



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE - DDMA/UFS
DOUTORADO EM ASSOCIAÇÃO PLENA EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE**



JONAS RICARDO DOS SANTOS

**FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E BIOFACIES COMO INDICADORES
EVOLUTIVOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E
SUL DE ALAGOAS**

SÃO CRISTOVÃO - SE

2019

JONAS RICARDO DOS SANTOS

**FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E BIOFACIES COMO INDICADORES
EVOLUTIVOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E
SUL DE ALAGOAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rosemeri Melo e Souza

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Edilma de Jesus Andrade

SÃO CRISTOVÃO - SE

Março de 2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santos, Jonas Ricardo dos
S237f Feições morfológicas e biofácies como indicadores evolutivos da plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas / Jonas Ricardo dos Santos; orientadora Rosemeri Melo e Souza. – São Cristóvão, SE, 2019.
221 f. : il.

Tese (doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Geomorfologia ambiental. 2. Biofácies. 3. Paleogeografia - Evolução. 4. Plataforma continental. 5. Sergipe (SE). 6. Alagoas (AL). I. Souza, Rosemeri Melo e, orient. II. Título

CDU: 502.17:551.462.32(813.7+813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE - DDMA/UFS
DOUTORADO EM ASSOCIAÇÃO PLENA EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

JONAS RICARDO DOS SANTOS

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E BIOFACIES COMO INDICADORES
EVOLUTIVOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E SUL DE
ALAGOAS

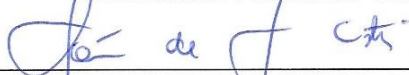
Tese aprovada em 27 / 03 / 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Rosemeri Melo e Souza (Presidente)

Universidade Federal de Sergipe



Prof. Dr. Jailton De Jesus Costa

Universidade Federal de Sergipe



Prof. Dr. Paulo Sergio e Rezende Nascimento

Universidade Federal de Sergipe



Prof. Dr. Dante Severo Giudice

Universidade Católica do Salvador



Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

“Aqueles que ousam mergulhar dentro de si e navegam nas águas das emoções, descobrem um oceano de possibilidades”

Rogério Thaddeu

Dedico esta Tese:
à minha esposa Juliana,
aos meus pais Oraci e Neiva,
aos meus irmãos Lucas e Tiago
e em especial e aos meus filhos João e Marina.
Essa conquista foi sempre pensando em vocês.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que apesar da distância, sempre me apoiaram e me incentivaram em minhas escolhas.

A minha esposa Juliana que sempre me apoiou nesta conquista.

Aos meus filhos João e Marina, que são o meu guia.

A minha orientadora, Dr^a. Rosemeri Melo e Souza, por aceitar o desafio da orientação e a confiança depositada na realização deste trabalho.

A minha co-orientadora Dr^a Edilma de Jesus Andrade, sempre preocupada e atenciosa com os trabalhos desenvolvidos.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos da Silveira Fontes pela amizade e incentivo na realização da Tese.

À Maria Eulália Carneiro (coordenadora do projeto MARSEAL), pelo apoio na disponibilização dos dados e pela amizade ao longo desses anos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos que auxiliou no desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Federal de Sergipe, através do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFS por toda a infraestrutura necessária para a realização da tese.

A Petrobrás através do Centro de Pesquisas – CENPES, pelo financiamento dos projetos de pesquisa intitulados “Projeto Caracterização geológica da plataforma continental e da influência dos aportes fluviais na região norte do Estado de Sergipe e sul do Estado de Alagoas” (Termo de Cooperação PETROBRÁS/UFS/FAPESE - N° 0050.0045002.08.4) e do “Projeto de Caracterização dos Foraminíferos e Meiofauna da Plataforma continental de Sergipe e Sul de Alagoas e da Geologia-Geomorfologia da Plataforma Continental Sul de Sergipe” (Termo de Cooperação PETROBRAS/UFS/FAPESE - N° 0050.0072321.119), que através do projeto MARSEAL, possibilitou o levantamento dos dados para realização da pesquisa.

Aos companheiros de trabalho: Landerlei, João Bosco e Cezar por todo o apoio e a todos que fazem parte do Laboratório GEORIOEMAR/UFS e aos que participaram das coletas de campo e das análises de laboratório.

Aos profissionais do CENPES/PETROBRAS pelo apoio nos trabalhos desenvolvidos durante o projeto MARSEAL.

Aos professores da banca pelas valiosas considerações para o desenvolvimento da tese e pelo aprendizado adquiridos.

A todos os amigos que fiz durante a pós-graduação.

Finalmente, a todas as pessoas que me ajudaram, direta ou indiretamente, mesmo que por um instante, durante esta caminhada.

RESUMO

A plataforma continental Sergipe-Alagoas se caracteriza por ser estreita e rasa. O presente trabalho de tese teve por objetivo caracterizar as feições morfológicas do fundo marinho e biofácies da plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas (SEAL), desde o último máximo glacial com intuito de estabelecer um modelo de evolução paleogeográfica. Para o desenvolvimento do trabalho, a metodologia foi desenvolvida em uma sequência de etapas, onde inicialmente foram compilados os dados e as análises das informações disponíveis. Para identificar e mapear as feições marinhas existentes na plataforma continental foi elaborado um modelo batimétrico e as amostras de sedimentos coletadas nas campanhas oceanográficas foram analisadas e classificadas, além de distinguidas as biofácies. Para a elaboração de um modelo evolutivo da referida plataforma foram correlacionadas as feições morfológicas e as ocorrências das diferentes biofácies identificadas na plataforma com as variações do nível do mar. A plataforma continental SEAL apresenta uma heterogenia tanto no contexto geomorfológico quanto em relação aos sedimentos de fundo desta região. Foram identificadas as seguintes feições na plataforma de SEAL: alinhamentos de recifes submersos e emersos, altos morfológicos submarinos, bancos carbonáticos de borda, terraços submarinos de borda, drenagens submarinas, vales incisos e cânions submarinos. Destaca-se nesta região a influência dos rios na plataforma continental, o alto submarino de Ponta dos Mangues e os cânions do São Francisco e Japarutuba. Os sedimentos de fundo analisados permitiram caracterizar a distribuição sedimentar do fundo marinho e identificar a distinção destes sedimentos. Esta plataforma continental é do tipo mista siliciclástica-carbonática e tem uma nítida transição da composição sedimentar com o aumento da profundidade, apresentando a quebra da plataforma aos 45m de profundidade. As biofácies são constituídas principalmente por foraminíferos, algas vermelhas e briozoários. Uma ampla diversidade morfológica foi encontrada na plataforma continental SEAL, tanto nas feições morfológicas, nos sedimentos e nas biofácies que compõem o fundo, sendo estes correlatos de eventos anteriores, evidenciando a ocorrência de alterações ambientais na plataforma continental em função das variações do nível médio do mar, durante os períodos transgressivos e regressivos.

Palavras-chave: Biofácies; Evolução Paleogeográfica; Geomorfologia Marinha; Indicadores Evolutivos; Plataforma Continental Sergipe-Alagoas.

ABSTRACT

The Sergipe-Alagoas continental shelf is characterized by being narrow and shallow. The aim of this thesis was to characterize the morphological and biophysical features of the continental shelf of Sergipe and south of Alagoas (SEAL), from the last glacial maximum and to infer a model of paleogeographic evolution. For the development of the work, the methodology was developed in a sequence of steps, where the data and analyzes of the available information were initially compiled. To identify and map the marine features on the continental shelf a bathymetric model was developed and the sediment samples collected in the oceanographic campaigns were analyzed and classified and distinguished the biofacies. For the elaboration of an evolutionary model of the platform will be correlated the morphological features and the occurrences of the different biofacies identified in the platform with the variations of sea level. The continental shelf SEAL presents a heterogeneity both in the geomorphological context and in relation to the bottom sediments of this region. The following features were identified on the SEAL platform: submerged and emerged reef alignments, high morphological submarines, bordered carbon banks, edge submarine terraces, underwater drainage, incised valleys and submarine canyons. The influence of the rivers in the continental shelf, the high submarine of Ponta dos Mangues and the canyons of São Francisco and Japaratuba stands out in this region. The bottom sediments analyzed allowed us to characterize the sedimentary distribution of the seabed and to identify the sedimentation of these sediments. This continental shelf is of the mixed siliciclastic-carbonate type and has a clear transition of the sedimentary composition with the increase of the depth, presenting the breaking of the platform to 45 m of depth. The biofacies are mainly composed of foraminifera, red algae and bryozoans. A wide morphological diversity was found in the continental shelf SEAL, both in the morphological features, sediments and biofacies that make up the bottom, being these correlates of previous events, evidencing the occurrence of environmental changes in the continental shelf due to the variations of the average level of the during transgressive and regressive periods.

Keywords: Biofacies; Continental Shelf Sergipe-Alagoas; Marine Geomorphology; Evolutionary Indicators; Paleogeography Evolution.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE TABELAS	xxii
LISTA DE QUADROS	xxii
LISTA DE SIGLAS.....	xxiii
INTRODUÇÃO	24
Hipóteses da Pesquisa.....	26
Objetivo Geral	27
Objetivos Específicos.....	27
1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
1.1 Climatologia	29
1.1.1 Clima.....	29
1.1.2 Precipitação Pluviométrica	30
1.1.3 Ventos.....	31
1.2 Caracterização Oceanográfica	33
1.2.1 Clima de ondas	33
1.2.2 Marés	35
1.2.3 Temperatura Superficial do Mar e Salinidade	36
1.2.4 Massas de Água e Circulação Oceânica	37
1.2.5 Transporte Litorâneo de Sedimentos	40
1.3 Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas	42
1.4 Bacias Hidrográficas	45
2 REFERENCIAL TEÓRICO	47
2.1 Plataforma Continental do Nordeste	47

2.1.1	Histórico dos estudos anteriores	47
2.1.2	Geomorfologia Marinha.....	50
2.1.3	Divisão da plataforma do nordeste.....	52
2.1.4	Fácies Sedimentares	53
2.2	Sedimentação Marinha	55
2.2.1	Sedimentos Marinhos Terrígenos	56
2.2.2	Sedimentos Carbonáticos	56
2.2.3	Sedimentos biogênicos	59
2.3	Potencialidade dos Recursos Minerais Marinhos	62
2.4	Ocorrência dos Recifes de Corais	64
2.5	Variações no Nível Médio do Mar	66
2.6	Feições da plataforma associada à variação do nível do mar	72
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	74
3.1	Batimetria da plataforma continental SEAL	75
3.2	Perfis batimétricos	77
3.3	Mapeamento das feições marinhas	77
3.4	Levantamento Geofísico	78
3.5	Drenagens submarinas.....	78
3.6	Sistemas Sedimentares Rio-Mar	80
3.7	Mapeamento sedimentológico da plataforma continental	81
3.8	Análise do Teor de Carbonato	90
3.9	Classificação textural e faciológica	90
3.10	Análise da composição dos sedimentos da plataforma	93
3.11	Classificação das Biofácies	94
3.12	Elaboração dos Mapas Temáticos.....	95
3.13	Mapas de variação do nível do mar	96
3.14	Modelo Evolutivo da Plataforma	96

4	GEOMORFOLOGIA MARINHA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E ALAGOAS	98
4.1	Relevo de Fundo Submarino	100
4.2	Divisões e características morfológicas da plataforma	102
4.3	Feições Morfológicas da Plataforma Continental.....	104
4.3.1	Recifes Emersos e Submersos	105
4.3.2	Altos morfológicos submarinos	111
4.3.3	Banco carbonático de borda da plataforma.....	113
4.3.4	Terraços submarinos	116
4.4	Feições erosivas e drenagens submarinas na plataforma e talude	118
4.4.1	Drenagens submarinas - Paleocanais	119
4.4.2	Vales Incisos	123
4.4.3	Cânions Submarinos.....	129
4.5	Sistemas Sedimentares Rio-Mar	133
5	SEDIMENTOS SUPERFICIAIS E FÁCIES DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE-ALAGOAS	138
5.1	Textura dos Sedimentos Superficiais.....	138
5.1.1	Seixos e Grânulo.....	138
5.1.2	Areias	140
5.1.3	Lama	140
5.2	Distribuição de Fácies Texturais	141
5.3	Distribuição dos Teores de Carbonatos.....	143
5.4	Associações de Fácies	145
5.5	Faciologia das Províncias Morfo-Sedimentares.....	148
5.5.1	Província carbonática-terrígena do sul de Alagoas.....	149
5.5.2	Província lamosa terrígena foz do São Francisco.....	151
5.5.3	Província terrígena-carbonática norte de Sergipe.....	152
5.5.4	Província lamosa terrígena do Japaratuba	153

5.5.5	Província mista do sul de Sergipe	154
5.6	Mudanças atuais e futuras na sedimentação marinha	155
6	COMPONENTES BIOGÊNICOS COMO INDICADORES AMBIENTAIS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E SUL DE ALAGOAS	157
6.1	Área de Estudo	158
6.2	Materiais e Métodos	160
6.2.1	Campanhas Oceanográficas e Amostragens	160
6.2.2	Processamento das Amostras	163
6.2.3	Classificação das Biofácies	164
6.3	Resultados e Discussão	165
6.3.1	Composição dos Sedimentos da PCSEAL	165
6.3.2	Textura dos Sedimentos da PCSEAL	167
6.3.3	Distribuição dos Teores de Carbonatos	168
6.3.4	Fácies Texturais	169
6.3.5	Componentes Biogênicos	170
6.3.6	Biofácies	173
6.3.7	Ambientes Recifais	175
6.3.8	Controle Morfológico-Hidrodinâmico	176
7	EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA MARGEM CONTINENTAL DE SERGIPE – ALAGOAS	178
7.1	Variações no Nível correlativo do Mar	179
7.2	Indicadores da evolução da plataforma continental	180
7.3	Evolução Paleogeográfica Holocênica da plataforma continental	182
7.4	Modelo de Evolução	193
	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	200
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo identificando a plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas.....	28
Figura 2 - Variação da temperatura média mensal nas estações de Aracaju e Maceió. Média histórica de 1981 a 2010.	29
Figura 3 - Precipitação pluviométrica acumulada nas estações de Aracaju e Maceió. Média histórica de 1981 a 2010.....	31
Figura 4 - Ilustração das diferentes posições ocupadas pela ZCIT durante o ano e padrão dos ventos sobre a costa do Nordeste.	32
Figura 5 – Segmentos retelinizado da área de estudo para análise do clima de ondas conforme a tabela 2.....	34
Figura 6 - Série temporal de maré para o porto de Aracaju e o ponto da plataforma PCM-1. A linha em azul claro corresponde à estação de Aracaju, enquanto a linha em azul escuro à PCM-1.	36
Figura 7 - Representação esquemática da formação e organização da Subcorrente Norte do Brasil, baseado em Soutelino e Miranda (2013). As cores representam a Corrente de Contorno Intermediária (CCI), a Corrente Sul Equatorial (CSE), a Subcorrente Norte do Brasil (SNB), a Corrente de Contorno Profunda (CCP), a Água Tropical (AT), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a Água Intermediária Antártica (AIA) e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).	38
Figura 8 - Esquema simplificado da Corrente Sul-Equatorial ao atingir à costa nordestina brasileira e dividindo-se formando a Corrente Norte Brasileira e a Corrente do Brasil.....	39
Figura 9 - Sentidos da deriva litorânea líquida calculada para os segmentos retelinizado da área de estudo. Os números ao lado das setas se referem à intensidade potencial (unidade não dimensional) da deriva litorânea líquida.	41
Figura 10 - Bacia de Sergipe-Alagoas e suas sub-divisões.....	43
Figura 11 - Mapa estrutural da Bacia de Sergipe-Alagoas mostrando a configuração das principais falhas normais e compartimentos tectônicos.	44
Figura 12 - Principais bacias hidrográficas que compreendem a Bacia Sedimentar SEAL.	46
Figura 13 - Algas coralinas (<i>lithothamnium</i>) são os sedimentos que constituem os depósitos carbonáticos.	57

Figura 14 - Exemplos de algas calcárias vermelhas (rodolitos) encontrados na área de estudo.....	58
Figura 15 - Alga calcária verde (Halimeda), (a) como formadora de sedimento e (b) na sua forma quando articulada.	59
Figura 16 - Fatores que determinam a variação relativa do nível do mar.	67
Figura 17 - Curva de flutuação de nível relativo do mar de 7.000 anos AP. até hoje para o setor ao norte de Salvador.	70
Figura 18 – Curvas do nível do mar proposta para a costa Brasileira e suas localizações: (A) Martins et al. (2003); (B) Angulo e Lessa (1997); (C) Bezerra et al. (2003); (D) Peltier (1998).	71
Figura 19 – Curva relativa do nível do mar para a costa do Brasil Central (A) de Bittencourt et al. (1979) e Suguio et al. (1985) e (B) a predição glacio-isostática de Peltier (1998).	71
Figura 20 - Fluxograma das etapas metodológicas para o desenvolvimento da tese.	74
Figura 21 - Limites dos levantamentos de dados batimétricos utilizados na elaboração do modelo.	76
Figura 22 - Estrutura metodológica da extração de paleodrenagem, a partir do modelo batimétrico utilizado neste estudo.	79
Figura 23 – Estações de amostragem e as áreas de abrangências das campanhas oceanográficas.	83
Figura 24 – Embarcações utilizadas na coleta de sedimentos e dados geofísicos. a) Navio R/V Gyre utilizado na campanha oceanográfica 1; b) barco Vespúcio utilizado na campanha oceanográfica 2; c) Embarcação Turista utilizada na campanha oceanográfica 3 e d) Embarcação Distrimar III utilizada na campanha oceanográfica 4.	84
Figura 25 - Equipamentos de coleta de sedimentos: A) Box Core e B) Van Veen. .	85
Figura 26 – Coletada de dados com ecobatímetro e sistema de posicionamento para a coleta das amostras.	86
Figura 27 – Distribuição espacial dos 79 transectos e 831 amostras coletadas de sedimentos superficiais de fundo na plataforma continental de Sergipe-Alagoas. ...	87
Figura 28 - Diagrama de classificação textural modificado de Shepard (1954), usado pelo programa SEDCLASS (USGS).	89
Figura 29 - Fluxograma das etapas de análises granulométricas dos sedimentos..	92

Figura 30 - Mapa topográfico e batimétrico da margem continental de Sergipe e sul de Alagoas. Modificado de Projeto MARSEAL.....	99
Figura 31 - Modelo de relevo sombreado, com três partes integradas: continente, plataforma e talude continental, cada uma delas com um processamento distinto, com delimitação dos limites entre as sub-bacias sedimentares subjacentes. Podem ser observados os cânions do São Francisco e Japarutuba, os vales incisos e as áreas rugosas e lisas.....	101
Figura 32 - Perfil esquemático da plataforma continental, com as suas divisões no sentido transversal a linha de costa. (a) Plataforma sul de Alagoas e norte de Sergipe; (b) Plataforma continental sul de Sergipe.	102
Figura 33 - Divisão transversal da plataforma interna, média e externa de Sergipe e sul de Alagoas.	103
Figura 34 - Recifes na região sul de Alagoas. São evidenciados os recifes que ficam parcialmente emersos mais próximos a costa e os demais recifes submersos.....	106
Figura 35 - Perfil sísmico transversal e mapa de localização do recife submerso na profundidade de -15 m, em frente ao Pontal do Peba. Os refletores sísmicos mostram a espessura da cobertura sedimentar moderna (até a profundidade máxima de 10 m abaixo do fundo marinho).	107
Figura 36 - Plataforma sul de Alagoas: (a) recifes entre 0 e 10 m no Pontal do Peba; (b) parcialmente emersos das praias Maceió - AL	107
Figura 37 - Recifes submersos encontrados na plataforma norte e sul de Sergipe.	108
Figura 38 - Construções carbonáticas do topo da Pedra do Robalo. Aproximadamente 8 m de profundidade.....	109
Figura 39 - Pedra do Grageru, com destaque para corais da Ordem Alcyonacea (gorgônias). Aproximadamente 23 m de profundidade.....	110
Figura 40 - Recife submerso isolado a 30 m de profundidade na plataforma continental adjacente ao rio Sergipe nomeado como recife de Aracaju; a) localização da área de levantamento; b) levantamento batimétrico da área ao redor do recife; c) Mosaico do recife; d) perfil transversal A-B do recife; e) perfil longitudinal C-D evidenciando um paleo-canal ao lado do recife.....	111
Figura 41 - Mapa geológico da região costeira norte de Sergipe (modificado de CPRM, 1997) e a localização do perfil batimétrico A-B no alto submarino de Ponta dos Mangues.	112

Figura 42 - Perfil transversal A-B ao alto de Ponta dos Mangues (sentido SW-NE).	113
Figura 43 – Principais feições evidenciadas na plataforma continental sul de Sergipe.	114
Figura 44 - Perfil esquemático do banco carbonático de borda da plataforma.	114
Figura 45 - Perfis batimétricos da plataforma sul de Alagoas na zona lamosa associada à foz do rio São Francisco, mostrando o banco carbonático da borda da plataforma.....	115
Figura 46 - Perfil do modelo batimétrico evidenciando o banco carbonático externo e um terraço na borda da plataforma norte de Sergipe.	116
Figura 47 - Perfil de sísmica rasa, com terraços de abrasão submarinos, localizados a 60 e 90 m de profundidade, na borda da plataforma no setor próximo a foz dos rios Piauí-Real.....	117
Figura 48 – Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continental na região sul de Alagoas, com destaque para as drenagens submarinas dos rios Coruripe, Jequiá-Jacarecica, Mundaú e Roteiro.....	119
Figura 49 - Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continentais na região norte de Sergipe.	121
Figura 50 - Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continentais na região sul de Sergipe e localização do perfil batimétrico da figura 50.	122
Figura 51 - Perfil transversal na região das drenagens do Vaza Barris na isóbata de 30 m, localizado na Figura 50, com dois vale em “V”, com 18 m de profundidade e outro vale em “U”, com 15 m de profundidade, formando um vale.	122
Figura 52 – Vales incisos mapeados na plataforma continental sul de Alagoas com destaque para as drenagens submarinas situadas em frente aos rios Coruripe, Jequiá, Jacarecica e Mundaú.	124
Figura 53 - Feições morfológicas submarinas mapeadas da plataforma continental sul de Alagoas. Em vermelhos a localização dos perfis na plataforma sul de Alagoas.	125
Figura 54 - Perfil transversal A–B na plataforma sul de Alagoas. O recife a 1 km da costa e o vale inciso do canal de Maceió a 10 km na isóbata em torno 25 metros, com profundidade de 10 m. Nas isóbatas de 30 e 40 m são indicados os terraços.	126

Figura 55 - Perfil transversal C–D ao vale inciso Jequiá-Jacarecica na plataforma sul de Alagoas, com profundidade de até 10 m na isóbata de 25 metros.	126
Figura 56 - Perfil esquemático de um vale inciso semi-preenchido na plataforma sul de Sergipe, em frente ao rio Vaza-Barris.	128
Figura 57 - (a) Cânion na borda da plataforma continental adjacente ao rio Vaza-Barris, com aproximadamente 800 m de largura e 100 m de profundidade, em perfil obtido por sísmica rasa; (b) Cânion na plataforma externa do sul de Sergipe, com 1000 m de largura e 200 m de profundidade.	129
Figura 58 - Modelo digital de terreno com destaque para os cânions submarinos (1) São Francisco, (2) Piranhas, (3) Sapucaia, (4) Japarutuba, (5) Vaza-Barris e (6) Piauí-Real.	131
Figura 59 - Mapa batimétrico do setor central da SEAL mostrando a margem continental cortada por cânions submarinos fortemente encaixados, produzindo uma compartimentação na dinâmica sedimentar.	132
Figura 60 - Rede de drenagem submarina e sistemas sedimentares rio-mar na plataforma e talude continental de Sergipe e Alagoas.	134
Figura 61 - Feições geomorfológicas e canais submarinos dos sistemas sedimentares rio-mar que são eixos de transferência de sedimentos para bacia oceânica.	136
Figura 62 - Rodolitos (algas calcárias vermelhas) coletados na plataforma continental	139
Figura 63 - Amostras das fácies areias lamosas das zonas lamosas da plataforma continental.	141
Figura 64 - Fácies texturais dos sedimentos superficiais de fundo da plataforma.	142
Figura 65 - Distribuição dos teores de carbonato dos sedimentos de fundo da plataforma SEAL.	144
Figura 66 - Associações de fácies texturais-composicionais (domínios sedimentares) e divisão das províncias morfo-sedimentares da plataforma continental SEAL. A) Província Carbonática-terrágena do sul de Alagoas (AL); B) Província Lamosa terrígena da foz do rio São Francisco (SE/AL); C) Província Terrígena-carbonática do norte de Sergipe (SE); D) Província Lamosa-terrágena da foz do rio Japarutuba (SE); E) Província Terrígena-carbonática do sul de Sergipe (SE)	146
Figura 67 - Perfil de sísmica rasa no contato entre a Província lamosa do rio São Francisco e a Província sul de Alagoas. O mapa indica a localização do perfil.	152

Figura 68 – Área de estudo compreendendo a plataforma continental de Sergipe e Sul de Alagoas.	159
Figura 69 – Estações de amostragem de sedimento das companhias oceanográficas.	162
Figura 70 - Equipamentos de coleta de sedimentos: a) <i>Box Core</i> e b) <i>Van Veen</i>	162
Figura 71 - Exemplares das amostras de Biodetritos: (a) Algas vermelhas; (b) Foraminífero; (c) Briozoários; (d) Halimeda; (e) Gastrópodes; (f) Bivalves. Fonte: Laboratório GOERIOEMAR –UFS.....	165
Figura 72 – Componentes encontradas na plataforma continental SEAL: a) grãos de Quartzo e b) grãos carbonáticos. Fonte: Laboratório GOERIOEMAR –UFS.....	166
Figura 73 - Abundância relativa total da composição sedimentar na PCSEAL.....	166
Figura 74 - Distribuição espacial da composição dos sedimentos na plataforma continental SEAL.	167
Figura 75 - Distribuição dos teores de carbonato na plataforma continental SEAL.	168
Figura 76 – Distribuição das classes faciológicas na plataforma SEAL.....	170
Figura 77 - Predomínio dos biodetritos nas estações de amostragem da PCSEAL.	171
Figura 78 – Ocorrência dos biodetritos por tipo de sedimento a) sedimentos Bioclásticos b) sedimentos Bio-siliciclásticos c) sedimentos Silici-bioclásticos d) sedimentos Siliciclásticos arenosos e lamosos.	172
Figura 79 – Distribuição espacial das Biofácies ao longo da plataforma continental SEAL.	174
Figura 80 – Correlação da ocorrência dos grãos de quartzo (a) e dos biodetritos (b) com a profundidade das estações de amostragem.	176
Figura 81 - Gráfico de variação do nível médio do mar para os últimos 150 mil anos. O período abordado neste trabalho está destacado em vermelho.	180
Figura 82 – Modelo do nível do mar a 20 mil anos atrás (-110m), evidenciando que a plataforma continental se encontrava totalmente exposta e recortada pelos canais fluviais.....	182
Figura 83 – Modelo do nível do mar no último máximo glacial (-110 m), expondo toda a plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas. As feições na plataforma indicam os paleocanais e vales incisos escavados pelos rios.....	185

- Figura 84** – Modelo do nível médio do mar na cota batimétrica de 40m, correspondente a idade entre 11.000 e 9.000 anos A.P. 187
- Figura 85** - Períodos de estabilização do nível do mar identificando as três paleo-linhas de costa na margem continental sul de Alagoas..... 188
- Figura 86** – Modelo do nível do mar na cota batimétrica de 25m, correspondente a idade entre 9.000 e 7.000 anos A.P. na plataforma de Sergipe e sul de alagoas. . 189
- Figura 87** - Modelo hipotético de convergência de rios na formação dos vales incisos identificados defronte ao rio Vaza-Barris. **A)** Penúltimo estágio de nível de mar alto, no qual os rios costeiros estavam afogados, como estuários; **B)** No Último Máximo Glacial, o nível do mar recuou a aproximadamente 110 m do nível atual, tornando exposta a plataforma continental e o rio Vaza-Barris avançando até o talude; **C)** No Holoceno, o nível do mar subiu e afogou novamente o rio Vaza-Barris e os outros rios, formando estuários, que configuram a zona costeira atual..... 191
- Figura 88** - Transgressão marinha alagando as áreas continentais onde hoje temos as principais cidades litorâneas. Nível do mar atingindo 5 m acima do nível atual em torno de 5.660 anos A.P. 192
- Figura 89** - Modelo conceitual de sedimentação na plataforma estreita e rasa de Sergipe e Alagoas. **A** – Baixa sedimentação – em função plataforma rasa e estreita, a erosão na plataforma e zona costeira adjacente dominou durante a maior parte do Quaternário. A erosão favoreceu o desenvolvimento de grandes vales incisos. **B** - Elevada sedimentação - durante os episódios de elevação do nível do mar, a plataforma e a zona costeira foram inundadas, os vales incisos foram parcialmente sendo preenchidos de sedimentos finos e favoreceu a sedimentação carbonática na borda da plataforma. 194
- Figura 90** - Esquema dos processos e das principais vias de dispersão de sedimento na plataforma e talude durante condições de nível de mar baixo (-110 m abaixo da posição atual) na plataforma continental SEAL. Rios: São Francisco (SF), Japarutuba (JA), Sergipe (SE), Vaza-Barris; Cânions: São Francisco (SFC), Sapucaia-Piranhas (SPC), Japarutuba (JAC), Vaza-Barris (VBC). 196
- Figura 91** - Esquema dos processos e das principais vias de dispersão de sedimento na plataforma e talude SEAL durante condições de nível de mar alto como o atual. Rios: São Francisco (SF), Japarutuba (JA), Sergipe (SE), Vaza-Barris; Cânions: São Francisco (SFC), Sapucaia-Piranhas (SPC), Japarutuba (JAC), Vaza-Barris (VBC); correntes oceânicas: Subcorrente Norte do Brasil (SNB)..... 198

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições atmosféricas da região litorânea de Alagoas e Sergipe. Dados das estações de Aracaju e Maceió. U.R (%) – Umidade Relativa Percentual; D.D. – Direção Dominante. Média histórica de 1981 a 2010.	33
Tabela 2 - Clima de onda para a área de estudo de acordo com cada segmento apresentado na figura 6.	35
Tabela 3 - Intensidade da deriva litorânea líquida para os segmentos costeiros retelinizados da área de estudo.	42
Tabela 4 - Fonte e resolução dos dados para a geração do modelo digital de terreno da bacia SEAL. Todos os dados foram projetados para o Sistema de Projeção UTM, SIRGAS 2000.	76
Tabela 5 - Classificação dos sedimentos segundo a escala Wentworth (1922).	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese de alguns dos níveis indicadores da linha de costa e do nível do mar identificados na plataforma continental brasileira.	68
Quadro 2 - Síntese das campanhas oceanográficas realizadas na plataforma SEAL.	82
Quadro 3 - Classificação faciológica de sedimentos do fundo marinho de acordo com a textura e composição.	91
Quadro 4 – Sequência de identificação sedimentar adaptada de Folk (1954) e Rebouças (2010) para a classificação das biofácies.	95
Quadro 5 - Síntese das feições geomorfológicas e erosivas da plataforma continental.	104
Quadro 6 - Síntese das campanhas oceanográficas realizadas para a coleta de sedimentos.	161
Quadro 7 - Indicadores analisados para identificação de variações ambientais....	164

LISTA DE SIGLAS

A.P. – Antes do Presente.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

FB - Folha de Bordo

GPS - Global Position System

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE - Modelo Digital de Elevação

MDT - Modelo Digital de Terreno.

MNT - Modelo Numérico do Terreno

PCSEAL – Plataforma Continental de Sergipe e Alagoas.

REMAC - Projeto de Reconhecimento da Margem Continental Brasileiro

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*.

INTRODUÇÃO

As margens continentais são de grande importância, pois fornecem diversos recursos naturais e, portanto, o entendimento dos processos que nela atuam se faz necessário para compreendermos as modificações ocorridas.

As margens continentais desempenham uma importante função ambiental, como a de depurar os contaminantes advindos pelos aportes continentais e são de grande importância para as atividades humanas, tanto no aspecto social como econômico (SILVA et al., 2013; SANTOS et al., 2013).

As plataformas continentais margeiam os continentes, estendendo-se das áreas rasas ao limite do talude continental, e ocupam cerca de 7% da superfície do assoalho oceânico. A circulação das águas da plataforma continental tem profunda influência no ciclo de vida dos animais e vegetais marinhos, na distribuição dos nutrientes, no transporte e dispersão de contaminantes e no planejamento e construção de obras de engenharia costeiras (VITAL et al., 2005a).

A exploração dos recursos pesqueiros e minerais, o turismo e a navegação são importantes atividades humanas que se desenvolvem na plataforma continental. Na plataforma continental dos estados de Sergipe e Alagoas, a produção de petróleo e gás em águas rasas e à indústria pesqueira, se destacam nesta região, aumentando o valor econômico e a atividade humana na região e, conseqüentemente, o interesse em novos estudos (DOMINGUEZ et al., 2013; PENNINO et al., 2016).

Estudos geomorfológicos e sedimentológicos das margens continentais fornecem informações importantes sobre a história evolutiva da plataforma continental ao longo do período geológico até as condições atuais. O conhecimento sobre as características do fundo marinho da plataforma continental permite revelar a sua constituição, morfologia e os controles e processos que deram origem as suas diversas feições morfológicas e ambientes submarinos.

Os primeiros levantamentos sobre a plataforma continental de Sergipe-Alagoas se deram no início na década de 70 (KEMPF, 1972; COUTINHO, 1976). Enquanto o conhecimento se ampliava em outras regiões da Plataforma

Continental Brasileira, a Plataforma de Sergipe e Alagoas permanecia ainda relativamente pouco conhecida. Entretanto, novos estudos começaram a ser desenvolvidos a partir de 2008 nesta região pela Universidade Federal de Sergipe.

O presente trabalho é resultante das ações desenvolvidas no âmbito do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia de Sergipe e sul de Alagoas – PCR SEAL – MARSEAL, de 2008 a 2018, uma parceria entre Petrobras e a Universidade Federal de Sergipe - UFS, o qual teve por objetivo de caracterizar a plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas, e que envolve estudos de Geologia, Química e Biologia. Através deste projeto foram realizados levantamentos de campo e análises de laboratório, sendo o autor um dos pesquisadores envolvidos na coleta, processamento e análise dos dados, os quais possibilitaram o desenvolvimento desta tese.

O objetivo é mapear as feições submersas e o substrato marinho e sua composição sedimentar, por meio da análise de dados sedimentológicos, geomorfológicos e geofísicos disponíveis, para identificar, classificar, mapear e inferir as alterações ambientais ocorridas na plataforma de Sergipe e Alagoas.

O presente estudo abordou a relação entre feições morfológicas e biofácies na configuração da plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas, com enfoque na interação continente-oceano, elaborando um modelo de evolução paleogeográfico da plataforma continental de Sergipe e Alagoas para os últimos 20 mil anos, desde o último máximo glacial, relacionando as alterações ambientais com as feições morfológicas na plataforma e no ecossistema marinho.

Os estudos da distribuição sedimentar são de suma importância, pois auxiliam na compreensão da dinâmica da redistribuição dos sedimentos pelos processos oceanográficos, além de possibilitar que entendamos o processo de transferência de sedimentos da fonte a bacia, que compreende o continente, plataforma e talude até o sopé continental. Desta forma, foram analisadas as características morfológicas e oceanográficas da área de estudo e inferido sobre as relações entre o fundo marinho e a dinâmica oceanográfica.

Embora o conhecimento sobre a distribuição e classificação das províncias sedimentares seja vasto, os estudos integrados ainda são escassos no que diz respeito à composição sedimentar e a geomorfologia da plataforma Sergipe/Alagoas. Os estudos desenvolvidos neste trabalho também irão ampliar o conhecimento existente e incorporar novas abordagens sobre as características da plataforma de uma forma integrada.

Assim sendo, e diante das lacunas de conhecimento, esta tese procura atualizar e ampliar o conhecimento sobre a geomorfologia e a sedimentação marinha, como também entender a distribuição das biofácies que compõem os sedimentos, e assim correlacionar com a evolução paleogeográfica da plataforma continental de Sergipe e Alagoas.

Os resultados da presente tese está delineado em 4 capítulos para atingir os objetivos, onde no primeiro é descrita a geomorfologia da plataforma continental, no segundo capítulo a caracterização dos sedimentos de fundo e a dinâmica sedimentar, no terceiro é apresentado o artigo submetido à Revista Geociências (UNESP) que trata dos componentes biogênicos e das biofácies dos sedimentos e por fim o quarto capítulo visa abordar a evolução paleogeográfica da plataforma continental Sergipe e Alagoas com base na variação do nível do mar e nos resultados dos capítulos anteriores.

Hipóteses da Pesquisa

As principais questões respondidas pela pesquisa estão relacionadas à origem das feições marinhas, aos controles da distribuição sedimentar e à origem da composição dos sedimentos de fundo na plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas.

Com base nos questionamentos foram analisadas as seguintes hipóteses da pesquisa:

- Questão 1: Quais são as condicionantes que controlam a sedimentação na plataforma continental de Sergipe e sul da Alagoas?

- Hipótese 1: A composição sedimentar na plataforma Sergipe e Alagoas é controlada pelos aportes fluviais, a redistribuição sedimentar pela dinâmica

oceanográfica e pela formação de sedimentos biogênicos, os quais irão apresentar a variabilidade sedimentar do fundo marinho atual.

- Questão 2: Quais são as associações de componentes biogênicos e como estão distribuídos na plataforma continental de Sergipe e sul da Alagoas?

- Hipótese 2: A distribuição dos sedimentos biogênicos na plataforma continental SEAL ocorre em função das condições abióticas do sedimento que formam biofácies e estão relacionadas a circulação e a topografia da plataforma.

- Questão 3: Quais às alterações ambientais que ocorreram na plataforma continental desde a última transgressão marinha?

- Hipótese 3: Com as variações do nível médio do mar, nos eventos transgressivos e regressivos, ficaram registrados na plataforma continental tanto nas feições morfológicas, nos sedimentos e nos organismos que compõem o fundo, indicações das variações ambientais que ocorreram na plataforma continental.

Objetivo Geral

Caracterizar a distribuição espacial de feições morfológicas do fundo marinho e das biofácies, utilizando estas informações como indicadores de variações ambientais na construção de um modelo de evolutivo paleogeográfico da plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas.

Objetivos Específicos

1. Mapear as feições morfológicas submersas na plataforma e no talude continental;
2. Classificar a plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas quanto aos tipos sedimentares;
3. Analisar a distribuição das biofácies (composição e componentes biogênicos) dos sedimentos na plataforma continental;
4. Estabelecer a evolução paleogeográfica da margem continental de Sergipe – Alagoas.

1.1 Climatologia

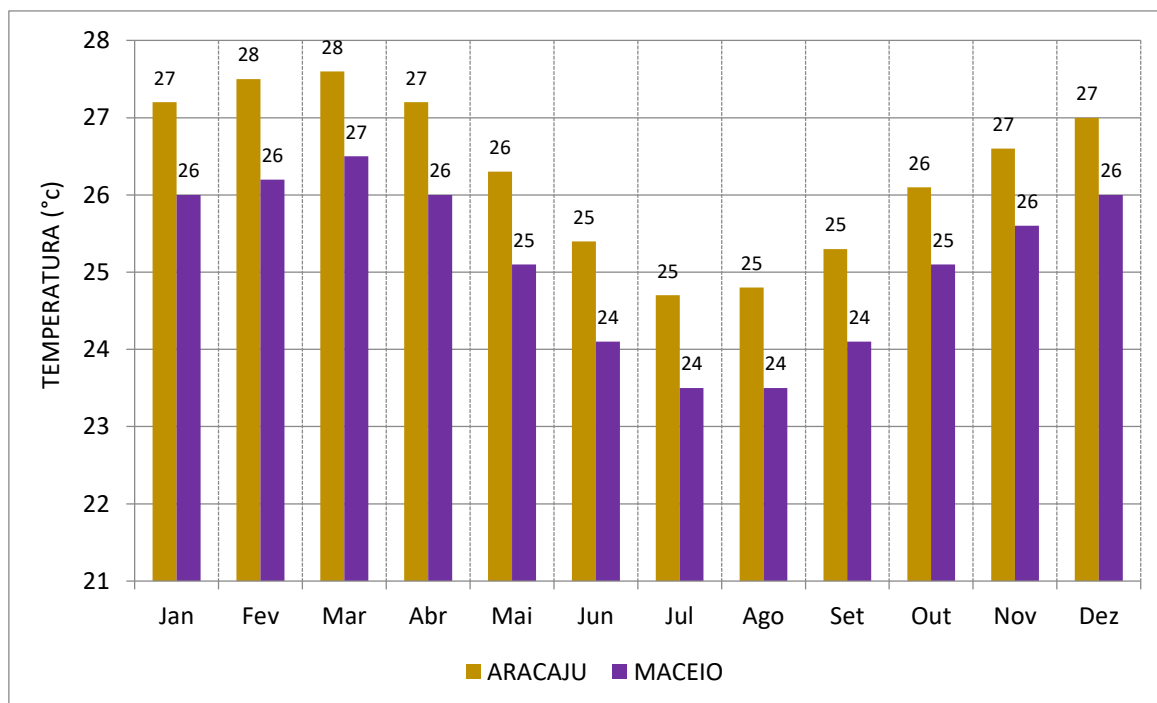
1.1.1 Clima

O clima da área de estudo se enquadra como tropical quente semi-úmido e a temperatura média situa-se em torno de 24 a 27°C (Fig. 2). Os meses mais quentes são os de outubro, novembro e dezembro, com temperaturas médias entre 26 e 28° C. Os meses mais frios são junho, julho e agosto, com valores médios entre 23 a 25° C (SEMARH, 2015; INMET, 2014).

O clima do litoral Sergipano e do sul de Alagoas é tropical do tipo AS' segundo a classificação de Köppen, o qual apresenta-se com poucas chuvas, verão seco e temperaturas média anuais de 24° a 27°C (ALVARES et al., 2013).

Esse trecho do litoral Nordeste oriental, entre Maceió e a divisa com o Estado da Bahia, o clima também pode ser considerado como do tipo AMS', que é caracterizado por ser tropical chuvoso com período seco no verão e com temperaturas variáveis de 23° a 28°C (ALVARES et al., 2013).

Figura 2 - Variação da temperatura média mensal nas estações de Aracaju e Maceió. Média histórica de 1981 a 2010.



Fonte: INMET (2014).

1.1.2 Precipitação Pluviométrica

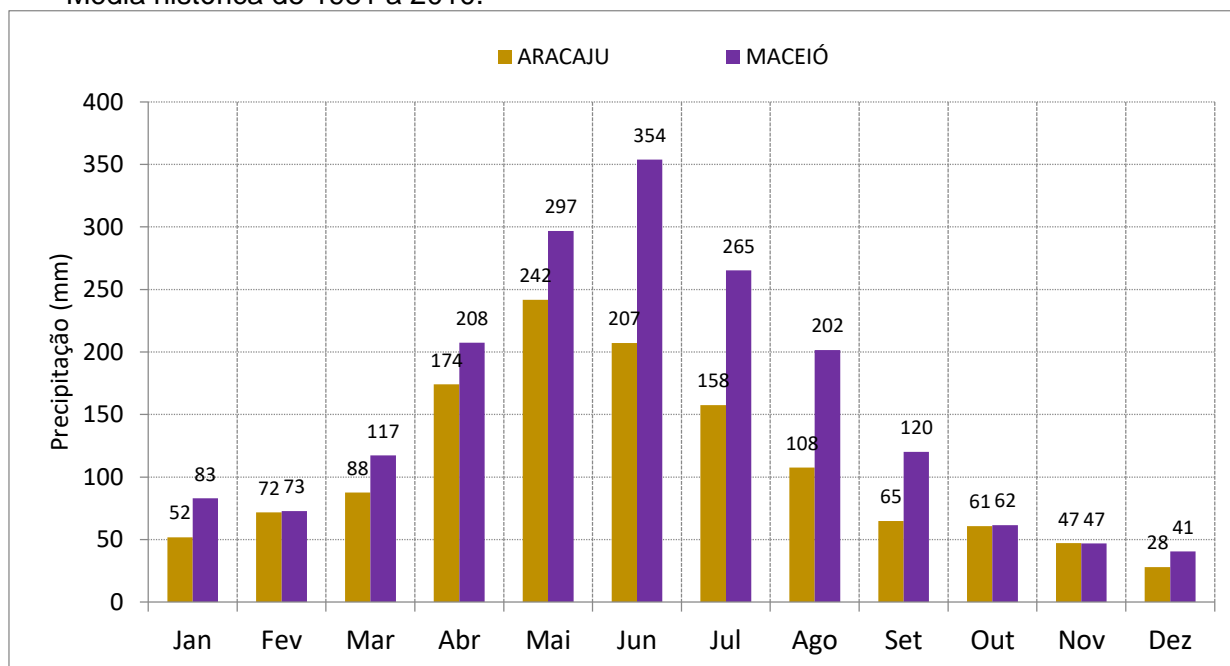
A região Nordeste do Brasil caracteriza-se por irregularidades climáticas que variam tanto espacial quanto temporalmente. Em situações normais, as regiões próximas ao litoral são marcadas por uma estação chuvosa bem definida, com chuvas abundantes. Os principais sistemas meteorológicos que provocam as chuvas ao longo do litoral estão associados às frentes frias, aos distúrbios de leste, às linhas de instabilidade e os efeitos da brisa, concentrando-se no período de abril a agosto (SILVA et al., 2011; FERREIRA; MELLO, 2005)

O comportamento da precipitação pluvial média ao longo do litoral sergipano e alagoano é exemplificado na Figura 3. Os excedentes hídricos concentram-se no final do outono e no inverno, nos meses de abril a agosto, período onde se concentram 70% das chuvas, enquanto que os menores índices pluviométricos ocorrem no verão, nos meses de novembro a fevereiro, período de moderada deficiência hídrica que está associada à maior evapotranspiração.

Nos meses mais chuvosos, os ventos provenientes de sul, trazem nuvens carregadas, devido às temperaturas mais baixas no Sul e Sudeste do país. No litoral Sergipano, durante esses meses, a precipitação média mensal supera os 200 mm, sendo maio o mais chuvoso com uma média de 241 mm (Fig. 3). No litoral do Estado de Sergipe são observadas precipitações anuais superiores a 1300 mm. Nos meses mais secos, de setembro a fevereiro, o vento fica mais fraco, só conseguindo ocasionar nuvens leves. A precipitação média mensal (Fig. 3), nesses meses é de 55 mm, sendo dezembro o mais seco, com média de 28 mm (INMET, 2014).

O Estado de Alagoas é caracterizado pela baixa ocorrência de chuvas no verão e uma maior ocorrência no período de inverno, com as precipitações máximas ocorrendo no litoral do estado (GÓIS et al., 2005). A média anual da precipitação no litoral está em torno de 1800 mm (Fig. 3). A estação chuvosa ocorre entre abril e agosto, com média mensal de 265 mm e a estação seca nos meses de setembro a fevereiro com média mensal de 70 mm (INMET, 2014).

Figura 3 - Precipitação pluviométrica acumulada nas estações de Aracaju e Maceió. Média histórica de 1981 a 2010.



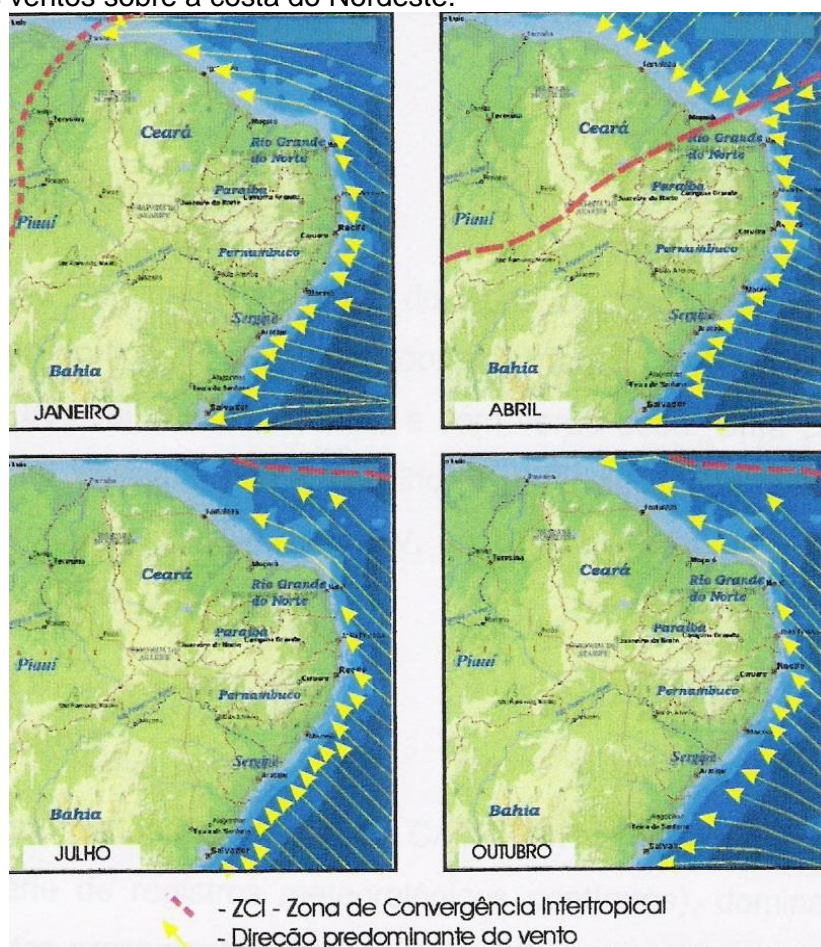
Fonte: INMET (2014).

1.1.3 Ventos

A circulação atmosférica regional da área de estudo é influenciada por quatro sistemas meteorológicos: Alísios de SE, Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, Sistema Equatorial Amazônico – SEA e Frente Polar Atlântico - FPA. A **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)** exerce influência no clima no Nordeste brasileiro pela presença da baixa pressão atmosférica, com chuvas e trovoadas originadas pela convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios (MELO et al., 2009).

Quando a ZCIT está mais ao norte, os ventos alísios de sudeste são intensos, ocorrendo uma progressiva diminuição da intensidade desses ventos à medida que a ZCIT migra em direção ao Equador (Fig. 4), alcançando os valores mínimos anuais durante o verão austral, nos meses de março e abril. Este movimento da ZCIT influencia o padrão de circulação oceânica e das correntes costeiras (FERREIRA; MELLO, 2005).

Figura 4 - Ilustração das diferentes posições ocupadas pela ZCIT durante o ano e padrão dos ventos sobre a costa do Nordeste.



Fonte: Modificado de MARTIN et al. (1998).

O Estado de Sergipe é controlado durante o ano pelo anticiclone semifixo do Atlântico Sul (ASAS) que dá origem às massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Atlântica (mEa). A primeira, proveniente da região oriental do anticiclone, atinge o Nordeste brasileiro provocando os alísios de SE e a segunda, oriunda da parte setentrional do anticiclone, originando os ventos de NE (FERREIRA; MELLO, 2005). Assim, durante os meses de março a agosto os ventos dominantes são de Sudeste, com velocidade variando de 2,7 m/s a 3,7 m/s, enquanto que nos meses de setembro a fevereiro predominam os ventos de Leste/Nordeste, com velocidade variando de 4,1 m/s a 3,3 m/s (INMET, 2014).

A tabela 1 demonstra os valores de umidade relativa para a região a nível mensal e anual, como também mostra as condições de direção e velocidade do vento para a região.

A umidade relativa apresenta uma tendência diária inversa a da temperatura do ar. Os maiores valores médios mensais de umidade relativa estão concentrados nos meses de abril a agosto, variando entre 74 a 82%, coincidindo com o período chuvoso da região do litoral sergipano (INMET, 2014).

Tabela 1 - Condições atmosféricas da região litorânea de Alagoas e Sergipe. Dados das estações de Aracaju e Maceió. U.R (%) – Umidade Relativa Percentual; D.D. – Direção Dominante. Média histórica de 1981 a 2010.

Estação	U.R %		Vento (D.D.)		Velocidade do vento (m/s)	
	Maceió	Aracaju	Maceió	Aracaju	Maceió	Aracaju
Janeiro	75,9	76,7	E	E	3,5	3,0
Fevereiro	74,2	76,3	E	E	3,3	3,0
Março	74,9	76,5	SE	E	3,1	2,7
Abril	77,8	77,6	SE	E	2,6	2,4
Maio	81,1	79,1	SE	E	2,4	2,4
Junho	82,6	79,2	SE	SE	2,4	2,4
Julho	82,8	78,8	SE	SE	2,4	2,3
Agosto	81,9	77,9	SE	E	2,7	2,6
Setembro	78,7	77,3	SE	E	3,1	2,8
Outubro	76,1	77,2	SE	E	3,6	3,2
Novembro	74,1	77,9	SE	E	3,8	3,3
Dezembro	73,9	77,3	E	E	3,7	3,2
Média	77,8	77,7			3,1	2,8

Fonte: INMET, 2014.

1.2 Caracterização Oceanográfica

1.2.1 Clima de ondas

O litoral de Sergipe e Alagoas é caracterizado pela incidência de ondas do tipo deslizante com duas direções predominantes, as ondas de Nordeste e as de Sudeste, e estão geralmente relacionadas com as direções dos ventos. As ondas de Nordeste ocorrem entre o mês de outubro e março e corresponde à maior parte das ondas que atingem o litoral. As ondas de Sudeste são maiores e ocorrem entre o mês de maio e julho, sendo geradas por tempestades distantes do litoral (BITTENCOURT et al., 2002; SANTOS et al., 2006; FONTES et al., 2006; SANTOS, 2007).

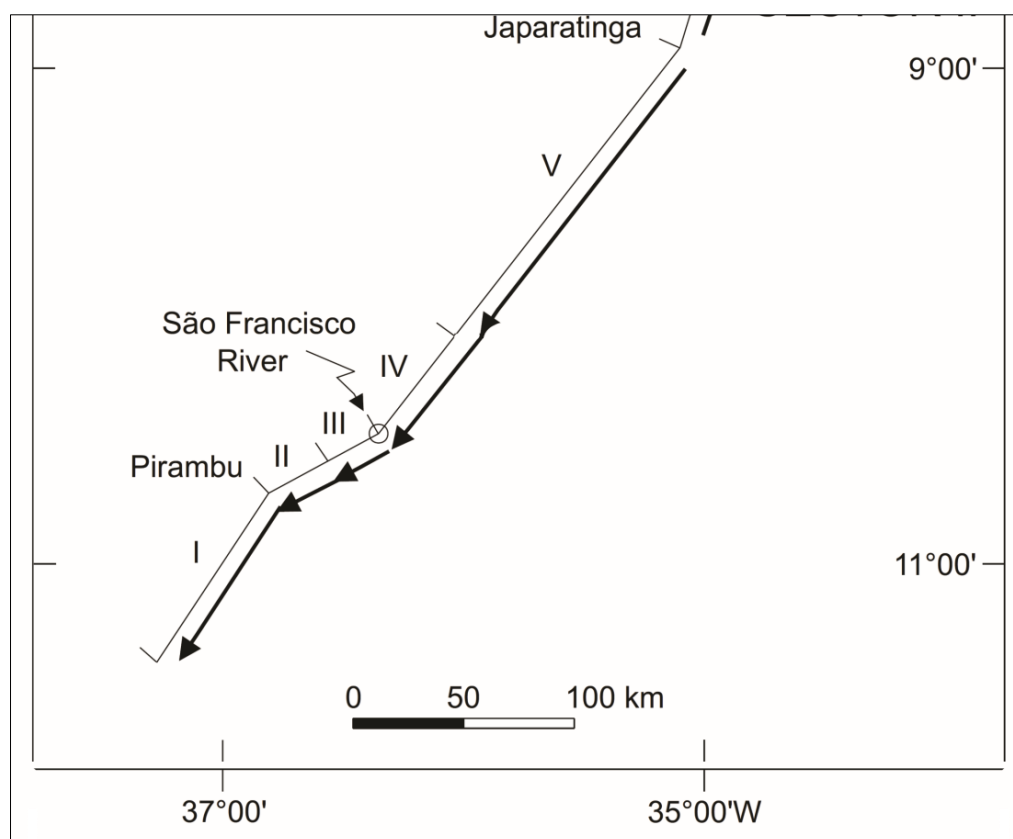
Os mais significativos períodos e alturas de ondas correspondentes a direções das ondas na área de estudo são:

- Período de 5 segundos e altura entre 0,5 e 1,0 m para a direção de ondas de NE e E.
- Período de 6,5 segundos e altura de 1,5 m para as direções de SE e S.

As maiores alturas significativas de ondas que incidem na área de estudo, muitas vezes, independem das condições de mar local. Estas ondas são geradas a longas distâncias, e em função da sua propagação, estas são as ondas de maior amplitude que chegam à região de estudo. No litoral de Alagoas, algumas praias possuem linhas de rochas que as protegem da incidência direta das ondas.

Bittencourt et al. (2002) com o objetivo de determinar o transporte longitudinal ao longo de um trecho da costa nordeste do Brasil (Fig. 5), obteve o clima de ondas incidentes na linha de costa, a partir de diagramas de refração. A altura significativa de onda e direção de ondas do setor de Alagoas e Sergipe é apresentada na Tabela 2.

Figura 5 – Segmentos retinizado da área de estudo para análise do clima de ondas conforme a tabela 2.



Fonte: Modificado de Bittencourt et al. (2002).

Tabela 2 - Clima de onda para a área de estudo de acordo com cada segmento apresentado na figura 6.

Segmento	Origem da frente de onda	Altura da onda ao longo da linha de costa (H)	Ângulo de incidência (α)	Componente principal da deriva litorânea
I	N45°	0.4	33°	N-S
	N90°	1.0	61°	N-S
	N135°	1.5	79°	S-N
	N180°	1.3	62°	S-N
II	N45°	0.4	22°	N-S
	N90°	0.9	43°	N-S
	N135°	1.5	73°	N-S
	N180°	1.4	77°	S-N
III	N45°	0.4	26°	N-S
	N90°	1.0	62°	N-S
	N135°	1.5	83°	N-S
	N180°	1.3	74°	S-N
IV	N45°	0.6	21°	N-S
	N90°	1.0	61°	N-S
	N135°	1.5	86°	S-N
	N180°	1.2	67°	S-N
V	N45°	0.8	28°	N-S
	N90°	1.0	55°	N-S
	N135°	1.5	86°	S-N
	N180°	1.3	50°	S-N

Fonte: Modificado de Bittencourt *et al.* (2002).

1.2.2 Marés

As marés que são observadas nas zonas costeiras resultam do empilhamento e amplificação das marés oceânicas, à medida que estas se movem sobre a plataforma continental e para o interior dos estuários e baías.

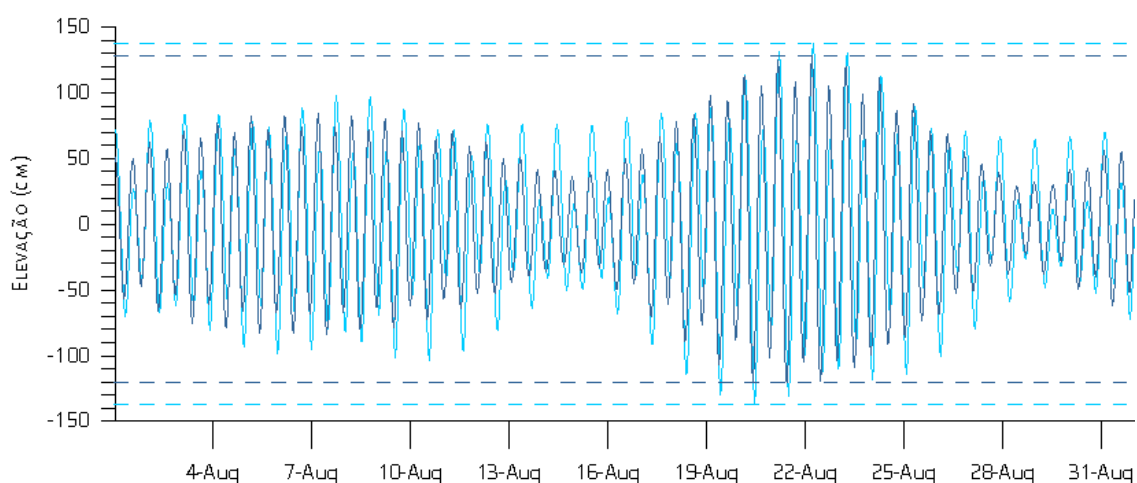
As marés do litoral de Sergipe são semidiurnas, com dois picos de marés altas e baixas em um período de 24 horas e 50 minutos, e com amplitude entre 1,0 a 3 m, e segundo Davies (1972) pode ser classificada como uma costa de micro a meso-marés e as máximas amplitudes ocorrem nos equinócios de março e setembro.

Para caracterizar o comportamento da maré na região, foram selecionados dois conjuntos de constantes harmônicas do Catálogo de Estações Maregráficas da Costa Brasileira. O primeiro é referente ao Porto de Aracaju, localizado nas coordenadas 10° 54,1' S e 037° 02,9' W; o segundo na

posição de uma plataforma de petróleo localizada nas coordenadas 11° 00,0' S e 36° 59,06' W (PETROBRAS, 2007).

Tanto o porto de Aracaju como o ponto da plataforma PCM-1 apresentaram comportamento de maré semidiurnas. Na Figura 6 estão representadas as marés astronômicas para os 2 pontos, referentes ao mês de agosto de 2005, calculadas com a utilização das constantes harmônicas. Podem-se notar diferenças entre as amplitudes de ambas as estações, causadas não só pela distância entre os pontos, como também pela influência do fundo, já que a primeira estação maregráfica estava localizada na costa, onde a onda de maré é amplificada (PETROBRAS, 2007).

Figura 6 - Série temporal de maré para o porto de Aracaju e o ponto da plataforma PCM-1. A linha em azul claro corresponde à estação de Aracaju, enquanto a linha em azul escuro à PCM-1.



Fonte: Petrobras (2007).

1.2.3 Temperatura Superficial do Mar e Salinidade

A temperatura superficial do mar (TSM) na região em questão exibe uma discreta diminuição de norte para sul, na qual os valores normalmente encontrados variam entre 25 e 28°C. A TSM nos períodos de verão e inverno oscila em torno de 27-28°C e 25-26°C, respectivamente. Em se tratando da salinidade, seus valores aumentam tanto de norte como para sul da região costeira para costa afora. Os valores típicos encontrados estão entre 36-37‰, exceto próximo à desembocadura dos rios, onde a salinidade pode atingir

valores tão baixos quanto 32-33 % (CASTRO; MIRANDA, 1998; PAES et al., 2007).

A massa d'água predominante na plataforma de Sergipe é a Água Tropical, associada à Corrente do Brasil (PAES et al., 2007). Os valores de temperatura apresentaram-se em torno de 26°C e de salinidade na faixa de 36 a 38 ‰. Na faixa litorânea e principalmente próximo à foz dos rios, ocorrem ainda águas costeiras muito misturadas, com temperatura e salinidade influenciadas pela vazão dos rios.

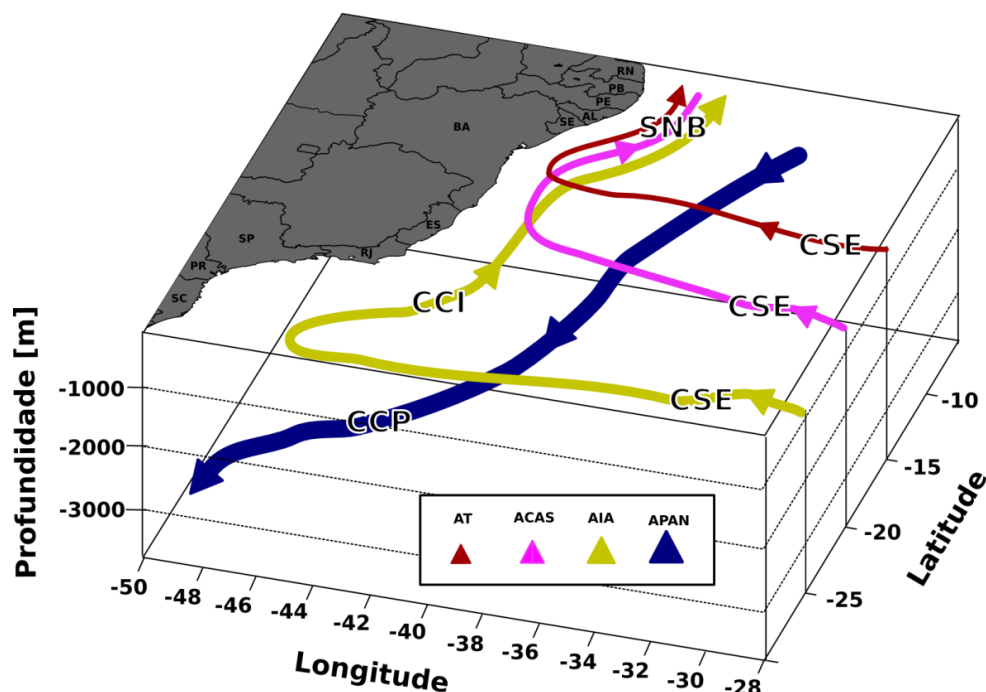
Segundo Paes et al. (2007) durante o período de verão a coluna d'água encontra-se estratificada e os menores valores de temperatura ocorrem nestas épocas. No período de inverno, por outro lado, a coluna d'água encontra-se quase homogênea e é constituída de águas mais quentes e mais salinas.

1.2.4 Massas de Água e Circulação Oceânica

No oceano atlântico tropical, nos três primeiros quilômetros de coluna d'água encontram-se as seguintes massas d'água: Água Tropical (AT), Água central do atlântico Sul (ACAS), água intermediária antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e Água profunda do atlântico Norte (APAN).

A distribuição vertical das massas d'água ao longo do talude (Fig. 7) ocorre da seguinte forma: na porção superior da coluna d'água compreendida entre a superfície e a profundidade média de 150 metros temos as Água Tropical (AT). Entre as profundidades de 140 e 160 metros foi observada uma zona de transição entre a AT e a Água Central Atlântico Sul (ACAS). Abaixo desta zona até a profundidade de cerca de 800 metros foi observada a presença da ACAS e abaixo desta a Água Intermediária da Antártica (AIA) (SILVEIRA et al., 1994 e 2015; STRAMMA et al., 1995; SCHOTT et al., 2005).

Figura 7 - Representação esquemática da formação e organização da Subcorrente Norte do Brasil, baseado em Soutelino e Miranda (2013). As cores representam a Corrente de Contorno Intermediária (CCI), a Corrente Sul Equatorial (CSE), a Subcorrente Norte do Brasil (SNB), a Corrente de Contorno Profunda (CCP), a Água Tropical (AT), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a Água Intermediária Antártica (AIA) e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

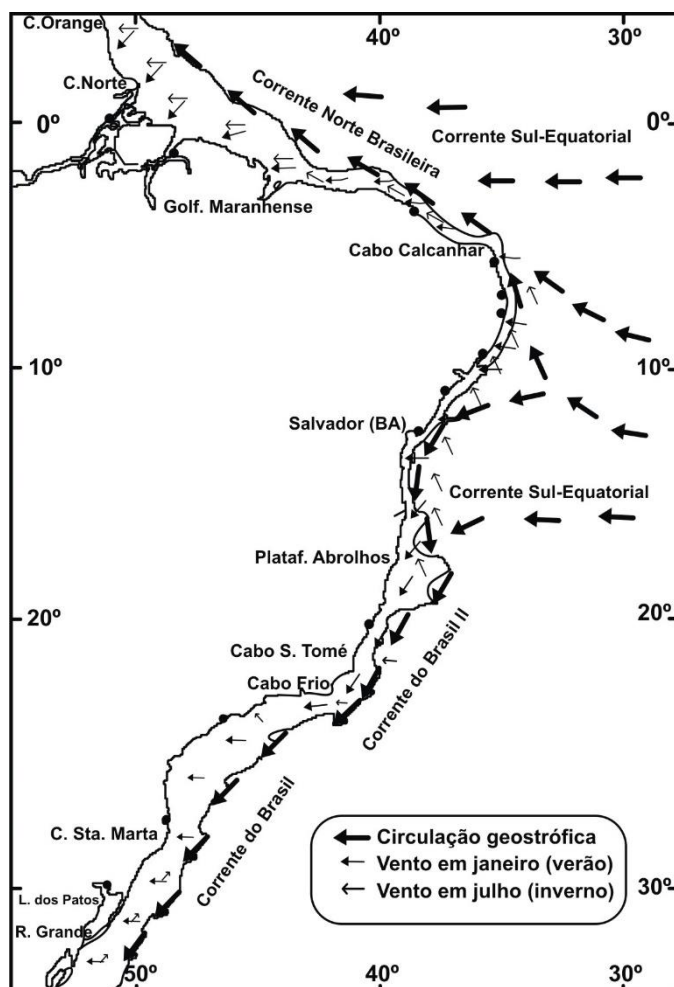


Fonte: Silveira et al. (2015).

Na plataforma do Nordeste do Brasil, a circulação oceânica é dominada pela Corrente Sul-Equatorial (CSE) que flui de leste para oeste atravessando o Oceano Atlântico (Fig. 8). Próximo à costa do Brasil, a CSE - ramo Sul ramifica-se formando a corrente do Brasil (CB) que flui para sul com velocidade média relativamente fraca, variando entre 10-15 cm/s e a corrente norte do Brasil (CNB) que cruza o equador e acelera, alcançando em 2°N a velocidade de 81cm/s. (SILVEIRA et al., 1994).

A Corrente do Brasil é a corrente de contorno oeste associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul. Origina-se ao sul de 10°S, na região onde o ramo mais ao sul da corrente sul equatorial (CSE) se bifurca formando também a Corrente do Norte do Brasil (CNB) (Fig. 8). A corrente do Brasil é descrita na literatura como uma corrente fraca relativamente à sua análoga no atlântico norte, a corrente do golfo (CG). A região da CB é formada pelo empilhamento das massas de água características do Atlântico Sul (SILVEIRA, 2000; MARIN, 2009).

Figura 8 - Esquema simplificado da Corrente Sul-Equatorial ao atingir à costa nordestina brasileira e dividindo-se formando a Corrente Norte Brasileira e a Corrente do Brasil.



Fonte: Modificado de Peterson e Stramma (1991) e Castro e Miranda (1998).

Até o início da década de 90, acreditava-se que tanto a Corrente do Brasil (CB) como a CNB se originavam da bifurcação do ramo central da Corrente Sul Equatorial (CSEc) próxima ao Cabo de São Roque –RN, em 5°30'S. Silveira et al. (1994) concluíram que a porção que flui para o sul a partir desta bifurcação não tinha relação com a CB e, sim, com o transporte de Ekman nas primeiras dezenas de metros de coluna de água e de direção sudoeste.

Segundo Stramma e England (1999) através de simulações de modelos numéricos oceânicos descreveram que a CB, teria origem a partir da bifurcação do ramo sul da Corrente Sul Equatorial (CSE), cuja posição média anual do eixo é aos 15°S.

Nas proximidades dos cânions do São Francisco e do Japaratuba durante os meses de verão (dezembro), verificam-se águas com as menores temperaturas e ricas em nutrientes sugerindo que nestes locais esteja ocorrendo o fenômeno da ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS – cor rosa, Fig. 7). A ressurgência ocorre durante o verão controlado pelo regime de ventos predominantes de norte-nordeste. Durante os meses mais chuvosos a salinidade superficial apresenta valores mais baixos provavelmente por influência do rio São Francisco (PAES et al., 2007).

1.2.5 Transporte Litorâneo de Sedimentos

Os processos morfodinâmicos que atuam no transporte de sedimentos ao longo da linha de costa são basicamente gerados pela ação das ondas, correntes costeiras e marés. As ondas constituem um dos processos marinhos mais efetivos no selecionamento e redistribuição dos sedimentos depositados nas regiões costeiras e plataforma continental interna.

O transporte de sedimentos litorâneos ao longo da costa sergipana é de 790.000 m³/ano, com cerca de 658.000 m³/ano no sentido NE-SW e 132.000 m³/ano no sentido inverso (OLIVEIRA, 2003).

Com relação à interface marinha, os processos morfodinâmicos que atuam na linha de costa estão representados pela ação das ondas, correntes costeiras e marés, que exercem influência na região costeira, seja através da ação destrutiva (erosão) em determinados locais ou da ação construtiva em outros (deposição), como observado no litoral do Estado de Sergipe (BITTENCOURT et al., 2006).

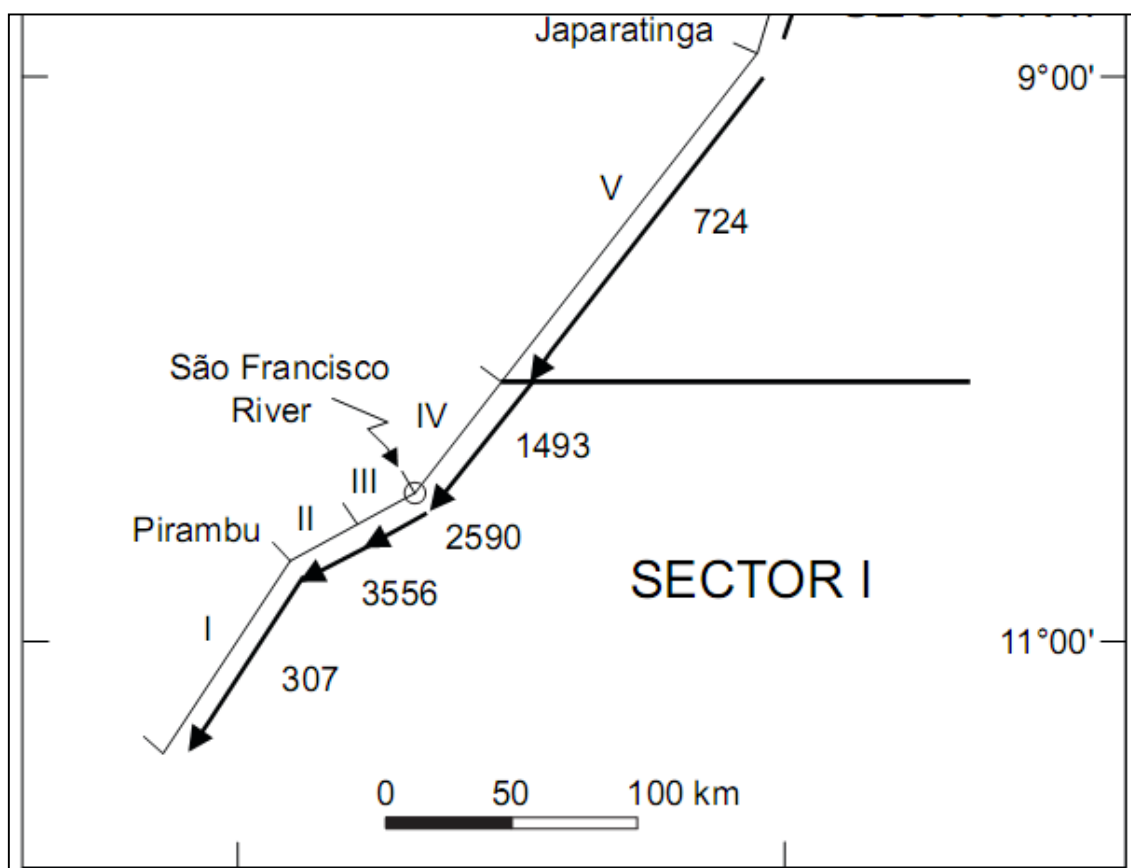
As frentes de onda de sul e sudeste são as que chegam à linha de costa sergipana com os maiores períodos e, portanto, são as que experimentam o maior grau de refração, promovendo as maiores variações de distribuição de energia ao longo da linha de costa (RODRIGUES e DOMINGUEZ, 2017).

Bittencourt et al. (2002) determinaram o transporte longitudinal ao longo da costa do nordeste oriental do Brasil (Fig. 9). Os valores de intensidade e direção potenciais obtidos de deriva litorânea ao longo da área de estudo são

apresentados na Tabela 3, juntamente com a direção e intensidade do potencial da deriva litorânea efetiva (unidade não dimensional).

Nos trechos costeiros que apresentam direções opostas de deriva litorânea sazonalmente, a direção de deriva litorânea efetiva foi definida tendo em conta a direção predominante, dada pela diferença de intensidade entre os opostos da deriva litorânea. A região costeira estudada apresentou o potencial da deriva litorânea efetiva com direção predominante para o sul (Fig. 9), aumentando continuamente, a partir de um valor de 724 (Segmento V) até 3556 (segmento II), e reduzindo abruptamente para 307 no segmento I.

Figura 9 - Sentidos da deriva litorânea líquida calculada para os segmentos retelinizados da área de estudo. Os números ao lado das setas se referem à intensidade potencial (unidade não dimensional) da deriva litorânea líquida.



Fonte: Modificado de Bittencourt et al. (2002).

Tabela 3 - Intensidade da deriva litorânea líquida para os segmentos costeiros retelinizados da área de estudo.

Segmento	Intensidade da deriva litorânea por unidade de área	Porcentagem anual da incidência de ondas	Intensidade da deriva multiplicada pela porcentagem anual de incidência	Intensidade da deriva dominante menos deriva secundária
I	N45°	0.4	33°	N-S
	N90°	1.0	61°	N-S
	N135°	1.5	79°	S-N
	N180°	1.3	62°	S-N
II	N45°	0.4	22°	N-S
	N90°	0.9	43°	N-S
	N135°	1.5	73°	N-S
	N180°	1.4	77°	S-N
III	N45°	0.4	26°	N-S
	N90°	1.0	62°	N-S
	N135°	1.5	83°	N-S
	N180°	1.3	74°	S-N
IV	N45°	0.6	21°	N-S
	N90°	1.0	61°	N-S
	N135°	1.5	86°	S-N
	N180°	1.2	67°	S-N
V	N45°	0.8	28°	N-S
	N90°	1.0	55°	N-S
	N135°	1.5	86°	S-N
	N180°	1.3	50°	S-N

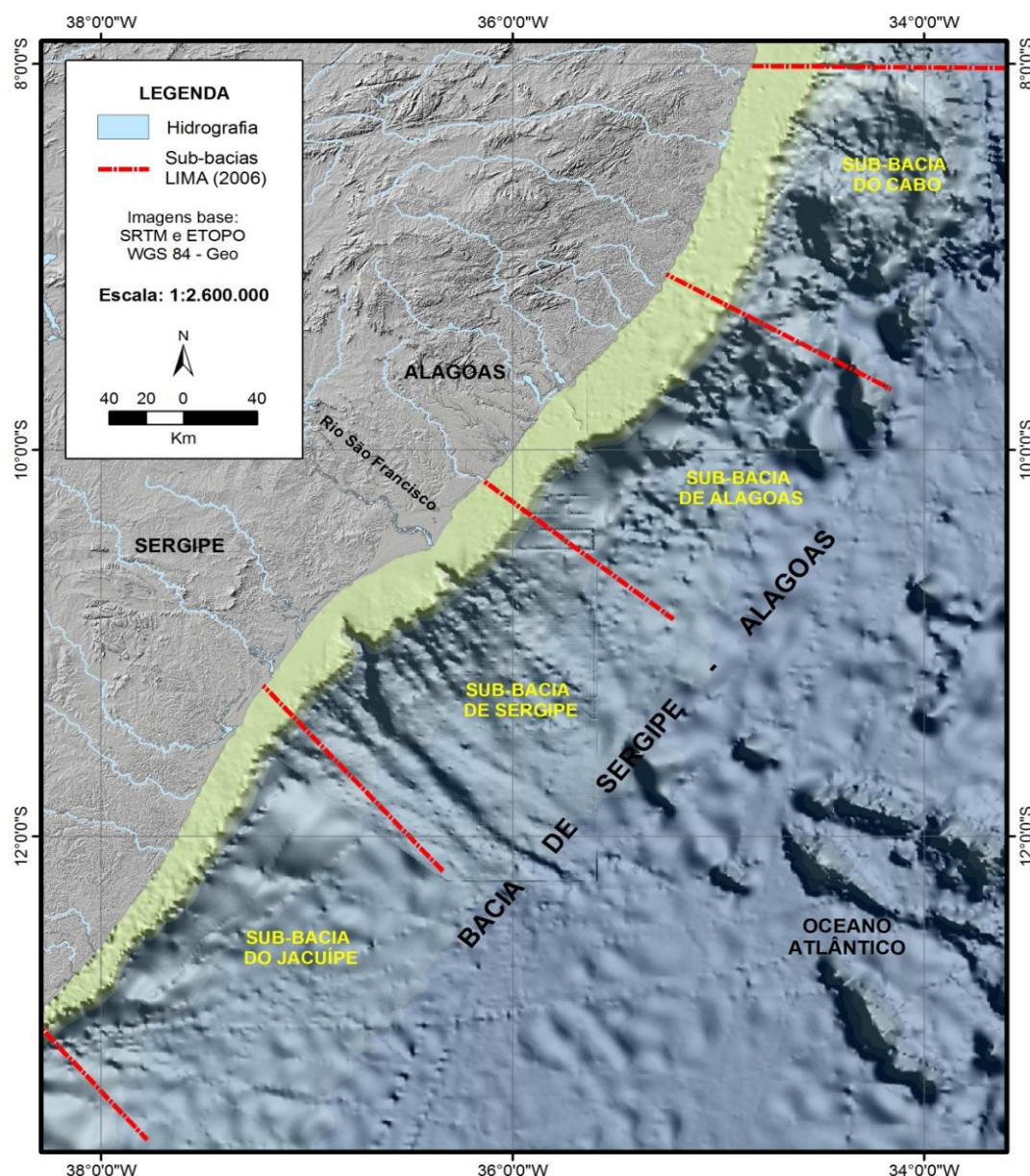
Fontes: Modificado de Bittencourt et al. (2002)

1.3 Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas

O substrato geológico regional sobre o qual se encontra a plataforma continental é formado por rochas sedimentares em toda a sua extensão. O embasamento cristalino da Sub-Bacia de Sergipe é constituído por metassedimentos da Formação Estância e dos Grupos Miaba, Vaza-Barris e Macururé, da Faixa Sergipana (CAMPOS NETO et al., 2007; CRUZ, 2008).

A geologia da plataforma é, normalmente, semelhante à da área emersa adjacente. A Bacia de Sergipe-Alagoas é subdividida em sub-bacia de Alagoas, sub-bacia de Sergipe, sub-bacia do Cabo e de Jacuípe (SOUZA-LIMA, 2006). A área de estudo, plataforma de Sergipe e sul de Alagoas, está localizada dentro da sub-bacia de Sergipe e norte da sub-bacia de Jacuípe (Fig. 10).

Figura 10 - Bacia de Sergipe-Alagoas e suas sub-divisões.



Fonte: Souza-Lima (2006).

O arcabouço estrutural da Bacia SEAL (Fig. 11), tem sua origem relacionada aos modelos de deriva continental, tectônica de placas e formação e expansão do assoalho oceânico. Este arcabouço estrutural foi formado no Cretáceo Inferior, pelo tectonismo pré-aptiano, sendo provavelmente a última atividade tectônica de grande importância na área. Contudo, é possível que tenham ocorrido posteriormente movimentos verticais de soerguimento e subsidência ao longo de falhas pré-existentes, responsáveis pela presença de falhas escalonadas, que caracterizam a Bacia Sergipe-Alagoas (CAINELLI, 1992; SOUZA-LIMA, 2006, FONTES et al., 2017a).

1.4 Bacias Hidrográficas

A região costeira de Sergipe e Alagoas é recortada por uma série de canais fluviais, os quais possuem uma orientação geral no sentido nordeste-sudeste. As bacias hidrográficas dos rios que apresentam maior influência na área de estudo (Fig. 12), de norte para sul são: Mundaú, Manguaba, São Miguel, Jequié, Coruripe, Piauí, São Francisco, Japaratuba, Sergipe, Vaza Barris e Piauí-Real.

As áreas das bacias de drenagem dos rios de Sergipe variam em diversas ordens de grandeza, sendo a maior a do São Francisco com uma área de 640.000 km², seguida do Vaza-Barris com uma área de 16.200 km² e a bacia dos rios Piauí-Real, que desembocam em conjunto no mar, com área total de 8.843 km². Os rios do Estado de Sergipe possuem extensões variando de 80 km (Japaratuba) até aproximadamente 320 km (Vaza-Barris). A Bacia do Baixo São Francisco, possui desde a jusante da barragem do Xingó até o litoral uma extensão de 180 km e área de 36.000 km². A Bacia do Rio São Francisco é a mais estudada dentre as que drenam na costa de Sergipe e sul de Alagoas e corresponde a maior bacia de drenagem do território brasileiro (SOUZA; KNOPPERS, 2003; MEDEIROS et al., 2007).

As principais bacias hidrográficas existentes na área de estudo, atravessam desde suas nascentes, os terrenos do embasamento cristalino, onde alguns rios são temporários. Em seguida, os rios atravessam os sedimentos cenozóicos da superfície dos Tabuleiros, até atingirem a linha de costa, como rios perenes, onde os processos fluviais e marinhos interagem na formação da morfologia litorânea atual.

De forma geral, os rios do Nordeste estão sujeitos a uma acentuada variabilidade sazonal, com elevação da vazão em forma de pulsos de inundação durante a estação chuvosa e fluxos muito baixos durante a estação seca. Em rios de pequena escala, a vazão costuma apresentar um típico comportamento de eventos torrenciais (SOUZA; KNOPPERS, 2003).

A zona costeira do rio São Francisco foi drasticamente alterada pela construção de uma série de barragens na bacia do rio entre as décadas de 1970 e 1990. Sua vazão média anual de mais de 3.000 m³/s sofreu um declínio

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plataforma Continental do Nordeste

2.1.1 Histórico dos estudos anteriores

O início da coleta de dados batimétricos na plataforma continental nordestina data do início da época das grandes navegações, no século XVI.

A margem continental ao longo de Sergipe e Alagoas já foi alvo de diversos estudos, tendo sido um dos primeiros, aquele realizado durante a passagem do navio inglês HMS Challenger em 1873. Em cada estação de trabalho foram feitas observações sobre a profundidade, temperatura da água, além de coleta de água, fauna e amostras de fundo.

Posteriormente entre 1925 e 1927 o navio alemão Meteor realizou 13 perfis topográficos por meio de sonda acústica, sendo 9 deles no Brasil. Os resultados desta expedição permitiram pela primeira vez, visualizar a presença da cordilheira meso Atlântica um dos pontos fundamentais para a formulação da teoria da tectônica de placas. Além dos perfis foram coletadas amostras de sedimento e água (FRANÇA, 1979).

As décadas de 60 e 70 corresponderam ao período do grande impulso dos levantamentos geológicos, geomorfológicos e sedimentológicos da plataforma continental brasileira.

Ao final da década de 60 e início da década de 70 foram iniciadas expedições com o navio oceanográfico Almirante Saldanha, dentre elas as operações Leste, Nordeste, Geomares, Geocosta e conduzidas pela Marinha do Brasil junto com as universidades com o propósito de mapear a margem continental (KEMPF, 1972; COUTINHO, 1976).

Também na década de 70 foram iniciados os cruzeiros do projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), um projeto de reconhecimento da margem continental brasileira, desenvolvido pela PETROBRAS e a participação de pesquisadores estrangeiros. Dentre os trabalhos publicados tem-se Milliman (1975) e França et al. (1976).

A partir desta época, os trabalhos ficaram mais focados na plataforma continental e dentre eles vale destacar Coutinho e Kempf (1972), Coutinho (1976, 1981 e 1995) e França et al. (1976).

Os primeiros trabalhos sobre os levantamentos relacionados com a batimetria, fisiografia, geomorfologia e a caracterização da textura, composição geoquímica e biológica dos sedimentos superficiais dos trechos da plataforma continental do Nordeste Oriental e Leste-Norte, dentro do qual se enquadra a área de estudo, são os trabalhos de Coutinho (1976, 1981) e Martins e Coutinho (1981). Algumas seções batimétricas foram realizadas durante a operação Norte/Nordeste 1, pelo Navio Oceanográfico Almirante Saldanha, entre as cidades de Recife e Cabo Orange, resultando em uma caracterização geomorfológica inicial da plataforma continental (MABESOONE; COUTINHO, 1970).

O Projeto REMAC, iniciado em 1972, gerou a mais completa descrição geológica e geomorfológica da Margem Continental Brasileira (REMAC, 1975) e uma coletânea de 11 volumes sobre a geologia marinha e a sedimentação da plataforma, com diversos aspectos sobre a região Nordeste e Leste apresentados por Summerhayes et al. (1975); Milliman e Summerhayes (1975), Milliman (1976) e Martins e Coutinho (1981).

A área de estudo foi inserida durante o período 1966-1967 em um mapeamento abrangente, no qual foram coletadas 210 amostras do fundo da plataforma Sergipe e Alagoas, considerado como o melhor conjunto de dados pretéritos para a comparação com estudos atuais. O levantamento dessas informações foi executado durante as Operações AKAROA e CANOPUS.

Os Aspectos gerais dos sedimentos foram tratados por Mabesoone e Tinoco (1966), a geomorfologia e geologia do litoral e da plataforma por Mabesoone e Coutinho (1970), a composição dos organismos bentônicos por Kempf (1972) e a sedimentação terrígena do rio São Francisco por Coutinho (1969). Os aspectos da origem, mineralogia e composição geoquímica dos sedimentos encontram-se em Coutinho (1976 e 1981), Martins e Coutinho (1981), Summerhayes et al. (1975 e 1976) e Müller et al. (1999).

As características geológicas, oceanográficas e climáticas também foram abordadas, fornecendo indícios sobre a interação entre o aporte e a sedimentação de matéria terrígena (alóctone) e a formação organogenética de carbonatos (autóctone) na plataforma. Constatou-se que a região possui diversas fácies sedimentares condicionadas à interação entre a magnitude do aporte fluvial e a influência da Corrente Sul Equatorial (CSE).

Outros projetos que contribuíram para o conhecimento da região foram o LEPLAC (Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira) de 1988 e o REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva) que foram executados durante a década de 90. Coutinho (2000) realizou o levantamento do estado da arte de dados pretéritos e a síntese das condições da plataforma na área de oceanografia geológica, considerando as definições das províncias topográficas de Zembruski et al. (1972), as associações carbonáticas em função de parâmetros ambientais e a síntese de Villwock (1994) sobre os depósitos sedimentares acumulados da região Nordeste Oriental.

No início da década de 90 foi executado o Programa JOPS (*Joint Oceanographic Projects* - Projetos Oceanográficos Conjuntos) no âmbito da cooperação Bilateral Brasil-Alemanha em Ciências do Mar (CNPq/MCT/BMBF) realizando as campanhas oceanográficas JOPS I (1990/1991) e JOPS II (1994/1995) onde foram abordados entre outros aspectos os processos de sedimentação e da produtividade na plataforma continental Leste e Nordeste Oriental. Informações sobre a sedimentologia, os metais, o transporte, a taxas de exportação e sedimentação/acumulação de carbono e nitrogênio da região Nordeste Oriental e do rio São Francisco foram relatados por Tintelnot (1996), Ekau e Knoppers (1996 e 1999), Jennerjahn et al. (1997, 1999 e 2010). Knoppers et al. (1999 e 2006), Freire et al. (2004) e Santos (2007).

Para avaliar os impactos das atividades petrolíferas na plataforma de Sergipe, iniciadas na década de 60, foram realizados estudos de monitoramento entre 1999 e 2003 pela Universidade Federal de Sergipe sobre a geoquímica de metais pesados e o teor de hidrocarbonetos realizados por Guimarães et al. (2000) e Araújo et al. (2004). Mais recentemente, entres os anos de 2010 - 2013 foi realizada uma ampla caracterização geológica,

química e biológica da plataforma Sergipe e sul de Alagoas, realizado pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) denominado Projeto MARSEAL.

Embora o conhecimento sobre a distribuição e classificação das províncias sedimentares com as suas fácies organogenéticas e biodetríticas (carbonatos modernos e relíquias), terrígenas (siliciclásticos modernos e relíquias) e químicas de elementos majoritários e minoritários, principalmente metais, estivesse razoavelmente bem consolidado, foram escassos os estudos anteriores a Fontes et al. (2017b, c) sobre a composição e taxas de sedimentação e acumulação de matéria orgânica da plataforma continental de Sergipe e Alagoas.

Fontes (2015) analisou os controles e a reconstituição da evolução tectono-morfo-sedimentar da interface continente-oceano em Sergipe durante o Quaternário, desde a fonte até a bacia marinha, com ênfase no contexto do rio São Francisco. Foi evidenciado que as grandes alterações se referem às intervenções humanas ao longo da bacia hidrográfica como a construção das grandes barragens ao longo do rio São Francisco, trazendo impactos e alterações no ambiente marinho, tanto na biota como na sedimentação marinha.

2.1.2 Geomorfologia Marinha

A evolução geológica da plataforma continental e zona costeira no período Quaternário permite revelar a sua constituição, morfologia, controles e processos que deram origem as diversas feições morfológicas e ambientes submarinos (CONTI; FURTADO, 2006 e 2009; WESCHENFELDER et al., 2010).

Os levantamentos batimétricos anteriores a 1966 forneceram apenas uma vaga ideia da fisiografia da margem continental brasileira. O primeiro trabalho fisiográfico reunindo dados exploratórios foi o de Barreto e Milliman (1969). Posteriormente, Martins et al. (1972), definiram várias províncias topográficas e inferiram algumas relações genéticas entre algumas feições da margem continental brasileira.

A primeira base de informação sistemática e constante, sobre a batimetria da plataforma continental do Nordeste do Brasil, foi preparada a partir dos dados levantados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 1971) e publicados nas cartas náuticas. Estas cartas delimitaram a área de plataforma e apresentaram um grande número de medidas de profundidade. No entanto, concentram suas medições principalmente nas proximidades das zonas portuárias.

A plataforma continental brasileira é larga na região norte adjacente ao rio Amazonas, onde apresenta profundidade de quebra aproximadamente entre 75 e 80 m e largura em torno de 350 km, e estreita na região adjacente à cidade de Salvador (PALMA, 1984; KNOPPERS et al., 1999).

A plataforma continental do nordeste brasileiro faz parte do grupo das mais estreitas do país. O setor da plataforma continental dos Estados de Sergipe e Alagoas possui diferentes contextos geomorfológicos ao longo de seus 380 km de extensão. A plataforma é estreita, com larguras variáveis entre a linha de costa e o limite com o talude continental entre 20 km a 38 km e a profundidade de quebra é variável entre 40 e 80 m (COUTINHO, 1976).

A morfologia da plataforma apresenta geralmente um relevo suave e apresenta variações de largura devido à presença de cânions submarinos. Na região entre Aracaju e Maceió a plataforma é cortada por paleo-sistemas de canais bem desenvolvidos (FRANÇA et al., 1974) que ainda estão preservados, sendo possível sua identificação através da morfologia de fundo.

Milliman et al. (1975) deduziram que as principais características que explicam as pequenas dimensões da plataforma continental Nordeste-Leste é a baixa taxa de sedimentação terrígena, associada possivelmente aos comportamentos tectônicos e destacam que o grande desenvolvimento carbonático, comprova a baixa contribuição continental ao oceano.

A pouca profundidade é atribuída à ineficiência dos processos erosivos marinhos durante o Pleistoceno, atuando sobre uma margem continental estreita e abrupta (COUTINHO, 1976). Para Summerhayes et al. (1976), a reduzida largura da plataforma está ligada ao baixo índice de erosão terrígena e a pequena sedimentação marinha da área.

2.1.3 Divisão da plataforma do nordeste

A primeira tentativa de divisão da Plataforma do Nordeste deve-se a Kempf (1970) que estabeleceu a profundidade de 35-40 m, como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral.

Kempf et al. (1970) dividiram parte da plataforma pernambucana em: Zona Litorânea, com recifes como feições topográficas mais proeminentes; uma zona entre as isóbatas de 10 e 40m, sem acidentes topográficos mais importantes; uma zona acima dos 40m, com uma depressão longitudinal com profundidades de até 60m e pequenas elevações, até a quebra da plataforma aos 70m.

Considerando estas observações, no litoral de Alagoas, Coutinho (1976) dividiu a plataforma do Nordeste oriental nos seguintes trechos:

Plataforma interna, limitada pela isóbata de 20m. Com relevo suave, a presença de recifes, coberta por areia terrígena e pouco cascalho; os componentes bióticos são muito retrabalhados. Dominam associações de moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos e em menor quantidade restos de equinóides e algas coralináceas ramificadas e incrustantes. Corresponde à zona de maior sedimentação carbonática e cobre parte dos depósitos relíquias areno-quartzosos da plataforma pré-Pleistocênica.

Plataforma média, a partir da isóbata de 20m, com teor em carbonato de cálcio superior a 90%, que marca o aparecimento do gênero *Litthothamnium*, em formas livres e ramificadas e que se estende até 40m de profundidade. As associações carbonáticas não mostram sinais de retrabalhamento; as algas incrustantes vivas parecem ser mais abundantes.

Plataforma externa, a partir de 40m. É coberta por areias biodetríticas, cascalhos de algas e lama cinza-azulada. As *Halimeda* sp. tendem a ser mais abundantes e o teor em carbonato de cálcio é superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas. São sedimento-relíquias, no sentido de Emery (1968).

Santos (2010) classificou a plataforma continental oriental do Rio Grande do Norte até aproximadamente os 30 m de profundidade que foi o limite compreendido no estudo. Foram então definidas 3 grandes regiões:

- Região interna: limitada pela isóbata de 10 m profundidade sendo a região mais próxima a costa; com complexos recifais como feições topográficas mais relevantes e grande ocorrência de rodólitos próximo aos recifes; areias terrígenas encontradas apenas próximas a costa e domínio da sedimentação carbonática cobrindo os depósitos de areias terrígenas.
- Região Intermediária: delimitada entre 10 e 20m de profundidade, sem a presença de feições topográficas relevantes; teor em carbonato de cálcio superior a 80%, com a presença do gênero *Litthothamnium*, em formas livres e ramificadas e *Halimeda*, com predomínio de sedimentos carbonáticos e da fração areia grossa.
- Região externa: localizada entre 20 e 30m; com presença um banco de arenito como importante feição topográfica; ocorrência de sedimentos relíquias siliciclásticas formando grandes depósitos; apresenta zonas e feições morfológicas diferentes.

2.1.4 Fácies Sedimentares

A granulometria dos sedimentos a serem distribuídas na plataforma continental depende da proximidade da fonte, do tipo de material que está sendo fornecido, da redistribuição do sedimento pelo efeito da transgressão marinha e também pelo efeito da potência do fluído (ondas e correntes) (FIGUEIREDO Jr, 2011).

Segundo Martins e Coutinho (1981) os mapas sedimentológicos mostram que a plataforma continental Brasileira é formada, em sua maioria, por depósitos de sedimentos siliciclásticos ou carbonáticos, sendo estes muitas vezes depósitos de sedimentos relíquias. Os sedimentos relíquias são depósitos sedimentares geralmente de areias grosseiras, bem selecionadas, situadas a maior distância da costa e maior profundidade que areias mais fina e menos selecionada, mas estão em desequilíbrio com o ambiente e não foram cobertos por sedimentos posteriores (EMERY, 1968).

Uma das características primordiais da plataforma continental na região Nordeste do Brasil é o predomínio de uma fácies carbonática, notadamente no

setor situado entre Macau, no Rio Grande do Norte, e Maceió, em Alagoas. Os sedimentos que constituem o substrato desta plataforma exibem um nítido limite entre as areias quartzosas terrígenas litorâneas e os depósitos carbonáticos de algas coralinas, identificado pela presença de *Lithothamnium*, em formas livres e ramificadas, localizados entre as isóbatas de 20 m e 40 m de profundidade (COUTINHO; MORAIS, 1970).

Analizando os resultados dos estudos sedimentológicos na plataforma continental brasileira, Martins et al. (1972) distinguiram os seguintes regimes de sedimentação:

- Plataformas com sedimentação terrígena importante, proveniente de grandes bacias de drenagens, sendo bem ilustrada pela plataforma amazônica;
- Plataformas cobertas por sedimentos biogênicos e biodetríticos, resultantes de uma intensa atividade organogênica, sendo a plataforma do Nordeste oriental um exemplo típico;
- Plataformas atapetadas por sedimentos relíquias, recebendo uma pequena contribuição atual ou sofrendo retrabalhamento, como é o caso da plataforma do Rio Grande do Sul.

São encontradas basicamente três coberturas sedimentares, onde a delimitação dessas fácies baseia-se principalmente em sua composição como a porcentagem de componentes bióticos e de carbonato de cálcio (FRANÇA et al., 1976).

- Fácies Terrígenas: A maior parte é constituída por areias quartzosas, com poucos fragmentos orgânicos. Compõem uma mistura de material terrígeno e biodetrítico. Subfácies arenosas, lamosas e recifais foram definidas preliminarmente.
- Fácies de Transição: Ocorre onde dois tipos de fácies mostram misturas em proporções mais ou menos iguais. Por exemplo: areia quartzosa e material biodetrítico ou de algas.
- Fácies de Algas Calcárias: Formada de sedimentos compostos quase que exclusivamente (> 90%) pelas algas calcárias *Lithothamnium*, *Lithophyllum* e *Halimeda*.

Devido à baixa contribuição continental e ao clima tropical, a plataforma continental na região Norte e Nordeste do Brasil apresenta uma ampla ocorrência de algas calcárias. Estas algas representam a mais extensa cobertura de sedimentos carbonáticos nos setores médio e externo da plataforma e são constituídos principalmente por areias e cascalhos (DIAS, 2000). Os sedimentos da plataforma média e externa são geralmente grosseiros, com os cascalhos predominando na plataforma média entre o Cânion São Francisco e o Platô do Rio Grande do Norte, enquanto as areias são predominantes a oeste da costa da cidade de Macau - RN e ao sul do Cânion São Francisco (FRANÇA et al., 1976).

2.2 Sedimentação Marinha

A sedimentação na plataforma rasa e estreita do Nordeste oriental reflete a geologia da parte emersa, o clima, a drenagem e o arcabouço estrutural. Devido ao clima tropical e a baixa sedimentação terrígena, os carbonatos biogênicos dominam parte da plataforma média e toda a plataforma externa. Em contraste com outras plataformas tropicais, os corais apresentam baixa ocorrência nos sedimentos, bem como oólitos e outras formas de precipitados químicos carbonáticos (COUTINHO, 1995).

Os sedimentos carbonáticos são dominados por algas calcárias recentes, sendo que as coralinhas ramificadas e *Halimeda* são predominantes em toda a área. A maior parte dos corais observados na plataforma externa aparenta ser relíquia, enquanto aqueles da plataforma média são modernos (COUTINHO, 1995).

O padrão de distribuição dos sedimentos siliciclásticos e dos bioclásticos são influenciados por aspectos ambientais distintos. Com relação aos grãos siliciclásticos, sua dispersão e textura estão diretamente ligadas à forma de transporte sofrido. Contudo, a granulometria de grãos bioclásticos não se relaciona exclusivamente com o grau de retrabalhamento. Sendo assim, apenas parâmetros granulométricos podem não ser suficientes para a compreensão dos processos deposicionais em ambientes predominantemente carbonáticos ou

mistos, requerendo análises mais cuidadosas ao serem utilizados para inferências ambientais (SUGUIO, 2003; SOUZA et al., 2005; SILVA et al., 2008).

Entretanto, o estudo da composição da fração bioclástica dos sedimentos pode fornecer informações fundamentais a respeito dos aspectos físico-químicos (temperatura, salinidade, turbidez, salinidade, pH, Eh) e biológicos (produtividade, concorrência) da plataforma continental (TINOCO, 1989).

2.2.1 Sedimentos Marinhos Terrígenos

Os sedimentos litoclásticos ou granulados marinhos terrígenos são areias (principalmente areias quartzosas) e cascalhos quartzosos, originados pelo intemperismo e erosão de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares e chegam ao litoral através de agentes transportadores (rios, geleiras, vento), onde podem ser depositados nos ambientes litorâneos e marinhos e retrabalhados por ondas e correntes marinhas (SILVA et al., 2000; SOUZA et al., 2009)

Na plataforma continental, a maior parte dos depósitos sedimentares siliciclásticos são sedimentos relíquias (EMERY, 1968; DIAS, 2004) que seriam "sedimentos depositados há muito tempo, em equilíbrio com os ambientes que então, posteriormente, modificaram-se de modo que esses sedimentos deixaram de estar em equilíbrio apesar de não terem sido cobertos por sedimentos posteriores".

As areias foram depositadas na plataforma continental por processos continentais associados a canais fluviais e geleiras, durante eventos pretéritos de rebaixamento do nível do mar, que ocorreram durante os períodos glaciais (SILVA et al., 2000; SOUZA et al., 2009).

2.2.2 Sedimentos Carbonáticos

A plataforma continental do Estado de Alagoas e Sergipe, assim como quase toda a plataforma continental do nordeste oriental Brasileira é caracterizada por uma ativa produção carbonática, favorecendo o desenvolvimento de um amplo fundo de algas calcárias, representando, a nível global, a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos (DIAS, 2000).

Os sedimentos que constituem os depósitos carbonáticos são as algas coralinas (*lithothamnium*) (Fig. 13) em formas livres e ramificadas e as algas calcárias verdes – *Halimeda* (COUTINHO; MORAIS, 1970; SANTOS et al., 2009b).

As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (DIAS, 2000).

Figura 13 - Algas coralinas (*lithothamnium*) são os sedimentos que constituem os depósitos carbonáticos.

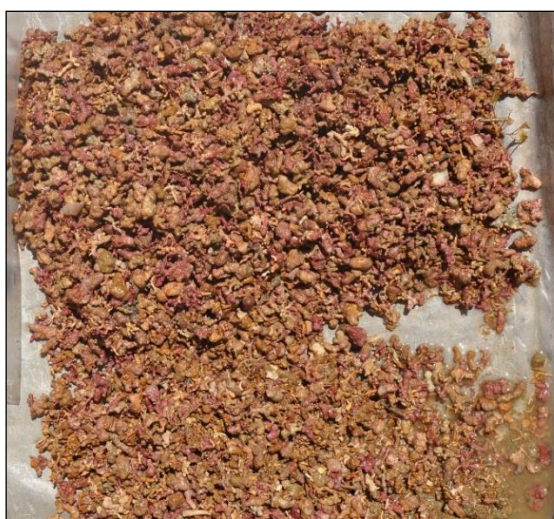


Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

Amaral (1979) descreveu diversas faixas de ocorrências de depósitos de algas calcárias na plataforma continental brasileira, sendo duas que se enquadram dentro da área de estudo, onde uma fica entre o Cabo Calcanhar e Maceió (AL), onde a faixa de carbonáticos alarga-se em direção à costa, atingindo profundidades de 5 m ou menos. Ao sul de Maceió a ocorrência afasta-se do litoral sob a influência do rio São Francisco, sendo compostos por *maerl*, *Halimeda*, recifes algais e areia recifal. Na outra região de ocorrência da área de estudo que vai do rio São Francisco a Itacaré (BA) há uma interrupção na continuidade dos depósitos carbonáticos. Nesta área foram mapeados, entre 30 m e 200 m de profundidade, apenas estreitos depósitos de areia recifal, *maerl* e *Halimeda* (sudeste e sul de Aracaju (SE); sul de Salvador (BA) e Norte de Itacaré.

Algas Calcárias Vermelhas

As formas livres (Rodolitos, nódulos e seus fragmentos) crescem sobre os substratos inconsolidados e são abundantes em regiões com fortes correntes ou onde as ondas e correntes atuam fazendo com que estas sejam periodicamente reviradas (DIAS, 2000).

Os rodolitos presentes nesta região são algas vermelhas calcárias (Fig. 14). Estas algas coralinas precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio e magnésio sob a forma de cristais de calcita. A ocorrência do tipo de fundo composto por estas algas incrustantes é decorrência do acúmulo de talos ramificados e de formas livres de algas coralinas.

Bioconstruções de algas vermelhas podem ocorrer sob a forma de substratos crustosos e também como nódulos carbonáticos. Os rodolitos ou nódulos de algas coralínáceas, são formas de crescimento concrecional compostas predominantemente por crescimento de algas coralínáceas (BONSENCE, 1983).

Os rodolitos apresentam três morfologias básicas de crescimento: Laminar, Ramificado e Colunar. As duas últimas podem ser indicativas do aumento no regime de energia do ambiente onde foram formadas (BONSENCE, 1983).

Figura 14 - Exemplares de algas calcárias vermelhas (rodolitos) encontrados na área de estudo.

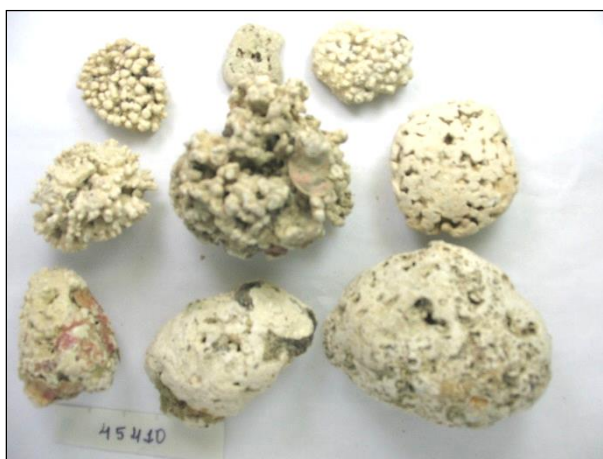


Foto: Santos (2010)

Algas Calcárias Verdes

As algas verdes calcificadas que são representadas pelos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillius*, que são importantes formadoras de sedimentos biogênicos (COUTINHO, 1976).

A *Halimeda* é um gênero de algas verdes (Fig. 15) com talo calcificado que possui um importante papel ecológico e pode se acumular formando depósitos de grande potencial econômico como ocorre na plataforma continental NE do Brasil (BANDERA-PEDROSA et al., 2004).

As *Halimedas* são limitadas aos trópicos e cujas espécies variam segundo as condições ecológicas, são importantes formadoras de sedimentos carbonáticos das plataformas continentais (COUTINHO; MORAIS, 1970; KEMPF, 1972), e dependendo da forma de desagregação, as *Halimedas* podem gerar sedimentos de diversas texturas, desde cascalhos a lama calcárias.

Estas algas podem se desenvolver em diversos ambientes, desde os recifes costeiros e de águas agitadas até as lagunas dos atóis. As formas eretas podem crescer sobre sedimentos inconsolidados, enquanto as formas prostradas preferem fundos duros (COUTINHO, 1981).

Figura 15 - Alga calcária verde (*Halimeda*), (a) como formadora de sedimento e (b) na sua forma quando articulada.



Fonte: Santos (2010)

2.2.3 Sedimentos biogênicos

No estudo dos componentes bióticos dos sedimentos, determinar se os restos orgânicos pertencem a uma mesma biocenose não é simples. Tinoco

(1989) descreve que na maioria das vezes, encontram-se numa mesma amostra espécimes procedentes de diversas biocenoses, separados tanto no espaço, como no tempo. Nos locais onde a razão de sedimentação é muito baixa ou nula pode-se encontrar indivíduos procedentes de diferentes biótopos e separados por milhares de anos. Desse modo, pode-se apenas considerar um conjunto biótico. De um modo geral, as faunas e floras fósseis apresentam componentes extemporâneos, mas que são de um mesmo período geológico.

O sedimento biogênico é produzido localmente, não sofrendo grandes deslocamentos, sendo assim classificados como autóctones. Em função disso, a análise das características da composição destes sedimentos e o seu grau de conservação nos mostram a relevância de cada grupo de organismo produtor do sedimento (POGGIO et al., 2009).

A depender do tipo de sedimentos acumulados, as plataformas podem ser subdivididas em autóctones e alóctones. Plataformas autóctones são aquelas que recebem sedimento principalmente do retrabalhamento no local de depósitos pretéritos, e são características da região nordeste do Brasil. Plataformas alóctones são as aquelas supridas parcialmente por fontes modernas, principalmente originárias do continente, como o norte do Brasil (VITAL et al., 2005b).

A formação de material biogênico no meio oceânico está quase totalmente dependente dos materiais que se encontram, sob a forma dissolvida, na água, os quais provêm essencialmente das regiões continentais emersas. Tal não significa obrigatoriamente que os setores marinhos adjacentes às regiões continentais onde o fornecimento desses materiais é maior sejam os que apresentam maior produtividade. A transformação dos elementos ou compostos químicos em protoplasma e em (endo ou exo) esqueletos está, também, dependente de outras condições ambientais (luz, temperatura, etc.).

A maior parte das partículas biogênicas presentes nos sedimentos marinhos provêm de organismos planctônicos, os quais povoam a parte superficial do oceano, que é penetrada pela luz solar e onde se pode processar a fotossíntese. No domínio pelágico a biomassa de organismos bentônicos é

muito pequena e, normalmente, estas biocenoses estão direta ou indiretamente dependentes dos materiais que chegam ao fundo, provenientes da atividade planctônica (DIAS, 2004).

Ao longo do século passado, estudos sedimentológicos mostraram ser importantes ferramentas para um maior entendimento da dinâmica das plataformas continentais. Nestes ambientes a cobertura sedimentar constitui-se em um importante parâmetro para a compreensão do ecossistema como um todo, refletindo tanto processos geológicos quanto ecológicos (TINOCO, 1989; SUGUIO, 2003).

As aplicações dos estudos de foraminíferos devido a sua abundância nos sedimentos, excepcional forma de preservação e a outros caracteres biológicos, constituem o grupo de bióticos dos mais estudados e citados na literatura paleontológica com numerosas linhas de pesquisa, dentre elas: determinação de paleotemperaturas, mudança de nível oceânico, características sobre o relevo do fundo marinho, deslocamento de fauna e como indicadores biológicos (TINOCO, 1989).

Na plataforma continental Brasileira existe uma grande variedade de sedimentos biogênicos e também siliciclásticos associados, sendo de fundamental importância a identificação dos biogênicos, pois indica os organismos que aí viveram e que vivem até os dias atuais. Isso possibilita o estudo das condições ambientais: salinidade da água, temperatura, profundidade, nutrientes, oxigenação, substrato, entre outros (TINOCO, 1989).

A sedimentação marinha da plataforma continental de Sergipe foi analisada em alguns trabalhos, como Guimarães (2010) que comparou as características bióticas e abióticas, com ênfase nos sedimentos e na fauna bêntica nela ocorrente e Nascimento (2011) que caracterizou a sedimentação holocênica, com ênfase na distribuição espacial dos principais componentes bioclásticos e siliciclásticos do sedimento, e suas contribuições para a formação do sedimento superficial.

Na plataforma continental em frente a Salvador, a distribuição dos componentes biogênicos foi estudada por Rebouças (2010) e também realizou o mapeamento da distribuição das fácies bioclásticas (biofácies) e verificou que

a distribuição das fácies bioclásticas é controlada pela presença de substratos duros e pela topografia, que condiciona a energia e os parâmetros físicos do ambiente, que por sua vez controlam a produção e a distribuição dos sedimentos biogênicos.

Entretanto, muitos são os trabalhos desenvolvidos anteriormente na plataforma continental brasileira, mais precisamente na plataforma continental do Nordeste, no qual focam a análise das formas de fundo, textura da cobertura sedimentar, composição de minerais pesados, entretanto menor atenção tem sido dada a sedimentação biogênica (e.g. POGGIO, et al., 2009; SANTOS, 2010; REBOUÇAS, 2010; NASCIMENTO, 2011).

Em função disso, o conhecimento da distribuição dos componentes e organismos que compõem a cobertura sedimentar superficial da plataforma é um fator extremamente importante na avaliação do impacto das atividades na plataforma continental. Neste sentido essa pesquisa visa aprofundar o conhecimento e a relação da distribuição dos componentes biogênicos com as mudanças ambientais, assunto ainda pouco estudado no contexto da plataforma continental Sergipe e Alagoas.

2.3 Potencialidade dos Recursos Minerais Marinhos

A região estudada apresenta grande importância econômica em função dos sedimentos marinhos, pois a mesma possui importantes reservas de sedimentos carbonáticos e siliciclásticos (SOUZA et al., 2009). Entretanto, estudos devem ser realizados a fim de se determinar a dimensão destes depósitos, assim como também os impactos ambientais que a exploração destes recursos gerar aos ecossistemas marinhos (GOMES et al., 2000).

Em função de uma necessidade crescente de recursos minerais, pois os recursos minerais marinhos são empregados em diversas áreas do setor econômico. Desta forma, houve o desenvolvimento de tecnologias e o avanço das pesquisas em busca de recursos minerais marinhos, para suprir esta necessidade (SOUZA, 2000; SOUZA; MARTINS, 2008).

As algas calcárias podem ser utilizadas em diversas áreas como a agricultura – sendo a principal fonte de utilização deste recurso, no tratamento

de águas potáveis e industriais, indústrias de cosméticos, implantes em cirurgias ósseas, nutrição animal (KEMPF, 1980; DIAS, 2000). As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (DIAS, 2000).

Os granulados bioclásticos marinhos, no Brasil, são formados principalmente por algas calcárias. Apenas as formas livres das algas calcárias, tais como rodólitos, nódulos, e seus fragmentos, são viáveis para a exploração econômica do calcário marinho, pois constituem depósitos sedimentares inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens (DIAS, 2000).

De modo geral as ocorrências mais contínuas encontram-se na plataforma média a externa, sendo representados por areias e cascalho constituídos por algas coralinas ramificadas, maciças ou em concreções, artículos de *Halimeda*, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos (COUTINHO, 1995).

A existência de amplas ocorrências de algas calcárias na plataforma continental N-NE Brasileira foi relatada desde a década de 60 (KEMPF, 1970). O potencial de exploração econômica dos depósitos destas algas é significativo, sendo a plataforma continental Brasileira a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos. Segundo Dias (2000), as áreas explotáveis de algas calcárias na plataforma continental são limitadas em função da profundidade e dos teores de mistura com areias quartzosas. De modo geral, no Brasil, as ocorrências mais contínuas encontram-se numa região compreendida entre a plataforma média e a externa, muitas vezes em profundidades maiores que 50 m, impedindo a exploração por métodos tradicionais de dragagem que atingem geralmente a profundidade máxima de 30 m (SOUZA; MARTINS, 2008).

No Brasil, os primeiros estudos que localizaram os fundos de algas calcárias tinham caráter geológico e focados na caracterização dos sedimentos da plataforma continental (KEMPF, 1970) e nas perspectivas de potencial exploração comercial deste recurso (KEMPF, 1974; MILLIMAN; AMARAL, 1974), seguidos por estudos voltados para o mapeamento e potencial dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva (LAVRADO, 2006; DIAS, 2000).

Do Maranhão a Cabo Frio, predominam fundos organogênicos ou areias biogênicas, que se destacam pelo elevado teor em carbonato de cálcio (KEMPF, 1970, 1974; MILLIMAN; AMARAL, 1974). A existência de sedimentos ricos em carbonato na costa brasileira, em termos de composição foi inicialmente descrita como: (1) primariamente algas calcárias incrustantes ou ramificadas e (2) acúmulo secundário de briozoários, moluscos e foraminíferos (MILLIMAN; AMARAL, 1974).

O sedimento biogênico é produzido localmente, não sofrendo grandes deslocamentos, sendo assim classificados como autóctones. Em função disso, análise das características da composição destes sedimentos e o seu grau de conservação nos mostram a relevância de cada grupo de organismo produtor do sedimento (POGGIO et al., 2009).

Os granulados marinhos terrígenos são depósitos de areias e cascalhos encontrados na plataforma e são acumulações similares em origem e composição aos seus equivalentes continentais, diferenciando-se apenas pela presença de sais e sedimentos carbonáticos (MARTINS; NUNES, 2007).

O emprego dos granulados marinhos terrígenos siliciclásticos são na construção civil, nos programas de recuperação de praias, na indústria química e de vidro. Depois do óleo e gás, os granulados são os depósitos marinhos mais extraídos do fundo do oceano (SILVA et al., 2000; SOUZA et al., 2009).

A maior parte dos depósitos de granulados marinhos terrígenos é composta principalmente por areias quartzosas, a qual dá origem ao nome siliciclásticas, pois são compostas predominantemente de sílica (SiO_2), e secundariamente por feldspato, zirconita e ilmenita (SILVA et al., 2000).

2.4 Ocorrência dos Recifes de Corais

Muitas das características e da distribuição geográfica dos recifes de corais devem-se ao fato dos corais construtores (escleractíneos) viverem associados com algas, que em função da luz, realizam a fotossíntese e produzem alimento ao coral.

Para a existência dos corais, as algas necessitam de águas quentes (mínimo 20°C) e luz, sendo que estes fatores são limitados pela profundidade e

transparência da água. A formação de recifes de corais é determinada pelas condições de vida dos corais hermatípicos. Esses corais adaptam-se melhor às águas oceânicas com temperaturas entre 18 a 36° centígrados (temperatura ótima entre 25 a 30° centígrados) e salinidades de 27 a 40 %. Devido a estes dois fatores, no Brasil não se têm grandes formações recifais junto ao continente (SUGUIO, 2008, 2010).

A associação em simbiose com algas torna-se imprescindível a luz solar, além de oxigênio e de vários outros tipos de sais. Assim, os corais se desenvolvem melhor desde o nível de maré baixa até cerca de 30 metros de profundidade, onde são mais intensas as movimentações das águas oceânicas. Na presença de argila em suspensão as águas oceânicas podem provocar a morte por asfixia (SUGUIO, 2008).

No Brasil, os corais hermatípicos distribuem-se por cerca de 3000 km da costa nordeste, desde o sul da Bahia até o Ceará, constituindo os únicos ecossistemas recifais do Atlântico Sul. Nas zonas costeiras dos Estados do Maranhão e Pará e na desembocadura do rio Amazonas aumenta a quantidade de materiais em suspensão e ao sul do Estado do Espírito Santo as águas oceânicas são demasiadamente frias, pois frequentemente atingem temperaturas superiores a 25°C (MAIDA; FERREIRA, 1997; SUGUIO, 2008).

Os corais hermatípicos, em consequência das mudanças climáticas, têm ocasionado o seu desaparecimento, pois as alterações no meio aquático vêm sendo verificadas. A alta concentração de CO₂ na atmosfera faz com que as algas marinhas que realizam a fotossíntese, absorvam mais este gás carbônico, promovendo a acidificação dos oceanos e tornando o ambiente em uma condição desfavorável aos corais e ocasionando a mortalidade de muitos (SANTOS, 2010).

Na plataforma continental estudada verifica-se uma baixa presença de corais em relação à alta ocorrência de algas calcárias. O desenvolvimento dos corais ficou restrito aos substratos litificados, que podem representar antigas linhas de praias ou estruturas de recifes algálicos, sendo que o crescimento atual dos corais ocorre principalmente no lado externo dos substratos litificados ou em construções de algas calcárias incrustantes (MANSO et al., 2003).

Os sistemas recifais e o banco carbonático da plataforma externa da PCSEAL constituem acumulações sedimentares que são análogos à Grande Barreira de Recifes na margem NE Austrália (PUGA-BERNABÉU, 2017). No entanto, existem diferenças significativas que condicionam a morfologia destas duas plataformas. Em primeiro lugar, a presença de recifes na PCSEAL está limitada aos recifes situados na plataforma interna e média, a profundidades menores de 25 m. Na plataforma da NE da Austrália, os recifes representam a principal feição morfológica da plataforma, embora sua distribuição seja muito mais densa e se estenda principalmente na plataforma média e externa (HOPLEY et al., 2007).

A suave elevação do fundo do mar ligado ao banco carbonático externo da PCSEAL contrasta de forma significativa com a complexa topografia que ocorre na plataforma externa NE da Austrália devido à abundante presença de recifes. Na plataforma NE da Austrália os recifes de idade holocênica se desenvolveram, na sua maioria sobre recifes antecedentes de idade pleistocênica (PUGA-BERNABÉU, 2017), o que contribuiu para gerar estruturas recifais de maior altura, enquanto que na PCSEAL, o banco carbonático atual (Holoceno) gera uma topografia rugosa e de baixo relevo sobre o fundo marinho (FONTES et al., 2017b), cuja base se desenvolve sobre material terrígeno relictos pré-Holoceno.

2.5 Variações no Nível Médio do Mar

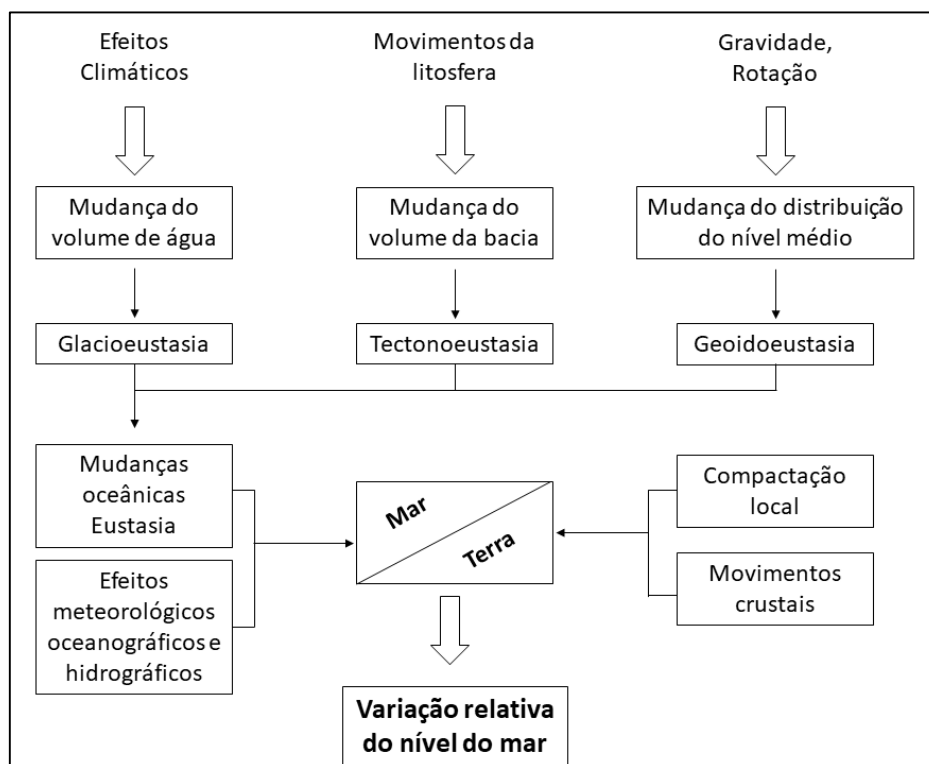
Na plataforma continental, nos períodos de estabilização do nível do mar foram produzidas feições morfo-sedimentares, associadas principalmente à paleo-sistemas costeiros, evidenciando essas estabilizações, tais como a preservação de barras arenosas submersas, terraços erosivos e deposicionais e bancos de arenito (SUGUIO, 2010).

A plataforma continental esteve quase totalmente emersa durante a última glaciação, principalmente quando ocorreu o último máximo glacial. Devido às variações do nível médio do mar (variações eustáticas) no transcorrer do tempo geológico, a largura e configuração da plataforma têm variado de forma muito significativa.

As principais causas de oscilações no nível médio do mar (NMM) estão associadas ao congelamento e degelo das calotas polares (Glacioeustasia), a variação no tamanho da bacia (Tectonoeustasia) e as mudanças na superfície equipotencial gravitacional (Geoidoeustasia) (Fig. 16).

Várias curvas de variação relativa do nível do mar durante o Quaternário foram elaboradas para a costa leste brasileira com base essencialmente nas evidências obtidas nos estudos das planícies costeiras. Estas curvas se detiveram essencialmente no detalhamento dos últimos 7.000 anos, nos vários trechos da costa sul, leste e nordeste brasileiro (SUGUIO et al., 1985).

Figura 16 - Fatores que determinam a variação relativa do nível do mar.



Fonte: Modificado de Morner (1976, 1980, 2000).

A reconstituição do nível do mar ao longo da costa brasileira tem sido realizada por diversos pesquisadores com base nas evidências obtidas em investigações na planície costeira e em poucos levantamentos marinhos. A síntese dos registros identificados na plataforma sul e leste brasileiro (terraços/escarpas) e a correlação cronológica com os períodos de estabilização do nível do mar (Quadro 1) revela que existe uma coincidência

grande em termos das faixas de profundidade, embora os níveis variem localmente (FONTES, 2015).

Quadro 1 - Síntese de alguns dos níveis indicadores da linha de costa e do nível do mar identificados na plataforma continental brasileira.

Profundidade em relação ao NM médio atual	Datação aproximada (anos AP)	Critério para datação e indicadores utilizados	Fonte de informações	Evento e correlações mundiais
PLEISTOCENO				
	206.000-220.000	Registro na planície costeira	Barreto et al. (2002)	NM alto
	120.000 123.000 (*) 117.000-110.000(**)	Registro na planície costeira	(*) Bernat et al. (1983); (**)Barreto et al. (2002); Bittencourt (1979)	NM Alto Penúltima Transgressão
-130 m	18.000	Terraços e escarpas Datação comparativa com a curva de Milmann e Emery (1968)	Kowsmann et al. (1977); Kowsmann; Costa (1979); Costa et al. (1988); Furtado et al. (1992)	NM Baixo: final da regressão Final da regressão Wisconsiniana Máximo glacial
-110 m	16.000* a 14.000**	Escarpas de face praial e terraços erosivos	Costa et al. (1988) Santos (1972) (*) Danton; Karlen (1973) (**) Kowsmann et al. (1977); Kowsmann; Costa (1979)	Início da “Última Transgressão” Transgressão Flandriana
-90m	12.000* a 11.000*	Terraços erosivos (*) Datação comparativa com a curva de Milmann e Emery (1968)	Summerhayes et al. (1976); Coutinho (1976)	
-90 a -75m			Kowsmann et al. (1977); Kowsmann; Costa (1979); Correa et al. (1979, 1991); Corrêa (1996); Furtado et al. (1992);	
HOLOCENO				
-60 m	11.000*	Terraços erosivos e paleolagunas	(*) Danton; Karlen (1973); (*) Kowsmann et al. (1977); Kowsmann; Costa (1979); Costa et al. (1988); Correa et al. (1979, 1991); Corrêa (1996); Furtado et al. (1992); Coutinho (1976)	Transgressão Flandriana
-40 m	9.000*	Terraços erosivos e escarpas (*) Datação comparativa com a curva de Milmann e Emery (1968)		Transgressão
-30 m			Correa et al. (1979, 1991) Corrêa (1996); Furtado et al. (1992)	Transgressão
-20 m	Holoceno 7.000(*)	(*) Datação comparativa com a curva de Milmann e Emery (1968)	Correa et al. (1979, 1991); Corrêa (1996); Furtado et al. (1992) Viana e Solewicz (1988); Coutinho (1976)	Transgressão Estabilização NM e forte oscilação climática (Fairbridge, 1961)

Fonte: Modificado de Fontes (2015).

Os indicadores utilizados na região litorânea são os registros sedimentares e geomorfológicos (terraços arenosos, arenitos de praia e depósitos lagunares) e os registros fósseis (recifes de corais e de algas coralígenas, incrustações de vermetídeos, etc.) dos episódios de transgressão e regressão (BEZERRA et al., 2003; CALDAS et al., 2006; FONTES, 2015).

As faixas de profundidades 110 m, 60 m e 20 m são comuns na maioria dos trabalhos tanto no Brasil quanto em outras partes do mundo, indicando possíveis níveis marcadores de eventos de estabilização eustática.

Durante a transgressão marinha, há cerca de 18.000 anos A.P. o nível do mar se encontrava em torno de 110-120 m abaixo do atual, tornando emersa quase toda a plataforma continental brasileira. A plataforma exposta era então recortada pelos cursos fluviais, esculpindo canais até hoje presentes na topografia da plataforma rasa, transportando sedimento direto para o oceano profundo (SOLEWICZ, 1989).

No período entre 16.000 e 7.000 anos A.P., foi caracterizado pela subida do nível do mar que se deu de forma relativamente rápida, com interrupções que representavam períodos de estabilização. Durante esta fase três estabilizações ficaram bem demarcadas, representadas por registros de ambientes sedimentares costeiros, correspondente as idades de 16.000, 11.000 e 9.000 anos A.P., relativo às isóbatas atuais de 110, 60 e 20 metros, respectivamente (SOLEWICZ, 1989).

Em torno de 5000 anos A.P., o nível médio do mar chegou ao seu máximo, atingindo o auge da transgressão marinha pós-glacial. Registros mostram que o nível do mar esteve entre 2,5 e 4,0 m acima do nível médio atual (BEZERRA et al., 2003; CALDAS et al., 2006). Em seguida, se deu início a uma regressão até o nível do mar atingir seu estado atual, quando se formaram a maior parte das planícies costeiras atuais.

As variações do nível do mar na costa brasileira durante o Quaternário foram estudadas com base nos indicadores obtidos na área litorânea emersa. Numerosas reconstruções de antigas posições relativa do nível do mar, principalmente para os últimos 7.000 anos e das suas influências na configuração da costa leste e nordeste brasileira, são elas, as de Suguio e

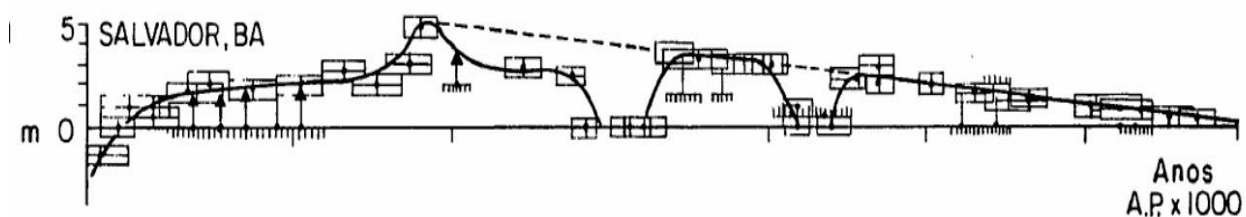
Martin (1982), Suguio et al. (1985), Martin et al. (1982, 1986 e 2003), Bittencourt et al. (1979 e 1983), Dominguez et al. (1987), Angulo e Lessa (1997), Angulo et al. (2006), Bezerra et al (2003) e Caldas et al. (2006).

As curvas de mudanças do nível do mar relativo derivadas destas reconstruções são semelhantes entre si, porém apresentam diferenças nas amplitudes verticais e de incluírem, a existência ou não de pequenas flutuações, durante os últimos 5.000 anos, em uma tendência geral regressiva (Fig. 17).

A abrangência da curva de Salvador (SUGUIO et al., 1985) tem sido extrapolada para a região de Sergipe e Alagoas (BITTENCOURT et al., 1979), com base nas similaridades existentes entre as regiões. Na curva de Salvador (Fig. 17), o nível do mar ultrapassou o nível atual em torno de 7.000 anos A.P. e atingiu seu nível máximo em 5 metros acima do nível atual, há aproximadamente 5.660 anos A.P. (MARTIN et al., 2003). O desenvolvimento do modelo básico de evolução paleogeográfica costeira durante o Quaternário é condicionado por este episódio transgressivo seguindo da regressão atual.

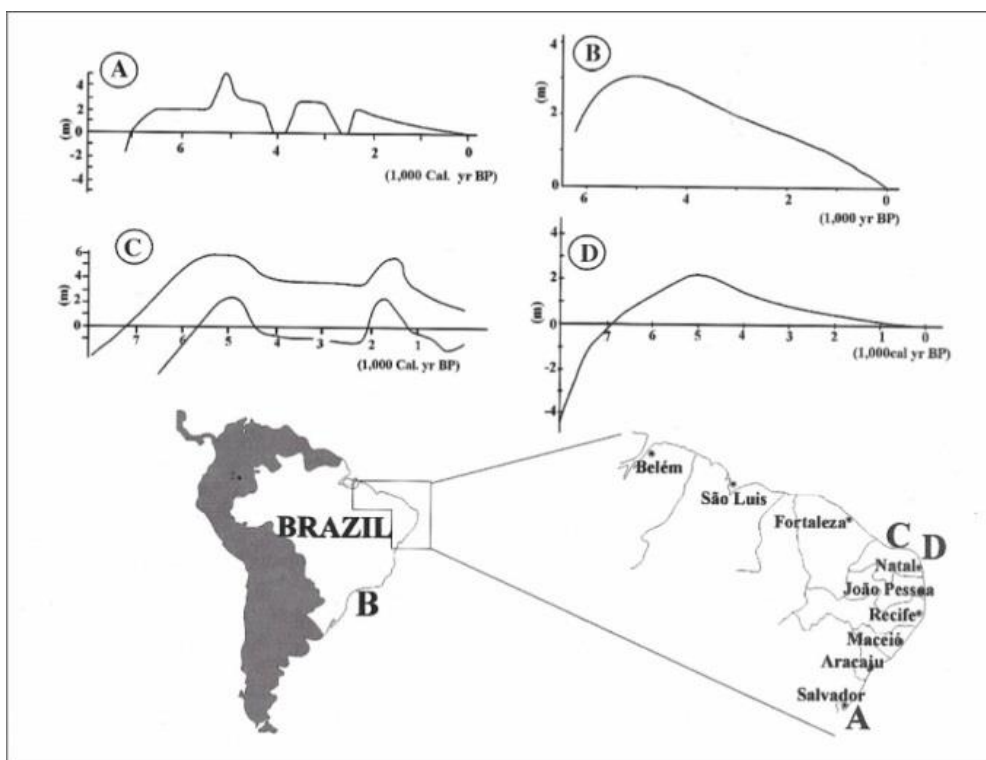
No litoral do Rio Grande do Norte também foram realizadas investigações sobre a variação do nível do mar durante no Holoceno, desenvolvidos por Bezerra et al. (2003) e Caldas et al. (2006), que também construíram a curva de variação do nível do mar (Fig. 18 e 19), com base em datações realizadas em conchas de moluscos, madeira, recifes de coral, vermetídios incrustados em *beachrocks*, sedimentos lagunares e de planície de marés.

Figura 17 - Curva de flutuação de nível relativo do mar de 7.000 anos AP. até hoje para o setor ao norte de Salvador.



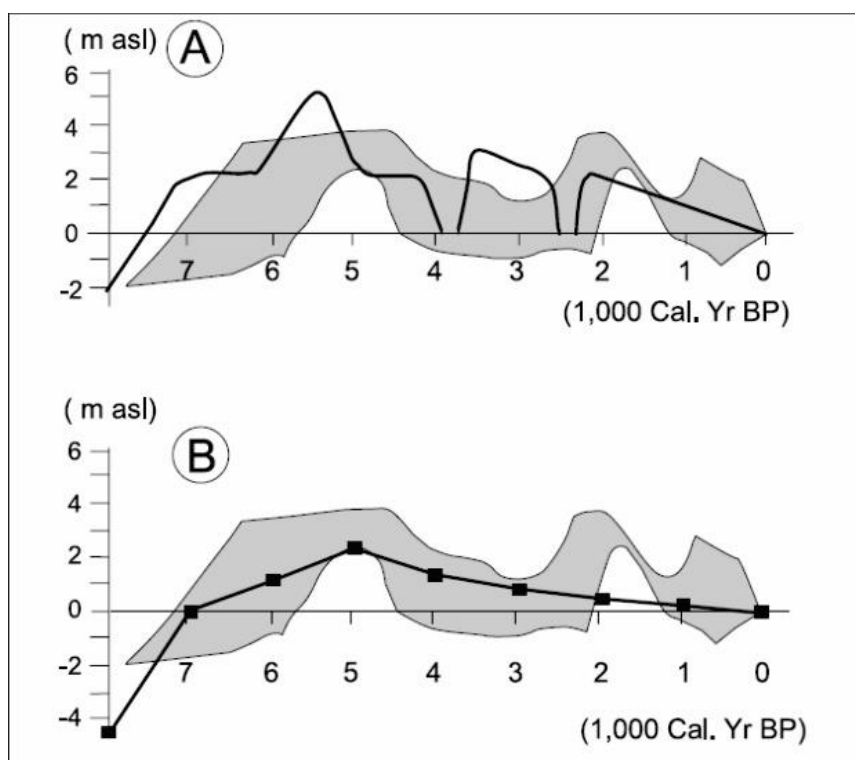
Fonte: Suguio et al. (1985).

Figura 18 – Curvas do nível do mar proposta para a costa Brasileira e suas localizações: (A) Martins et al. (2003); (B) Angulo e Lessa (1997); (C) Bezerra et al. (2003); (D) Peltier (1998).



Fonte: Modificado de Caldas et al. (2006).

Figura 19 – Curva relativa do nível do mar para a costa do Brasil Central (A) de Bittencourt et al. (1979) e Suguio et al. (1985) e (B) a predição glacio-isostática de Peltier (1998).



Fonte: Modificado de Bezerra et al. (2003).

2.6 Feições da plataforma associada à variação do nível do mar

As plataformas continentais são áreas afetadas pelas oscilações do nível do mar no Quaternário. Este fato marca a importância desta região submersa no estudo da evolução litorânea, pois é esperado que, abaixo da atual coluna de água, possam ser observados testemunhos de feições outrora emersas.

A morfologia das plataformas continentais passivas, em geral suave, é causada pelas irregularidades da erosão e deposição, resultantes das flutuações do nível do mar, formando feições erosivas, construtivas ou estruturais (COUTINHO, 1976).

As curvas de variação relativa do nível do mar foram elaboradas para vários setores da costa sul, leste e nordeste brasileira, mas poucas evidências submarinas foram utilizadas na elaboração destas curvas, apesar de existirem diversas feições morfo-sedimentares preservadas no fundo submarino. Estes registros sedimentares presentes na plataforma continental fornecem informações sobre os ciclos transgressivos-regressivos do Quaternário.

Os estudos desenvolvidos em diferentes trechos da plataforma continental brasileira levaram à identificação de terraços e rupturas do relevo, reconhecimentos como testemunhos de períodos de estabilização da linha de costa durante a subida ou descida do nível do mar.

Na plataforma continental nordestina é importante ressaltar a ocorrência de uma estabilização do nível do mar correlacionada a bancos de arenito ou *beach rock*, e na área em estudo, esta estabilização, foi relatada por Fontes et al. (2011a).

Testa e Bonsence (1999) denominam como zona de sedimentos litificados, afloramentos submersos de arenitos cimentados por carbonato, horizontalmente laminados e acamadados; localmente encrustados por algas coralinas e esponjas, e colonizados por *Halimeda* e outras algas.

O desenvolvimento dos recifes carbonáticos e formação dos depósitos sedimentares carbonáticos, iniciou-se após a total submersão da plataforma continental brasileira, que são encontrados atualmente nas regiões nordeste, leste e norte do Brasil.

Estes recifes podem ser interpretados como testemunhos de antigas linhas de costa. O substrato necessário para sua fixação das algas e corais pode ser um arenito de praia ou arenito ferruginoso da Formação Barreiras. Nesta base rochosa teriam se estabelecido as primeiras colônias recifais e, à medida que o nível do mar se elevou, estes corpos estabeleceram a sua geometria (AMARAL, 2000; SUGUIO, 2010).

Também foram individualizados, na plataforma, três níveis principais de terraços entre 23-40, 50-55, 90-95m (SUMMERHAYES et al., 1976). Os dois primeiros são mais comumente encontrados. Eles correspondem, provavelmente, a níveis de erosão, associados ao nível do mar pretérito (COUTINHO, 1976).

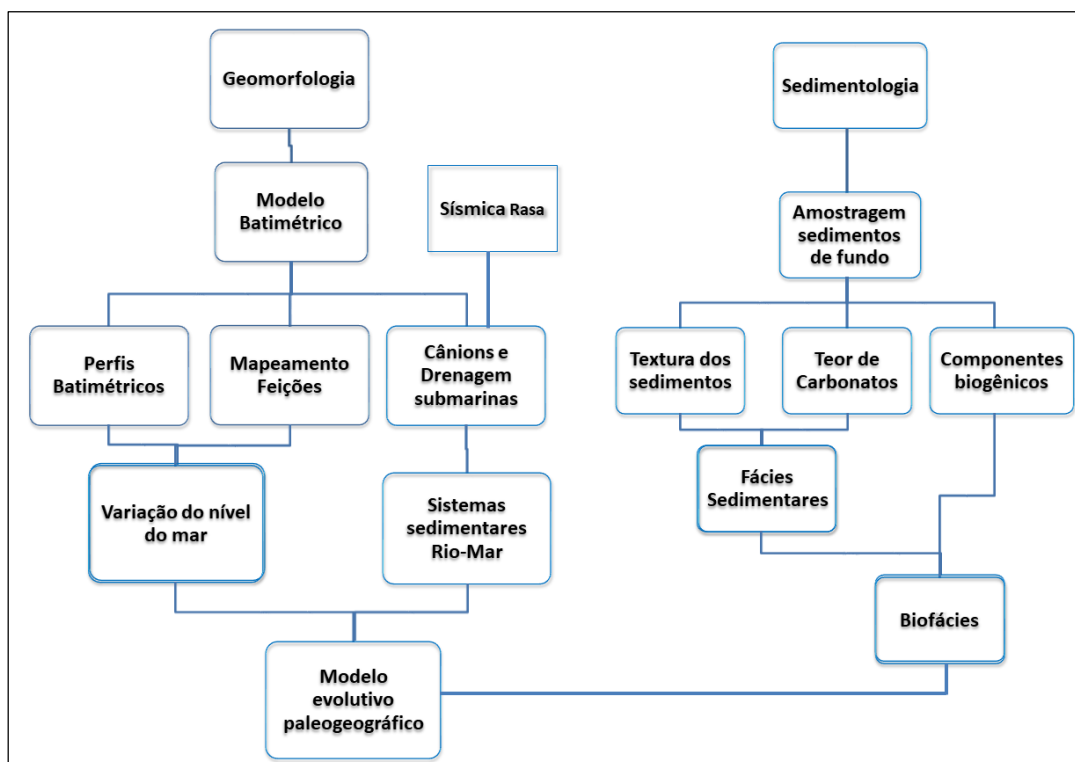
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente tese, todos os dados e análises das informações existentes obtidos no âmbito projeto MARSEAL foram inicialmente compilados em uma base cartográfica. As principais informações são advindas dos levantamentos desenvolvidos pelo Laboratório GEORIOEMAR, da Universidade Federal de Sergipe.

Para atingir os objetivos, o desenvolvimento do trabalho adotou a seguinte sequência de etapas: 1) Análise dos dados disponíveis e a compilação ao banco de dados; 2) Identificação e mapeamento das feições da plataforma continental; 3) Classificação dos sedimentos e das biofácies; 4) Integração dos dados para estabelecer a evolução paleogeográfica da margem continental SE-AL.

A base de dados disponível, englobando os dados pré-existentes e a interpretação das informações, fornece os subsídios necessários para a realização do presente estudo. Devido às diversas análises envolvidas na tese, a Figura 20 ilustra a sequência de etapas desenvolvidas e as respectivas metodologias serão apresentadas de forma detalhada a seguir.

Figura 20 - Fluxograma das etapas metodológicas para o desenvolvimento da tese.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

3.1 Batimetria da plataforma continental SEAL

Os dados batimétricos utilizados para a elaboração do mapa batimétrico da plataforma continental de Sergipe e Alagoas, entre o Rio Piauí (Sergipe) e Maceió (Alagoas) foram os dados pretéritos, obtidos das Folhas de Bordos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e armazenados no banco de dados BANPETRO. Este conjunto de 76.645 pontos de medidas de profundidade corresponde à maior parte dos dados de batimetria da área em estudo.

Os pontos batimétricos foram importados ao ambiente SIG (ArcGIS 10) e, em seguida, realizou-se uma avaliação da consistência dos dados, o que resultou na eliminação de 401 pontos de profundidade que apresentavam uma discrepância em relação à sua localização na plataforma ou a sua vizinhança.

Os pontos cotados foram vetorizados para arquivo *shapefile* que, posteriormente, passou por uma série de testes de interpolação (IDW, Kriging, Spline, *Natural Neighbor*) procurando encontrar o melhor método de representação do relevo marinho da área estudada. Dentre os utilizados, o método de interpolação Vizinho Natural (ArcToolbox – Spatial Analyst Tools-Interpolation - *Natural Neighbor*), foi o que apresentou maior êxito na forma de representação, pois representou bem as feições de fundo existentes.

O interpolador “Vizinho Natural” é um método que não extrapola valores, resolvendo a interpolação somente para o interior do domínio dos dados. Esta técnica utiliza polígonos de Thiessen para avaliação de pesos para os pontos e faz a interpolação através da média ponderada dos pontos vizinhos, onde os pesos são proporcionais às áreas (ANDRIOTTI, 2003; MAZZINI; SCHETTINI, 2009). O mapa batimétrico gerado utilizou como parâmetros, o tamanho da célula – 50 x 50 m e os parâmetros *default* do programa ARC GIS 10.

O relevo continental foi destacado através da geração de um mosaico de imagens da região continental a partir dos dados do sistema de radar *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, o qual obteve-se um modelo digital de terreno com resolução espacial de 90 x 90m, o que permitiu uma melhor visualização da integração entre as feições continentais e marinhas.

Posteriormente, foram incorporados novos dados ao modelo batimétrico da plataforma continental em estudo, elaborado no âmbito do projeto MARSEAL e realizado em conjunto com o Centro de Pesquisa da Petrobras - CENPES, onde o modelo batimétrico foi aprimorado utilizando outras 3 fontes de dados, cada uma apresentando um tipo de resolução conforme a tabela 4.

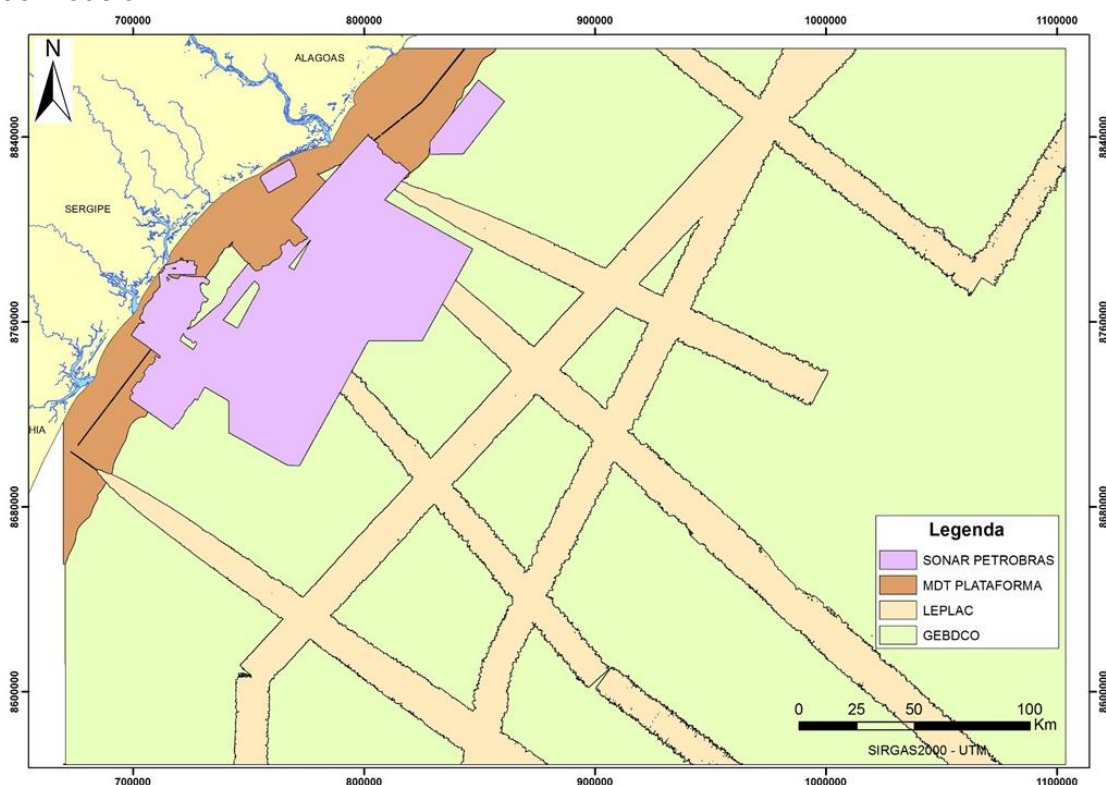
Tabela 4 - Fonte e resolução dos dados para a geração do modelo digital de terreno da bacia SEAL. Todos os dados foram projetados para o Sistema de Projeção UTM, SIRGAS 2000.

Fonte dos Dados	Qualidade	Resolução (pixel)*
Petrobras	1	25 X 25 m
Folhas de Bordo (DHN)	2	50 X 50 m
LEPLAC	3	100 X 100 m
GEBCO	4	1000 x 1000 m

Fonte: SCHREINER et al., 2015.

A Figura 21 representa espacialmente os limites de cada um dos dados que foram utilizados na geração do mosaico.

Figura 21 - Limites dos levantamentos de dados batimétricos utilizados na elaboração do modelo.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O processamento dos dados batimétricos foi elaborado de acordo com Gomes et al. (2007), onde a prioridade na sobreposição dos dados foi tratada considerando a resolução original do dado, dando prioridade aos dados com a melhor resolução para a geração do modelo batimétrico.

Assim o modelo batimétrico da plataforma continental foi ampliado abrangendo as regiões do talude e sopé continental e apresentou uma resolução do relevo marinho que permitiu visualizar as anomalias do relevo, o qual foi utilizado para identificar e mapear as feições morfológicas submersas.

3.2 Perfis batimétricos

Os perfis batimétricos foram planejados para se estender da costa até a quebra da plataforma e início do talude continental, em torno da isóbata de 60 m, considerada como limite da plataforma continental na região. Os perfis foram elaborados no software ArcMap10 utilizando a ferramenta *3D análise* e como base o modelo batimétrico, de acordo com Camargo et al. (2007 e 2015).

Os perfis batimétricos foram realizados nas principais feições da plataforma e talude continental para ilustrar, em maior detalhe, a ocorrência das feições, tais como: vales incisos, paleocanais, cânions, recifes, elevações.

3.3 Mapeamento das feições marinhas

A partir do modelo batimétrico gerado, foram identificadas e mapeadas às feições morfológicas submarinas através da análise visual, onde se fez uso das ferramentas de geoprocessamento, melhorando o contraste visual do modelo batimétrico, de forma a realçar o relevo marinho e possibilitando identificar as feições. Perfis Batimétricos também foram realizados para destacar as feições em detalhe no modelo batimétrico.

Após a identificação das irregularidades no relevo (elevação ou depressão) da plataforma continental, estas eram mapeadas e digitalizadas em ambiente SIG (ArcMAP 10) na forma de polígono ou linha, delimitando sua abrangência espacial através da interpretação visual. No caso dos paleocanais e recifes, estes foram catalogados com nomes já registrados em outros estudos ou de acordo com a sua localidade.

3.4 Levantamento Geofísico

As campanhas oceanográficas incluíram a realização de levantamentos de seções sísmicas de alta resolução nas áreas de ocorrência das feições morfológicas em sub-superfície da plataforma continental. Foram executados levantamentos batimétricos e de sísmica rasa no entorno das desembocaduras do rio São Francisco e Japarutuba e nos respectivos cânions submarinos, nos estuários e regiões da plataforma dos rios, Sergipe, Vaza Barris e Piauí-Real, nos recifes e quebra da plataforma na região norte e sul de Sergipe.

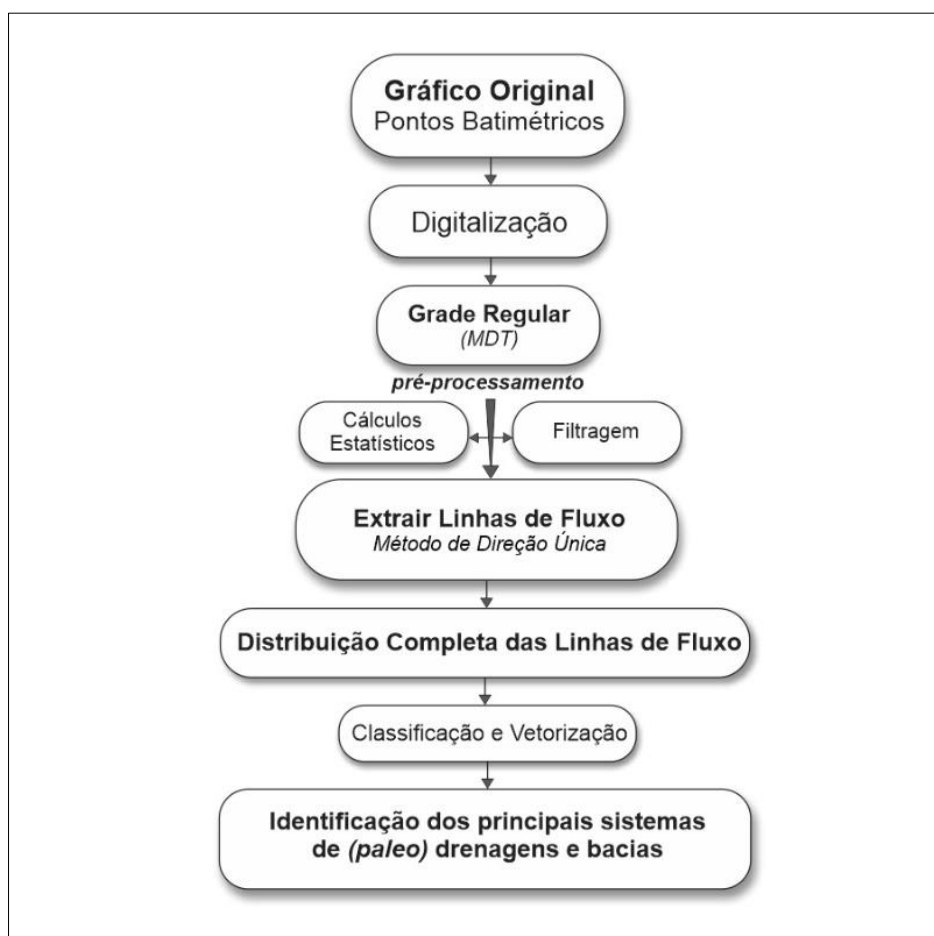
Nestas áreas da plataforma, foram realizados perfis longitudinais e perpendiculares à linha de costa, com a utilização de ecossonda da marca Furuno modelo GP-1650WF com duas frequências de pulsos (50 e 200 kHz) conectada a um GPS (Global Position System) Trimble e acoplados a um notebook para armazenamento das informações.

Os dados de sísmica rasa foram obtidos com um perfilador de subfundo, da marca Edgetech, sistema 3200-XS, modelo SB-512i, que emite e recebe pulsos acústicos, possibilitando a identificação de refletores que apresentam alto contraste de impedância acústica. O equipamento é composto por uma plataforma integrada de computador-amplificador interligado por um cabo de comunicação com um veículo hidrodinâmico dotado de sensores (emissor de sinal acústico e hidrofones). Este equipamento trabalha com intervalo de frequência 0,5-15 kHz. Os dados foram obtidos com a utilização do programa Discover Sub-Bottom e pós-processados no programa Sonarwiz 5.0 de acordo com o fluxo de processamento de dados de sísmica proposto por Gomes et al. (2011).

3.5 Drenagens submarinas

Para gerar as drenagens existentes na região da plataforma continental da região estudada, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento do programa ArcGIS 10, utilizando como base o modelo batimétrico elaborado (Fig. 22). Todos os comandos necessários são encontrados no *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Hydrology*. As etapas para a extração de paleo-drenagens a partir do Modelo Digital de Terreno são apresentadas a seguir.

Figura 22 - Estrutura metodológica da extração de paleodrenagem, a partir do modelo batimétrico utilizado neste estudo.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

Inicialmente foi utilizado o comando *Fill* para preencher os *Sinks* (buracos) do modelo batimétrico para remover pequenas imperfeições nos dados. Em seguida, obteve-se a direção do fluxo utilizando o comando *Flow direction* através do *raster* produzido pelo comando *Fill*. A partir do *raster* gerado pelo *Flow direction*, utilizou-se o comando *Flow Accumulation* para se obter o fluxo acumulado das drenagens.

Através do uso da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Map Algebra*, utilizou-se a opção *Raster Calculator*. Esta ferramenta utiliza um número de células do terreno (*Pixels*) necessárias para gerar as células de drenagem. Recomenda-se testar a quantidades de células para que se obtenha um melhor modelo de paleo-drenagens. Ao final, o *raster* das paleo-drenagens foi transformado em vetor, obtendo o *shapefile*, que suaviza o “efeito escada” nas linhas de drenagens.

A validação da extração automática das redes de drenagens, foram analisadas de forma visual, onde constatou-se que a obtenção automática coincidiu com as existentes no modelo batimétrico. Tais sistemas de paleo-vaes foram associados à atual rede de drenagem a partir de correlações com o Modelo Digital de Terreno - MDT da região continental a partir dos dados do sistema de radar SRTM.

A relação das áreas emersas adjacentes à plataforma continental em estudo, foram analisadas imagens ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) do satélite Landsat-8. Foi utilizado um mosaico de imagem da base de dados do programa ArcGIS *online* e realizados processamentos, realces e sobreposição de camadas de *Shapefiles*, visando destacar estruturas do sistema de drenagem costeira da área além de feições de interesse na área costeira (material em suspensão e / topografia de fundo).

Todas as informações obtidas pelo MDT, processamento de imagens de satélite e digitalização e posicionamento das linhas sísmicas, foram armazenadas em um banco de dados geográficos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), tornando possível o acesso, manipulação e associação de todos os dados sobre uma base georreferenciada.

3.6 Sistemas Sedimentares Rio-Mar

A rede de drenagens, tanto atuais como pretéritas, foi analisada para diferenciar as diferentes bacias de drenagens pretéritas e verificar a conexão com os sistemas fluviais atuais e se haveria a junção em profundidades dessas drenagens no talude ou sopé continental, realizando a distinção entre os sistemas deposicionais.

Após a identificação da rede de drenagem, esta foi especializada e realizada a distinção das bacias submersas por interpretação visual do modelo batimétrico, perfis batimétricos e dados de sísmica rasa. O conjunto de drenagens permitiu identificar as diferentes bacias submersas através das linhas de drenagem submarinas e suas interações continente-oceano.

3.7 Mapeamento sedimentológico da plataforma continental

Campanhas oceanográficas e amostragens

A coleta de amostras de fundo da plataforma continental corresponde a uma área de aproximadamente 5.000 km² e comprimento de 210 km, no trecho compreendido entre o Pontal de Cururipe - AL, no extremo norte, e a desembocadura do rio Piauí-Real - SE, situada no extremo sul.

O planejamento de coleta de amostras de fundo foi realizado através de perfis perpendiculares à linha de costa, os quais foram denominados transectos. Em cada transecto foram lançadas as estações de coleta de amostras de sedimentos de fundo, sendo os transectos numerados de norte para sul. O planejamento amostral foi elaborado pela equipe técnica UFS/Petrobras a fim de atender as necessidades do Projeto MARSEAL.

Os transectos de amostragem foram planejados para se estender da costa até a quebra da plataforma e início do talude continental, em torno da isóbata de 50 m, considerada como limite da plataforma continental na região. As estações amostrais foram numeradas em cada transecto de forma crescente no sentido da mais rasa para a mais profunda.

Na plataforma continental de Sergipe a malha amostral foi planejada com espaçamento de 2,5 km e ao longo dos transectos foram distribuídas as estações de amostragem espaçadas a cada 2 km, formando assim uma malha de amostragem regular de 2,5 x 2,0 km. Na plataforma continental sul de Alagoas o espaçamento entre os transectos foi de 5 km, mantendo a mesma distância entre as estações amostrais, formando uma malha amostral 5x2 km.

Os transectos e as estações de amostragem foram lançadas sobre a base cartográfica digital disponível, com o uso do programa ArcMAP 10. Utilizou-se o arquivo digital da carta náutica da Marinha do Brasil (Carta de Maceió ao rio Itariri) e as coordenadas ao Datum SIRGAS2000. A distribuição das estações de coleta ao longo dos transectos sofreu reajustes em função da necessidade de evitar a coincidência com a presença de obstáculos na superfície da plataforma, tais como dutos, poços e plataformas petrolíferas que foram lançados na base cartográfica.

A obtenção de dados primários e a coleta de amostras da plataforma continental de Sergipe e Alagoas foram efetuadas através de 4 (quatro) campanhas oceanográficas (Quadro 02). A campanha Oceanográfica 1 consistiu no levantamento sedimentológico da plataforma continental norte de Sergipe e sul de Alagoas, mais especificamente a área da plataforma continental compreendida entre o Pontal do Coruripe - AL e a foz do rio Japarutuba – SE (Fig. 23).

Quadro 2 - Síntese das campanhas oceanográficas realizadas na plataforma SEAL.

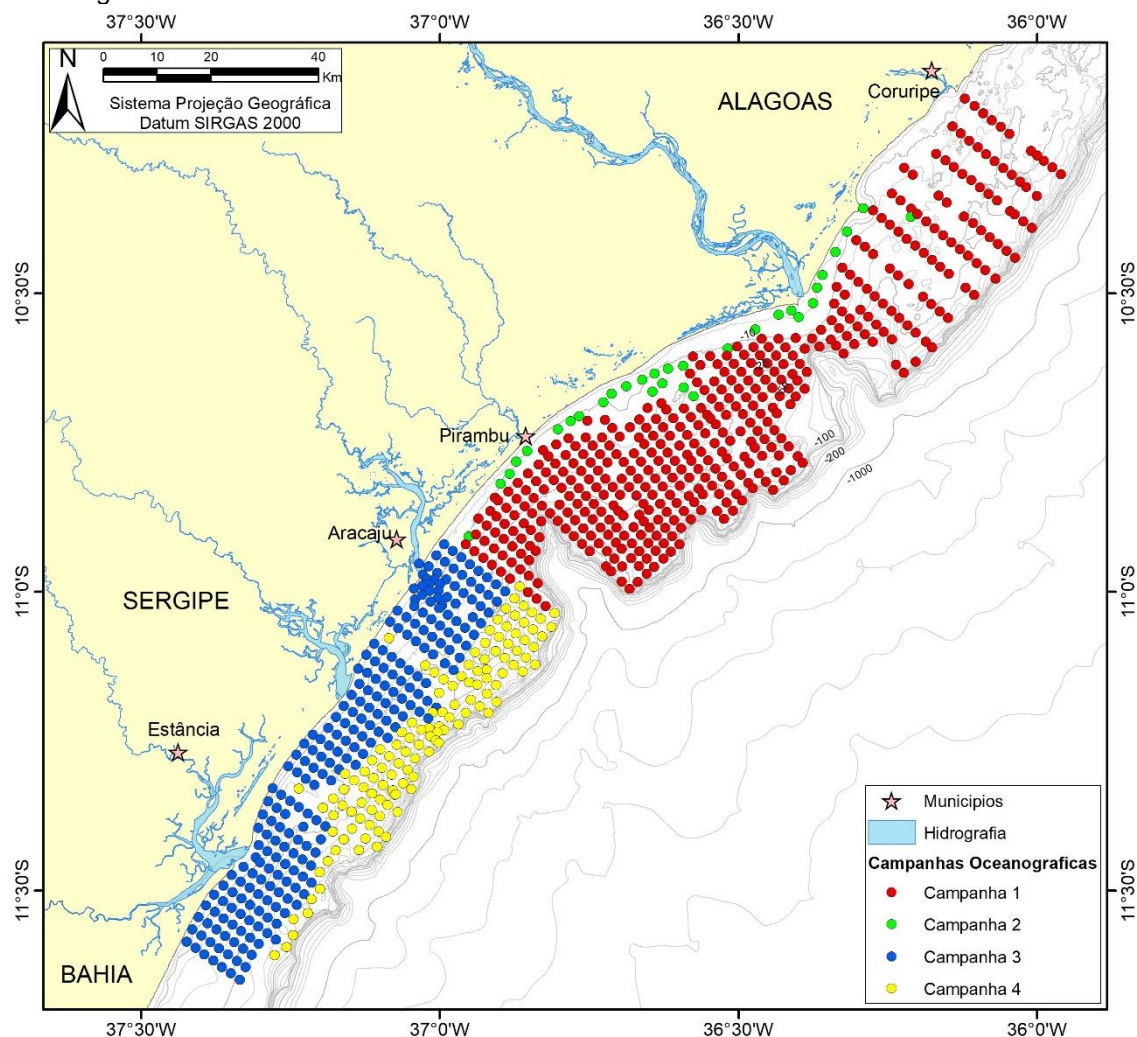
	1ª. Campanha	2ª. Campanha	3ª. Campanha	4ª. Campanha
Período	2008	2010/2011	2012	2013
Região da plataforma	Sul Alagoas e norte de Sergipe	Sul Alagoas e norte de Sergipe	Sul de Sergipe	Sul de Sergipe
Embarcação	Navio R/V GYRE	Vespúcio	Turista	Distrimar III
Transectos	1 ao 85	1 ao 85	87 ao 157	87 ao 157
Estações de amostragem	433	31	288	79
Tipo de amostrador	Box Core e Van Veen	Van Veen	Van Veen	Van Veen

Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A 1ª Campanha Oceanográfica foi realizada com o navio R/V GYRE (Fig. 24a) de propriedade da empresa C&C, onde os profissionais da empresa que ficaram responsáveis pela coleta das amostras. A validação das amostras coletadas ficou sob a responsabilidade da equipe da UFS. Esta campanha oceanográfica teve duração de 14 dias e foi realizada de 24 de outubro a 07 de novembro de 2008, em regime de trabalho contínuo (24 horas).

As demais campanhas oceanográficas foram planejadas e organizadas exclusivamente pela equipe da Universidade Federal de Sergipe, que realizou a contratação de embarcações locais e de menor porte (Fig. 24b, c, d) e promoveu toda a logística para a realização dos levantamentos.

Figura 23 – Estações de amostragem e as áreas de abrangências das campanhas oceanográficas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A 2ª campanha foi realizada entre 2010 e 2011, em várias etapas, entre a desembocadura do rio São Francisco e Japaratuba, na qual teve por objetivo principal detalhar a plataforma entre a costa e os 10 m de profundidade. Nesta região, que anteriormente não havia sido mapeada, foram realizados levantamento de dados nas áreas de recifes submersos e nos ápices dos cânions submarinos do rio São Francisco e Japaratuba. A 3ª e 4ª campanhas oceanográficas também foram realizadas em etapas, nos anos 2012 e 2013, entre a foz do rio Sergipe e o município de Jandaíra – BA (Fig. 23).

Na 1ª campanha oceanográfica, em função da diversidade de tipos de sedimentos no substrato plataformal foram utilizados dois tipos de amostradores de sedimentos de fundo, um do tipo Box Core e outro do tipo

Van Veen (Fig. 25a e b). Nas demais campanhas utilizou-se apenas o amostrador de sedimento do tipo Van Veen em função da facilidade de manejo.

Figura 24 – Embarcações utilizadas na coleta de sedimentos e dados geofísicos. a) Navio R/V Gyre utilizado na campanha oceanográfica 1; b) barco Vespúcio utilizado na campanha oceanográfica 2; c) Embarcação Turista utilizada na campanha oceanográfica 3 e d) Embarcação Distrimar III utilizada na campanha oceanográfica 4.



Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

Os mapas pretéritos do fundo marinho (FRANÇA, 1976; COUTINHO, 1976 e 1981; e CPRM, 1997, 2008) foram utilizados na definição do tipo de sedimento de fundo para a tomada de decisão sobre qual tipo de amostrador a ser usado em cada estação.

O amostrador tipo Box Core foi utilizado principalmente para amostragem de sedimentos finos (lamas) e a draga Van Veen para os sedimentos grosseiros (areias e cascalhos). As amostras foram coletadas de forma composta, acondicionadas em sacos plásticos com aproximadamente 500 g de sedimentos e armazenadas na temperatura ambiente.

Figura 25 - Equipamentos de coleta de sedimentos: A) Box Core e B) Van Veen.



Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

A identificação das amostras coletadas em cada estação foi realizada através de etiquetas internas e externas, contendo as seguintes informações da coleta: data, local, profundidade, estação amostral, réplica, estrato e o código da amostra, bem como outras informações que se julgou necessárias.

A posição geográfica e a profundidade das estações de amostragem foram realizadas utilizando-se do GPS e ecobatímetro existente na embarcação (Fig. 26). Admitiu-se um deslocamento de até 50 m em torno da coordenada inicialmente prevista, devido às possíveis dificuldades de posicionamento da embarcação.

Na primeira campanha a empresa contratada C&C forneceu a UFS o arquivo digital contendo todos os dados do trajeto do navio e as coordenadas de cada estação de amostragem, bem como os dados do ecobatímetro em cada estação de coleta. Nas demais campanhas as informações de coleta eram anotadas pelos pesquisadores da UFS.

Em laboratório estas informações das amostras coletadas foram especializadas em SIG (ArcMAP 10), a fim de se verificar a correta localização das coordenadas das amostras obtidas.

Figura 26 – Coletada de dados com ecobatímetro e sistema de posicionamento para a coleta das amostras.



Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

Análise Granulométrica

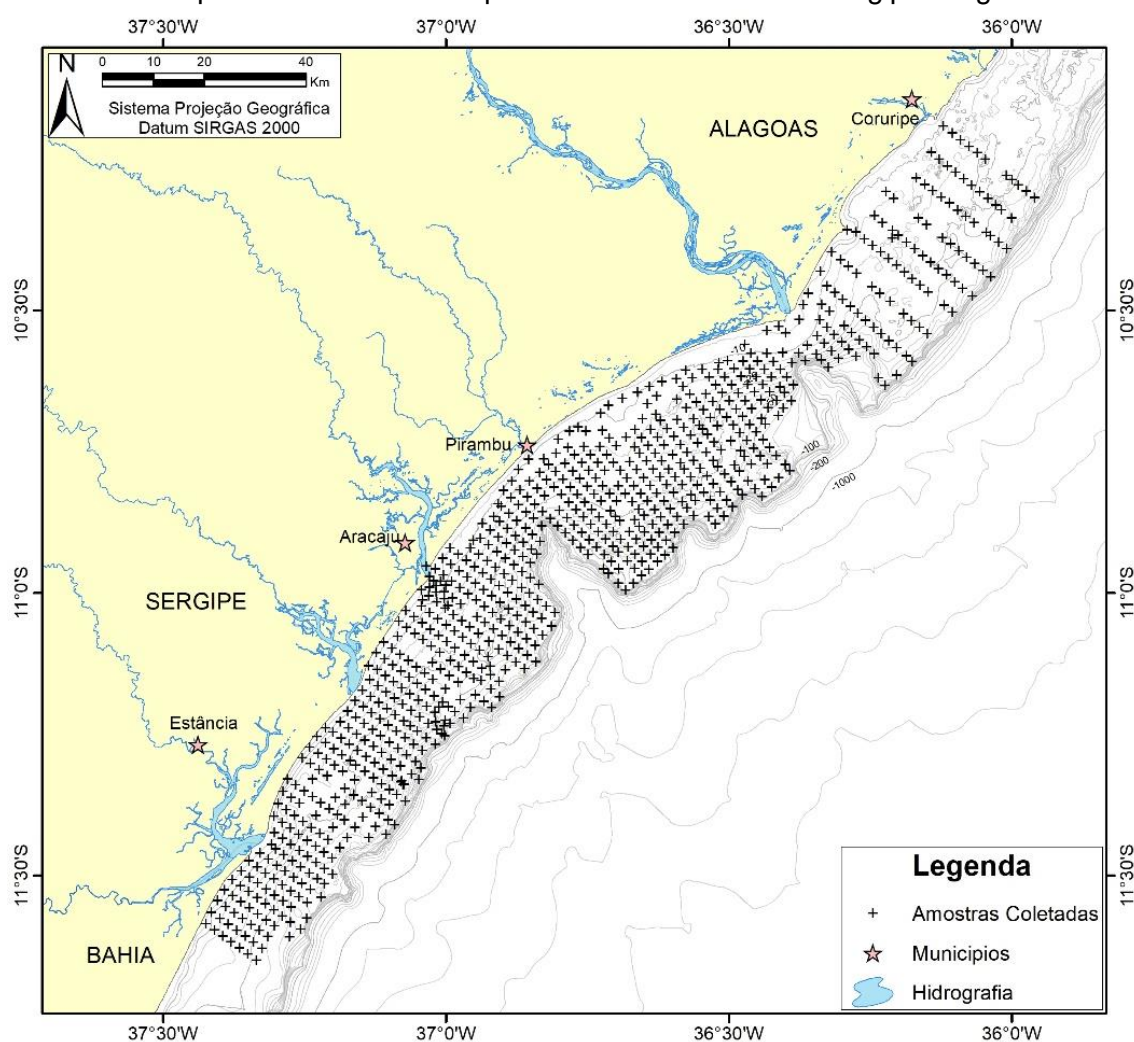
As análises das amostras coletadas nas campanhas oceanográficas tiveram por objetivo a caracterização dos sedimentos superficiais de fundo e o mapeamento faciológico da plataforma continental. Os resultados das amostras analisadas foram obtidos no âmbito do Projeto MARSEAL.

As análises granulométricas das 831 amostras superficiais (Fig. 27) coletadas nas campanhas oceanográficas foram analisadas por peneiramento mecânico. A análise da distribuição granulométrica foi realizada de acordo com o método descrito por Suguio (1973). As amostras foram lavadas para retirar o sal e secas na estufa a 60° C. Após secagem das amostras, foi retirada a quantidade aproximada de 200 gramas para as análises granulométricas e de carbonatos. As amostras de sedimento passaram por peneiramento mecânico, em intervalos de $\frac{1}{2} \phi$ (phi), na fração de 0,062 a < 4,00 mm (lama a grânulo) e os sedimentos da fração > 4,00 mm (seixos/cascalhos) foram analisados por medição direta com um paquímetro, seguindo o método de Suguio (1973). Foi adotada a escala de Wentworth (1922) para classificação do tamanho dos grãos (Tab. 5).

Os dados obtidos por peneiramento mecânico para cada classe de sedimento foram integrados àqueles obtidos por medição direta. Estes dados foram lançados em planilha para cálculos de pesos retidos em cada peneira, porcentagem de pesos retidos e de peso acumulado. Para o cálculo das análises estatísticas utilizou-se o programa denominado AGRAN (QUEIROZ,

2008; RUIZ-MARTÍNEZ et al., 2016) com rotina de análise granulométrica elaborado em ambiente MATLAB 7.0, que permite extrair resultados gráficos e numéricos referentes às características do tamanho do grão. Os parâmetros estatísticos granulométricos gerados segundo o método de Folk e Ward (1957) foram o diâmetro médio, mediana, grau de selecionamento ou desvio padrão, assimetria, curtose, percentuais de lama, areia, cascalho e a classificação textural segundo Shepard (1954).

Figura 27 – Distribuição espacial dos 79 transectos e 831 amostras coletadas de sedimentos superficiais de fundo na plataforma continental de Sergipe-Alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Tabela 5 - Classificação dos sedimentos segundo a escala Wentworth (1922).

Diâmetro (mm)	Diâmetro (Φ)	Classificação
64,00 – 32,00	- 6,0 a -5,0	Seixo
32,00 – 16,00	-5,0 a 4,0	
16,00 – 8,00	-4,0 a -3,0	
8,00 – 4,00	-3,0 a -2,0	
4,000 – 2,820	-2,0 a -1,5	Granulo
2,820 – 2,000	-1,5 a -1,0	
2,000 – 1,410	1,0 a -0,5	Areia muito grossa
1,410 – 1,000	-0,5 a 0,0	
1,000 – 0,710	0,0 a 0,5	Areia Grossa
0,710 – 0,500	0,5 a 1,0	
0,500 – 0,350	1,0 a 1,5	Areia Média
0,350 – 0,250	1,5 a 2,0	
0,250 – 0,177	2,0 a 2,5	Areia Fina
0,177 – 0,125	2,5 a 3,0	
0,125 – 0,088	3,0 a 3,5	Areia Muito Fina
0,088 – 0,062	3,5 a 4,0	
0,062 – 0,031	4,0 a 5,0	Silte Grosso
0,031 – 0,016	5,0 a 6,0	Silte Médio
0,031 – 0,008	6,0 a 7,0	Silte Fino
0,008 – 0,004	7,0 a 8,0	Silte Muito Fino
0,04 – 0,00195	8,0 a 9,0	Argila Grossa
0,00195 – 0,00098	9,0 a 10,00	Argila Média
0,00098 – 0,00049	10,00 a 11,00	Argila Fina
<0,00049	<11,00	Argila Muito Fina

Fonte: Suguio (1973).

Nas zonas lamosas associadas aos rios São Francisco e Japaratuba, foram selecionadas 100 amostras para a análise com o granulômetro a laser. Nestas amostras constituídas predominantemente pela fração lama (< 0,062 mm), foi possível, através desta análise, determinar o percentual de cada fração granulométrica presente na amostra, discriminando as frações areia, silte e argila.

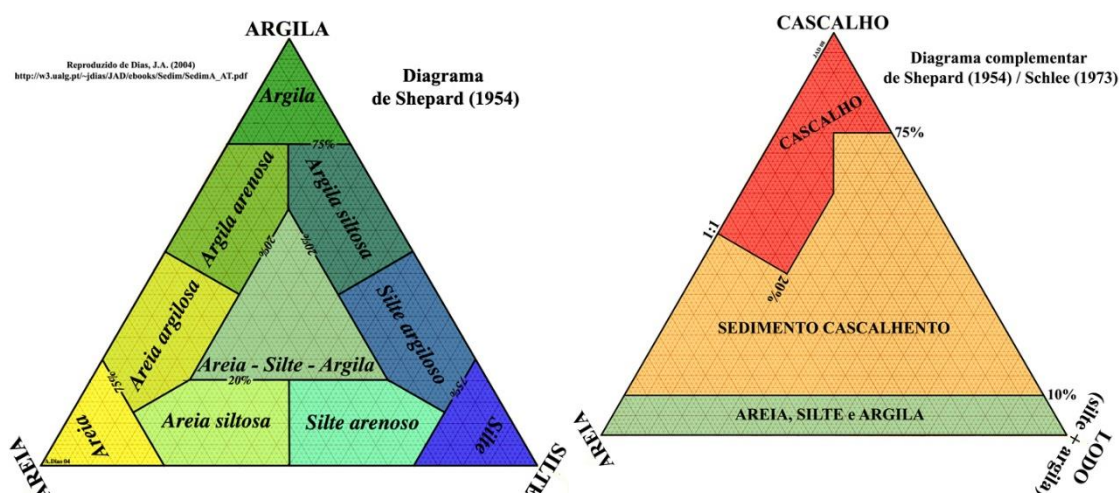
Para análise no granulômetro a laser, as amostras foram pré-tratadas através de lavagem para retirada de sais, secagem e peneiramento na malha de 2,00 mm. Posteriormente a amostra foi homogeneizada, pesadas e separada em média 40 gramas de cada amostra para análise no granulômetro.

As análises granulométricas a laser foram realizadas em laboratório externo a UFS, em um aparelho da marca CILAS. Após a análise foram obtidos os percentuais em peso das classes de sedimentos desde a fração areia muito grossa à argila muito fina (2,0 a <0,00049 mm).

Os resultados obtidos para cada amostra foram compatibilizados com a escala granulométrica de Wentworth (1922) (Tab. 5) e em seguida foram analisados no programa Gradistat (BLOTT; PYE, 2001) para obtenção dos parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957).

Para a classificação textural segundo Shepard (1954) fez-se uso do programa SEDCLASS elaborado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS (*U.S. Geological Survey*), seguindo a metodologia apresentada por Pope *et al.* (2003), onde a partir dos percentuais de cada fração de areia, silte e argila, cada amostra era classificada de acordo com a Figura 28.

Figura 28 - Diagrama de classificação textural modificado de Shepard (1954), usado pelo programa SEDCLASS (USGS).



Fonte: BLOTT e PYE (2001).

3.8 Análise do Teor de Carbonato

A metodologia utilizada na determinação do teor de carbonato consistiu na realização do método conhecido como gravimétrico. A determinação por diferença gravimétrica ocorre após ataque com HCl diluído (10%), onde são pesadas 10 g da amostra e adicionado ácido clorídrico (HCl) com 10% de concentração. Quando se encerra a liberação de gases da amostra, ou seja, a eliminação completa do carbonato, a amostra é lavada para a remoção do ácido e em seguida é realizada a secagem a 60°C/ 18 h. Pesa-se novamente o recipiente e pela diferença de massas, obtêm a quantidade média de carbonato presente na amostra.

3.9 Classificação textural e faciológica

Na elaboração dos mapas texturais foram compilados os resultados das análises das 831 amostras de sedimentos de fundo, coletadas pela equipe do Laboratório GEORIOEMAR da UFS, distribuídas de forma relativamente homogênea na área de estudo, com uma malha regular, entre a foz dos rios Coruripe (AL) e Itapicuru (BA).

A elaboração dos mapas texturais da distribuição dos teores de lama, areia e cascalho serão realizados de acordo com a classificação de Shepard (1954). Os parâmetros estatísticos granulométricos obtidos foram inseridos em planilha eletrônica, juntamente com as localizações geográficas de cada amostra. No mapa faciológico serão integrados a textura com as características composicionais dos sedimentos. Desta forma, se tem um entendimento da origem dos sedimentos, na qual será destacada a diversidade de tipos de sedimentos que são encontrados na região.

A primeira classificação faciológica foi proposta por Larssonneur (1977), entretanto devido à complexidade dos tipos sedimentares, optou-se em utilizar a classificação de Freire et al. (1997) e adaptada por Dias (1996). Esta classificação visa a simplificação e também a predominância dos depósitos carbonáticos, formados por uma mistura biogênica, constituída por fragmentos de algas calcárias, foraminíferos, moluscos, gastrópodes, briozoários e bivalves.

Em função do termo lito (do grego *lithos*) significar pedra ou rocha e o termo litoclástico ser comumente utilizado no sentido de clasto sedimentar composto de um tipo de rocha pré-existente (SUGUIO, 2003; VITAL et al., 2005b). Neste estudo optou-se por utilizar o termo siliciclástico, por este ser aplicado a sedimentos que compreendem partículas compostas de fragmentos de rochas e minerais, ou seja argilitos, arenitos e conglomerados (VITAL et al., 2005b). Esta nomenclatura é mais apropriada para a cobertura sedimentar da plataforma continental do Nordeste do Brasil, permanecendo os demais critérios da classificação utilizada por Freire et al. (1997) inalterados.

A partir das análises dos teores de carbonatos de cálcio, classificou-se os sedimentos de acordo com a sua composição. Estas amostras foram divididas em 5 classes: sedimentos siliciclásticos lamoso (<30% CaCO_3 ; Lama >50%), sedimentos siliciclásticos arenoso (<30% CaCO_3 ; areia >50%), sedimentos silicibioclásticos (30 – 50% CaCO_3), sedimentos biosiliciclásticos (50 – 70% de CaCO_3) e sedimentos bioclásticos (>70 % CaCO_3).

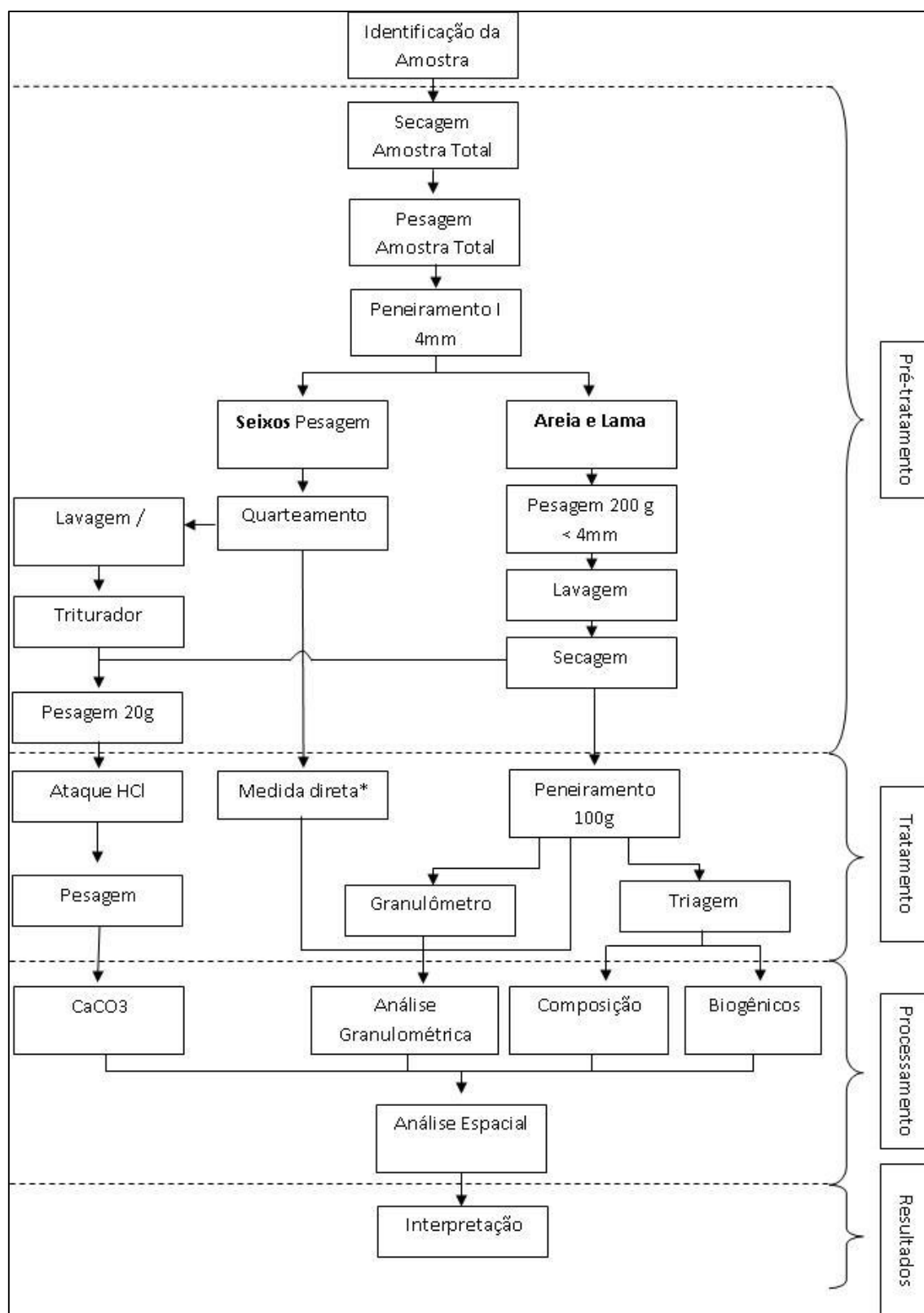
Em seguida foram mapeados os polígonos das áreas de domínio de cada classe granulométrica para representar as fácies sedimentares definidas no Quadro 3. Na Figura 29 é apresentado o fluxograma com as etapas de análises granulométricas dos sedimentos.

Quadro 3 - Classificação faciológica de sedimentos do fundo marinho de acordo o a textura e composição.

SUBDIVISÕES PRINCIPAIS	SEIXOS, GRANULOS, COQUINAS OU RODOLITOS (L<15%;Md>2mm)	AREIAS (L<15%; areia+lama>50%; Md<2mm)		SEDIMENTOS LAMOSOS L>15%
		15% < superior a 2mm >50%	superior a 2mm <50%	
SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS Carbonatos <30%	Cascalho Siliciclástico	Areia siliciclástica com grânulos e cascalhos	Areia Siliciclástica	Lama Terrígena
SEDIMENTOS SILICI-BIOCLÁSTICOS Carbonatos = 30 a 50%	Cascalho Silici-bioclástico	Areia silici-bioclástica com grânulos e cascalhos	Areia Silici-bioclástica	Marga Arenosa
SEDIMENTO BIO-SILICICLÁSTICO Carbonatos = 50 a 70%	Cascalho Bio-siliciclástico	Areia bio-siliciclástica com grânulos e cascalhos	Areia Bio-siliciclástica	Marga Calcária
SEDIMENTO BIOCLÁSTICO Carbonatos >70%	Cascalho Bioclástico	Areia bioclástica com grânulos e cascalhos	Areia Bioclástica	Lama Calcária
L = Lama; Md = Mediana				

Fonte: Modificado de Freire et al. (1997) e Vital et al. (2005b).

Figura 29 - Fluxograma das etapas de análises granulométricas dos sedimentos.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

3.10 Análise da composição dos sedimentos da plataforma

Foram realizadas análises de identificação da composição e dos componentes biogênicos em 423 amostras de sedimentos superficiais de fundo do total de 831 amostras obtidas através dos amostradores de sedimento do tipo Van Veen e Box Core.

As análises foram realizadas através da lupa binocular nas amostras selecionadas do total de amostras submetidas ao peneiramento mecânico. Após a análise composicional, a fração correspondente aos componentes biogênicos foi analisada de forma mais detalhada e seu conteúdo classificado de acordo com a sua origem biológica.

A determinação dos componentes dos sedimentos foi realizada para duas frações granulométricas, denominadas Fração 1 e Fração 2, obtidas através do processo de peneiramento mecânico. A Fração 1 corresponde ao intervalo de -1,5 a 0 phi (areia muito grossa a grânulo) e a Fração 2 ao intervalo de 2 a 3 phi (areia fina a média). Nas amostras de sedimentos lamosos, foi utilizada a peneira de 2,00 mm (1,0 phi) para a separação dos organismos maiores. Depois de separados, obtiveram-se duas frações distintas, denominadas >2,00 mm e <2,00 mm.

Para as análises do conteúdo composicional e de biogênicos, após a homogeneização de cada fração granulométrica (1 e 2), foram identificados, de forma aleatória, uma média de 100 grãos, resultando em um total de 200 grãos por amostra, seguindo metodologia Drooger e Kaasschieter (1958). Os dados foram ponderados com relação aos pesos das frações analisadas.

A identificação dos componentes do sedimento seguiu uma classificação previamente estabelecida em seis categorias de componentes: Biodetritos; Grãos carbonáticos; Quartzo; Mica; Fragmentos de rochas; Agregados.

Por critérios de definição foram considerados grãos carbonáticos os componentes incrustados por algas Rhodophyta ou que não puderam ser classificados quanto ao seu grupo taxonômico e os agregados são os grãos de sedimento agrupados por uma película de cimento.

O conteúdo dos componentes biogênicos foi analisado e classificado em 12 grupos taxonômicos distintos nas seguintes categorias: Algas vermelhas

(filo Rhodophyta); Algas verdes - Halimeda (filo Chlorophyta); Foraminíferos (filo Rhizopoda); Equinodermos (espinhos e carapaças de ouriço - filo Echinodermata); Esponjas (espículas - filo Porifera); Fragmentos de crustáceos (filo Crustacea); Briozoários (filo Bryozoa); Gastrópodes, Bivalves, Escafópodes (filo Mollusca) e Vermetídeos (classe Gastropoda) e Corais (filo Cnidaria).

A porcentagem de cada um dos grupos identificados foi ponderada pelo peso de cada fração granulométrica (1 e 2), para determinação da contribuição de cada um destes componentes na amostra total. Os resultados obtidos foram digitalizados em planilhas eletrônicas, contendo para cada amostra, a abundância relativa (%) da composição geral dos grãos e da composição dos grãos biogênicos. A porcentagem ponderada foi obtida pelas seguintes fórmulas:

$$P1 = \frac{\% CB_{fr1} * \% peso fração1}{100}$$

$$P2 = \frac{\% CB_{fr2} * \% peso fração2}{100}$$

$$\text{Porcentagem ponderada} = P1 + P2$$

Onde:

- CB_fr1 – porcentagem de componentes biogênicos na fração 1
- CB_fr2 – porcentagem de componentes biogênicos na fração 2
- P1 – porcentagem ponderada da fração granulométrica 1
- P2 – porcentagem ponderada da fração granulométrica 2

Desta forma, como o material biogênico é produzido localmente, e geralmente não sofre grandes deslocamentos, será obtida a distribuição espacial dos grãos biogênicos (grupos taxonômicos) dos sedimentos da plataforma com o objetivo de analisar suas características composicionais, o seu grau de conservação e a participação de cada grupo de organismo produtor do sedimento.

3.11 Classificação das Biofácies

Diversas são as metodologias de classificação de sedimentos propostas, como por exemplo, Shepard (1954), Folk e Ward (1957), Larssonneur (1977),

Dias (1996) e Freire et al. (1997) e Vital et al. (2005b). Entretanto, neste estudo, a classificação das biofácies será com base numa adaptação de Folk (1954) e Rebouças (2010).

Para realizar a classificação das biofácies dos sedimentos de fundo, os dados sedimentológicos obtidos, textura, faciologia e a distribuição dos componentes biogênicos, foram espacializados em um sistema de informação geográfica (SIG), no software ArcMap 10.0, juntamente com uma base cartográfica. A sequência de identificação das biofácies foi de acordo com o Quadro 4, onde identificou inicialmente a textura do sedimento (Lama, areia ou cascalho), em seguida a faciologia (siliciclástico ou bioclástico) e por fim os componentes biogênicos predominantes do sedimento.

As classes de biofácies identificadas foram definidas de acordo com os organismos predominantes em cada classe textural e faciologia do sedimento, e mapeadas de acordo com sua distribuição ao longo da plataforma a ocorrência de cada tipo de biofácies encontrada.

Quadro 4 – Sequência de identificação sedimentar adaptada de Folk (1954) e Rebouças (2010) para a classificação das biofácies.

Textura	Faciologia	Biodetritos
Lama Areia Cascalho	Siliciclástico (< 50% CaCO ₃) Bioclástico (> 50% CaCO ₃)	Ocorrência dos componentes biogênicos predominantes

Fonte: Jonas R. dos Santos, 2019.

3.12 Elaboração dos Mapas Temáticos

Após a verificação e organização dos resultados, a base de dados foi inserida em ambiente SIG – ArcMAP 10 – a fim de se verificar a distribuição espacial das informações. Em seguida, realizou-se a interpolação dos dados, o que permitiu a elaboração dos mapas texturais da distribuição dos teores de lama, areia e cascalho dos sedimentos de fundo e classificadas as classes de sedimentos conforme citadas anteriormente.

Para elaboração dos mapas sedimentológicos foram testados os métodos de interpolação de dados, objetivando selecionar qual o método que melhor representaria o comportamento de cada variável estudada. Na geração dos mapas utilizou-se o tamanho da célula – 100 m x 100 m e os outros parâmetros

foram mantidos como *default* do programa ArcMAP 10. O método de interpolação que apresentou melhor resultado foi o *Spline*, como já verificado por Santos (2010). Este método utiliza uma expressão polinomial para ajustar uma superfície analítica que inclua todos os pontos de amostragem disponíveis, tendo como objetivo a interpolação dos valores para cada célula do *grid*, gerando uma superfície na qual a declividade em todos os pontos seja obtida com a minimização da curvatura total. O resultado dessa interpolação é uma superfície suavizada (ANDRIOTTI, 2003).

3.13 Mapas de variação do nível do mar

Para a elaboração dos mapas de variação do nível do mar desde a última glaciação (~20.000 anos A.P.), foram utilizados os modelos de elevação de terreno continental e batimétrico da plataforma e o programa ArcGIS 10, utilizando-se das ferramentas de edição de imagens do programa.

Conforme as cotas de profundidade dos momentos de estabilização do nível do mar (-110m, -40m, -25m, -15m e -10m) (SOLEWICZ, 1989; SUGUIO, 1985, 2010; BITTENCOURT et al., 1983; DOMINGUEZ et al., 1987), estas foram indicadas no modelo batimétrico e evidenciando onde se encontrava o limite entre o continente e o mar no passado, e desta forma correlacionando com as feições mapeadas. Os mapas abrangem desde o nível de mar mais baixo da última glaciação (-110m), até o máximo da transgressão marinha (+5m) e o nível de mar atual.

3.14 Modelo Evolutivo da Plataforma

Os indicadores evolutivos das variações ambientais na plataforma continental foram elaborados com base nos resultados das feições geomorfológicas, caracterização sedimentar, composição dos sedimentos e biofácies.

A partir das variações no nível do mar serão estabelecidos patamares de estabilização do nível do mar e correlacionados aos momentos da formação das feições existentes, com base nos trabalhos de Coutinho (1986), Suguio e Martin (1982), Suguio et al. (1985), Martin et al. (2003), Bittencourt et al. (1979, 1983), Dominguez et al. (1987), Bezerra et al. (2003) e Caldas et al. (2006).

Foram considerados os principais aspectos relacionados à morfologia, distribuição de fácies e dinâmica sedimentar na plataforma, as principais características dos ambientes profundos, os sistemas de cânions e canais submarinos e os movimentos de transporte de massa, assim como uma integração destas características em relação aos processos de fonte-bacia (*source-to-sink*) de acordo Kuehl et al. (2016).

As características geomofológicas e sedimentares irão possibilitar evidenciar mudanças na sedimentação marinha desde o último máximo glacial, período no qual a plataforma passou de um ambiente totalmente emerso e exposto aos processos de intemperismo, erosão e escavação pelos rios, para um ambiente submerso, predominando a sedimentação marinha.

4 GEOMORFOLOGIA MARINHA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E ALAGOAS

Neste capítulo são apresentadas as principais feições identificadas na plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas. A partir dos modelos de elevação de terreno foi possível desenvolver as análises geomorfológicas. Com base no mapa batimétrico, elaborado com os dados disponíveis nas Folhas de Bordo da Marinha do Brasil, foi possível realçar as características morfológicas dos vários setores da plataforma continental SEAL (Fig. 30). Também foi integrado ao mapa batimétrico o modelo digital de terreno da região continental a partir dos dados do sistema de radar SRTM.

A morfologia atual da margem continental de Sergipe-Alagoas (SEAL), composta pela plataforma, talude e sopé continental, é resultado da evolução tectono-estratigráfica da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, da atuação de processos construtivos e destrutivos que estão ligados às variações climáticas e glacio-eustáticas e da interação entre o continente e o oceano durante o Quaternário.

Os levantamentos de informações atuais da plataforma continental SEAL possibilitaram delimitar com maior precisão as características da plataforma em estudo (Fig. 30). Desta forma foi possível individualizar as distintas regiões geomorfológicas que estão relacionadas aos controles morfológicos, estruturais e ambientais e também sobre a interação continente-oceano.

A reduzida largura e pouca profundidade (< 60 m) da Plataforma de Sergipe-Alagoas quando comparada com outros trechos da plataforma brasileira tem sido destacada em diversos trabalhos publicados sobre a região. De maneira geral, esta plataforma é considerada estreita e com relevo suave na região de Alagoas e Sergipe. Na área que engloba os cânions São Francisco e Japarutuba, a declividade é mais acentuada que os demais setores da plataforma.

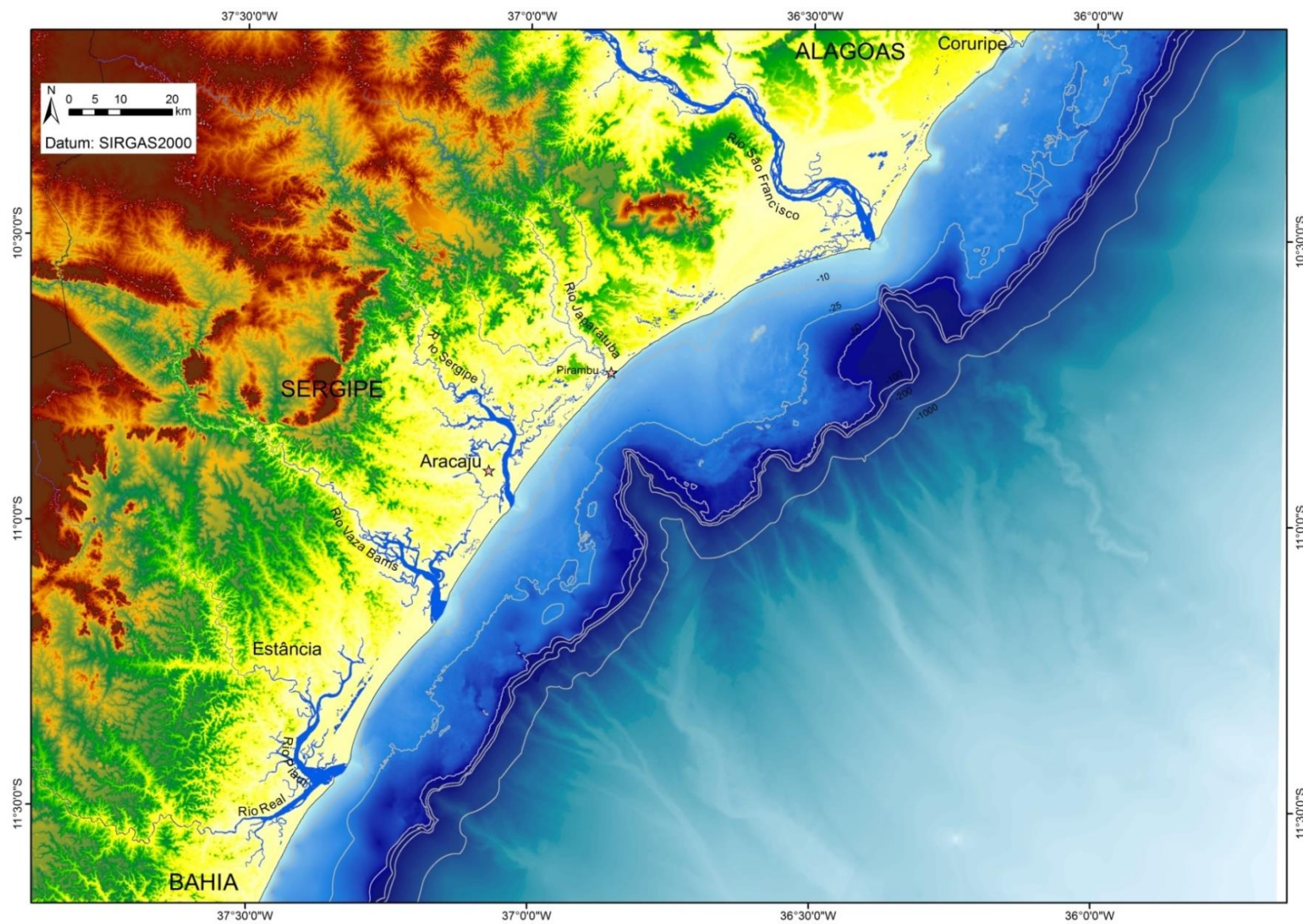


Figura 30 - Mapa topográfico e batimétrico da margem continental de Sergipe e sul de Alagoas. Modificado de Projeto MARSEAL.

4.1 Relevo de Fundo Submarino

O modelo digital de terreno destacou o contraste entre áreas de fundo liso e rugoso na plataforma, além das depressões na plataforma e os cânions submarinos associados aos rios. A rugosidade da superfície do fundo marinho permite diferenciar cinco setores distintos (Fig. 31): duas grandes áreas de superfícies lisas: uma em frente à foz do São Francisco e outra em frente à foz do Rio Japaratuba; dois setores rugosos, um na plataforma sul de Alagoas e outro na plataforma norte de Sergipe, entre os rios São Francisco e Japaratuba e uma ampla área mista no sul de Sergipe que reúne superfícies lisas e rugosas.

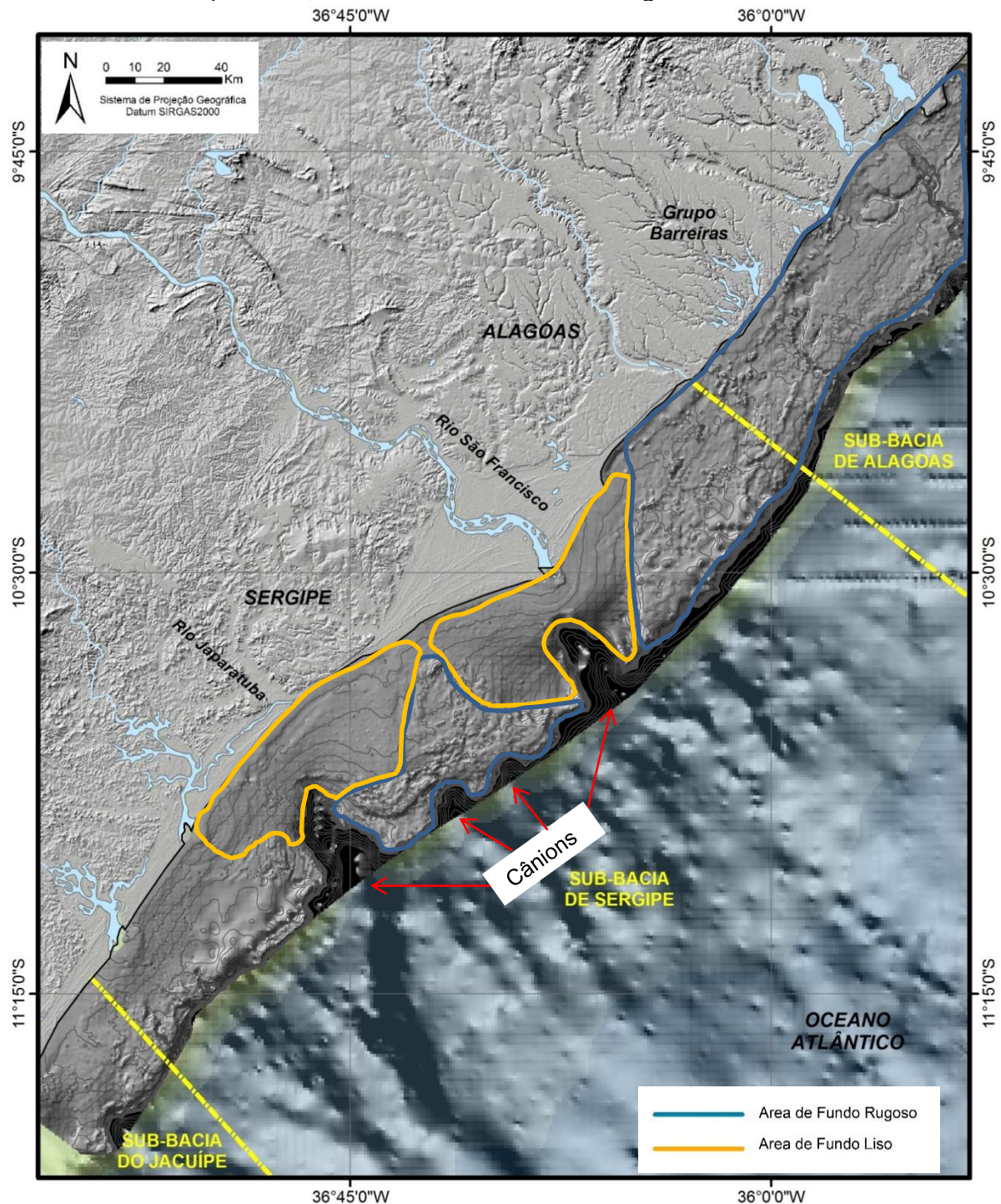
As áreas de fundo liso na plataforma correspondem às áreas de predomínio de sedimentação terrígena lamosa e pobres em carbonatos e localizam-se nas regiões adjacentes a foz dos rios São Francisco, Japaratuba, Vaza Barris e Piauí-Real (Fig. 31).

As áreas de morfologia rugosa denotam a presença de sedimentos carbonáticos e terrígenos grosseiros, que aparece a partir dos 25 m de profundidade. O fundo rugoso nos setores intermediários da plataforma é realçado por cotas batimétricas concêntricas, refletindo a presença de pináculos isolados, alinhamentos de recifes submersos e depressões alongadas (Fig. 31).

As superfícies rugosas estão distribuídas ao longo de toda a borda de plataforma, com exceção das regiões defronte aos rios São Francisco e Japaratuba e denotam a existência de um amplo banco carbonático externo. Na plataforma sul de Alagoas, a superfície de fundo tem um aspecto rugoso desde a linha de costa até a borda da plataforma, destacando o predomínio da sedimentação carbonática nesta região.

A plataforma de Sergipe é caracterizada por um relevo mais diversificado, com cânions submarinos que adentram na plataforma continental e áreas com relevo resultante da erosão e deposição de sedimentos terrígenos (Fig. 31). Um destaque na borda da plataforma continental de Sergipe é a existência dos grandes cânions submarinos do São Francisco e Japaratuba e de outros menores como o Sapucaia, Piranhas, Vaza Barris e Piauí-Real. O cânion São Francisco representa um limite geomorfológico entre a plataforma sul de Alagoas e a plataforma norte de Sergipe e o cânion Japaratuba a divisão entre a plataforma norte e sul de Sergipe.

Figura 31 - Modelo de relevo sombreado, com três partes integradas: continente, plataforma e talude continental, cada uma delas com um processamento distinto, com delimitação dos limites entre as sub-bacias sedimentares subjacentes. Podem ser observados os cânions do São Francisco e Japaratuba, os vales incisos e as áreas rugosas e lisas.



Fonte: Modificado de Figueiredo Jr et al. (2011)

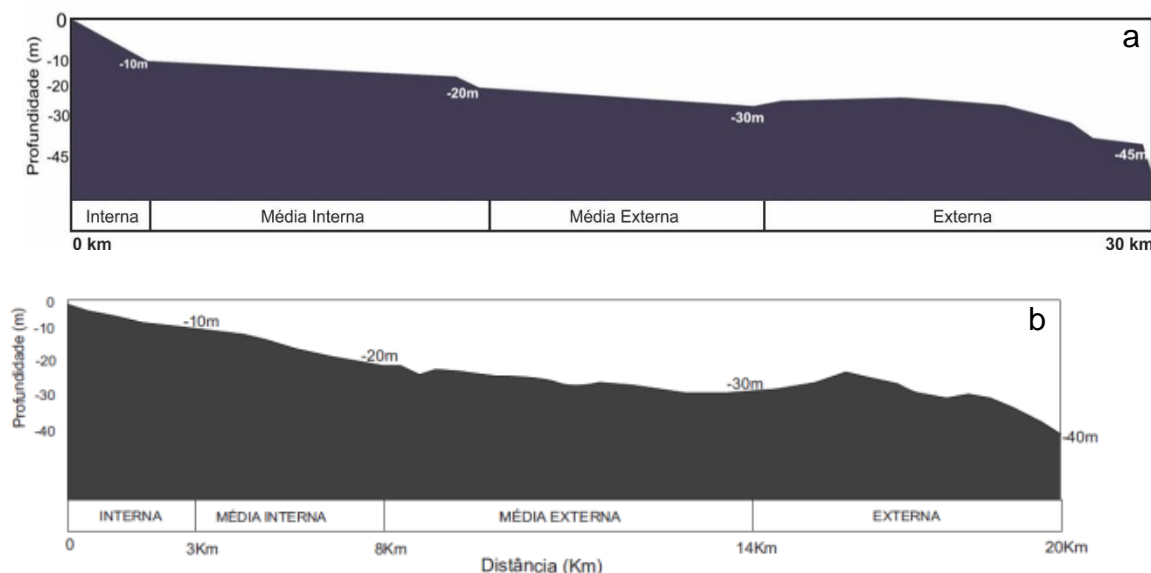
4.2 Divisões e características morfológicas da plataforma

A divisão da plataforma continental nordeste do Brasil foi proposta por alguns autores (KEMPF et al., 1970; COUTINHO, 1976; SANTOS, 2010). Entretanto, estas divisões não se enquadram exatamente dentro das características da plataforma continental Sergipe e Alagoas. Desta forma, uma nova classificação de setorização da plataforma em estudo foi definida e separada em 3 grandes regiões homólogas: plataforma interna, média e externa.

A plataforma continental SEAL, de uma forma geral, pode ser subdividida no sentido transversal em interna, média e externa (Fig. 32). O cálculo da declividade da plataforma permitiu caracterizar as diferenças existentes no sentido da linha de costa para a borda da plataforma, auxiliando no processo de delimitação das zonas plataformais.

De uma forma geral, a declividade é acentuada na plataforma interna nas proximidades da linha de costa; na plataforma média a declividade é mais suave, e na plataforma externa apresenta gradiente maior que as zonas anteriores, com quebra em degraus no limite com o talude.

Figura 32 - Perfil esquemático da plataforma continental, com as suas divisões no sentido transversal a linha de costa. (a) Plataforma sul de Alagoas e norte de Sergipe; (b) Plataforma continental sul de Sergipe.

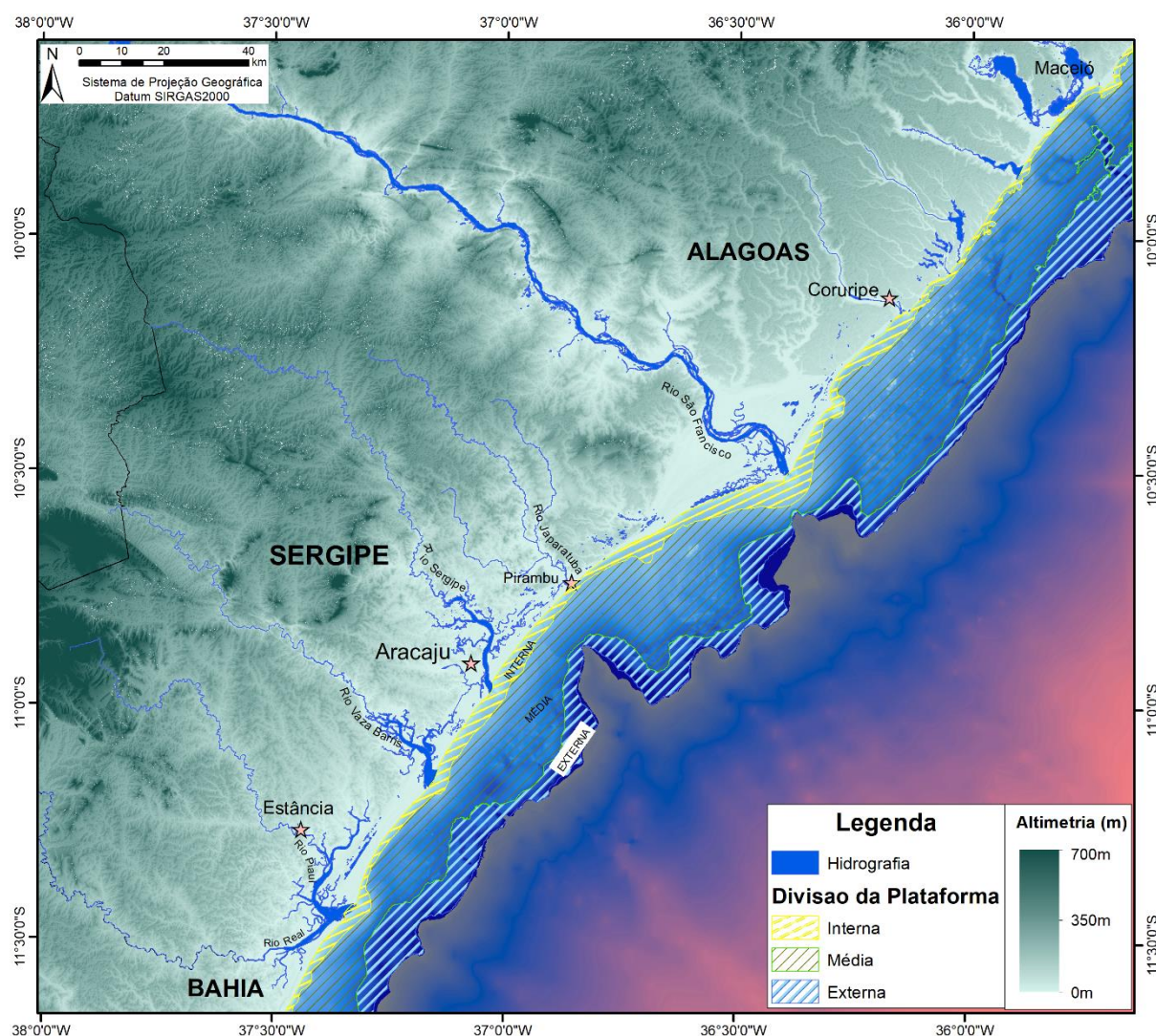


Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Na divisão transversal da plataforma, algumas diferenças são observadas na morfologia e profundidades entre a plataforma sul de Alagoas e o sul de Sergipe

(Fig. 33). Os perfis batimétricos transversais permitiram observar em detalhe as mudanças no relevo submarino à medida que a profundidade e o afastamento da linha de costa aumentam. A plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas apresenta quebra da plataforma em aproximadamente 45 m de profundidade, enquanto a largura média é de 28 km na região de Alagoas e de 33 km em Sergipe, com exceção da redução da largura em frente aos cânions dos rios São Francisco e Japaratuba, para 8 km e 11 km, respectivamente (Fig. 33). A plataforma continental sul de Sergipe e norte da Bahia, é bastante estreita e de relevo relativamente plano.

Figura 33 - Divisão transversal da plataforma interna, média e externa de Sergipe e sul de Alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

4.3 Feições Morfológicas da Plataforma Continental

As principais feições da plataforma continental de Sergipe e sul da Alagoas incluem: (1) alinhamentos de recifes emersos e submersos, (2) altos morfológicos submarinos, (3) bancos carbonáticos externo, (4) terraços submarinos, (5) drenagens submarinas e (6) vales incisos e (7) cânions submarinos. No Quadro 5 é apresentada uma síntese e suas principais áreas de ocorrência e distinguidas em feições geomorfológicas e erosivas.

Quadro 5 - Síntese das feições geomorfológicas e erosivas da plataforma continental.

	FEIÇÕES	ÁREAS DE OCORRÊNCIA	OBSERVAÇÕES
FEIÇÕES GEOMORFOLOGICAS	Recifes emersos	Recifes de Maceió, Coruripe e Peba (Alagoas)	O alinhamento de recifes aflora na maré baixa.
	Recifes Submersos	Alinhamentos de recifes submersos na plataforma continental SEAL nas profundidades de 15m e 25m	Construções carbonáticas sobre arenitos de praia ou arenito ferruginoso.
	Altos Morfológicos Submarinos	Altos morfológicos de Ponta dos Mangues (norte de Sergipe) e Abais (sul de Sergipe)	Altos morfológicos submarinos transversais à linha de costa
	Banco Carbonático Externo	Crescimento de algas calcárias na plataforma externa formando um banco em Alagoas e Sergipe	Não se desenvolve na região dos cânions dos rios São Francisco e Japaratuba.
	Terraços Submarinos	Terraços aos 40 a 50 m, 60 a 70m, 95 a 100 m e 110 a 120 m de profundidade.	Patamares na borda da plataforma.
FEIÇÕES EROSIVAS	Drenagens Submarinas	Paleodrenagens Submarinas dos rios que cortavam a plataforma	No período de mar baixo os rios cortavam a plataforma continental.
	Vales Incisos	Depressões alongadas na plataforma, adjacentes a foz dos rios Coruripe (Alagoas), São Francisco, Vaza Barris e Piauí-Real (Sergipe).	Depressões alongadas desenvolvidas adjacentes à foz de rios e deposição de sedimentos no canal
	Cânions Submarinos	Cânions do São Francisco, Sapucaia, Piranhas, Japaratuba, Vaza Barris e Piauí-Real.	Cânions submarinos, associados ou não, a rios atuais.

Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

4.3.1 Recifes Emersos e Submersos

Os complexos recifais localizados na área de estudo estão inseridos em um dos cinco grupos de ambientes recifais existentes no Brasil e em alguns casos, representam uma linha de elevações de rochas espaçadas, formados por uma base arenítica (*Beach Rock*), onde estão incrustados corais e algas calcárias em locais concentrados, tendo o coral *Siderastrea stellata* como o principal construtor (MAIDA; FERREIRA, 1997).

Na plataforma continental SEAL se constatou uma baixa presença de corais em relação à alta ocorrência de algas calcárias. O desenvolvimento dos corais ficou restrito aos substratos litificados, que podem representar antigas linhas de praias, arenitos ferruginosos provenientes da erosão do Grupo Barreiras ou estruturas de recifes algálicos, sendo que o crescimento atual dos corais ocorre principalmente no lado externo dos substratos litificados ou em construções de algas calcárias incrustantes (MANZO et al., 2003; BAHIA et al., 2010; QUEIROZ et al., 2016).

Três conjuntos de recifes submersos alinhados e paralelos à linha de costa foram identificados na plataforma continental, posicionados nos níveis batimétricos de -25 m, -15 m e -10 m (Fig. 34), sendo constituídos na base por arenitos e recobertos por construções carbonáticas mais recentes.

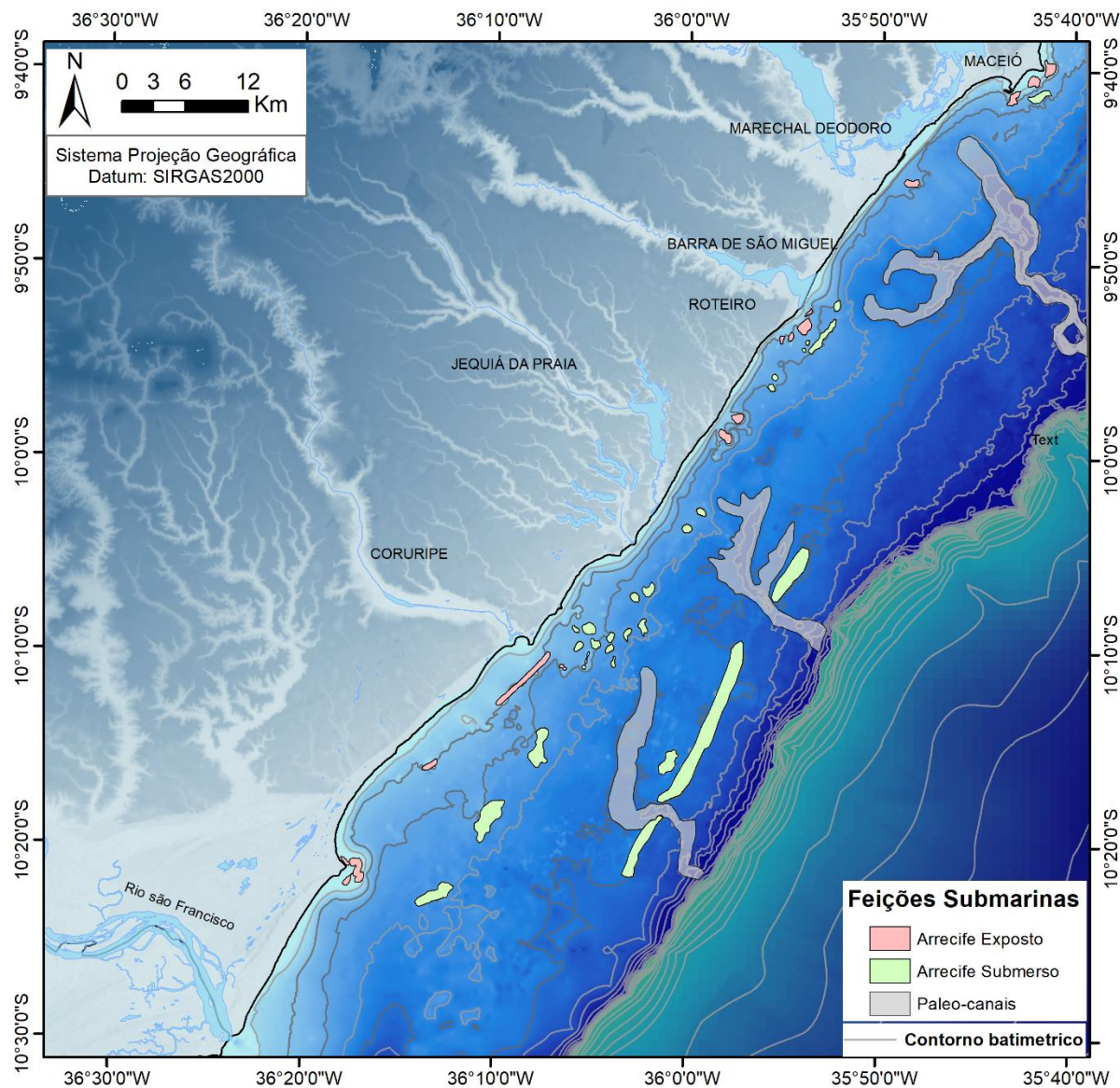
O alinhamento de recife mais profundo está localizado na plataforma média e bastante evidente na área plataformal adjacente a Pontal do Coruripe. A base do recife está a aproximadamente 25m de profundidade e apresenta no máximo 5 metros de elevação em relação à profundidade da área. Esse recife apresenta 25 km de comprimento e 500 m de largura e ficou evidenciado nas margens do vale inciso do Jequiá-Jacarecica e do Coruripe, o que condicionou uma inflexão dos tributários desse paleovale no sentido SW/NE. (Fig. 34).

Uma segunda linha de recifes submersos ocorre na plataforma intermediária, na região em frente ao Pontal do Peba e ao Pontal do Coruripe, entre as profundidades de 15 m na base e 5 m no topo (Fig. 34 e 35). Estes recifes são descontínuos e paralelos à linha de costa, apresentando um comprimento em torno de 4 km e largura de até 500 m. (Fig. 34).

O terceiro alinhamento de recifes apresenta geometria alongada e estreita e ocorre ao longo do sistema praial entre o Pontal do Peba e o Pontal do Coruripe. O

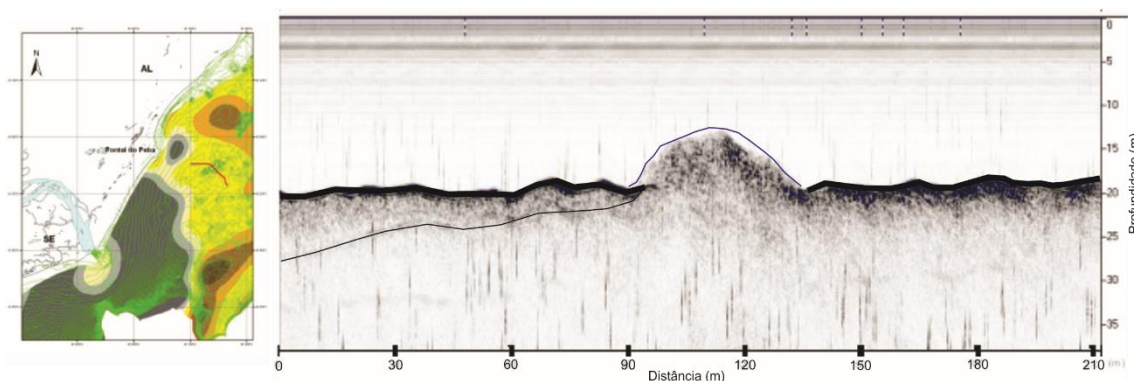
alinhamento está distribuído desde a profundidade de 10 m (Pontal do Coruripe) até o nível do mar atual (Pontal do Peba), onde os recifes ficam, em grande parte, expostos por ocasião das marés baixas, sendo identificados através de imagens de satélites (Fig. 36a, b).

Figura 34 - Recifes na região sul de Alagoas. São evidenciados os recifes que ficam parcialmente emersos mais próximos a costa e os demais recifes submersos.



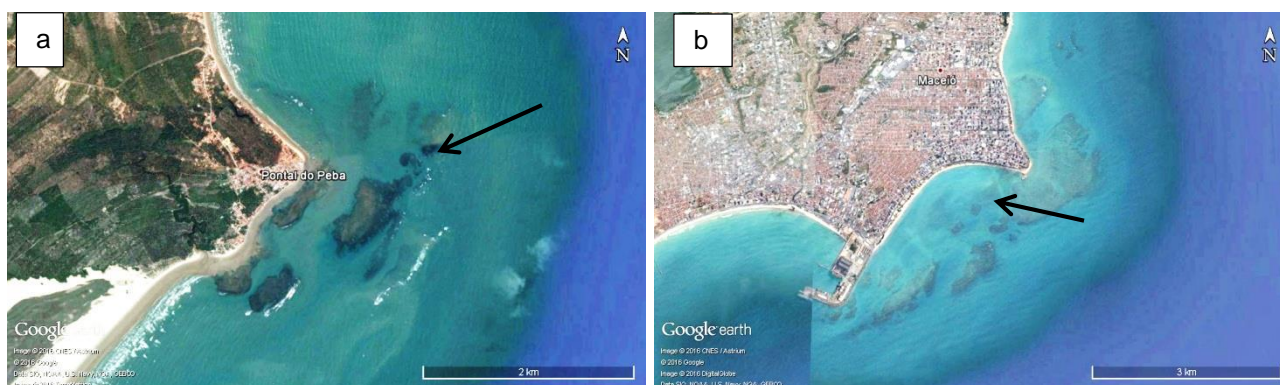
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

Figura 35 - Perfil sísmico transversal e mapa de localização do recife submerso na profundidade de - 15 m, em frente ao Pontal do Peba. Os refletores sísmicos mostram a espessura da cobertura sedimentar moderna (até a profundidade máxima de 10 m abaixo do fundo marinho).



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Figura 36 - Plataforma sul de Alagoas: (a) recifes entre 0 e 10 m no Pontal do Peba; (b) parcialmente emersos das praias Maceió - AL

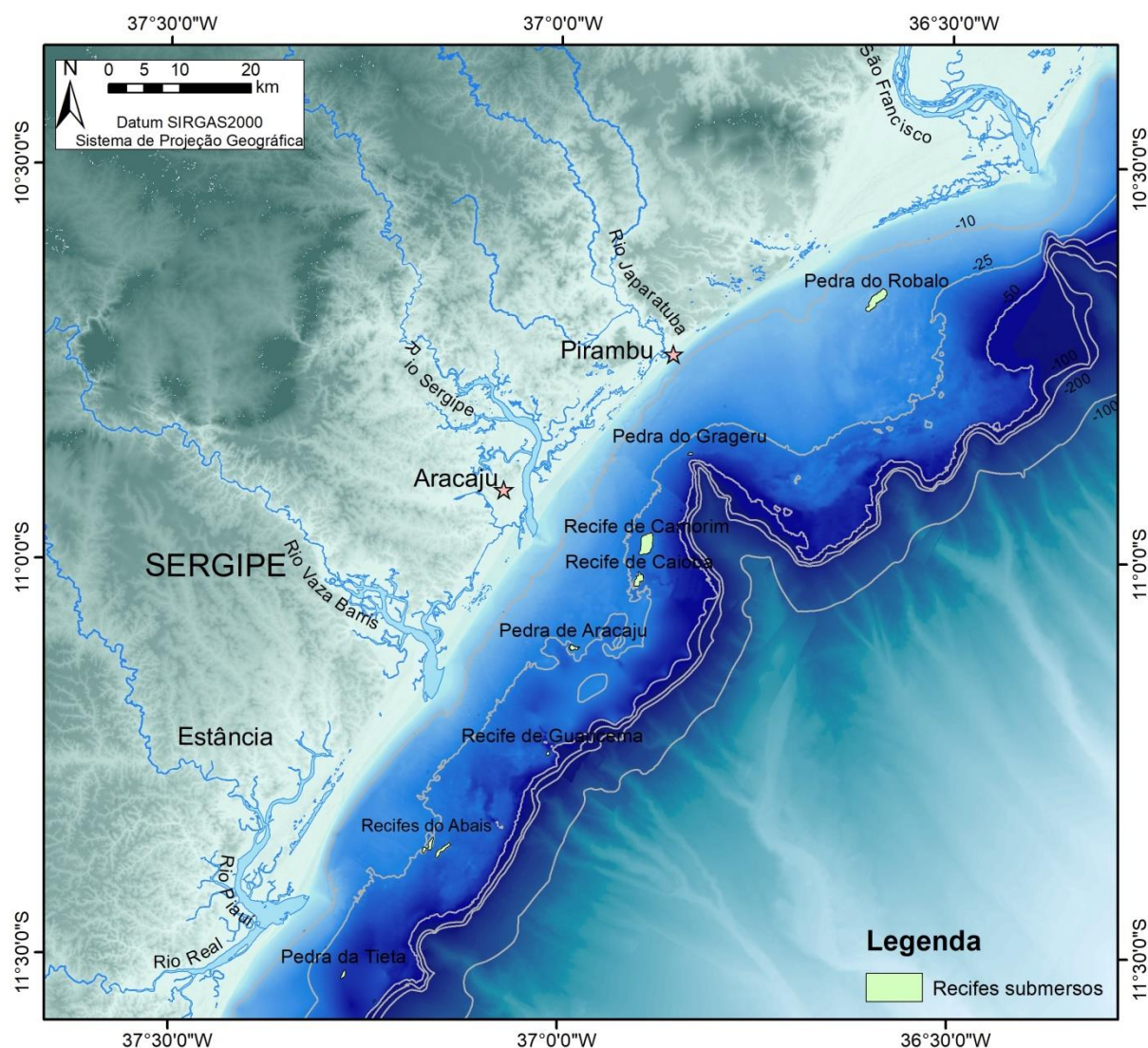


Fonte: Google Earth, 2016.

Na plataforma norte de Sergipe, aproximadamente 8 km da linha de costa, na profundidade de 15 m na base e atinge até 6 m no topo, encontram-se os recifes submersos de Ponta dos Mangues (Fig. 37). Estes constituem um conjunto de elevações recifais descontinuas e alinhadas, apresentando a peculiaridade de acompanhar as curvas batimétricas que delineam o alto morfológico de Ponta dos Mangues.

O recife foi denominado como Recife ou Pedra do Robalo (Fig. 37), e amostragens de campo confirmaram a presença de carbonatos na parte superior do recife, mas a base deste recife provavelmente é formada por arenitos de praia ou arenitos ferruginosos, estes últimos provenientes da erosão do Grupo Barreiras, que servem de suporte para o crescimento de algas e corais. Os registros obtidos pelo Projeto Tamar (ICMBio) confirmam o desenvolvimento de construções carbonáticas na porção superior da Pedra do Robalo e a base formada por arenitos (Fig. 38).

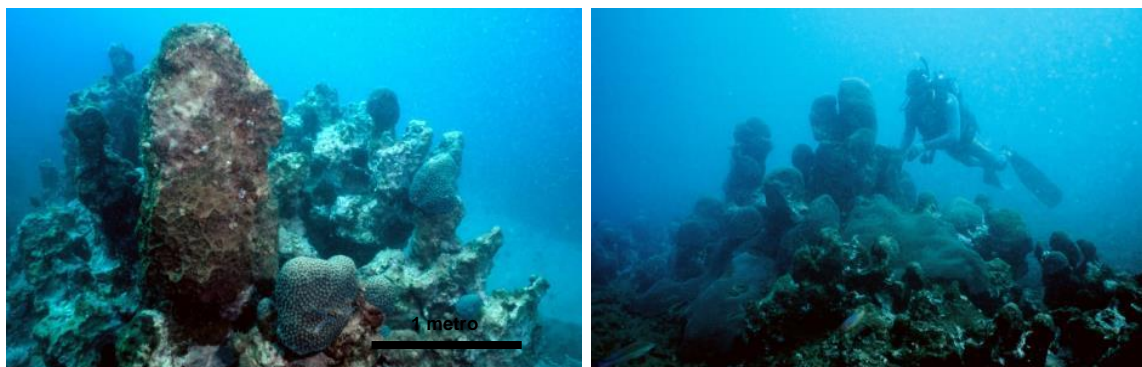
Figura 37 - Recifes submersos encontrados na plataforma norte e sul de Sergipe.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Na plataforma norte de Sergipe foram identificadas assembleias de corais zooxanthellate (NEVES et al., 2005, 2006) no recife do Robalo, onde antes acreditava-se não haver ocorrências de corais. Isso desconstrói a ideia anterior que apontava o rio São Francisco como uma “barreira biológica”, por ser o maior canal fluvial adentrando o Atlântico, entre o rio Amazonas e o rio de La Plata, impedindo o desenvolvimento de corais no Estado de Sergipe em função da sua grande carga de material em suspensão (KNOPPERS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2007, 2011; OLIVEIRA et al., 2012). Embora que, nas condições atuais, a descarga fluvial do rio São Francisco tem diminuído drasticamente, bem como o material em suspensão devido as barragens ao longo do rio (FONTES, 2015; VASCO et al., 2017).

Figura 38 - Construções carbonáticas do topo da Pedra do Robalo. Aproximadamente 8 m de profundidade.



Fonte: Projeto Tamar (ICMBio), 2012.

O desconhecimento deste recife de corais tem contribuído para a disseminação errônea da concepção de que a área sob influência do rio São Francisco pode ser classificada como “zona desprovida de corais” (NEVES et al., 2006). As espécies de corais identificadas mostram a existência de espécies endêmicas do Brasil como a *Siderastrea stellata* e a *Mussismilia hispida* (NEVES et al., 2005). A quantidade de espécies de corais Scleractinia registrada em Sergipe é uma evidência de considerável em uma área previamente considerada como inóspita para o estabelecimento e desenvolvimento de uma típica comunidade de corais.

A configuração desta feição topográfica submarina foi analisada através de levantamentos de perfis de sismica rasa, os quais mostram que as superfícies de topo se elevam entre 5 a 8 m do fundo (FONTES et al., 2017b).

Outro recife identificado foi o recife submerso denominado Pedra do Grageru, que fica localizado no ápice do cânion submarino do rio Japarutuba (Fig. 37). Esta é uma formação calcária com uma floresta de gorgônias (Fig. 39) e corais negros. Neves et al. (2005) também destacaram que este recife é constituído por corais, área considerada como desprovida de corais anteriormente. A espécie de coral *Scolymia welsii* foi registrada em profundidade de 27 metros (ALCÂNTARA et al., 2006). Segundo Neves et al. (2005) *Scolymia welsii* (LABOREL, 1967) é a espécie de coral que domina a pedra do Grageru. Estes autores também identificaram duas espécies de corais escleractíneos *Montastraea cavernosa* (LINNAEUS, 1767) e *Madracis decactis* (LYMAN, 1859).

Esta feição geomorfológica não é tão evidenciada nos mapas batimétricos e está inserida numa região de difícil desenvolvimento de corais e algas

fitossintetizantes. O recife está localizado a uma distância de 10 km da linha de costa, em um relevo da plataforma homogêneo, com curvas de profundidades equidistantes, onde se têm uma zona de sedimentação lamosa do rio Japarutuba.

Dados obtidos com ecosonda e sísmica rasa mostraram que a feição topográfica submarina da Pedra do Grageru é uma elevação do substrato da plataforma e que foi parcialmente soterrada por sedimentos lamosos (FONTE et al., 2017b). Está localizada próximo ao ponto de quebra da plataforma, no ápice do cânion submarino Japarutuba, com uma profundidade aproximada de 30 m na base, com 50 m de largura e 3 km de comprimento. As formações recifais se elevam até aproximadamente 5 metros do fundo, em uma área de aproximadamente 0,5 km². Esta feição pode ser observada até 50 m abaixo do fundo submarino atual e provavelmente é formado por arenitos na base, e na porção superior o desenvolvimento de construções carbonáticas.

Figura 39 - Pedra do Grageru, com destaque para corais da Ordem Alcyonacea (gorgônias). Aproximadamente 23 m de profundidade.



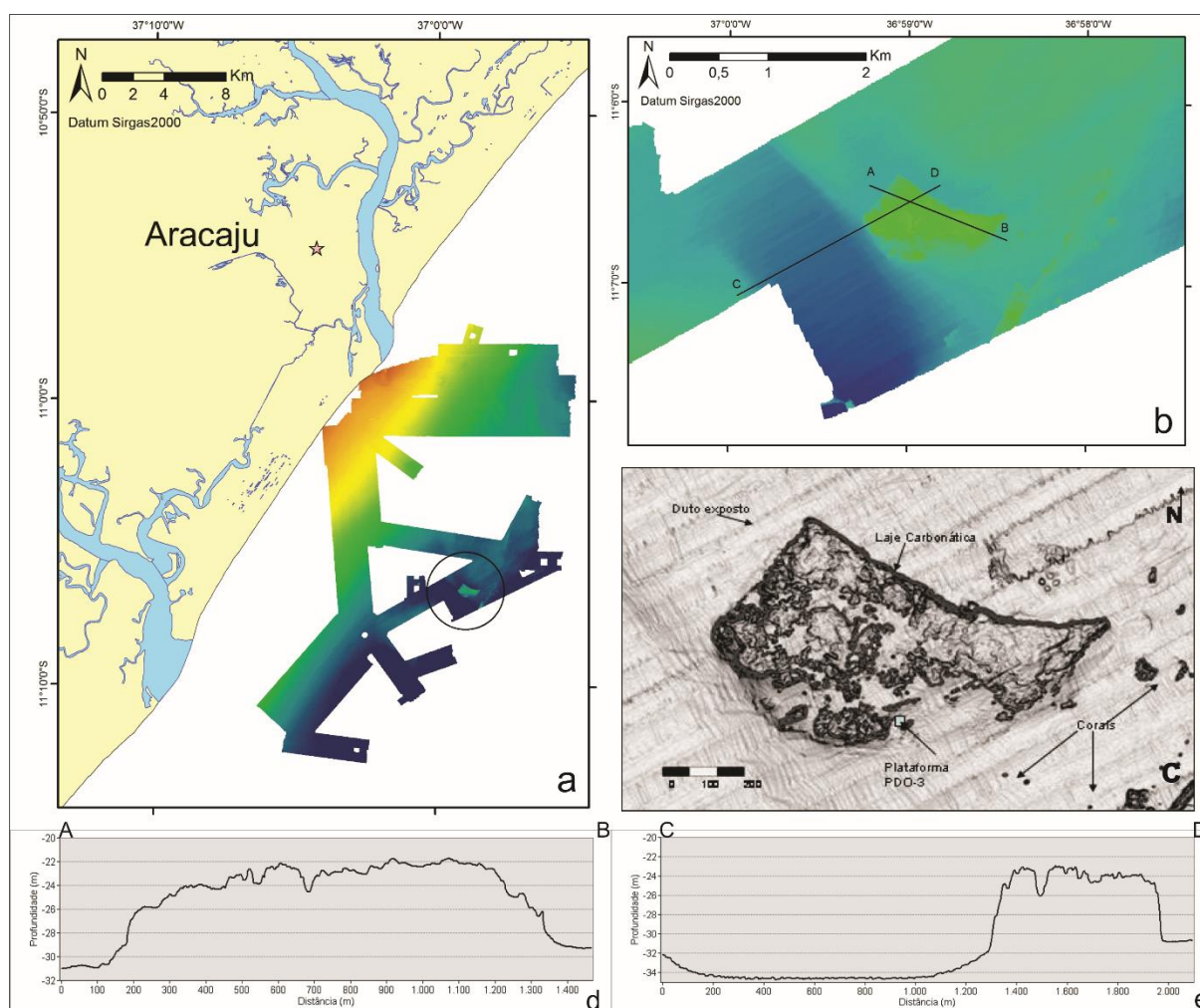
Fonte: Projeto Tamar (ICMBio), 2012.

A partir do modelo batimétrico e levantamento de sísmica rasa foi possível delinear os recifes da região sul de Sergipe. Estes ocorrem como um conjunto alinhado e paralelo à linha de costa, posicionados no nível batimétrico de 25 a 30 m (Fig. 37), constituídos de arenitos na base e recobertos por carbonatos, na mesma profundidade da Pedra do Grageru e dos recifes da plataforma sul de Alagoas.

Na plataforma continental sul de Sergipe, defronte a cidade de Aracaju, foi evidenciado um recife submerso a 30 m de profundidade e nomeado como recife de

Aracaju (Fig. 40). Este recife fica localizado no entorno das atividades de exploração de petróleo.

Figura 40 - Recife submerso isolado a 30 m de profundidade na plataforma continental adjacente ao rio Sergipe nomeado como recife de Aracaju; **a)** localização da área de levantamento; **b)** levantamento batimétrico da área ao redor do recife; **c)** Mosaico do recife; **d)** perfil transversal A-B do recife; **e)** perfil longitudinal C-D evidenciando um paleo-canal ao lado do recife.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

4.3.2 Altos morfológicos submarinos

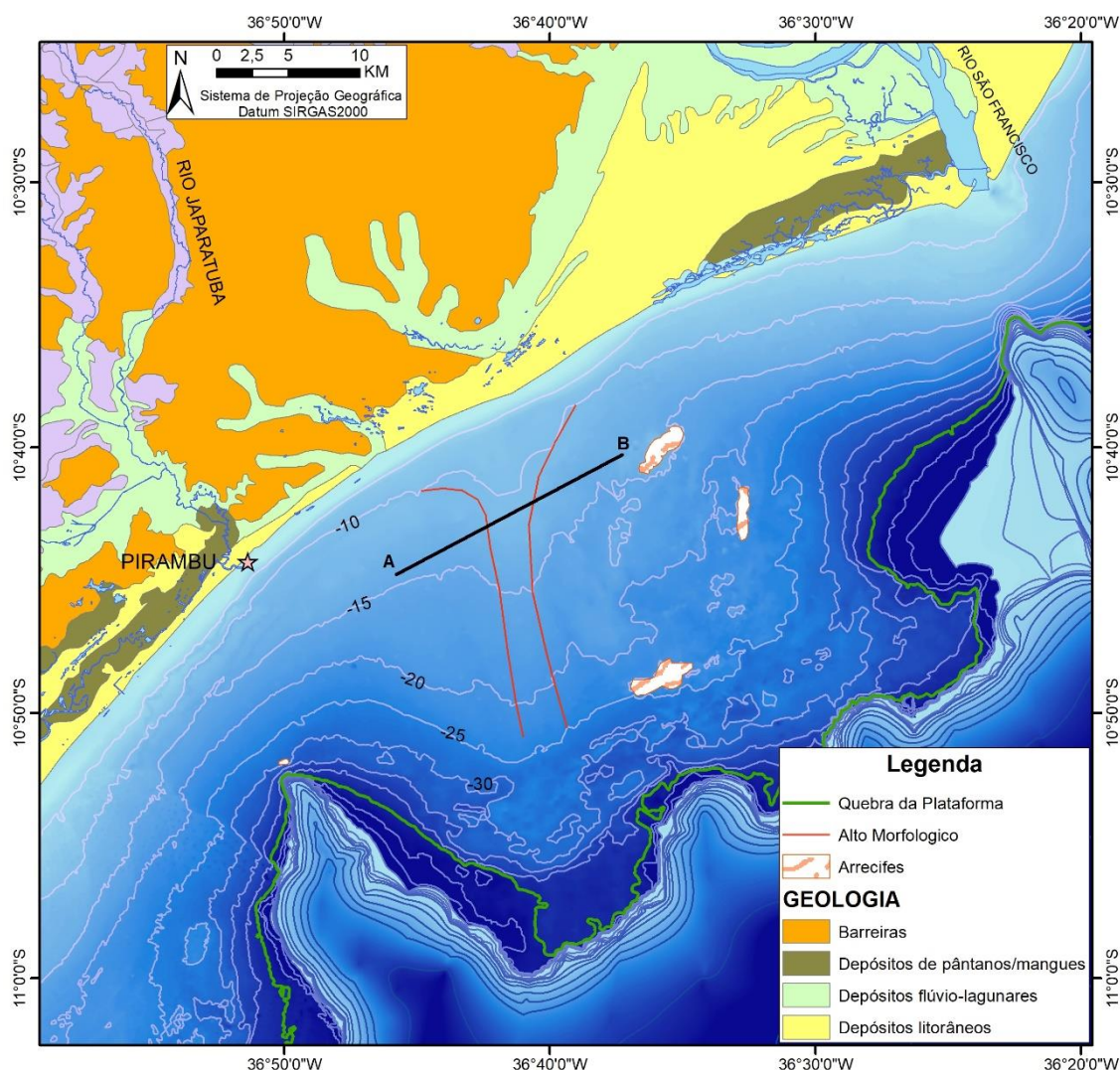
Dois altos morfológicos submarinos foram identificados na plataforma continental de Sergipe, um na região sul, o qual nomeado de alto do Abais e outro na região norte e nomeado como alto de Ponta dos Mangues, sendo este o mais expressivo (Fig. 41).

O alto morfológico submarino de Ponta dos Mangues é uma feição evidenciada em função da existência de um relevo submarino ligeiramente mais elevado. Nesta

região ocorre o deslocamento das linhas batimétricas no sentido do oceano, com um alinhamento no sentido N-S e atravessa a plataforma continental, desde a linha de costa até o limite com a plataforma externa (FONTES et al., 2017b).

Esta feição se estende até a região do talude e irá formar o terraço de Aracaju que é caracterizado por ser um alto batimétrico local que se estende por aproximadamente 43 km na direção norte-sul e 17 km Leste-Oeste, encontrando-se adjacente ao talude superior (CHAVES, 1979) e ocupa uma área de aproximadamente 800 km². A mudança de direção do talvegue do Cânion Japarutuba e a presença de uma grande província fortemente afetada por movimento de massa parecem estar associadas à presença desse Terraço (OLIVEIRA Jr. et al., 2017).

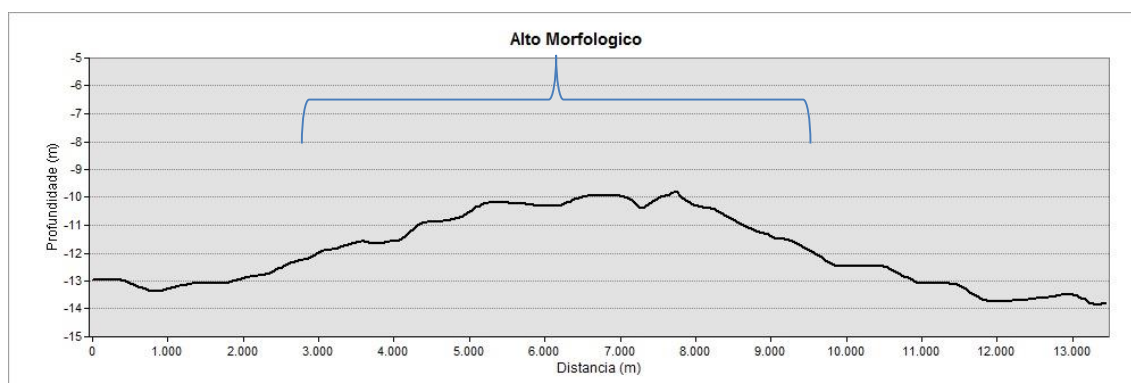
Figura 41 - Mapa geológico da região costeira norte de Sergipe (modificado de CPRM, 1997) e a localização do perfil batimétrico A-B no alto submarino de Ponta dos Mangues.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

No perfil transversal batimétrico observa-se que a diferença máxima de elevação é de 5 m (Fig. 42). Esta elevação na plataforma continental coincide com o limite sul da planície deltaica do rio São Francisco, constituindo-se, na região costeira, no divisor entre as atuais bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Japarutuba (Fig. 41). Neste local, os sedimentos do Grupo Barreiras avançam, constituindo-se no único local da região norte de Sergipe, onde as paleofalésias do grupo Barreiras estão mais próximas da costa.

Figura 42 - Perfil transversal A-B ao alto de Ponta dos Mangues (sentido SW-NE).



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O alto morfológico do Abaís, está localizado no trecho da plataforma entre a foz do rio Vaza Barris e a do rio Piauí-Real, em frente à praia de Abaís (Fig. 43). É identificado por uma morfologia de fundo isolada e elevada, que se estende da plataforma interna até a média, apesar de não ser tão evidenciada no modelo batimétrico. Na zona costeira, essa região é marcada por um dos maiores campos de dunas da região e no fundo marinho é constituída pelo predomínio de areia siliciclástica.

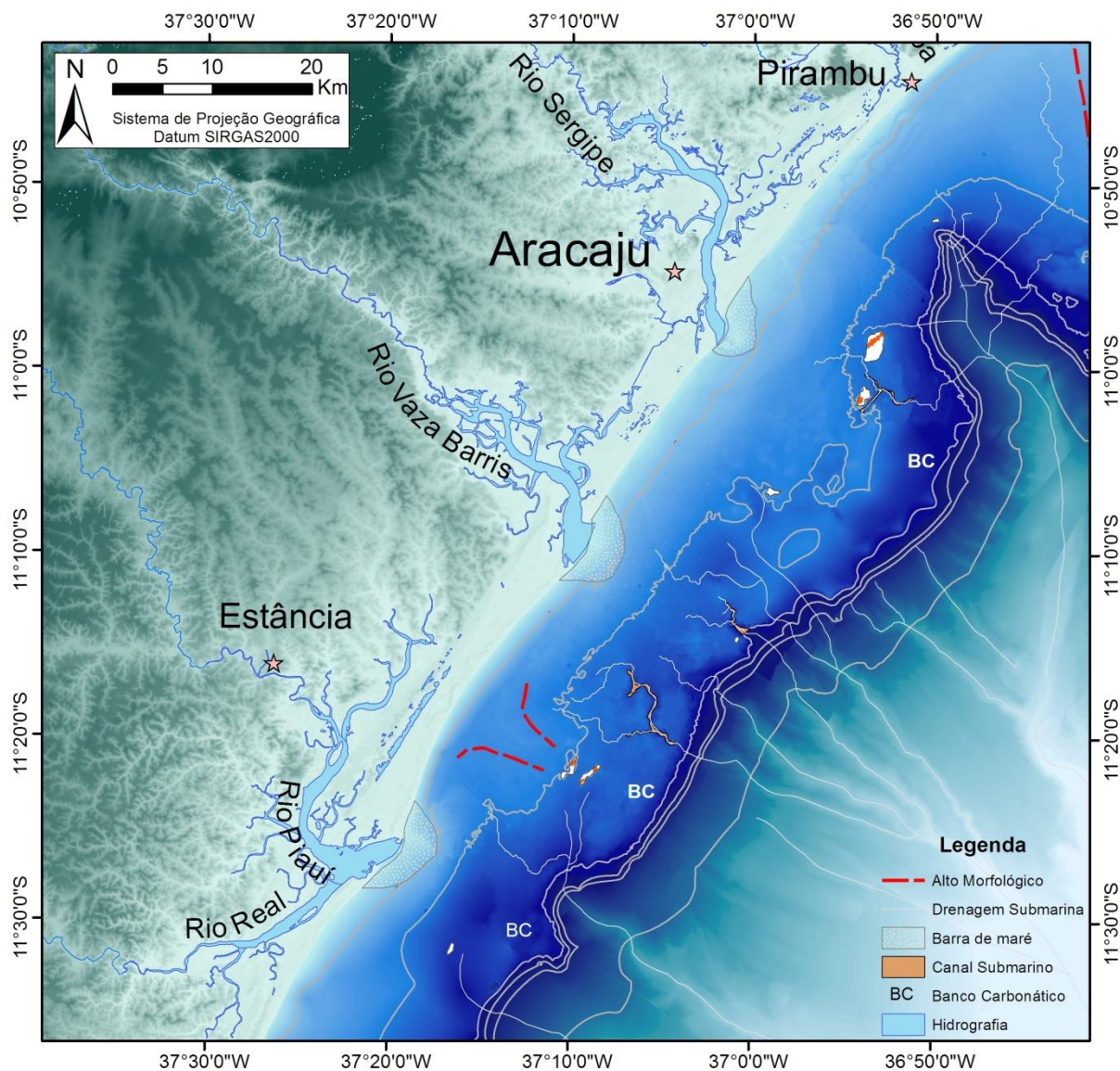
4.3.3 Banco carbonático de borda da plataforma

Um extenso banco carbonático se desenvolve na borda externa da plataforma, do sul de Alagoas ao sul de Sergipe, no limite com o talude continental, segmentado pelas zonas lamosas adjacentes à foz dos rios Japarutuba e São Francisco.

O banco carbonático de borda externa da plataforma na região sul de Sergipe (Fig. 43) desenvolve-se a sul do cânion submarino do rio Japarutuba e é interrompido pelos cânions submarinos dos rios Vaza Barris e Piauí-Real. O relevo é rugoso e se destaca no modelo batimétrico, atingindo o máximo de 35 km de

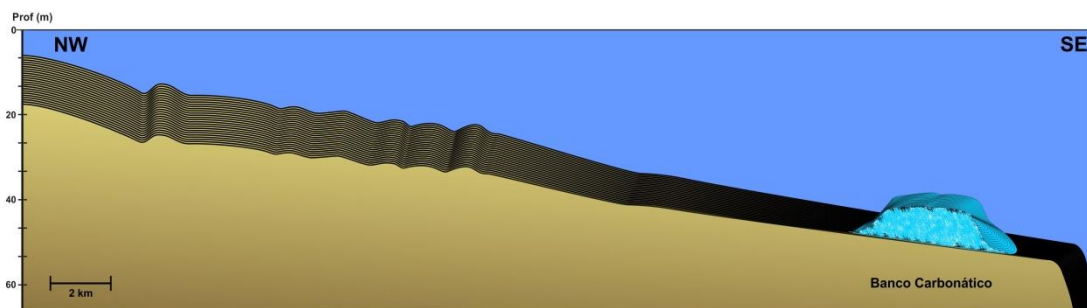
comprimento e 6 km de largura. Na Figura 44 é apresentado um perfil esquemático do banco carbonático de borda da plataforma continental na profundidade de 40 m.

Figura 43 – Principais feições evidenciadas na plataforma continental sul de Sergipe.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Figura 44 - Perfil esquemático do banco carbonático de borda da plataforma.



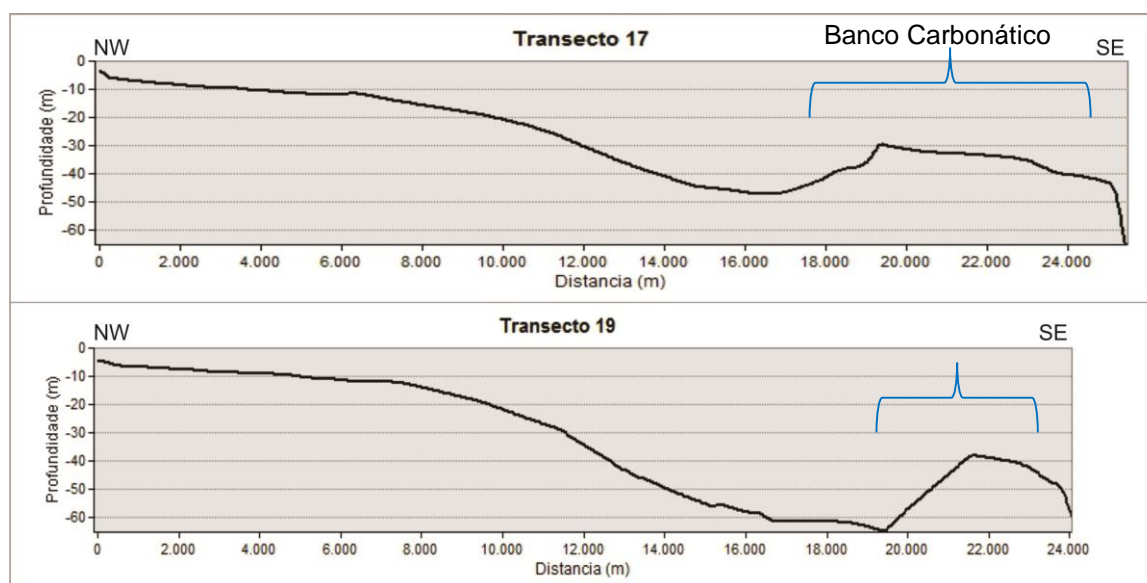
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O banco carbonático de borda de plataforma na região norte de Sergipe tem comprimento máximo de 12 km e largura máxima de 42 km, entre as zonas lamosas plataformais associadas aos rios São Francisco e Japarutuba. O relevo é rugoso e, em vários setores, se apresenta mais elevado que o relevo do entorno. No contato com a zona lamosa associada ao rio São Francisco, tanto a norte quanto a sul, desenvolve-se uma depressão no contato com o banco carbonático.

Na região sul de Alagoas o banco carbonático de borda da plataforma torna-se mais estreito no sentido sul, onde se encontra em contato com as lamas terrígenas depositadas na plataforma pelos aportes do rio São Francisco, sendo identificada uma largura máxima do banco de 14 km com 49 km de extensão (Fig. 45).

O desenvolvimento do banco carbonático ao longo da plataforma externa, contribuiu para a formação da parte inicial mais inclinada do talude superior (OLIVEIRA Jr et al., 2017; PUGA-BERNABÉU, 2017).

Figura 45 - Perfis batimétricos da plataforma sul de Alagoas na zona lamosa associada à foz do rio São Francisco, mostrando o banco carbonático da borda da plataforma.



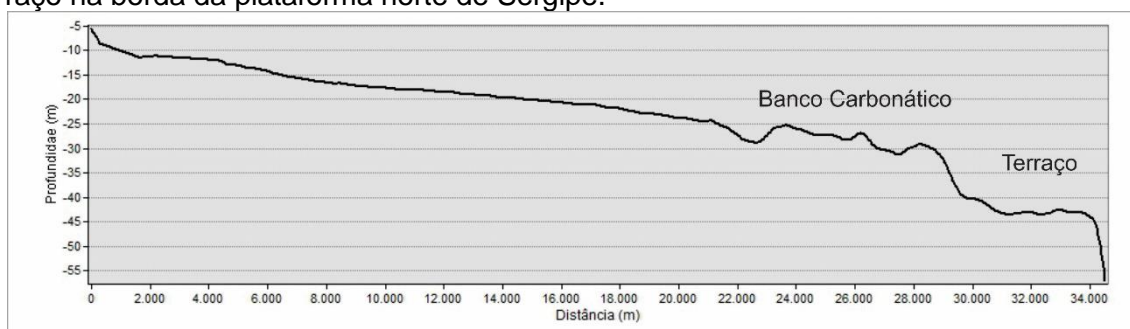
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

4.3.4 Terraços submarinos

Na região da quebra da plataforma continental e início do talude foram identificados, a partir do modelo batimétrico e perfis de eco-sonda, quatro terraços submarinos, nas profundidades de 110-120 m, 90-100 m, 60-70 m e 40-50 m. Estes terraços também foram evidenciados por Fontes et al. (2011a) e são considerados indicativos de antigas posições de estabilização do nível do mar do último ciclo regressivo-transgressivo (Deglaciação), entre o final do Pleistoceno e o Holoceno. Na Figura 46 tem-se um perfil batimétrico evidenciando o banco carbonático e o terraço submarino identificados na plataforma continental norte de Sergipe.

Na plataforma externa sul de Sergipe, foram identificados terraços de abrasão, no setor em torno da foz dos rios Piauí-Real, em torno de 60 e 90 metros de profundidade (Fig. 47).

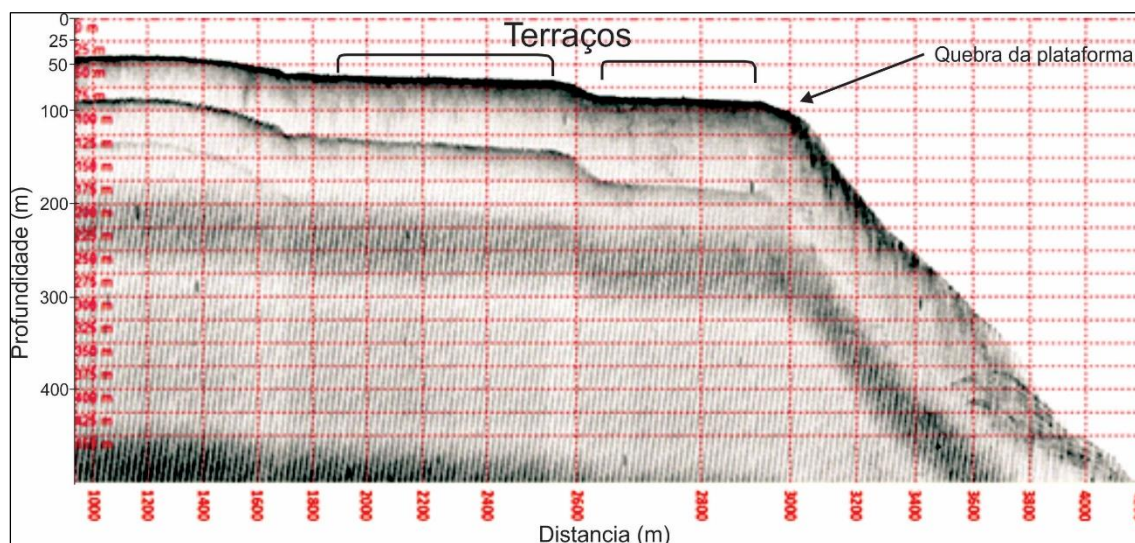
Figura 46 - Perfil do modelo batimétrico evidenciando o banco carbonático externo e um terraço na borda da plataforma norte de Sergipe.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Os terraços submersos em diferentes profundidades na plataforma continental são superfícies erosivas geradas durante a subida pós-glacial do nível do mar que correspondem às diferentes posições da linha de costa. Terraços comparáveis são observados na borda da plataforma Nordeste da Austrália, mesmo que estes terraços correspondam a recifes submersos (BEAMAN et al., 2008; ABBEY et al., 2011). Na margem nordeste da Espanha não foram identificadas superfícies similares de formação de terraços, mas nessa margem, as evidências da subida do nível do mar durante a última deglaciação são representadas pela presença, em várias profundidades da plataforma, de cristas interpretadas como *beach rocks* (LIQUETE et al., 2007), que também foram observadas na plataforma sul de Alagoas.

Figura 47 - Perfil de sísmica rasa, com terraços de abrasão submarinos, localizados a 60 e 90 m de profundidade, na borda da plataforma no setor próximo a foz dos rios Piaui -Real.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Na plataforma sul de Alagoas, dois terraços submarinos bem definidos foram identificados, o mais profundo situado na profundidade aproximada de 40 m e o outro a 30 m. O terraço da plataforma situado na profundidade de 30 m tem uma largura média de 1 km e escarpa inferior limitante de 4 m. Ocasionalmente ocorre um terraço intermediário na profundidade de 35 m.

O terraço situado na profundidade de 30 metros se destaca na borda da plataforma central de Alagoas (Fig. 34), onde amplia consideravelmente a sua largura quando comparada com o sul da  rea. O terraço apresenta uma largura máxima de 12 km e um comprimento de 16 km. Tal fato leva a suposi o da existência de um controle sedimentar que justifique a amplia o do desenvolvimento desta fei o. Este terraço pode ter se desenvolvido em um episódio de estabiliza o da linha de costa, durante a descida do nível do mar. Aventa-se aqui a possibilidade de se constituir um antigo sistema costeiro quando a plataforma estava exposta.

A borda da plataforma   marcada pela presença de um terraço mais profundo, em torno de 40 m. Este terraço tem uma largura de 1,5 km e uma escarpa com 5 metros. A presença de terraços no limite entre a plataforma e o talude   um dos principais paleo-indicadores de estabiliza o do nível relativo do mar nestes locais (SUMMERHAYES et al., 1976; COUTINHO, 2000).

4.4 Feições erosivas e drenagens submarinas na plataforma e talude

Nos trabalhos de França et al. (1975), REMAC (1975), Summerhayes et al. (1976) Coutinho (1976 e 2000), Guimarães (2010) e Nascimento (2011) a morfologia de fundo desse trecho da plataforma foi referida como homogênea e raras feições foram destacadas, com exceção apenas dos principais cânions submarinos.

A análise geomorfológica do talude e sopé continental de Sergipe tem permitido postular modelos de evolução geológica recente da bacia sedimentar, considerando que a construção desta margem continental é resultado das variações do nível do mar, da remobilização de sedimentos através de movimentos de massa, da atuação de correntes de contorno e, principalmente, da implantação de sistemas turbidíticos associados a sistemas fluviais no continente (SCHREINER et al., 2015; SANTOS et al., 2017; FONTES et al., 2017b).

Os vales incisos são feições erosivas herdadas de épocas em que o nível do mar se encontrava abaixo do nível atual. Essas depressões podem estar parcialmente ou totalmente preenchidas de sedimento e sua localização a profundidades de ao menos 20m, sugere que elas foram preenchidas durante as fases tardias da última deglaciação, a partir de 9.000 anos A.P. (FLEMING et al., 1998).

Os sistemas de cânions e canais submarinos são ambientes deposicionais comuns em todas as margens continentais e possuem um papel fundamental na transferência de sedimento e de matéria orgânica do continente até as zonas profundas da bacia oceânica (ALMEIDA et al., 2015, 2017).

O objetivo foi identificar e mapear a rede de drenagem e vales incisos submersos na plataforma, talude e sopé continental. Com base no modelo batimétrico foi possível realçar as características morfológicas e desenvolver as análises geomorfológicas que possibilitaram identificar diversas paleodrenagens, vales incisos e cânions na plataforma e no talude continental de Sergipe. Desta forma, foi possível individualizar as distintas regiões geomorfológicas que estão relacionadas aos controles morfológicos, estruturais e ambientais e também sobre a interação continente-oceano.

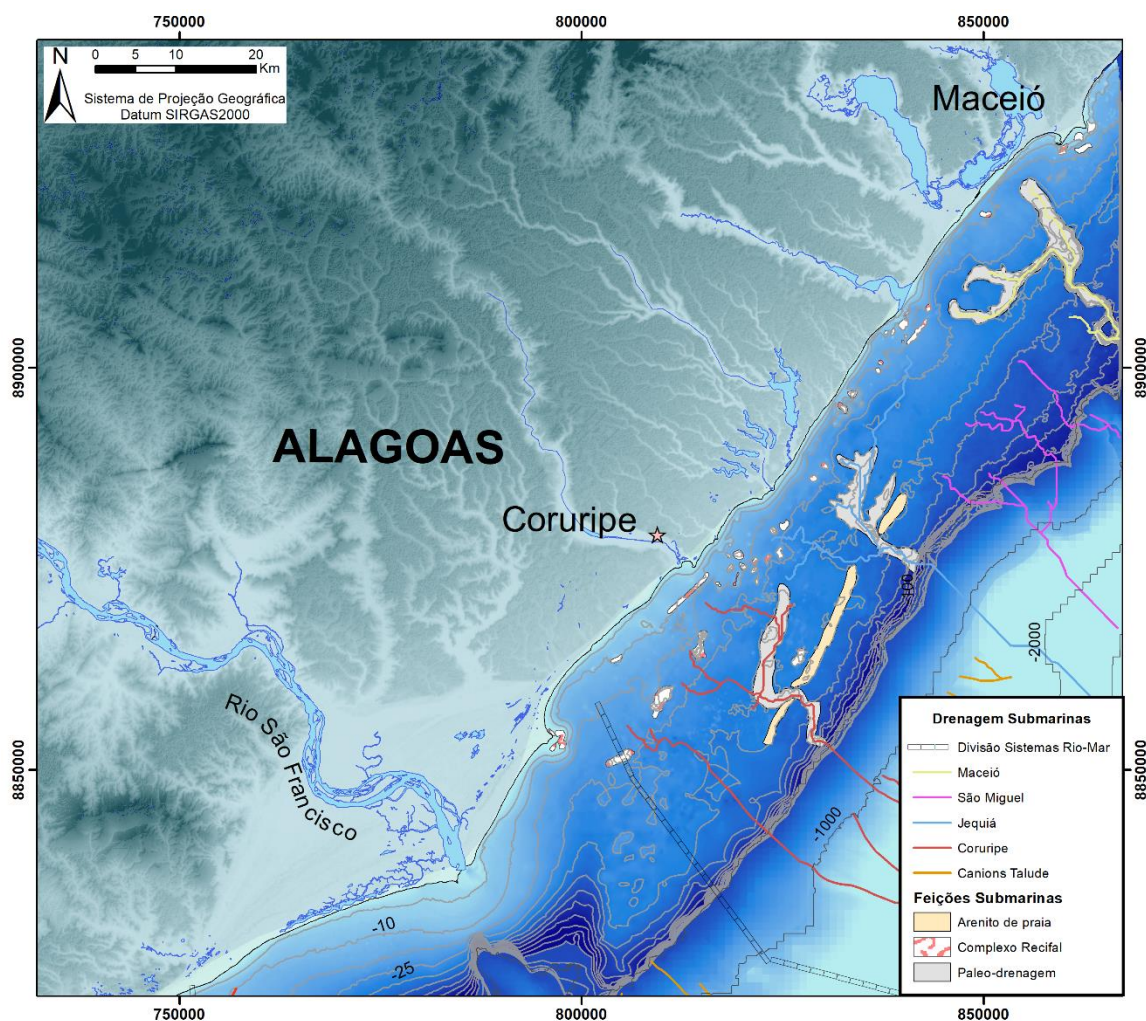
As principais feições morfológicas erosivas na plataforma, talude e sopé continental de Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas incluem: (1) drenagens submarinas e (2) vales incisos e (3) cânions submarinos.

4.4.1 Drenagens submarinas - Paleocanais

As investigações sobre a morfologia da margem continental, a partir do modelo batimétrico, revelaram diversos eixos de paleodrenagens. A partir dos perfis sísmicos adquiridos na área da rede de paleodrenagens indicada pela morfologia da plataforma, foram confirmadas a presença de vales incisos com diferentes formas e grau de preenchimento.

Na região da plataforma sul de Alagoas (Fig. 48), destacam-se as drenagens submarinas situadas em frente aos rios Mundaú, Roteiro, Jacarecica, Jequiá, Poxim e Coruripe. Os canais se encontram bem preservados e parcialmente preenchidos por sedimentos, mas não desenvolvem cânions expressivos.

Figura 48 – Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continental na região sul de Alagoas, com destaque para as drenagens submarinas dos rios Coruripe, Jequiá-Jacarecica, Mundaú e Roteiro.



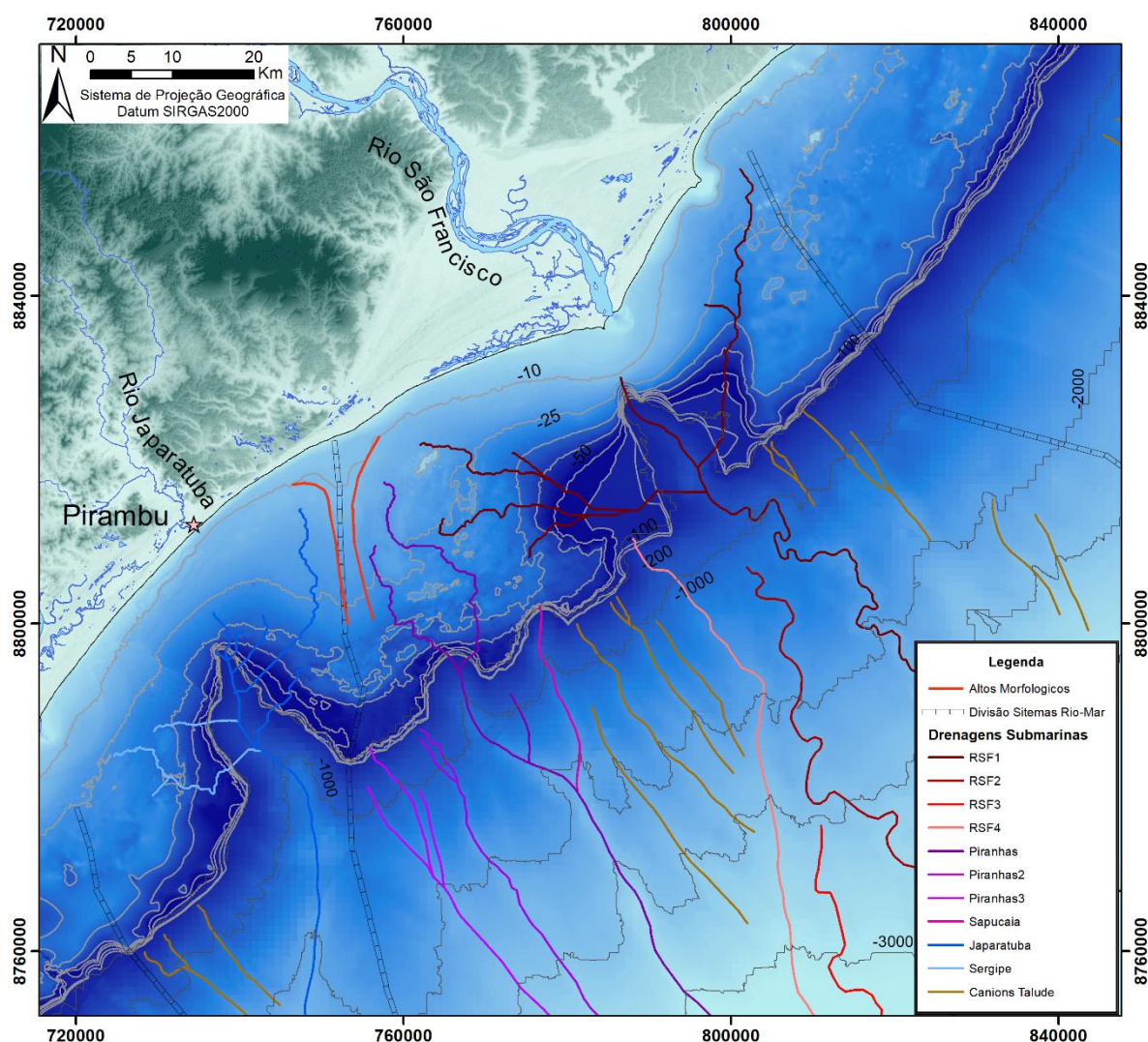
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Registros sísmicos de alta resolução revelaram canais que dissecaram profundamente a região da plataforma de Sergipe e Alagoas antes da formação da planície costeira atual. Os paleocanais mapeados através do modelo batimétrico e por sísmica podem ser conectados aos sistemas fluviais atuais. A rede de paleodrenagem, reconhecida na planície costeira e na plataforma continental, representa um sistema de ligação da bacia de drenagem continental aos depocentros da bacia marginal, sobrepassando a plataforma continental exposta durante o período de regressão.

A rede de drenagem submarina (Fig. 49) evidência que o alto morfológico de ponta dos mangues se caracteriza como um efetivo divisor de bacias. Nota-se que as drenagens submarinas associadas aos rios São Francisco e Japaratuba não se unem e estão devidamente individualizados em seus contextos. As drenagens submarinas oriundas do rio Sergipe não originam um cânion individualizado, mas convergem em direção ao cânion Japaratuba (Fig. 49), sugerindo que estes dois rios, no passado, integravam um mesmo sistema deposicional.

No cânion São Francisco, observa-se a presença de drenagens nas direções norte e sul (Fig. 49). Estas ramificações possivelmente são resultantes de antigas posições da desembocadura fluvial ou de erosão, uma vez que se posicionam no limite entre uma zona lamosa e o banco carbonático na plataforma externa.

Figura 49 - Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continentais na região norte de Sergipe.

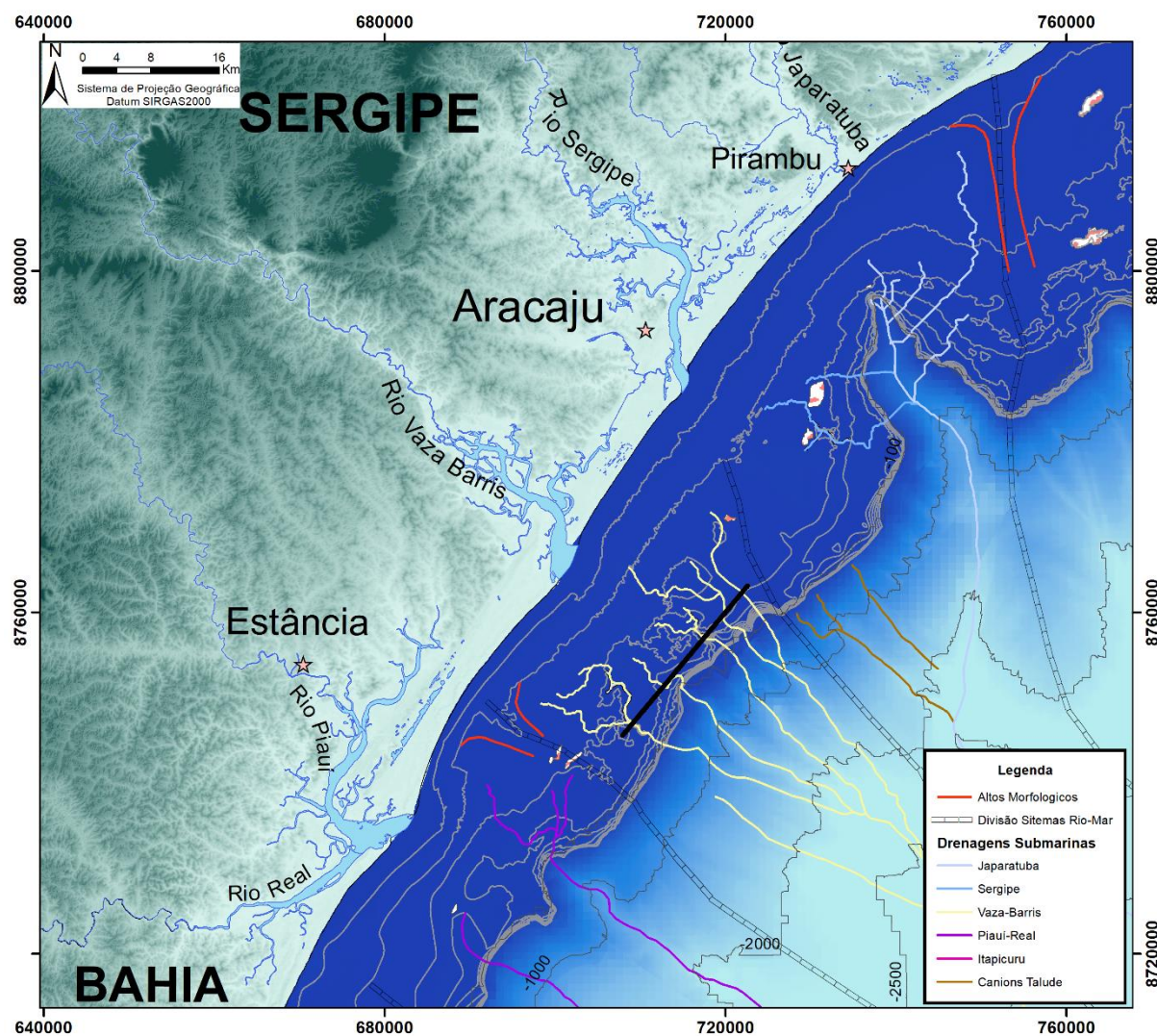


Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A rede de drenagem associada à desembocadura do rio Vaza-Barris se destaca por apresentar cinco eixos de drenagens na plataforma continental que convergem para um único canal submarino na região do talude (Fig. 50). Este padrão sugere um desenvolvimento local diferenciado, onde no período de mar baixo esta região possa ter sido um grande estuário na região da plataforma, que influenciou no desenvolvimento dos paleo-sistemas costeiros e no relevo recente.

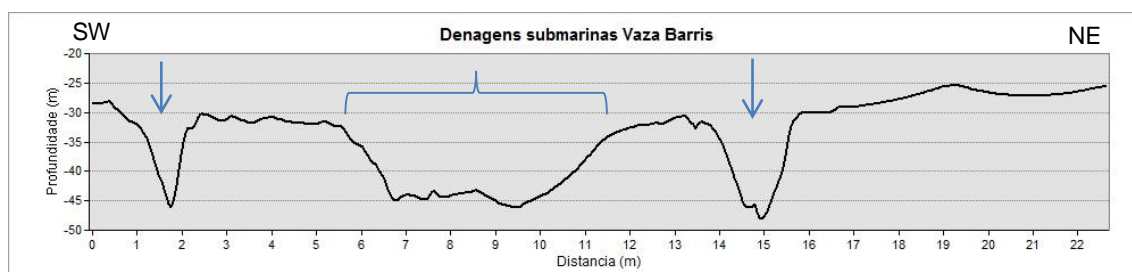
O alto morfológico do Abais também se caracteriza como um divisor de drenagens submarinas, pois as drenagens do rio Vaza-Barris e Piauí-Real estão bem individualizadas (Fig. 50). O perfil transversal às drenagens do Vaza Barris na da isóbata de 30 m, mostra vales em forma de “V” e em “U” (Fig. 51).

Figura 50 - Rede de drenagem submarina na plataforma e talude continentais na região sul de Sergipe e localização do perfil batimétrico da figura 50.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Figura 51 - Perfil transversal na região das drenagens do Vaza Barris na isóbata de 30 m, localizado na Figura 50, com dois vale em “V”, com 18 m de profundidade e outro vale em “U”, com 15 m de profundidade, formando um vale.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

4.4.2 Vales Incisos

Investigações realizadas em outros trechos da plataforma continental brasileira atribuem a formação de paleovales a intervalos em que o nível do mar esteve posicionado abaixo do atual, com sua preservação durante a subida do nível do mar subsequente.

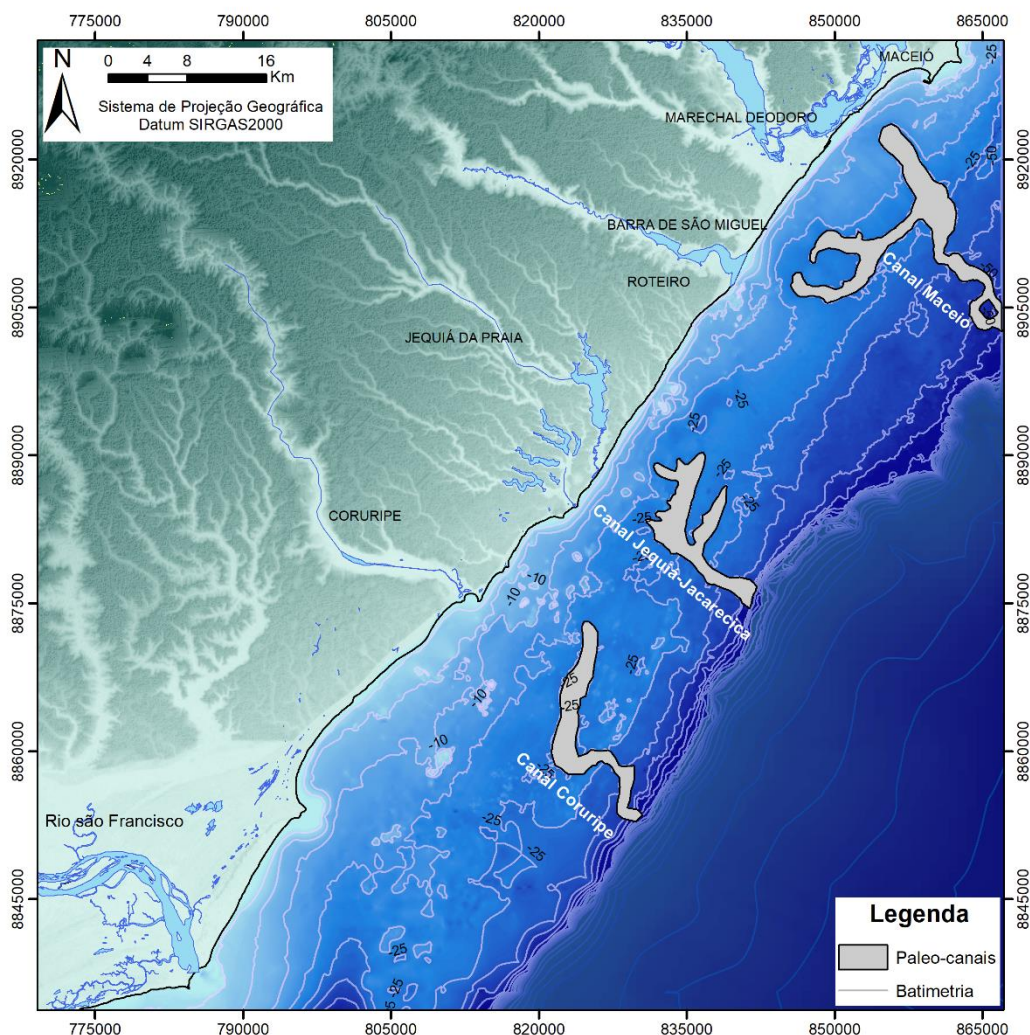
Na plataforma sul de Alagoas, foram mapeados três paleovales através da análise do modelo batimétrico (Fig. 52), um localizado quase que em frente a cidade de Maceió, descrito por França et al. (1976 e 1979), que o denominou de “Canal de Maceió” e mais a sul, os paleovales, bem evidentes, localizados adjacentes às cidades de Jequiá da Praia e Coruripe.

O Canal de Maceió torna-se evidente a 5 km da linha de costa atual e está delimitado nas suas margens pela profundidade de 30 m (Fig. 52). Próximo à cabeceira está conectado a dois paleocanais tributários, provenientes do rio São Miguel e da lagoa Grande, os quais se juntam e formam uma inflexão que acompanha a linha batimétrica de 22 m. Próximo à quebra da plataforma, o vale inciso assume um padrão sinuoso.

O paleovale gerado pelo sistema estuarino Jequiá-Jacarecica, parcialmente preenchido por sedimentos mais recentes, se inicia a 6 km da linha de praia sendo delimitado claramente pela isóbata de 20 m e tem um comprimento total de aproximadamente 15 km. Esse possui um tributário com sentido NE/SW, perpendicular ao seu sentido principal, alinhado e de comportamento semelhante à inflexão dos tributários do vale inciso de Maceió. O alinhamento dos recifes e a inflexão dos tributários confirmam a ideia de estabilização do nível relativo do mar naquele local.

O Canal de Coruripe apresenta-se fortemente ligado ao sistema fluvial atual do rio Coruripe e sendo um único canal, não possui canais tributários. Na cota batimétrica de 25 m este paleovale corta um arenito de praia, estando os arrecifes alinhados em ambos os lados deste canal (Fig. 52).

Figura 52 – Vales incisos mapeados na plataforma continental sul de Alagoas com destaque para as drenagens submarinas situadas em frente aos rios Coruripe, Jequiá, Jacarecica e Mundaú.

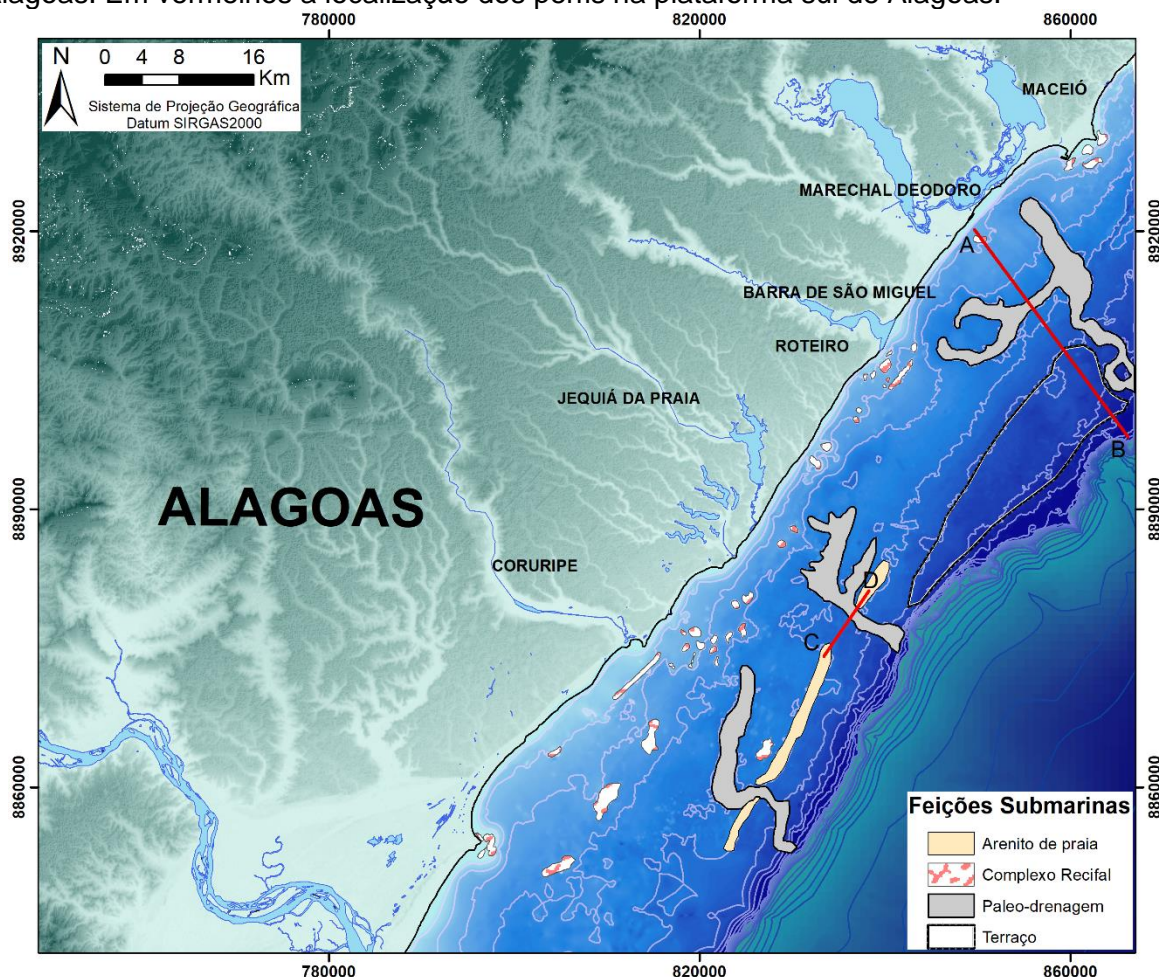


Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Os rios Mundaú, Roteiro, Jequiá, Jacarecica e Coruripe chegam ao litoral com pequenas vazões e baixas cargas de sedimentos, portanto, insuficientes para preencher os vales incisos submersos, que correspondem a antigas drenagens afogadas e preenchidas parcialmente por sedimentos (COUTINHO, 2000). O predomínio da sedimentação carbonática nesta região pode ser atribuído ao fato das drenagens que chegam ao litoral serem de pequeno porte e extensão, erodindo principalmente sedimentos do Grupo Barreiras e com pequena carga sedimentar. Este cenário criaria condições mais favoráveis para a precipitação de carbonatos e o desenvolvimento de organismos de constituição carbonática. A baixa taxa de erosão e sedimentação terrígena possibilitou a manutenção dos paleo-vales que não foram arrasados durante a transgressão marinha holocênica.

Os vales incisos dos rios Mundaú, Jequiá, Jacarecica e Coruripe, localizados no setor da plataforma continental sul de Alagoas, formam feições alongadas e sinuosas, interpretadas como incisões resultantes de paleo-canais associados a estes rios (Fig. 53). Os vales têm boa preservação indicando pequena taxa de colmatção e estes iniciam próximo à profundidade de 20 m e se estendem até a profundidade de 50 m, variando de 450 a 1.500 m de largura com desnível da borda até o fundo do vale de 10 a 20 m. O paleo-canal associado ao rio Coruripe já foi citado anteriormente por França et al. (1976 e 1979) como um elemento de destaque morfológico da área.

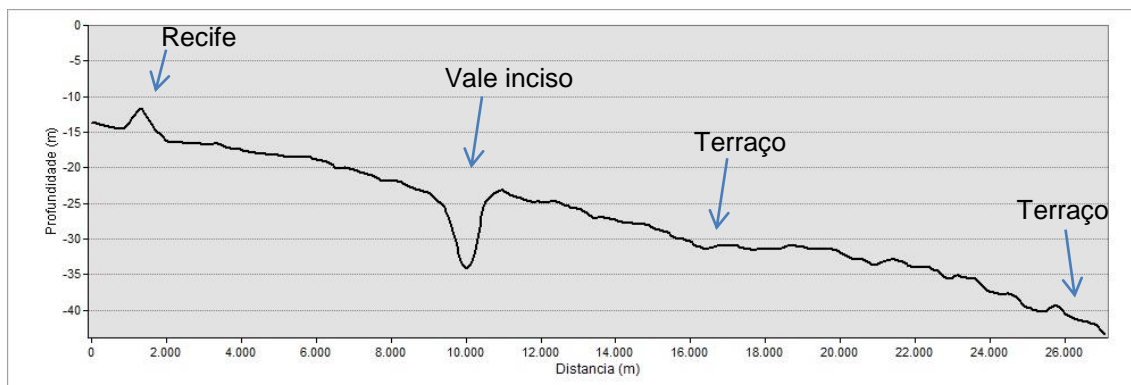
Figura 53 - Feições morfológicas submarinas mapeadas da plataforma continental sul de Alagoas. Em vermelhos a localização dos perfis na plataforma sul de Alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

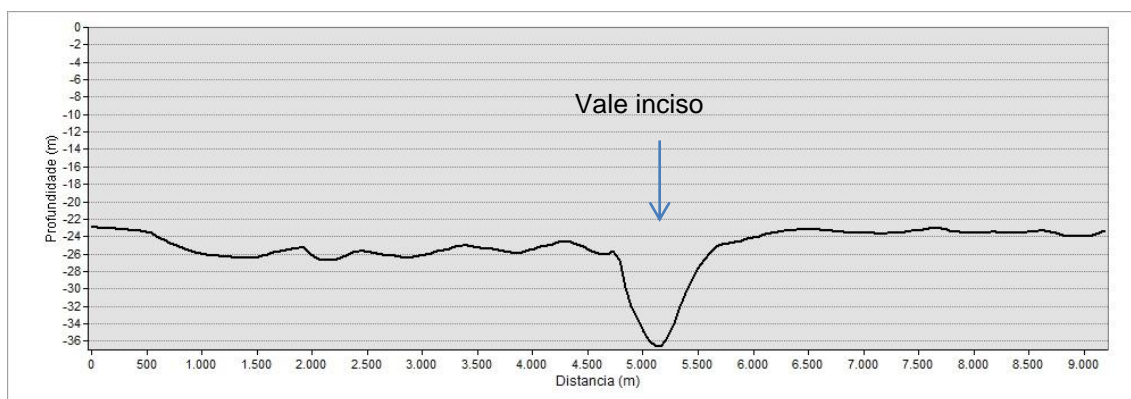
Na Figura 53 tem-se a localização do perfil na região sul de Alagoas, onde se verificou a 10 km da costa o vale inciso do canal de Maceió na isóbata em torno 25 metros e uma profundidade do vale de 10 m (Fig. 54). No perfil transversal ao vale inciso Jequiá-Jacarecica (Fig. 55), temos um vale com profundidade de até 10 m.

Figura 54 - Perfil transversal A–B na plataforma sul de Alagoas. O recife a 1 km da costa e o vale inciso do canal de Maceió a 10 km na isóbata em torno 25 metros, com profundidade de 10 m. Nas isóbatas de 30 e 40 m são indicados os terraços.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Figura 55 - Perfil transversal C–D ao vale inciso Jequiá-Jacarecica na plataforma sul de Alagoas, com profundidade de até 10 m na isóbata de 25 metros.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Os vales incisos da plataforma de Sergipe correspondem a paleodrenagens afogadas e parcialmente ou totalmente preenchidas por sedimentos. Os vales incisos são preservados no registro sedimentar da plataforma, após o ciclo regressivo-transgressivo, uma vez que mantêm as incisões nas suas paredes laterais, que permanecem visíveis nos levantamentos sísmicos, pois as drenagens atuais não causam o seu completo preenchimento e geralmente são recobertos pela sedimentação carbonática posterior (OBELCZ et al., 2014; SANTOS, 2015). Os vales principais cortam a plataforma transversalmente em forma retilínea, alguns formam meandros e outros apresentam pequenos afluentes.

A incisão da drenagem na planície costeira e plataforma continental do Sergipe desempenhou um papel importante na arquitetura marginal e na distribuição de fácies durante as flutuações do nível do mar no Quaternário (PUGA-BERNABÉU,

2017). O padrão dos vales incisos na plataforma pode ser correlacionado com uma origem fluvial, por apresentar uma grande quantidade de afluentes e subafluentes, característica de planícies localizadas em regiões de clima tropical, com chuvas abundantes (BURGER et al., 2001; ANIMA et al., 2002; WEBSTER et al., 2012). Os canais identificados na plataforma Sergipe se localizam frente às atuais desembocaduras de sistemas fluviais e representam a sua continuação mar adentro. Esta configuração deve corresponder aos controles regionais (climatológico, geológico e estrutural) e pode variar ao longo da margem continental (GOMES et al., 2014, 2016; FONTES et al., 2017).

Na plataforma norte de Sergipe, um conjunto de drenagens submarinas encontra-se associada aos cânions Sapucaia e Piranhas (Fig. 49). A rede de drenagem associada ao cânion Japarutuba tem uma ramificação para norte, originando-se no alto morfológico submarino de Ponta dos Mangues.

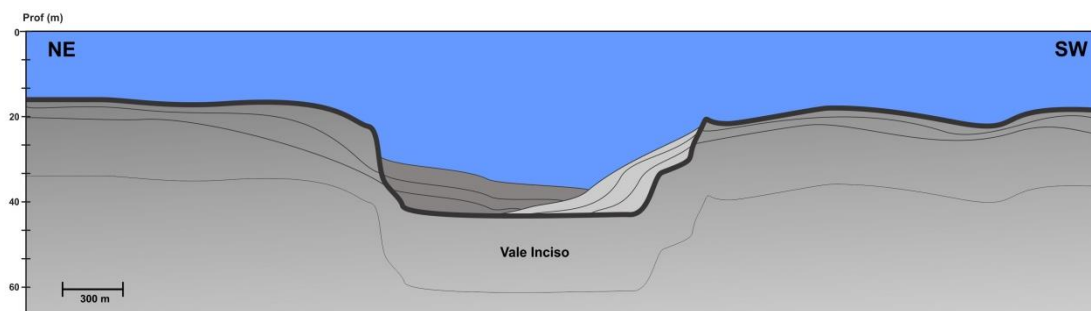
Os vales incisos Sapucaia e Piranhas são depressões alongadas que ocorre de forma pouco evidenciada na região norte de Sergipe (Fig. 49). Esta depressão alongada e em parte preenchida por sedimentos terrígenos ocorre no prolongamento dos cânions submarinos Sapucaia e Piranhas, aos quais estão vinculados, mas não se conecta diretamente aos mesmos, uma vez que é recoberta pelos bancos carbonáticos da borda da plataforma.

Na plataforma continental sul de Sergipe foram identificadas feições em sub-superfície através dos refletores sísmicos, características de vales incisos, que estão principalmente concentrados na plataforma média e externa (FONTES et al., 2017b).

Os vales incisos dos rios Vaza-Barris e Sergipe estão situados nas áreas adjacente aos rios Vaza-Barris e Sergipe, desenvolvem-se em forma e feições alongadas e sinuosas (Fig. 50), contornadas pelas isóbatas de 30 a 35 m. Os paleocanais iniciam próximo à profundidade de 30 metros e se estendem até a profundidade de 50 m, com largura variável entre 500 a 1.500 m.

Na Figura 56 é apresentado um perfil esquemático de um vale inciso semi-preenchido por sedimentos na plataforma sul de Sergipe. A profundidade das incisões dos vales incisos varia de poucos metros até centenas de metros (SANTOS, 2015).

Figura 56 - Perfil esquemático de um vale inciso semi-preenchido na plataforma sul de Sergipe, em frente ao rio Vaza-Barris.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

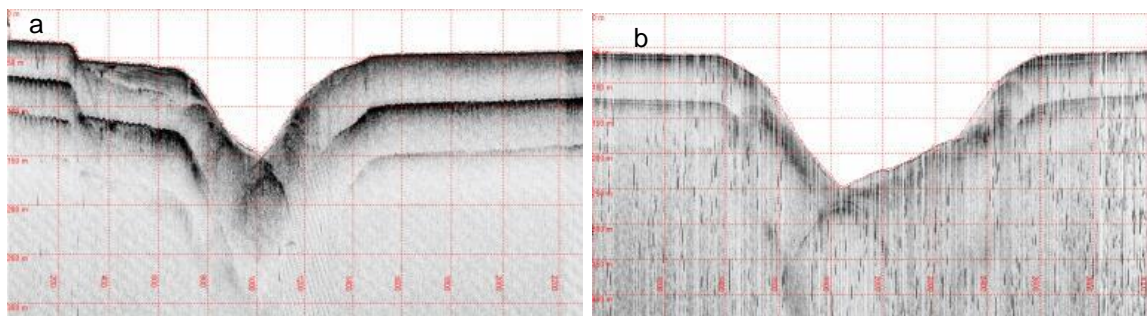
Com a identificação dos vales incisos na margem continental, pode-se sugerir que os registros ficaram preservados desde o último máximo glacial, quando o nível do mar atingiu aproximadamente -110 m de profundidade abaixo do nível atual. Isso possibilitou que a rede de drenagem continental se estendesse sobre a plataforma e, devido ao baixo grau de declividade da planície flúvio-costeira, menor que da plataforma continental, permitiu a incisão do atual fundo marinho (SANTOS, 2015).

Ao realizar uma classificação das formas dos vales incisos encontrados em frente ao rio Vaza Barris, Santos (2015) verificou que eles diminuem de largura à medida que se afastam da linha de costa e, no mesmo sentido, ocorre o aumento da sua profundidade de incisão (Fig. 57). Quanto ao preenchimento, os vales mais próximos do talude apresentam-se com pouco ou nenhum sedimento, enquanto na plataforma interna estão totalmente preenchidos.

Os vales incisos dos rios Vaza-Barris, localizados na plataforma continental sul de Sergipe, formam feições alongadas e sinuosas, interpretadas como incisões resultantes de paleo-canais associados ao rio (Fig. 50). Os vales têm boa preservação indicando pequena taxa de colmatação e iniciam próximo à profundidade de 20 m e se estendem até a profundidade de 50 m, variando de 450 a 1.500 m de largura com desnível da borda até o fundo do vale de 10 a 20 m.

O paleocanal gerado pelo sistema estuarino Piauí-Real, parcialmente preenchido por sedimentos mais recentes, se inicia aproximadamente a 8 km da linha de praia e tem um comprimento total de aproximadamente 15 km. Esse sistema apresenta dois canais paralelos, de comportamento semelhante, gerados possivelmente pelos dois rios, Piauí e Real, que se unem na zona costeira (Fig. 50).

Figura 57 - (a) Cânion na borda da plataforma continental adjacente ao rio Vaza-Barris, com aproximadamente 800 m de largura e 100 m de profundidade, em perfil obtido por sísmica rasa; (b) Cânion na plataforma externa do sul de Sergipe, com 1000 m de largura e 200 m de profundidade.



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017b).

4.4.3 Cânions Submarinos

O talude apresenta vários sulcos, ravinas e cânions tanto retilíneos como sinuosos. Alguns poucos cânions são confinados ao talude, enquanto que outros cânions adentram a plataforma. Os cânions mais expressivos são o do São Francisco, Sapucaia, Japarutuba, Piauí-Real e o grupo de cânions Vaza-Barris (SANTOS et al., 2017a; FONTES et al., 2017b).

As drenagens submarinas e vales incisos estão associados aos cânions submarinos que escavam a borda da plataforma continental e se desenvolvem no talude continental. Os grandes cânions submarinos escavados na borda da plataforma e talude continental são as feições morfológicas mais proeminentes desta região, destacando os cânions São Francisco e Japarutuba (Fig. 58). Estas feições morfológicas se destacam no relevo submarino e se prolongam em direção ao sopé continental. Algumas destas feições submarinas estão diretamente vinculadas aos rios que desaguam no litoral de Sergipe e Alagoas, e fazem parte desse conjunto, de norte para sul, os cânions do Mundaú, Jequiá, Coruripe, São Francisco, Sapucaia, Piranhas, Japarutuba, Vaza-Barris e Piauí-Real (Fig. 58).

Cainelli (1992) classifica os cânions da região de acordo com a idade (antigos ou modernos) e de acordo com a fase evolutiva (imaturos ou maduros). Os cânions São Francisco e Japarutuba foram classificados como maduros por estarem em frente a dois sistemas fluviais atuais, enquanto que os cânions Sapucaia e Piranhas são classificados como imaturo, cuja cabeceira escava somente a plataforma externa e o talude superior, mas não estão vinculados a nenhum aporte fluvial atual,

pois nenhum desses possui conexão ativa com sistema fluvial, apenas tiveram em condições de nível de mar baixo.

O cânion São Francisco é uma das principais feições morfológicas da plataforma continental leste do Brasil e pode ser diretamente associado ao rio São Francisco, em função da proximidade de sua foz (8 km) e da elevada vazão natural histórica deste rio (FONTES, 2015).

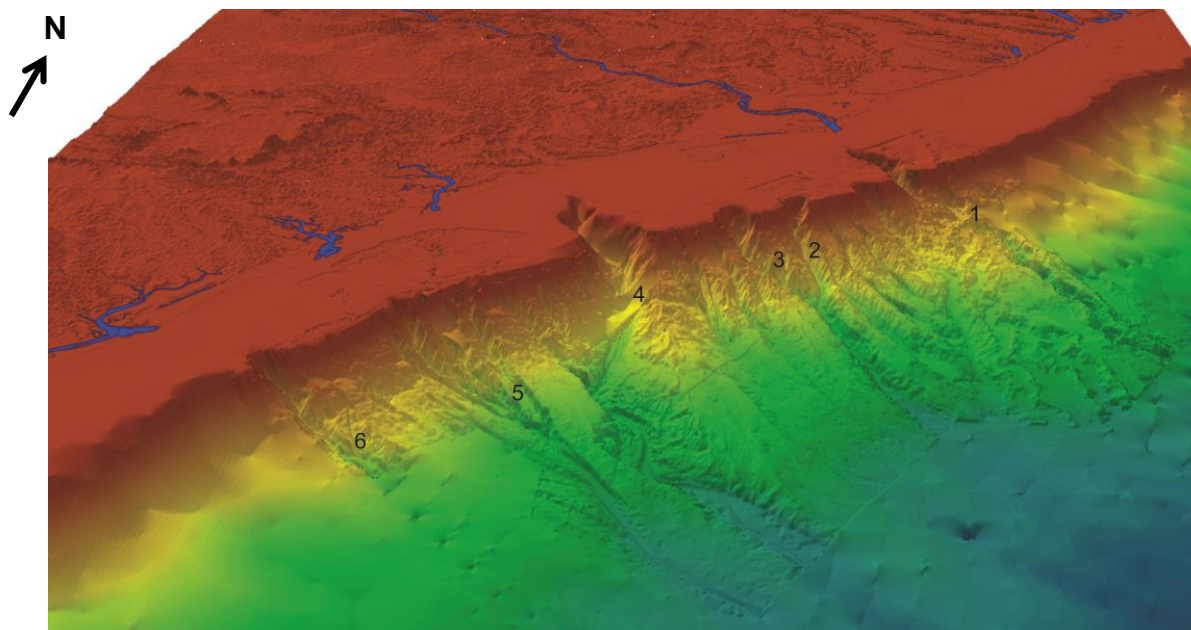
A incisão do cânion na plataforma pode ser observada a partir da isóbata de 15 m e se estende por 19 km na plataforma. O cânion São Francisco apresenta um desnível máximo de 850 m, com largura média de 2 km na cabeceira do cânion para até cerca de 10 km na região da quebra da plataforma-talude. Há uma extensa e larga área deposicional com o desenvolvimento de canais distributários submarinos na base do talude continental e que se estende até o sopé continental.

Os cânions submarinos do São Francisco e Japaratuba determinam de certa forma, a fisiografia da plataforma, por se encontrarem fortemente encaixados na plataforma e a pouca distância da linha de costa; produzem também uma compartimentação da sedimentação na mesma (FONTES et al., 2017c). Os cânions encaixados na plataforma possuem um papel fundamental na transferência de sedimento para as regiões profundas, já que podem interceptar o sedimento transportado pelas correntes de deriva ao longo da plataforma interna (Fig. 59). Esta transferência de sedimento a partir dos cânions encaixados na plataforma pode ser fortemente afetada pelas flutuações do nível do mar.

O cânion Sapucaia e Piranhas situam-se entre os cânions São Francisco e Japaratuba, mas foi desenvolvido a norte do Alto de Ponta dos Mangues, no contexto do São Francisco (Fig. 58 e 59). O cânion Sapucaia se desenvolve até 200 m de profundidade. Sua dimensão o posiciona como uma feição secundária, com uma largura de 5 km, profundidade 800 m e extensão de 15 km no talude superior e médio (OLIVEIRA et al., 2017). O cânion Sapucaia e Piranhas provavelmente se desenvolveram em épocas de rebaixamento do nível do mar.

A distribuição dos aportes de sedimentos lançados pelo rio São Francisco na plataforma pode ser responsável pelo preenchimento dos canais submarinos (paleocanais) situados na plataforma associados aos demais cânions, como o Sapucaia e Piranhas, onde apenas são visíveis no talude.

Figura 58 - Modelo digital de terreno com destaque para os cânions submarinos (1) São Francisco, (2) Piranhas, (3) Sapucaia, (4) Japarutuba, (5) Vaza-Barris e (6) Piauí-Real.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O cânion Japarutuba se configura na plataforma a partir de 10 km da linha de costa, na isóbata de 30 m, atingindo uma largura de 21 km no limite com o talude continental. O desnível entre a borda da plataforma e o fundo do cânion atinge mais de 1.400 m.

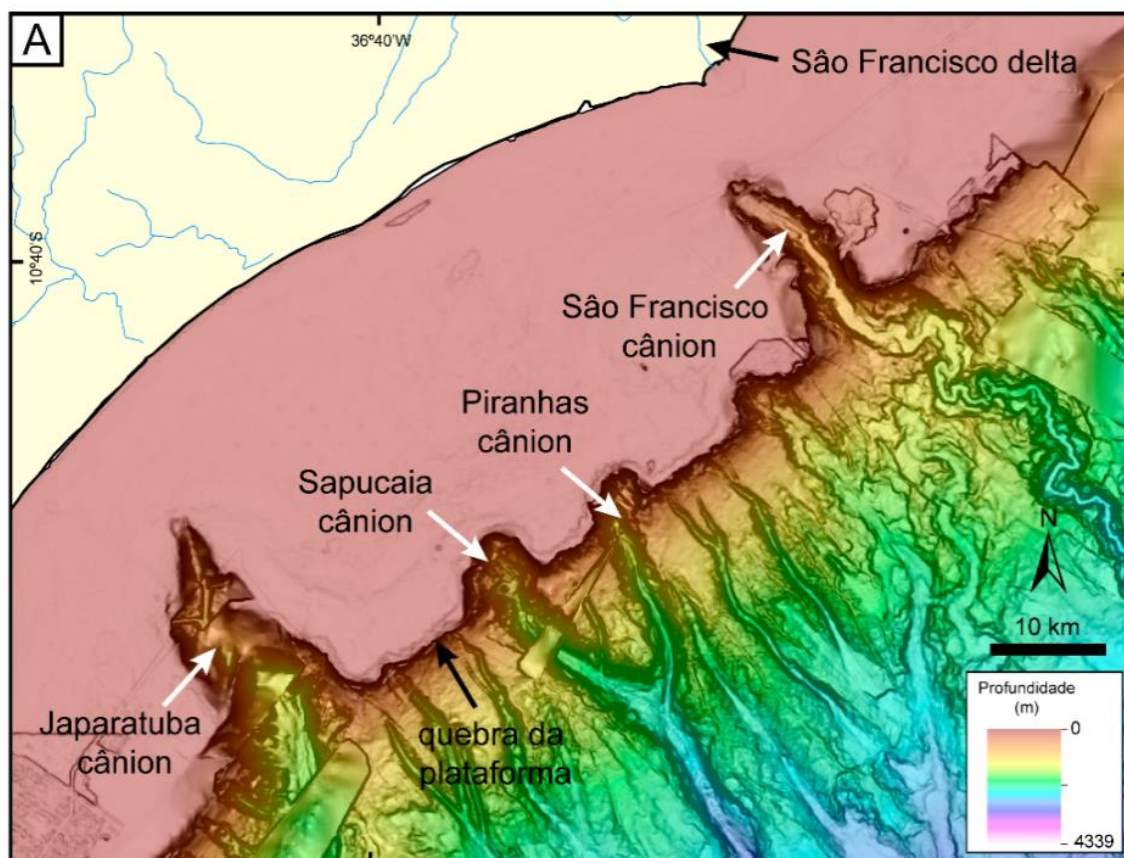
O cânion Japarutuba possui maiores dimensões que o cânion São Francisco, mas não pode ser diretamente associado ao atual rio Japarutuba, em função deste rio possuir uma diminuta bacia de drenagem e aporta pequeno volume de água. Não somente há a incompatibilidade de tamanho da bacia de drenagem e de volume atual de vazão do rio com as dimensões do cânion, mas também o volume de lama depositado na plataforma indica a necessidade de aporte de um rio de grande volume e capacidade de transporte de sedimentos. De acordo com Fontes et al. (2011b e 2012) esse é um grande mistério que pode ser esclarecido com a interpretação de que no passado, o sistema sedimentar Japarutuba era independente do São Francisco e particularmente ativo, apresentando-se como um rio com competência de aportar todo este volume de sedimentos e escavar o seu respectivo cânion.

Os cânions encaixados na plataforma possuem um papel fundamental na transferência de sedimento para as zonas mais profundas já que podem interceptar

o sedimento transportado pelas correntes de deriva ao longo da plataforma interna. Esta transferência de sedimento a partir dos cânions encaixados na plataforma pode ser fortemente afetada pelas flutuações do nível do mar (COVAULT et al., 2007). Na plataforma continental da Austrália não existem cânions análogos aos cânions do São Francisco e Japaratuba (PUGA-BERNABÉU et al., 2013), o que condiciona em grande medida as diferenças na dinâmica sedimentar entre essas duas margens de sedimentação mistas comparáveis.

A plataforma continental sul de Sergipe é sulcada por vários eixos de drenagens submarinas que correspondem a expressivos vales incisos parcialmente ou totalmente preenchidos por sedimentos. Os cânions Vaza-Barris e Piauí-Real são de dimensões menores quando comparadas aos demais localizados na região de Sergipe-Alagoas, mas apresentam uma grande importância no contexto geológico.

Figura 59 - Mapa batimétrico do setor central da SEAL mostrando a margem continental cortada por cânions submarinos fortemente encaixados, produzindo uma compartimentação na dinâmica sedimentar.



Fonte: Modificado de Schreiner et al. (2015).

4.5 Sistemas Sedimentares Rio-Mar

A compreensão dos processos fonte-bacia (*source-to-sink*) é de fundamental importância na transferência de sedimentos fluviais para bacia oceânica nos ciclos geoquímicos, ecossistemas e recursos naturais (KUEHL et al., 2016; FONTES, 2015).

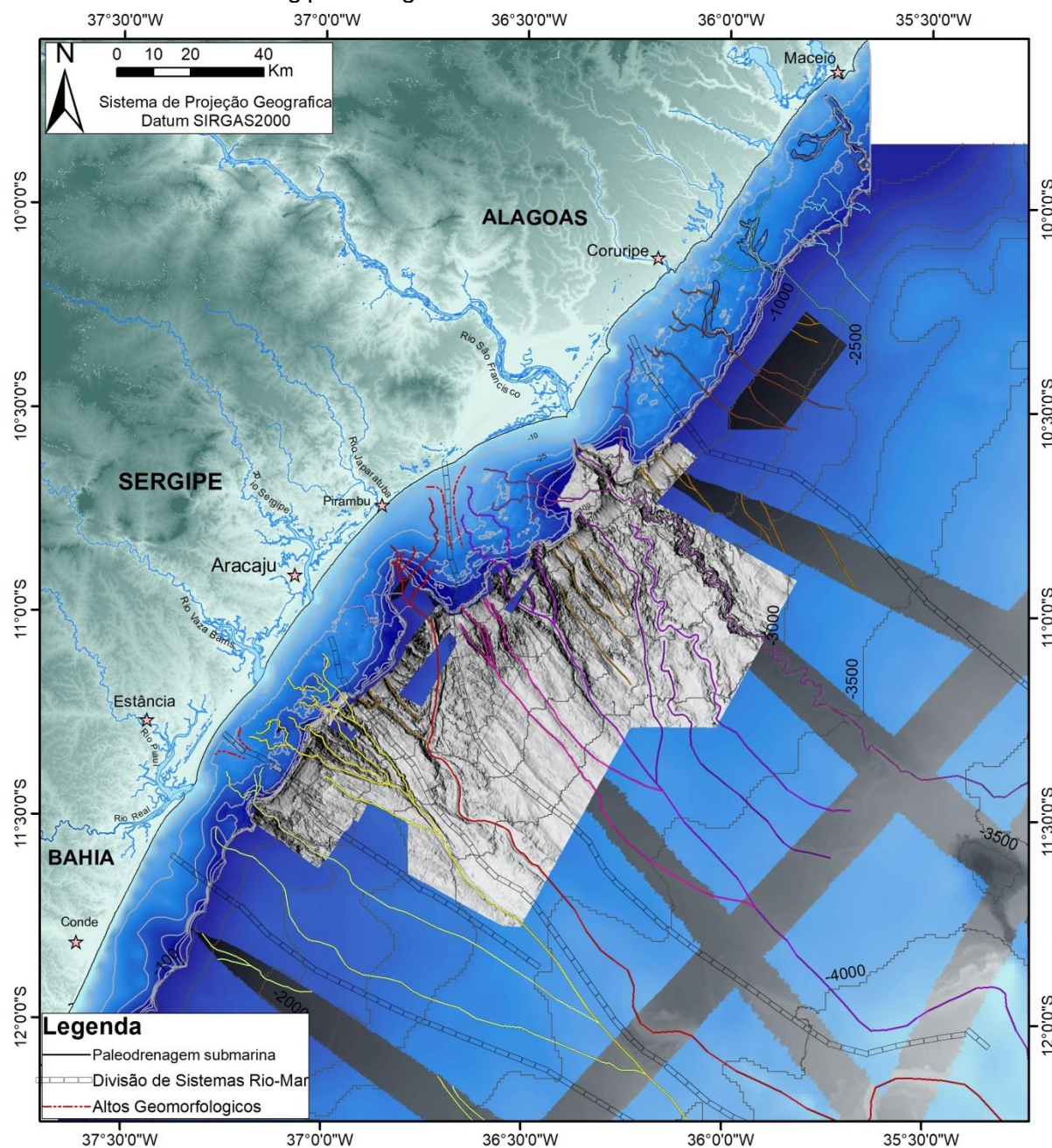
Diversos trabalhos foram desenvolvidos ao longo da plataforma continental Brasileira visando essa integração como no Estado do Rio Grande do Sul (ABREU; CALLIARI, 2005; WESCHENFELDER et al., 2010), Santa Catarina (ABREU, 2010); São Paulo (CONTI, 2009; CONTI; FURTADO, 2006, 2009); Rio de Janeiro (ALMEIDA; KOWSMANN, 2015; FIGUEIREDO Jr. et al., 2015); Pernambuco (CAMARGO et al., 2007, 2015) e no Rio Grande do Norte (VITAL et al., 2010; ALMEIDA et al., 2015; GOMES et al., 2016; SILVA et al., 2018).

Uma rede de drenagem submarina se desenvolveu na plataforma continental e está associada aos cânions Coruripe, São Francisco, Sapucaia, Piranhas, Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real (Fig. 60). Esse mapeamento dos sistemas turbidíticos do talude foi elaborado com base nos dados batimétricos de alta resolução e uma interpretação preliminar dos processos sedimentares inferidos responsáveis pelas morfologias erosional e deposicional foi desenvolvida.

Estas drenagens foram formadas quando a plataforma se encontrava totalmente exposta e muitas ficaram preservadas e podem estar relacionadas a zonas de aporte ou a foz dos respectivos rios atuais e geralmente estão localizados na borda da plataforma e no talude continental. Estas feições apresentam a morfologia transversal em forma de V e outras em forma de U.

A partir das informações obtidas dos sedimentos do fundo marinho e da análise geomorfológica, foi possível delinear os sistemas sedimentares rio-mar, distinguindo em quatro sistemas fluviais existentes na região: São Francisco, Japaratuba-Sergipe, Vaza Barris e Piauí-Real. Estes sistemas são responsáveis pelo aporte de sedimentos continentais na evolução recente da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas.

Figura 60 - Rede de drenagem submarina e sistemas sedimentares rio-mar na plataforma e talude continental de Sergipe e Alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O rio São Francisco foi responsável por elevado aporte de sedimentos que influenciou a sedimentação da plataforma continental adjacente, estabelecendo uma clara diferenciação entre os setores a norte e a sul da sua foz, em função da distribuição dos sedimentos siliciclásticos de origem continental. Por estarem fortemente encaixados na plataforma e a pouca distância da costa, os cânions submarinos São Francisco e Japaratinga alteram a fisiografia da plataforma e promovem uma compartimentação da sedimentação marinha.

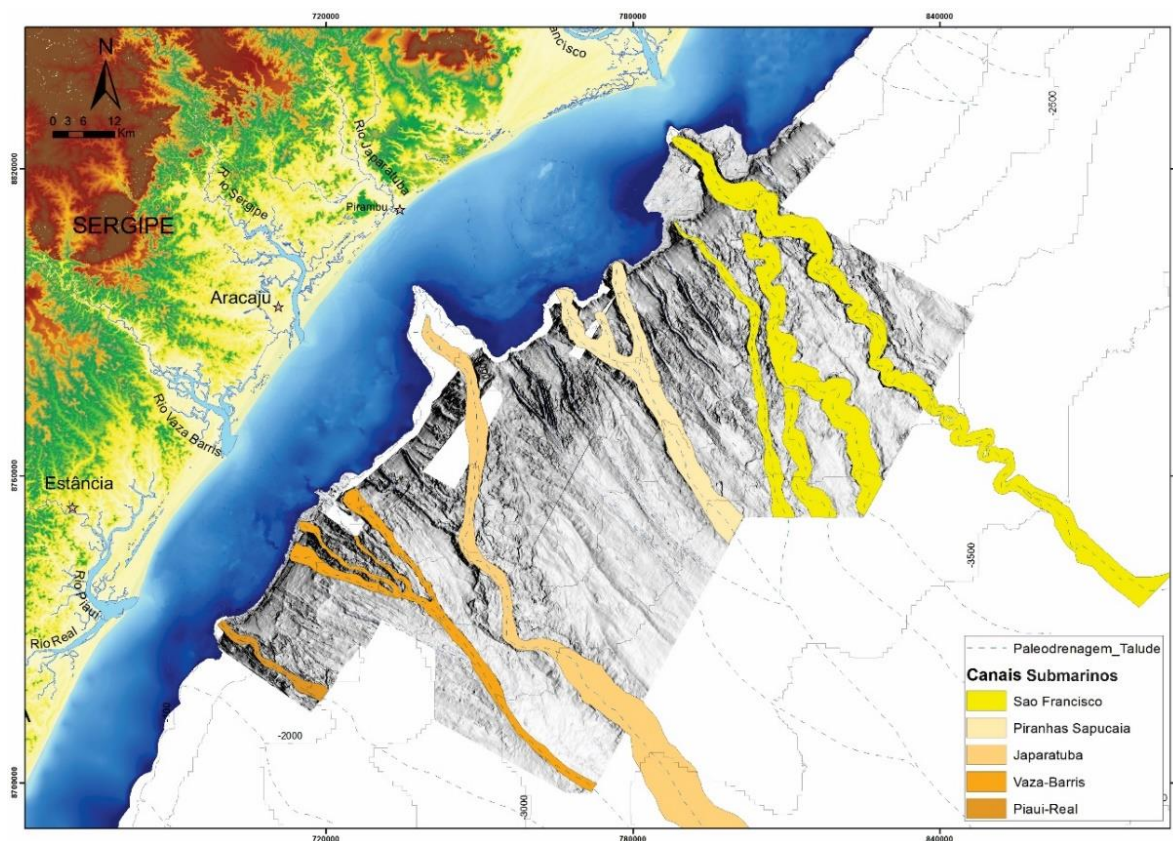
O cânion São Francisco, em águas profundas, possui um leque submarino bem delineado (Figuras 60 e 61). Evidências morfológicas indicam que o canal migrou consideravelmente, o que fica evidenciado por antigos canais submarinos abandonados (FONTES et al., 2017d; OLIVEIRA Jr. et al., 2017).

A integração dos dados obtidos na análise da planície costeira do rio São Francisco e dados de sub-superfície, indicam que, no momento inicial, o rio se dirigia para o sul, acompanhando o alto de Ponta dos Mangues, e alcançava a região da plataforma e o talude continental (FONTES, 2015). Nesta fase, ocorreu a incisão do talude, com o desenvolvimento do cânion Sapucaia e Piranhas (Fig. 60). Em uma etapa posterior, o rio São Francisco avançou no centro da planície costeira, em função da ação da neotectônica (LIMA et al., 2014), que coincide com o traço de uma das falhas submarinas neste local (Fig. 11), e escavou o cânion atual na porção central, que se destaca na morfologia, atingindo uma profundidade de 750 metros (FONTES, 2015; FONTES et al., 2017d; OLIVEIRA Jr et al., 2017).

Os cânions Sapucaia, Piranhas e canais submarinos associados estão relacionados à primeira fase de influência do rio São Francisco (FONTES, 2015). A mudança na posição dos canais pode estar relacionada às mudanças nos aportes fluviais e de posições da foz do rio São Francisco, onde foram identificados 4 canais no leque submarino do São Francisco, sendo três deles abandonados e um canal atual (Fig. 60 e 61): 1) canal abandonado que se desenvolve de forma oblíqua, junto à base do talude, com fundo plano; a posição do canal pode estar controlada por feições tectônicas, uma vez que está relacionada com o traço em superfície da falha geológica que ocorre no local; 2) e 3) dois canais abandonados, canal confinado com desenvolvimento de *levee* subaquático; que se desenvolve de forma oblíqua; 4) canal atual, ativo até recentemente, que em parte assume padrão meandriforme.

A existência destes diversos canais no leque submarino representa não só diversas fases na evolução do leque, mas mudanças nos aportes do rio São Francisco, inclusive mudanças na posição de sua foz e mudanças na dinâmica marinha (FONTES, 2015; FONTES et al., 2017d; OLIVEIRA Jr. et al., 2017).

Figura 61 - Feições geomorfológicas e canais submarinos dos sistemas sedimentares rio-mar que são eixos de transferência de sedimentos para bacia oceânica.



Fonte: modificado de Schreiner et al. (2015).

O sistema do canal atual do São Francisco desvia para norte ao aproximar dos montes submarinos, gerando possivelmente outro leque submarino em regiões mais profundas. Na morfologia atual do fundo marinho se destacam o cânion e o leque submarino do rio São Francisco. Esta proeminência ofusca as demais feições marinhas profundas, mas é decorrente do fato de ter sido gerada na etapa mais atual da dinâmica sedimentar, influenciada tanto pelo grande aporte fluvial do São Francisco, como pela regressão marinha (SCHREINER, et al., 2015; FONTES, et al., 2017d; OLIVEIRA Jr. et al., 2017).

O cânion e o canal submarino do Japarutuba acompanham o conjunto da zona de falha de Ponta dos Mangues que inflete para o sul na porção inicial do cânion. Assim, o traçado do cânion e canal submarino é oblíquo em relação à borda da plataforma continental entre 1.500 e 2.500 m de profundidade, devido ao controle estrutural. Posteriormente, o canal continua em direção ao sopé continental perpendicularmente a margem da plataforma continental (Fig. 60 e 61).

O cânion Japaratuba é uma feição de destaque na margem continental de Sergipe, devido as suas dimensões que não podem ser explicadas pelo atual rio Japaratuba. Além do cânion, um canal submarino confinado por diques bem expressivos, atravessa a morfologia do fundo marinho até mais de 4.000 m de profundidade. As discrepâncias entre as dimensões do sistema fluvial atual do Japaratuba e as feições geradas no leito marinho nunca foram suficientemente explicadas. A hipótese é a existência de um paleo-rio Japaratuba, já desativado, responsável por estas relações rio-mar e pela magnitude e influência na morfologia e nos depósitos sedimentares no talude e sopé continental, até profundidades em torno de 4.500 m (FONTES et al., 2012; FONTES, 2015).

O rio Vaza-Barris tem uma única foz atualmente e na plataforma e talude continental apresenta 5 canais e cânions submarinos que formam o sistema sedimentar rio-mar do Vaza-Barris. Estes cânions funcionam como tributários para a formação de um canal submarino Vaza-Barris no talude, constituindo-se assim, em um modelo diferente dos outros sistemas rio-mar em Sergipe.

Na profundidade de 2.400 e 2.600m ocorre à junção dos tributários do rio Vaza-Barris, que formam um único canal submarino que migra paralelamente ao canal do Japaratuba (Fig. 60). Constatou-se que o canal submarino mais ao norte do sistema Vaza-Barris foi um canal formado pelo rio Sergipe que migrou para sul e escavou o canal submarino.

Em relação aos canais submarinos Vaza-Barris e Piauí-Real, no seu prolongamento em águas profundas, a mais de 3.500m de profundidade, eles se unem e desenvolvem um sistema de leque submarino, formado uma zona de espraiamento frontal (Fig. 60).

Após o detalhamento sobre as características geomorfológicas da plataforma e talude da margem continental SEAL, no capítulo seguinte será apresentada a distribuição dos sedimentos que compõem o fundo marinho da plataforma SEAL como também as relações com sua origem e composição.

5 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS E FÁCIES DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE-ALAGOAS

Neste capítulo será apresentada a distribuição textural e faciológica dos sedimentos que compõem o fundo marinho da plataforma SEAL, pois devido às características integradoras e por fornecer um registro histórico dos eventos sedimentares naturais ou antropogênicos, os sedimentos de fundo são indicados para avaliar as alterações geológicas, climáticas, químicas e biológicas, tanto de média e como de longa duração, tomando por base as variações nas camadas sedimentares, a composição sedimentar e da idade dos sedimentos.

A caracterização sedimentar do fundo marinho, com informações sobre a sua morfologia e faciologia são fundamentais para a compreensão dos processos geológicos e geoquímicos atuantes e como influenciam os habitats marinhos. Os estudos de geologia e geomorfologia marinha contribuem ainda para possíveis minimizações dos impactos ambientais decorrentes das atividades nessas áreas, principalmente em locais marinhos sensíveis como recifes, bancos carbonáticos e áreas com sedimentos lamosos.

A diversidade das características dos tipos de sedimentos na plataforma é verificada nos mapas temáticos de distribuição da textura sedimentar, do teor de carbonato de cálcio e das associações faciológicas da plataforma que tem por finalidade diferenciar os sedimentos de natureza siliciclástica e carbonática, possibilitando compreender a origem destes sedimentos.

5.1 Textura dos Sedimentos Superficiais

Os sedimentos superficiais do fundo marinho, distribuídos na plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas (SEAL), foram analisados e mapas sedimentológicos foram elaborados para visualizar a constituição e distribuição dos sedimentos, nas frações granulométricas cascalho, areia e lama.

5.1.1 Seixos e Grânulo

A fração seixo (cascalho) e grânulo nitidamente se concentra principalmente na plataforma externa, onde predomina sobre as demais classes granulométricas, apresentando percentuais acima de 30%, atingindo até valores maiores que 90%.

Esta distribuição dos cascalhos é interrompida quando se tem a ocorrência de cânions ou vales incisos, pois nestas feições têm-se o predomínio da fração lama. A ocorrência da fração cascalho diminui consideravelmente de norte para sul.

Muitos dos seixos podem ser classificados como rodolitos, constituídos principalmente de material biogênico formado por algas calcárias vermelhas (Fig. 62). A forma de desenvolvimento das algas vermelhas se dá por incrustações resultantes de crescimento carbonático. As rodofitas em geral são pluricelulares e crescem junto a algum substrato endurecido (rocha ou sedimento consolidado). São denominadas de formas livres e são representadas pelos nódulos e seus fragmentos (bioclastos) e constituem depósitos sedimentares inconsolidados (MANSO et al., 2003; BAHIA et al., 2010). Estas formas crescem sobre o substrato e são abundantes em regiões com fortes correntes de fundo ou então com períodos de intensa atividade de ondas e correntes. As formas mais densas, pouco ramificadas desenvolvem-se em áreas de maior energia e as mais arborescentes em regiões de menor energia (SANTOS, 2010; QUEIROZ et al., 2016).

Figura 62 - Rodolitos (algas calcárias vermelhas) coletados na plataforma continental .



Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

Os rodolitos podem apresentar largo espectro de diâmetros, variando desde tamanho seixo até calhau. Em geral, apresentam três morfologias básicas de crescimento: laminar, ramificado e colunar. As duas últimas podem ser indicativas do aumento no regime de energia do ambiente onde foram formados (BOSENCE, 1983). A diferença de formas de crescimento das algas (ramificadas ou esferoidais, principalmente) são condicionadas pelas condições hidrodinâmicas, penetração de

luz e profundidade, onde as algas ramificadas predominam na parte intermediária da plataforma e os carbonatos esferoidais (rodolitos e outros) na parte externa. Na plataforma continental de Sergipe foram coletados rodolitos no banco carbonático externo, principalmente nas regiões onde predominam os sedimentos cascalhosos.

5.1.2 Areias

De acordo com as amostras obtidas nas campanhas oceanográficas, a fração areia está distribuída de forma homogênea desde a plataforma interna a externa, com exceção das regiões adjacentes à foz dos rios, principalmente em frente aos rios São Francisco e Japarutuba, onde seu percentual é muito baixo.

As áreas com maior predomínio de areias estão situadas na plataforma sul de Alagoas e no norte de Sergipe, separadas pela zona lamosa associada à desembocadura do rio São Francisco.

As areias dominam na plataforma interna em uma faixa alongada paralela à linha de costa e na região em frente à foz dos rios São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real. Na plataforma sul de Sergipe, as areias são abundantes também na porção média e externa, onde atingem teores de 80% a 100% dos sedimentos e se estendem para o extremo norte da Bahia. As areias são abundantes na região costeira, com destaque ao desenvolvimento de barras na foz dos rios Sergipe, Vaza-Barris, Piauí-Real. A distribuição desta classe de tamanho de sedimentos vai desde a linha de costa atual até a quebra da plataforma, entretanto mais adiante serão identificadas se são areias de origem continental ou marinha.

5.1.3 Lama

A distribuição da fração lama só é relevante na plataforma de Sergipe conforme constatado na obtenção das amostras de sedimentos. As lamas estão associadas principalmente as zonas de influência dos rios São Francisco e Japarutuba (desde a plataforma interna até a externa), mas também na plataforma média, onde as lamas estão associadas aos rios Sergipe, Vaza Barris e Piauí-Real. Nas zonas deposicionais do São Francisco e Japarutuba a porcentagem de lama atinge valores acima de 70% (Fig. 63).

A presença de lamas nos demais setores da plataforma é baixa. Ressalte-se a presença de lama em parte dos sedimentos arenosos que dominam o setor norte de

Sergipe, e que constituem sedimentos mistos de areia lamosa a lama arenosa, e na borda externa da plataforma sul de Alagoas e sul de Sergipe.

Figura 63 - Amostras das fácies areias lamosas das zonas lamosas da plataforma continental.



Foto: Arquivo do Laboratório GEORIOEMAR, 2012.

5.2 Distribuição de Fácies Texturais

Os resultados das análises granulométricas dos sedimentos superficiais possibilitaram o agrupamento dos sedimentos segundo a classificação de Shepard (1954), permitindo definir a fração granulométrica dominante em cada amostra e contextualizar as fácies sedimentares texturais. Na figura 64 é possível visualizar os padrões de distribuição das fácies texturais da plataforma. Pode-se constatar que a faciologia é caracterizada por uma nítida simetria em torno das fácies lamosas associadas às desembocaduras dos rios São Francisco e Japaratuba, com o desenvolvimento de fácies arenosas e cascalhosas ao norte e ao sul, com uma concentração de cascalhos na borda da plataforma.

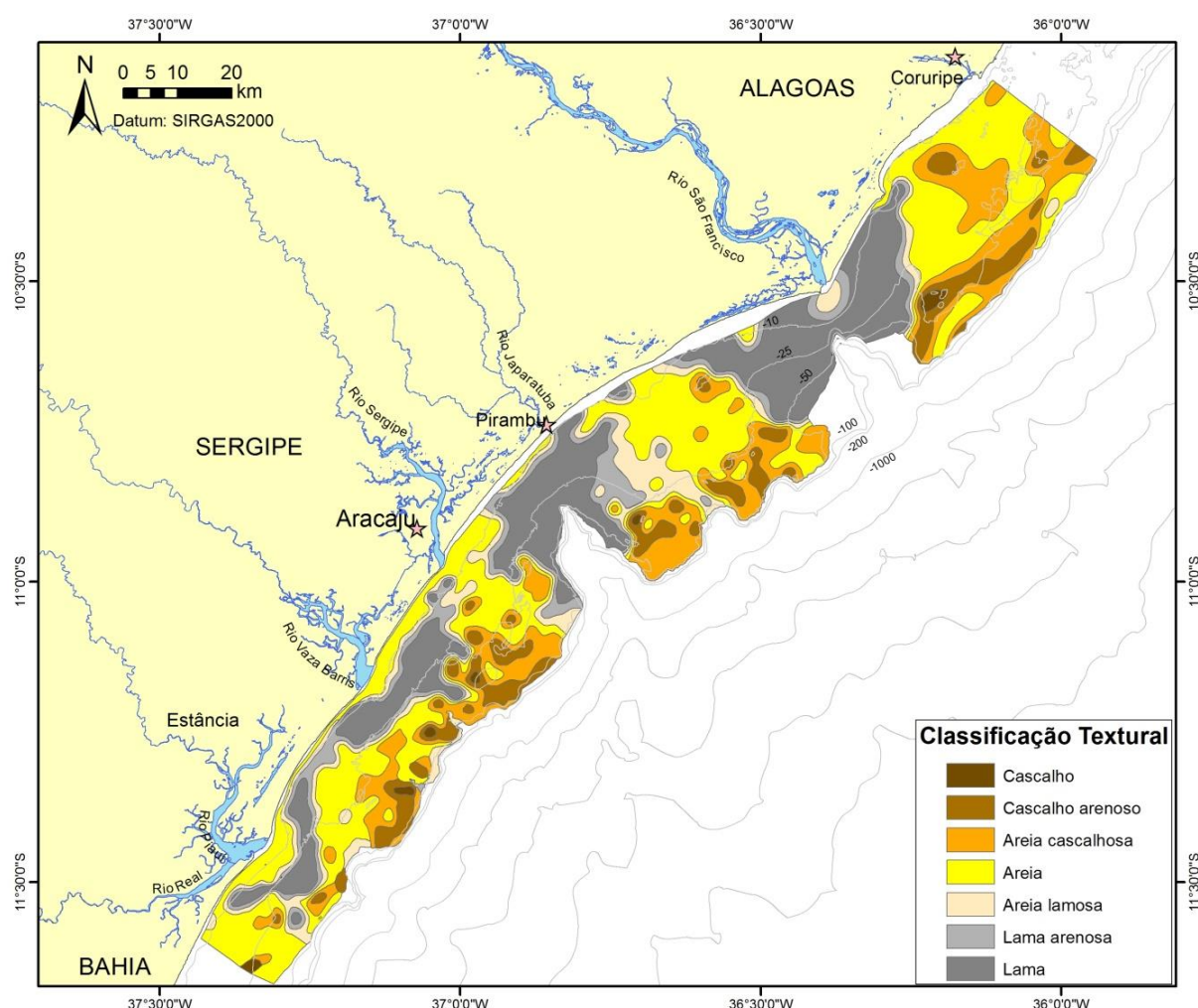
Na plataforma sul de Alagoas, as fácies de areias cascalhosas e de cascalhos são dominantes, principalmente na plataforma média e externa e os sedimentos lamosos são quase inexistentes, sendo limitados a algumas depressões na plataforma externa, como os paleocanais. As areias siliciclásticas na plataforma de Alagoas ocorrem principalmente na plataforma interna, até 10 m profundidade.

Foram encontradas lamas arenosas e areias lamosas na extremidade da plataforma continental relacionadas ao cânion Piranhas (Fig. 64). Existem duas possibilidades para explicar o desenvolvimento desta fácies mista neste local. Uma é

que esteja existindo uma redistribuição das lamas depositadas na área adjacente à foz do rio Japaratuba decorrente da atuação dos processos atuais, e que estas lamas ao se misturarem com as areias do Alto de Ponta dos Mangues gerem esta fácies mista. A outra é que tenha existido um paleocanal do São Francisco se dirigindo para o talude continental, bordejando o Alto de Ponta dos Mangues.

As texturas arenosas dominam a plataforma interna e intermediária, tanto no sul de Alagoas, quanto na região norte de Sergipe, entre as zonas lamosas do São Francisco e Japaratuba, (Fig. 64). As texturas lamosas ocorrem na região da plataforma de Sergipe associadas à foz dos rios São Francisco, Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real.

Figura 64 - Fácies texturais dos sedimentos superficiais de fundo da plataforma.



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017c).

A plataforma sul de Sergipe apresenta maior variabilidade na distribuição dos sedimentos, de lamas a cascalhos. Além das lamas associadas às zonas de

influência dos rios na plataforma média, as areias ocorrem na plataforma interna e média e os cascalhos na plataforma externa (Fig. 64).

Os sedimentos mais grosseiros (cascalhos, grânulos e areias cascalhosas) estão dispostos predominantemente na porção externa da plataforma, a partir da profundidade de 30 m. Na porção interna e intermediária da plataforma predomina a fração granulométrica areia, com exceção das zonas lamosas associadas à foz dos rios. As areias são também dominantes na faixa situada entre a linha de costa e 10 m de profundidade, que corresponde ao sistema praial e à plataforma interna. Os sedimentos lamosos terrígenos estão associados à foz dos rios Piauí-Real, Vaza-Barris, Sergipe, Japaratuba e São Francisco, distribuídos desde na plataforma interna até a plataforma externa ou apenas na plataforma média.

A partir dos dados analisados, podemos constatar que a plataforma de Sergipe e Alagoas reúne características dos três regimes de sedimentação descritos por Martins et al. (1972) sendo elas: sedimentação terrígena, sedimentação de biogênicos e plataformas com sedimentos relíquias.

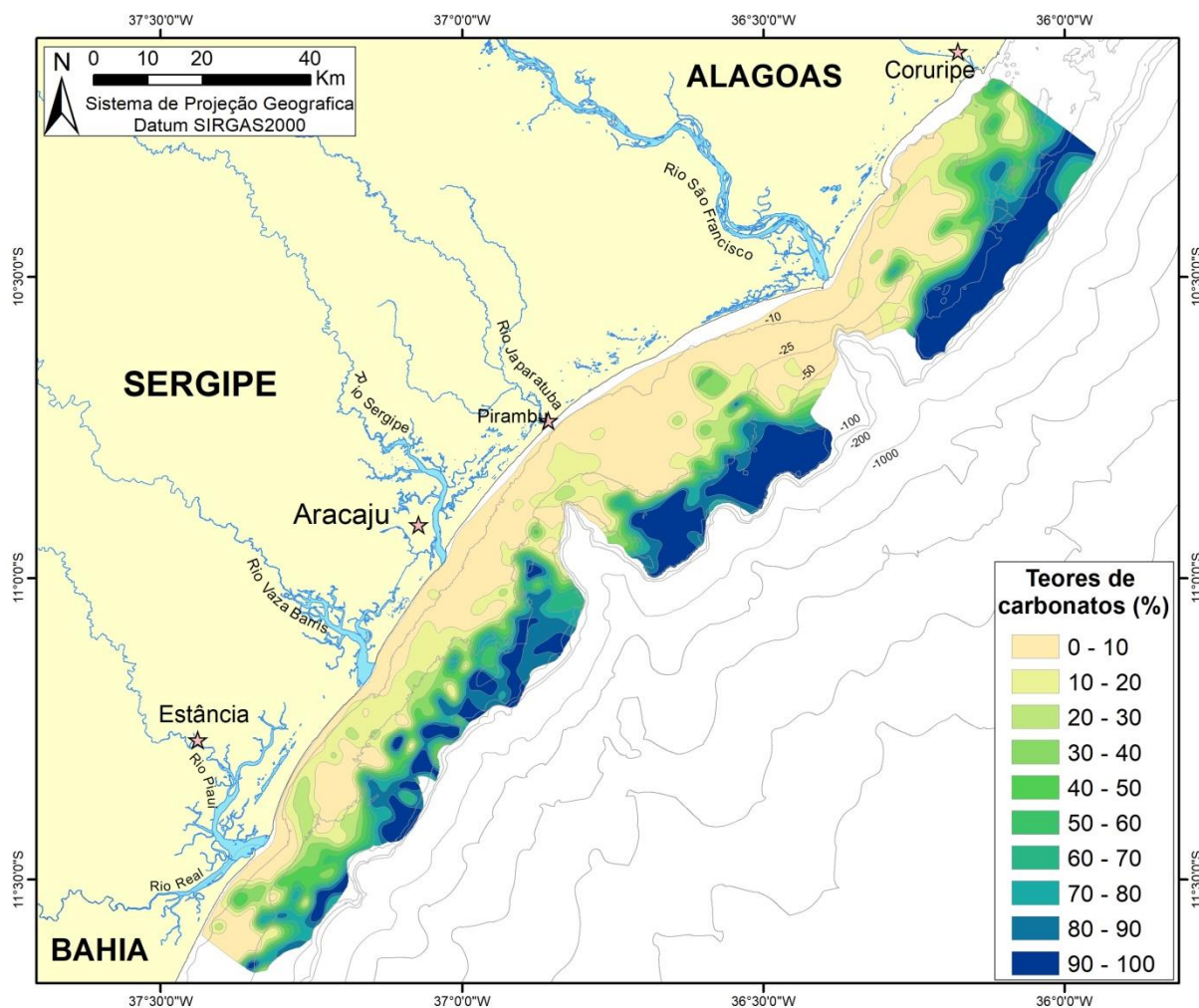
5.3 Distribuição dos Teores de Carbonatos

Os sedimentos da plataforma continental possuem duas naturezas distintas: siliciclástica (sedimento continental) ou carbonática (sedimento marinho). Os primeiros denotam uma origem continental e os carbonáticos geralmente tem sua formação no próprio ambiente marinho por precipitação de carbonatos biogênicos. A integração dos resultados das análises sedimentológicas e geoquímicas do teor de carbonato possibilitou a individualização de fácies sedimentares com base nos critérios texturais e da composição dos sedimentos, possibilitando distinguir as diferentes associações (classes) de fácies do fundo submarino.

A distribuição dos teores de carbonato demonstra que estes predominam na plataforma externa, desde o sul de Alagoas até o sul de Sergipe, onde atingem entre 70 a 100%, sendo apenas interrompidos pelas zonas lamosas plataformais do São Francisco e Japaratuba (Fig. 65). Dois outros locais com maior concentração de carbonatos se destacam na plataforma média, mas com menor percentual que nas bordas da plataforma: um na plataforma sul de Alagoas onde os carbonatos se aproximam do litoral e outro na plataforma norte de Sergipe relacionada ao complexo recifal do Robalo (Fig. 37). As menores concentrações de carbonatos

coincidem com as zonas lamosas e maior teor de matéria orgânica que estão associadas aos rios São Francisco e Japaratuba e também nas regiões com predomínio de areias siliciclásticas (Fig. 65).

Figura 65 - Distribuição dos teores de carbonato dos sedimentos de fundo da plataforma SEAL.



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017c).

Os padrões da distribuição dos teores de carbonato refletem de modo geral a distribuição do cascalho, pois são constituídos principalmente por carbonatos. A plataforma de Alagoas é essencialmente dominada por sedimentos carbonáticos biogênicos, como também, as regiões da plataforma externa entre os cânions do São Francisco e Japaratuba e a plataforma sul de Sergipe. As zonas lamosas plataformais do sul de Sergipe também apresentam teores mais elevados em carbonatos (Fig. 65), o que pode evidenciar um maior tempo de deposição de

carbonatos sobre estas, decorrentes da dinâmica marinha, sendo que estas lamas apresentam grande ocorrência de componentes biogênicos.

5.4 Associações de Fácies

A integração dos resultados das análises sedimentológicas e geoquímicas possibilitou a individualização de fácies sedimentares com base em critérios texturais e composicionais e então a espacialização das fácies sedimentares que foram agrupadas em associações (Fig. 66), caracterizando os sedimentos com base na sua textura e natureza química (teor em carbonato), que reflete a sua composição mineralógica.

A plataforma continental é constituída por sedimentos de natureza siliciclástica ou carbonática, sendo classificada como uma plataforma do tipo mista siliciclástica-carbonática e possui uma nítida transição da composição sedimentar com o aumento da profundidade. As areias siliciclásticas ocorrem em sua porção interna e média; as lamas siliciclásticas, de origem fluvial, são encontradas no entorno das desembocaduras dos rios. Os sedimentos carbonáticos distribuem-se principalmente ao longo da plataforma externa e em algumas áreas da plataforma média propícias ao desenvolvimento das algas calcárias.

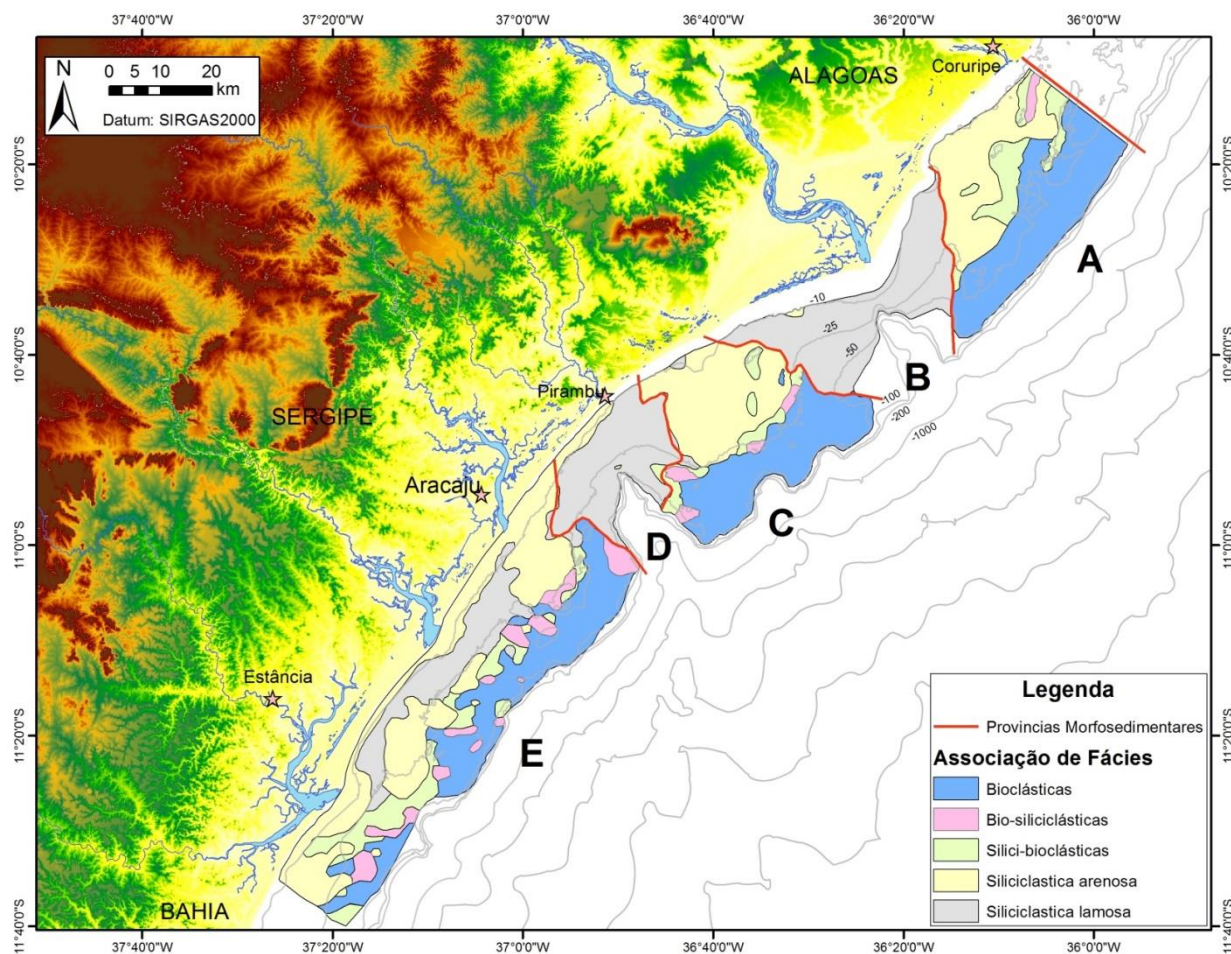
Foram classificadas e agrupadas as fácies sedimentares em cinco associações de fácies (ou domínios sedimentares) na plataforma continental SEAL (Fig. 66):

- 1) Associação de fácies siliciclásticas lamosa (domínio terrígeno);
- 2) Associação de fácies siliciclásticas arenosa (domínio terrígeno);
- 3) Associação de fácies silici-bioclásticas (domínio misto terrígeno-carbonático);
- 4) Associação de fácies bio-siliciclástica (domínio misto carbonático-terrígeno); e
- 5) Associação de fácies bioclásticas (domínio carbonático).

As **Associações de fácies siliciclásticas lamosa** dominam completamente as zonas plataformais associadas às desembocaduras dos rios São Francisco, Japaratuba, Vaza-Barris e Piauí-Real (Fig. 66). As lamas são de coloração cinza escura a cinza amarronzada. As análises composicionais demonstraram diferenças significativas na quantidade e diversidade dos componentes biogênicos entre as

lamas dos rios São Francisco e Japaratuba. As lamas da região da foz do Japaratuba contêm uma quantidade muito maior em número de espécimes e também uma maior diversidade de organismos.

Figura 66 - Associações de fácies texturais-composicionais (domínios sedimentares) e divisão das províncias morfo-sedimentares da plataforma continental SEAL. A) Província Carbonática-terrígena do sul de Alagoas (AL); B) Província Lamosa terrígena da foz do rio São Francisco (SE/AL); C) Província Terrígena-carbonática do norte de Sergipe (SE); D) Província Lamosa-terrígena da foz do rio Japaratuba (SE); E) Província Terrígena-carbonática do sul de Sergipe (SE)



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017c).

A **associação de fácies siliciclásticas** arenosa é abundante na zona interna e média da plataforma de Sergipe e sul de Alagoas (Fig. 66). Estas fácies, em geral são de coloração amarela amarronzadas, compostas por grãos de quartzo.

Grãos de quartzo recobertos por películas de óxido de ferro foram identificadas em algumas areias siliciclásticas. Esse fato indica condições subaéreas e,

consequentemente, uma origem continental. Posteriormente esses sedimentos arenosos foram retrabalhados e redepositados por processos marinhos.

A **associação de fácies silici-bioclásticas** (ou domínio misto terrígeno-carbonático) ocorre na plataforma média, na interface entre as associações de fácies siliciclásticas e as fácies bioclásticas, ocorrendo também na plataforma interna no sul de Alagoas (Fig. 66). Formada por sedimentos mistos, com predomínio de grãos siliciclásticos sobre os carbonáticos e com percentual de 30 a 50% CaCO_3 . A granulometria das fácies individuais que compõem esta associação varia de areias, areias com grânulos e seixos até cascalhos. O quartzo constitui cerca de 60 % da composição destes sedimentos. No sul de Sergipe, ocorre na plataforma média em frente a foz do rio Piauí-Real associada a zona de lama do mesmo rio e se estendendo até a plataforma externa onde se localiza o cânion Piauí-Real (Fig. 66).

A **associação de fácies bio-siliciclástica** (ou domínio misto carbonático-terrígeno) ocorre de forma dispersa em pequenas áreas na plataforma média, predominantemente na granulometria areia. Também é formada por sedimentos mistos, com predomínio de grãos carbonáticos sobre os siliciclásticos e com percentual de 50 a 70% CaCO_3 . Na plataforma sul de Alagoas acompanha a associação de fácies silici-bioclástica e na plataforma de Sergipe ocorre bordejando a associação de fácies carbonática (Fig. 66).

A **Associação de fácies bioclásticas** (ou domínio carbonático) é encontrada na plataforma externa, formando o banco carbonático da borda. O mapa das associações de fácies exibe uma nítida concentração desta associação, geralmente associada com a textura cascalhosa, na borda da plataforma continental, tanto em Sergipe quanto no sul de Alagoas. É formada por areias, areias cascalhosas, cascalhos arenosos e cascalhos, compostas essencialmente por biogênicos, rodolitos e grãos carbonáticos. As algas vermelhas constituem a maior parte dos cascalhos, seguidas das halimedes. A mistura inconsolidada de areias e seixos de calcário organógenos que constituem as *fácies de areias bioclásticas com grânulos e cascalhos* e de *cascalhos bioclásticos* foram anteriormente reconhecidas por Coutinho (1976) como equivalente ao *maerl* da Bretanha. Coutinho (*op. cit.*) e Kempf (1974) destacam que o principal componente são os fragmentos de algas vermelhas acumulados no local e que pertence a família Corallinaceae, subfamília Melobesiae, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*, geralmente se apresentando

sob a forma de pequenos artículos ramificados ou concreções irregulares (rodolitos) de cor rosa-violeta quando vivas. As *fácies de lamas calcárias* ocorrem, de forma isolada em pequenas áreas, na borda da plataforma, já no limite com o talude, geralmente coincidentes com as depressões dos paleocanais e esse contexto de ocorrência, inserido entre os bancos carbonáticos da borda, explica a constituição calcária destas lamas.

Segundo Dias (2000) os depósitos de algas calcárias, estão contidos em uma definição que abrange os sedimentos ricos em carbonato, chamados de ‘granulados bioclásticos’, que são depósitos naturais formados principalmente por algas calcárias. Na plataforma continental SEAL, foi possível identificar as faixas de ocorrência desses depósitos de algas calcárias, é equivalente aos bancos carbonáticos de borda e aos sedimentos bio-siliciclásticos e bioclásticos (Fig. 66).

5.5 Faciologia das Províncias Morfo-Sedimentares

A plataforma de Sergipe e Alagoas apresenta a peculiaridade de reunir, em um pequeno espaço geográfico, os três contextos de sedimentação da margem continental identificados por Martins et al. (1972) e Coutinho (1976) na margem Atlântica da América do Sul. Sendo: a) plataformas com sedimentação terrígena importante, proveniente de grandes bacias de drenagem; b) plataformas cobertas por sedimentos biogênicos, resultantes de uma intensa atividade organógena, da qual a plataforma do nordeste brasileiro é um exemplo típico; e c) plataformas cobertas por sedimentos relíquias, recebendo uma pequena contribuição atual ou sofrendo retrabalhamento.

A morfologia e a constituição do fundo submarino, conjugados às interações com o continente estabeleceram a existência de diferenças geomorfológicas na plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas, os quais se modificam no sentido longitudinal à linha de costa. Esta diferenciação se destacam os dois contextos na plataforma do nordeste brasileiro, responsáveis por estabelecer uma importante caracterização geomorfológica regional que são os contextos desenvolvidos sobre os fundos lamosos da foz dos rios São Francisco e Japarutuba.

A integração das informações sobre a geomorfologia (morfologia de fundo e declividade), sedimentologia (textura, teor de carbonato de cálcio, composição e

biogênicos) e controles da sedimentação, possibilitaram a individualização de cinco províncias morfo-sedimentares na plataforma de Sergipe e sul de Alagoas (Fig. 66):

- Província A - Carbonática-terrígena do sul de Alagoas (AL)
- Província B - Lamosa terrígena da foz do rio São Francisco (SE/AL)
- Província C – Terrígena-carbonática do norte de Sergipe (SE)
- Província D – Lamosa-terrígena da foz do rio Japaratuba (SE)
- Província E – Terrígena-carbonática do sul de Sergipe (SE)

As províncias morfo-sedimentares foram definidas com base em sua posição relativa na plataforma e nas suas características morfológicas e sedimentares. Assim, as províncias são constituídas por diversas associações de fácies ou domínios sedimentares, a depender de sua localização geográfica. Os vários parâmetros que serviram de base para a definição das províncias fornecem indicações sobre os processos sedimentares e biológicos envolvidos na formação dos seus depósitos terrígenos e carbonáticos.

A partir das interpretações das feições de fundo e da análise faciológica dos sedimentos de fundo foi possível delimitar os diferentes contextos morfo-sedimentares da plataforma continental SEAL, obedecendo a dois controles principais, um no sentido transversal e outro no sentido longitudinal. Verificou-se que estes contextos são variáveis tanto no sentido do afastamento da linha de costa em direção à borda da plataforma (transversal), como ao longo da plataforma, no sentido NE-SW (longitudinal). Assim, as mudanças morfo-sedimentares permitem reconhecer a existência de um zoneamento transversal da plataforma (plataforma interna, média e externa) e, no sentido longitudinal, identificando a existência das províncias morfo-sedimentares. As variações laterais dos contextos morfo-sedimentares estão diretamente associadas à influência dos aportes e relevo continentais, tendo o rio São Francisco como principal fonte.

5.5.1 Província carbonática-terrígena do sul de Alagoas

A **Província A** é limitada a sul pela província da foz do rio São Francisco e não possui nenhum rio com expressiva competência de transporte de sedimentos a partir do continente, apesar da presença dos rios Coruripe, Jequiá e Mundaú nesta região. A província carbonática-terrígena do sul de Alagoas é constituída por associações

de fácies texturais-composicionais que ocorrem da plataforma interna e média (associação siliciclástica, associação silici-bioclástica e associação de fácies bio-siliciclástica) à externa (associação de fácies bioclásticas) (Fig. 66).

A associação de fácies siliciclásticas arenosa na Província Sul de Alagoas é dominada pelas areias constituídas principalmente por quartzo. Este predomínio se estende pela plataforma interna e média, se intercalando com as fácies de composição mista. Alguns grãos de quartzo apresentam películas de ferro, possivelmente indicando tratar-se, em parte, de sedimentos relíquias que já estiveram expostos à ação do intemperismo químico. Neste caso, podem ser remanescentes dos sedimentos do Grupo Barreiras que se prolongam até o litoral atual sob a forma de paleo-falésias.

As fácies que compõem a associação de fácies bioclásticas de domínio carbonático na Província Sul de Alagoas ocorrem na parte externa da plataforma continental, onde os cascalhos carbonáticos ocorrem em maior percentual quando comparados com região similar na plataforma de Sergipe.

A plataforma sul de Alagoas é caracterizada por um relevo de fundo rugoso, resultante do desenvolvimento das construções carbonáticas, que dominam amplamente na plataforma externa e que se sobrepõem a arenitos na plataforma interna e média. Coutinho (1976) atribui esta configuração rugosa devido à ausência dos aportes fluviais e à presença de bancos de algas ou corais, crescendo sobre um substrato consolidado de arenito de praia ou arenito ferruginoso, que se constituiria na principal feição topográfica dessa região.

A morfologia heterogênea desta província é formada por feições positivas e negativas. As feições morfológicas positivas são os recifes emersos e submersos na plataforma interna e média e os bancos carbonáticos. As feições morfológicas negativas se estendem da região intermediária até próximo à quebra da plataforma, representadas pelos três sistemas de canais afogados (paleocanais) ou vales incisos (Coruripe, Jequiá e Mundaú) parcialmente preenchidos por sedimentos.

Os recifes alinhados na plataforma são formados por areias siliciclásticas, mas também ocasionalmente por areias cascalhosas ou cascalhos e cimentadas por carbonatos, com desenvolvimento de organismos carbonáticos sobre este substrato

duro que se constitui em um excelente suporte para a fixação de algas calcárias, corais, esponjas e outros bioconstrutores.

Esta província se caracteriza pelo baixo aporte fluvial, maior influência das Águas Tropicais de Superfície (ATS) da Corrente Sul Equatorial (CSE). O aporte fluvial é limitado e a predominância das águas tropicais de superfície (ATS) da CSE na plataforma se reflete claramente na predominância das feições de carbonatos, dominados por cascalho e areia carbonática biogênica de algas calcárias (Coutinho, 1981, 2000). Segundo Kempf (1972) a distribuição das fácies sedimentares ocorre paralela à costa, com areia quartzosa terrígena, carbonato de cálcio <20 % e recifes de arenito com algas e corais na faixa até os 20 m de profundidade. Em geral, o setor médio e externo corresponde à maior zona de sedimentação carbonática cobrindo parte dos depósitos relíquias areno-quartzosos da plataforma (Coutinho, 1981). A combinação da temperatura e salinidade elevadas, plataforma rasa e o alcance da zona eufótica até 50-60 m de profundidade, correspondem às condições propícias para o desenvolvimento das algas vermelhas e verdes (COUTINHO, 1976, 1981; SUMMERHAYES et al., 1975).

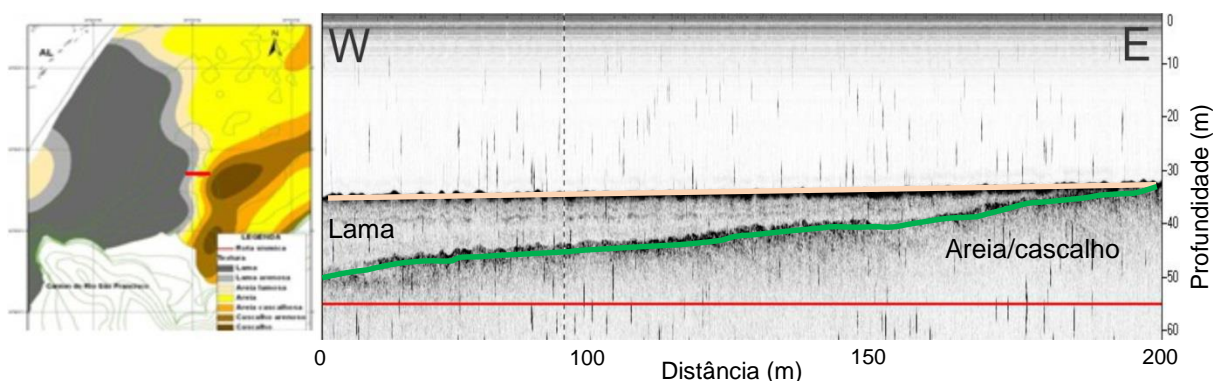
5.5.2 Província lamosa terrígena foz do São Francisco

A **Província B** relacionada a zona lamosa terrígena associada à foz do rio São Francisco possui relevo de fundo suave, sendo os sedimentos lamosos oriundos dos aportes fluviais. No prolongamento da foz atual do rio São Francisco, a partir da borda da plataforma desenvolve-se o respectivo cânion submarino, onde a profundidade aumenta gradativamente a partir da costa. Esta província possui a menor largura da plataforma continental Sergipe-Alagoas, com apenas 8 km, devido à escavação remontante do Cânion São Francisco.

Os limites de transição ao norte e ao sul entre os depósitos lamosos terrígenos e biogênicos é gradual e no perfil sísmico (Fig. 67) verifica-se que os depósitos lamosos recobrem as areias e cascalhos carbonática da borda da plataforma sul de Alagoas, mas também recobre as areias siliciclástica na plataforma interna e média, tanto ao norte como ao sul desta província. O fundo marinho se caracteriza por ser composto por depósitos de sedimentos terrígenos siliciclásticos finos e possuem menos do que 10 % de carbonato de cálcio (CaCO_3). Os depósitos espalham-se ao norte e a sul da foz do rio São Francisco até a cabeceira do seu cânion.

A Província Lamosa terrígena do rio São Francisco foi formada pelo grande aporte de lama de origem continental. A dispersão da pluma de sedimentos do rio São Francisco ocorre geralmente oblíqua à costa na direção Sudeste e se mistura com águas da Corrente Sul Equatorial na plataforma. Atualmente, com a regularização da vazão e retenção de material em suspensão nos reservatórios da cascata de barragens construídas no médio-baixo rio São Francisco, a partir da década de 70, a pluma tornou-se pobre em material em suspensão e nutrientes e a sua influência espacial é mais restrita (MEDEIROS, 2003; KNOPPERS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2007, 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Figura 67 - Perfil de sísmica rasa no contato entre a Província lamosa do rio São Francisco e a Província sul de Alagoas. O mapa indica a localização do perfil.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

5.5.3 Província terrígena-carbonática norte de Sergipe

A **Província C** denominada plataforma terrígena-carbonática do norte de Sergipe está localizada entre a província lamosa do rio Japarutuba e a província lamosa do rio São Francisco. Esta província apresenta três contextos morfo-sedimentares distintos: a) o contexto do alto submarino de Ponta dos Mangues onde predominam sedimentos siliciclásticos, b) o contexto onde dominam os sedimentos mistos na região intermediária da plataforma e os recifes; c) o contexto da borda da plataforma continental onde predominam os sedimentos carbonáticos.

O alto submarino de Ponta dos Mangues é uma feição morfológica que se estende perpendicularmente à linha de costa, na direção N-S, até o banco carbonático na borda da plataforma. É constituído por areias siliciclásticas, nas quais os grãos de quartzo são recobertos por películas ferruginosas, indicando tratar-se de relíquias de sedimentos que foram expostos à ação do clima, oxidados e posteriormente cobertos pela água do oceano. A fonte destas areias provavelmente

são os sedimentos de idade neógena do Grupo Barreiras que afloram atualmente ao longo da linha de costa nas proximidades de Ponta dos Mangues, formando tabuleiros costeiros, entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco e Japaratuba, sendo que essa feição pode ter sido formada pelo soerguimento do Barreiras.

Na morfologia desta província se destaca, na plataforma média, o conjunto de recifes submersos da Pedra do Robalo, constituído por bioconstruções carbonáticas que se sobrepõem a arenitos. Este conjunto de recifes tem uma forma curvada que acompanha as isóbatas que delineiam o alto morfológico de Ponta dos Mangues e base desses recifes é formada por arenitos ferruginosos oriundos da erosão do grupo barreiras, o que pode indicar que este alto se constituía em um antigo pontal.

O contexto de borda plataforma é ocupado por um extenso banco carbonático, que se desenvolve desde a borda do Cânion São Francisco até o Cânion Japaratuba, apresentando teores de carbonato superiores a 75%. O banco carbonático é escavado no limite com o talude, pelos Cânions Sapucaia e Piranhas, de menor dimensões. Na borda do Cânion Japaratuba o banco carbonático apresenta um terraço bem desenvolvido na profundidade de 40 m. A textura dos sedimentos de fundo se caracteriza principalmente por cascalhos e areias bioclásticas, compostos principalmente por algas vermelhas (rodolitos) e halimedas, enquanto que na plataforma média as maiores ocorrências foram de bivalves, briozoários, foraminíferos e gastrópodes.

5.5.4 Província lamosa terrígena do Japaratuba

A **Província D** denominada de zona lamosa terrígena na região da desembocadura do rio Japaratuba se caracteriza por apresentar um relevo suave uma ampla zona lamosa e está associada a uma das feições mais expressivas de toda a plataforma, o cânion Japaratuba (Fig. 66). Este contexto permite associar a deposição dos sedimentos lamosos e o desenvolvimento do cânion com os aportes fluviais do rio Japaratuba, entretanto, isso ocorreu no passado, a mais de 2 mil anos A.P., segundo os dados de datações dos sedimentos de Fontes et al. (2017d) quando o rio se apresentava com maior competência. Em comparação com a zona de sedimentação lamosa associada ao rio São Francisco, os sedimentos lamosos do Japaratuba apresentaram maiores teores de silte e maior ocorrência de

componentes biogênicos (em quantidade e diversidade de espécimes) onde os bivalves são predominantes e o teor de carbonato é menor que 10%.

5.5.5 Província mista do sul de Sergipe

A **Província E** denominada mista abrange a região entre o rio Sergipe e o rio Piauí-Real, e se caracteriza por ser uma plataforma estreita, com largura em torno de 20 km. Em geral, esta província mista se destaca pela ocorrência de sedimentos arenosos na plataforma interna, zonas de sedimentos lamosos na plataforma média e o banco carbonático na borda da plataforma (Fig. 66).

As frações de areias predominam na plataforma interna, alcançando percentuais de 80 a 90 % em alguns locais. Na plataforma média, entre os rios Vaza-Barris e Sergipe e em frente ao rio Piauí-Real, o predomínio é de lama terrígena (60 a 70 %). Os cascalhos, com ocorrência entre 60 a 70 %, dominam no banco carbonático na plataforma externa. Recobrando a borda externa da plataforma, ocorrem sedimentos biodetríticos, constituídos de fragmentos de algas calcárias, moluscos, briozoários, corais e locais com predomínio de lama com elevados teores de carbonato. A distribuição dos carbonatos é muito similar as províncias do norte de Sergipe e sul de Alagoas, com teores acima de 70 na borda da plataforma, associada aos cascalhos e areias bioclásticas. As lamas apresentam teores de carbonato entre 30 e 40%, e grande ocorrência dos bivalves e foraminíferos.

Proporcionalmente, os sedimentos silici-bioclásticos tem maior distribuição na plataforma sul em relação à plataforma norte, ao contrário dos bioclásticos, que tem sua ocorrência diminuída quanto mais ao sul da região de estudo. Este fato pode estar relacionado à proximidade da fonte de siliciclásticos, o que proporcionaria uma maior contribuição terrígena. Os sedimentos bio-siliciclásticos aparecem distribuídos de forma pontual entre plataforma média e a externa. Os sedimentos silici-bioclásticos apresentam uma ocorrência expressiva em frente a foz do rio Piauí-real alcançando a borda da plataforma na região cânion submarino do Piauí-Real.

5.6 Mudanças atuais e futuras na sedimentação marinha

Em uma análise comparativa entre as zonas lamosas do São Francisco e do Japaratuba, constata-se que a zona lamosa do São Francisco até muito recentemente apresentava uma sedimentação ativa, com registro de suprimento de sedimentos de origem fluvial-continental, em toda sua extensão, nos últimos 70 anos, enquanto que a do Japaratuba possui uma taxa de sedimentação decrescente, com os sedimentos dos 30 cm superficiais sendo depositados nos últimos 2.000 anos (FONTES et al. 2017c; PUGA-BERMABÉU, 2017). Este fato indica que a zona lamosa do Japaratuba configura na plataforma continental como uma zona de sedimentação relíquia, não recebendo aportes fluvial-continental significativos há pelo menos 1.000 anos.

As fases evolutivas mais recentes do contexto Japaratuba, caracterizam um sistema fluvial pouco expressivo, sem desenvolvimento de um delta e domínio da sedimentação costeira. Entretanto, em fases evolutivas anteriores, com pouco ou nenhum registro em superfície, houve o desenvolvimento de um paleo sistema fluvial muito expressivo, formando a zona lamosa na plataforma, escavar o cânion submarino e seu prolongamento em águas profundas (FONTES et al., 2011b e 2012). Não está ainda devidamente esclarecido qual o modelo deposicional deste sistema deposicional fluvial-costeiro-marinho, o que deve ser objeto de investigação posterior, mas, muito provável que a deposição na zona costeira não seja do tipo delta influenciado por ondas e eventualmente pode ter formado um leque deltaico.

Desta forma, o entendimento em relação ao ambiente marinho atual é que a zona lamosa do Japaratuba subsiste na plataforma como relíquia de um sistema deposicional que não mais existe e que, portanto, não é mais alimentada pelos aportes fluviais atuais. Este sistema deposicional anterior deve ter existido em função da forte atuação da neotectônica, nas fases iniciais do desenvolvimento em conjunto com as características morfo-sedimentares e que promoveu a configuração atual da morfologia da linha de costa de Sergipe.

A zona lamosa do São Francisco foi alimentada durante o Holoceno recente pelos aportes fluviais, sendo considerada uma zona de sedimentação muito ativa até a instalação em 1994 da Usina Hidrelétrica - UHE Xingó, localizada a 180km da costa, que devido a operação em conjunto com as demais Usinas Hidrelétricas

promoveu uma supressão significativa da variação sazonal das descargas de água (KNOPPERS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2007). A provável diferença evolutiva é que enquanto o Japaratuba foi sendo progressivamente desativado, o São Francisco continuou aportando grandes volumes de água e sedimentos à plataforma. Entretanto, as modificações introduzidas pelo homem ao longo do curso do rio São Francisco, com a construção da cascata barragens, têm se traduzindo na progressiva desativação deste rio como provedor de sedimentos para a plataforma continental (MEDEIROS et al., 2011; FONTES, 2015; VASCO et al., 2017).

Diante disso, é provável que a zona lamosa do São Francisco esteja entrando no mesmo estágio da província lamosa do rio Japaratuba, após a desconexão com os aportes fluviais, isto é, esteja também se transformando em uma zona sedimentar relíquia, em grande parte desconectada do suprimento fluvial que a construiu. Não se pode descartar a possibilidade de mudanças na gestão das águas do rio São Francisco e no sistema de operação das barragens e respectivos reservatórios (FONTES, 2015; VASCO et al., 2017), em função das vazões ambientais (ecológicas) no baixo curso do rio São Francisco, o que poderia significar o retorno das cheias, embora com menor intensidade e duração.

A região do entorno da foz e a zona lamosa do São Francisco, está atualmente submetida à ação dos processos costeiros e marinhos dominantes, entre os quais, processos erosivos e redeposição dos sedimentos lamosos superficiais e um déficit no aporte de sedimentos, ocasionando a erosão das praias localizadas ao sul de sua foz, não ocorrendo a reposição de sedimentos oriundos dos aportes fluviais do rio São Francisco.

A não reposição anual de sedimentos e nutrientes na zona lamosa do rio São Francisco poderá induzir mudanças na biota fluvial e marinha, afetando a ecologia marina dos ecossistemas e, em consequência, os recursos pesqueiros, como os peixes e crustáceos.

No capítulo a seguir será apresentado um detalhamento da composição sedimentar aqui exposta, discutindo a ocorrência dos principais componentes biogênicos que compõem o sedimento e a distribuição das biofácies na plataforma continental SEAL. Este capítulo foi elaborado como artigo, o qual foi submetido e aceito na Revista Geociências – UNESP.

6 COMPONENTES BIOGÊNICOS COMO INDICADORES AMBIENTAIS DA PLATAFORMA CONTINENTAL DE SERGIPE E SUL DE ALAGOAS

A maior parte dos componentes biogênicos dos sedimentos superficiais da plataforma continental é produzido localmente e controlado pelas condições ambientais de cada região. Em função disso, a análise da distribuição espacial e a abundância relativa dos biodetritos contidos nestes sedimentos podem fornecer informações importantes para a caracterização ambiental e sobre os condicionantes da sedimentação (POGGIO et al. 2009; REBOUÇAS, 2010).

Muitos são os trabalhos desenvolvidos anteriormente na plataforma continental brasileira, mais precisamente na plataforma continental do Nordeste, no qual focam a geomorfologia de fundo, textura da cobertura sedimentar, composição de minerais pesados, entretanto menor atenção tem sido dada a sedimentação biogênica (e.g. POGGIO et al., 2009, SANTOS, 2010, NASCIMENTO, 2011; COSTA, 2015).

A sedimentação marinha da plataforma continental de Sergipe foi analisada em alguns trabalhos, como Guimarães (2010), Nascimento (2011) e Fontes et al. (2017c) que caracterizaram a sedimentação holocênica, com ênfase na distribuição espacial dos principais componentes bioclásticos e siliciclásticos do sedimento, e suas contribuições para a formação do sedimento superficial, comparando as características bióticas e abióticas.

O uso dos sedimentos biogênicos como indicadores de parâmetros ambientais tem como foco principal a descrição dos processos hidrodinâmicos atuantes sobre uma dada área podendo, assim, ser indicadores de aspectos, tais como: a sua origem espacial (autóctones e/ou alóctones; BERGUE; COIMBRA, 2008; NICOLAIDIS, 2008), o processo de sedimentação (grãos atuais e/ou relíquias; EMERY, 1968; DIAS, 2004), o tipo de transporte sofrido (saltação, rolamento e/ou suspensão; POPP, 2002), a intensidade do transporte (nível de arredondamento; PILKEY et al., 1967), a ocorrência de retrabalhamento no sedimento (grau de empacotamento, selecionamento dos bioclastos e coloração; LEÃO; MACHADO, 1989; SIMÕES; HOLZ, 2004), ocorrência de bioerosão (LORENZO; VERDE, 2004). Associações de foraminíferos são também amplamente usados como organismos indicadores para monitorar poluição humana na região costeira (ALVE, 1991, 1995; EICHLER et al., 2012). Assim, a partir da análise conjunta dos componentes

biogênicos é possível realizar caracterizações ambientais, reconstruções paleoambientais e estabelecer dados paleoecológicos.

Devido a ampla variedade de sedimentos biogênicos e siliciclásticos associados, é de fundamental importância a identificação dos biogênicos, pois indica os organismos presentes e possibilita o estudo das condições ambientais (MUTTI; HALLOCK, 2003). Desta forma, os componentes biogênicos podem ser classificados em três categorias: Indicadores ambientais, que refletem diretamente o estado abiótico ou biótico do ambiente; indicadores ecológicos, que refletem o impacto de mudanças ambientais em um habitat, comunidade ou ecossistema; e indicadores de biodiversidade, que são indicativos de um taxa, ou toda a biodiversidade, em uma área definida (TEJEDA-CRUZ et al., 2008).

Desse modo, dada a importância dos componentes biogênicos como indicadores de parâmetros ambientais, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar a distribuição dos componentes biogênicos e correlacionar aos fatores ambientais como a profundidade, morfologia, composição e granulometria dos sedimentos superficiais da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas - PCSEAL.

6.1 Área de Estudo

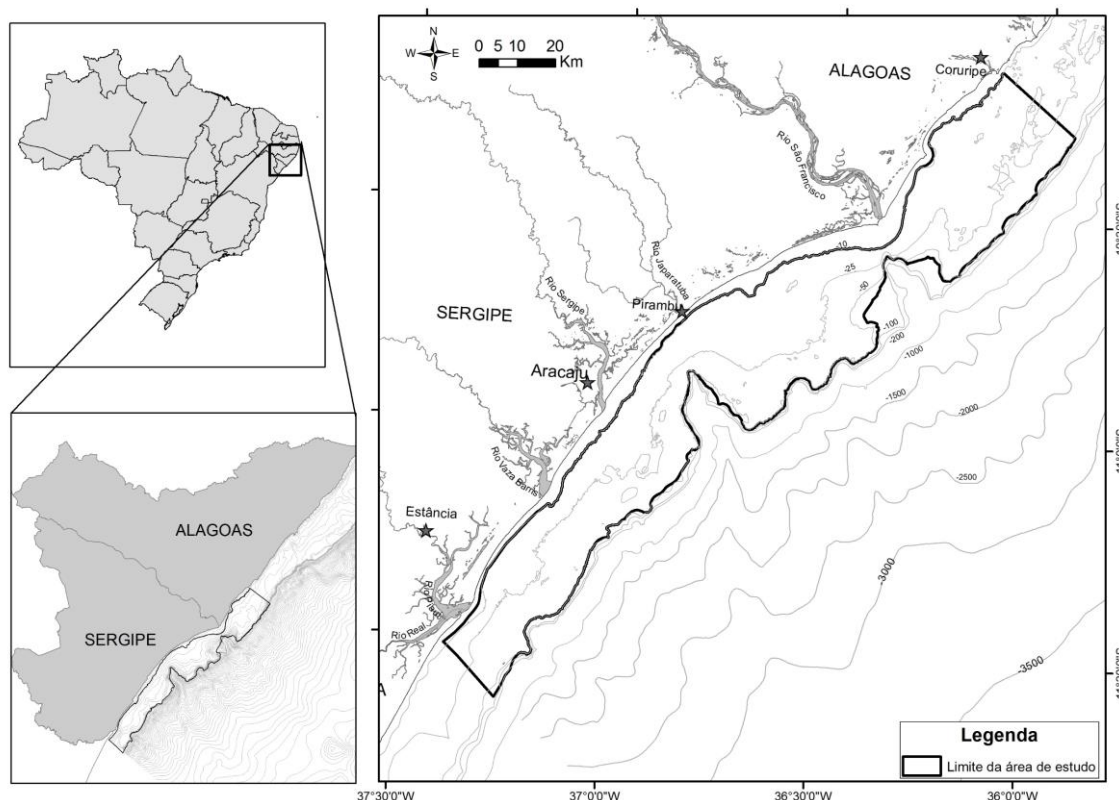
A área correspondente ao presente trabalho compreende a Plataforma Continental do Estado de Sergipe e o sul do Estado de Alagoas - PCSEAL, no trecho situado entre o Pontal do Coruripe e a foz do rio Piauí-Real e limitada pelas isóbatas de 5 e 60 metros de profundidade (Fig. 68).

Esta região se caracteriza pelo baixo aporte fluvial, maior influência das Águas Tropicais de Superfície (ATS) da Corrente Sul Equatorial (CSE). O aporte fluvial é limitado e a predominância das águas tropicais de superfície (ATS) da CSE na plataforma se reflete claramente na predominância das feições de carbonatos, dominados por cascalho e areia carbonática biogênica de algas calcárias (COUTINHO, 2000; GUIMARÃES, 2010; FONTES et al., 2017c).

Nas proximidades dos *cânions* do São Francisco e do Japarutuba durante os meses de verão, verificam-se águas com as menores temperaturas e ricas em nutrientes sugerindo que nestes locais esteja ocorrendo o fenômeno da ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). A ressurgência ocorre durante o verão

controlado pelo regime de ventos predominantes de norte-nordeste. Durante os meses mais chuvosos a salinidade superficial apresenta valores mais baixos provavelmente por influência do rio São Francisco (PAES et al., 2007). Os valores de temperatura apresentaram-se em torno de 26°C e de salinidade na faixa de 36 a 38‰ (SILVEIRA et al., 1994; PAES et al., 2007; GUIMARÃES, 2010).

Figura 68 – Área de estudo compreendendo a plataforma continental de Sergipe e Sul de Alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A zona costeira do rio São Francisco foi drasticamente alterada pela construção de uma série de barragens na bacia do rio entre as décadas de 1970 e 1990. Sua vazão média anual de mais de 3.000 m³/s sofreu um declínio de 80% desde então. Sua pulsação sazonal natural foi regulada para um fluxo quase constante de ~600 m³/s (CHESF, 2018) e aproximadamente 95% dos Sólidos Totais em Suspensão - STS do rio é retido dentro dos reservatórios da barragem (MEDEIROS et al., 2007).

Antes da construção das barragens, o rio era turvo com valores médios de concentrações de STS próximas a 70 g/m³ (MILLIMAN, 1975); as condições fluviais e estuarinas desde então tornaram-se oligotróficas e transparentes com valores médios de concentrações de STS próximas a 5 g/m³ (KNOPPERS et al., 2006;

MEDEIROS et al., 2007 e 2011). O impacto das barragens alterou assim consideravelmente os processos estuarinos, o potencial de produtividade do litoral, o transporte de sedimentos e também a erosão costeira foi drasticamente aumentada (KNOPPERS et al., 2006; BITTENCOURT et al., 2007; MEDEIROS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

6.2 Materiais e Métodos

6.2.1 Campanhas Oceanográficas e Amostragens

A coleta de amostras de fundo da plataforma continental corresponde a uma área de aproximadamente 5.000 km² e comprimento de 210 km, no trecho compreendido entre o Pontal de Coruripe - AL, no extremo norte, e a desembocadura do rio Piauí-Real - SE, situada no extremo sul.

Os transectos de amostragem foram planejados para se estender da costa até a quebra da plataforma e início do talude continental, em torno da isóbata de 50 m, considerada como limite da plataforma continental na região. As estações amostrais foram numeradas em cada transecto de forma crescente no sentido da mais rasa para a mais profunda.

O planejamento de coleta de amostras de fundo foi realizado através de perfis perpendiculares à linha de costa, com espaçamento de 2,5 km, os quais foram denominados transectos. Em cada transecto foram lançadas as estações de coleta de amostras de sedimentos de fundo, espaçadas a cada 2 km, formando assim uma malha de amostragem regular de 2,5 x 2,0 km. Os transectos e as estações de amostragem foram lançadas sobre a base cartográfica digital com o uso do programa *ArcMap* 10.0.

A obtenção de dados primários e a coleta de amostras de sedimentos da PCSEAL foram efetuadas através de 4 (quatro) campanhas oceanográficas (Quadro 6). A campanha Oceanográfica 1 consistiu no levantamento sedimentológico e perfis batimétricos da plataforma continental norte de Sergipe e sul de Alagoas, mais especificamente a área da plataforma continental compreendida entre o Pontal do Coruripe - Alagoas e a foz do rio Japaratuba – Sergipe (Fig. 69). A 1ª Campanha Oceanográfica foi realizada com o navio de pesquisa R/V GYRE, onde os profissionais embarcados ficaram responsáveis pela coleta das amostras. A

validação das amostras coletadas ficou sob a responsabilidade da equipe da UFS. Esta campanha oceanográfica teve duração de 14 dias e foi realizada de 24 de outubro a 07 de novembro de 2008.

A 2ª campanha foi realizada entre 2010 e 2011, em várias etapas, entre a desembocadura do rio São Francisco e Japaratuba, na qual teve por objetivo principal detalhar a plataforma entre a costa e os 10m de profundidade. Nesta campanha foram coletadas 31 amostras de sedimentos, porém foram analisados apenas a granulometria e teor de carbonato.

A 3ª e 4ª campanhas oceanográficas também foram realizadas em etapas, nos anos 2012 e 2013, na plataforma continental sul de Sergipe, entre a foz do rio Sergipe e o município de Jandaíra – BA (Fig. 69).

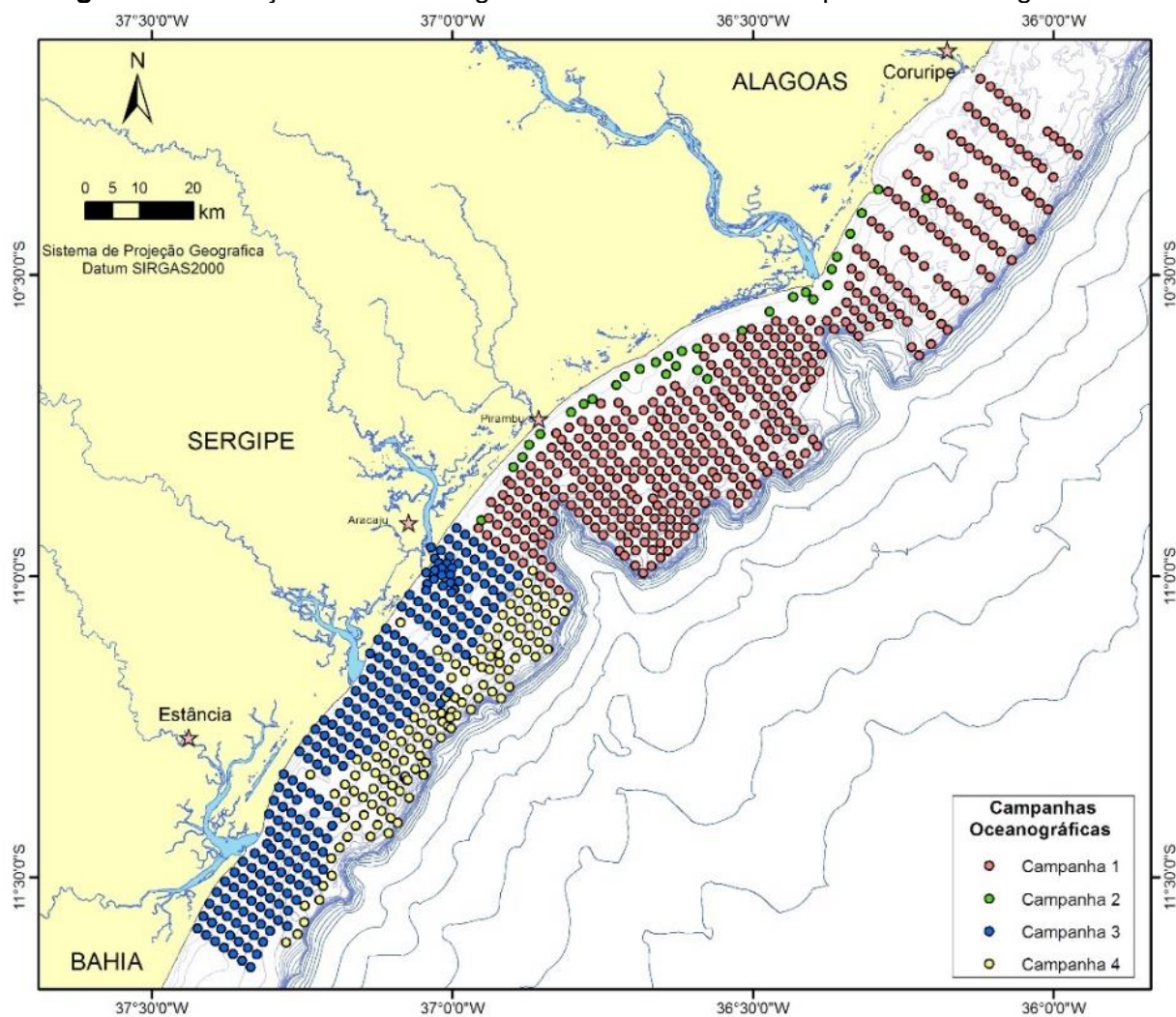
Quadro 6 - Síntese das campanhas oceanográficas realizadas para a coleta de sedimentos.

	1ª. Campanha	2ª. Campanha	3ª. Campanha	4ª. Campanha
Período	2008	2010/2011	2012	2013
Região da plataforma	Sul Alagoas e norte de Sergipe	Sul Alagoas e norte de Sergipe	Sul de Sergipe	Sul de Sergipe
Embarcação	Navio R/V GYRE	Vespúcio	Turista	Distrimar III
Transectos	1 ao 85	1 ao 85	87 ao 157	87 ao 157
Estações de amostragem	433	31	288	79
Análises de Biodetrítos (nº amostras)	173	0	204	46
Tipo de amostrador	<i>Box Core e Van Veen</i>	<i>Van Veen</i>	<i>Van Veen</i>	<i>Van Veen</i>

Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Na 1ª campanha oceanográfica, em função da diversidade de tipos de sedimentos no substrato plataformal foram utilizados dois tipos de amostradores de sedimentos de fundo, um do tipo *Box Core* e outro do tipo *Van Veen* (Fig. 70). Nas demais campanhas utilizou-se apenas o amostrador de sedimento do tipo *Van Veen* em função da facilidade de operação do equipamento.

Figura 69 – Estações de amostragem de sedimento das companhias oceanográficas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Figura 70 - Equipamentos de coleta de sedimentos: a) *Box Core* e b) *Van Veen*.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

O amostrador tipo *Box Core* foi utilizado principalmente para amostragem de sedimentos finos (lamas) e o amostrador *Van Veen* para os sedimentos grosseiros (areias e cascalhos). As amostras foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos com aproximadamente 500 g de sedimentos e armazenadas em temperatura ambiente, com a identificação das amostras coletadas em cada estação, através de etiquetas internas e externas, contendo as informações de coleta: código da amostra, data, localização, profundidade, estrato e observações que se julgou necessárias.

6.2.2 Processamento das Amostras

As análises do conteúdo da composição e dos biodetritos foram realizadas em amostras de sedimentos superficiais de fundo, em 423 amostras de um total de 831 estações de amostragem localizadas em perfis transversais à linha de costa.

A determinação dos componentes dos sedimentos foi efetuada em lupa binocular em duas frações granulométricas, obtidas através do processo de peneiramento mecânico: frações areia fina a média (0,125 a 0,250 mm) e areia muito grossa a grânulo (1,00 a 2,82 mm).

Após a homogeneização de cada amostra, foram separados, de forma aleatória, 200 grãos para a análise composicional e de biodetritos, sendo 100 grãos para cada fração granulométrica, seguindo metodologia de Drooger e Kaasschieter (1958).

Na etapa de processamentos dos dados, as percentagens de cada um dos grupos identificados foram ponderadas pelo peso de cada fração granulométrica, para determinação da contribuição de cada um destes componentes na amostra total. Os resultados obtidos foram expressos em planilha eletrônica, contendo para cada amostra, a abundância relativa (%) da composição e dos biodetritos. Os resultados obtidos foram espacializados em mapas temáticos de distribuição.

Com esta base de dados e outras informações relativa a amostra de sedimento e do local amostrado, foi realizada correlações para a identificação de possíveis fatores ambientais (Quadro 7) que pudessem demonstrar variações ambientais com relação a distribuição sedimentar do fundo marinho.

Quadro 7 - Indicadores analisados para identificação de variações ambientais.

Indicador	Atributos	Pergunta chave	Método
Profundidade	Relação entre os componentes do sedimento e a profundidade em cada estação amostral	Qual a relação entre a profundidade e a distribuição dos componentes dos sedimentos?	Correlação
Tipos de sedimento	Relação entre os componentes biogênicos e a granulometria	Qual a relação entre a composição sedimentar e as características em cada ponto amostral?	Correlação
Biodiversidade	Distribuição dos componentes biogênicos do sedimento	Como é a distribuição dos biodetritos em toda a área amostral?	Espacialização por ponto amostral

Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A partir da base de dados realizou-se uma análise para verificar a ocorrência dos componentes biogênicos para cada tipo de sedimento marinho de acordo com as classificações Shepard (1954) e Freire et al. (1997).

Por critérios de definição foram considerados grãos carbonáticos os componentes incrustados por algas Rhodophyta e os agregados são os grãos de sedimento agrupados por uma película de cimento.

6.2.3 Classificação das Biofácies

Para realizar a classificação das biofácies dos sedimentos de fundo, foram reunidos os dados da textura, faciologia e da distribuição dos componentes biogênicos, para posteriormente identificar o tipo sedimentar e os organismos predominantes do sedimento. Diversas são as metodologias de classificação de sedimentos propostas, como por exemplo, Shepard (1954), Folk e Ward (1957), Larssonneur (1977), Dias (1996) e Freire et al. (1997) e Vital et al. (2005). Entretanto, neste estudo, a classificação da composição e textura dos sedimentos será com base numa adaptação de Folk (1954) e Rebouças (2010).

As classes de biofácies identificadas foram mapeadas de acordo com sua distribuição ao longo da plataforma, para verificar espacialmente a ocorrência de cada tipo de biofácies encontrada.

Todos os dados sedimentológicos obtidos foram espacializados em um sistema de informação geográfica (SIG), no software *ArcMap* 10.0, aos quais foram adicionados dados batimetria e textura sedimentar, elaborando-se assim os mapas temáticos apresentados neste trabalho.

6.3 Resultados e Discussão

6.3.1 Composição dos Sedimentos da PCSEAL

Foram identificadas seis categorias de componentes que fazem parte dos sedimentos da plataforma continental SEAL: grãos carbonáticos, biodetritos, quartzo, micas, fragmentos de rochas e agregados. Os componentes mais abundantes são os biodetritos (Fig. 71), seguido do quartzo (Fig. 72a), grãos carbonáticos (Fig. 72b), agregados e outros (micas e fragmentos de rocha). A figura 6 apresenta a abundancia relativa dos componentes na área estudada.

A análise dos componentes biogênicos (Fig. 73) dos sedimentos permitiu a identificação de 12 grupos taxonômicos de biodetritos nas seguintes categorias: Algas vermelhas (filo Rhodophyta); Algas verdes - *Halimeda* (filo Chlorophyta); Foraminíferos (filo Rhizopoda); Equinodermos (espinhos e carapaças de ouriço - filo Echinodermata); Esponjas (espículas - filo Porifera); Fragmentos de crustáceos (filo Crustacea); Briozoários (filo Bryozoa); Gastrópodes, Bivalves, Escafópodes (filo Mollusca) e Vermetídeos (classe Gastropoda) e Corais (filo Cnidaria).

Figura 71 - Exemplos das amostras de Biodetritos: (a) Algas vermelhas; (b) Foraminífero; (c) Briozoários; (d) *Halimeda*; (e) Gastrópodes; (f) Bivalves. Fonte: Laboratório GOERIOEMAR –UFS.



Figura 72 – Componentes encontradas na plataforma continental SEAL: a) grãos de Quartzo e b) grãos carbonáticos. Fonte: Laboratório GOERIOEMAR –UFS.

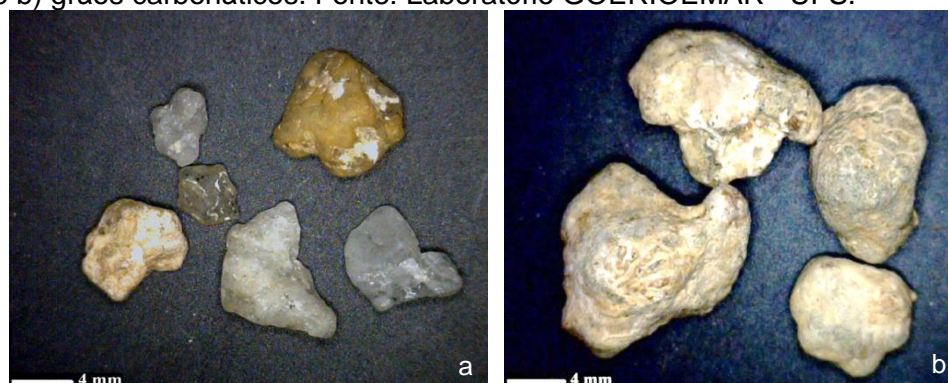
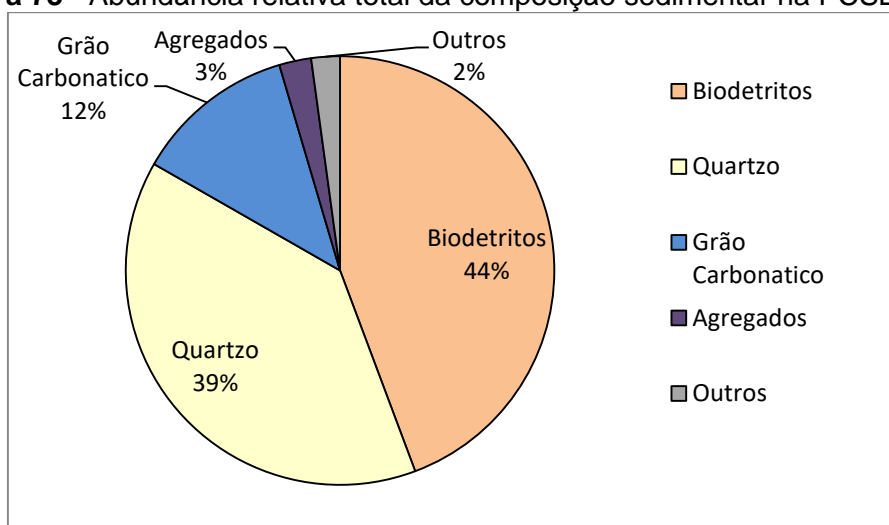


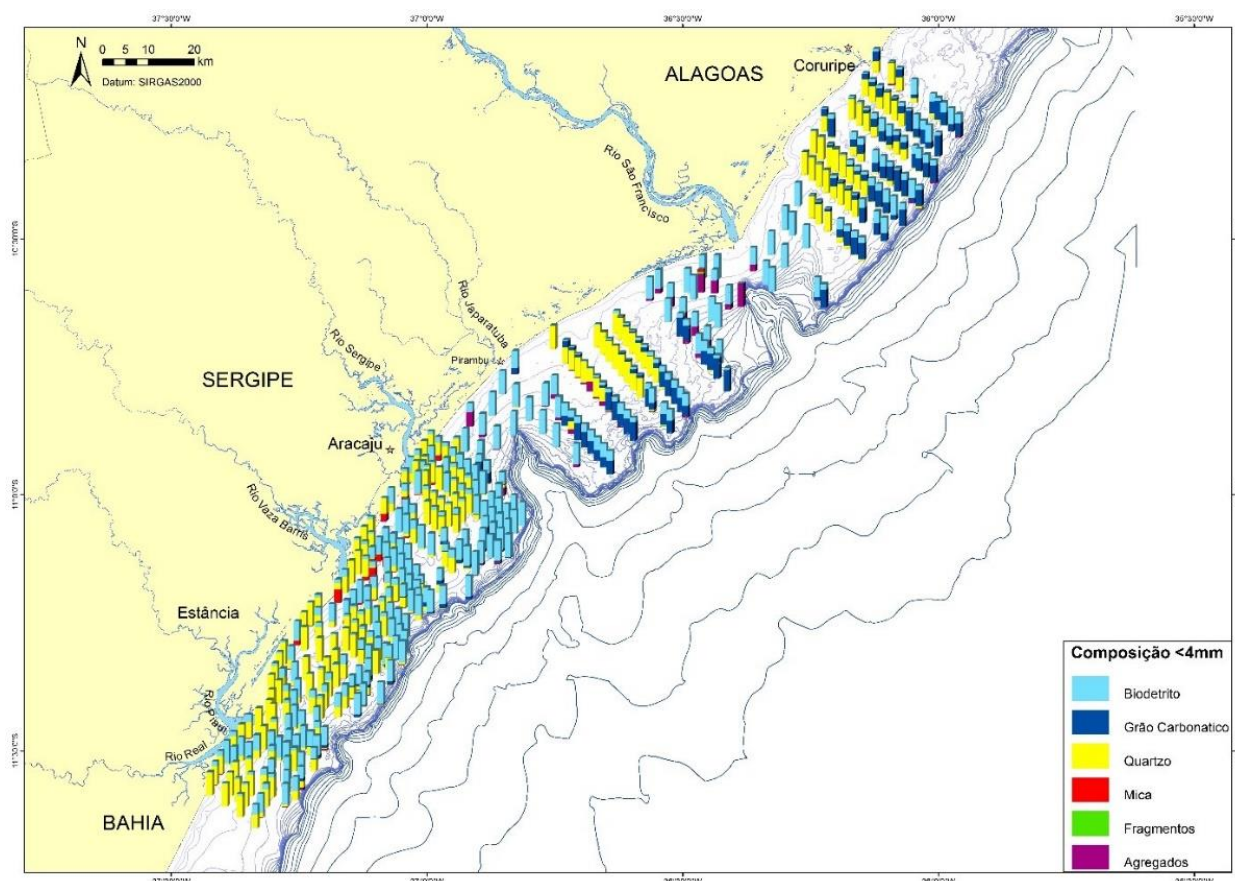
Figura 73 - Abundância relativa total da composição sedimentar na PCSEAL.



As faixas de domínios dos componentes dos sedimentos se apresentam de forma alinhada paralelamente e transversalmente com a linha de costa, ocorrendo uma transição da composição da região mais rasa para a mais profunda e também uma interrupção nas regiões lamosas ligadas ao rio São Francisco e Japarutuba (Fig. 74). Os biodetritos e grãos carbonáticos predominam na plataforma média a externa (>30m) e o quartzo (sedimentos siliciclásticos) na plataforma interna a média.

Os componentes siliciclásticos (quartzo e fragmentos de rocha) se concentram principalmente ao longo da linha de costa, até aproximadamente a isóbata de 30 metros (Fig. 74). No restante da plataforma a fração grossa do sedimento é constituída dominantemente por bioclastos. Destes, os fragmentos de algas coralinas predominam nos setores médio e externo da plataforma, principalmente na borda da plataforma, e também em profundidades superiores a 25 metros.

Figura 74 - Distribuição espacial da composição dos sedimentos na plataforma continental SEAL.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

6.3.2 Textura dos Sedimentos da PCSEAL

No período Quaternário, os rios São Francisco e Japarutuba foram responsáveis por elevado aporte de sedimentos que influenciaram diretamente a sedimentação da plataforma continental adjacente, estabelecendo uma clara diferenciação entre os setores ao norte e ao sul de suas desembocaduras, em função da deposição e distribuição dos sedimentos siliciclásticos de origem continental, formando duas grandes zonas de deposição lamosa na plataforma e os cânions submarinos que escavam a plataforma e o talude continental (SCHREINER et al., 2015; FONTES, et al., 2017b; OLIVEIRA et al., 2017).

A fração areia apesar de distribuída ao longo de toda a plataforma predomina junto à linha de costa até a isóbata de 25m, com exceção da região do município de Coruripe, sul de Alagoas, onde predominam os cascalhos a partir da isóbata de 10m. A fração cascalho apresenta seus maiores teores na plataforma externa, com exceção nas zonas lamosas do São Francisco e Japarutuba. A fração lama

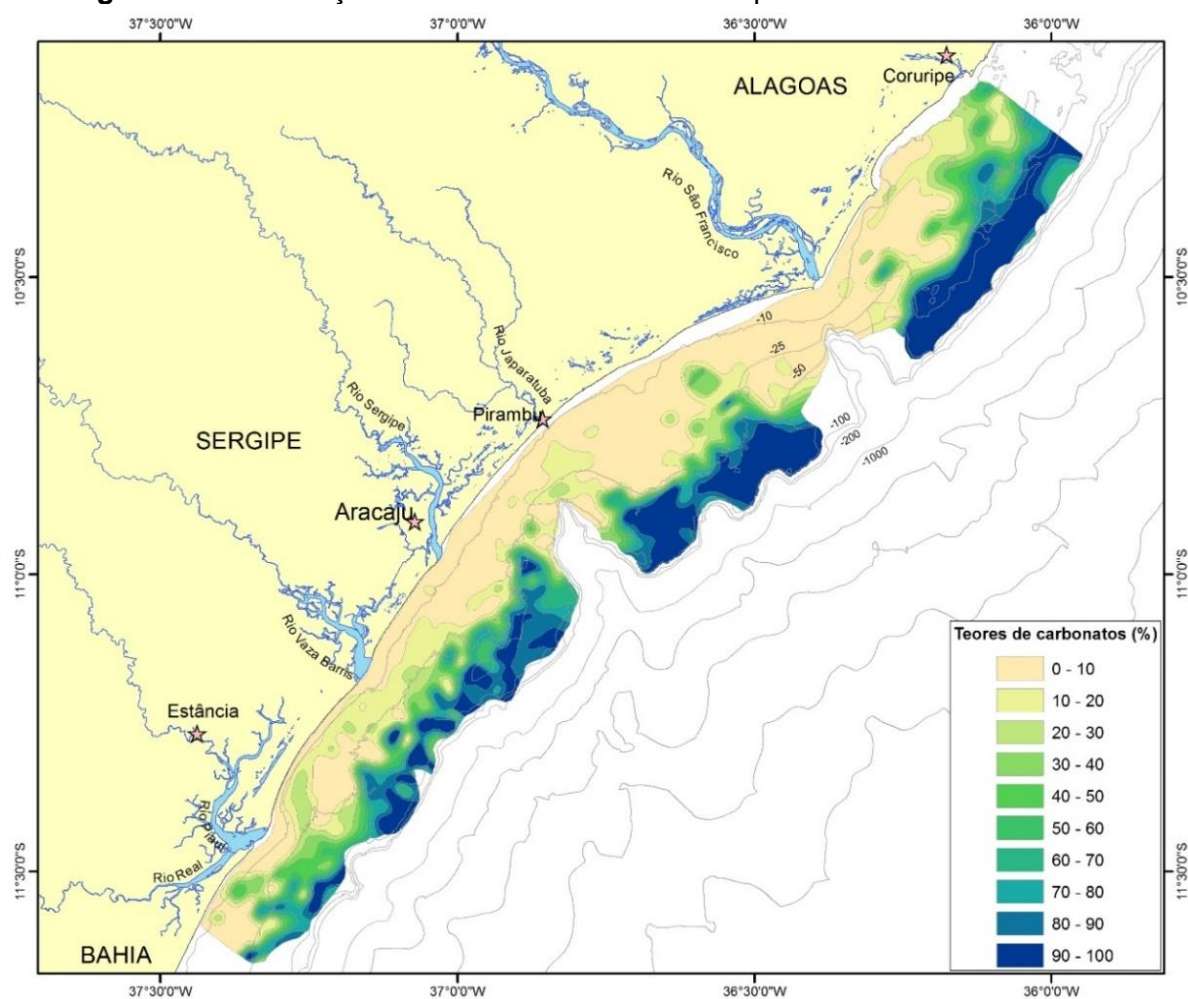
apresenta seus maiores teores nas regiões topograficamente rebaixadas, principalmente associadas às desembocaduras dos rios (GUIMARÃES, 2010; NASCIMENTO, 2011; FONTES et al., 2017c).

6.3.3 Distribuição dos Teores de Carbonatos

Os teores de carbonato se apresentam elevados na região da plataforma externa, desde o sul de Alagoas até o sul de Sergipe, onde atingem entre 70 a 100% do sedimento, sendo interrompidos pelos cânions submarinos do São Francisco e Japarutuba (Fig. 75).

Os grãos carbonáticos e biodetritos predominam em profundidades maiores, ao longo de toda a margem da plataforma, sendo estes componentes os principais responsáveis pelas maiores ocorrências do teor de carbonatos na borda da plataforma, visto que a plataforma externa (>30m) a região com condições ideais para o desenvolvimento de sedimentos biogênicos.

Figura 75 - Distribuição dos teores de carbonato na plataforma continental SEAL.



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017c).

Os menores teores de carbonatos e os maiores teores de matéria orgânica coincidem com as zonas lamosas associada aos rios São Francisco e Japaratuba e também às regiões de ocorrência de areias siliciclásticas. Porém, as zonas lamosas plataformais do sul de Sergipe apresentam teores elevados de carbonatos e grande abundância de biodetritos.

Os padrões da distribuição dos teores de carbonato refletem de modo geral a distribuição do cascalho, pois são constituídos, principalmente por carbonatos. A plataforma de Alagoas é dominada por sedimentos carbonáticos biogênicos, como também, as regiões da plataforma externa entre os cânions do São Francisco e Japaratuba e a plataforma sul de Sergipe.

6.3.4 Fácies Texturais

Na plataforma continental SEAL ocorrem sete classes texturais sedimentares: Cascalho, Cascalho arenoso, Areia cascalhosa, Areia, Areia lamosa, Lama arenosa e Lama; e cinco classes de faciologicas (Fig. 76): Bioclástica, Bio-siliciclásticas, Silici-bioclásticas, Siliciclástica arenosa e Siliciclástica lamosa (FONTES et al., 2017c).

A fração cascalho, por ser essencialmente bioclástica, não reflete necessariamente os níveis de energia no ambiente, e sim a acumulação *in situ* das partes duras do esqueleto dos organismos marinhos.

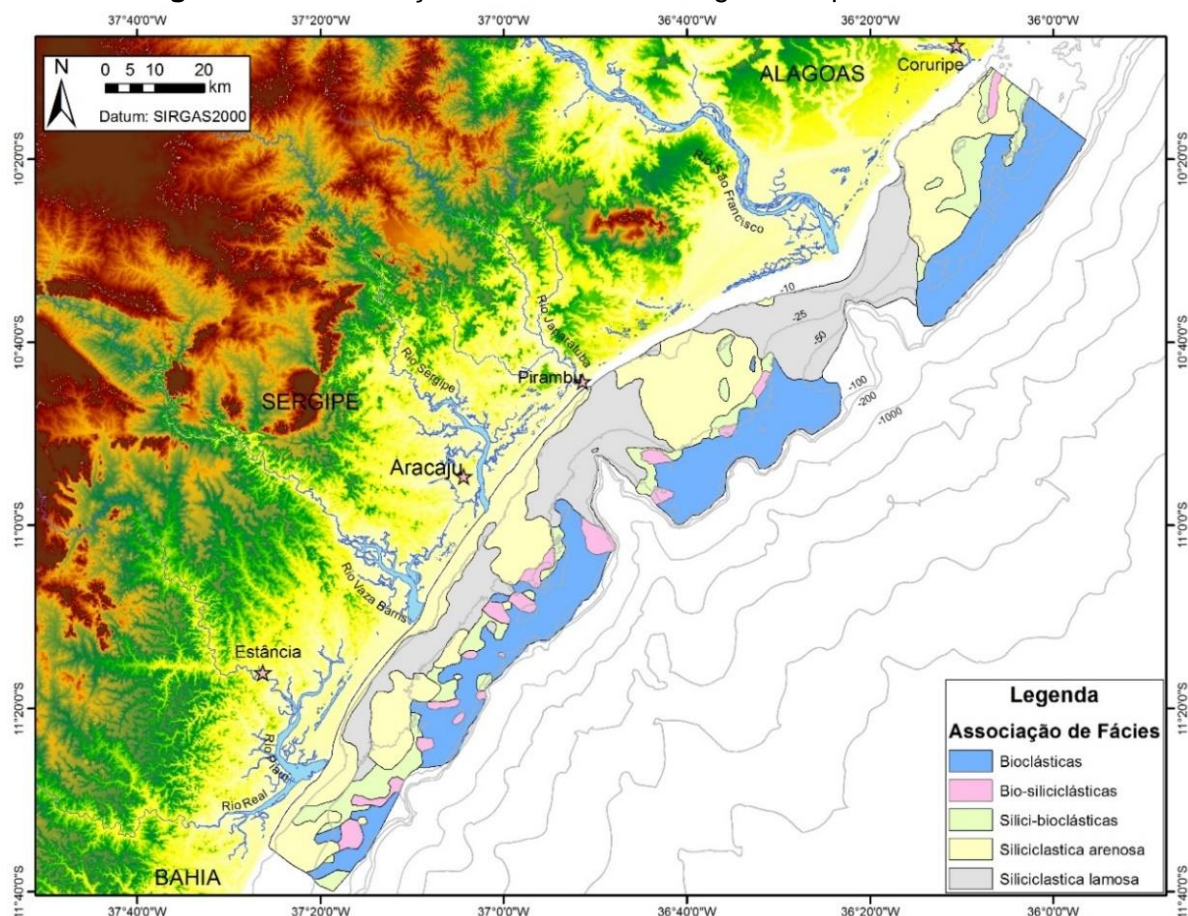
A fácies Cascalho Bioclástica ocorre predominantemente na plataforma externa próximo a quebra da plataforma. As fácies Cascalho arenoso, Areia cascalhosa, Bio-siliciclástica e Silici-bioclástica concentra-se principalmente na plataforma intermediária, entre os 25 e 30 metros de profundidade, na zona de transição entre os sedimentos de natureza continental (siliciclásticos) dos sedimentos marinhos (biogênicos).

As fácies Areia e a Siliciclástica arenosa predomina na plataforma, entre a linha de costa e os 25 metros de profundidade, sendo interrompidas pelas zonas lamosas.

As fácies Areia Lamosa, Lama arenosa, Lama e Siliciclástica lamosa ocorrem nas zonas baixas, associadas principalmente a foz dos rios. A plataforma continental de Sergipe apresenta duas grandes zonas lamosas, que são localizadas em frentes aos rios São Francisco e Japaratuba. Na plataforma externa ocorrem alguns pontos

isolados de ocorrência de lama, associados a depressões topográficas, com alto teor de carbonatos e podem ser definidos como fácies margas.

Figura 76 – Distribuição das classes faciológicas na plataforma SEAL.



Fonte: Modificado de Fontes et al. (2017c).

6.3.5 Componentes Biogênicos

Os componentes mais abundantes são as algas vermelhas, foraminíferos, bivalves e briozoários que correspondem a 82% dos biodetritos da região estudada, os demais componentes biogênicos representaram apenas 18%. Os briozoários apresentaram teores significativos (Fig.77), com maiores porcentagens encontradas na plataforma intermediária.

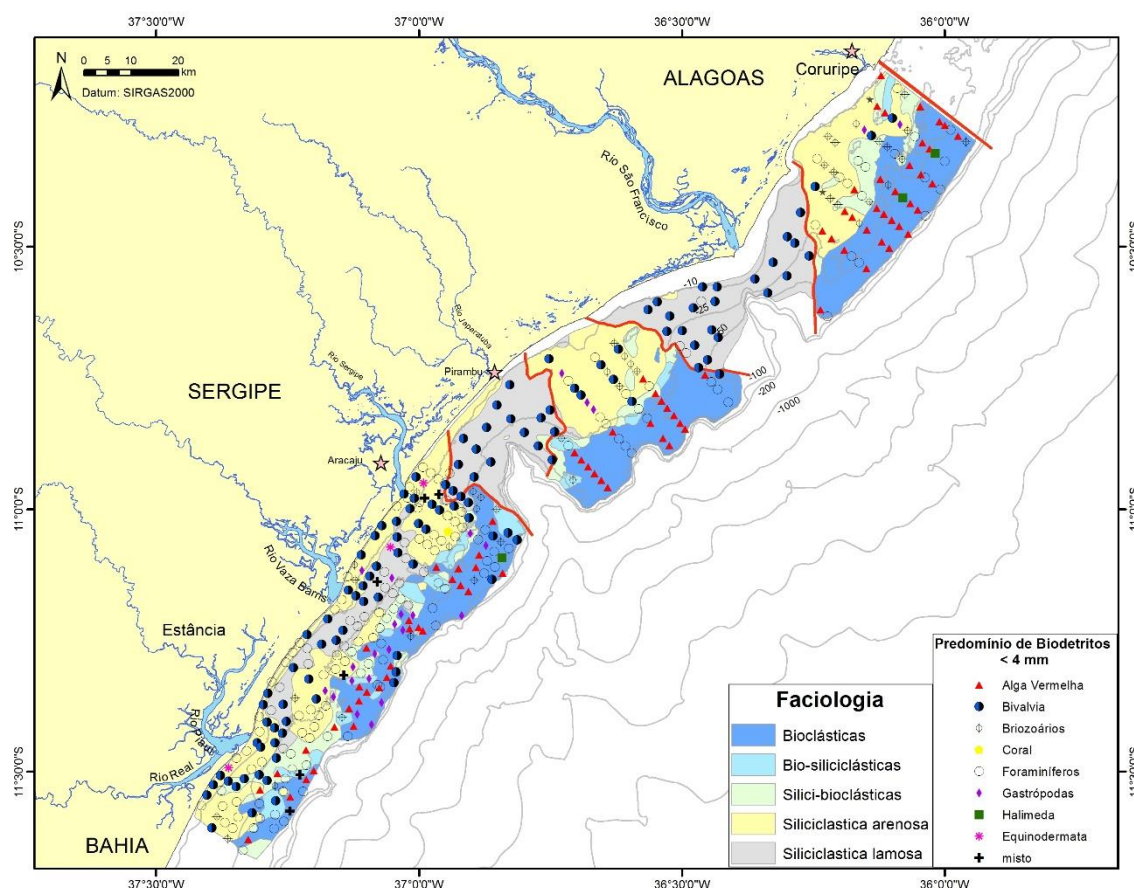
A distribuição espacial dos biodetritos (Fig. 77) mostra a tendência das algas vermelhas (*lithothamnium*) e algas verdes (*Halimeda*) de predominarem principalmente na borda da plataforma continental SEAL.

A *Halimeda* é um gênero de algas verdes com talo calcificado que possui um importante papel ecológico e pode se acumular formando depósitos de sedimentos

carbonáticos na plataforma continental nordeste do Brasil. As *Halimeda* são limitadas aos trópicos e no Estado de Sergipe foram encontradas as espécies *Halimeda discoidea*, *H. gracilis* e *H. opuntia* (BANDEIRA-PEDROSA et al., 2004). A baixa ocorrência de *Halimeda* se deve principalmente a turbidez na região de influência do rio São Francisco, que é um fator limitante ao desenvolvimento das algas *Halimeda*, além da ausência de substratos adequados (COUTINHO, 1976).

Através da espacialização dos dados, pode ser verificado uma diferença quantitativa na abundância dos biodetritos, onde na zona lamosa do Japaratuba houve uma maior abundância dos biodetritos do que em relação a zona lamosa do São Francisco.

Figura 77 - Predomínio dos biodetritos nas estações de amostragem da PCSEAL.



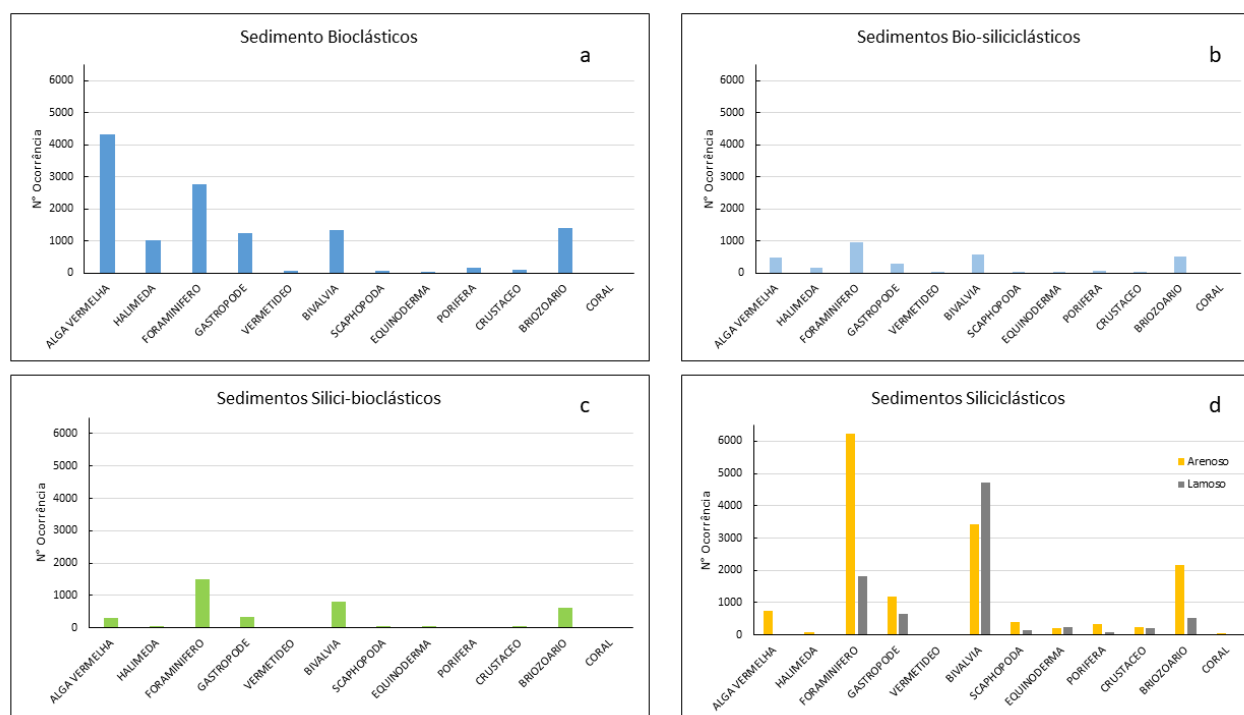
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Os foraminíferos estão bem distribuídos ao longo da PCSEAL e ocorrem, na sua maioria, nas porções internas e intermediárias da plataforma e associados principalmente aos sedimentos da fração areia (sedimento Siliciclástico arenoso). Entretanto, não foram realizadas as análises de identificação das espécies,

impossibilitando a definição de formas bentônicas ou planctônicas, que permitiriam evidenciar seus modos de vida e suas preferências ecológicas.

A análise entre a ocorrência dos componentes biogênicos e a granulometria evidenciou que as algas vermelhas e os foraminíferos são os principais componentes dos sedimentos bioclásticos (Fig. 78a). Nos sedimentos mistos, Bio-siliciclásticos (Fig. 78b) e Silici-bioclásticos (Fig. 78c), os foraminíferos são dominantes, mas ocorrem associados com bivalves e briozoários. Os bivalves (Fig. 78d) se concentram principalmente nos sedimentos siliciclásticos lamosos e em profundidades mais rasas (>30m).

Figura 78 – Ocorrência dos biodetritos por tipo de sedimento a) sedimentos Bioclásticos b) sedimentos Bio-siliciclásticos c) sedimentos Silici-bioclásticos d) sedimentos Siliciclásticos arenosos e lamosos.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

A distribuição espacial dos principais componentes biogênicos encontrados por Nascimento (2011) na PCSEAL são as algas coralinas, os moluscos, os foraminíferos e os briozoários que totalizam 89% do total de grãos bioclásticos analisados, havendo uma conformidade com o presente trabalho, apesar da malha amostral ser diferente.

Os componentes biogênicos, principalmente as algas coralinas, são amplamente dependentes dos fatores ecológicos, tais como: profundidade, luz, temperatura, salinidade, correntes, substrato, granulometria e fenômenos de competição (COUTINHO, 1976, COSTA, 2015). Embora possam ser estudados independentemente, devemos entender que estes fatores são inter-relacionados.

Os componentes biogênicos dos sedimentos superficiais foram datados por carbono-14 (FONTES et al., 2017c), e três conjuntos de sedimentos com diferentes idades podem ser distinguidos. Nos sedimentos da plataforma as idades correspondem até 570 anos A.P. (Holoceno). Enquanto, no cânion Japarutuba as idades variam entre 890 a 5300 anos A.P. No cânion São Francisco as idades das carapaças são mais recentes, apresentando idades de percentagem do carbono moderno, indicando carapaças modernas. As diferenças na datação dos sedimentos biogênicos podem estar associadas ao ambiente de deposição, como também ao lento ou rápido revolvimento dos grãos na área estudada.

6.3.6 Biofácies

Foram identificadas 6 fácies sedimentares, de acordo com a distribuição da composição, textura e teor de carbonato dos sedimentos, baseado numa adaptação do sistema de classificação proposto por Folk (1954) e Rebouças (2010).

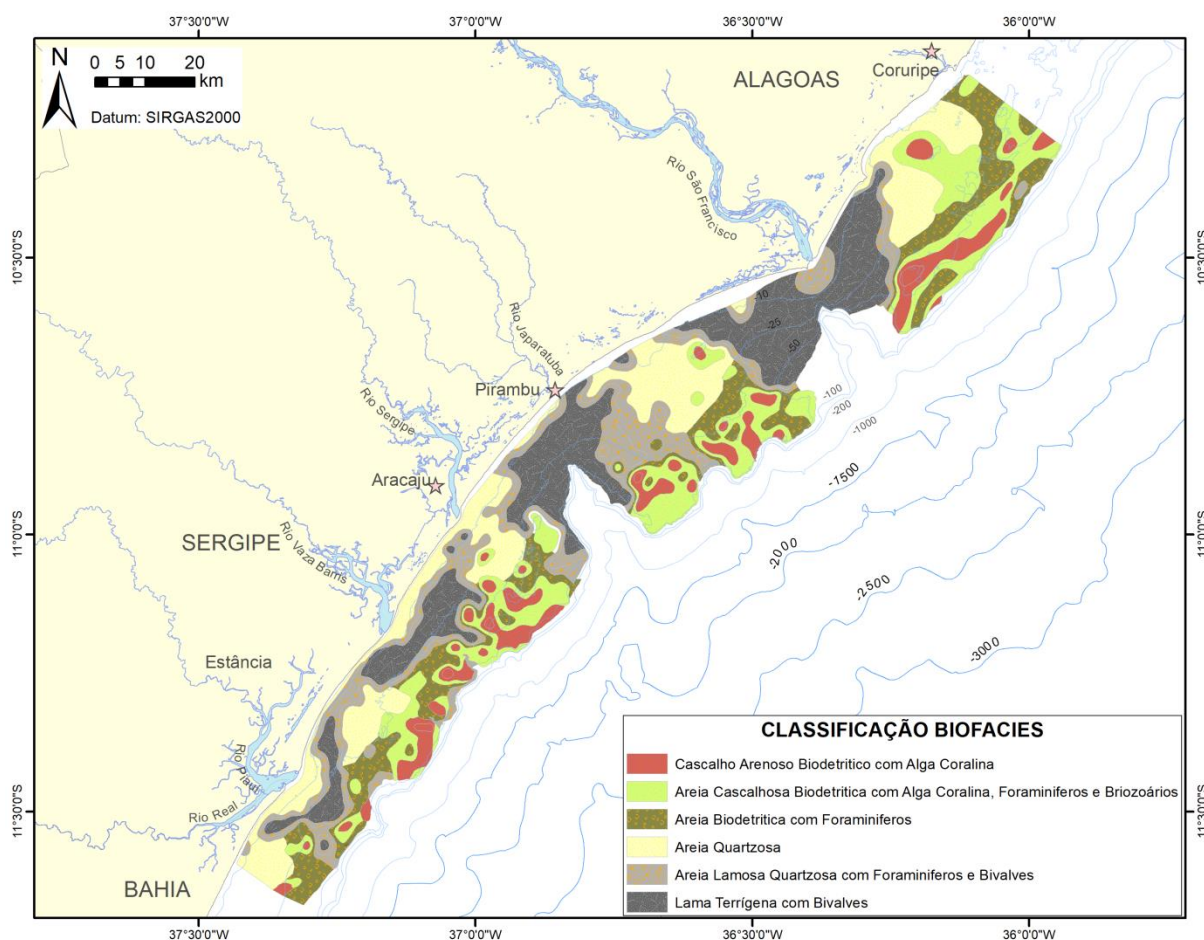
As fácies siliciclásticas (Fig. 79) constituem-se em (i) areia quartzosa, distribuída na região da plataforma interna e intermediária; (ii) areia lamosa quartzosa com foraminífero e bivalve, distribuída ao longo da plataforma intermediária de toda área, geralmente entre as areias e as lamas; (iii) lama terrígena com bivalves, concentrada nas regiões baixas e associadas a foz dos principais rios. Estes sedimentos apresentam um teor de carbonato menor que 50%.

As fácies bioclásticas (Fig. 79) compõem-se de (i) areia biodetrítica com foraminífero, distribuídas ao longo da plataforma intermediária e se estendendo em alguns pontos até a na quebra da plataforma; (ii) areia cascalhosa biodetrítica com alga coralina, foraminíferos e briozoários e (iii) cascalho arenoso biodetrítico com alga coralina ocorre principalmente na plataforma externa a partir da isóbata de 35 m até a quebra da plataforma. Estes sedimentos apresentam um alto teor de carbonato, geralmente maior que 50%.

Na plataforma continental em frente a Salvador - BA, a distribuição dos componentes biogênicos e a distribuição das fácies bioclásticas é controlada pela presença de substratos duros e pela topografia, que condiciona a energia e os parâmetros físicos do ambiente, que por sua vez controlam a produção e a distribuição dos sedimentos biogênicos (REBOUÇAS, 2010), assim como ocorre na plataforma continental SEAL.

A distribuição das associações carbonáticas foram propostas para as áreas tropicais e áreas temperadas (LEES, 1975; CARANNANTE et al., 1988; HAYTON et al., 1995). Na maior parte de plataforma continental SEAL predominam as associações do tipo *foramol* (formadas em sua maioria por foraminíferos e moluscos) ou *heterozoan* (compostas por organismos heterótrofos) (WESTPHAL et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; MICHEL et al., 2018), característico de ambiente com disponibilidade de nutrientes e baixa luminosidade.

Figura 79 – Distribuição espacial das Biofácies ao longo da plataforma continental SEAL.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Os índices ecológicos permitem distinguir ambientes de acordo com a ocorrência das espécies. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice Shannon e Weaver (1964) e geralmente é o oposto da dominância. A equitatividade indica a estabilidade do sistema e baixos valores associam-se a baixos valores de diversidade e alta dominância. Os maiores índices de equitatividade traduzem a frequência semelhante das espécies (BOLTOVSKOY; TOTAH, 1985) e mostra a relação com a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as diferentes espécies (CLARCKE; WARWICK, 1994).

Através dos índices ecológicos (diversidade, dominância e equitatividade) é possível distinguir entre dois tipos de ambientes na PCSEAL. No primeiro ambiente, que constituem os sedimentos arenosos e cascalhosos, independente do teor de carbonatos, foi observado altos valores de diversidade (alto número de espécies), baixa dominância e baixo valor de equitatividade. No segundo ambiente, referente aos sedimentos lamosos, onde se tem a alta ocorrência dos bivalves, os índices expressam uma baixa diversidade, alta dominância e alta equitatividade.

6.3.7 Ambientes Recifais

Na plataforma continental SEAL constatou uma baixa presença de corais em relação à alta ocorrência de algas calcárias. O desenvolvimento dos corais ficou restrito aos substratos litificados, que podem representar antigas linhas de praias, arenitos ferruginosos provenientes da erosão do Grupo Barreiras ou estruturas de recifes algálicos, sendo que o crescimento atual dos corais ocorre principalmente no lado externo dos substratos litificados ou em construções de algas calcárias incrustantes (MANSO et al., 2003; BAHIA et al., 2010; QUEIROZ et al., 2016).

Na plataforma norte de Sergipe foram identificadas assembleias de corais zooxanthellate (NEVES et al., 2005, 2006) no recife do Robalo, onde antes acreditava-se não haver ocorrências de corais. Isso desconstrói a ideia anterior que apontava o rio São Francisco como uma “barreira biológica”, por ser o maior canal fluvial adentrando o Atlântico, entre o rio Amazonas e o rio de La Plata, impedindo o desenvolvimento de corais no Estado de Sergipe em função da sua grande carga de material em suspensão (KNOPPERS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2007, 2011; OLIVEIRA et al., 2012). Apesar que nas condições atuais a descarga fluvial do rio

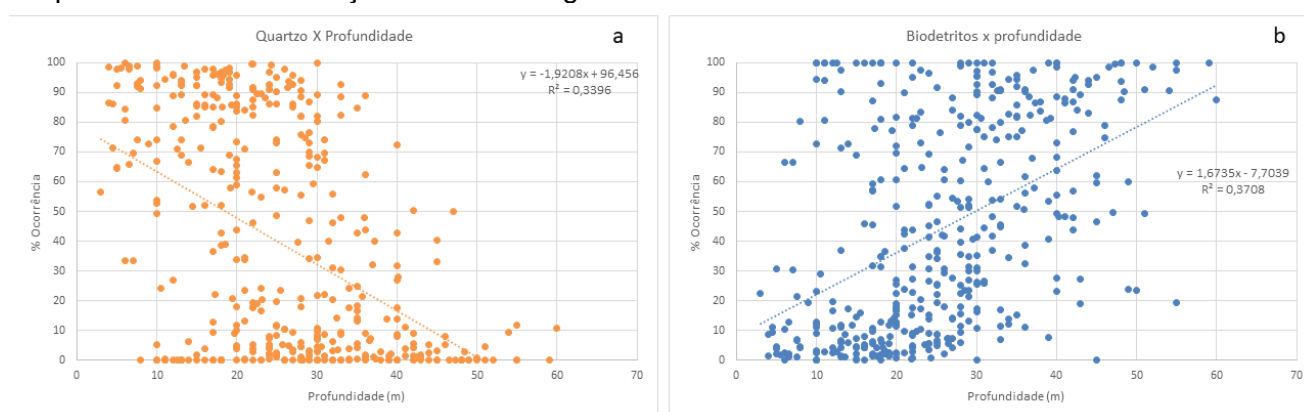
São Francisco tem diminuído drasticamente, bem como o material em suspensão devido as barragens ao longo do rio (FONTES, 2015; VASCO et al., 2017).

O desconhecimento deste recife de corais tem contribuído para a disseminação errônea da concepção de que a área sob influência do rio São Francisco pode ser classificada como “zona desprovida de corais” (NEVES et al., 2006). As espécies de corais identificadas mostram a existência de espécies endêmicas do Brasil como a *Siderastrea stellata* e a *Mussismilia hispida* (NEVES et al., 2005). A quantidade de espécies de corais Scleractinia registrada em Sergipe é uma evidência de considerável em uma área previamente considerada como inóspita para o estabelecimento e desenvolvimento de uma típica comunidade de corais.

6.3.8 Controle Morfológico-Hidrodinâmico

O sedimento de composição de quartzo apresenta uma distribuição inversa aos componentes biogênicos e também com a profundidade. Comparado a profundidade das estações com a ocorrência do quartzo (Fig. 80a) e também dos biodetritos (Fig. 80b), verificou-se que os grãos de quartzo são mais predominantes em águas mais rasas enquanto os biodetritos ocorrem predominantemente em águas mais profundas, sendo a profundidade de 30m a zona de transição entre estes tipos de sedimento.

Figura 80 – Correlação da ocorrência dos grãos de quartzo (a) e dos biodetritos (b) com a profundidade das estações de amostragem.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2017.

Nas regiões onde a hidrodinâmica é menor e nas regiões baixas, os baixos níveis de energia favorecem a acumulação de sedimentos lamosos, onde os componentes biogênicos principais são espécies de bivalves e foraminíferos.

Em contraposto a este padrão hidrodinâmico, é ao longo da linha de costa que encontramos os ambientes de maior energia. É justamente nos ambientes de maior energia, em função do efeito de ação de ondas e de correntes ou pela maior concentração de material em suspensão na coluna d'água, em função dos aportes continentais, que se verificam as maiores ocorrências de componentes siliciclásticos no sedimento superficial. Estes ambientes altamente energéticos são mais hostis aos organismos marinhos, resultando na ausência de componentes bioclásticos (algas vermelhas e halimedas) no sedimento.

A plataforma externa possui condições propícias ao desenvolvimento de algas coralinas Rhodophyta (algas vermelhas) e Chlorophyta (algas verdes) devido à combinação da temperatura e salinidade elevadas, plataforma rasa e o alcance da zona fótica, até 50-60 m de profundidade, baixa turbidez, corrente de fundo e de substratos rígidos para a incrustação das algas, favorecendo uma sedimentação bioclástica com predominância de fragmentos de algas coralinas e secundariamente foraminíferos.

Os principais componentes biogênicos nas praias do sul de Alagoas são as conchas de moluscos e fragmentos de algas vermelhas e Halimeda (VIEIRA; MANSO, 2017). O padrão de distribuição dos sedimentos sugere que, além dos grãos oriundos do continente, a plataforma continental constitui uma importante fonte de sedimentos para as praias (REBOUÇAS et al., 2011; VIEIRA; MANSO, 2017).

Verificou-se que a distribuição de associações de organismos bióticos obedece ao zoneamento longitudinal e ao zoneamento transversal no sentido litoral-oceano, à penetração da luz, à hidrodinâmica ambiental, aos processos sedimentares dominantes, ao tipo de substrato e à morfologia de fundo, como também observado em outras plataformas (REBOUÇAS, 2010; COSTA, 2015).

7 EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA MARGEM CONTINENTAL DE SERGIPE – ALAGOAS

A morfologia das plataformas continentais está profundamente marcada pelas oscilações do nível médio do mar, as quais atingiram, no Quaternário, amplitude superior a 100 metros. Este fato marca a importância desta região submersa no estudo da evolução litorânea, pois a composição sedimentar e a geomorfologia da plataforma se distinguem nos estágios regressivos e transgressivos do nível do mar (FAIRBRIDGE, 1961; AMARAL, 2000; SUGUIO, 2010).

Na regressão marinha, as plataformas estiveram sujeitas aos processos subaéreos, sendo desenvolvidas, em muitas plataformas, corpos arenosos, dos quais ainda existem, em muitos casos, remanescentes submersos. Com isso, o perfil longitudinal dos rios foi rejuvenescido, verificando-se erosão de depósitos fluviais, sendo estes sedimentos transferidos para os estuários e para o mar (plataforma ou talude). As plataformas continentais foram profundamente dissecadas pela rede fluvial que então se prolongava até próximo da quebra da plataforma (MARTIN, 2003; SUGUIO, 2010).

Na transgressão marinha, como no momento atual, os rios depositam diretamente na plataforma continental, havendo uma menor transferência das partículas para o oceano profundo e uma suavização da morfologia da plataforma. As depressões eventualmente existentes na plataforma tendem a ser preenchidas pelos sedimentos trazidos pelos rios e a deposição de material em suspensão.

Essa compreensão dos processos fonte-bacia (*source-to-sink*) é fundamental devido a importância que tem a transferência de sedimento para águas profundas nos ciclos geoquímicos, ecossistemas e recursos naturais (KUEHL et al., 2016).

Assim, as feições mapeadas na plataforma e a correlação ao último evento transgressivo marinho, identificando os períodos de estabilização do nível do mar, permitem representar um modelo de evolução da plataforma continental SEAL.

7.1 Variações no Nível correlativo do Mar

Nos períodos de estabilização do nível relativo do mar foram produzidas na plataforma continental, feições morfo-sedimentares, associadas principalmente à paleo-sistemas costeiros, evidenciando estas estabilizações, tais como a preservação de barras arenosas submersas, terraços erosivos e deposicionais, bancos de arenito e vales incisos (SUGUIO, 2010).

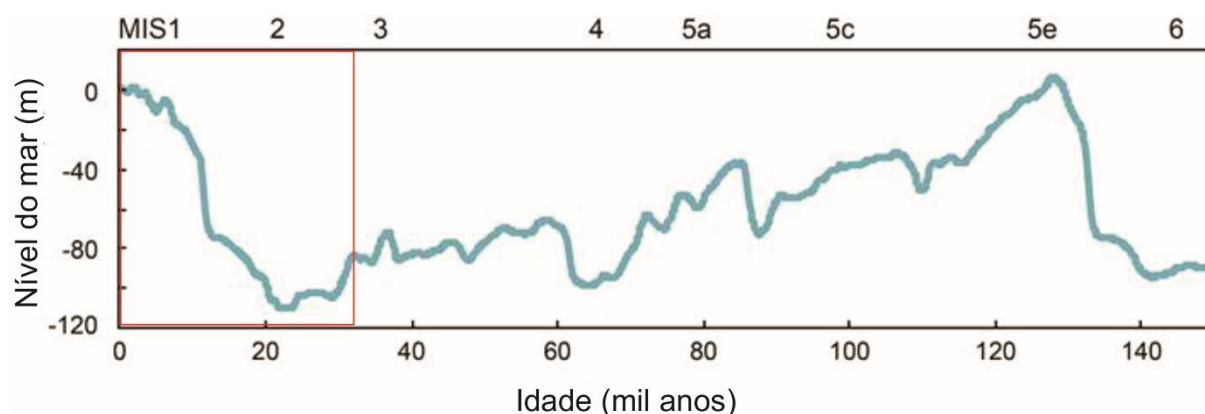
Durante a última transgressão marinha, há cerca de 18.000 anos A.P. o nível do mar se encontrava a pelo menos 110 m abaixo do atual, tornando emersa quase toda a plataforma continental brasileira (Fig. 81), nível no qual será adotada nas análises neste trabalho. Em alguns locais, este nível de mar baixo chegou a cerca de -120 a -130 m (~22 mil anos A.P.), ficando a plataforma continental totalmente exposta, sendo recortada pelos cursos fluviais, esculpindo canais até hoje presentes na topografia da plataforma (SUGUIO et al., 1985; CALDAS et al., 2006). A contribuição continental de sedimentos era diretamente ao talude continental, transportando sedimento do continente para o oceano profundo.

No período entre 14.000 e 7.000 anos A.P., foi caracterizado pela elevação do nível médio do mar, que se deu de forma relativamente rápida, com interrupções que representaram períodos de estabilização. Durante esta fase três estabilizações ficaram bem demarcadas, representadas por registros de ambientes sedimentares costeiros, correspondente as idades de 16.000, 11.000 e 9.000 anos A.P., relativo às isóbatas atuais de -110, -60 e -20 metros, respectivamente (SOLEWICZ, 1989).

Em torno de 5.000 anos A.P., o nível médio do mar chegou ao seu máximo, atingindo o auge da transgressão. Registros mostram que o nível do mar esteve entre 2.5 e 5.0 metros acima do atual (BEZERRA et al., 2003; CALDAS et al., 2006). Em seguida, deu início a uma regressão até atingir o nível do mar atual.

Na atualidade, tem-se discutido muito sobre o nível do mar na zona costeira, em função dos processos atuantes, principalmente os de erosão ao longo do litoral, apesar da curva indicar a tendência de rebaixamento do nível do mar. Entretanto, apesar do litoral do Estado de Sergipe e Alagoas não ter histórico de grandes processos erosivos em suas praias, na última década vem apresentando redução significativa de suas faixas de praia arenosa em alguns trechos (DOMINGUEZ; BITTENCOURT, 1996; BITTENCOURT et al., 2006; DOMINGUEZ et al., 2016; 2018).

Figura 81 - Gráfico de variação do nível médio do mar para os últimos 150 mil anos. O período abordado neste trabalho está destacado em vermelho.



Fonte: Miller et al. (2011).

7.2 Indicadores da evolução da plataforma continental

Na plataforma continental nordestina, assim como em outras plataformas, são encontradas feições associada à variação do nível do mar, que correspondem a momentos de estabilização do nível do mar como os bancos de arenito ou *beach rock* na área em estudo, relatada por outros autores (VIANNA; SOLEWICZ, 1988; SOLEWICZ, 1989; TESTA; BONSENCE, 1999; CABRAL et al., 2003; SANTOS et al., 2007; SANTOS et al., 2009a, ARAÚJO FILHO et al., 2009b).

O desenvolvimento dos recifes carbonáticos e formação dos depósitos sedimentares carbonáticos, iniciou-se após a total submersão da plataforma continental brasileira, que são encontrados atualmente nas regiões nordeste, leste e norte do Brasil. Estes recifes podem ser interpretados como testemunhos de antigas linhas de costa. O substrato necessário para sua fixação das algas e corais pode ser um arenito de praia ou arenito ferruginoso da Formação Barreiras. Nesta base rochosa teriam se estabelecido as primeiras colônias recifais e, à medida que o nível do mar se elevou, estes corpos estabeleceram a sua geometria (AMARAL, 2000; SUGUIO, 2010).

Outras feições também são representativas da variação do nível do mar como os vales incisos, que são geralmente reconhecidos por apresentar refletores caracterizados por um preenchimento parcial ou total de uma superfície escavada no relevo original. A partir do reconhecimento desses antigos canais de drenagens na plataforma continental é possível realizar uma reconstrução paleogeográfica do período Quaternário (CONTI, 2009; WESCHENFELDER et al., 2010).

A evolução das plataformas continentais está intimamente ligada às transgressões e regressões marinhas no período quaternário. Desta forma, estão registradas, tanto na morfologia quanto nas propriedades texturais dos sedimentos que cobrem as plataformas modernas os indicativos das variações do nível do mar.

A existência de um terraço na profundidade de 90-95 m, representa a evidência de nível do mar mais baixo, possivelmente correspondendo ao máximo da glaciação a 18.000 anos A.P. Nestas condições, a plataforma continental, cuja quebra ocorre em torno de 50 m, ficou exposta a processos terrestres e atmosféricos (Fig. 82), com erosão de vales e uma sedimentação fluvial na planície costeira. Esse terraço é muito característico, pois coincide, em alguns locais, com a quebra da plataforma.

O nível de 60 m, associado a faixa de sedimentos biodetríticos, desenvolvidos em condições de fraca drenagem continental e clima árido, favoreceu o início da grande sedimentação carbonática biogênica tão típica da área.

Na profundidade de 40 m, corresponde a zona de maior influência da sedimentação carbonática atual e apresenta uma superfície erosiva muito desenvolvida, principalmente no sul de Alagoas onde é recortada pelos paleo-canaís dos rios Mundaú, Jequiá, Jacarecica e Coruripe.

Com a elevação do nível do mar, a contribuição terrígena atual que chega a plataforma é o material em suspensão transportados pelos rios, enquanto que o material proveniente da erosão costeira permanece na zona litorânea.

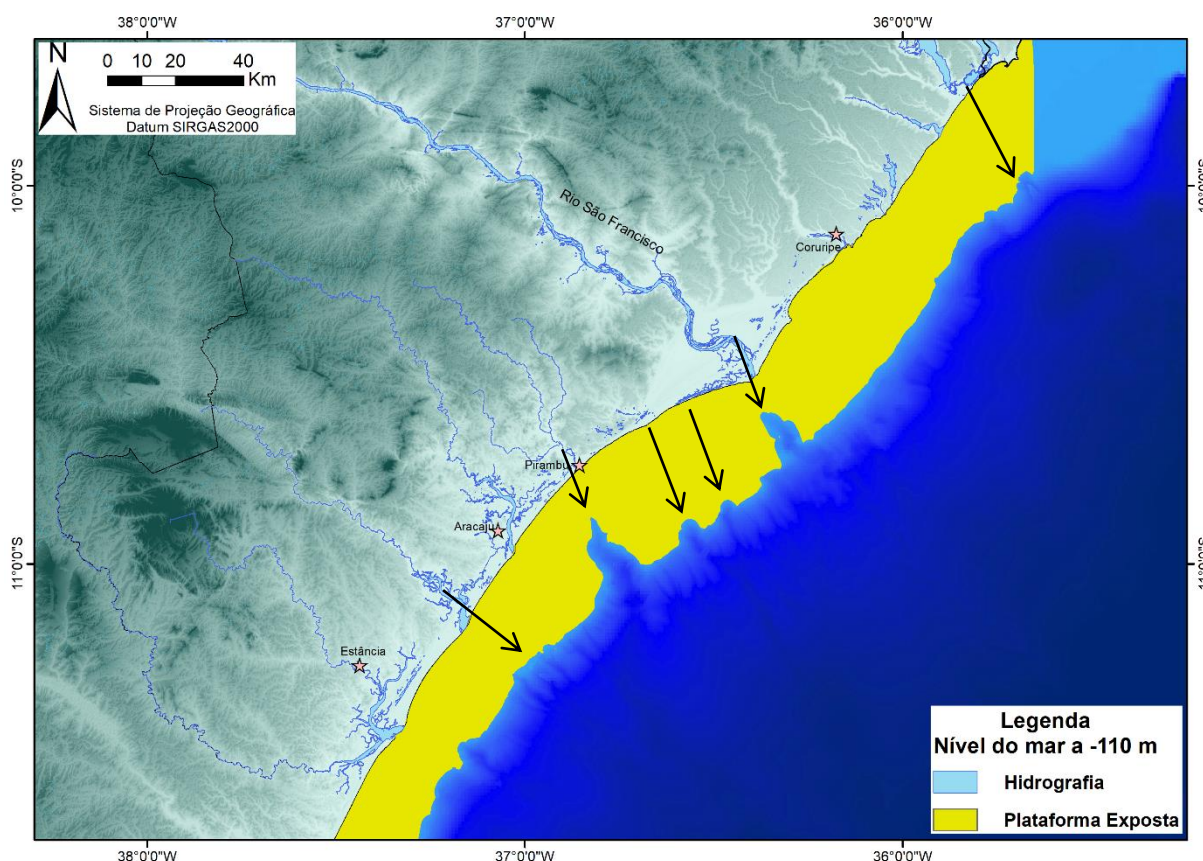
Na plataforma continental da região sul de alagoas é observado uma maior preservação das feições marinhas de fundo, isso ocorre pelo fato de nessa região ter um menor aporte continental, favorecendo desta forma a sedimentação marinha e preservando as feições existentes.

Na região de Sergipe estas mesmas feições também podem ser encontradas, entretanto estas se encontram parcialmente ou totalmente preenchidas por sedimentos de origem continental e apenas com investigações de sísmica é possível de ser identificadas e mapeadas. Algumas dessas feições na região norte e sul de Sergipe já foram identificadas por Fontes et al. (2017b) e Santos (2015).

Com uma baixa sedimentação terrígena, e a existência de condições climáticas e hidrológicas favoráveis, a principal fonte de sedimentos modernos, para a plataforma externa de SE/AL é o material de origem carbonática, representado

principalmente pelas algas calcárias. Coutinho (1976) destaca ainda que na plataforma de Alagoas o material pelítico é quase inexistente, sendo limitado a algumas depressões topográficas na plataforma média ou assoreando alguns canais afogados, formando manchas isoladas de material fino. Nesta região, é provável que os paleocanais ou vales incisos existentes na plataforma estejam sendo preenchidos por lamas calcárias.

Figura 82 – Modelo do nível do mar a 20 mil anos atrás (-110m), evidenciando que a plataforma continental se encontrava totalmente exposta e recortada pelos canais fluviais.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

7.3 Evolução Paleogeográfica Holocênica da plataforma continental

As feições morfológicas e a cobertura sedimentar presentes no fundo da plataforma continental de Sergipe-Alagoas foram herdadas do processo evolutivo e estão intimamente ligados aos eventos de transgressão e regressão marinhas do Quaternário. Parte delas é remanescente do estágio regressivo do final do período Pleistocênico, momento em que a plataforma continental ficou exposta e o nível do mar atingiu em torno de 110 m abaixo do nível atual. As oscilações posteriores do nível do mar foram relativamente rápidas e geologicamente recentes, não permitindo

o estabelecimento de um equilíbrio às novas condições e por isso, a plataforma apresenta, em parte, morfologia e cobertura sedimentar relíquias, através de terraços e antigos canais assoreados (vales incisos) e sedimentos relíquias (COUTINHO, 1976; BITTENCOURT et al., 1983).

Na plataforma sul de Alagoas verifica-se uma topografia erosiva e que a morfologia antiga foi preservada devido à ausência de aportes fluviais atuais de alta competência e devido à retenção do material terrígeno na região interna dos estuários. Para Coutinho (1976) a última transgressão, ocorrida após 18 mil anos A.P., teria sido lenta, permitindo o desenvolvimento de uma ampla superfície de erosão, relativamente rasa, que deu origem à plataforma de Sergipe-Alagoas, onde subsistiram vários terraços submarinos. Os terraços, com quebra em degraus são bem individualizados na borda do talude e na plataforma (Fig. 47), podendo destacar três deles, identificados por Boyer (1969) e Summerhayes et al. (1976): 23-40 m, 50-65 m, 90-95 m e 110 m, correspondendo, provavelmente, a níveis de erosão associados com os níveis do mar pretérito.

As antigas linhas de praia constituídas por arenitos de praia (*beachrock*) se destacam como elevações no fundo marinho e são testemunhos dos níveis de mar mais baixos, formados durante o estágio transgressivo. Os bancos de arenitos consolidados (*beachrock*) são comuns ao longo do litoral nordestino e se constituem uma das feições morfológicas mais características da zona litorânea (SUGUIO, 2010; FERREIRA Jr, 2011).

O termo “recife” ou “arrecife” tem sido empregado para designar estas construções de arenito quartzoso com cimento carbonático e interpretados como arenitos de praia litificados (*beachrock*) e considerados de grande importância como indicadores de estabilização do nível do mar (SUGUIO, 2010). Os recifes de arenito são originados de depósitos de praias cimentados na vizinhança do lençol freático, com a temperatura suficientemente alta para permitir a precipitação de carbonato de cálcio (CaCO_3) como cimento. Estes arenitos são formados principalmente na zona intermarés de praias tropicais (FERREIRA Jr et al., 2011; DINIZ; AMARAL, 2003).

Os recifes ocorrem de forma alinhada e são constituídos em seu núcleo por arenitos consolidados que resistiram à erosão marinha durante os movimentos

subsequentes de transgressão e regressão e são recobertos por construções carbonáticas, com proliferação de corais e algas (FERREIRA Jr, 2011).

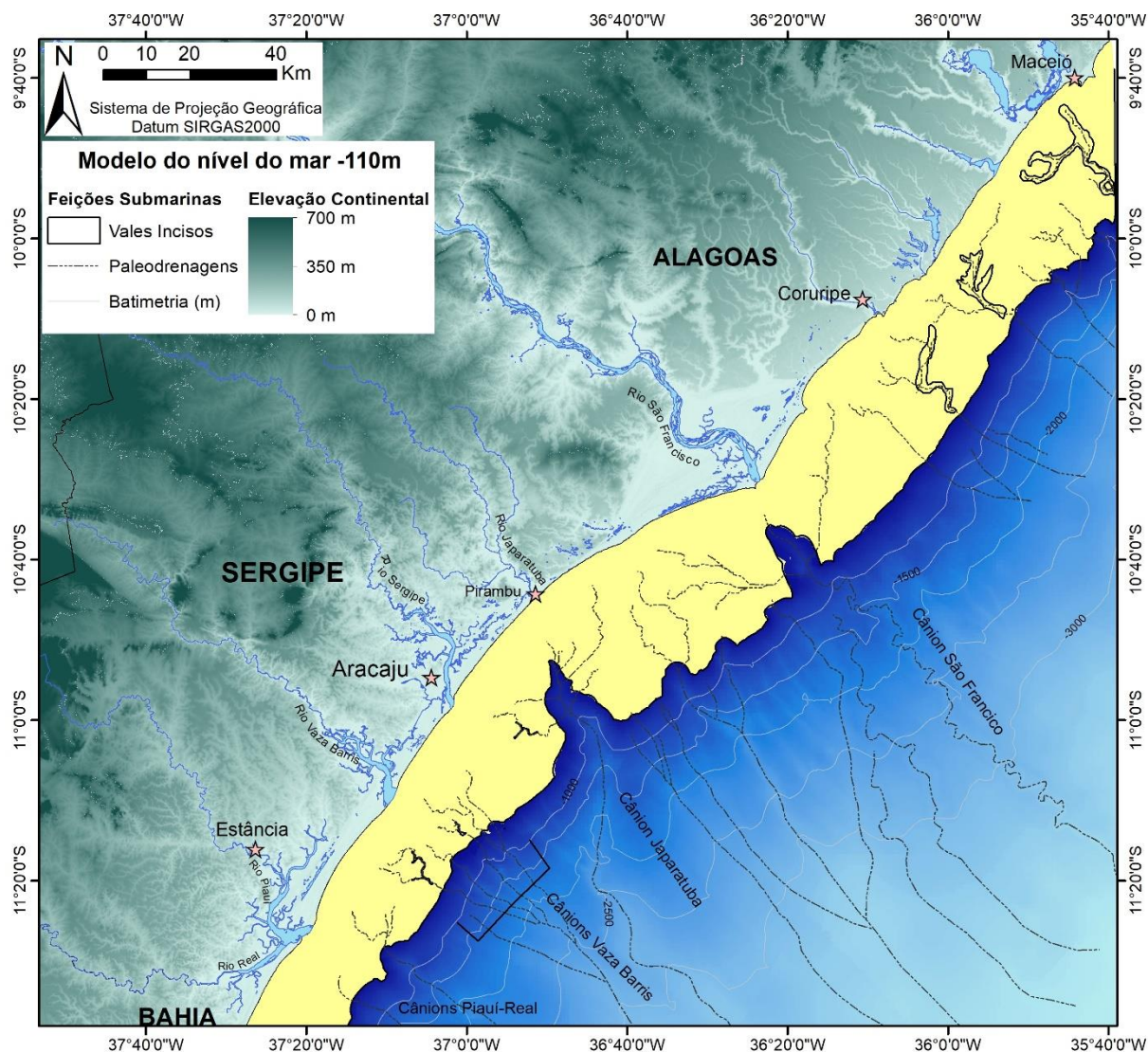
A partir da análise dos indicadores submersos na plataforma continental de Sergipe e Alagoas, verificou-se oito períodos de estabilização da linha de costa. A morfologia das plataformas resulta das flutuações do nível do mar, formando feições erosivas, construtivas ou estruturais. Quatro deles correspondem aos períodos de estabilidade do nível do mar descritos anteriormente por Boyer (1969) e Summerhayes et al. (1976).

Os indicadores de antigos níveis do mar (períodos de estabilização da linha de costa) na plataforma continental de Sergipe-Alagoas foram os alinhamentos de recifes (*beachrock*) e os terraços ou patamares erosivos. Os indicadores possibilitaram a interpretação da existência dos seguintes indicadores de paleolinhas de costa na plataforma continental de Sergipe e Alagoas:

- **Terraços submarinos na quebra da plataforma continental.** Na quebra da plataforma continental foram identificados quatro terraços nas profundidades de 110m, 95-100m, 60-70m e 40-50m:

Paleolinha de costa no nível batimétrico 110 m. No talude do sul de Alagoas, logo abaixo do limite da plataforma, foi identificada uma paleolinha de costa mais profunda, através da presença de um terraço erosivo aos 110 metros de profundidade. O testemunho do nível do mar posicionado em 110-120 metros de profundidade tem sido relacionado com a regressão Winconsiniana do final do Pleistoceno, coincidindo com um máximo glacial que ocorreu há 18.000 anos (SOLEWICZ, 1989). Nesta ocasião, quase toda a plataforma continental brasileira estava emersa, o mesmo acontecendo na plataforma de SEAL, enquanto grande parte do hemisfério norte e uma pequena parte do hemisfério sul encontravam-se ainda tomados pelo gelo (DIAS et al., 1982). Os rios recortavam a plataforma exposta, esculpindo canais e se conectavam diretamente com seus cânions no talude continental (Fig. 83), transferindo suas cargas sedimentares diretamente para o oceano profundo. Estes paleocanais podem ser reconhecidos na topografia da plataforma na condição de vales incisos ou drenagens submarinas, a exemplo das associadas ao rio Coruripe, sul de Alagoas (Fig. 83). Outros paleocanais foram preenchidos por sedimentos marinhos na plataforma continental, porém se encontram em subsuperfície na região da plataforma sul de Sergipe (Fig. 83).

Figura 83 – Modelo do nível do mar no último máximo glacial (-110 m), expondo toda a plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas. As feições na plataforma indicam os paleocanais e vales incisos escavados pelos rios.



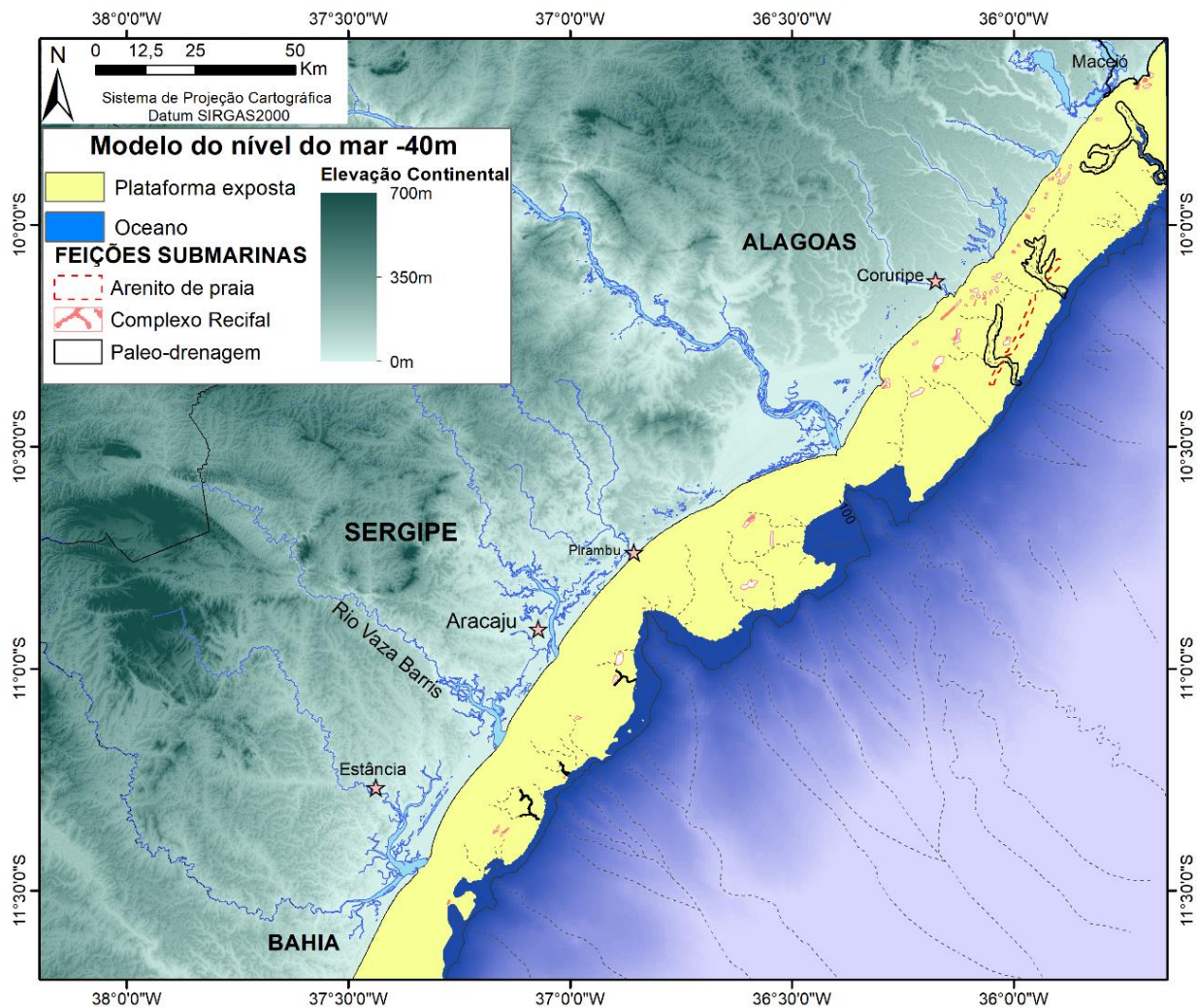
Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

Paleolinha de costa no nível batimétrico 95-100 m. Este patamar encontra-se logo abaixo de uma escarpa posicionada na quebra da plataforma continental atual. Coutinho (1976) refere-se que este terraço atualmente encontra-se recoberto por areia e cascalho biodetrítico, além de certa percentagem de areia quartzosa relíquia.

Paleolinha de costa no nível batimétrico 60-70 m. O indicativo desta paleolinha de costa é um terraço existente na borda da plataforma continental na profundidade de 60-70 metros, atualmente ocupado por um extenso e contínuo banco carbonático na plataforma sul de Alagoas e norte de Sergipe. Coutinho (1976) reconheceu este nível aos 60m, descrevendo como uma superfície que apresenta feições características de uma topografia litorânea e relíquia, em condições de nível do mar mais baixo que o atual, desenvolvida em condições de fraca drenagem continental e clima árido. Estas condições favoreceram a grande sedimentação carbonática biogênica característica deste nível. Não se dispõe de datação da paleolinha de costa do nível 60-70m, mas por correlação com datações obtidas em outras regiões da plataforma, é possível atribuir uma idade aproximada de 11.000 anos A.P. (MILMANN; EMERY, 1968; SOLEWICZ, 1989).

Paleolinha de costa no nível batimétrico 40-50m. Esta paleolinha de costa foi identificada através do terraço existente na borda da plataforma continental, entre 40-50m de profundidade, onde se desenvolve o banco carbonático externo (Fig. 84). Coutinho (1976) também se refere a este nível, destacando que apresenta uma superfície erosiva muito bem desenvolvida. É possível que este patamar corresponda ao desenvolvimento de uma planície costeira associada aos vales incisos no sul de Alagoas. Por correlação com outras áreas da plataforma brasileira atribui-se a idade entre 11.000 e 9.000 anos A.P. para a formação deste terraço (MILMANN; EMERY, 1968; SOLEWICZ, 1989). Este patamar é atualmente ocupado por um extenso banco carbonático situado na plataforma externa.

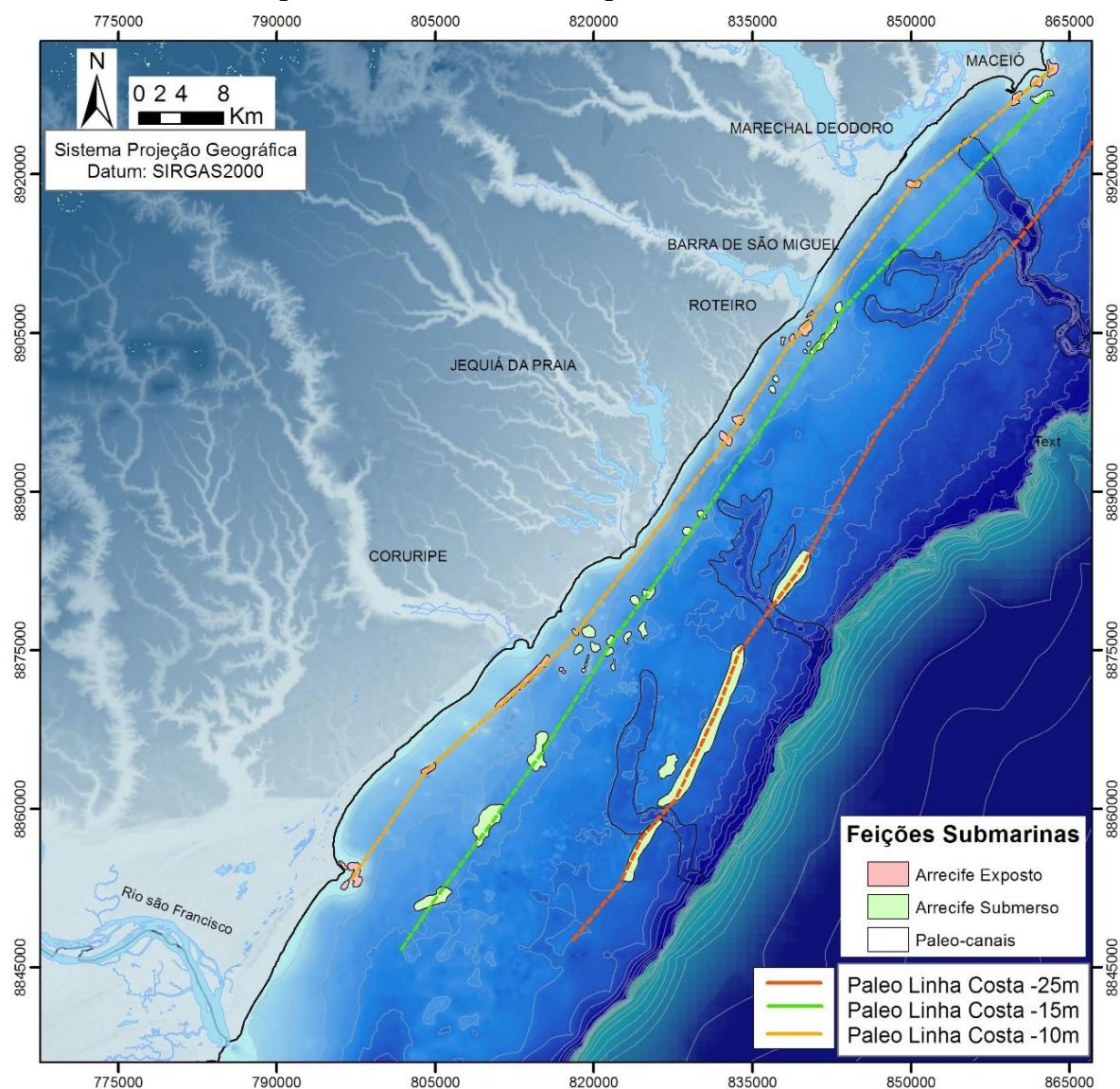
Figura 84 – Modelo do nível médio do mar na cota batimétrica de 40m, correspondente a idade entre 11.000 e 9.000 anos A.P.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

- **Recifes na plataforma continental.** Três conjuntos de recifes alinhados e paralelos à linha de costa foram identificados na plataforma continental sul de Alagoas, posicionados nos níveis batimétricos de 25m, 15m e 10m (Fig. 85). Estes recifes são constituídos por arenitos de praia na base e recobertos por construções carbonáticas sendo considerados indicadores de paleolinhas de costa (Santos et al., 2019). Na plataforma norte de Sergipe foi identificado os alinhamentos de recifes da Pedra do Robalo (18m) e Grageru (30m) e no sul de Sergipe os recifes submersos ocorrem como um conjunto alinhado e paralelo à linha de costa, posicionados no nível batimétrico de 25 a 30 m e também foi verificado um alinhamento de arenito na foz do rio Japaratuba.

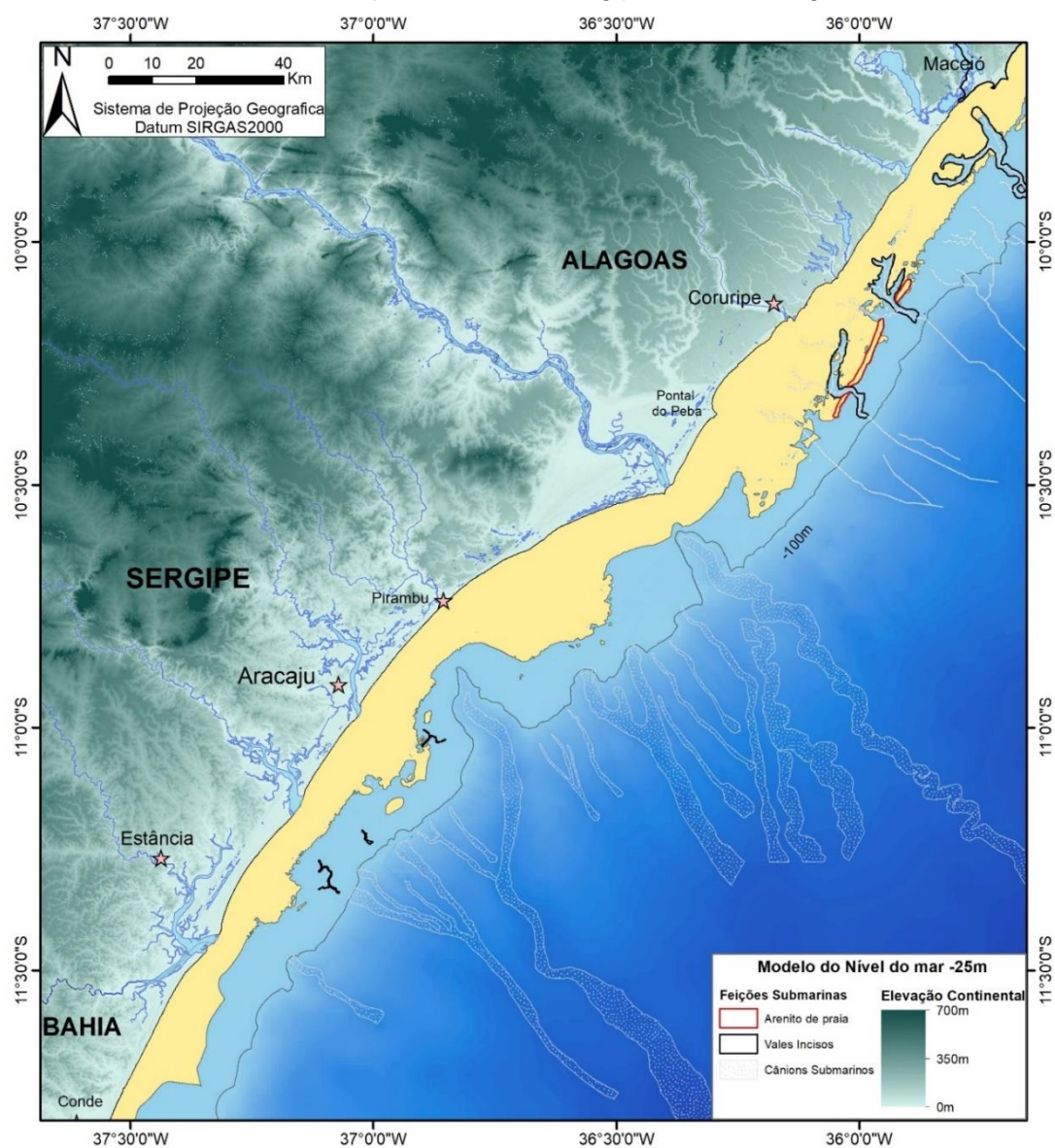
Figura 85 - Períodos de estabilização do nível do mar identificando as três paleo-linhas de costa na margem continental sul de Alagoas.



Fonte: Santos et al. (2018).

Paleolinha de costa no nível batimétrico 25 m. Estes recifes submersos ocorrem na profundidade de 25 m, com morfologia escarpada e com continuidade lateral. Feições semelhantes (recifes submersos) são encontradas em outras regiões da plataforma continental nordestina (SANTOS, 2010; PIERRI, 2015; ARAUJO; AMARAL, 2016). Estas feições alinhadas foram interpretadas como registro de antigas linhas de costa arenosas, preservadas após a última transgressão marinha no fundo plataformal, sendo posteriormente colonizadas por organismos carbonáticos. Alinhamentos de recifes de arenitos de praia recobertos por construções carbonáticas ocorrem de forma destacada próximo à borda da plataforma sul de Alagoas, alinhados em ambos os lados da porção final dos vales incisos (Fig. 86).

Figura 86 – Modelo do nível do mar na cota batimétrica de 25m, correspondente a idade entre 9.000 e 7.000 anos A.P. na plataforma de Sergipe e sul de alagoas.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

Fairbridge (1961) e Ward (1971) destacam que entre 9.000 e 7.000 anos, forte oscilação climática causou pelo menos uma estabilização do nível do mar, verificada em várias partes do mundo, correspondendo ao nível de -20m.

Paleolinha de costa no nível batimétrico 15 m. Os recifes arenosos alinhados e submersos na curva batimétrica de 15m ocorrem de forma descontínua do Pontal do Peba ao Pontal do Coruripe, na plataforma sul de Alagoas. A posição batimétrica desta paleolinha de costa pode ser correlacionada a outras ocorrências na plataforma continental brasileira para as quais foi atribuída idade em torno de 7.000 anos A.P. (SOLEWICZ, 1989). Esta idade corresponde à ocorrência de um nível indicativo de uma estabilização notável no nordeste brasileiro, quando a taxa média de elevação do nível do mar decresceu consideravelmente (VIANNA; SOLEWICZ, 1988).

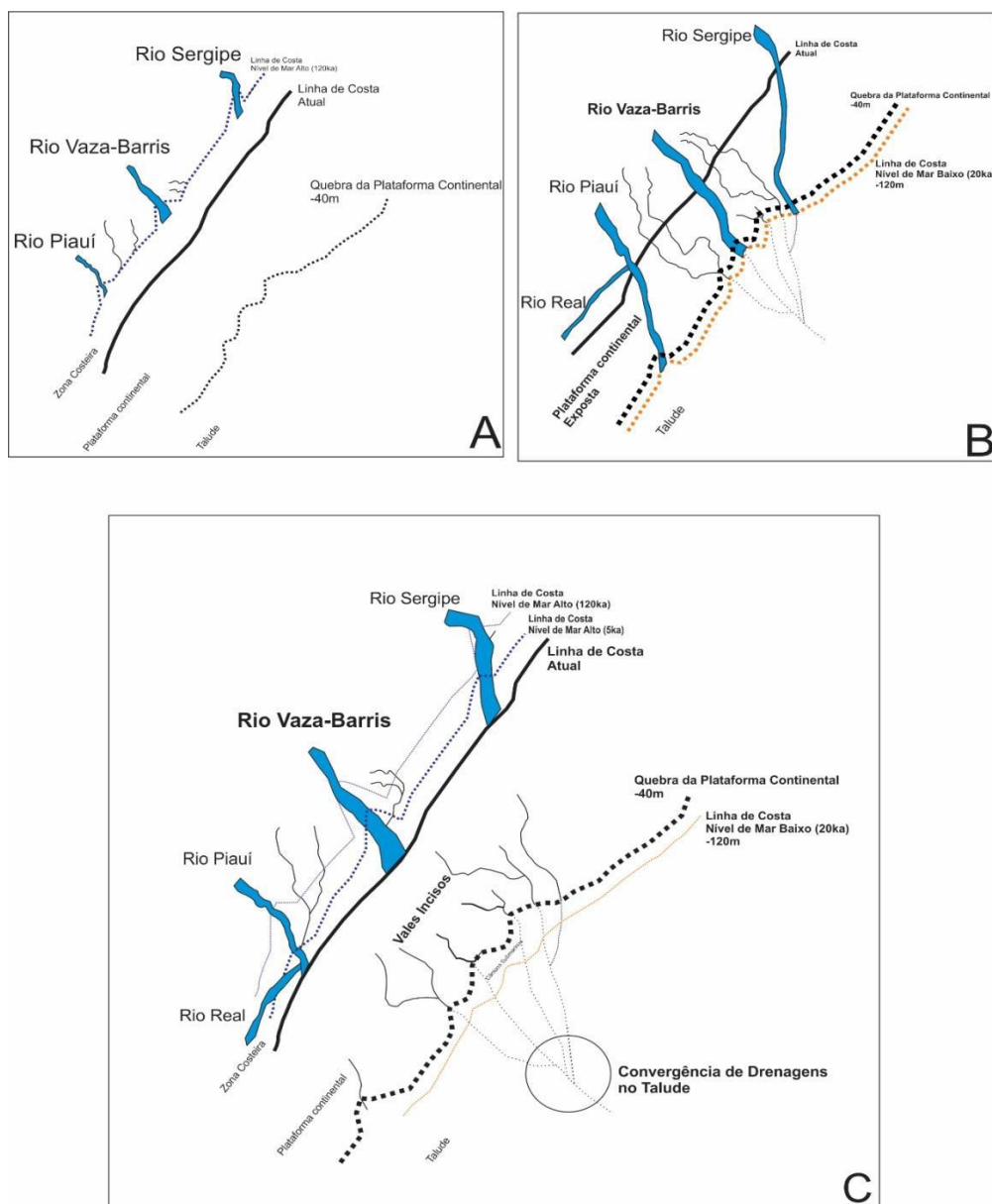
Paleolinha de costa no nível batimétrico 10 m. Na plataforma continental de Alagoas, próximo à costa entre Maceió e o Pontal do Coruripe afloram arenitos de praia recobertos por construções carbonáticas. Estes recifes estão distribuídos desde a profundidade de 10 metros até o nível do mar atual, ficando em grande parte expostos por ocasião da maré baixa. Uma datação no recife de Pontal do Peba, por Carbono 14, forneceu idade de 4.310 \pm 180 anos A.P. indicando um antigo nível do mar situado a 0,42m acima do atual (BARBOSA, 1985).

Outros indicadores da evolução da plataforma continental foram analisados em diversos trabalhos. Na margem continental de Sergipe associada ao rio Vaza-Barris, diversos vales incisos foram registrados com morfologias geradas por diferentes competências fluviais, provavelmente não resultaram apenas de paleocanais do Vaza-Barris, mas sim, de outros rios que tiveram a tendência de fusão com este no momento em que o nível do mar recuou (Fig. 87). Neste período, o nível do mar recuou, expondo subaereamente a plataforma o que permitiu o prolongamento de alguns rios costeiros, entre esses, alguns tributários do Vaza-Barris, do rio Piauí e o rio Sergipe até a borda continental, que convergiram no talude (SANTOS, 2015).

Por ser uma margem continental estreita (~20 km), os vales incisos foram submetidos a processos de incisão por um tempo superior às plataformas que apresentam maiores dimensões, o que ajudou em um maior período de incisão e ajuste do perfil longitudinal do rio. A formação dos vales incisos e a tentativa de

equilíbrio do gradiente fluvial ao novo nível de base, no período de mar baixo, promoveu a degradação da planície fluvial no continente, que apenas diminuiu a intensidade de incisão vertical a aproximadamente 35 km a montante da linha de costa atual, numa área em que foi identificada uma ruptura de declive (*knickpoint*) mais próximo da plataforma continental, sendo essa a distância de influência mais intensa do período de nível do mar baixo da região (SANTOS, 2015).

Figura 87 - Modelo hipotético de convergência de rios na formação dos vales incisos identificados defronte ao rio Vaza-Barris. **A)** Penúltimo estágio de nível de mar alto, no qual os rios costeiros estavam afogados, como estuários; **B)** No Último Máximo Glacial, o nível do mar recuou a aproximadamente 110 m do nível atual, tornando exposta a plataforma continental e o rio Vaza-Barris avançando até o talude; **C)** No Holoceno, o nível do mar subiu e afogou novamente o rio Vaza-Barris e os outros rios, formando estuários, que configuram a zona costeira atual.

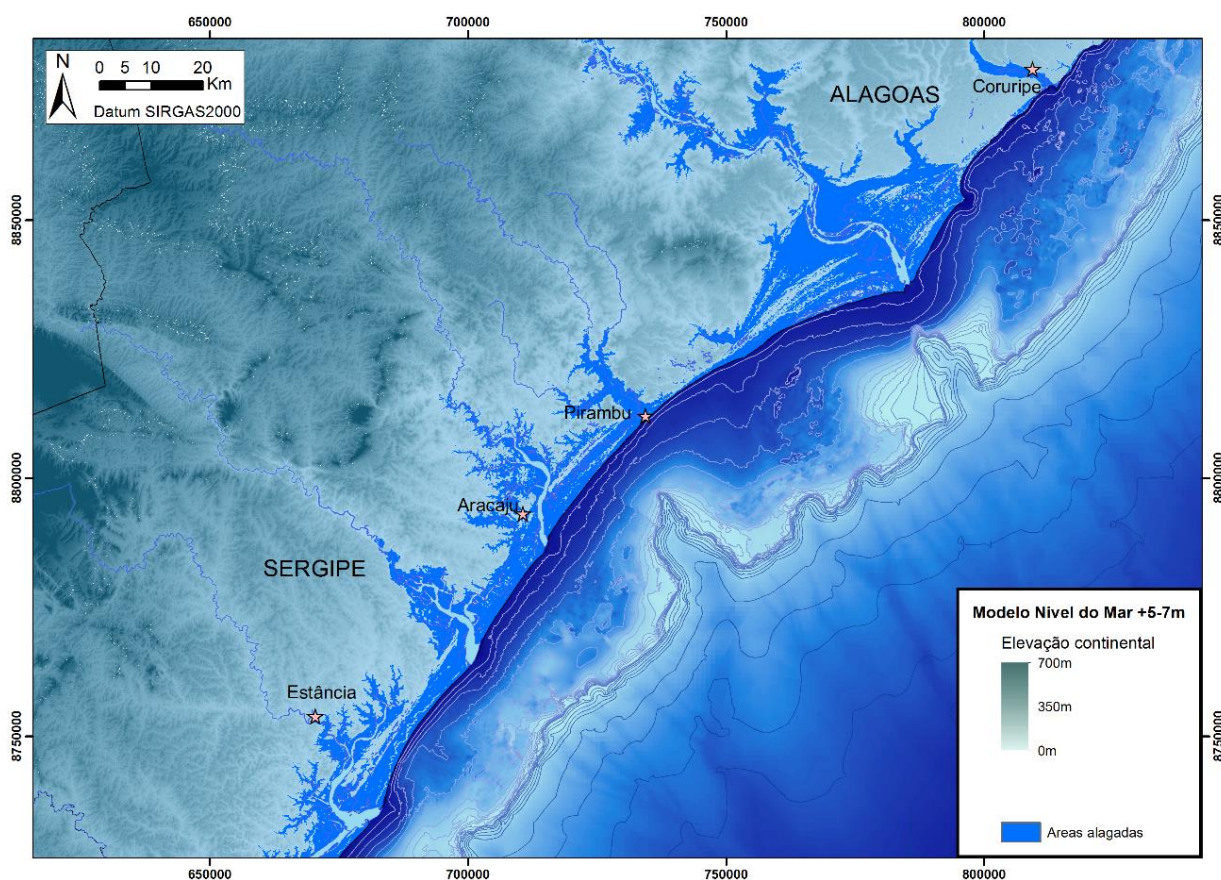


Fonte: Modificado de Santos (2015).

Máximo da transgressão Marinha. De acordo com a curva de Salvador (Fig. 17), o nível do mar ultrapassou o nível atual em torno de 7.000 anos A.P. e atingiu seu nível máximo em 5 metros acima do nível atual, há aproximadamente 5.660 anos A.P. (SUGUIO et al., 1985; MARTIN et al., 2003). Neste momento as planícies costeiras atuais se encontravam totalmente submersas (Fig. 88), formando as escarpas na Formação Barreiras.

Posteriormente, o nível do mar iniciou a fase de regressão (período regressivo) em torno de 5.000 anos A.P. até os dias atuais, onde as áreas que foram alagadas se tornaram emersas, formando as principais planícies que temos atualmente na região costeira. Os cordões litorâneos encontrados nas planícies costeiras são indicativos desse período regressivo, pois com o rebaixamento do nível do mar, estas feições foram sendo formadas e são indicativos de antigas linhas de costa.

Figura 88 - Transgressão marinha alagando as áreas continentais onde hoje temos as principais cidades litorâneas. Nível do mar atingindo 5 m acima do nível atual em torno de 5.660 anos A.P.



Fonte: Jonas R. dos Santos, 2018.

7.4 Modelo de Evolução

A plataforma continental do nordeste oriental do Brasil é extremamente estreita e rasa em comparação com a largura média global de 78 km (SHEPARD, 1963). Na estreita plataforma do nordeste oriental, no entanto, a quebra da plataforma está localizada a uma profundidade entre 45 e 60 m (FONTES et al., 2017b). Esta falta de espaço de acomodação, em conjunto com o fato de que no período quaternário, particularmente durante os últimos 1 milhão de anos, a posição média do nível do mar foi de -60 m (LEA et al., 2002; WAELBROECK et al., 2002; BERGER, 2008; BLUM; HATTIER-WOMACK, 2009), isto implica que a plataforma ficou exposta subaerialmente quase continuamente durante este período ou que não houve nenhuma plataforma durante a maior parte do período quaternário.

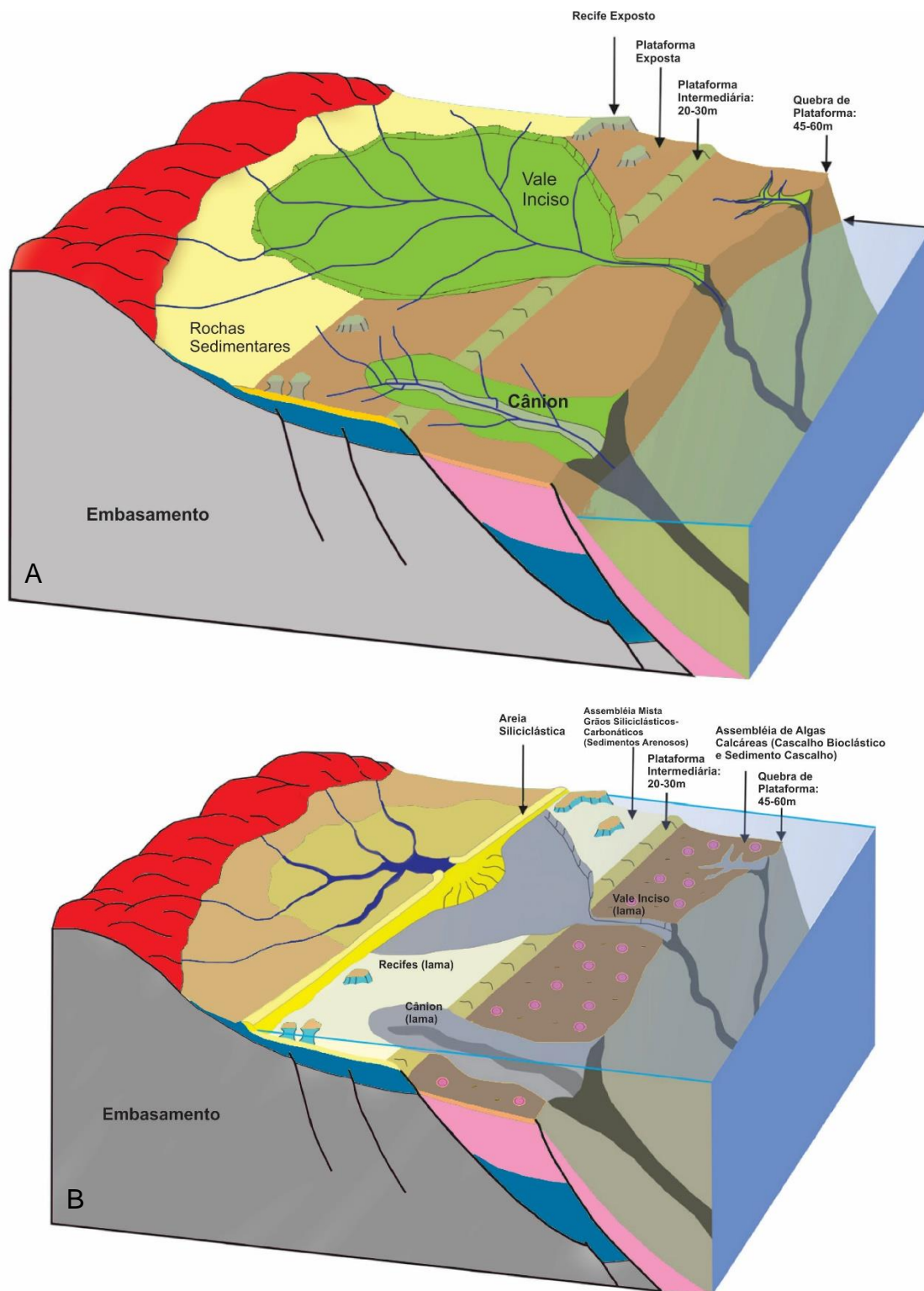
Esta exposição, em função da baixa profundidade da quebra de plataforma, favoreceu a extensa erosão da superfície da plataforma associada à formação de incisões de vales, que provavelmente iniciou assim que o nível do mar caiu abaixo de 20-30 m de profundidade. Uma implicação desta exposição subaérea prolongada é a redução da subsidência e que a geomorfologia submarina da plataforma é determinada por processos erosivos a longo prazo em oposição à sedimentação.

Os principais processos que operam durante os níveis do mar baixo incluem a erosão generalizada e o movimento de sedimentos até a borda da plataforma (DOMINGUEZ et al., 2012). Para Obelcz et al. (2014), a maioria das características geomorfológicas observadas nos cânions, na região do talude, foram formadas durante o Pleistoceno, e mostram apenas pequenas modificações por processos ativos no Holoceno, durante o atual nível de mar alto.

Com base no modelo conceitual de sedimentação na plataforma continental estreita e rasa de Sergipe e Alagoas (Fig. 89A), nos períodos de nível de mar baixo e consequentemente baixa sedimentação, a erosão na plataforma e na zona costeira adjacente dominou durante a maior parte do Quaternário, favorecendo assim a erosão e o desenvolvimento de grandes vales incisos.

Durante o último evento de deglaciação, essa paisagem foi rapidamente afogada pelo rápido aumento do nível do mar (BERGER, 2008). A inundação da plataforma começou em torno de 10 mil anos A.P. e foi concl ida 3 mil anos depois (BEZERRA et al., 2003; CALDAS et al., 2006). Portanto, condições oligotróficas foram criadas na plataforma externa, onde favoreceu a sedimentação de carbonatos (Fig. 89B).

Figura 89 - Modelo conceitual de sedimentação na plataforma estreita e rasa de Sergipe e Alagoas. **A** – Baixa sedimentação – em função plataforma rasa e estreita, a erosão na plataforma e zona costeira adjacente dominou durante a maior parte do Quaternário. A erosão favoreceu o desenvolvimento de grandes vales incisos. **B** - Elevada sedimentação - durante os episódios de elevação do nível do mar, a plataforma e a zona costeira foram inundadas, os vales incisos foram parcialmente sendo preenchidos de sedimentos finos e favoreceu a sedimentação carbonática na borda da plataforma.



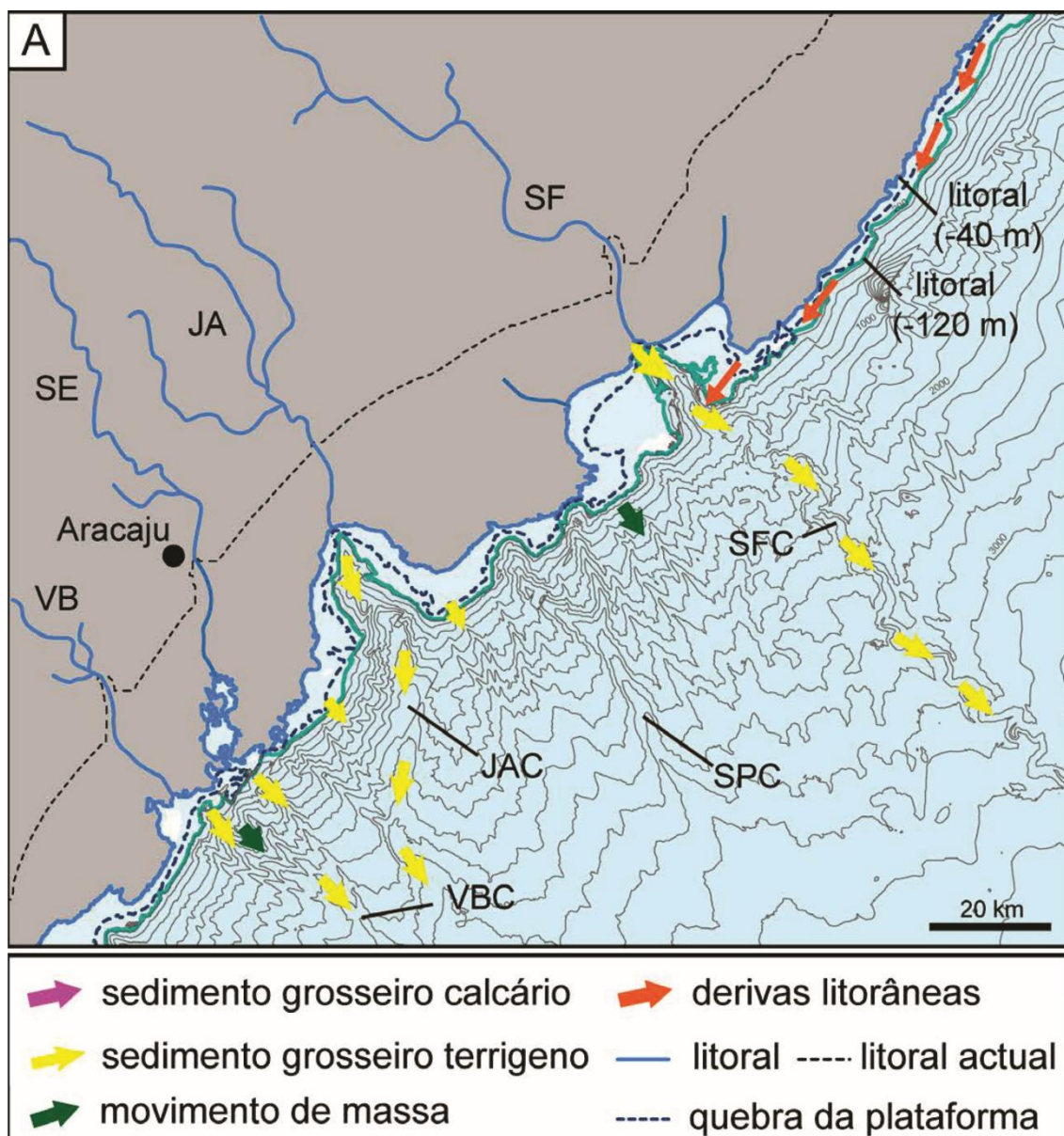
Fonte: Adaptado de Dominguez et al. (2013).

Os construtores de estruturas de carbonato começaram a se desenvolver nas zonas eufóticas que circundam o litoral, usando os substratos duros disponíveis, como por exemplo, os terraços de abrasão esculpidos nas rochas sedimentares mesozóicas. A fauna de corais endêmicos adaptou-se a níveis de alta turbidez, permitindo o desenvolvimento de acúmulos de estruturas nesses locais (LEÃO et al., 2003; NEVES et al., 2005, 2006). Nas áreas baixas da plataforma, como os vales e a cabeceiras dos cânions, ficaram retidos os sedimentos finos e se distribuiu por toda a plataforma como resultado do efeito de desaceleração no fluxo na plataforma (Fig. 89B). (PUGA-BERNABÉU et al., 2011; DOMINGUEZ et al., 2013).

Nos momentos do nível de mar alto a plataforma e a zona costeira foram inundadas, sendo formados estuários e baías menores, e houve elevada sedimentação nestes locais. Os vales incisos foram parcialmente sendo preenchidos de sedimentos finos e as areias siliciclásticas acumularam-se ao longo da costa, atingindo grande concentração nas proximidades dos deltas de marés e na foz dos rios (DOMINGUEZ, 2009; DOMINGUEZ et al., 2009). O reduzido fluxo siliciclástico favoreceu a sedimentação carbonática e assembleias de grãos oligotróficos na borda da plataforma e os construtores de estruturas (corais hermatípicos) desenvolveram-se nas áreas rasas que margeiam o litoral (Fig. 89B).

A Figura 90 mostra as principais vias de dispersão e transferência de sedimento até o talude em situações de nível do mar baixo. Os rios São Francisco e Japaratuba conectavam com a cabeceira de seus respectivos cânions submarino quando o nível do mar estava a 40m abaixo do atual, proporcionando o fornecimento de sedimento diretamente até águas profundas (PUGA-BERMABÉU, 2017). Nesta situação de conexão direta, o aporte de sedimento do São Francisco chegaria diretamente a águas profundas e resultou na captura do sistema de deriva litorânea de nordeste, transferindo quantidades adicionais de sedimento ao cânion submarino. A captura da deriva litorânea também reduziu a quantidade de sedimento que chegaria às zonas mais costeiras situadas ao sul como os cânions Piranhas, Sapucaia e Japaratuba.

Figura 90 - Esquema dos processos e das principais vias de dispersão de sedimento na plataforma e talude durante condições de nível de mar baixo (-110 m abaixo da posição atual) na plataforma continental SEAL. Rios: São Francisco (SF), Japaratuba (JA), Sergipe (SE), Vaza-Barris; Cânions: São Francisco (SFC), Sapucaia-Piranhas (SPC), Japaratuba (JAC), Vaza-Barris (VBC).



Modificado de Puga-Bernabéu (2017).

O rio Japaratuba, possivelmente, conectou-se com seu cânion em um tempo semelhante ao São Francisco. No entanto, uma diferença significativa é a ausência de sedimentos arenosos nos testemunhos obtidos no talvegue da parte superior do canal do Japaratuba, o qual é dominado por depósitos de transporte de massa (KOWSMANN et al., 2017) e estável sob condições gravitacionais atuais de acordo com os estudos de estabilidade do talude na margem SEAL (BORGES et al., 2017). Isto deve-se à menor taxa de aporte de sedimento fluvial procedente do rio

Japaratuba, o qual tem uma bacia de drenagem muito pequena, baixo gradiente de relevo e ausência de aporte sedimentar por deriva litorânea capturada pelo São Francisco ou também que os fluxos de sedimento foram canalizados até águas profundas (PUGA-BERMABÉU, 2017), durante o rebaixamento do nível do mar.

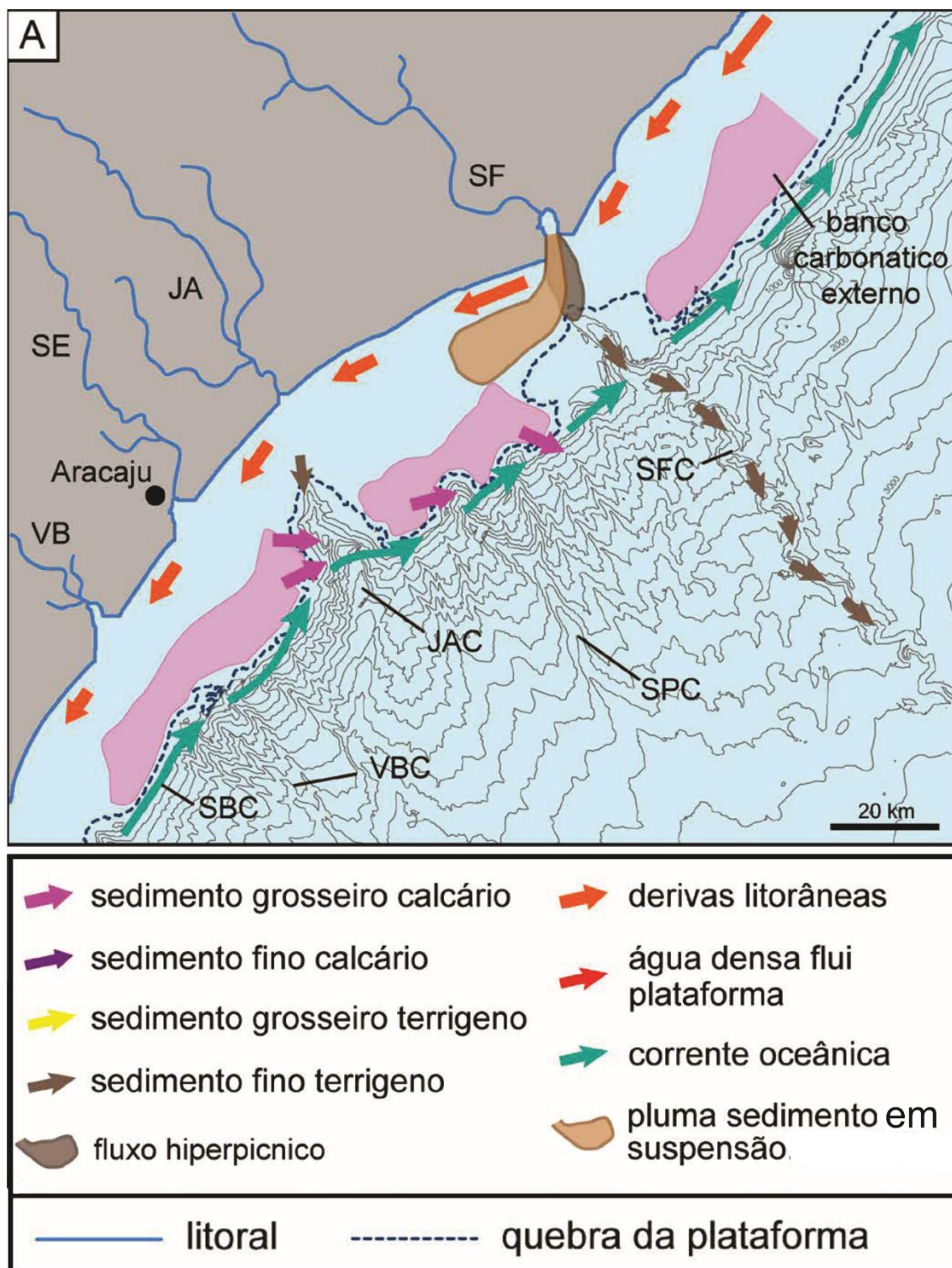
Quando o nível do mar alcançou os -60m abaixo do atual, possivelmente a partir deste patamar, os demais canais submarinos ou sistemas sedimentares, como o Vaza-Barris e Piauí-Real também receberam aporte fluvial, mas que era lançado diretamente ao talude.

Nas condições de nível do mar atual, a quantidade de sedimento que chega à plataforma SEAL e ao seu destino final é controlado pelo clima, morfologia da plataforma e pelos processos oceanográficos que nela atuam (OLIVEIRA et al., 2012; LIMA et al., 2014; KAMPEL et al., 2014). A plataforma continental estreita e sua reduzida profundidade, condicionada por uma quebra da plataforma rasa, fazem com que a sedimentação na plataforma seja fortemente controlada pela ação das ondas e correntes (COUTINHO, 1981; DOMINGUEZ, 1990). Como consequência, a maior parte do sedimento fluvial de granulometria grossa transportado até a plataforma é trapeada e remobilizada ao largo da costa, principalmente de nordeste para sudoeste, pela intensa deriva litorânea (BITTENCOURT et al., 2002; 2006).

Uma síntese dos processos e vias de transporte de sedimento na plataforma e talude na SEAL em condições de nível de mar atual é apresentada na Figura 91. Na plataforma continental SEAL, o sedimento fluvial arenoso que chega na plataforma é rapidamente mobilizado pelas correntes de deriva litorânea ou disperso por plumas de sedimentos em suspensão (OLIVEIRA et al., 2012), sem possibilidade de ser lançado para águas profundas, apesar da existência de grandes cânions fortemente encaixados na plataforma como o São Francisco e o Japaratuba e somente em frente a desembocadura destes grandes cânions, principalmente o São Francisco, o sedimento de grão fino é mobilizado para águas profundas, principalmente durante eventos de tempestade ou inundação fluvial na forma de fluxos hiperpícnicos (FONTES, 2015; FONTES et al., 2017c; PUGA-BERMABÉU, 2017).

A presença das ravinas e vales incisos sem preenchimento na plataforma continental SEAL indicam que, na parte externa da plataforma, a chegada de sedimentos é limitada durante as condições de mar alto atual (DOMINGUEZ, et al., 2013; FONTES, et al., 2017d), não havendo o preenchimento total dos paleocanais.

Figura 91 - Esquema dos processos e das principais vias de dispersão de sedimento na plataforma e talude SEAL durante condições de nível de mar alto como o atual. Rios: São Francisco (SF), Japarutuba (JA), Sergipe (SE), Vaza-Barris; Cânions: São Francisco (SFC), Sapucaia-Piranhas (SPC), Japarutuba (JAC), Vaza-Barris (VBC); correntes oceânicas: Subcorrente Norte do Brasil (SNB).



Modificado de Puga-Bernabéu (2017).

Na região Nordeste do Brasil, a maioria das bacias hidrográficas costeiras são de tamanho limitado, aportando pequenas quantidades de sedimentos para os sistemas marinhos, sendo o litoral do Estado de Alagoas, classificado como faminto por sedimentos (DOMINGUEZ, 2009; BITTENCOURT et al., 2006). A reduzida chegada de sedimentos e a profundidade rasa da plataforma, favorecem o desenvolvimento de carbonatos que tomam a maior parte da plataforma externa, sendo uma área fonte de material de sedimento grosso, principalmente autóctone (bioclásticos), que pode ser mobilizado e possivelmente a subcorrente do norte do Brasil contribui para a dispersão destes sedimentos de borda da plataforma até o talude.

Durante os períodos de nível de mar baixo ocorre a redução da largura da plataforma e às fontes de material terrígeno estão próximas ao talude e, com isso, não há o desenvolvimento do banco carbonático externo. Desta forma, a morfologia da plataforma externa faz com que o sedimento terrígeno seja transferido até águas profundas e não retido atrás das barreiras físicas que representam os recifes de borda da plataforma.

A plataforma continental SEAL constitui atualmente uma margem mista, mas a dinâmica desta margem, durante os períodos de nível de mar baixo, se assemelha aos descritos como sistemas siliciclásticos (DIAS, 2004; PUGA-BERMABÉU et al., 2014). Nas margens mistas como a SEAL, a transferência de sedimento até o talude é mais complexa e variável ao longo da margem, controlada pela morfologia da borda da plataforma e pelos sistemas de cânions submarinos no talude (WEBSTER et al., 2012; PUGA-BERNABÉU et al., 2014).

Deste modo, a posição relativa do nível do mar e a quebra da plataforma são os fatores de controle mais importantes na transferência de sedimento até águas profundas na plataforma continental SEAL. Nesta margem, a baixa profundidade da quebra da plataforma faz com que se trate de uma plataforma com um espaço de acomodação baixo e, portanto, muito sensível às flutuações do nível do mar durante os ciclos glacial-interglacial Quaternários.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O levantamento e análise das informações apresentadas possibilitaram obter um novo patamar de conhecimento sobre esta região da margem continental Brasileira, que anteriormente pouco se conhecia a respeito das feições morfológicas do fundo marinho e suas interações. Porém, novos estudos podem ser desenvolvidos para uma melhor definição da origem e formação das feições morfológicas.

A plataforma continental Sergipe-Alagoas apresentou a quebra da plataforma nos 45 m de profundidade caracterizando-se como uma plataforma estreita e rasa, a forte influência dos rios, altos submarinos e a incisão dos cânions São Francisco e Japarutuba na plataforma continental.

Com base nos dados do modelo batimétrico foi possível ter um melhor entendimento sobre a disposição e o desenvolvimento de recifes da plataforma continental, terraços e características relacionadas aos vales incisos, e a influência das drenagens submarinas na transferência de sedimentos continente-oceano durante as oscilações do nível do mar no Pleistoceno. Verificou-se que ocorrem recifes isolados com a presença de algas incrustantes e corais sobre uma base rochosa. A existência destes recifes na plataforma continental de Sergipe, ao sul da foz do rio São Francisco, rompeu a ideia de que o rio era uma barreira efetiva na formação de recifes e corais nesta região. Entretanto, novos estudos devem ser desenvolvidos a fim de caracterizar melhor estes recifes e os organismos que ali podem ser encontrados.

Devido à baixa profundidade da quebra de plataforma, toda a plataforma SEAL foi exposta na maior parte dos últimos ciclos glaciais. Esta exposição favoreceu a extensa erosão da superfície da plataforma associada ao desenvolvimento de incisões de vales. A incisão provavelmente começou assim que o nível do mar caiu abaixo de 20-30 metros de profundidade. Assim constatamos que a origem dos vales incisos está relacionada ao último máximo glacial quando os rios escavaram a plataforma continental e aportavam diretamente no talude e a formação dos recifes está associada a variação do nível do mar, na última transgressão marinha.

A presença de terraços no limite entre a plataforma e o talude é um dos principais paleo-indicadores de estabilização do nível relativo do mar nestes locais. Os terraços identificados na plataforma continental SEAL são indicativos de antigas

posições de estabilização do nível do mar do último ciclo regressivo-transgressivo (Deglaciação), entre o final do Pleistoceno e o Holoceno. Desta forma, essa zona de transição da borda externa da plataforma para o talude superior necessita ser estudada em maior detalhe, devido a esta transição ser feita em degrau, onde podem ser encontrados pequenos terraços e locais de deposição de lama carbonática.

As feições construtivas mais significativas, tais como o banco carbonático externo e os recifes, respondem a um controle climático que favorece as condições ambientais adequadas e a processos oceanográficos, que trapeiam o material terrígeno continental próximo à costa.

A região estudada apresentou ampla diversidade de tipos de relevo e sedimentos no fundo marinho, possibilitando individualizar a plataforma continental SEAL em 5 províncias morfo-sedimentares, cada qual apresentando suas características morfológicas e sedimentar.

As duas amplas zonas lamosas estão associadas ao aporte fluvial, entretanto, a zona lamosa do Japaratuba é incompatível com a dimensão do atual sistema fluvial existente. Contatou-se então que existiu um paleo sistema fluvial do Japaratuba, estando este atualmente desativado, não mais contribuindo de forma significativa para a sedimentação na plataforma. Foi verificado também que o cânion se encontra inativo e desconectado da sua fonte fluvial.

Observou-se uma nítida transição da composição sedimentar com o aumento da profundidade, onde em regiões mais rasas têm-se o predomínio de sedimentos de origem continental (alóctones) e em regiões mais profundas sedimentos biogênicos (autóctones), entretanto, esta característica é interrompida pelas zonas lamosas do São Francisco e Japaratuba.

A plataforma continental SEAL é do tipo mista siliciclástica-carbonática. Os componentes biogênicos são constituídos principalmente por foraminíferos, algas vermelhas e briozoários, que são responsáveis pela formação de um banco carbonático na plataforma externa. A fração cascalho é composta predominantemente por algas vermelhas.

As principais fontes de sedimento para os depósitos sedimentares na plataforma continental de Sergipe correspondem ao material trazido em suspensão pelos rios; aos antigos depósitos subaéreos de areias (reliquias); e a produção de

carbonatos *in situ* pelos organismos. Desta maneira, constata-se que a plataforma de Sergipe e Alagoas apresenta três tipos de sedimentação das margens continentais, sendo elas a sedimentação terrígena, proveniente das bacias de drenagem; deposição de sedimentos biogênicos, resultantes de uma intensa atividade organógena, típica da plataforma do nordeste oriental Brasileiro e também trechos com sedimentos relíquias, que são sedimentos depositados em outras condições que ficaram preservados.

Assim, confirmou a hipótese analisada que a composição sedimentar na PCSEAL é controlada pelos aportes fluviais, a redistribuição sedimentar pela dinâmica oceanográfica e pela formação de sedimentos biogênicos, os quais apresentaram a variabilidade sedimentar do fundo marinho atual.

Em relação as biofácies foram definidas associações do tipo *foramol* e ou *heterozoan* que predominam na maior parte de plataforma, indicando um ambiente rico em nutrientes e de baixa luminosidade. As diferenças na idade dos sedimentos biogênicos podem estar associadas ao ambiente de deposição, como também a remobilização e transporte dos grãos na área.

Os índices ecológicos distinguiram dois tipos de ambientes na PCSEAL. No primeiro ambiente, que constituem os sedimentos arenosos e cascalhosos, independente do teor de carbonatos, foi observado altos valores de diversidade, baixa dominância e baixo valor de equitatividade. No segundo ambiente, referente às zonas lamosas, ocorre baixa diversidade, alta dominância e alta equitatividade. Desta maneira, verificou-se que as características sedimentares influenciam na ocorrência e distribuição dos componentes biogênicos ao largo PCSEAL.

Desta maneira, verificou-se que a distribuição dos sedimentos biogênicos na plataforma continental SEAL resulta de um ajuste morfodinâmico entre a circulação e a topografia da plataforma. Assim, confirmou-se a hipótese analisada sobre ocorrência e distribuição dos componentes biogênicos na plataforma continental SEAL.

A partir do mapeamento realizado, uma ampla diversidade de feições fora registrada na plataforma continental Sergipe e Alagoas, tanto nas feições morfológicas, nos sedimentos e nos componentes biogênicos que compõem o fundo, sendo estes correlatos de eventos anteriores. Desta forma, os dados confirmam a

hipótese de que ocorreram alterações ambientais na plataforma continental em função das variações do nível médio do mar, durante os períodos transgressivos e regressivos.

A plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas caracteriza-se pelas características deposicionais, que se modificam tanto no sentido longitudinal à linha de costa, como no sentido transversal à plataforma. As mudanças no sentido longitudinal estão intimamente ligadas aos aportes e relevo continental, principalmente pelos rios São Francisco e Japaratuba. No sentido transversal à plataforma, a profundidade e distância da costa são os fatores preponderantes para a variação sedimentar. Desta maneira, compreendemos que as condicionantes que controlam a sedimentação na plataforma continental de Sergipe e sul da Alagoas resulta de um ajuste morfodinâmico entre a circulação, aportes continentais e a topografia da plataforma.

A dispersão de sedimento ao largo da plataforma até o talude nas condições eustáticas atuais é controlada pela interação entre a descarga fluvial, a ressuspensão de sedimento, a circulação de correntes na margem e a geometria da plataforma. A quantidade de sedimento grosso terrígeno que pode chegar ao talude na atualidade é muito limitada. No entanto, a presença do banco carbonático externo constitui uma fonte adicional de sedimentos grossos que podem ser remobilizados pelas fortes correntes oceânicas da borda da plataforma. Desta forma, novos estudos podem ser desenvolvidos visando o entendimento da transferência e dispersão de sedimento na margem continental SEAL, abordando a comparação dos processos de transferência de sedimento em termos qualitativos e quantitativos do balanço sedimentar.

As feições morfológicas e sedimentares aqui descritas são de grande importância ambiental, pois ajudam a compreender melhor a evolução das mudanças ambientais da plataforma continental SEAL e entender melhor a distribuição das fácies sedimentares. Os resultados aqui alcançados também fornecem importantes subsídios para o manejo dos diversos usos praticados na PCSEAL e a avaliação de impactos de atividades humanas que venham a ser licenciadas no futuro, como também na possível criação de unidades de conservação marinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBEY, E., WEBSTER, J.M., BEAMAN, J. Geomorphology of submerged reefs on the shelf edge of the Great Barrier Reef: the influence of oscillating Pleistocene sea-levels. **Marine Geology**. 288, 61–78. 2011.
- ABREU, J. G. N. **Sedimentologia, sismoestratigrafia e evolução da plataforma continental interna na área sob influência dos rios Itajaí-Açu e Camboriú, litoral Centro-Norte de Santa Catarina**. Doutor em Ciências - Programa de Pós-Graduação em Geociências: UFRGS. 140pg. 2010.
- ABREU, J. G. N. DE; CALLIARI, L. J. Paleocanais na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul: evidências de uma drenagem fluvial pretérita. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 23, n. 2, 123-132, 2005.
- ALMEIDA, N. M. DE; VITAL, H.; GOMES, M. P. Morphology of submarine canyons along the continental margin of the Potiguar Basin, NE Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, v. 68, p. 307–324, dez. 2015.
- ALMEIDA, N.M., VITAL, H., EICHLER, P.P.B., Aspectos sedimentológicos do talude continental setentrional do Rio Grande do Norte, NE do Brasil. **Pesquisas em Geociências**. 44, 537. 2017.
- ALMEIDA, A.G., KOWSMANN, R.O. Geomorphology of the continental slope and São Paulo Plateau. In: Kowsmann, R.O., editor. **Geology and Geomorphology**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 1. p. 33-66. 2015.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728. 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ALVE, E. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, Western Norway: **Journal of Foraminiferal Research**, v. 21, p. 1–19. 1991.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review: **Journal Foraminiferal Research**, v. 25, p. 190–203. 1995.
- AMARAL, C. A. B. Depósitos Carbonáticos. Serie Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira). **Recursos minerais da Margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**. Volume 10: 15-24. 1979.
- AMARAL, R. F. **Contribuição ao Estudo da Evolução Morfodinâmica do Litoral Oriental Sul do Rio Grande do Norte, Entre Ponta de Búzios e Baía Formosa**. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 252 p. 2000.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. Ed. UNISINOS. 2003.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, v.140, p.141-166, 1997.

- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. A critical review of mid-to late-Holocene sea level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quatern Sci Revs.** v. 25, p. 486-506, 2006.
- ANIMA, R. J.; EITREIM, S.L.; EDWARDS, B.D.; STEVENSON, A.J. Nearshore morphology and late Quaternary geologic framework of the northern Monterey Bay Marine Sanctuary, California. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 181, n. 1-3, p. 35-54, Mar. 2002.
- ARAÚJO, H.M.P. (Coord.) **Monitoramento da Plataforma Continental dos Estados de Sergipe e Alagoas sob Influência de Atividades Petrolíferas.** Relatório Técnico Final. Volume I. Contrato N° 120.2.053.01-7. FAPES/PETROBRÁS. Convênio N° 08/2001. FAPES/UFS/PETROBRÁS. Aracaju-SE, 161p. 2004.
- ARAÚJO, H. M.; SOUZA, A. C.; COSTA, J. J.; SANTOS, G. J. O Clima de Aracaju na Interface com a Geomorfologia de Encostas. **Scientia Plena.** Vol. 6, N 8. 2010.
- ARAÚJO, P. V. N.; AMARAL, R. F. Mapping of coral reefs in the continental shelf of Brazilian Northeast through remote sensing. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 16, n. 1, p. 5–20, mar. 2016.
- BAHIA, R. G.; ABRANTES, D. P.; BRASILEIRO, P. S.; PEREIRA-FILHO, G. H.; AMADO FILHO, G. M. Rhodolith bed structure along a depth gradient on the northern coast of Bahia State, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** (Impresso), v. 58, p. 323-337, 2010.
- BANDEIRA-PEDROSA, M. E.; PEREIRA, S.M.B.; OLIVEIRA, E.C. Taxonomy and distribution of the green algal genus *Halimeda* (Bryopsidales, Chlorophyta) in Brazil. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 363-377, junho 2004.
- BARBOSA, L. M. **Quaternário costeiro no Estado de Alagoas: influências das variações do nível do mar.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, 1985.
- BEAMAN, R.J., WEBSTER, J.M., WUST, A.J.,. New evidence for drowned shelf edge reefs in the Great Barrier Reef, Australia. **Marine Geology**, 247, 17–34. 2008.
- BERGER, W. Sea level in the late Quaternary: patterns of variation and implications. **International Journal of Earth Sciences** 97, 1143–1150. 2008.
- BERGUE, C.T., COIMBRA, J.C. Late Pleistocene and Holocene bathyal ostracodes from the Santos Basin, southeastern Brazil. **Palaeontographica. Abteilung A: Palaeozoologie – Stratigraphie.** Stuttgart- 285(4):101-144. 2008.
- BEZERRA, F. H. R.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Holocene sea level history on the Rio Grande do Norte State Coastal, **Brazil. Mar. Geol.**, v. 196, p. 73-89, 2003.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS BOAS, G. S.; FLEXOR, J. M.; MARTIN, L. Geologia dos depósitos quaternários do litoral do Estado da Bahia. In: INDA, H. (ed.) **Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia:** textos básicos. Salvador. Secretaria de Minas e Energia/COM, v.1, p. 2-21, 1979.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FERREIRA, Y. A. Evolução paleogeográfica Quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13 (2), p. 93-97. 1983.

- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, I. R.; SOUSA, D. L. A. Significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: implications on coastal Quaternary evolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. V. 74 (3), p. 505-518. 2002.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; OLIVEIRA M. B.; DOMINGUEZ J. M. L. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Sergipe. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 213-218. 2006.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FONTES, L. C. S.; SOUSA, D. L.; SILVA, I. R.; SILVA, F.R. Wave Refraction, River Damming, and Episodes of Severe Shoreline Erosion: The Sao Francisco River Mouth, Northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.23, n.4, p.930-938, 2007.
- BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**. v.26, p.1237–1248. 2001.
- BLUM, M. D., HATTIER-WOMACK, J. Climate change, sea-level change, and fluvial sediment supply to deepwater depositional systems. In: Kneller, B., Martinsen, O.J., McCaffrey, B. (Eds.), **External Controls on Deep-Water Depositional Systems**. SEPM Special Publication, 92. SEPM, Tulsa, Oklahoma, USA, pp. 15–40. 2009.
- BOLTOVSKOY, E.; TOTAH, V. Diversity, similarity and dominance in benthic foraminiferal fauna along one transect of the Argentine shelf. **Revue Micropaleontologie**, 28(1): 23-31. 1985.
- BONSENCE, D. W. J., The occurred and ecology of recent rhodoliths – A review. In: Peryt, T. **Coated Grains**, Springer Verlag, 1983.
- BORGES, R. G.; FERREIRA, E. T. I.; OLIVEIRA JR., E. A. Condições de resistência e estabilidade dos sedimentos do talude e sopé continentais de Sergipe-Alagoas. In: FONTES, L. C. S.; KOWSMANN, R. O.; PUGA-BERNABÉU, Á. (Ed.). **Geologia e Geomorfologia da Bacia de Sergipe-Alagoas**. São Cristóvão: Ed. UFS, 2017. cap. 7, p.198-231.
- BURGER, R. L.; FULTHORPE, C. S.; AUSTIN JR., J. A. Late Pleistocene channel incisions in the southern Eel River Basin, northern California: implications for tectonic vs eustatic influences on shelf sedimentation patterns. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 177, n. 3-4, p. 317-330, July 2001.
- CAINELLI, C. **Sequence stratigraphy, canyons, and gravity mass flow deposits in the Piaçabuçu Formation, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil**. Ph.D Dissertation, The University of Texas at Austin, USA, 233p., 1992.
- CALDAS, L. H. O.; STATTEGGER, K.; VITAL, H. Holocene sea-level history and coastal evolution: evidences from coastal sediments of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 228, p. 39-53, 2006.
- CAMARGO, J. M. R. ARAUJO, T. C. M.; MAIDA, M.; USHIZIMA, T.M. Morfologia da plataforma continental interna adjacente ao município de Tamandaré, sul de Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**. 25(Supl. 1): 79-89. 2007.
- CAMARGO, J. M. R. ARAUJO, T. C. M.; FERREIRA, B.P.; MAIDA, M.; Topographic features related to recent sea level history in a sediment-starved tropical shelf:

- Linking the past, present and future. **Regional Studies in Marine Science**, 2,203–211. 2015.
- CAMPOS NETO, O. P.; SOUZA-LIMA. W.; CRUZ. F. E. G. Bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio De Janeiro. V. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.
- CARANNANTE, G.; ESTEBAN, M.; MILLIMAN, J.D.; SIMONE, L. Carbonate lithofacies as palaeolatitude indicators: problems and limitations. **Sedimentary Geology**. 60: 333-346. 1988.
- CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. Caracterização geomorfológica da zona costeira do Estado de Sergipe. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia. 15p. 2006.
- CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf between 4°N and 34°S. In: Brink, K., Robinson, A. (Eds.), **The Sea – The Global Coastal Oceans**, Vol 10. Wiley, New York, pp. 209-251 (chapter 8). 1998:
- CHAVES, H.A.F. (ed.). Projeto REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes (relatório final). **Serie Projeto REMAC**, CENPES, v7, 177p. 1979.
- CHESF – COMPANHIA HIDRO ELETICA DO SÃO FRANCISCO. Disponível em: www.chesf.gov.br. Acesso em 30 agosto de 2018.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M., Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth: **Plymouth Marine Laboratory**, 144 p. 1994.
- CONTI, L. A. Evidências da evolução dos sistemas de paleodrenagens na plataforma continental da região de São Sebastião (litoral norte do Estado de São Paulo). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, 29 nov. 2009.
- CONTI, L. A.; FURTADO, V. V. Geomorfologia da plataforma continental do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 305–312, 1 jun. 2006.
- CONTI, L. A.; FURTADO, V. V. Topographic registers of paleo-valleys on the southeastern Brazilian continental shelf. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 2, p. 113–121, jun. 2009.
- COSTA, R. O. L. **Foraminíferos, ostracodes e microfauna associada da plataforma continental equatorial norte-riograndense, NE Brasil: área Porto do Mangue a Galinhos**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 136 pg. Natal, 2015.
- COUTINHO, P. N. Sedimentation at the Mouth of the São Francisco River (Brazil). **Trabalhos Oceanográficos** da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v. 9, 10, 11, p. 41-50, 1969.
- COUTINHO, P. N. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe**. Recife, 112p. 1976. Tese (Livre docência) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco.
- COUTINHO, P. N. Sedimentação na plataforma continental Alagoas-Sergipe. In: **Arquivos Ciências do Mar**, Fortaleza, 21(1/2): 1-18, 1981.

- COUTINHO, P. N. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. **Revista Geologia**, pp. 65-73, 1995.
- 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, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente. (Programa REVIZEE). 75 p. 2000.
- CUNHA, T. R. Evolução estratigráfica dos depósitos fluviais e deltaicos das Formações Serraria e Feliz Deserto da seção Jurássico Superior-Neocomiano da Bacia de Sergipe-Alagoas, Propriá - SE. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 118 p., 2010.
- CRUZ, L. R. **Caracterização tectono-estratigráfica da sequência transicional na sub-bacia de Sergipe**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 169 pg. 2008.
- DAVIES, J. L. Geographical variations in coastal development. New York: Longman Group. 204p. 1972.
- DIAS, G. T. M. Granulados Bioclásticos – algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**. Vol. 18 (3), p. 307-318. 2000.
- DIAS, G. T. M. Classificação de sedimentos marinhos, proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39; Salvador. **Anais...**, Salvador: SBG, 1996, 3: 423–426. 1996.
- DIAS, G. T. M.; GORINI, M. A.; GALLEA, C. G.; ESPÍNOLA, C. R. S.; MELLO, S. M.; DELLAPIAZZA, H.; CASTRO, J. R. J. C. Bancos de arenito de praia (beach-rocks) submersos na plataforma continental SE brasileira. In: **Anais...** Congresso Brasileiro de Geologia, 32. Salvador, Bahia, v. 4, 1982.
- DIAS, J. A. **Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos: uma introdução à oceanografia geológica**. Universidade do Algarve, Faro. 2004. Disponível em <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/>.
- DINIZ, R. F.; AMARAL, R. F. O papel dos arenitos de praia na configuração e reconhecimento da linha de costa oriental do Rio Grande do Norte. In: **IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. Recife, 2003. Publicação em CD Rom. São Paulo, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2003.
- DOMINGUEZ, J. M. L. Deltas dominados por ondas: críticas às idéias atuais com referência particular ao modelo de Coleman e Wright. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 20, n. 1-4, p. 352-361, mar./dez. 1990.
- DOMINGUEZ, J.M.L. The coastal zone of Brazil. In: Dillenburg, S.R., Hesp, P. (Eds.), **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 17–52. 2009.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L. Sea-level history and quaternary evolution of river-mouth-associated beach-ridge plains along the eastern/southeastern brazilian coast: a summary. In: NUMMEDAL, D.; PILKEY, O. H.; HOWARD, J. D. (eds) **Sealevel Fluctuation and Coastal Evolution**. Oxford, Soe. Econ. Paleont. Mineral. v. 41, p. 115-127, 1987.

- DOMINGUEZ J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68:355-371. 1996.
- DOMINGUEZ, J.M.L., ANDRADE, A.C.S., ALMEIDA, A.B., BITTENCOURT, A.C.S.P., The Holocene barrier strandplains of the state of Bahia. In: Dillenburg, S.R., Hesp, P. (Eds.), **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 253–288. 2009.
- DOMINGUEZ, J.M.L., NUNES, A.S., REBOUÇAS, R.R., SILVA, R.P., FREIRE, A.F.M., A Plataforma Continental do Estado da Bahia. In: Barbosa, J.M.L., Mascarenhas, J., Gomes, L.C.C., Dominguez, J.M.D. (Eds.), **Geologia da Bahia**, vol. 2. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, Bahia, Brazil, pp. 427–496. 2012.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; SILVA, R. P.; NUNES, A. S.; FREIRE, A. F. M. The narrow, shallow, low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. **Geomorphology**, 203, 46–59. 2013.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; SANTOS, A. N.; NASCIMENTO, L. The Sandy Beaches of the States of Sergipe-Alagoas. In: Andrew D. Short; Antonio Henrique da F. Klein. (Org.). **Brazilian Beach Systems**. 1ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2016, v. 17, p. 281-305.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; GUIMARÃES, J. K.; BITTENCOURT, A. C. S. P. ALAGOAS, SERGIPE E BAHIA. In: **Panorama da erosão costeira no Brasil**. (Org.) Dieter Muehe. pg. 381-431. 2018.
- DROOGER, C. W. E KAASSCHIETER, J.P. H. Foraminifera of the Orinoco Trinidad Paria shelf. Reports of the Orinoco Shelf Expedition. Vol. IV. N.V. **Noord Hollandsche Uitgevers Maatschappij**. Amsterdam.108p. 1958.
- EICHLER, P. P.; EICHLER, B. B.; GUPTA, B. S.; RODRIGUES, A. R. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on the inner continental shelf of southern Brazil: **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 22–30. 2012.
- EKAU, W.; KNOPPERS, B. Sedimentation processes and Productivity in the Continental Shelf Waters off East and Northeast Brazil. **Joint Oceanographic Projects. JOPS II, Cruise Report and First Results**. Bremen, Center for Tropical Marine Ecology. 1996.
- EKAU, W.; KNOPPERS, B.A. An introduction to the pelagic system of the East and Northeast Brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**. 47(2/3). 1999.
- EMERY, K. O. Relict sediments on continental shelves of the world. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, 52:445-464. 1968.
- FAIRBRIDGE, R. W. Eustatic changes in sea level. In: Van de Plassche, O. (Eds). **Sea-Level Research, Physics and Chemistry of the Earth**. v. 5, p. 99-185, 1961.
- FEIJÓ, F. J. Bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim Geociências Petrobras**, v. 8, n. I, p. 149-162. 1994.
- FERREIRA, A. G. E MELLO N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, n 1. 2005.

- FERREIRA, A. G e TRAVASSOS, P. Sensoriamento Remoto. In: **Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Geológica**; Fabio Hissa V Hazin; - Fortaleza: Editora Martins & Cordeiro, 2009. (Programa Revizee – Score Nordeste) 248p. ISBN 978-85-99121-10-8.
- FERREIRA JUNIOR, A. V. **Mapeamento da zona costeira protegida por arenitos de praia (beachrocks) em Nísia floresta – RN. Natal**, 2005. 91 p. Dissertação (de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- FERREIRA JÚNIOR, A. V.; ARAÚJO, T. C. M. de; VIEIRA, M. M.; NEUMANN, V. H.; GREGÓRIO, M. das N. Petrologia dos arenitos de praia (beachrocks) na costa central de Pernambuco. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 30, n. 4, p. 545-559, 2011.
- FIGUEIREDO Jr., A.G.; SILVA, F.T.; PACHECO, C.E.P.; VASCONCELOS S.C.; KOWSMANN, R.O. Sedimentologia da plataforma continental da Bacia de Campos. **ANAIS...** XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. Buzios-RJ. 2011.
- FIGUEIREDO Jr., A.G.; FONTES, L.C.S.; SANTOS, L.A.; SANTOS J.R.; MENDONÇA, J.B.S.; VIEIRA, L.R.S. Geomorfologia da Plataforma Continental da Bacia Sergipe-Alagoas. **Anais...** XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA. Buzios-RJ. 2011.
- FIGUEIREDO JR., A.G., PACHECO, C.E.P., VASCONCELOS, S.C., SILVA, F.T. Continental shelf geomorphology and sedimentology. In: Kowsmann, R.O., editor. **Geology and Geomorphology**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 1. p. 13-32. 2015.
- FLEMING, K. Refining the eustatic sea-level curve since the Last Glacial Maximum using far- and intermediate-field sites. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 163, n. 1-4, 327-342, Nov. 1998.
- FOLK, R.L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. **Journal of Geology**, 62(4):344-359. 1954.
- FOLK, R. L., WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**. 27: 3–26, 1957.
- FONTES, A.L.; SANTOS, M. A.; LIMA, E. S.; CORREIA, A.L.F. Caracterização sedimentar e morfodinâmica do litoral norte do Estado de Sergipe - contribuição ao ordenamento territorial. **Resumo expandido...** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia. 10p. 2006.
- FONTES, L. C., SANTOS, L. A., SANTOS, J. R., MENDONÇA, J. B. S., FIGUEIREDO Jr, A. G. Indicadores de paleolinhas de costa e variações do nível do mar na plataforma continental sul de Alagoas In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA III Encontro do Quaternário Sulamericano, Buzios-RJ, 2011a.
- FONTES, L. C., STEVAUX, J. C., SANTOS, J. R., MENDONÇA, J. B. S., SANTOS, L. A. Interação continente-oceano: origem dos sistemas integrados fluvial - plataforma continental - canyon submarino associado ao rio japarutuba, Sergipe, Brasil In: XIV congresso Latinoamericano de Geologia, Medellín. 2011b.

- FONTES, L. C., STEVAUX, J. C., SANTOS, L. A., SANTOS, J. R., MENDONÇA, J. B. S., CARNEIRO, M. E. Origin of fluvial continental shelf submarine canyon integrated system associated to Japarutaba River, Sergipe, Brazil. **Anais...** 34th International Geological Congress, Brisbane- Austrália. 2012.
- FONTES, L.C.S. **Da Fonte à Bacia: Interação Continente-Oceano no Sistema Sedimentar Rio São Francisco, Brasil.** Rio Claro – SP, 2015. 311p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- FONTES, L. C. S.; SANTOS, J. R.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA JUNIOR, E. A. Geologia da Margem Continental da Bacia de Sergipe -Alagoas, NE do Brasil. In: Maria Eulália Rocha Carneiro. (Org.). **Geologia e geomorfologia da bacia de Sergipe-Alagoas.** 1ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2017a, cap. 1. v. 1, p. 9-23.
- FONTES, L. C. S.; SANTOS, J. R.; SANTOS, L. A.; MENDONÇA, J. B. S.; Santos, M. S. Geomorfologia da Plataforma Continental de Sergipe-Alagoas. In: Maria Eulália Rocha Carneiro. (Org.). **Geologia e geomorfologia da bacia de Sergipe-Alagoas.** 1ed.São Cristóvão: Editora UFS, 2017b, cap. 2. v. 1, p. 24-61.
- FONTES, L. C. S.; SANTOS, J. R.; SANTOS, L. A.; MENDONÇA, J. B. S.; Santos, M. S. Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental de Sergipe -Alagoas. In: Maria Eulália Rocha Carneiro. (Org.). **Geologia e geomorfologia da bacia de Sergipe-Alagoas.** 1ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2017c, cap. 3. v. 1, p. 62-96.
- FONTES, L. C. S.; SANTOS, J. R.; SANTOS, L. A.; MENDONÇA, J. B. S.; Santos, M. S. Facies e Sistemas Sedimentares em Águas Profundas no Contexto da Bacia de Sergipe-Alagoas. In: Maria Eulália Rocha Carneiro. (Org.). **Geologia e geomorfologia da bacia de Sergipe-Alagoas.** 1ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2017d, cap. 5. v. 1, p. 137-162.
- FRANÇA, A. M. C.; MILLIMAN, J. D.; SUMMERHAYES, C. P., Atlas of bathymetry, shallow structure and magnetics on the Brazilian continental shelf and upper slope. Woods Hole Oceanographic Institution - Projeto REMAC. 1975.
- FRANÇA, A. M. C.; COUTINHO, P. N.; SUMMERHAYES, C. P., Sedimentos superficiais da Margem Continental Nordeste Brasileira, **Revista Brasileira de Geociências**, v.6, pp. 71-88, 1976.
- FRANÇA, A. M. C. Geomorfologia da Margem Continental Leste Brasileira e da Bacia Oceânica Adjacente. **Série Projeto REMAC**, n. 7, 1979, Rio de Janeiro, p. 89-127.
- FREIRE, G. S. S.; CAVALCANTI, V. M. M.; MAIA L. P. E LIMA, S. F. Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE**; pp. 209-211, Fortaleza. 1997.
- FREIRE, G.S.S.; GOMES, D.F.; LIMA, S.F.; MAIA, L.P.; LACERDA, L.D. Geochemistry of continental shelf sediments of the Ceará coast, North-Esatern Brazil. In: **Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments.** LACERDA, L.D.; SANTELLI, R.E.; DUURSMA, E.K.; ABRÃO, J.J. (Eds.) Springer Verlag, Berlin. P.365 -378. Chapter 26. 2004.
- GOIS, G.; SOUZA, J. L.; SILVA, P. R. T.; OLIVEIRA Júnior, J. F. Caracterização da desertificação no Estado de Alagoas utilizando variáveis climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, 301-314, 2005.

- GOMES, A. S.; PALMA, J. J. C.; SILVA, C.G. Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos. **Brazilian Journal of Geophysics**, Vol. 18(3), 2000.
- 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**, Vol. 20, n 2, 243-254, 2007.
- GOMES, M. P.; VITAL, H.; MACEDO, J. W. P. Fluxo de processamento aplicado a dados de sísmica de alta resolução em ambiente de plataforma continental. Exemplo: Macau-RN. **Revista Brasileira de Geofísica**, 29 (1): 173-186. 2011.
- GOMES, M. P.; VITAL, H.; STATTEGGER, K.; SCHWARZER, K. Bedrock control on the Assu Incised Valley morphology and sedimentation in the Brazilian Equatorial Shelf. **International Journal of Sediment Research**, v. 31, n. 2, p. 181–193, jun. 2016.
- GUIMARÃES, C.R.P. (coord.). **Monitoramento da área de influência das plataformas petrolíferas da costa do Estado de Sergipe**. Relatório Técnico Final. Convênio 25/99 FAPESE/UFS e Contrato 120.2.010.99-1 PETROBRÁS/FAPESE. UFS/NEM. Aracaju-SE, 161p. 2000.
- GUIMARÃES, C. R. P. **Composição e distribuição dos sedimentos superficiais e da fauna bêntica na plataforma continental de Sergipe**. Salvador-Bahia. 2010. 159 pg. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- HAYTON, S.; NELSON, C. S.; HOOD, S. D. A. Skeletal assemblage classification system for non-tropical carbonate deposits based on New Zeland and Cenozoic limestones. **Sedimentary Geology**, 100: 123-141. 1995.
- HOPLEY, D., SMITHERS, S., PARNELL, K. Geomorphology and the Great Barrier Reef. In **The Geomorphology of the Great Barrier Reef: Development, Diversity and Change** (pp. 1-17). 2007. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511535543.002.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br . Acesso em setembro de 2014.
- JENNERJAHN, T.; ITTEKKOT, V; CARVALHO, C.E.V.; OVALLE, A.R.; REZENDE, C.E.; ERLLENKEUSER, H. Temporal variability of amino acid, hexosamine and carbohydrate fluxes to the eastern Brazilian continental margin related to the discharge of the São Francisco River, Brazil. **Geo-Marine Letters**, 19: 202-208. 1999
- JENNERJAHN, T.; KNOPPERS, B., SOUZA, W.F.L.; CARVALHO, C.; MOLLENHAUER, G.; HÜBNER, M. E ITTEKKOT, V. Factors controlling the production and accumulation of organic matter along the Brazilian continental margin between the equator and 22°S. In: **Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins: A Global Synthesis**. LIU, K.K.; QUINONES, R.; TALAUE-MCMANUS, L. E ATKINSON, L. (Eds). Springer Verlag. Chapter 8. 2010.
- JENNERJAHN, T.C.; ITTEKKOT, V. Organic matter in sediments in the mangrove areas and adjacent continental margins of Brazil. I. Amino acids and hexosamines. **Oceanologica Acta**. 20: 359-369.1997.

- KAMPEL, K.; RUDORFF, N.M.; CORTIVO, F.D.; FREITAS, L.B.; VALERIO, L.P. Caracterização do ciclo sazonal de clorofila na Bacia de Sergipe-Alagoas a partir de dados de satélite. **Anais... do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GEONORDESTE2014**. Aracaju, Brasil, pg 2009-213. 2014.
- KEMPF, M.; COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Plataforma Continental do Nordeste do Brasil: Nota preliminar sobre a natureza do fundo. **Trabalhos Oceanográficos**, 26, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v.9, pp. 9, 1969.
- KEMPF, M. Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil): nota sobre a natureza do fundo. **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco, v.9/11, pg. 111-124. 1970.
- KEMPF, M. Shelf off Alagoas and Sergipe (northeastern Brazil) 5 station list and notes on benthic bionomy. **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco, v.13, pg. 7-28. 1972.
- KEMPF, M. Perspectives d'exploitation des fonds de maerl du plateau continental du NE du Brésil". **II Coll. Inter. Explot. Océans**, 2:1-17 Bordeaux, France, 1974.
- KEMPF, M. 1980. Perspectiva de exploração econômica dos fundos de algas calcárias da plataforma continental do nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco, v.15, pg. 139-164.
- KNOPPERS, B.; EKAU, W. E FIGUEIREDO, A. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. **Geo-Marine Letters** 19 (3): 171-178.1999.
- KNOPPERS, B., MEDEIROS, P.R.P., SOUZA, W.F.L.; JENNERJAHN, T. The São Francisco Estuary, Brazil. In: WANGERSKY, P. (Ed.). **Estuaries, Pollution**. Berlin: Springer. p. 51-70. Handbook of Environmental Chemistry, vol. 5. 2006.
- KOWSMANN, R. O.; OLIVEIRA JR., E. A., VICALVI, M. A. Natureza e Idade da Instabilidade Sedimentar Recente no Talude Continental da Bacia de Sergipe-Alagoas. In: FONTES, L. C. S.; KOWSMANN, R. O.; PUGA-BERNABÉU, Á. (Ed.). **Geologia e Geomorfologia da Bacia de Sergipe-Alagoas**. São Cristóvão: Ed. UFS, 2017. cap. 6, p 163-197.
- KUEHL, S. A. et al. A source-to-sink perspective of the Waipaoa River margin. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 153, p. 301-334, Feb. 2016.
- LARSONNEUR, C. La cartographie des depot meubles sur le plateau continental francais: methode mise au point et utilisee en manche. **J. Rech. Oceanogra.** 2: 34-39. 1977.
- LAVRADO, H. P. Caracterização do ambiente e da comunidade bentônica. In: Lavrado H.P., Ignácio B.L. (eds.), **Biodiversidade Bentônica da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira**. Museu Nacional, Rio de Janeiro, pp. 19-64. 2006.
- LIQUETE, C., CANALS, M., LASTRAS, G., AMBLAS, D., URGELES, R., DE MOL, B., DE BATIST, M., HUGHES-CLARKE, J. E.,. Long-term development and current status of the Barcelona continental shelf: A source-to-sink approach. **Continental Shelf Research**. 27, 1779-1800. 2007.
- LEA, D.W., MARTIN, P.A., PAK, D.K., SPERO, H.J. Reconstructing a 350 ky history of sea level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. **Quaternary Science Reviews**, 21, 283-293. 2002.

- LEÃO, Z. M. A. N.; MACHADO, A. J. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 1, p. 87-91, 1989.
- LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P., TESTA, V. Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés, Jorge (Ed.), **Latin American Coral Reefs**. Elsevier, Amsterdam, pp. 9–52. 2003.
- LEES, A. Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonates sedimentation. **Marine Geology**, 19: 159-198. 1975.
- LIMA, C.C.U.; BEZERRA, F.H.R.; NOGUEIRA, F.C.C.; MAIA, R.P.; SOUSA, M.O.L. Quaternary fault control on the coastal sedimentation and morphology of the São Francisco coastal plain, Brazil, **Tectonophysics**, Volume 633, 98-114, 2014.
- LORENZO, N.; VERDE, M. Estructuras de bioerosión em moluscos marinos de la formación Villa Soriano (Plleistoceno Tardío-Holoceno) de Uruguay. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 7. n. 3. p. 319-328, set/dez 2004.
- MAIDA, M.; FERREIRA, B.P. Coral reefs of Brazil: an overview, p. 263-274, **Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium**, v.1, Panama, 1997.
- MANSO, V. A. V.; CORRÊA, I. C. S.; GUERRA, N. C. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de Porto de Galinhas e Campos – litoral sul de Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**. V.30 (2), p.17-25. 2003.
- MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS BOAS, G. S. **Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira**: Datação do máximo da penúltima transgressão. *Ciências da terra*, p. 16-17, 1982.
- MARTINS, L. R.; NUNES, J. C. Granulados Marinhos Terrígenos. **GRAVEL**, n. 5, p. 39-46. Porto Alegre. 2007.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Climatic control of coastal erosion during a sealevel fall episode. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 1998.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P. Fluctuating Holocene sea levels in Eastern and Southeastern Brazil: a evidence from multiple fossil and geometric indicators. **Journal Coastal Research** v.19, p. 101-124, 2003.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. **Shell middens as source for additional information in Holocene Shoreline and sea level reconstruction**: examples from coast of Brazil. In: PLASSCHE, O. V. D. (Ed.), *Sea-level Research: A Manual for the Collection and Evaluation of Data*. Geo Books, Norwich, 618p, 1986.
- MARTINS, L. R., URIEN, C. M. e BUTLER, L. W. Províncias fisiográficas e sedimentos da margem continental atlântica da América do Sul. *Anais XXVI Congr. Bras. Geologia*, Belém. (2):105-114. 1972.
- MAZZINI, P.L.F.; SCHETTINI, C.A.F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.
- MEDEIROS, P. R. P. **Aporte fluvial, transformação e dispersão da matéria em suspensão e nutrientes no estuário do Rio São Francisco, após a construção**

- da Usina Hidroelétrica do Xingó (AL/SE).** Tese de Doutorado, Depto. de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 184p., 2003.
- MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B. A.; SANTOS, R. C.; SOUZA, W. F. L. Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do rio São Francisco (SE/AL). **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n. 2, p. 212-231, 2007.
- MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N., Aporte de material em suspensão no Baixo Rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrofológicas. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.15 (1), pp. 42-53, 2011.
- MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A., SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 2, p. 25-41. ISBN 978-85-86238-92-5.
- MICHEL, J.; BORGOMANO, J.; REIJMER, J.J.G. Heterozoan carbonates: When, where and why? A synthesis on parameters controlling carbonate production and occurrences, **Earth-Science Reviews**, v. 182, p. 50-67, 2018, ISSN 0012-8252, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.05.003>.
- MILLIMAN, J. D.; EMERY, K. O. Sea-level during the past 35000 year. Science, Washington, D.C. 162p., 1968.
- MILLIMAN, J. D.; AMARAL, C. A. B. Economic potential of Brazilian continental margin sediments. **Anais... XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**. 28: 335-344. 1974.
- MILLIMAN, J. D. Upper continental margins sedimentation off Brazil: Part VI. A synthesis. **Contrib. Sedimentol.**, v. 4. p.151-176, 1975.
- MILLIMAN J. D.; SUMMERHAYES C. P.; BARRETO, H. T. Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: model. **Geol. Soc. America Bull.**, v. 86, pp. 610-614, 1975.
- MÖRNER, N.A. Eustasy and geoid changes. **Journal of Geology**, 84, 1976, p.123-151.
- MÖRNER, N.A. Eustasy and geoid changes as a function of core/mantle changes. In: Mörner, N.A. (ed.) **Eart rheology, isostasy and eustasy**. Inglaterra: John Wiley & Sons, 1980, p. 535-553.
- MÖRNER, N.A. Sea level changes along the west european coasts. **3ª Simp. Sobre la Margen Iberico Atlántica**, vol. 1, 2000, p.411-412.
- MUTTI, M.; HALLOCK, P. Carbonate systems along nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constrains. **International Journal of Earth Sciences**, 92: 465-475. 2003.
- NASCIMENTO, A. A. **Sedimentação holocênica na plataforma continental de Sergipe, nordeste do Brasil**. Salvador – Bahia. 2011. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- NEVES, E. G.; JOHNSON, R.; SAMPAIO, C. L. An Unexpected Coral Assemblage in Submerged Reefs of the Sergipe State. In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, **Resumo Expandidos...** Vitória - Espírito Santo. 2005.

- NEVES, E.; JOHNSON, R.; SAMPAIO, C.; PICHON, M. The occurrence of *Scolymia cubensis* in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussids. **Zootaxa**, v. 1366: p. 45–54, 2006.
- NICOLAIDIS, D. D. **Ostracodes de águas profundas do Pleistoceno/Holoceno da bacia de Campos: isótopos estáveis de oxigênio vs. mudanças faunísticas**. Dissertação (Mestrado em Geociências) Porto Alegre – RS. 66p. 2008. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- OBELCZ, J., BROTHERS, D., CHAYTOR, J., BRINK, U. TEN, ROSS, S.W., BROOKE, S., Geomorphic characterization of four shelf-sourced submarine canyons along the U.S. Mid-Atlantic continental margin. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 104, 106–119. 2014.
- OLIVEIRA, M.B. **Caracterização Integrada da Linha de Costa do Estado de Sergipe – Brasil**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 102p. 2003.
- OLIVEIRA, E. N.; KNOPPERS, B.A.; LORENZZETTI, J.A.; MEDEIROS, P.R.P.; CANEIRO, M.E.; SOUZA, W.F.L. A satellite view of riverine turbidity plumes on the NE-E Brazilian coastal zone. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 283-298, 2012.
- OLIVEIRA JR., E. A. KOWSMANN, R.O.; SCHREINER, S.; FERREIRA, E.T.I. Geomorfologia do talude da Bacia de Sergipe-Alagoas. In: FONTES, L. C. S.; KOWSMANN, R. O.; PUGA-BERNABÉU, Á. (Ed.). **Geologia e Geomorfologia da Bacia de Sergipe-Alagoas**. São Cristóvão: Ed. UFS, 2017. cap.4, p. 97-136.
- PAES, E.T.; ALCANTARA, A.V.; GUIMARÃES, C. R. P.; ARAUJO, H.M.P.; ALVES, J.P.H. Caracterização ecológica e oceanográfica da plataforma continental do Estado de Sergipe: um ambiente costeiro equatorial sob a influência de águas sub-antárticas. **Resumo expandido...** XII congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – COLACMAR. Florianópolis. 2007.
- PALMA, J. J. C. Fisiografia da Área Oceânica. In: Schobbenhaus et al. (Coords.). **Geologia do Brasil**. Brasília, Ministério das Minas e Energia. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. p.429-441.
- PENNINO, M. G.; THOMÉ-SOUZA, M. J. F.; CARVALHO, A. R.; FONTES, L. C. S. PARENTE, C.; LOPES, P. F. M. A spatial multivariate approach to understand what controls species catch composition in small-scale fisheries. **Fisheries Research**, 175, 132–141. 2016.
- PETROBRAS. Monitoramento da Plataforma Continental dos estados de Sergipe e Alagoas sob Influência das Atividades petrolíferas. Coordenador: ARAÚJO, H. P. M. (UFS). Relatório Técnico Final, Vol. I e II. FAPESP/PETROBRAS. 797p., 2004.
- PIERRI, G. C. S. **Caracterização geomorfológica e sedimentar de uma plataforma tropical: área Pirangi (Nordeste do Brasil)**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) - UFRN. p. 182, 2015.
- PILKEY, O. H.; MORTON, R. W.; LUTERNAUER, J. The carbonate fraction of beach and dune sands. **Sedimentology**. v. 8, p. 311-327, 1967.
- POGGIO, C. A.; SOUZA, F. B. C.; ALVES, O. F. S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Distribuição dos componentes biogênicos nos sedimentos da área do canal de

- Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Quaternary and Environmental Geosciences**. V.01 (01), p.10-15. 2009.
- POGGIO, C. A.; SOUZA, F. B. C.; ALVES, O. F. S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Distribuição dos componentes biogênicos nos sedimentos da área do canal de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Quaternary and Environmental Geosciences**. V.01(01), p.10-15. 2009.
- POPP, J. H. **Geologia Geral**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.
- PUGA-BERNABÉU, Á., WEBSTER, J.M., BEAMAN, R.J., GUILBAUD, V. Morphology and controls on the evolution of a mixed carbonate-siliciclastic submarine canyon System, Great Barrier Reef margin, north-eastern Austrália. **Marine Geology** 289, 100–116. 2011.
- PUGA-BERNABÉU, P. WEBSTER, J.M., BEAMAN, R.J., GUILBAUD, V. Variation in canyon morphology on the Great Barrier Reef margin, north-eastern Australia: The influence of slope and barrier reefs. **Geomorphology**, New York, v. 191, p. 35-50, June 2013.
- PUGA-BERNABÉU, Á., WEBSTER, J.M., BEAMAN, R.J., REIMER, P.J., RENEMA, W. Filling the gap: A 60 ky record of mixed carbonate-siliciclastic turbidite deposition from the Great Barrier Reef. **Marine and Petroleum Geology**, New York, v. 50, p. 40-55, Feb. 2014.
- PUGA-BERNABÉU, A. Contextualização Global da Margem Continental de Sergipe-Alagoas, NE do Brasil: morfologia e dinâmica sedimentar durante o Pleistoceno tardio e Holoceno. In: Fontes, L. C., Kowsmann, R. O., Puga-Barnabéu, A. (ed.). **Geologia e Geomorfologia da Bacia de Sergipe-Alagoas**. São Cristóvão: Ed. UFS, 2017. cap. 8, p.232-264.
- QUEIROZ, E. V. **Caracterização dos sedimentos superficiais de fundo do complexo recifal de Maracajaú, RN, Brasil**. 178 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica - UFRN. Natal. 2008.
- QUEIROZ, E. V.; ARAÚJO, P.V.N.; HAMMILL, E.; AMARAL, R. F. Morphological characteristics of rhodolith and correlations with associated sediment in a sandstone reef: Northeast Brazil. **Regional Studies in Marine Science**. n.8, 133–140. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsma.2016.10.005>.
- REBOUÇAS, R.C. **Sedimentação Holocênica da plataforma continental de Salvador - BA**. Salvador-Bahia, 2010, 90 pg. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia.
- REBOUÇAS, R.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. Provenance, transport and composition of dendê coast beach sands in Bahia, central coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 59 (4):339-347. 2011. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S1679-87592011000400004](https://doi.org/10.1590/S1679-87592011000400004).
- REMAC. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. In: Projeto REMAC-PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC. 1975
- RODRIGUES T.K.; DOMINGUEZ, J.M.L. Utilização do sistema de modelagem costeira (SMC - Brasil) no estudo da dinâmica do litoral do município de Aracaju – Sergipe. **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXVIII, n. 2, p. 95-116, Jul./Dez. 2017. ISSN: 2318-2695.

- RUIZ-MARTÍNEZ, G. et al. SANDY: A Matlab tool to estimate the sediment size distribution from a sieve analysis. **Computers & Geosciences**, v. 92, p. 104–116, 1 jul. 2016.
- SANTOS, E.S. **Aplicação de marcadores geoquímicos para avaliação dos impactos nas barragens nos sedimentos do estuário do Rio São Francisco (SE/AL)**. Tese (Doutorado em Geoquímica). Instituto de Geociências. Universidade Federal Fluminense, 2007, 139p.
- SANTOS, J. R. **Caracterização Morfodinâmica e Sedimentologia da Plataforma Continental Rasa na APA Estadual dos Recifes de Corais – RN**. Natal. 2010. 85 p., Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Centro de Ciências exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- SANTOS, L. A. **Geomorfologia e Quaternário do rio Vaza-Barris, Nordeste, Brasil**. 82 p., Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2015.
- SANTOS, I. S.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ALVES, J. P. H. Distributions of Trace Metals in Sediment Cores from a Hypertrophic Reservoir in Northeast Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 24, No. 2, 246-255, 2013.
- SANTOS, J. R.; FONTES, L. C. S.; SOUZA, R. M. E.; MENDONÇA, J. B. S.; SANTOS, L. A. Paleo feições erosivas na plataforma e talude continental de Sergipe e Alagoas. **Anais...** In: 17º Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar. COLACMAR17, BALNEARIO CAMBORIU -SC. 2017a. p. 1308-1310.
- SANTOS, J. R.; SOUZA, R. M. E.; FONTES, L. C. S.; SANTOS, L. A. Mapeamento geomorfológico e sedimentar de paleo-linhas de costa na plataforma continental sul de Alagoas. **Revista GEONORDESTE**. São Cristóvão - SE. 20 pg. N. 1. 2019.
- SANTOS, M. A.; FONTES, A. L.; LIMA, E. S.; COSTA, J. J. Abordagem preliminar da morfodinâmica costeira, análise sedimentar e caracterização de uso do solo do município de Barra dos Coqueiros/Sergipe. **Anais...** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia. 10p. 2006.
- SCHOTT, F. A.; DENGLER, M.; ZANTOPP, R.; STRAMMA, L.; FISCHER, J.; BRANDT, P. The shallow and deep western boundary circulation of the South Atlantic at 5-11 S. **Journal of Physical Oceanography**, 35(11), 2031-2053. 2005.
- SCHREINER, S.; FERREIRA, E. T. I.; OLIVEIRA JR. E. A. Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da Bacia de Sergipe-Alagoas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1. 2015.
- SEMARH, 2011. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br>, acesso em: 15 de março de 2015.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana. 1964.
- SHEPARD, F.P. Nomenclature Based on Sand-Sil-Clay Ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24 -3, p. 151 – 158. 1954.
- SHEPARD, F.P., **Submarine Geology**. Harper and Row, New York, 557 pp. 1963.
- SILVA, C. G.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. G.; BREHME, I. Granulados litoclásticos. **Revista Brasileira de Geofísica**. Vol. 18 (3), p. 319 – 326. 2000.

- SILVA, A.J.C.L.P.; ARAGÃO, M.A.N.F.; MAGALHÃES, A.J.C. (eds.) **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil**. São Paulo, editora Beca. 343p. 2008.
- SILVA, B.F.P.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; PERESETSHY, A., BRITO, B.M. Sistemas Sinóticos associados as precipitações intensas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26,n.3, p. 323-338, 2011.
- SILVA, A. F.; LIMA, G. R. S.; ALVES, J. C.; SANTOS, S. H.; GARCIA, C. A. B. ALVES, J. P. H.; ARAUJO, R. G. O.; PASSOS, E. A. Evaluation of Trace Metal Levels in Surface Sediments of the Sergipe River Hydrographic Basin, Northeast. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 23, No. 9, 1669-1679, 2012.
- SILVA, L. L. N.; GOMES, M. P.; VITAL, H. The Açú Reef morphology, distribution, and inter reef sedimentation on the outer shelf of the NE Brazil equatorial margin. **Continental Shelf Research**, v. 160, p. 10–22, maio 2018.
- SILVEIRA, I. C.; MIRANDA, L. B.; BROWN, W. S. On the origins of the North Brazil Current. **Journal of Geophysical Research: Oceans** (1978–2012), 99(C11), 22501-22512. 1994.
- SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOY, S. S. E IKEDA, Y. A. Corrente do Brasil ao largo da costa leste Brasileira. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 48(2), 171–183. 2000.
- SILVEIRA, I.C.A. et al. Massas de água e circulação do talude continental e região oceânica da Bacia de Sergipe- Alagoas. Relatório PETROBRAS/CENPES/PDISO/MA: **Projeto de caracterização regional da bacia de Sergipe-Alagoas - Oceanografia e Meteorologia**, Rio de Janeiro v. iv cap. 3, Dez. 2015.
- SIMÕES, M. G. & HOLZ, M. Tafonomia: Processos e ambientes de fossilização. In: CARVALHO, I. S. **Paleontologia**. 2 ed. V. 1. Rio de Janeiro: Interciências, 2004.
- SOLEWICZ, R. **Feições fisiográficas submarinas da Plataforma Continental do Rio Grande do Norte visíveis por imagens de satélite**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP. 163p. 1989.
- SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.
- SOUZA, K. G. Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais. **Brazilian Journal of Geophysics**, Vol. 18(3), 2000.
- SOUZA, K.G.; MARTINS, L.R. Recursos Minerais Marinhos: Pesquisa, Lavra, Beneficiamento. **Gravel**, v.6 n1: 99-124. 2008.
- SOUZA, K. G.; MARTINS, L. R.; CAVALCANTI, V. M.; PEREIRA, C.V.; BORGES L. F. Recursos não-vivos da Plataforma Continental Brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Gravel**, Porto Alegre, ISSN 1678-5975, Edição Especial, 86p. 2009.
- SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. Fluxos de água e sedimentos à costa Leste do Brasil: relações entre a tipologia e pressões antrópicas. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 57-74, 2003.
- SOUZA-LIMA, W. Litoestratigrafia e evolução tectono-sedimentar da Bacia Sergipe-Alagoas. Fundação Paleontológica Phoenix. Ano 8 (89), 2006.

- STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans** (1978–2012), 104(C9), 20863-20883. 1999.
- STRAMMA, L.; FISCHER, J.; REPPIN, J. The north brazil undercurrent. Deep Sea Research Part I: **Oceanographic Research Papers**, 42(5), 773-795. 1995.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher, Ed da Universidade de São Paulo, 317p. 1973.
- SUGUIO, K. 2003. **Geologia Sedimentar**. São Paulo. Ed. Blücher, 400p.
- SUGUIO, K. **Mudanças Ambientais da Terra**. Kenitiro Suguio. – São Paulo: Instituto Geológico, 2008.336 p.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. Kenitiro Suguio – São Paulo: oficina de textos. 2010. 408pg.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L. Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian coast. **Geo-Marine letters**, 1(3/4), p. 181-195, 1982.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J. M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Rev. Bras. Geocien.** v. 15, p. 273-286, 1985.
- SUMMERHAYES, C. P.; COUTINHO, P. N.; FRANÇA, A. M. C.; ELLIS, J. P., Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part III. Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. **Contr. Sedimentology**, Stuttgart. v.4, pp.44-78., 1975.
- SUMMERHAYES, C. P.; FAINSTEIN, R.; ELLIS, J. P., Continental margin off Sergipe, Alagoas, northeastern Brazil: a reconnaissance geophysical study of morphology and structure. **Marine Geology**, v.20, pp.345-361, 1976.
- TEJEDA-CRUZ, C.; MEHLTRETER, K.; SOSA, V. J., Indicadores ecológicos multi-taxonómicos. In: Roberto H. Manson, Vicente Hernández Ortiz, Sonia Gallina y Klaus Mehltreter (Editores). 2008. **Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad Manejo y Conservación**. Instituto de Ecología e Instituto Nacional de Ecología. 330 pg.
- TESTA, V.; BOSENCE, D.W.J. Physical and Biological Controls on the Formation of Carbonate and Siliciclastic Bedforms on the North-East Brazilian: Shelf. **Sedimentology**, 46: 279–301. 1999.
- TINTELNOT, M. Late quaternary changes on the NE- continental margins revealed by Clay mineral and calcium carbonate fluctuations. In: **Joint Oceanographic Projects –JOPS II Cruise Report and First Results**. EKAU, W; KNOPPERS, B. Eds. Center for Marine Tropical Ecology, Bremen. Pp.104-116. 1996
- TINOCO, I. M. Introdução aos estudos dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes. Ed. Universitária da UFPE, Recife. 22 p. 1989.
- VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; PRUSKI, F. F. Impactos das barragens na disponibilidade hídrica do Nordeste do Brasil. **Recursos Hídricos** (Lisboa), v. 38, p. 39-49, 2017.

- VIANNA, M. L.; SOLEWICZ, R. Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do RN visíveis por imagens de satélite. In.: Simpósio de Sensoriamento Remoto, Natal, **Anais...** Natal: [s.n.], v.3. p. 581-587. 1988.
- VIEIRA, L.R.S.; MANSO, C.L.C. Textural and compositional variations in beach sands along south Alagoas coast, Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Volume 17, Issue 2, December 2017, P. 139-149. DOI: 10.5894/rgci-n99.
- VILLWOCK, J. A. **A Costa Brasileira: Geologia e Evolução**. Notas Técnicas. Porto Alegre. (7):38-49. 1994.
- VITAL, H.; ESTEVES L. S.; ARAÚJO, T. C. M.; PATCHNEELAM, S. M., Geologia e Geofísica da Plataforma Continental Brasileira. In: Souza C. R. G.; Suguio, K.; Oliveira, A. M. S.; Oliveira, P. E. (Eds). **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, pp. 153–175. 2005a.
- VITAL, H.; SILVEIRA, I. M. E AMARO, V. E. Carta Sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira – Área Macau (NE Brasil), Utilizando Integração de Dados Geológico e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, 23(3): 233-241, 2005b.
- VITAL, H.; Gomes, M. P.; TABOSA, W. F.; FRAZAO, E. P.; PLÁCIDO JUNIOR, J. S.; SANTOS, C. L. A. Characterization of The Brazilian Continental Shelf Adjacent to Rio Grande do Norte State, NE Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** (Impresso), v. 58, p. 43-54, 2010.
- WEBSTER, J.M.; BEAMAN, R.J., PUGA-BERNABÉU, A., LUDMAN, D., RENEMA, W., WUST, R.A.J., GEORGE, N.P.J., REIMER, P.J., JACOBSEN, G.E., MOSS, P. Late Pleistocene history of turbidite sedimentation in a submarine canyon off the northern Great Barrier Reef, Australia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, New York, v. 331-332, p. 75-89, May 2012.
- WAELEBROECK, C., LABEYRIE, L., MICHEL, E., DUPLESSY, J.C., MCMANUS, J.F., LAMBECK, K., BALBON, E., LABRACHERIE, M. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. **Quaternary Science Reviews**, 21, 295–305. 2002.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. 30: 377–392.
- WESCHENFELDER, J.; CORREA, I. C. S.; ALIOTTA, S.; BAITELLI, R. Paleochannels related to late quaternary sea-level changes in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. São Paulo, v. 58, n. spe2, p. 35-44, 2010.
- WESTPHAL, H.; HALFAR, J; FREIWALD, A. Heterozoan carbonates in subtropical to tropical settings in the present and past. **International Journal of Earth Sciences**. 99 (Suppl 1): S153–S169. 2010. DOI 10.1007/s00531-010-0563-9.
- ZEMBRUSKY, S. G.; BARRETTO, H. T.; PALMA, J. C.; MILLIMAN, J. D. Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. **Anais...** XXVI Congr. Bras. Geol., Belém. (2):187-209. 1972.