOMSON, D.H.; LAWSON, J.W. & MUECKE, A. Proceedings of workshop to develop methodologies for conducting research on the effect of seismic exploration on the Canadian east coast fishery. Environmental Studies Research Funds. Report n. 139. Halifax, Nova SCOTIA, 2000.
- UNIVALI/CTTMar. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2012. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, SC. Volume 13, número 1, 66 p. 2013.
- USGS. Estimativas de Possíveis Recursos de Petróleo e Gás na América Central e na América do Sul. USGS Fact Sheet FS-039-01, 2001.
- VIANA, A.R.; FAUGÈRES, J.C.; KOWSMANN, R.O.; LIMA, J.A.M.; CADDAH, L.F.G. & RIZZO, J.G., Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, vol. 115: 133-157, 1998.
- VILARDO, C. **Avaliação Ambiental de Pesquisas Sísmicas Marítimas no Brasil: Evolução e Perspectivas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro / RJ, 288 p., 2007.
- WESSEL, P & BERCOVICI, D. Interpolation with Splines in Tension: A Green's Function Approach. **Mathematical Geology**, vol. 30, n. 1, p. 77-93, 1998.
- WOR3. World Ocean Review 3. **Marine Resources – Opportunities and Risks**. Maribus, Hamburg, Germany. v. 3, p 164, 2014.
- ZEMBRUSCKI, S. G., Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas Adjacentes. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório final, Projeto REMAC, 177 p., 1979.