

4.1 – MEIO FÍSICO

A área da Atividade de Pesquisa Sística Marítima 3D na Bacia da Foz do Amazonas Fase I e II, está situada na porção centro noroeste da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas.

A Bacia da Foz do Amazonas situa-se na porção oeste da margem equatorial brasileira. Limita-se a noroeste com o platô de Demerara e a sudeste com a Bacia Pará–Maranhão, na parte oeste da Ilha de Santana. Abrange uma área de aproximadamente 350.000 Km², incluindo a plataforma continental, talude e região de águas profundas, até o limite entre as crostas continental e oceânica (Figura 4.1).

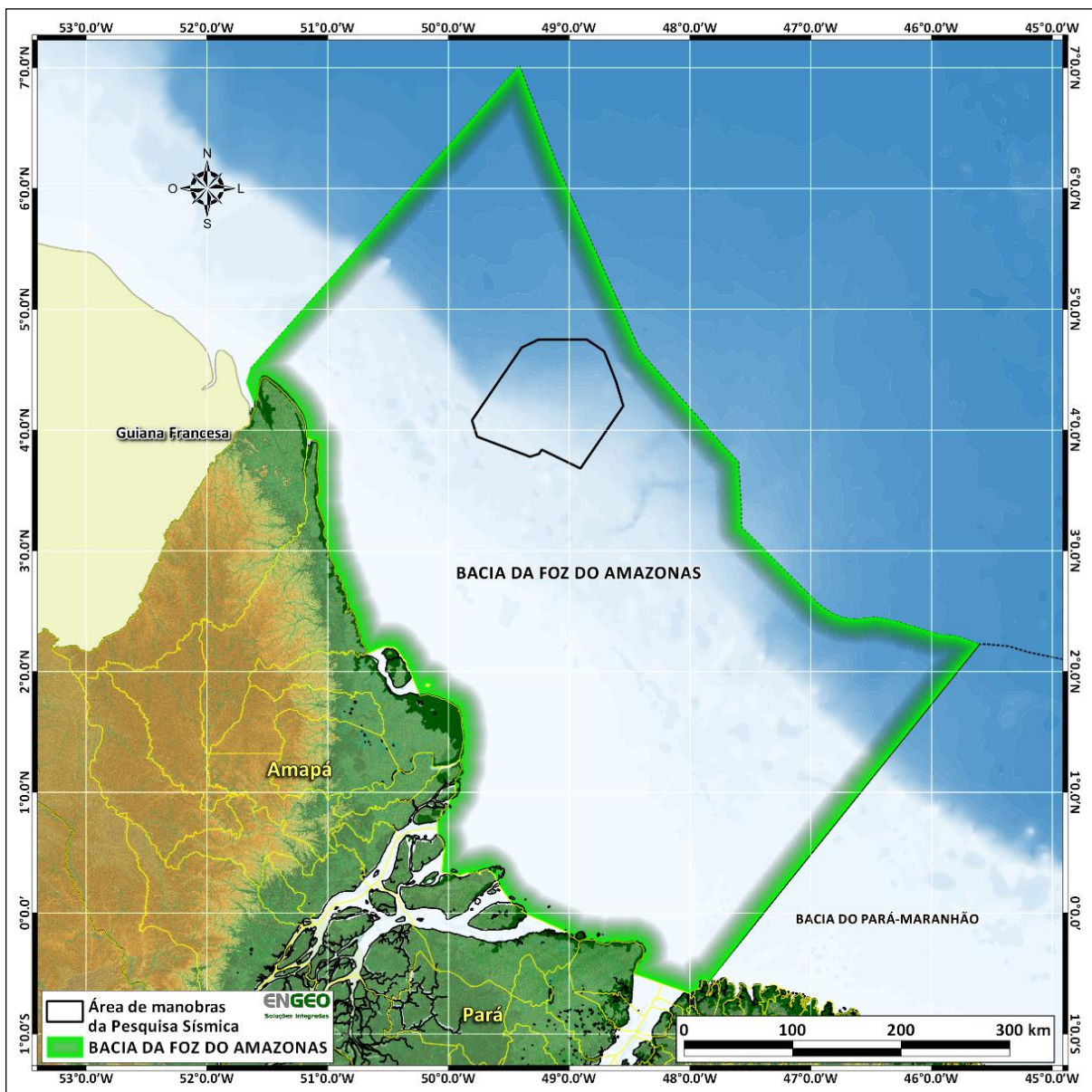


Figura 4.1 - Localização da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas e do polígono da atividade de pesquisa sísmica em relação à mesma.

O Bloco da Pesquisa Sísmica Marítima 3D na Bacia da Foz do Amazonas está a uma distância mínima da costa de 145 km ou 78 milhas náuticas em relação ao município de Calçoene – AP.

Nesse item do Estudo Ambiental de Sísmica serão apresentadas as principais características ambientais, geomorfológicas e oceanográficas, da área de estudo da atividade de pesquisa sísmica marítima da PGS a ser realizada na Bacia da Foz do Amazonas.

4.1.1 Geologia e Geomorfologia

A área de atividade de pesquisa sísmica da PGS, na Bacia da Foz do Amazonas, está posicionada na margem continental brasileira, parte sobre a plataforma continental e parte sobre o Cone do Amazonas.

Margem continental brasileira

A margem continental brasileira é do tipo Atlântica, ou seja, margem do tipo passiva, onde a mesma não coincide com nenhuma placa tectônica e está distante de qualquer tectonismo pronunciado (Cadeia Mesoceânica, margem construtiva entre América e África). Compreende uma área total de 5.003.397 km², equivalente a 59% do território brasileiro emerso (Figura 4.1.1a).

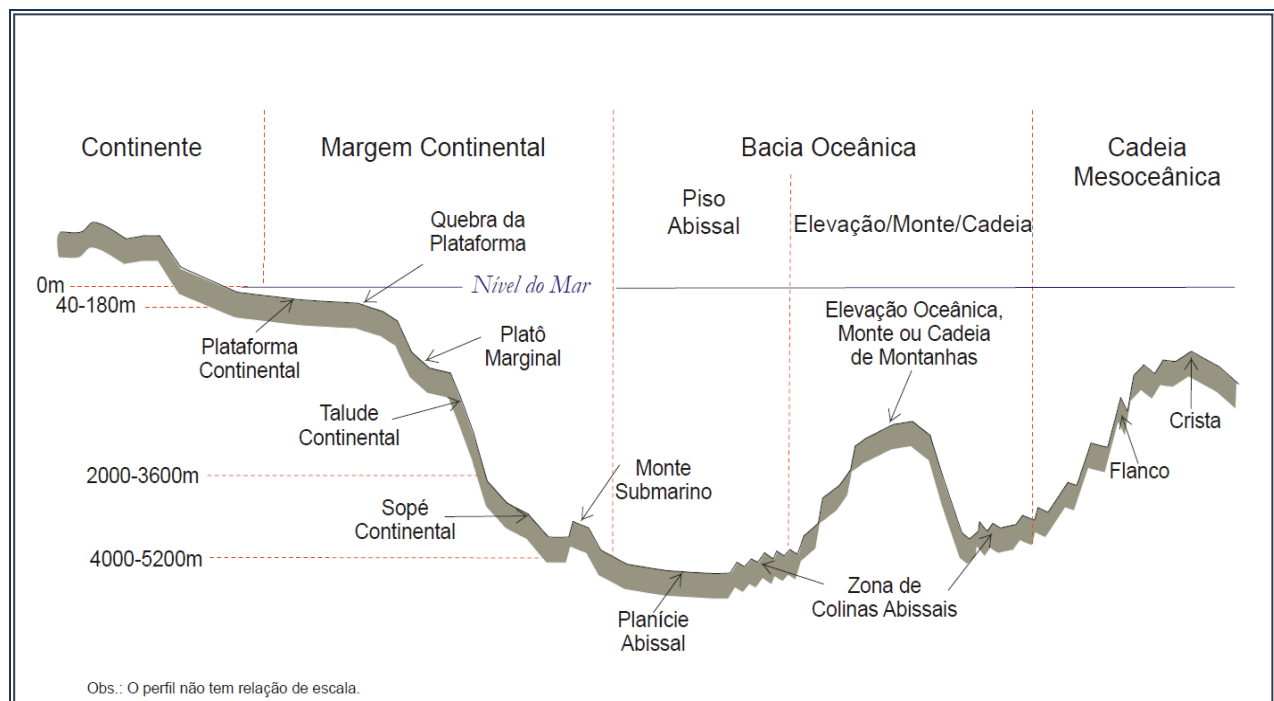


Figura 4.1.1a - Perfil Fisiográfico Esquemático de uma Margem Tipo "Atlântica" (Modificado de COUTINHO, 2000).

A plataforma continental brasileira constitui a faixa de terras submersas compreendida entre a linha da costa e o contorno batimétrico de 200 metros (FONSECA, 1969). As características da plataforma continental na região onde está inserida a área de atividades da Pesquisa Sísmica Marítima 3D na Bacia da Foz do Amazonas (porção entre o Delta do Parnaíba e o Cabo Calcanhar) pode ser considerada estreita, atingindo 50 km próximo ao Cabo Calcanhar (até 75-80 km próximo a Fortaleza), reduzindo-se em direção à Costa Nordeste para 40-50 km, enquanto a quebra da plataforma ocorre a uma profundidade de 80 m.

A plataforma mais estreita e mais rasa favorece, ao mesmo tempo, a diminuição das correntes de maré e o aumento da influência das correntes costeiras sobre o litoral.

A área de estudo da atividade de pesquisa sísmica da PGS está localizada na porção noroeste da Margem Equatorial Brasileira. Esta região da margem continental brasileira estende-se da zona de fratura de Fernando de Noronha, no litoral do Rio Grande do Norte, até o Cabo Orange, no litoral do Amapá.

A Margem Equatorial Brasileira é caracterizada por uma plataforma continental relativamente estreita na porção leste, variando entre 30 e 50 km de largura, apresentando um significativo alargamento no sentido oeste, com extensões variando entre 50 e 300 km.

O talude continental é relativamente íngreme, situando-se geralmente entre 50 e 2000 metros de profundidade, e apresenta numerosos cânions submarinos cortando desde a plataforma continental até a elevação continental, destacando-se o cânion submarino do Amazonas, na bacia da Foz do Amazonas, por sua expressão fisiográfica e por sua contribuição sedimentar na construção da margem equatorial. Distalmente à margem existe uma série de montes submarinos geralmente associados às zonas de fraturas e/ou a hot spots, atuando como barreiras ao transporte sedimentar a regiões mais profundas da bacia (MATOS, 2000 *apud* SILVA, 2008).

Na Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas as principais províncias fisiográficas são a plataforma continental e o cone do Amazonas, bem como os canais submarinos associados (Figura 4.1.1b).

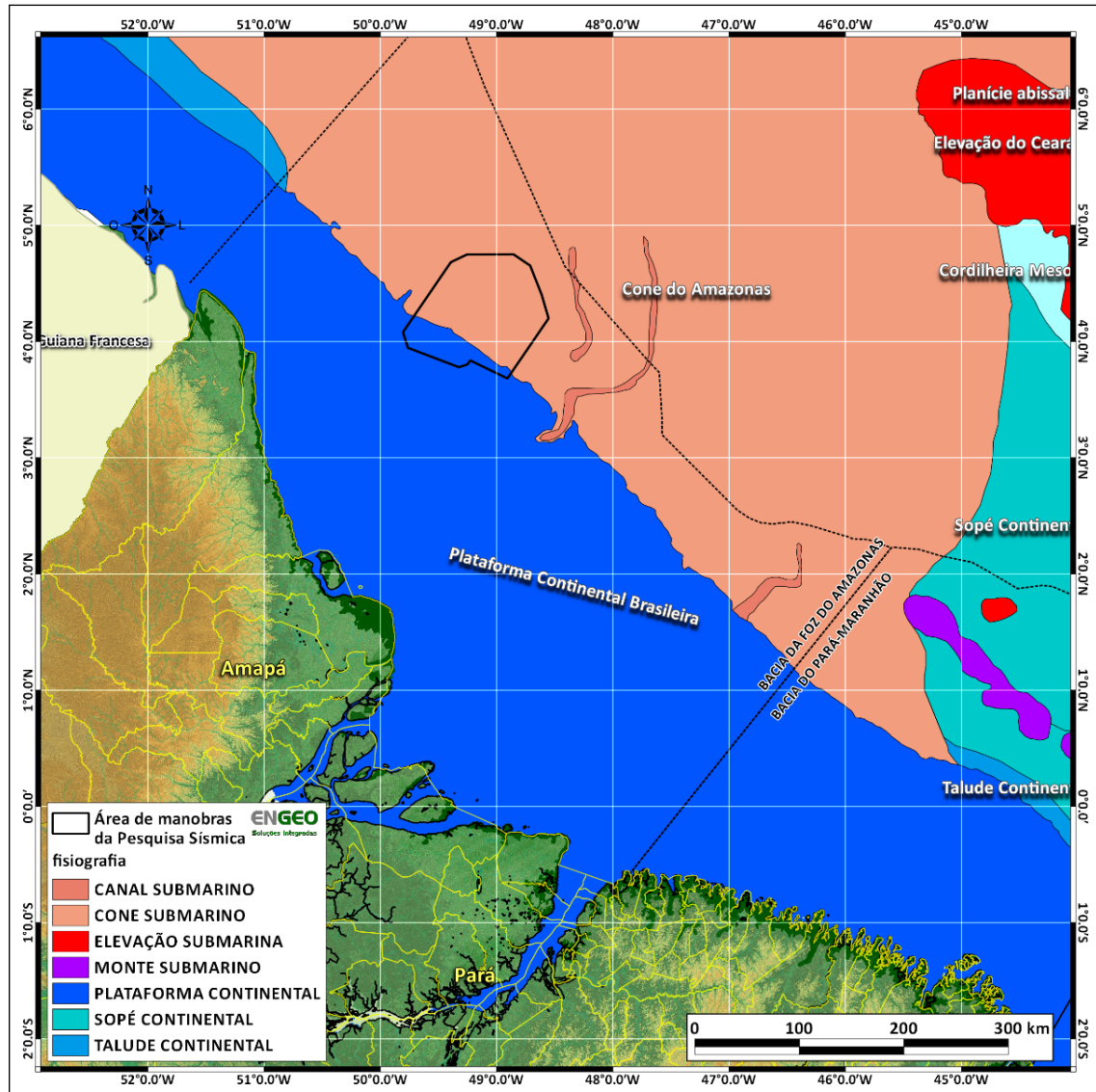


Figura 4.1.1b – Unidades fisiográficas na área da atividade de pesquisa sísmica (CPRM, 2009).

O Cone do Amazonas, situado na porção profunda da bacia da Foz do Amazonas, Margem Equatorial Brasileira, constitui um dos maiores leques submarinos do mundo (CARVALHO *et al.* 2011).

O Cone do Amazonas ou Leque Submarino do Amazonas está localizado na bacia da Foz do Amazonas, abrangendo uma área de aproximadamente 160.000 km², estendendo-se da região da quebra da plataforma continental até profundidades de cerca de 4.800 m, com um gradiente médio de 0,4°. Sua origem está relacionada ao início de uma intensa sedimentação siliciclástica progradante a partir do Mioceno Médio, proveniente das bacias de drenagem do rio Amazonas (SILVA, 2008).

Cobertura sedimentar na área de influência da atividade

A distribuição dos tipos de sedimento de fundo em plataformas continentais é resultado de fatores diversos, incluindo as fontes de sedimento, a energia das correntes, marés e ondas, a produtividade biológica e a variação do nível do mar ao longo dos anos. Em função de todos estes fatores agindo de forma diferenciada, de um local para outro, a distribuição dos tipos de sedimento de fundo obedece a uma organização discreta. O domínio lamoso tem a maior expressão de continuidade lateral ao longo das isóbatas e também cruzando as isóbatas. O domínio carbonático apresenta-se mais restrito e em formato mais alongado e geralmente na borda da plataforma. O domínio arenoso está relacionado às desembocaduras atuais e pretéritas dos grandes rios (CPRM, 2009).

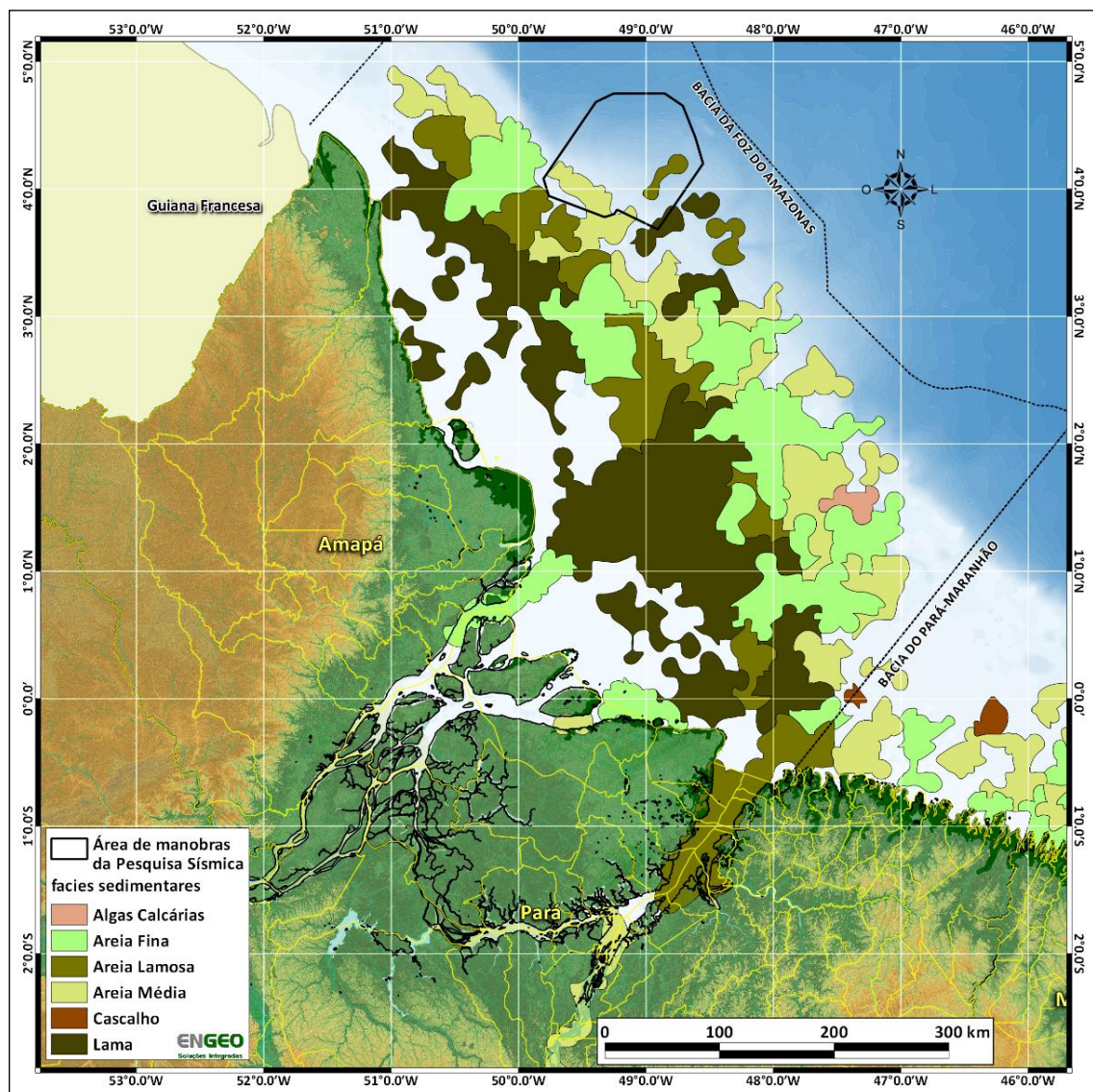


Figura 4.1.1c - Distribuição das fácies sedimentares na área da atividade de pesquisa sísmica (CPRM, 2009).

Na porção da margem equatorial brasileira, onde está inserida a área de pesquisa sísmica, se observa predomínio das fácies sedimentares identificadas areia lamosa, areia fina e areia média (Figura 4.1.1c).

4.1.2 Oceanografia

Os dados oceanográficos desse estudo contemplam informações georreferenciadas obtidas através do sistema OSCAR (*Ocean Surface Current Analysis Real-time*), sistema AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*) e demais trabalhos publicados que descrevem as características oceanográficas para a Bacia da Foz do Amazonas ou região próxima.

A Foz do Amazonas

A borda oeste do oceano Atlântico equatorial é considerada, nos últimos anos pela comunidade científica, como uma zona de grande importância para compreensão da circulação oceânica global o que a transforma numa região-chave para o melhor entendimento dos mecanismos de transferência de calor e massa que ocorrem entre os hemisférios. A região é influenciada por forçantes de natureza distintas como, por exemplo, as correntes de fronteira oeste, ventos alísios, e pelo aporte de água doce oriunda do rio Amazonas. Este último influi na distribuição de salinidade nas águas tropicais e, de forma indireta, na variabilidade das propriedades termodinâmicas em larga extensão sobre o oceano Atlântico tropical (SILVA *et al.* 2009).

A bacia hidrográfica do rio Amazonas se estende desde os Andes, cruza a floresta Amazônica até o Atlântico, e cobre uma área de aproximadamente $7 \times 10^6 \text{ km}^2$. É considerada a maior do mundo (NITTROUER e DeMaster, 1986 apud SILVA *et al.* 2009), descarrega em torno de $180.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ou 18 Sv de água doce no oceano Atlântico e contribui com cerca de 18% do total de água doce continental lançada nos oceanos (OLTMAN, 1968; MÜLLER-KARGER *et al.*, 1988 apud SILVA *et al.* 2009).

Essa vazão varia sazonalmente, com máximo em torno de 0,24 Sv em maio, e mínimo em torno de 0,08 Sv em novembro. O maior volume de água doce (cerca de 65% da descarga total) passa por meio do canal Norte, que durante o período de máxima descarga veicula uma vazão de cerca de $160.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ o que corresponde a uma velocidade da ordem de 80 cm s^{-1} (Geyer *et al.*, 1996). A água doce proveniente do rio Amazonas se mistura com águas oceânicas formando uma pluma superficial de baixa salinidade - pluma de água amazônica ($S < 34$) que é transportada para noroeste pela corrente Norte do Brasil - CNB (SILVA *et al.*, 2007).

Dados hidrológicos e resultados de modelo computacional demonstram que durante os meses de março-maio a pluma do rio Amazonas move-se para sudoeste, ao longo da costa norte brasileiro, tendendo a diminuir o deslocamento da pluma para sudoeste durante os meses de agosto-setembro. De outubro a novembro, não foi observado ou registrado o deslocamento da pluma para sudoeste (SILVA *et al.* 2009).

Massas de água

Na região oceânica adjacente à plataforma continental a circulação próxima da superfície é caracterizada pela presença da corrente Norte do Brasil e sua componente em subsuperfície a subcorrente Norte do Brasil (SCNB). Estas são formadas a partir da bifurcação da corrente Sul Equatorial, que alimenta o sistema CNB/SCNB. Após essa bifurcação, o sistema de CNB/SCNB transporta água quente do Atlântico sul para noroeste, ao longo da costa brasileira, cruzando a linha do equador em direção ao Atlântico Norte. A CNB varia de direção ao longo da costa norte brasileira, de acordo sobretudo com os padrões dos ventos e da localização no trajeto da corrente (SILVA *et al.* 2009).

Na Costa Norte, as correntes superficiais são dominadas pelo giro anticiclônico subtropical. Acima dos 50 – 100 metros, as águas do fluxo noroeste da Corrente Equatorial Sul (CSE) formam o ramo oriental do giro subtropical. A CSE consiste de dois ramos, o principal fluindo ao sul de 10°S. e outro, fluindo rapidamente, entre 2 e 4°S. Na área equatorial, estes dois ramos são separados pela Contracorrente Sul Equatorial (CCSE), que se dirige para leste e, na latitude aproximada de 10°S. da margem continental brasileira divide-se na Corrente do Brasil, que flui para o sul e, na Corrente Norte do Brasil, que flui para norte, a qual contribui para a Contracorrente Equatorial Norte, que segue para leste (SILVA *et al.* 2009).

Em estudo de associação de imagens da cor do oceano - SeaWIFS (no período de setembro 1997 – junho 2002) com o objetivo de evidenciar o padrão sazonal da distribuição espacial da pluma do Amazonas no Atlântico tropical, foi possível confirmar sua relação com as correntes de fronteira oeste. Os mesmos autores identificaram também a pluma de água Amazônica em volta da retroflexão da CNB de junho a setembro e seu deslocamento para leste pela contracorrente Norte Equatorial (CCNE) (HU *et al.* 2004).

SILVA *et al.* 2009 ressalta que resultados do modelo calculado mostram a formação de anéis em consequência da retroflexão da CNB. A análise mais detalhada dos resultados simulados para as médias mensais do ano de 1999, período de campanha do Programa REVIZEE registrou a presença destes anéis com influência de água Amazônica em sua volta de agosto a setembro, tendendo a diminuir nos meses subsequentes e desaparecendo em dezembro, associado com a variabilidade sazonal e espacial das correntes de fronteiras e vazão do rio Amazonas. (Figura 4.1.2a).

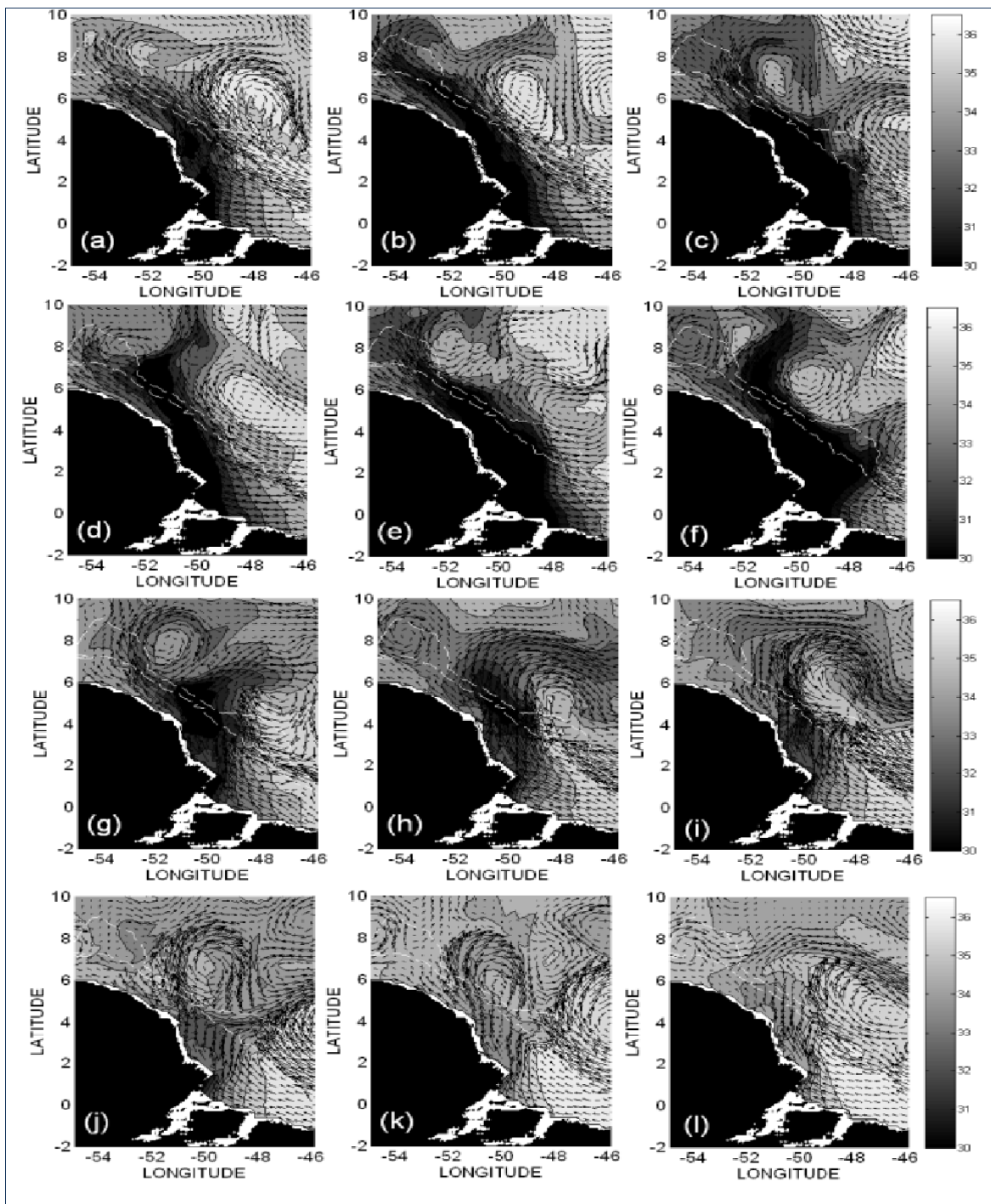


Figura 4.1.2a – Análise da evolução espaço-temporal da pluma Amazônica associada às formações de anéis, simulados para as médias mensais do ano de 1999, período de campanha do Programa REVIZEE -SCORE/N, correspondentes aos meses de janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e), junho (f), julho (g), agosto (h), setembro (i), outubro (j), novembro (k), dezembro (l). (Modificado de: SILVA *et al*, 2009).

Temperatura e Salinidade

Os resultados das médias mensais de salinidade simuladas para a região da Foz do Amazonas estão claramente relacionados aos períodos de máxima e mínima vazão do rio Amazonas, registrando os menores valores de salinidade (< 29 ups) de março a maio, correspondendo aos valores observados na campanha oceanográfica de março/2005 e os maiores valores de salinidade (> 35 ups) nos meses de novembro e dezembro (Tabela 4.1.2a).

Tabela 4.1.2a - Valores de temperatura (°C) e salinidade (ups) característicos das respectivas massas de água observadas (Modificado de SILVA *et al.* 2005)

MASSA DE ÁGUA	TEMPERATURA (°C)		SALINIDADE (UPS)	
	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.
ÁGUA COSTEIRA (AC)	26	28,87	≤ 34	
ÁGUA TROPICAL (AT)	> 18		> 36	
ÁGUA CENTRAL DO ATLÂNTICO SUL (ACAS)	5,95	18,35	34,52	36,40
ÁGUA INTERMEDIARIA DA ANTÁRTICA (AIA)	4,92	5,90	34,48	34,78

A Água Costeira (AC) na região de estudo é identificada pelo seu alto valor de temperatura e baixo valor de salinidade, como resultado do aporte de água doce proveniente do rio Amazonas (Curtin, 1986; DHN, 1989, apud SILVA, *et al.* 2005). Na área oceânica, da superfície para o fundo, a primeira massa de água encontrada na região é a Água Tropical (AT). Abaixo desta registra-se a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), transportada para a região de estudo pela CNB e Sub-Corrente Norte do Brasil (SCNB). A ACAS apresenta baixo valor de salinidade e alto valor de oxigênio dissolvido. No intervalo de 500 m a cerca de 1200 m de profundidade encontra-se a Água Intermediária da Antártica (AIA), com baixo valor de temperatura (Stramma & Schott, 1999; Barnier *et al.* 2001, apud SILVA, *et al.* 2005).

Correntes

Na área de estudo da atividade de pesquisa sísmica da PGS, usualmente as direções predominantes de corrente são de sudeste (SE) para noroeste (NO) e de este-nordeste (ENE) para oeste-sudoeste (OSO). As direções e velocidades da corrente variam moderadamente na coluna de água, mas é observado que essa variação pode ser mais representativa em profundidades maiores, a partir do talude continental.

O sistema OSCAR (Ocean Surface Current Analysis Real-time), que contém dados com as estimativas atuais próximas da superfície dos oceanos, derivadas de equações quasi-lineares e de fluxo constante, tem a velocidade horizontal diretamente calculada a partir altura da superfície do mar, do vetor vento à superfície e temperatura da superfície do mar. OSCAR é um projeto de investigação em curso, destina-se a melhorar o cálculo das correntes de superfície a partir de dados de satélite e métodos de validação. Estes dados são coletados de vários satélites e validados através de instrumentos *in situ* (boias e derivadores oceanográficos). A formulação do modelo combina a corrente geostrofica, dinâmica de cisalhamento e um termo complementar do gradiente fluatibilidade à superfície.

Os dados observados de junho de 2014 a junho de 2015, obtidos do sistema OSCAR, entre as latitudes 07°40'S e 09°40'N e as longitudes 053° e 033°20'W, mostraram aproximadamente 90% dos vetores de direção de corrente superficial incidindo para os quadrantes norte-noroeste, oeste-noroeste, oeste-sudoeste e sul-sudoeste (Tabela 4.1.2b.).

Os dados de velocidade média da corrente superficial apresentaram maiores valores nos meses de dezembro e janeiro (0,53 e 0,57 m/s respectivamente) e menores em abril e maio (0,37 e 0,42 m/s respectivamente). As máximas registradas variaram entre 3,37 e 3,19 m/s, destaque para junho de 2015 com maior valor registrado (Tabela 4.1.2c.).

Tabela 4.1.2b - Variação mensal da frequência (%) dos dados de vetores de direção da corrente superficial na porção compreendida entre as latitudes 07°40'S e 09°40'N e as longitudes 053° e 033°20'W, obtidos do sistema OSCAR (*Ocean Surface Current Analysis Real-time*).

PERÍODO	QUADRANTES															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
JUN-14	0,20	1,61	0,05	1,61	0,05	2,44	0,15	5,52	0,20	18,42	0,24	20,52	0,73	23,79	0,54	23,94
JUL-14	0,19	0,49	0,00	1,27	0,05	2,63	0,05	4,63	0,29	16,61	0,29	22,65	0,68	23,87	0,54	25,77
AGO-14	0,49	1,22	0,00	1,56	0,10	2,64	0,20	5,18	0,29	18,67	0,24	21,85	0,54	22,68	0,39	23,95
SET-14	0,20	0,69	0,00	1,58	0,00	2,76	0,05	4,88	0,30	19,71	0,30	19,81	0,54	22,47	0,54	26,17
OUT-14	0,19	1,22	0,00	1,75	0,00	1,95	0,10	4,09	0,24	18,20	0,24	24,28	0,58	23,26	0,63	23,26
NOV-14	0,15	0,83	0,00	1,66	0,00	2,35	0,20	6,07	0,20	22,52	0,24	19,68	0,34	20,90	0,29	24,57
DEZ-14	0,20	0,69	0,00	1,71	0,05	2,64	0,05	4,75	0,15	17,83	0,49	18,76	0,44	22,23	1,13	28,89
JAN-15	0,63	1,56	0,05	1,41	0,05	2,73	0,10	5,07	0,29	19,14	0,44	21,29	0,29	19,73	0,54	26,69
FEV-15	0,24	1,07	0,00	1,31	0,05	2,33	0,00	4,52	0,19	19,34	0,34	23,66	0,53	21,77	0,34	24,30
MAR-15	0,24	1,08	0,00	1,37	0,05	2,74	0,10	4,70	0,24	17,56	0,24	20,55	0,39	20,50	0,44	29,79
ABR-15	0,34	1,23	0,05	1,62	0,05	3,09	0,05	4,86	0,25	16,63	0,20	21,54	0,93	23,55	0,44	25,17
MAI-15	0,15	1,46	0,05	1,61	0,00	1,99	0,05	5,01	0,54	18,92	0,49	25,83	0,58	22,76	0,58	19,99
JUN-15	0,15	1,16	0,00	2,01	0,15	2,86	0,25	5,18	0,00	16,03	0,25	20,20	0,35	22,21	1,01	28,19

Os dados de variação sazonal da corrente de superfície dentro da área de atividade de pesquisa sísmica são apresentados na Tabela 4.1.2c.

Tabela 4.1.2c - Variação sazonal dos dados de velocidade da corrente superficial na porção compreendida entre as latitudes 07°40'S e 09°40'N e as longitudes 053° e 033°20'W, obtidos do sistema OSCAR (*Ocean Surface Current Analysis Real-time*)

VELOCIDADE DA CORRENTE SUPERFICIAL (m/s)		2014						2015						
		JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
	Méd.	0,46	0,47	0,51	0,49	0,48	0,48	0,53	0,57	0,43	0,43	0,37	0,42	0,40
	Mín.	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
	Máx.	3,02	2,89	3,33	3,19	3,13	3,35	3,21	3,27	3,28	3,26	3,01	3,11	3,37

Ondas

O sentido da linha de costa praticamente condiciona a orientação das ondas, principalmente as associadas às frentes frias que são as de maior altura e períodos mais longos. As ondas propagam-se paralelamente à costa, mas sofrem refração ao encontrarem águas rasas incidindo em ângulo reto sobre a linha de costa.

Na área de influência da atividade de pesquisa sísmica o regime de ondas segue um padrão interanual e sazonal, como quase em toda a costa brasileira, sofrendo anomalias de acordo com o regime dos ventos alíseos.

Devido a sua localização geográfica, a região da Bacia da Foz do Amazonas encontra-se no cinturão dos ventos alísios, sendo influenciada por ondas de longas pistas do quadrante Norte e Leste.

Nos registros de média, máxima e mínima altura significativa de onda, se observa valores das médias variando entre 1,46 e 2,07 m ao longo do ano, destaque para o verão com o maior valor médio de altura significativa de onda.

Na Tabela 4.1.2d são apresentadas os valores registrados para cada estação do ano oriundos dos dados do sistema AVISO.

Tabela 4.1.2d - Variação sazonal dos dados de altura de onda na porção compreendida entre as latitudes 01°S e 06°N e as longitudes 045° e 053°W, obtidos do sistema AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*)

		INVERNO	OUTONO	PRIMAVERA	VERÃO
ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDA (m)	Méd.	1,46	1,79	1,76	2,07
	Mín.	0,75	1,04	1,22	0,86
	Máx.	1,84	2,25	2,25	2,72

Com os dados do sistema AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*), interpolados e georreferenciados através do programa Quantum GIS 2.2, foi possível apresentar e comparar a variação sazonal da altura média significativa de onda no entorno da área pretendida para a atividade de pesquisa sísmica. Após a interpolação dos dados, contornos foram extraídos para obtenção de linhas com mesmo valor da altura média significativa de onda o que facilita a interpretação dos dados (Figura 4.1.2b e Figura 4.1.2c).

Notadamente, nesta análise, se observa que os valores das médias de altura significativa de onda decrescem a medida que a profundidade diminui.

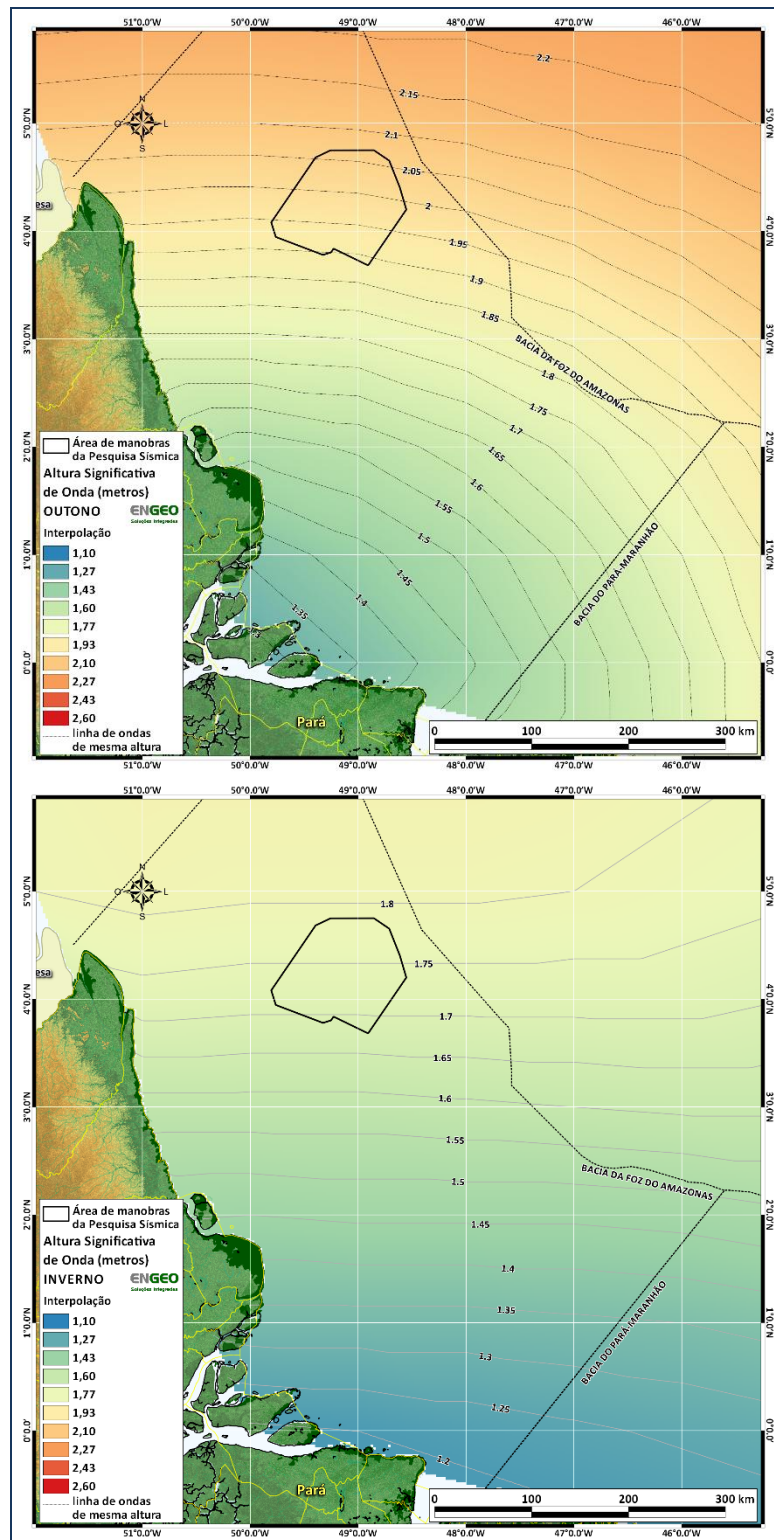


Figura 4.1.2b - Variação da altura média de onda significativa, apresentada sazonalmente (Outono e Inverno de 2013), interpolado de dados originados em grade 1x1 graus de coordenada (Modificado de: AVISO, 2014).

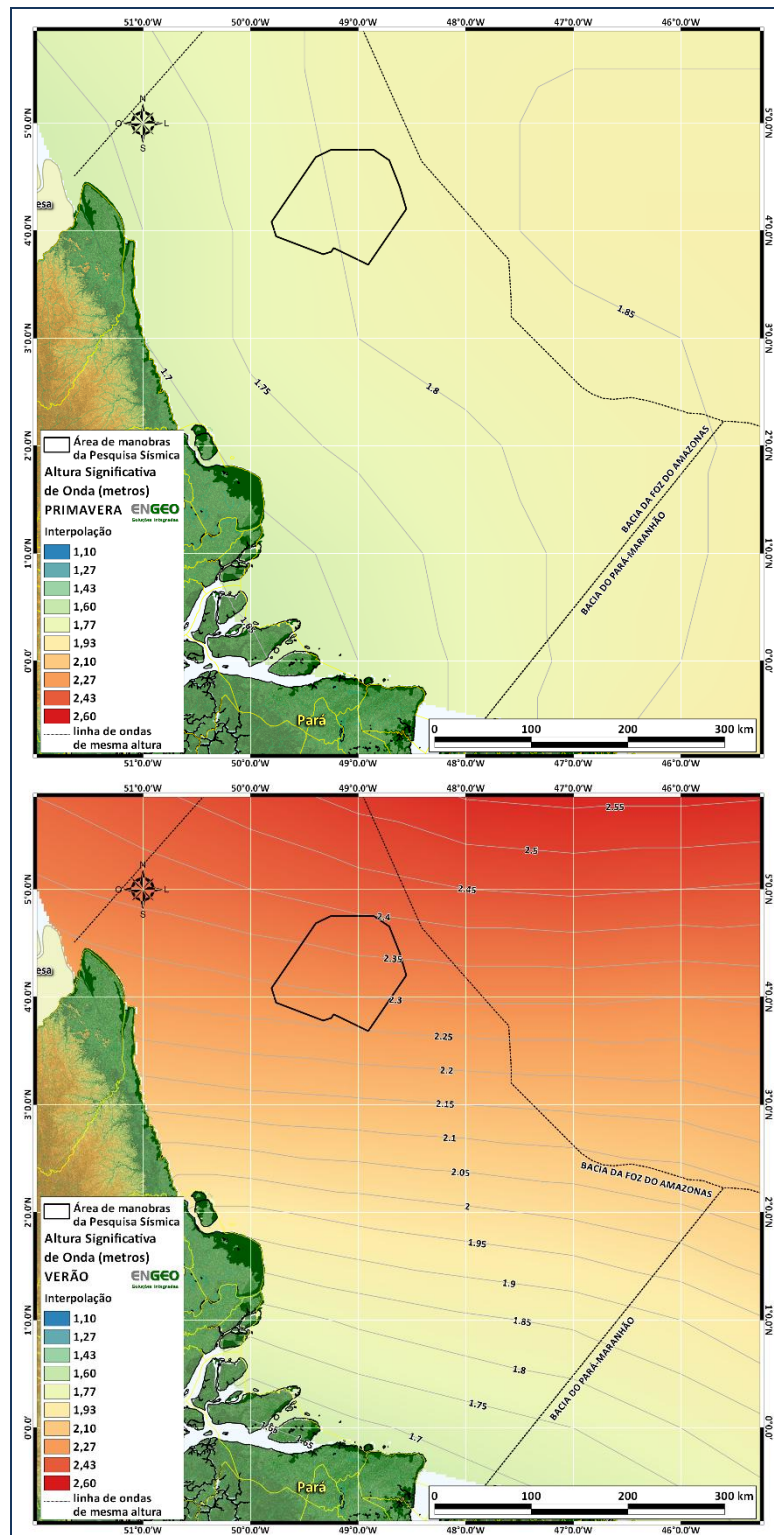


Figura 4.1.2c - Variação da altura média de onda significativa, apresentada sazonalmente (Primavera de 2013 e Verão de 2013/14), interpolado de dados originados em grade 1x1 graus de coordenada (Modificado de: AVISO, 2014).

4.1.3 Referências Bibliográficas

AVISO. **Near-real time significant wave height** "The altimeter products were produced and distributed by Aviso (<http://www.aviso.oceanobs.com/>), as part of the Ssalto ground processing segment". 2014.

BISCHOF, B., ROWE, E., MARIANO, A. J., RYAN, E. H. "The North Brazil Current." **Ocean Surface Currents**. (2003). <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/north-brazil.html>.

CARVALHO, G.C.R., GOMES, C.J.S., NETO, M.A.M. O Cone do Amazonas, bacia da Foz do Amazonas - uma nova discussão. **Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, 64(4), 429-437, out. dez. 2011.

COUTINHO, P. N. Oceanografia geológica. In: Coutinho, P.N. (ed.). **Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente - SMA, 75 p. (Programa REVIZEE). 2000.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes – Dados organizados em Sistema de Informação Geográfica. 1 DVD. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2009.

FONSECA, J.I. **Plataforma continental brasileira – perspectivas petrolíferas, trabalhos realizados e programados**. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p. 15-20, jan./mar. 1969.

HU, C., MONTGOMERY, E.T., SCHMITT, R.W., MÜLLER-KARGER, F.E. The Amazon and Orinoco River plumes in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. **Deep-Sea Res., II**, 1152-1171. 2004.

OSCAR. **Ocean Surface Current Analysis Real-time**. <http://www.oscar.noaa.gov/index.html>. 2015

SILVA, A.C., ARAÚJO, M., BOURLÈS, B. Variação Sazonal da Estrutura de Massas de Água na Plataforma Continental do Amazonas e Área Oceânica Adjacente. **Revista Brasileira de Geofísica** (2005) 23(2): p 145-157 © 2005 Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro. 2005

SILVA, A.C., ARAÚJO, M., BOURLÈS, B. Seasonal variability of the Amazon River plume during REVIZEE Program. **Tropical Oceanography**, 1: 1-22. 2007.

SILVA, R.J.P. **Colapso gravitacional e estruturação da seção marinha da bacia da Foz do Amazonas no contexto de múltiplos níveis de destacamento**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.). Área de concentração: Geologia e Geofísica Marinha. UFF, Niterói. 108p. 2008.

SILVA, A.C., SANTOS, M. L. S., ARAUJO, M. C., BOURLÈS, B. Observações hidrológicas e resultados de modelagem no espalhamento sazonal e espacial da pluma de água Amazônica. **Acta Amazonica**. vol. 39(2) 2009: p 361 – 370. INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus. 2009.