

**LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE DA
PESQUISA DOS RECURSOS VIVOS MARINHOS DO
BRASIL**

PROGRAMA REVIZEE

OCEANOGRAFIA GEOLÓGICA

COORDENADOR: PAULO DA NÓBREGA COUTINHO

**CONTRATO N° 12000/95-006/00
FEMAR/SECIRM
COM RECURSOS REPASSADOS PELO MMA**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1 Histórico	5
2. ZONA COSTEIRA	8
2.1 Compartimentação da Costa	8
2.1.1 Costa Norte	8
2.1.2 Costa Nordeste	11
2.1.3 Costa Leste ou Oriental	12
2.1.4 Costa Sudeste	13
2.1.5 Costa Sul	13
2.2 Sedimentos Quaternários da Costa	14
2.2.1 Depósitos Pré-Holocênicos	14
2.2.2 Depósitos Holocênicos	17
2.3 Evolução Geológica das Planícies Costeiras	19
2.3.1 Fase 1	20
2.3.2 Fase 2	20
2.3.3 Fase 3	21
3. MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA	22
3.1 Fisiografia	25
3.2 Compartimentação da Margem Continental	28
3.2.1 Cabo Orange - Delta do Parnaíba	28
3.2.2 Delta do Parnaíba - Cabo Calcanhar	29
3.2.3 Cabo Calcanhar - Belmonte	31
3.2.4 Belmonte - Cabo Frio	32
3.2.5 Cabo Frio - Cabo Santa Marta	33
3.2.6 Cabo Santa Marta - Chuí	34
4. COBERTURA SEDIMENTAR	36
4.1 Distribuição das Fácies Sedimentares	39
4.1.1 Fácies de Areia Litorânea	39
4.1.2 Fácies de Lama	42
4.1.3 Fácies de Algas Calcárias	44
4.1.4 Fácies Biodetrítica	46
4.1.5 Fácies Mista de Areia e Lama	48
4.1.6 Fácies Mista de Areia e Material Biodetrítico	48
4.2 Províncias Sedimentares	49
4.2.1 Província Carbonática Moderna	49
4.2.2 Província Carbonática Relíquia	50
4.2.3 Província Terrígena Arenosa	50
4.2.4 Província Terrígena Síltico-Argilosa	51
4.3 Processos Sedimentares	51
4.3.1 Sedimentação Carbonática	52
4.3.2 Sedimentação Terrígena	53
4.4 Aspectos Econômicos	54
4.4.1 Areia e Cascalho	54
4.4.2 Carbonatos	55
4.4.3 Minerais Pesados	56
4.4.4 Fosfato	57
4.4.5 Manganês	57
4.4.6 Lamas Orgânicas	58
5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA NORTE	59
5.1 Fisiografia	59
5.2 Cobertura Sedimentar	61
5.2.1 Fácies de Lama	62
5.2.2 Fácies Arenosa	65

5.2.3 Fácies Biodetrítica	67
5.3 Recomendações	68
6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA NORDESTE	69
6.1 Fisiografia	69
6.2 Cobertura Sedimentar	73
6.3 Ilhas Oceânicas	78
6.4 Recomendações	80
7. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA CENTRAL	81
7.1 Fisiografia	81
7.2 Cobertura Sedimentar	84
7.3 Ilhas Oceânicas	88
7.4 Recomendações	89
8. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA SUL	91
8.1 Fisiografia	91
8.2 Cobertura Sedimentar	92
8.3 Recomendações	97
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como finalidade o levantamento e a sistematização das informações sobre Oceanografia Geológica, procurando identificar o nível do conhecimento atual para subsidiar o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva, cuja largura, definida nos termos do Art. 57, não se estenderá além das 200 milhas marítimas das linhas de base, a partir das quais se mede a largura do mar territorial.

As atividades desenvolvidas foram dirigidas através de levantamentos de informações disponíveis que fossem importantes para a caracterização dos recursos pesqueiros e do ambiente marinho, não se tratando, portanto, de uma pesquisa dirigida para estabelecer o estado da arte da Geologia Marinha no Brasil. Não se deve perder de vista que a ênfase é para recursos vivos marinhos.

O trabalho reuniu dados geológicos, geomorfológicos e sedimentológicos, disponíveis na literatura, sobre a planície costeira e a margem continental brasileira.

O grau de conhecimento sobre as zonas emersa e submersa é muito díspare. Enquanto, nas últimas três décadas, diversos grupos de pesquisadores têm gerado um significativo aprimoramento do conhecimento das características geomorfológicas, texturais e composicionais dos sedimentos que constituem as planícies costeiras, os conhecimentos sobre a fisiografia e a distribuição dos tipos de fundo que recobrem a plataforma continental são, apenas, localmente, mais detalhados do que os resultados obtidos pelo Projeto REMAC (1972-1979) na escala de 1:3.500.000

A síntese dos conhecimentos geomorfológico e sedimentológico da plataforma, talude e sopé continentais e da planície costeira foi elaborada a partir da compilação e análise da bibliografia disponível, especialmente na denominada Série Projeto REMAC, nos arquivos do PGGM e nos dados fornecidos pelos centros de pesquisas universitários. Não houve tempo para uma análise dos dados disponíveis no BNDO/DHN, bem como uma avaliação de todas as amostras de sedimentos de fundo coletadas na margem continental brasileira sob a guarda do PGGM e de bancos de amostras de outros centros de pesquisas.

Observa-se, também, uma falta de padronização nas metodologias de análise das amostras coletadas, bem como a falta de sistematização nas malhas de amostragens durante as expedições oceanográficas, fazendo com que certas áreas sejam consideradas bem amostradas, enquanto que em outras existam lacunas de amostragem. Isto acarreta diferentes graus de precisão nos mapeamentos.

Essa mesma falta de padronização existe na realização da análise textural do sedimento. Igualmente, na preparação das análises granulométricas não havia uniformidade no tratamento prévio do material para eliminar ou não o carbonato de cálcio.

A falta de padronização tem dificultado a sistemática de mapeamento. Uma única exceção foi a plataforma continental de Alagoas/Sergipe, que foi amostrada a cada 5 milhas e, na zona de influência do Rio São Francisco, esta malha foi reduzida para 2,5 milhas.

O presente trabalho trata, inicialmente, da zona costeira emersa, descrevendo sua compartimentação, os diversos tipos de sedimentos e seus processos evolutivos, principalmente a importância das flutuações do nível do mar.

Em seguida, apresenta uma descrição fisiográfica resumida da margem continental brasileira, destacando a plataforma, o talude e o sopé. Baseado em critérios fisiográficos, apresenta-se a compartimentação da plataforma e talude, descrevendo-se as principais feições morfológicas de cada setor.

O quarto capítulo é consagrado ao estudo da cobertura sedimentar, com descrição dos diversos tipos de fácies sedimentares que cobrem a plataforma, às províncias e aos processos sedimentares atuantes, finalizando com uma avaliação sucinta sobre os aspectos econômicos dos depósitos sedimentares.

Depois dessa primeira parte sobre generalidades, segue-se uma descrição sucinta da fisiografia e da cobertura sedimentar de cada trecho da costa definido, previamente, pelo Projeto REVIZEE e, finalmente, as recomendações para as futuras pesquisas em cada costa.

Finalizando, vêm as referências bibliográficas, que apresentam apenas aqueles trabalhos de síntese e os mais significativos para a Oceanografia Geológica e que possam servir de fonte para informações complementares sobre recursos marinhos vivos. Referências bibliográficas completas sobre Geologia Marinha no Brasil podem ser encontradas no importante trabalho de compilação efetuado pelo PGGM (1996).

1.1 Histórico

As primeiras informações sobre os sedimentos de fundo da margem continental brasileira foram obtidas pela famosa expedição do “HMS CHALLENGER”, em 1873, coletando 19 amostras, especialmente no Nordeste (Murray & Renard, 1891, apud Milliman & Barreto, 1975a). Posteriormente, mais 37 amostras foram coletadas pelo navio oceanográfico “Meteor”, entre 1925 e 1927.

Um aumento substancial do conhecimento sobre os sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira começou com o funcionamento, em 1958, do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia, da Universidade do Recife. Em colaboração com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e com a Divisão de Recursos Pesqueiros da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (DRP/SUDENE), foram realizados os primeiros trabalhos sistemáticos sobre a identificação e distribuição dos sedimentos na plataforma brasileira. Muitos dados encontram-se publicados em “Trabalhos Oceanográficos” da Universidade Federal de Pernambuco e nas publicações da DHN, enquanto outros não foram publicados e permanecem em forma de relatórios internos, dissertações ou teses. Os resultados das primeiras missões foram tratados por Ottmann (1959), que estudou a distribuição dos sedimentos na desembocadura do Rio Amazonas, e Tinoco (1959), que apresentou uma lista prévia dos foraminíferos da mesma área. Os estudos sobre a distribuição e natureza dos sedimentos da plataforma sul-brasileira foram realizados por Martins et al. (1967) e Zemruscki (1967). Decorrentes das Operações N-NE I e II, realizadas pelo Navio Oceanográfico “Almirante Saldanha”, Coutinho e Morais (1968) apresentaram o primeiro mapa da distribuição dos sedimentos da plataforma continental entre Recife e o Cabo Orange.

Uma monografia resumindo os conhecimentos da geologia litorânea e da plataforma continental do Norte e Nordeste foi apresentada por Mabesoone e Coutinho (1970).

As primeiras análises limitaram-se à determinação da composição textural dos sedimentos e de seus componentes bióticos, importantes para o mapeamento das comunidades biológicas de valor econômico.

O maior impulso no desenvolvimento dos estudos marinhos no Brasil decorreu da criação do Programa de Geologia e Geofísica Marinha - PGGM - pela DHN, em 1969, e iniciado, no mesmo ano, com a primeira operação GEOMAR, reunindo várias Universidades (Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul) e outras entidades, como: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, Petróleo Brasileiro S/A-PETROBRÁS, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais-CPRM. Os resultados das primeiras Operações GEOMAR foram apresentados por ocasião do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em Belém, em 1972. Até a presente data, foram realizadas 25 Operações GEOMAR e coletadas cerca de 3.100 amostras.

Outro grande programa, incluindo estudos de geologia e geofísica marinha, veio com a criação do Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), em 1972, envolvendo a PETROBRÁS, DNPM, CPRM, DHN, CNPq, Woods Hole Oceanographic Institution e Lamont Doherty Geological Observatory da Universidade de Columbia-EUA. Os resultados dos estudos realizados pela primeira fase do Projeto REMAC constituem a mais completa coletânea de trabalhos sobre a sedimentação na margem continental brasileira, agrupados em 11 volumes, sob a denominação de Série Projeto REMAC.

A partir do Projeto REMAC, seguiram-se vários estudos realizados por pesquisadores vinculados às universidades brasileiras. O grupo do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO-UFRGS) editou um detalhado mapeamento dos sedimentos da plataforma continental sul-brasileira (1977-1979).

O Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (Projeto LEPLAC), instituído em 1988 e tendo como objetivo estabelecer o limite externo da plataforma continental, no seu enfoque jurídico, conforme critérios estabelecidos pela CNUDM, acumulou um enorme acervo de dados sobre batimetria de precisão, sísmica de reflexão multicanal, gravimetria e magnetometria, importantes para o conhecimento da estrutura da nossa margem continental.

O Projeto AmasSed realizou estudos multidisciplinares na plataforma amazônica, com o objetivo de compreender os processos oceânicos associados ao enorme fluxo de água doce e ao material em suspensão trazido pelo Rio Amazonas.

Com relação à Costa Sul, o diagnóstico ambiental oceânico e costeiro, elaborado sob o patrocínio da PETROBRÁS em 1992, incorporou um substancial conjunto de informações sobre a cobertura sedimentar da área.

O trabalho executado, em 1995, pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, sobre a caracterização físico-natural da plataforma continental interna e áreas adjacentes foi muito útil na elaboração do presente trabalho.

Recentemente, o Programa OSNLR para o Atlântico Sudoeste realizou um importante trabalho sobre a morfologia e sedimentologia da zona costeira e plataforma continental entre Cabo Frio (Brasil) e Península Valdés (Argentina), resultando na publicação de vinte mapas coloridos na escala de 1:1.000.000, acompanhados de

texto explicativo, sob a coordenação do CECO-UFRGS. O trabalho recebeu apoio da Divisão de Ciências do Mar do MCT, da CPRM e da COI-UNESCO.

2. ZONA COSTEIRA

O conhecimento da geologia da costa é fundamental para a compreensão da estrutura, morfologia e distribuição dos sedimentos da parte submersa. Vários alinhamentos estruturais visíveis nas rochas do continente poderão ser encontrados na plataforma ou talude. A existência de altos fundos na margem continental, por exemplo, pode ser explicada pelo estudo da petrologia e da idade das atividades vulcânicas no continente adjacente. O clima no continente tem grande influência sobre os tipos de sedimentos encontrados na plataforma continental.

2.1 Compartimentação da Costa

Qualquer trecho da costa pode ser estudado e classificado segundo um amplo espectro de critérios. Os parâmetros a serem considerados ou o tipo de classificação a ser estabelecido serão definidos, em parte, pelos objetivos da pesquisa.

Neste trabalho, será adotada a classificação de Silveira (1964), modificada por Martins & Coutinho (1981) e Villwock (1994), baseando-se principalmente na morfologia da costa, clima, parâmetros oceanográficos, cobertura sedimentar e largura da plataforma (Figura 1).

Desta forma, a costa brasileira pode ser dividida em cinco grandes compartimentos:

Costa Norte (Cabo Orange - Baía de São Marcos);

Costa Nordeste (Baía de São Marcos - Baía de Todos os Santos);

Costa Leste ou Oriental (Baía de Todos os Santos - Cabo Frio);

Costa Sudeste (Cabo Frio - Cabo Santa Marta);

Costa Sul (Cabo Santa Marta - Arroio Chuí).

2.1.1 Costa Norte

Conhecida como Litoral Amazônico ou Equatorial, a Costa Norte estende-se desde o Cabo Orange, no Amapá, até a Baía de São Marcos, no Maranhão.

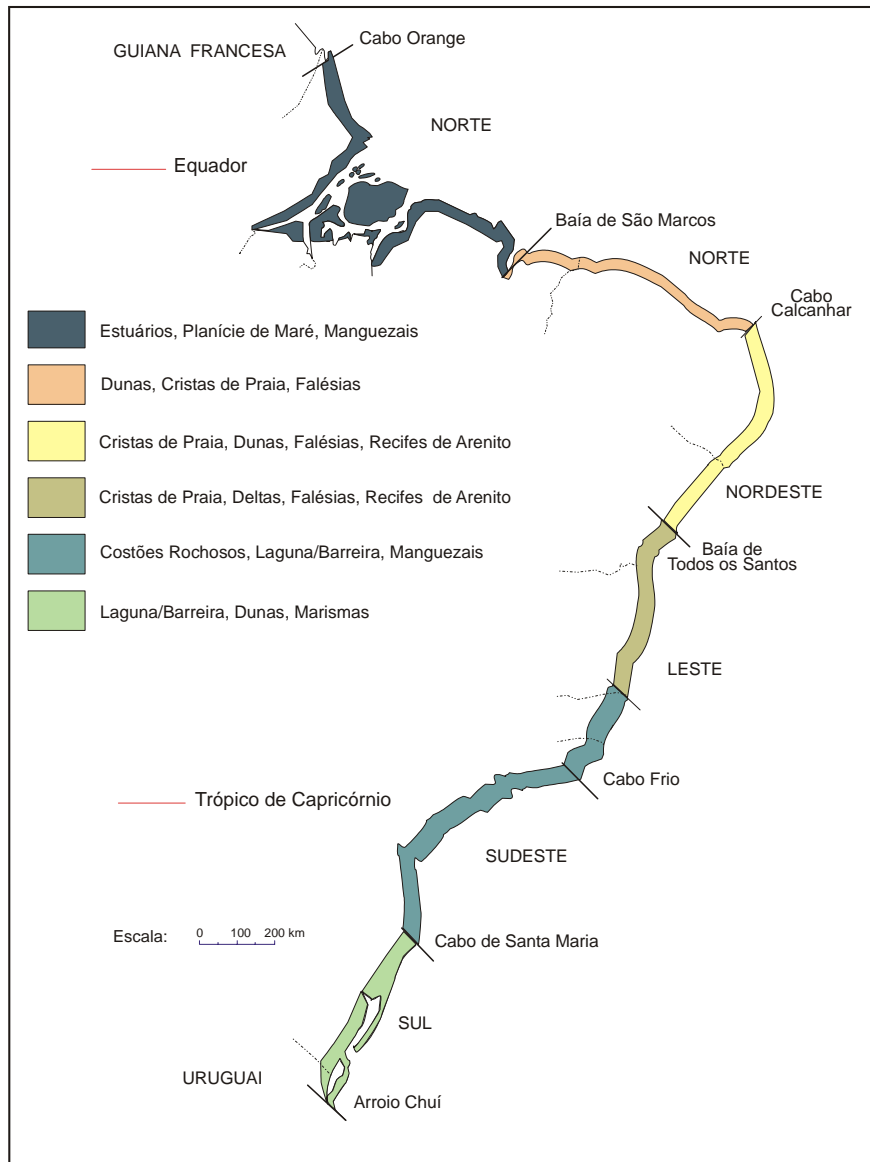


Figura 1 - Subdivisão da costa brasileira em cinco setores propostos por Silveira (1964) modificado por Villwock (1994).

A Costa Norte possui uma extensão de aproximadamente 1.300 Km, podendo atingir várias centenas de quilômetros de largura, consistindo principalmente de terras baixas frequentemente inundáveis, bordejadas por um platô pouco elevado (6 a 15 m de altitude), constituído por sedimentos terciários e pleistocênicos. Em alguns locais, estes sedimentos alcançam o oceano, formando pequenas falésias.

Este trecho do litoral tem sido subdividido em três setores:

O primeiro setor, denominado Litoral Guianense, localizado entre a foz do Rio Amazonas e a Guiana Francesa, caracteriza-se por apresentar uma costa baixa, com poucas reentrâncias, provavelmente como resultado de acreção devido à sedimentação do Rio Amazonas.

Ocorrem extensas planícies de maré lamosas ocupadas por manguezais de grande envergadura, que transicionam em direção ao interior para pântanos costeiros. Cordões litorâneos arenosos do tipo “chenier” sugerem

a ação eventual de tempestades que erodem e retrabalham a parte mais interna das planícies de maré, construindo praias arenosas, que, logo após, são parcialmente recobertas pela deposição lamosa. Este trecho constitui uma típica costa deposicional, condicionada por macromarés que distribuem a lama amazônica que a Corrente Equatorial Brasileira empurra em direção ao norte.

Ao longo do litoral do Amapá, ocorre uma expressiva deposição de sedimentos finos trazidos pelo Rio Amazonas. A região costeira emersa é formada por uma planície holocênica, de baixa altitude e largura variando de 10 a 100 km. Nittrouer & Kuehl (1995) reconheceram uma zona de acumulação entre os Cabos Orange e Cassiporé, que, nos últimos 1.000 anos, foi submetida a uma rápida acreção de sedimentos lamosos, e um litoral, compreendido entre o Cabo Cassiporé e o Cabo Norte, que vem sofrendo um processo de erosão nos últimos 500 anos.

O segundo setor compreende o Golfão Amazônico, área ocupada por um gigantesco complexo deltaico-estuarino, exibindo costas baixas muito instáveis, submetidas à ação de processos fluviais e marinhos, que produzem erosão, responsável pela formação de falésias, além de uma deposição que contribui para o desenvolvimento de planícies alagadas, que caracterizam o grande número de ilhas constituintes do arquipélago marajoara. A oeste da Baía de Marajó, a costa é de emersão, desenvolvida a partir de depósitos holocênicos. Percorrida pelo braço sul do Amazonas, esta porção da costa é retilínea, contornada pelos cordões arenosos.

O terceiro setor corresponde ao Litoral Amazônico Oriental, com um grande número de pequenos estuários bordejados por colinas baixas, formadas por sedimentos terciários da Formação Barreiras, atualmente em total retrogradação. Mangues ocorrem em áreas protegidas, ajudando a acentuar as irregularidades da linha de costa, gerando amplas planícies de maré, caracterizando as chamadas Reentrâncias Maranhenses.

Ao contrário do litoral do Amapá, o aporte de sedimentos do Amazonas para leste não foi suficiente para criar um litoral retificado, apesar da ocorrência de uma progradação lamosa, digitiforme, que ressalta a irregularidade desta linha de costa. O aspecto é de um litoral afogado pela transgressão marinha, caracterizado por uma sucessão de pequenos estuários e acreções sedimentares que, em conjunto, dão um aspecto de rias, razão da denominação “reentrâncias” dada no Maranhão. Algumas destas rias alcançam larguras de até 20 km por 5 m de profundidade, como em Turiaçu, apresentando direção NE-SW, acompanhando a das correntes de marés (Muehe, 1995).

A natureza arenosa da costa leste da Baía de São Marcos favorece o desenvolvimento de dunas e praias bastante arenosas, resultando em uma linha de costa mais suavizada, conhecida como Costa Nordeste.

2.1.2 Costa Nordeste

Este setor da costa brasileira pode ser subdividido em duas partes: a Costa Semi-Árida, que se estende da Baía de São Marcos (MA) até o Cabo Calcanhar (RN); e a Costa Nordeste Oriental ou das Barreiras, que vai do Cabo Calcanhar até a Baía de Todos os Santos (BA).

A Costa Semi-Árida, caracterizada por pequenos aportes fluviais, é mais ou menos retilínea, com um clima semi-árido, favorecendo a formação de dunas costeiras móveis, além da presença de lagunas e salinas.

Ocorrem tabuleiros costeiros da Formação Barreiras, cortados por rios de pequeno porte, com o desenvolvimento de planícies costeiras com sistemas de laguna/barreira de pequena extensão. Lagunas e estuários mostram manguezais instalados ao longo de suas margens, enquanto que as barreiras arenosas mostram cristas de praia quase sempre remobilizadas pelos fortes e persistentes ventos de NE, responsáveis pelo crescimento de campos de dunas, como é o caso dos famosos Lençóis Maranhenses. Merece destaque, também, a planície costeira do Rio Paraíba.

A Costa Nordeste Oriental, ou das Barreiras, do Cabo Calcanhar até a Baía de Todos os Santos, é caracterizada pela presença dos sedimentos da Formação Barreiras. Estes depósitos desenvolvem uma superfície mais ou menos plana, dissecada pela drenagem e suavemente inclinada para o oceano, podendo alcançar o mar, formando falésias.

Ocorrem, ainda, os recifes de arenitos de praia (beach rocks) em alinhamentos paralelos à costa, constituindo importantes feições de proteção e modelagem para este trecho do litoral.

Nas imediações dos principais rios, ocorrem sistemas múltiplos laguna/barreira pleistocênicos e holocênicos. Também aí, as lagunas e estuários, afetados por um regime de mesomarés, são ocupados por manguezais e as cristas de praia são remobilizadas pelos ventos de SE, gerando campos de dunas. Destaca-se, neste trecho, a planície costeira do Rio São Francisco, sendo também significativo o fato de que a pluma de sedimentos em suspensão originária desse rio, dirigida para o sul pelas correntes litorâneas, inibe o desenvolvimento de construções recifais e mantém águas turvas ao longo do litoral de Sergipe, ao contrário do que acontece com o litoral de Alagoas, mais ao norte.

2.1.3 Costa Leste ou Oriental

Neste setor, compreendido entre a Baía de Todos os Santos (BA) e Cabo Frio (RJ), ocorrem planícies costeiras bem desenvolvidas em torno da desembocadura dos principais rios, entre os quais o Jequitinhonha, o Doce e o Paraíba do Sul. Terraços ornamentados por sistemas de cordões litorâneos regressivos, pleistocênicos e holocênicos, são parcialmente retrabalhados pelos ventos, dando origem a campos de dunas arenosas.

São características as costas altas, falésias da Formação Barreiras e costões rochosos do embasamento cristalino, estes ocorrendo a partir da Baía de Vitória em direção ao sul, alternando-se com planícies costeiras bem desenvolvidas em torno da foz dos principais rios, como o Paraíba do Sul. Nestas planícies costeiras, observam-se sistemas laguna/barreira, com manguezais ocupando margens estuarinas e lagunares. Amplos terraços podem ser ornamentados por sistemas de cordões litorâneos regressivos, com retrabalhamento eólico, gerando campos de dunas arenosas.

Em direção ao sul, onde a plataforma torna-se mais larga e plana, existe um grande número de recifes de corais, como, por exemplo, o Banco de Abrolhos.

2.1.4 Costa Sudeste

O litoral entre Cabo Frio (RJ) e o Cabo Santa Marta (SC) é caracterizado por praias arenosas, com a presença intermitente de pontais rochosos. Lagunas limitadas por sistemas de ilhas barreiras são proeminentes ao longo de Cabo Frio.

As planícies costeiras, limitadas pelos costões rochosos da Serra do Mar, são compostas por sistemas de laguna/barreira, simples ou múltiplos, ou por sistemas de cordões litorâneos regressivos, pleistocênicos ou holocênicos, ou somente holocênicos, sendo parcialmente retrabalhados pelo vento. Algumas barreiras arenosas isolam áreas lagunares de pequeno porte, onde, quase sempre, se desenvolvem manguezais, cujo limite meridional de ocorrência coincide com a latitude de Laguna (SC).

2.1.5 Costa Sul

Do Cabo Santa Marta (SC) até o Arroio Chuí (RS), o litoral é formado por praias arenosas e baixas. Cordões arenosos são bem desenvolvidos, bem como largas planícies com presença de lagunas, algumas completamente fechadas atualmente, outras em conexão com o mar.

Observa-se uma ampla planície costeira, com cerca de 700 Km de comprimento e até 120 Km de largura, onde ocorre um sistema múltiplo e complexo de barreiras arenosas que aprisiona um gigantesco sistema lagunar (Lagunas dos Patos e Mirim), bem como uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos. Ali são encontrados quatro sistemas laguna/barreira, constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares, onde falésias, cristas de praia, pontais arenosos suspensos e campos de dunas marcam, de modo definido, antigas linhas de costa, pleistocênicas e holocênicas. Marismas ocorrem nas margens das porções estuarinas dos corpos lagunares e grandes campos de dunas assentam-se sobre a planície arenosa.

Do Cabo Santa Marta até Tramandaí, a planície é mais estreita e tem seu limite interno marcado pelas escarpas da Serra Geral, borda leste da Bacia do Paraná, que chegam até a linha de costa em Torres, formando ali o único promontório rochoso deste trecho da costa brasileira.

De Tramandaí até o Arroio Chuí, a planície se alarga e tem seu limite interno nos terrenos muito dissecados do Escudo Rio-Grandense e Uruguaio.

2.2 Sedimentos Quaternários da Costa

Villwock (1994) apresentou uma síntese bem completa dos depósitos sedimentares acumulados na costa brasileira, que serviu de base para a descrição feita a seguir.

Trabalhos de fotointerpretação, complementados por levantamentos de campo e datações isotópicas, permitiram a identificação dos vários tipos de sedimentos existentes nas planícies costeiras brasileiras.

O nível marinho alto mais recente é bem conhecido em função de numerosas reconstruções de antigas posições do nível relativo do mar no tempo e no espaço, que puderam ser efetuadas a partir de mais de 800 datações ao radiocarbono (Martin et al., 1979). O máximo dessa transgressão aconteceu em torno de 5.100 anos A. P., quando o nível relativo do mar encontrava-se de 3 a 5 m acima do nível atual. (Figura 2).

2.2.1 Depósitos Pré-Holocênicos

Os sedimentos terrígenos mais antigos, aflorantes nestas planícies costeiras, foram gerados num sistema de leques aluviais acumulados a partir das encostas das terras altas, que constituem o bordo oeste das bacias, por processos gravitacionais e aluviais de transporte de material. Os sedimentos variam desde elúvios e colúvios, nas regiões proximais, até depósitos nitidamente aluviais, associados, em geral, a canais do tipo entrelaçado (“braided”), nas regiões mais distais.

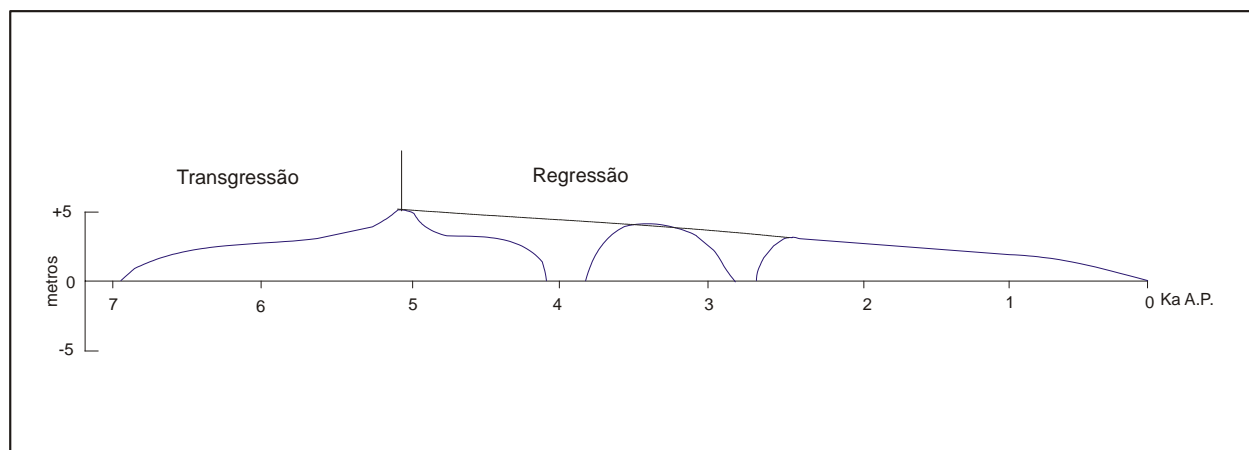


Figura 2- Curva de variação do nível relativo do mar (Martin *et al.*, 1979)

As fácies associadas a este sistema deposicional ocorrem nas partes mais internas das planícies costeiras, no sopé das terras altas. Suas porções mais distais foram, em parte, retrabalhadas por processos marinhos e lagunares durante os vários eventos transgressivos que ocorreram posteriormente. Estes retrabalhamentos, além de produzir o terracamento destes depósitos, causaram, em muitos locais, o interdigitamento com fácies de origem marinha, eólica, lagunar e fluvial.

Os depósitos relacionados com o primeiro grande ciclo transgressivo-regressivo pleistocênico têm sido descritos, no Rio Grande do Sul, como pertencentes ao Sistema Laguna/Barreira I. São areias quartzosas avermelhadas, de granulação fina a média, muito bem arredondadas, que quase sempre apresentam elevado conteúdo de matriz siltico-argilosa de origem diagenética.

Durante o segundo grande ciclo transgressivo-regressivo pleistocênico, um novo sistema, o Laguna/Barreira II, acumulou sedimentos nas planícies costeiras. Os depósitos praias e eólicos da Barreira II estão preservados, no Rio Grande do Sul, como um pontal arenoso desenvolvido a leste da Lagoa dos Barros e, mais ao sul, como um antigo sistema de ilhas barreiras, responsável pelo primeiro isolamento da Lagoa Mirim. Os depósitos lagunares ocorrem sobre um terraço (18 - 24 m), retrabalhado a partir de fácies do Sistema de Leques Aluviais.

Sedimentos produzidos no terceiro grande evento transgressivo-regressivo pleistocênico ocorrem bem preservados ao longo de toda a costa. No Rio Grande do Sul, integram o Sistema Laguna/Barreira III,

responsável pelo isolamento de todo o Sistema Lagunar Patos-Mirim. É constituído por fácies de areias quartzosas, claras, finas, bem selecionadas, com estratificações muito bem desenvolvidas, com grande quantidade de tubos fósseis de *Callichirus*, de origem praiial e marinha rasa, recobertas por areias eólicas de coloração mais avermelhada e aspecto maciço, geralmente bioturbadas. Vários ambientes deposicionais do tipo lagunar, paludal e fluvial estabeleceram-se nas depressões isoladas pelas Barreiras II e III. Em geral, os sedimentos acumulados nestes ambientes e retrabalhados de depósitos mais antigos, correspondem a areias pobremente selecionadas, de coloração creme, maciças ou estratificadas, mostrando concreções carbonáticas e ferruginosas disseminadas. Fósseis de mamíferos têm sido descritos em sedimentos desta unidade (Soliani Jr., 1973, apud Villwock, 1994). Os terraços marinhos e lagunares associados ao Sistema III mantêm-se, no Rio Grande do Sul, entre as cotas de 8 e 15 m.

Estes depósitos, que têm sido mapeados no Rio Grande do Sul, como Membros Taim e Santa Vitória, da Formação Chuí, e como Formação Itapoã, são correlacionáveis com os gerados pela Transgressão Cananéia (Suguo & Martin, 1978) ou Penúltima Transgressão (Bittencourt et al., 1979), descritos ao longo de toda a costa brasileira. Ocorrem como depósitos arenosos, com características muito semelhantes às descritas no Rio Grande do Sul, destacando-se a presença de tubos fósseis de *Callichirus* e as estruturas primárias bem preservadas, como as estratificações cruzadas de baixo ângulo e espinha de peixe. Na superfície, exibem cristas de praia muito modificadas, quase sempre cobertas por depósitos de remobilização eólica.

A maior parte dos depósitos pleistocênicos que têm sido mapeados na costa norte, nordeste e leste, pertencem a este sistema. Eles ocorrem na parte mais interna das planícies costeiras, em especial naquelas desenvolvidas em torno da desembocadura dos rios principais, como as descritas por Dominguez et al. (1983), e são conhecidos como Terraços Pleistocênicos (Figura 3).

2.2.2 Depósitos Holocênicos

O último grande ciclo transgressivo-regressivo é regressivo. No Rio Grande do Sul, ele controlou o desenvolvimento do Sistema Laguna/Barreira IV. A Última Transgressão marinha estendeu-se até os sedimentos da Barreira III, erodindo-os e neles esculpindo uma falésia que se desenvolve nitidamente ao longo de toda a sua borda leste. A regressão que se seguiu possibilitou o desenvolvimento da Barreira IV, isolando, do lado do continente, um novo sistema lagunar que, hoje em dia, apresenta-se em diferentes estágios de segmentação, quase sempre controlada pela ação do vento nordeste. Nas margens do Sistema Patos-Mirim, uma sucessão de terraços entre as cotas de -1 e +4 m retrata oscilações do nível do mar durante a fase regressiva. A Barreira IV é constituída, fundamentalmente, pelas areias da faixa praiial atual e do campo eólico adjacente. Em alguns locais, como ao sul do Rio Grande, sua progradação se fez através da construção de feixes de cristas de praia (Godolphim, 1976, apud Villwock, 1994). As areias da praia atual são quartzosas, de granulação fina a muito fina e mostram, em certos locais, elevadas concentrações de minerais pesados. O campo de dunas é bem desenvolvido ao longo de toda a linha de costa. Os sedimentos acumulados na depressão e nos terraços lagunares são areno-síltico-argilosos, às vezes ricos em matéria orgânica.

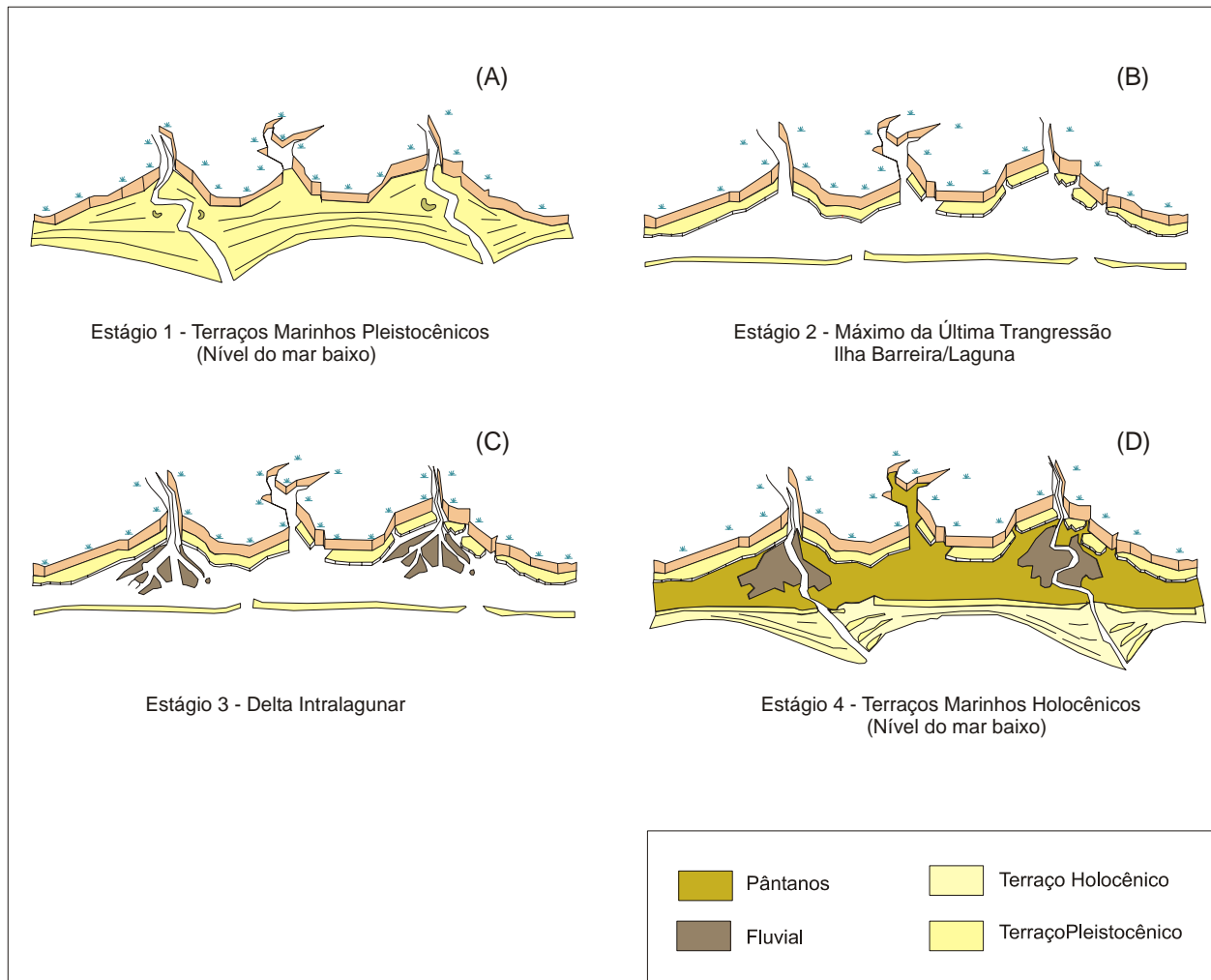


Figura 3 - Modelos esquemáticos de evolução da planície costeira (Dominguez, 1992).

Estes depósitos, anteriormente mapeados no Rio Grande do Sul como Formação Quinta, são correlacionáveis com os produzidos pela Transgressão Santos ou Última Transgressão (Suguio & Martin, 1978), nos demais setores da costa.

Em toda a costa brasileira, estes depósitos são conhecidos como os Terraços Marinheiros Holocênicos, constituídos por areias, podendo conter grande quantidade de conchas de moluscos. Sua superfície é marcada por feixes de cristas de praia, muitas vezes retrabalhada por processos eólicos, gerando campos de dunas. Nas antigas depressões lagunares, em torno das baías e na periferia das lagunas atuais ocorrem depósitos arenosíltico-argilosos, às vezes muito ricos em conchas de moluscos, o que tem permitido sua exploração econômica. Nas margens de áreas protegidas, tais como canais de maré, baías e lagunas, desenvolvem-se planícies de maré que são

ocupadas por manguezais e marismas, onde se depositam sedimentos predominantemente siltico-argilosos, muito ricos em matéria orgânica. (Figura 3).

Geralmente são separados dos Terraços Pleistocênicos por depressões cobertas por sedimentos siltico-argilosos ricos em matéria orgânica.

2.3 Evolução Geológica das Planícies Costeiras

Os modelos de sedimentação costeira geralmente destacam as variações de maré, energia das ondas e descarga fluvial como principais controladores dos ambientes sedimentares costeiros. Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que a história holocênica das flutuações do nível do mar exerceram grande influência nos modelos de evolução das regiões costeiras.

A curva de variação do nível do mar, definida por Martin et al. (1979), mostra que os litorais leste e nordeste brasileiros estiveram submerso até cerca de 5.100 anos A. P., seguido de emersão até nossos dias, quando se faz abstração de duas rápidas oscilações (Figura 2).

Para o trecho do litoral entre Macaé (RJ) e Recife (PE), o mais bem documentado do litoral brasileiro, pode-se admitir a seguinte evolução paleogeográfica durante a formação das planícies costeiras, resumida por Dominguez et al. (1992) nas seguintes fases:

2.3.1 Fase 1

Em torno de 120.000 anos (Pleistoceno), um máximo de transgressão marinha, denominada por Bittencourt et al. (1979) de Transgressão Mais Antiga, retrabalhou os sedimentos da Formação Barreiras, formando falésias mais ou menos alinhadas SW-NE, ao longo de toda a costa nordestina.

Em seguida, sob regime climático mais seco que o anterior, houve deposição de leques aluviais no sopé das falésias da Formação Barreiras (Figura 3A), concomitantemente a uma descida progressiva do nível do mar.

2.3.2 Fase 2

Uma nova transgressão marinha (Penúltima Transgressão, 120.000 anos A. P.; Bittencourt et al., 1979), com o nível do mar em torno de 8 ± 2 m em relação ao atual, secciona parcialmente estes leques e afoga os vales incisos na Formação Barreiras, gerando estuários ou lagoas (Figura 3B).

A partir da descida do nível do mar, há um favorecimento para a deposição dos Terraços Marinheiros (Pleistoceno) ao longo da costa, em faixas de largura variável, de acordo com a variação na topografia e com os obstáculos que permitem o seu desenvolvimento. As cristas dos cordões litorâneos foram preservadas somente em alguns setores da faixa costeira.

Ainda sob um regime climático mais seco, houve a geração de dunas por retrabalhamento dos leques aluviais e terraços marinhos, em alguns setores da costa.

2.3.3 Fase 3

Entre 120.000 e 7.000 anos A. P., o nível do mar permaneceu inferior ao nível atual. Posteriormente, no início da Última Transgressão (Bittencourt et al., 1979) em torno de 7.000 anos A. P., com o nível do mar semelhante ao atual, houve a erosão desses terraços, atingindo o ápice em torno de 5.100 anos A. P., com o nível do mar entre 4 e 5 m acima do atual (Figura 3C).

Esse máximo alcançado favoreceu a instalação do sistema de ilhas barreiras, com a geração de lagunas. Com o subsequente abaixamento do nível do mar, que não se deu de forma contínua, mas sim, com dois pontos de oscilação de máxima frequência, as lagunas foram substituídas por terras úmidas, formando-se, nesta fase, os Terraços Marinheiros Holocênicos (Figura 3D).

Num estágio atual, em alguns setores, a faixa de praia apresenta exumação de bancos de arenitos (Dominguez et al., 1990) na zona de transição praia-antepraia.

3. MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

As margens continentais situam-se entre os continentes e as bacias oceânicas, representando 10 % da superfície do globo, e chegam a concentrar cerca de 90 % do potencial econômico marinho, no que concerne a alimentos, combustíveis fósseis e minerais de valor econômico.

A margem continental brasileira é do tipo “Atlântica”, compreendendo uma área total de 5.003.397 Km², equivalente a 59 % do território brasileiro emerso.

Segundo a classificação de Heezen & Menard (1966), as margens continentais apresentam, da terra para o mar, três principais províncias bem desenvolvidas: plataforma, talude e sopé (Figura 4).

A Plataforma Continental constitui a faixa mais rasa que circunda a maioria dos continentes, com a configuração de tabuleiro ou terraço, e termina em direção ao mar com um aumento acentuado da inclinação denominado “quebra da plataforma”, que marca o limite externo da plataforma. Tem configuração mais ou menos plana, suavemente inclinada mar adentro, representando o prolongamento do próprio continente. É uma superfície plana, quase horizontal, com gradiente muito baixo (1:1.000), e relevo raramente excedendo 20 m, estando a profundidade média de quebra em torno de 130 m. O caráter plano e amplo das plataformas resultou das atividades erosiva e deposicional relacionadas a várias transgressões e regressões marinhas. A topografia da plataforma inclui feições negativas como canyons, canais e vales submarinos, bacias e depressões lineares. As feições positivas são representadas por bancos e cristas, terraços e escarpas de falhas, recifes e bancos costeiros. O microrrelevo da plataforma é a resposta do fundo marinho às condições hidrodinâmicas reinantes. É comum os substratos arenosos apresentarem marcas de ondulações, enquanto nos fundos lamosos as ondulações têm grande comprimento de onda e

pequena amplitude. Áreas com sedimentação carbonática apresentam relevo característico, geralmente bastante irregular, com recifes e bancos de algas calcárias.

Devido a sua importância econômica e estratégica, a plataforma continental é a província oceânica mais estudada.

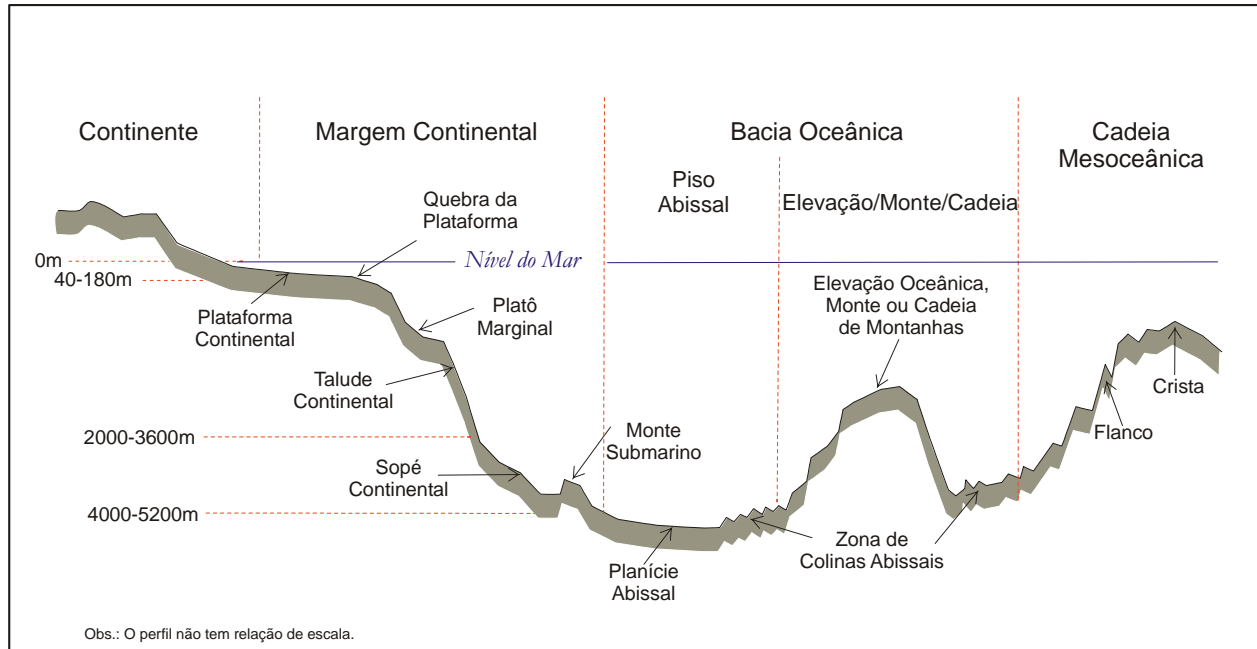


Figura 4 - Perfil Fisiográfico Esquemático de uma Margem Tipo "Atlântica" (Fonte: Projeto REMAC).

O Talude Continental é representado pela pendente relativamente íngreme, que se estende da quebra da plataforma até o sopé continental. Ele constitui a porção mais íngreme (3° a 6°) do piso marinho. Mostra, como a plataforma, sensíveis variações de gradientes, desde 1:2 até 1:40 (26° - $1^\circ 26'$), tem inclinação média de 75 m/Km e largura variando de 10 a 200 Km, quando não interrompidas por platôs marginais.

Os platôs e terraços marginais são feições com gradientes aproximados dos da plataforma continental, mas que ocorrem a profundidades maiores, abaixo da quebra da plataforma, e dela ficam separadas por um talude. Essas feições geralmente encontram-se entre as isóbatas de 200 a 3.000 m.

O talude é a província da margem continental que apresenta relevo mais irregular, sendo recortado por canyons, vales e colinas, resultado da intensa atividade erosiva, deposicional, desmoronamentos e diastrofismo.

O Sopé Continental é a província fisiográfica representada pela cunha de sedimentos que mergulha suavemente a partir da base do talude até se confundir com o piso das grandes bacias oceânicas. Das províncias da margem continental, é a mais difícil de caracterizar e até impossível de identificar em algumas áreas. A largura varia de 0 a 600 Km, e os gradientes variam de 1:50 a 1:800, com média de 1:150. Geralmente, considera-se que gradientes acima de 1:1000 pertencem ao sopé e, abaixo deste valor, à planície abissal. O relevo do sopé continental reflete sua natureza de espessas acumulações de sedimentos transportadas por correntes de turbidez e outros fluxos de gravidade, sendo depositados no pé do talude. Colinas e cavas suavemente arredondadas e pequenos canais muito espaçados entre si são comuns no relevo desta província fisiográfica

O fundo da bacia oceânica desenvolve-se a partir da base do sopé continental até o flanco ocidental da Cordilheira Mesoatlântica, onde predominam as planícies abissais de gradientes inferiores a 1:1000.

3.1 Fisiografia

Como a sedimentação é influenciada, entre outros fatores, pela profundidade e morfologia do fundo, as feições topográficas e suas relações com o nível do mar serão descritas antes do estudo da cobertura sedimentar.

Os levantamentos batimétricos anteriores a 1966 forneceram apenas uma vaga idéia da fisiografia da margem continental brasileira. O primeiro trabalho fisiográfico reunindo os dados exploratórios da PETROBRÁS e do U. S. Hydrographic Office, foi o de Barreto & Milliman (1969). Posteriormente, Martins et al. (1972), definiram várias províncias topográficas e inferiram algumas relações genéticas de certas feições da margem continental.

Três grandes regiões foram individualizadas na margem continental por Zemruscki et al. (1972). A região Nordeste-Leste, da Baía de São Marcos ao Cabo São Tomé; apresenta formas de relevo de dominante influência tectônica e vulcânica, em contraste com as regiões Norte e Sul, cujas formas são resultantes de processos sedimentares

O Projeto REMAC (1975) integrou vários trabalhos anteriormente elaborados e apresentou uma série de mapas batimétricos das feições fisiográficas da margem continental brasileira, que ainda são muito atuais.

Sendo a margem continental brasileira do tipo “Atlântica“, apresenta como características morfológicas principais:

- Costas relativamente baixas e de relevo moderado;
- Tectonicamente estável (não ocorre significativa movimentação nem vulcanismo);
- Províncias fisiográficas da margem continental e bacia oceânica, até a cordilheira mesoatlântica, bem desenvolvidas.

Como foi definido anteriormente, a margem continental brasileira possui bem desenvolvidas as três principais províncias fisiográficas (Figura 5). A plataforma continental, desde a costa até a cota batimétrica de 40-70 m na região leste e norte, e 100-160 m, na região sul, com uma área de 721.100 Km², declividade em torno de 0,1°, e com larguras variando entre 8 Km, ao largo de Salvador, 100 Km na costa nordeste até 330 Km, na foz do Rio Amazonas. O talude continental, com uma área de 762.297 Km², tem uma declividade média de 4 a 5° (chegando a 10° localmente), sendo alguns trechos profundamente escavados (canyons e vales, como os do São Francisco, Japaratinga, do Rio Grande, etc.), e outros com grandes extensões aplainadas, como os Platôs Marginais de São Paulo, Pernambuco, entre outros; e, por fim, o sopé continental, cuja transição do talude decorre suavemente a partir do intervalo 2.800-3.600 m de profundidade, ocupando uma área total em torno de 3.520.000 Km². A partir daí inicia a bacia oceânica propriamente dita.

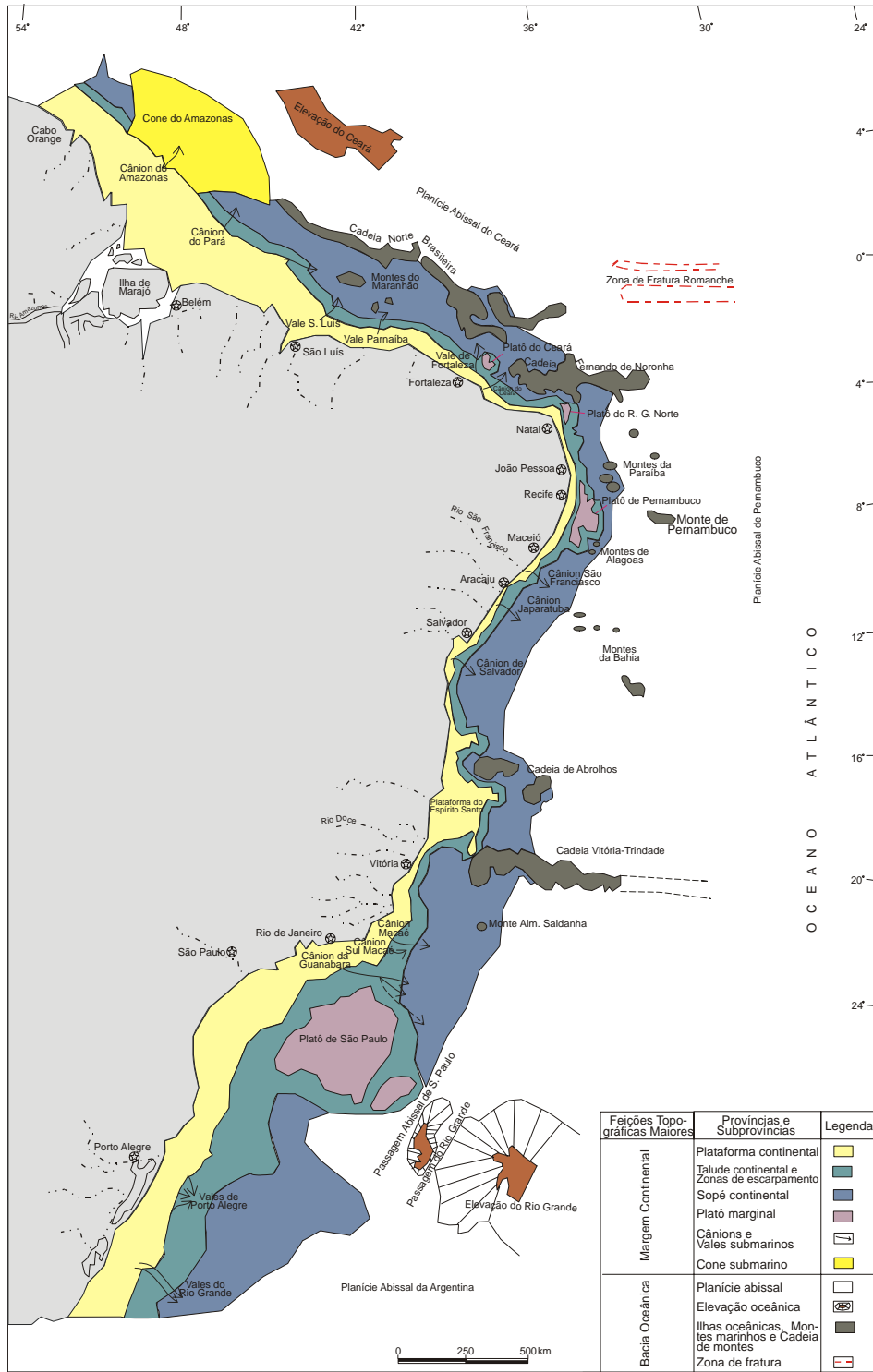


Figura 5 - Mapa Preliminar das Províncias Morfológicas da Margem Continental Brasileira (Fonte: Projeto REMAC).

A primeira tentativa de divisão fisiográfica da plataforma brasileira deve-se a Kempf (1970 a), a partir de um estudo bionômico da plataforma do Estado de Pernambuco. Este autor estabeleceu a profundidade de

35-40 m como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral, no sentido de Pérès & Picard (1964). Este limite é facilmente identificado pelo desaparecimento do fanerógama *Halophila decipiens*, acompanhado de mudanças na flora algológica. O critério acima sugerido, sendo puramente biológico, não tem registro no sedimento que possa ser preservado às influências modeladoras do relevo da plataforma. Deste modo, Coutinho (1976) propôs uma outra subdivisão da plataforma do Nordeste, levando em conta critérios sedimentológicos associados a feições morfológicas.

Observando-se a distribuição dos diversos tipos de sedimentos na plataforma do Nordeste, verifica-se um nítido limite entre as areias quartzosas terrígenas e os depósitos de algas calcárias coralinas que coincide, aproximadamente, com a isóbata de 20 m. Este limite é facilmente identificável e marca, igualmente, o aparecimento das *Lithothamnium*, em formas livres e ramificadas, que se estende até a profundidade de 40 m. Este trecho da plataforma corresponde também à presença de um terraço individualizado, entre 23 e 40 m segundo Boyer (1969). A partir dessa profundidade até o limite externo da plataforma, dominam os blocos maciços de algas, associados às variadas proporções de areia biodetrítica com 10-15 % de lama calcária de cor cinza azulada. Nas partes superiores do talude, a percentagem de lama é superior a 40 %.

Os critérios acima mencionados foram definidos, inicialmente, para a plataforma do Nordeste. Porém, estudos mais recentes mostraram que os mesmos podem ser aplicados a toda a plataforma continental brasileira, na qual distinguem-se os seguintes trechos:

a) Plataforma interna, limitada pela isóbata de 20 m, com relevo suave, apenas algumas irregularidades devido à presença de recifes, canais e ondulações, coberta com areia terrígena e muito pouco cascalho e lama. Teor em carbonato de cálcio inferior a 25 %. Dominam as associações de moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos, com menor quantidade de restos de equinóides e algas coralinas ramificadas e incrustantes. Os componentes bióticos são muito retrabalhados.

b) Plataforma média, de 20 até 40 m, com um relevo bem mais irregular, recoberto por sedimentos grosseiros de origem biogênica, sendo o mais comum o maërl, com um teor em carbonato de cálcio superior a 90%. A cor dos sedimentos sugere que as algas incrustantes vivas são mais abundantes. As associações carbonáticas não mostram sinal de retrabalhamento.

c) Plataforma externa, a partir de 40 m, coberta com areias biodetríticas, cascalhos de algas e lama cinza azulada, chegando esta a ultrapassar 40% no talude superior. As *Halimeda* tendem a ser mais abundantes e o teor em carbonato de cálcio é superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas, particularmente nas areias de algas recifais. São sedimentos relíquias, no sentido de Emery (1968).

3.2 Compartimentação da Margem Continental

A margem continental brasileira apresenta um interessante modelo natural para análise de sua morfologia, estrutura e sedimentação. No presente trabalho, será usada a classificação de Martins & Coutinho (1981) modificada. Distinguem-se os seguintes compartimentos:

3.2.1 Cabo Orange - Delta do Parnaíba

A configuração geral da linha de costa nesse trecho descreve uma ampla reentrância altamente recortada, com elevadas variações de maré que exercem papel importante na morfologia do litoral e na cobertura sedimentar.

Como foi visto, este trecho da margem continental pode ser dividido em três setores: o primeiro, das Guianas até a desembocadura do Rio Amazonas; o segundo compreende o chamado Golfão Amazônico; e o terceiro setor, do Golfão Amazônico até o Delta do Rio Parnaíba.

É a plataforma mais larga do Brasil, variando de 100 Km na foz do Rio Parnaíba até alcançar a extensão máxima de 330 Km em frente a ilha de Marajó. A declividade da plataforma tende a diminuir com o aumento da largura. A profundidade de quebra varia de 120 m ao longo da foz do Amazonas até 80 m no extremo leste da área.

Outras feições encontradas na plataforma continental ao largo do Amapá e do Golfão Amazônico consistem nos vales submarinos. A borda da plataforma é recortada até a profundidade de 70-80 m pelas cabeceiras dos Canyons do Amazonas e do Pará, entre outros.

Merece destaque nesse trecho o Golfão Maranhense, formado pelas baías de São Marcos e São José, separadas pela Ilha de São Luís.

As feições costeiras geralmente têm continuidade para a plataforma interna, que mostra um relevo complexo, típico de áreas com elevada energia de maré, representadas pelos bancos arenosos e canyons ornamentados na superfície por ondulações de areia.

Na plataforma externa, predomina relevo irregular típico de fácies carbonáticas, pouca cobertura arenosa, em equilíbrio com o regime hidráulico na área. Na parte mais interna da plataforma, a cobertura arenosa apresenta relevo típico de condições hidráulicas dominadas por correntes de maré.

A mais importante feição desta região é o Cone Amazônico, um dos maiores leques de águas profundas do mundo. O Cone Amazônico provoca uma descontinuidade no talude continental desta região e é cortado por diversos vales e canyons submarinos.

O talude continental a sudoeste do Cone do Amazonas é recortado por diversos canyons, cuja profundidade média está entre 50 e 750 m. Aparentemente, a maioria dos canyons não se relaciona com os atuais sistemas de drenagens costeiras, embora haja poucas exceções. Os canyons submarinos parecem feições erosivas de idade recente, pois cortam sedimentos relativamente jovens do talude (Ealey, 1965, Boyer, 1969, apud Damuth & Palma, 1979).

3.2.2 Delta do Parnaíba - Cabo Calcanhar

Nesse trecho, o relevo do litoral e da plataforma continental é influenciado, principalmente, por processos eólicos e pelas correntes litorâneas.

O Delta do Parnaíba tem forma levemente arqueada, com alternância de pequenas cristas de praias, campos de dunas, pântanos e baías. O delta separa os Lençóis Maranhenses, a oeste, de uma faixa litorânea estreita, também formada por depósitos eólicos, a leste.

A plataforma pode ser considerada estreita, atingindo 50 Km próximo ao Cabo Calcanhar, reduzindo-se em direção à Costa Nordeste para 40-50 Km, enquanto a quebra da plataforma ocorre a uma profundidade de 80 m.

A plataforma mais estreita e mais rasa favorece, ao mesmo tempo, a diminuição das correntes de maré e o aumento da influência das correntes costeiras sobre o litoral. A constância dos ventos alíseos de sudeste, o clima semi-árido com drenagem pouco expressiva e a aproximação do eixo da Corrente Costeira Norte Brasileira, segundo Palma (1979), concorreu para regularização do litoral. Essas condições favorecem o desenvolvimento da sedimentação carbonática típica da área, que contrasta com o setor norte onde predomina a sedimentação terrígena. O relevo da plataforma interna e média reflete o padrão desenvolvido na planície costeira. Ondas de areia com sotavento aparentemente voltado para oeste sugerem a predominância das correntes naquele sentido.

De um modo geral, o relevo da plataforma é dominado por superfícies relativamente planas, alternadas com fundos ondulados, campos de dunas de areia e feições irregulares típicas dos recifes de algas ou corais. As formações bioconstruídas predominam na plataforma externa, embora apareçam também nas partes mais internas. O desenvolvimento das biohermas é favorecido pela quase total ausência de sedimentação terrígena, consequência do clima semi-árido da região costeira adjacente.

Nota-se, apenas, a presença de dois vales na plataforma correspondente às desembocaduras dos Rios Apodi e Piranhas, com profundidades de 46 e 15 m, respectivamente.

Outra feição típica desse trecho é o aparecimento das linhas de recifes de arenitos de praia (beach rocks) que apresentam seu desenvolvimento máximo a partir do Cabo Calcanhar para o sul.

Na borda da plataforma continental, podem ser observadas estruturas sedimentares de origem deltaica e zonas de abrasão ativa formadas durante o Pleistoceno.

Na altura de 39° W e 2° - 2°30' S, o talude continental é interrompido pelo terraço do Ceará, uma feição do tipo platô, localizado a profundidades que variam entre 2.000 e 2.500 m, alcançando uma largura máxima de 30 Km. Outra feição característica nesse setor é o platô do Ceará, que se situa entre as profundidades de 230 e 260 m.

Nesse setor, ocorrem vários montes submarinos que se elevam acima do sopé continental, entre 2°50' e 4°30' S, estendendo-se da base do talude continental até a altura de 31° W. Destes, os mais importantes são aqueles que constituem o Arquipélago de Fernando de Noronha, que é formado por um vulcão com cerca de 60 Km de diâmetro na base. O pico é capeado por arenitos calcários, constituídos em grande parte por fragmentos de algas (Almeida, 1955).

As Cadeias Norte-Brasileira e de Fernando de Noronha regulam a morfologia e a sedimentação desta região. A Cadeia Norte-Brasileira, de origem vulcânica, funcionou até o Mioceno Inferior como uma barreira de sedimentos, enquanto que a Cadeia de Fernando de Noronha representa uma linha de montes submarinos, dos quais somente Fernando de Noronha e o Atol das Rocas atingem a superfície.

Outros montes submarinos, também originados de vulcanismos ao longo de uma linha leste-oeste, ocorrem desde Fernando de Noronha até a costa brasileira, onde são conhecidas ocorrências vulcânicas (Ceará, Rio Grande do Norte). Alguns desses montes alcançam a superfície, como é o caso do Atol das Rocas, e outros

constituem os guyots - montes de topo aplainado por abrasão marinha que constituem áreas de grande pisciosidade.

3.2.3 Cabo Calcanhar - Belmonte

A plataforma continental entre Natal (RN) e Belmonte (BA) é caracterizada por ocorrências bioconstrucionais. A plataforma continental apresenta largura máxima de 42 Km e profundidade de até 60 m, reduzidas devido, principalmente, à baixa taxa de erosão continental, pequena zona de sedimentação marinha, além de processos erosivos marinhos ineficientes durante o Pleistoceno, e a permanência no sentido da Corrente do Brasil.

A partir de Cabedelo (PB) em direção ao sul, a plataforma se alarga progressivamente até Maceió (AL), onde atinge 42 Km e depois diminui, alcançando o valor mínimo de 8 Km em frente ao Canyon de Salvador, e volta a crescer até 20 Km no extremo sul da área.

O relevo da plataforma nesta região é bastante irregular, com muitos canais rasos e estreitos, bem como feições erosionais do tipo hummocky. Do Rio São Francisco para sul, a plataforma torna-se mais regular com o desaparecimento dos hummocky.

Feições características desse setor são a grande quantidade de canyons que vão desde a plataforma até uma profundidade de 2.800 a 3.600 m. Em Alagoas, o Canal de Macéio origina-se na plataforma interna, a 20 m de profundidade, até a isóbata de 2.800 m no talude. Esse canal seria uma continuidade do Rio São Miguel e as barras das Lagoas Mundaú e Manguaba.

A mais importante feição plataformal desta região é o Platô de Pernambuco, composto por um nível superior situado entre 700 e 1.250 m de profundidade, além de um terraço inferior entre 2.000 e 2.400 m (Zembrusky et al., 1972).

O talude continental nesse trecho tem largura entre 56 e 140 Km, nas adjacências do platô de Pernambuco. As feições mais características dessa província são representadas pelo platô do Rio Grande do Norte, terraço de Natal, platô de Pernambuco, terraço de Maceió e os canyons próximos a Aracaju.

Do Platô de Pernambuco para o sul, o talude continental apresenta alguns montes submarinos, além de importantes canyons, como o do São Francisco, Japarutuba e Salvador.

Na altura do Platô do Rio Grande do Norte, o sopé continental alcança 600 Km de largura, diminuindo em direção ao Platô de Pernambuco onde atinge cerca de 300 Km.

Deve-se mencionar ainda os montes submarinos da Paraíba, em número de quatro, que constituem colinas do sopé, com base a 4.400 m e topo a 1.500-1.830 m de profundidade (França, 1979). Do Platô de Pernambuco para o sul, o sopé volta a se alargar, atingindo 600 Km ao largo de Salvador (BA).

3.2.4 Belmonte - Cabo Frio

A partir de Belmonte (BA), a plataforma continental alarga-se, até atingir o máximo de 246 Km, ao largo de Caravelas (BA), e, logo ao sul de Regência (ES), decresce para um mínimo de 48 Km, devido à presença de intrusões vulcânicas, que constituem locais privilegiados para o desenvolvimento de estruturas biogênicas. A

plataforma volta a se alargar em direção ao Cabo de São Tomé (RJ). A profundidade raramente ultrapassa 60 m. As notáveis extensões vulcânicas nesse setor da margem continental brasileira provocam alterações na morfologia do talude continental. Assim é que, a partir dos canyons de Belmonte até o Embaiamento de Tubarão, ao sul, a largura do talude reduz-se, chegando a valores mínimos de 18 Km, ao largo do Banco de Abrolhos, em oposição a uma largura média de 90 Km (França, 1979). Esse estreitamento provoca aumento da declividade, que chega a valores de 12° ao longo do Banco de Abrolhos. É nesse setor que o sopé continental alcança sua maior largura, com cerca de 900 Km ao largo do Banco de Abrolhos.

O Banco de Abrolhos, de grande importância estrutural, localiza-se a cerca de 120 Km da costa, com uma largura de 180 Km, abrangendo uma área de 35.000 Km². Este banco apresenta um substrato vulcânico, com fisiografia bastante diversificada, apresentando recifes, canyons, terraços marginais, além de uma laguna expressiva, circundada por pináculos de corais mortos, coberta por sedimentos biodetríticos. Os recifes costeiros são ausentes ao sul do Arquipélago de Abrolhos.

O Banco Royal Charlotte, situado ao largo de Belmonte, a 95 Km da costa, forma um platô que atinge 46 Km de largura.

Ao sul da Cadeia Vitória-Trindade, cessando o efeito perturbador do vulcanismo dos Abrolhos na topografia regional, o sopé retoma as características regulares da província submarina de ligação entre margem continental e bacia oceânica.

3.2.5 Cabo Frio - Cabo Santa Marta

A largura máxima da plataforma continental localiza-se no Embaiamento de São Paulo, pela altura de Santos, com 230 Km de extensão, e a mínima, no setor Cabo de São Tomé - Cabo Frio, com 50 Km. A profundidade da quebra varia entre 40 m e 180 m, sendo que o intervalo mais comum situa-se em 140 e 160 m (Zembruski, 1972).

A plataforma continental apresenta-se consideravelmente ampla, com relevo geral suave (1 m/Km) e monótono. Os contornos batimétricos geralmente acompanham de perto a costa e definem, no conjunto, uma superfície regular, sem formas topográficas acrecionais ou erosivas de grande amplitude regional.

A partir de Cabo Frio, a linha de costa apresenta uma ampla concavidade, enquanto que os amplos terraços continentais alargam-se, formando vários patamares, bem como o Embaiamento de Santos, sendo resultado da subsidência do embasamento do Platô de São Paulo. A largura da plataforma varia entre 90 e 230 Km, com feições mais modernas, devido ao fato dos depósitos de superfície, predominantemente terrígenos, terem sido retrabalhados durante a transgressão holocênica. A presença de bancos alongados e paralelos a linhas batimétricas sugere a existência de antigas zonas litorâneas.

A mais importante expressão morfológica da área é o Platô de São Paulo, que atinge quase 200 Km de extensão entre as isóbatas de 2.000 e 3.000 m.

O talude continental é largo, com uma inclinação mais acentuada (20 m/Km), sugerindo a predominância de processos deposicionais. A mesma influência da sedimentação na morfologia da margem

continental desta região é observada na base do talude continental, que alcança uma largura de 300 Km ao largo de Cabo Frio, aumentando para 400 Km para o sul.

3.2.6 Cabo Santa Marta - Chuí

A plataforma continental apresenta-se ampla, com relevo suave e monótono. Em geral, os contornos batimétricos acompanham a morfologia da costa, sem formas topográficas acrecionais ou erosivas de grande amplitude.

Os estudos hidrodinâmicos comprovam que a plataforma do Rio Grande do Sul está hoje submetida a condições de alta energia, provocando processo de retrabalhamento que contribuirá para um relevo moderado na plataforma continental.

No Estado do Rio Grande do Sul, o mergulho dos terraços continentais diminui gradualmente, representando uma marcante progradação deltaica. A largura média da plataforma atinge 125 Km.

A plataforma no setor do Cone do Rio Grande apresenta declive suave, com média de 1:800. Na porção interna da plataforma, até a cota de 30 m, o microrelevo consiste em uma série de altos e depressões, circulares e alongadas. Na porção média, existem duas escarpas que acompanham as curvas batimétricas de 60 e 110 m.

Na plataforma interna, ao longo das lagoas dos Patos e Mangueira, ocorrem dois maciços de bancos de areia, denominados, respectivamente, Banco Minuano e Banco do Albardão, localizados entre as cotas de 0 e 20 m.

A quebra da plataforma é geralmente transicional, sem platôs e terraços marginais. Em contraste com outras regiões da margem continental brasileira, o trecho compreendido entre o Cabo Santa Marta e o Chuí não é cortado por canyons de grandes dimensões, com exceção do Vale do Rio Grande.

O talude continental estreita-se entre o Alto de Torres e o Cone do Rio Grande, apresentando largura de 40 Km. São comuns vales e canyons em toda a extensão do talude. No flanco sul do Cone do Rio Grande, desenvolve-se o mais importante vale do setor, o Vale do Rio Grande, que se estende desde a plataforma externa até o sopé continental.

Pela sua extensão, o sopé continental constitui a província de maior expressão na margem continental deste setor.

4. COBERTURA SEDIMENTAR

Poucas margens continentais apresentam uma variedade tão grande de morfologia, tipos de sedimentos e ambientes, quanto a plataforma e talude brasileiros. A margem continental brasileira estende-se desde o paralelo 5° 00' N, em frente ao Cabo Orange, até o de 34° 30' S ao longo da barra do Arroio Chuí. Com uma extensão de cerca de 6.900 Km no sentido N-S, é limitada por dois grandes sistemas fluviais: o Amazonas, ao norte, e o La Plata, ao sul.

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

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

Em trabalho mais recente, Carannante et al. (1988), baseados no estudo das associações carbonáticas dos principais tipos de sedimentos e nos parâmetros ambientais, dividiram a plataforma continental brasileira em três zonas, conforme pode ser visto na figura 6:

- a) Zona Tropical (0 a 15° S) - predominam algas calcárias verdes (*Halimeda*) e algas coralinas ramificadas. As coralinas ramificadas, às vezes formam rodolitos, bem como cristas algálicas de extensão limitada. Briozoários e os foraminíferos bentônicos (*Amphistegina e Archaias*) são localmente abundantes. Corais hermatípicos são muito raros. Tem-se, ainda, evidências de sedimentos oolíticos relíquias na Plataforma Amazônica. Segundo Coutinho (1995), o grande desenvolvimento atual das fácies de algas calcárias está limitado a latitude de 2° 30' S, ou seja, próximo a foz do Rio Parnaíba, portanto um pouco ao sul do limite definido por Carannante et al. (1988).

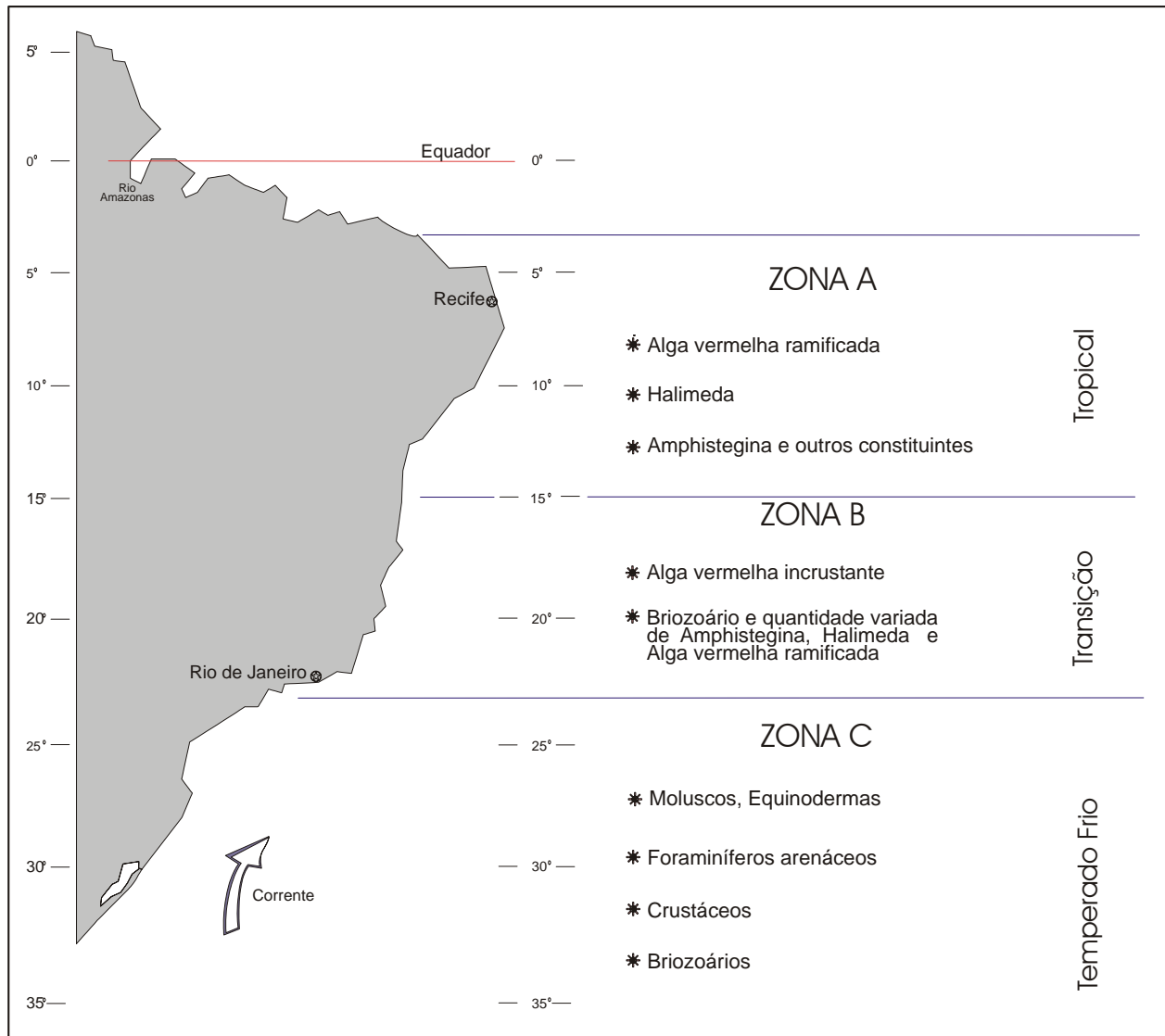


Figura 6 - Zonação esquemática das litofácies carbonáticas na plataforma continental média e externa, modificada de Carannarite et al. (1988).

b) Zona de Transição (15 a 23° S) - predominância de algas coralinas incrustantes (rodolitos), briozoários, pouca *Halimeda* e coralinas ramificadas. Briozoários tornam-se abundantes em direção ao setor sul, bem como para as águas mais profundas.

c) Zona Temperada (23 a 35° S) - sedimentos carbonáticos compostos de fragmentos de moluscos, equinóides, crustáceos e foraminíferos arenáceos. Briozoários, algas coralinas e *Halimeda* estão praticamente ausentes. *Amphistegina* não ocorre nos sedimentos deste setor.

Kempf (1970a), estudando o sedimento e sua população biológica na plataforma continental de Pernambuco, dividiu o substrato das algas em dois horizontes distintos, tendo como limite a profundidade de 35-40 m. Com efeito, essa profundidade corresponde à zona de transição entre as algas fotófilas e as ciáfilas e define, igualmente, o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral no sentido de Pérès & Picard (1964). As *Lithothamnium* ramificadas dominam no infralitoral e diminuem no circalitoral, onde os blocos de algas (rodolitos) são mais abundantes, associados a uma areia calcária grosseira. A distribuição dos corais também suporta esse limite e, praticamente, todos os corais sub-recifais são restritos ao circalitoral.

Ao lado das *Lithothamnium*, merecem destaque as algas verdes calcificadas, representadas pelos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillus*. As *Halimeda*, cujas espécies variam segundo as condições ecológicas, são importantes formadoras de sedimentos carbonáticos nas plataformas, especialmente a norte do Rio São Francisco (Kempf, 1972; Coutinho, 1981). A espécie *H. incrassata* é a mais abundante na zona infralitoral, enquanto na zona circalitoral dominam as espécies *H. tuna* e *H. discoidea*.

As algas calcárias participam ativamente da construção dos recifes, geralmente cobrindo um substrato litificado, como, por exemplo, dos arenitos de praia (beach rocks). No lado externo do recife, voltado para o mar aberto, geralmente ocorrem incrustações de corais ou vermetídeos.

Geralmente, o limite superior das algas calcárias está ligado ao fim da influência terrígena, normalmente em torno dos 20 m, enquanto seu limite inferior está situado entre 80 e 90 m, raramente atingindo 100 m.

Recobrando a borda externa da plataforma, ocorre um sedimento biodetrítico, que sucede o horizonte inferior das algas. O sedimento é constituído de fragmentos de algas calcárias, moluscos, briozoários, corais e uma certa quantidade de lama. A principal característica biológica desse tipo de fundo é a ausência de algas vivas.

Nas extremidades norte e sul da faixa de ocorrência das algas, elas apresentam uma redução da capacidade de formação de concreções. As algas sofrem a competição dos briozoários, cujas formas incrustantes tornam-se mais numerosas (Kempf, 1970a).

4.1 Distribuição das Fácies Sedimentares

A composição granulométrica e o teor em carbonato de cálcio são os parâmetros mais utilizados na classificação dos sedimentos das plataformas continentais.

A composição dos sedimentos das plataformas depende, em parte, do material fornecido pelo continental, especialmente através dos rios, e da contribuição organógena. A distribuição granulométrica dessas partículas está inteiramente ligada à interação de vários fatores, principalmente, condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físico-químicos. A determinação da composição textural dos sedimentos é de grande utilidade na descrição e interpretação das fácies sedimentares que ocorrem nas plataformas continentais.

Os sedimentos coletados na margem continental brasileira foram analisados em termos de cascalho, areia e lama (silte + argila), associada à composição biológica e aos valores de carbonato de cálcio. Posteriormente, foram classificados, segundo o diagrama triangular de Shepard (1954), que é o mais usado para representar graficamente os sedimentos.

Os fundos da plataforma continental foram divididos em vários tipos de fácies sedimentares, baseadas nas suas respectivas composições textural, biológica e valores de carbonato de cálcio. Podem-se distinguir as seguintes fácies, cuja distribuição simplificada é mostrada na figura 7.

4.1.1 Fácies de Areia Litorânea

Esta fácies compõe-se, geralmente, de areia quartzosa, com caráter nítidamente litorâneo ou fluvio-marinho, quando associada à desembocadura do rio. Trata-se de areias bastante puras, com pouca ou, muitas vezes, sem fração fina. Os grãos de quartzo são, em sua maioria, de tamanho médio a fino, subarredondados e bem brilhantes. A fácies possui sempre uma parte biodetrítica que nunca ultrapassa 40 %. Este material é composto de fragmentos de algas calcárias, de conchas e foraminíferos. A associação de foraminíferos depende da composição granulométrica da areia. As areias grossas possuem uma dominância de fragmentos de *Archaias* e de miliolídeos grandes, as areias finas e mais profundas de *Amphistegina* e miliolídeos pequenos.

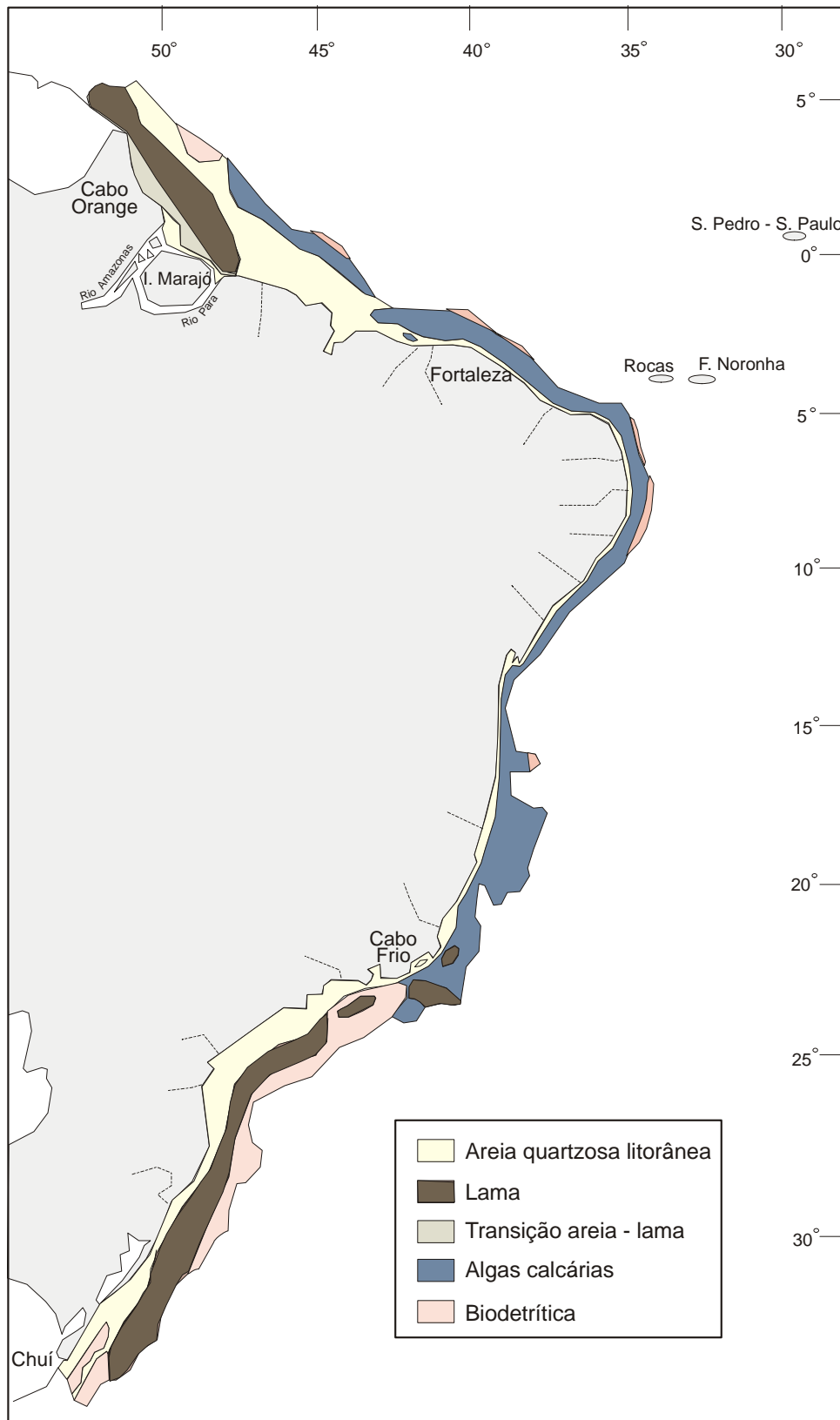


Figura 7 - Mapa simplificado da distribuição de fácies na plataforma continental, segundo Coutinho (1975).

Na Costa Leste, a fácies de areia é muito reduzida, possivelmente devido ao intenso desenvolvimento de algas calcárias a partir de 20 m de profundidade. Na Costa Norte, o substrato arenoso torna-se mais largo na direção oeste, atingindo sua extensão máxima na altura do Pará, onde apresenta um grau de seleção proporcional ao afastamento da costa. Nesta área, as algas calcárias associadas à areia são muito raras, tendendo a desaparecer para noroeste. O mesmo fenômeno ocorre com as algas moles, permanecendo especialmente as formas rastejantes (*Caulerpa*). Ao mesmo tempo, nota-se um maior desenvolvimento de certos invertebrados comuns a toda região nordestina, como, por exemplo, os Mollusca: Scaphopoda, *Olivella*, *Terebra*, *Hyalina*, *Nuculana*, *Glycimeris*, Lucinidae, *Transenpitar*, *Tellina* (Kempf et al., 1968).

A fauna, pobre em corais, ocorre próxima à costa, sobre substratos duros, principalmente ao norte da Cadeia Vitória-Trindade. Gêneros característicos dos recifes das Antilhas são quase inteiramente ausentes.

Localmente, podem ser distinguidas sub-fácies, especialmente nas áreas recifais do leste e nordeste, porém, apenas mapeáveis em estudos detalhados (Kempf et al., 1968).

A profundidade desta fácies é inferior a 20 m. Podem ocorrer enclaves de lama, com até 30 % de areia, principalmente na desembocadura de pequenos rios e entre recifes.

A fácies litorânea de areia quartzosa pode ser encontrada desde o Rio Pará até o Chuí, ao longo da costa, com apenas algumas interrupções. A faixa de ocorrência é larga nas costas do Pará e Maranhão, onde o fundo se apresenta ondulado, como mega-ripples (Kempf et al., 1968; Coutinho e Morais, 1968). Nas plataformas média e externa da Costa Norte, esta fácies é predominantemente relíquia.

Pomerancblum & Costa (1970) estudaram a composição granulométrica e mineralógica das areias na região entre o Delta do Rio Parnaíba e a foz do Rio Pará. As principais conclusões são que os sedimentos são maduros, foram transportados para o mar por um agente único e foram parcialmente retrabalhados na plataforma. A procedência é de dois tipos de rocha: um de alto metamorfismo regional e outro de composição básica.

Em frente à foz do Rio Parnaíba, as areias possuem caráter fluvial, acumuladas num extenso delta submarino.

Mais para leste, a faixa litorânea de areias quartzosas diminui de largura, para constituir uma zona muito estreita entre Cabo São Roque e Cabo Frio. Ela é interrompida na foz do Rio São Francisco, onde existe um canyon com sedimento fino, tipo lama.

Cabo Frio e o Cabo Santa Marta, dois pontos salientes da costa sul, constituem duas outras interrupções na faixa de areia quartzosa. A zona entre os dois cabos caracteriza-se pela textura uniforme, boa seleção, diminuindo o tamanho médio na direção do alto mar. A matéria biodetrítica pode atingir uns 30 %, constituindo-se principalmente de micromoluscos e fragmentos de lamelibrânquios maiores. A associação de foraminíferos mostra as famílias de miliolídeos, elphidídeos, cibicidídeos, rotalídeos e bolivinídeos, representados por espécies muito pequenas e de conchas muito finas.

Vale salientar que, segundo Martins et al. (1972), todos os sedimentos terrígenos encontrados do Cabo Frio para o sul são de natureza relíquia.

A faixa arenosa ao sul do Cabo de Santa Marta foi estudada por Martins et al., (1967). As areias variam de tamanho médio a fino, com um caráter parecido com as atuais areias de praia e dunas da costa sul-riograndense e catarinense. Onde existe um certo teor de material biodetrítico, sob a forma de fragmentos de

conchas, o sedimento torna-se mais grosseiro. Essas areias foram interpretadas como sendo depósitos transgressivos da subida do nível do mar depois da última glaciação. No extremo sul da plataforma brasileira, sente-se a influência de fornecimento de material pelo Rio de La Plata, mostrada pela mistura de sedimentos arenosos e mais finos, dando uma distribuição um tanto irregular.

4.1.2 Fácies de Lama

Inclui as amostras do fundo que se apresentam como vasas terrígenas, constituídas de argilas e siltes. Tais fácies podem ser encontradas onde há rios que trazem muito material fino (Amazonas, São Francisco) ou em áreas da plataforma relativamente tranquilas. As amostras possuem cores marrons até cinzas, são pobres em frações grossas, como também em restos de organismos. Os poucos organismos encontrados são foraminíferos com testas muito finas e transparentes.

Geralmente, são de origem terrígena, porém, algumas vezes, apresentam uma significativa quantidade de carbonato de cálcio, proveniente da erosão biomecânica dos sedimentos carbonáticos.

Na região amazônica, na composição dos argilominerais das lamas predomina a montmorillonita, enquanto, ao largo do Rio São Francisco, predomina a illita.

Com o aumento da profundidade, aumenta a porcentagem de areia no sedimento, ocorrendo um fundo com mistura de lama e areia. A ausência de carbonato de cálcio indica um ambiente rico em sílica, pouco favorável ao desenvolvimento de vida marinha, especialmente de foraminíferos e organismos calcários.

As zonas mapeáveis de ocorrência da fácies de lama encontram-se nas seguintes áreas: (1) da foz do Rio Amazonas para o norte; (2) na foz do Rio São Francisco; (3) algumas manchas entre o Cabo São Tomé e a Ilha de São Sebastião; (4) uma faixa contínua na parte mais exterior da plataforma, desde a altura de Santos até a região do Chuí.

Da foz do Amazonas para o norte, a lama é de origem fluvial do mencionado rio. A Corrente Sul-Equatorial leva o material numa direção norte-noroeste, depositando-o nas costas das Guianas e mesmo nas profundidades maiores. O material é muito pobre em restos orgânicos, que até podem faltar completamente, sendo observadas raras espículas de esponjas silicosas, sem nenhum detrito de organismos calcários.

A fauna desta fácies é muito especializada, representada principalmente por Mollusca, Polychaeta, Crustacea e, em menor quantidade, por Echinodermata. Nota-se um empobrecimento junto à costa, onde domina uma lama fluida. Por outro lado, a presença de areia torna a fauna mais variada, com o aparecimento de outros grupos zoológicos, como, por exemplo, Hydroida e Bryozoa.

A distribuição geográfica da fauna é praticamente a mesma em toda a região estudada, apresentando apenas uma certa particularidade nos fundos de lama na região amazônica, com espécies de caráter guianense. Entre os moluscos mais encontrados, podem ser citados: *Bursa spadicea* Montfort, *Yoldia* sp, *Amusium papyraceum* Gabb, *Phacoides muricatus* Spengler, *Trigonocardia antillarum* Orbigny, *Macoma* sp, *Corbula* sp (Kempf et al., 1968).

O Canyon do Rio São Francisco, que se aprofunda rapidamente sobre curta distância, recebe quase todo o material trazido por esse rio. A mudança de salinidade da foz para o mar faz depositar, primeiramente, a

fração silte e, depois, a argila, numa constante corrente de turbidez. Isto causa uma grande mistura, provocada pela associação de foraminíferos, completamente estranha à profundidade e ambiente geral (Mabesoone & Tinoco, 1967).

As lamas arenosas da região do Cabo Frio são interpretadas por Coutinho (1970) e Ottmann & Ottmann (1970) como acumulações em áreas planas ou, talvez, pequenas depressões da plataforma. A fração areia varia de 30 a 50 %, consistindo de areia muito fina, apresentando mica e glauconita. A fração fina é siltica até argilosa. O conteúdo de material biodetrítico é pequeno, sempre inferior a 30 %. A fauna é pobre, mostrando poucos fragmentos de conchas e alguns foraminíferos da família rotalídeos.

A ocorrência mais meridional da fácies de lama, entre Santos e a fronteira com o Uruguai, apresenta-se como argila siltica, às vezes arenosa, com conteúdo variável em material biodetrítico. A sua distribuição foi estudada por Martins et al. (1967), que interpretaram as lamas como depósitos relíquias da última glaciação, quando o nível do mar encontrava-se mais baixo, dando oportunidade aos rios da região espalharem seu material na zona da atual ocorrência das lamas.

Fora da região amazônica, a lama está representada por manchas isoladas, de pequena extensão, sob a influência direta de rios costeiros e, localmente, no lado protegido dos recifes do Nordeste. Trata-se de um material fino argiloso, com 25 % de areia, onde os grãos de quartzo são pequenos, com microfauna de foraminíferos de espécies pequenas e frágeis das famílias dos rotalídeos, bolivinídeos, miliolídeos, onde a espécie *Amonia beccarii* é dominante.

4.1.3 Fácies de Algas Calcárias

Esta fácies representa a continuação da fácies arenosa, recobrendo toda a plataforma continental, desde o Cabo Frio até o Piauí. Recobre, também, a plataforma do arquipélago de Fernando de Noronha, do Atol das Rocas e todos os bancos submersos encontrados a menos de 100 m de profundidade, ao largo da costa.

Este sedimento constitui o tipo de fundo mais característico da plataforma continental, bem como o de maior importância econômica, além de estar associado à presença de lagosta.

De fato, a fácies de algas calcárias constitui um sedimento biodetrítico, na qual 90 a 100 % do material é constituído por fragmentos de algas calcárias. A dominância desses organismos e a ocorrência sobre extensas áreas do fundo da plataforma permitem sua distinção como uma fácies independente.

Os elementos que compõem o conjunto são, na sua maioria, do grupo das Melobesiae, através de blocos e formas ramificadas com seus respectivos fragmentos de *Lithothamnium*. Em alguns lugares tranquilos, podem dominar as placas de *Halimeda* que, em geral, constituem apenas pequena parte do sedimento. Como elementos acessórios, podem ser mencionados, ainda, os foraminíferos e os fragmentos de moluscos, acumulados nos interstícios e lugares vazios das concreções algálicas. O foraminífero mais comum é o gênero *Archaias*.

Os fundos de algas calcárias são especialmente abundantes na plataforma entre Cabo Frio e o Delta do Parnaíba. Trata-se do equivalente da fácies biodetrítica da plataforma sul. A dominância das algas causa a relativa diminuição da percentagem dos outros organismos que, entretanto, podem constituir até 40 % do total. Mais comum é, porém, uma percentagem de 5 a 10 %. A fácies ocupa a plataforma entre a faixa com a areia quartzosa

litorânea e a borda da plataforma. Muitas vezes, os fragmentos mostram-se desgastados, principalmente a maiores profundidades, além de 50 m. Isto sugere que a fácies ali possa ser um depósito relíquia.

Ao largo da costa de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte, esta fácies ocupa a maior parte da plataforma, a partir da isóbata de 20 m. Os foraminíferos mais comuns neste trecho são *Archaias*, *Amphistegina* e as famílias *Milliolidae* e *Textularidae*. Os foraminíferos planctônicos são raros, provavelmente devido ao desvio das correntes ricas nesta microfauna, pelo arquipélago de Fernando de Noronha e o atol das Rocas.

Os bancos ao largo e as plataformas das ilhas oceânicas também apresentam fundos de algas calcárias, como, por exemplo, o Atol das Rocas.

Nos bancos, a fauna apresenta uma certa particularidade, devido possivelmente a estes apresentarem-se como verdadeiras “ilhas”. Como exemplo, o mollusca *Conus dominicanus* Hwass, relativamente frequente neste ambiente, não ocorre na costa. Por outro lado, na costa norte, em decorrência deste fundo encontrar-se bastante afastado da costa, faltam as espécies típicas do horizonte superior, frequentes na Costa Leste. Este fenômeno é particularmente evidente no caso das algas que necessitam de maior luminosidade.

Geralmente, as algas crescem melhor onde o substrato é relativamente duro e as águas limpas. Isto significa que, onde existem correntes fortes e turbulentas, com lama em suspensão, a fácies de algas não se desenvolve. Por exemplo: na foz do Rio São Francisco, a corrente de material fluvial, carregada de lama, segue uma direção para sul, causada pela Corrente do Brasil, resultando numa ausência quase total das algas na plataforma sergipana. O desaparecimento gradativo na Costa Norte é provavelmente causado pela influência dos Rios Parnaíba e Amazonas e pelo enorme fornecimento de material terrígeno nas costas do Maranhão e Pará. O desaparecimento brusco na plataforma sul deve-se à fria Corrente das Malvinas, com temperaturas menos favoráveis para o crescimento de algas.

4.1.4 Fácies Biodetrítica

Compõe-se, predominantemente, de fragmentos de organismos diversos, entre os quais devem ser mencionados: algas calcárias, moluscos, foraminíferos, briozoários, ostracodes, como sendo os mais abundantes. Entre os foraminíferos domina o gênero *Amphistegina*. Os organismos maiores apresentam-se geralmente fragmentados. O tamanho do sedimento pode variar de grosso a fino. A parte fina pode ser argila terrígena, que aparece, neste caso, perto das fozes de rios, ou lamas calcárias finas de origem bioquímica.

A microfauna é constituída pelos mesmos elementos das fácies descritas anteriormente, porém com maior diversidade no número de espécies.

Algumas ocorrências faunísticas parecem estar ligadas à presença de lama no sedimento (Bryozoa Lunulitiformes, Echinodermata *Stylocidaris*). A associação faunística restante aproxima-se muito daquela do horizonte inferior dos depósitos de algas calcárias. Nestas condições, é possível que haja uma certa continuidade com a fauna das Antilhas, pelo menos com as espécies mais profundas da plataforma continental.

Pode-se encontrar casos em que um dos componentes atinja quantidades consideráveis, porém inferiores a 50 %. São, geralmente, briozoários ou corais que, assim, constituem uma sub-fácies não mapeável,

devido a sua pequena extensão. Além disso, foi encontrada uma areia composta, exclusivamente, do foraminífero *Amphistegina radiata* forma *tumida*.

A fácies constituída de material biodetrítico estende-se na Costa Norte-Nordeste-Leste, principalmente na borda da plataforma, sendo, também, encontrada na quebra das plataformas dos bancos e das ilhas oceânicas. Apenas em alguns lugares, a área de ocorrência é um pouco mais larga, devido à existência de corpos biohermais (Rio Grande do Norte), ou sendo possíveis relíquias (Piauí, noroeste do Ceará).

Geralmente, a faixa de ocorrência na borda da plataforma é muito estreita e descontínua, não sendo, assim, mapeável. Apenas onde a plataforma se alarga consideravelmente, como é o caso entre Canavieiras e Porto Seguro e nos Abrolhos e mais para o sul, a descida é menos abrupta, possuindo uma zona mais larga ocupada pela fácies biodetrítica.

Cabo Frio marca a transição entre o Domínio Tropical, com predomínio de algas calcárias, ao norte, e a Zona Temperada, ao sul. Moluscos, crustáceos e areias de foraminíferos dominam do Cabo Frio para o sul.

Na plataforma sul-brasileira, desde Cabo Frio até aproximadamente Tramandaí (RS), ocorre uma faixa bem larga com material biodetrítico. Parece que essa fácies substitui, nessa região, a fácies de algas da plataforma mais setentrional. A fração organógena constitui, mais ou menos, 7 % do total, enquanto 20 % é matéria microclástica e 10 % areia quartzosa com mica (Coutinho, 1970). Dentro da fração organógena, não mais dominam as algas calcárias, sendo, agora, abundantes os corais, os fragmentos de moluscos e os briozoários. Estes últimos organismos podem dominar a associação em muitos lugares. Para o sul, o conteúdo de material biodetrítico pode diminuir até 40-50 % (Zembruski, 1967).

A granulometria dessa fácies mostra, geralmente, areias grossas, devido ao tamanho dos organismos e dos fragmentos. A composição granulométrica tem pouca significação, quando se tratar de uma acumulação de restos animais não desgastados, como é comumente o caso.

Essas quatro fácies são as principais encontradas na plataforma continental brasileira, ocupando certa extensão do fundo. Entre elas ocorrem sempre zonas de transição, nas quais 40 a 60% de uma fácies encontra-se misturada com quantidade inversa de outra. Em geral, tais zonas são muito estreitas e não mapeáveis. Onde, porém, ocupam largura considerável na plataforma, podem ser encontradas as seguintes fácies mistas.

4.1.5 Fácies Mista de Areia e Lama

Ocorre, principalmente, nas áreas onde a zona de areia quartzosa é larga e as lamas terrígenas são encontradas nas partes mais profundas da plataforma. Granulometricamente, trata-se de areias sílticas e argilosas, siltes arenosos e argilas arenosas, em proporções mais ou menos iguais.

Esta fácies mista de areia e lama possui extensão mapeável no extremo sul da plataforma brasileira. A sua distribuição mostra a influência, nessa região, do Rio de La Plata, cujo material espalha-se parcialmente para o norte (Martins et al., 1967). A sua interrelação com a fácies de areia litorânea só pode ser estabelecida com testemunhos de sondagens.

Esta fácies é igualmente mapeável na plataforma norte, em função da presença do Rio Amazonas.

4.1.6 Fácies Mista de Areia e Material Biodestruído

Trata-se de um sedimento com mais ou menos 50 % de quartzo e a mesma quantidade de fragmentos de organismos, que podem ser de vários tipos, inclusive as algas.

A fácies mista ocorre sempre onde as duas fácies puras, ou mesmo as fácies arenosa e de algas, limitam-se. Porém, geralmente essa zona mista é muito estreita, como, por exemplo, na região do Recife (Kempf et al., 1970). Mapeável é apenas a faixa entre Vitória (ES) e Cabo Frio e entre a foz do Rio Parnaíba e Cabo Orange, onde possui bastante largura. Nesses casos, pode-se supor que o fornecimento de muita areia quartzosa do continente foi o principal responsável para tal mistura.

4.2 Províncias Sedimentares

O termo província sedimentar é usado aqui no sentido de Edelman (1933, apud Suttner, 1974), definido como “um grupo distinto e homogêneo de sedimentos, os quais constituem uma unidade natural pela idade, origem e distribuição”.

Vários parâmetros serviram de base para a definição das províncias. A distribuição textural dos sedimentos fornece indicações sobre os processos sedimentares atuais. A determinação do conteúdo em carbonato de cálcio e dos tipos de associações carbonáticas reflete a importância relativa da sedimentação terrígena e dos vários fatores que influenciam a sedimentação organógena. De igual importância na determinação do caráter relíquia é a presença ou ausência de grãos manchados de ferro e o grau de retrabalhamento dos componentes bióticos. A proporção relativa de feldspato, juntamente com a associação de minerais pesados, constituem elementos valiosos para a definição da fonte e da estabilidade dos sedimentos terrígenos. E, finalmente, as condições físico-químicas do ambiente de deposição podem ser evidenciadas pelo estudo geoquímico dos sedimentos. Segue-se uma descrição sumária das principais características de cada província sedimentar.

4.2.1 Província Carbonática Moderna

Com base na presença ou ausência de fragmentos manchados com ferro, nos sinais de retrabalhamento e no aspecto “novo ou velho”, os sedimentos foram divididos em modernos e relíquias.

A província carbonática moderna é formada pelos cascalhos e areias carbonáticas biogênicas encontradas, principalmente, na plataforma média do Rio São Francisco para o norte. A maior parte desse sedimento é constituída de organismos ou fragmentos orgânicos vivos ou aparentemente frescos, sem evidência de retrabalhamento. Por esta razão, foram considerados modernos, embora, localmente, possam apresentar pequena quantidade de areia quartzosa relíquia. Dominam as algas *Lithothamnium* e *Halimeda*, as quais, em certos locais, atingem até a praia.

4.2.2 Província Carbonática Relíquia

É representada por um tipo de sedimento muito semelhante ao anterior, dominando a plataforma externa de toda a área, desde o delta do Parnaíba até Cabo Frio. Os fragmentos carbonáticos desta província exibem um alto grau de retrabalhamento, com muitos grãos coloridos pelo ferro, e apresentam uma certa quantidade de areia terrígena relíquia. Dominam os biodetríticos associados a uma certa percentagem de lama calcária. É muito comum a presença de artículos de *Halimeda* muito perfurados e acinzentados. Geralmente, os componentes relíquias deste grupo apresentam misturas de formas frescas de organismos relativamente modernos, dando ao sedimento um caráter mais “palimpsest” que propriamente relíquia (Swift et al., 1971).

Em vários locais da plataforma e do talude, ao norte do Rio São Francisco, ocorrem sedimentos carbonáticos litificados, de idade recente, cuja cimentação se realiza em profundidade de até 100 m, segundo Mabesoone (1971). As evidências das variações do nível do mar na área, marcadas pelos diversos terraços, confirmam as observações de Summerhayes et al. (1975), ao sugerirem que esses calcários foram formados durante exposição do litoral, similarmente aos recifes de arenito do Nordeste (Ottmann, 1960; Mabesoone, 1964; Coutinho & Farias, 1979).

4.2.3 Província Terrígena Arenosa

Esta província reúne as areias distribuídas numa faixa quase contínua, limitada à plataforma interna, interrompida pela sedimentação pelítica dos principais rios e por algumas pequenas ocorrências de lama costeira. Seu maior desenvolvimento é ao sul de Cabo Frio e do Cabo Calcanhar para o norte, chegando a cobrir parte da plataforma média. Essas areias são, geralmente, relíquias e contêm uma fração biogênica inferior a 15 %, completamente retrabalhada pela ação das ondas e correntes. Entretanto, algumas apresentam muitos componentes bióticos modernos, especialmente moluscos, e devem ser considerados “palimpsests”, conforme Swift et al. (1971).

É muito comum, nos sedimentos terrígenos da plataforma interna, a presença de moluscos e foraminíferos bentônicos relíquias misturados com moluscos relativamente “novos”, enquanto, nas plataformas média e externa, as algas coralinas e *Halimeda* são misturadas com moluscos e foraminíferos bentônicos relíquias.

É importante assinalar uma certa homogeneidade na maturidade mineralógica desses sedimentos. Na maior parte da plataforma, dominam as areias subarcoseanas com tendência ao arredondamento dos grãos, e, apenas ao norte de Maceió, aparece uma grande mancha de areias subortoquartzíticas. A associação de minerais pesados, formada pela turmalina, estaurolita, zircão e opacos, reflete o mesmo grau de imaturos e submaturos, embora as argilas atestem um caráter maturo do sedimento (Milliman, 1975).

4.2.4 Província Terrígena Siltico-Argilosa

As lamas são encontradas em algumas depressões topográficas da plataforma interna ou assoreando alguns canais afogados, porém apresentam sua expressão máxima no delta dos Rios Amazonas, São Francisco e Japarutuba, entre outros.

As lamas do talude, ao sul do Rio São Francisco, são essencialmente terrígenas, enquanto, ao norte, são mais arenosas e mais ricas em CaCO₃, devido à grande quantidade de foraminíferos planctônicos. Ambas

apresentam uma cor marrom amarelada, em oposição ao cinza azulado das lamas da plataforma. A fração arenosa das lamas do talude apresenta valores mais elevados em feldspato que as da plataforma, enquanto na fração argilosa, domina a montmorillonita em relação a caulinita (Summerhayes et al., 1975).

4.3 Processos Sedimentares

Embora a composição de muitos sedimentos encontrados nas plataformas modernas não esteja em equilíbrio com as atuais condições, existem evidências que sugerem, pelo menos, um equilíbrio textural. O retrabalhamento holocênico removeu a maior parte do sedimento fino, deixando, sobre a plataforma, uma cobertura de sedimentos grosseiros mostrando uma incoerência ecológica em relação às atuais condições ambientais. O fato da maior parte dos sedimentos encontrados nas plataformas modernas serem relíquias (Emery, 1968) sugere que o material transportado pelos rios não permanece na plataforma. A ausência relativa de sedimentação atual de material fino nas plataformas é o resultado da combinação de fatores representados pela retenção dos sedimentos finos nos estuários e pelo “by passing” do material que é acumulado no talude ou regiões profundas e, ainda, pelo tempo relativamente curto da atual posição do nível do mar.

Devido à falta de uma sedimentação terrígena recente importante, a fonte primária de sedimentos modernos para as plataformas é o material carbonático.

4.3.1 Sedimentação Carbonática

Sedimentos carbonáticos são encontrados em quase todas as partes dos oceanos, porém são diferenciados pela composição e características petrográficas, que são condicionadas pelo ambiente de deposição.

O conteúdo em carbonato de cálcio dos sedimentos das plataformas é, inicialmente, função do fornecimento de sedimentação terrígenas e, em segundo lugar, da temperatura da água e da produtividade carbonática (Milliman, 1974).

Uma expressiva extensão de sedimentos carbonáticos na plataforma brasileira, desde o Rio Pará até Cabo Frio, sugere uma longa estabilidade das condições ecológicas favoráveis ao desenvolvimento desses organismos. Uma plataforma estável, pouco profunda, sob a influência dos dois ramos da Corrente Sul Equatorial, com estabilidade de salinidade, temperatura e transparência das águas, reúne condições favoráveis ao desenvolvimento da vida vegetal, em particular, das algas calcárias (Mabesoone et al., 1972; Summerhayes et al., 1975). Outros competidores, como briozoários e corais, são muito pouco representados. Entretanto, na plataforma ao sul de Abrolhos há uma tendência dos briozoários substituírem, parcialmente, as coralinhas incrustantes e, totalmente, as coralinhas ramificadas (Melo et al., 1975). As *Halimeda* são mais abundantes ao norte do Rio São Francisco, sendo muito pouco frequentes ao sul daquele rio. Esse modelo reflete a diferença de temperatura entre as águas ao norte e ao sul do São Francisco, afetando a distribuição dessas algas verdes (Milliman, 1975; Carannante et al., 1988). Em resumo, pode-se dizer que as condições ecológicas que determinam o desenvolvimento e a distribuição dessas associações são pouco conhecidas.

4.3.2 Sedimentação Terrígena

Comparados aos grandes rios do mundo, os rios brasileiros apresentam uma concentração de material em suspensão relativamente pequena, geralmente inferior a 100 mg/l (Milliman, 1975). Contribuem para o baixo teor de suspensóides nas águas dos rios, em primeiro lugar, a ausência de uma topografia jovem e acidentada no continente e, em segundo lugar, o clima semi-árido que cobre uma grande extensão no território brasileiro. A convergência desses fatores conduz a uma baixa concentração de material em suspensão nas águas oceânicas, raramente excedendo 0,25 mg/l, sendo este constituído, em sua maior parte, de matéria orgânica combustível, enquanto a fração terrígena em suspensão é limitada à zona de influência dos rios. Portanto, muito pouco material terrígeno alcança a plataforma entre o Delta do Parnaíba e Cabo Frio, e a maior parte dos sedimentos fluviais fica retida nas partes inferiores dos estuários (Mabesoone & Coutinho, 1970; Summerhayes et al., 1975). Evidências de acumulação terrígena atual são encontradas, por exemplo, nos canyons dos Rios Amazonas, São Francisco, Japarutuba, Vaza-Barris, Doce, Paraíba do Sul e Rio Grande. Em oposição, as lamas relíquias são encontradas nas depressões topográficas da plataforma média e na borda da plataforma externa. A erosão costeira não desempenha papel importante no processo sedimentar e a única movimentação é devido às ondas e correntes no litoral.

A mineralogia dos sedimentos terrígenos reflete a interação de vários fatores, tais como: geologia, relevo, clima e intemperismo.

Durante as flutuações do nível do mar, as areias depositadas na plataforma tornaram-se subarcoseanas em ambiente de planície costeira úmida, com aumento dos minerais pesados estáveis, como o zircão, a turmalina e os opacos. Durante os estágios de rebaixamento do nível do mar, os rios transportam areias arcoseanas para o talude e regiões profundas, enquanto predominava, na costa, um clima menos úmido, como sugere o menor teor em caulinita das lamas encontradas no Platô de Pernambuco (Summerhayes et al., 1975; França et al., 1976).

4.4 Aspectos Econômicos

Apesar do grande interesse pelo potencial de recursos minerais do mar, apenas um número reduzido desses recursos, mesmo em águas rasas, está sendo explorado atualmente. Segundo especialistas, as pesquisas sobre mineração oceânica nos próximos dez anos serão concentradas em águas relativamente rasas da Zona Econômica Exclusiva.

Os depósitos minerais que cobrem a margem continental brasileira, atualmente, não oferecem atrativos para o seu aproveitamento, mas o aumento da necessidade e o decréscimo de matéria-prima de origem continental poderá, em futuro próximo, mudar esta situação.

Dentre os recursos minerais que ocorrem na plataforma continental brasileira, com exceção do petróleo, os sedimentos carbonáticos e as areias e cascalhos constituem os depósitos economicamente mais importantes e de fácil exploração.

4.4.1 Areia e Cascalho

São encontrados na fácies das areias litorâneas quartzosas da plataforma interna e externa, ao longo de toda a costa (Figura 7).

Assumindo uma espessura média de 5 m para estas camadas de areia e cascalho, Milliman e Amaral (1974) estimaram uma reserva de 40×10^{10} ton, que representam 2.000 vezes as reservas conhecidas no continente (DNPM, 1972). Em algumas regiões da plataforma, sondagens revelaram uma espessura para esses depósitos superior a 5 m.

Estes sedimentos são utilizados na indústria de construção em geral e aterros hidráulicos, sendo esta a maior indústria do país, no que diz respeito à utilização de mão-de-obra e canalização de capitais.

O problema, naturalmente, é o custo atual da mineração de areia e cascalho na plataforma, que é superior ao valor dos depósitos. Entretanto, em grandes áreas metropolitanas, como o Rio de Janeiro e Santos, construídas sobre regiões costeiras, a utilização desses depósitos da plataforma poderá ser exequível. Semelhantes previsões foram feitas para a costa leste dos Estados Unidos e para a costa da Bretanha, onde tais depósitos constituem a maior fonte de areias e cascalhos disponíveis.

4.4.2 Carbonatos

Os depósitos carbonáticos destacam-se entre os jazimentos sedimentares da plataforma pela sua crescente importância econômica.

São representados, principalmente, pelas fácies de algas calcárias, que se dispõem em forma de uma faixa, quase contínua, desde Parnaíba (PI) até a região de Cabo Frio (RJ) (Figura 7). Devido ao grande aporte terrígeno nas extremidades norte e sul da plataforma, essas fácies distanciam-se muito da costa e, finalmente, desaparecem. Em alguns trechos do litoral, notadamente entre Natal e o Rio São Francisco, estão localizadas entre as isóbatas de 20 e 40 m e distando 4 a 20 milhas do litoral, como se verifica em certas faixas de Pernambuco (Kempf, 1974).

Na plataforma continental brasileira, Coutinho (1995) identificou três tipos de sedimentos derivados das coralinas, cada qual composto de forma diferente.

- a) “Cascalho” - semelhante ao maërl da Bretanha ou à biocenose “détritique côtier” do Mediterrâneo, de Pérès & Picard (1964), formado de uma mistura de areia e seixos de calcário biogênico, constituído de fragmentos de algas ramificadas, associadas aos moluscos e briozoários. Localmente, as *Halimeda* predominam, formando um verdadeiro “Cascalho de *Halimeda*”.
- b) Coralinas incrustantes - são componentes importantes dentro do sedimento inconsolidado, misturado com algas ramificadas, briozoários, corais, moluscos e foraminíferos bentônicos, semelhante à biocenose “coralligène de plateau”, no Mediterrâneo. Sua existência está intimamente ligada à presença de um substrato duro, sobre o qual as algas desenvolvem-se.
- c) Rodolitos - incluem nódulos e concreções de algas. Segundo Bosence (1983), as formas dos rodolitos são características de diferentes ambientes sedimentares.

Embora a maior parte do sedimento seja constituída de seixos e areia, numa grande área da região de Abrolhos, predomina lama calcária (Melo et al., 1975).

Estes sedimentos contêm de 4 a 7 % de magnésio e até 1 % de sódio, ferro e potássio. Sedimentos ricos em *Halimeda* ocorrem, principalmente, nas porções interna e média da plataforma do norte e nordeste (Coutinho e Morais, 1968). Seus esqueletos são formados de aragonita e contêm até 1,2 % de estrôncio.

Sedimentos ricos em moluscos, com elevado teor em carbonato de cálcio e ausência de magnésio, são encontrados em grandes quantidades na plataforma interna das costas sul e leste.

Os depósitos carbonáticos têm inúmeras aplicações, entre as quais destacam-se a utilização na fabricação do cimento, o emprego como fertilizante, corretivo de solos e como fonte potencial de micronutrientes minerais.

Mont'Alverne & Coutinho (1982), considerando uma área de aproximadamente 900 Km², compreendida entre as isóbatas de 20 e 30 m na plataforma continental de Pernambuco, e, admitindo uma espessura média de apenas 1,5 m de sedimentos, calcularam uma reserva inferida de 1.926 x 10⁶ toneladas, o que permitirá uma lavra ininterrupta de um milhão de ton/ano durante quase dois milênios.

Este verdadeiro cinturão de ouro permite ao Brasil explorar suas reservas de algas calcárias por muitos anos, especialmente, sabendo-se que se trata de um recurso renovável. Calcários semelhantes aos que ocorrem na plataforma brasileira são aproveitados por vários países.

Antes da exploração desses recursos, torna-se necessária a realização de estudos integrados, visando avaliar o possível impacto ambiental decorrente da exploração dessas algas calcárias.

4.4.3 Minerais Pesados

Ao longo da costa brasileira, ocorrências de minerais pesados do grupo B de Emery e Noakes (1969) são conhecidas em locais isolados, separadas por grandes zonas estéreis.

Os sedimentos arenosos da plataforma contêm, geralmente, menos que 2 % de minerais pesados, principalmente ilmenita, rutilo, zircão e monazita. Em algumas áreas, a concentração atinge valores superiores a 4 % da fração areia, como, por exemplo, nos sedimentos relíquias dos canais ao longo do Rio Amazonas, bem como nas plataformas externas do Espírito Santo e Rio Grande do Sul.

Provavelmente, as praias do Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil oferecem as melhores condições para a acumulação de importantes depósitos de “placers”. Os minerais pesados das praias do nordeste brasileiro, geralmente, ocorrem em lentes delgadas, o que dificulta a exploração. As reservas totais de minerais pesados, principalmente ilmenita, rutilo e zircão, excedem 1,3 x 10⁶ ton.

Oscilações do nível do mar no Quaternário retrabalharam sedimentos costeiros e concentraram minerais pesados em praias e paleocanais. A existência de depósitos com alta concentração, associados com linhas de costa e vales fluviais pretéritos, é bastante promissora.

4.4.4 Fosfato

A fosforita é largamente distribuída na plataforma e talude superior, em áreas de ressurgência em baixas latitudes, onde sedimentos detríticos são ausentes. A presença de sedimentos cretáceos ricos em fosfato em

Pernambuco (Tinoco, 1971) indica ressurgências durante o Maastrichtiano. Os sedimentos superficiais da moderna plataforma brasileira mostram um baixo teor de fosfato, com poucas áreas atingindo valores superiores a 1 % de P_2O_5 . Os valores mais altos (cerca de 1,8 %) são associados com a fácies algálica e biodetrítica da quebra da plataforma (Summerhayes et al., 1975). Em alguns locais protegidos nas costas de Pernambuco e Paraíba, ocorrem bancos de lama fosfática (4,6 % de P_2O_5), aparentemente relacionados com ocorrências de antigos depósitos ricos em fosfato no continente adjacente (Coutinho, 1975). A maior parte do fosfato está presente na forma de matéria orgânica de pequenas dimensões no interior de sedimentos ou preenchendo conchas carbonáticas.

Dragagens no Platô do Ceará mostraram rochas com mais de 13 % de P_2O_5 , enquanto que nódulos de manganês derivados do Platô de Pernambuco mostram também altos valores de P_2O_5 .

4.4.5 Manganês

Fragmentos e nódulos de manganês, ricos em ferro, foram dragados da elevação do Rio Grande e da Zona de fratura Vema adjacente. Apresentam concentrações de Mn, Fe, Cu e Ni consideradas baixas em relação às encontradas no Pacífico. Uma grande densidade de nódulos de manganês foi fotografado entre as latitudes de 26° e 34° S.

Dragagens realizadas nos flancos do Platô de Pernambuco revelaram uma grande quantidade de fragmentos e nódulos de manganês. Análises preliminares deste material mostraram altas concentrações de Mn, Fe, Ni e Cu, além de um excepcional teor de Co (Milliman e Amaral, 1974).

4.4.6 Lamas Orgânicas

Lamas terrígenas, com menos de 10 % de $CaCO_3$ e 1 a 3 % de carbono orgânico, são encontradas ao largo do Amazonas, em lagunas costeiras, bem como na plataforma meridional. Estas lamas têm valor na fabricação de cerâmicas (Manheim, 1972, apud Coutinho, 1975).

5. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA NORTE

A Costa Norte, delimitada pelo Projeto REVIZEE, compreende o trecho situado entre o Cabo Orange e o Delta do Paraíba, com uma extensão de aproximadamente 1.300 Km e uma ampla plataforma continental que atinge até 330 Km de largura.

A Plataforma Amazônica é um sistema sedimentar complexo, com vários aspectos únicos, como a elevada descarga do rio, a rápida acumulação sedimentar e a ausência de eventos significativos de tempestade (Nittrouer et al., 1986).

5.1 Fisiografia

A plataforma continental adjacente ao Rio Amazonas é a mais larga de toda a margem continental brasileira, variando de 100 Km, em frente ao Delta do Parnaíba, até cerca de 330 Km, em frente à Ilha de Marajó, limitada aproximadamente, pela isóbata de 120 m. A declividade da plataforma tende a diminuir com o aumento da largura, variando de 1-2/1.000. A plataforma interna é relativamente plana até a isóbata de 40 m, onde ocorre uma rápida mudança de declive em torno da isóbata de 60 m.

Algumas feições interessantes merecem registro. Por exemplo, a cunha sedimentar observada ao largo e ao norte do Rio Amazonas, até a profundidade de 60 m ao norte deste rio, e 20 a 40 m, entre os Rios Pará e Amazonas.

A plataforma interna e a maior parte da plataforma média, limitada pela isóbata de 60 m, é caracterizada pela deposição de lamas modernas, que parecem representar a progradação do delta subaquoso para o mar, sobre camadas de areias transgressivas (Martins, 1972; Figueiredo et al., 1972; Nittrouer et al., 1986).

A plataforma continental interna alarga-se, progressivamente, do Cabo Orange ao Cabo Norte, passando a isóbata de 50 m, por exemplo, de 28 para 140 Km da linha de costa. É interessante observar que, enquanto a isóbata de 50 m mantém uma orientação quase constante de noroeste para sudeste, as isóbatas de 20, 10 e 5 m reproduzem, de forma cada vez mais nítida, os contornos do Cabo Norte, representando testemunhos de paleolinhas da costa (Muehe, 1995).

A superfície da plataforma externa ao largo do Amapá mostra um relevo bem movimentado, envolvendo zonas de bancos arenosos e vales que se intercalam com fundos irregulares de natureza carbonática, “sandwaves” assimétricas e ondulações irregulares. Zemruski et al. (1972) e Damuth (1973) interpretaram este relevo como o produto do ravinamento formado pelos tributários do Canyon Amazônico. Para Barreto et al. (1975), as cristas e vales representam um sistema fluvial pleistocênico preservado.

Em geral, esses campos de bancos transversais à borda da plataforma estão dispostos paralelamente à direção da corrente de maré, sendo a sua gênese associada à dinâmica atual da borda da plataforma, a processos hidráulicos pretéritos da plataforma interna ou à combinação dos dois processos.

A leste de Marajó, a plataforma interna é larga, em torno de 180 Km, reduzindo-se para cerca de 60 Km defronte e a leste da Baía de São Marcos. Uma acentuada reentrância do paleolitoral é registrada pela isóbata de 40 m, que, ao largo do Rio Gurupi e ao longo de 185 Km, inflexiona cerca de 20 Km em direção à linha de costa. El-Robrini & Souza Filho (1994) interpretam esta feição como sendo o paleogolfo do Rio Gurupi, presumindo uma idade de 12.000 A. P., em analogia à datação do paleolitoral da Guiana Francesa.

Entre os paleovales de Turiaçu e do Cururupu, localiza-se o recife Manoel Luís, ocupando uma área de aproximadamente 130 Km², caracterizado pela presença de corais vivos, que, na forma de cabeços, emergem na baixa-mar (Palma, 1979).

A plataforma continental adjacente ao Golfão Maranhense constitui uma depressão denominada “Depressão Maranhense”. Na porção interna da plataforma, limitada pela isóbata de 40 m, e sobre o interflúvio adjacente, a NW, ocorre um relevo complexo, típico de áreas com elevada energia de maré.

Dois canais principais, denominados “Vale de São Marcos” e “Vale de Cumã”, atravessam toda a plataforma, até a borda. Ecogramas apresentam perfis transversais assimétricos e fundo escavado em “V”, pelos

Vales de São Marcos e do Cumã, de 15 e 10 m de profundidade, respectivamente. Nos canais e superpostos aos bancos, ocorrem numerosas ondas de areia (“sand waves”).

As plataformas interna e média, entre os vales do Turiaçu e Pará, mostram relevo organizado em acumulações arenosas, alongadas perpendicularmente à costa, porém com menor amplitude e menos definidas que os bancos da área ao largo do Golfão Maranhense.

Num pequeno trecho, entre a foz dos Rios Gurupi e Pará, o relevo das plataformas interna e média é dominado por uma morfologia irregular de fundo carbonático.

A leste do Golfão Maranhense, a plataforma é mais estreita, com o relevo das plataformas interna e média acompanhando o padrão litorâneo. “Sandwaves” com sotavento aparentemente voltado para oeste sugerem a predominância das correntes naquele sentido.

A plataforma média, entre 40 e 60 m de profundidade, tem acentuado gradiente (>1:500), enquanto que as “topsets” (plataforma interna) têm gradientes maiores que 1:3.000.

Na plataforma externa, domina o relevo relativamente irregular da fácies biodetrítica, com escassa cobertura arenosa, em equilíbrio com o forte regime hidráulico da área e com a distância das fontes de suprimento terrígeno.

A plataforma externa e o talude superior são cortados por numerosas ravinas e canyons, sendo o maior o Canyon Amazônico. Os canais e cristas que cortam as plataformas média e externa ao largo do Rio Amazonas são particularmente interessantes. Provavelmente, estas feições representam sistemas fluviais pleistocênicos que não foram preenchidos pela sedimentação holocênica subsequente.

O sopé continental é interrompido à frente do Rio Amazonas pelos gradientes maiores do Cone Amazônico, estendendo-se até profundidades de 4.000 m, tendo a Cadeia Norte Brasileira como limite externo (Martins & Coutinho, 1981).

5.2 Cobertura Sedimentar

Os sedimentos superficiais da plataforma continental da região, juntamente com o talude superior, são representados por três importantes fácies sedimentares, como segue.

5.2.1 Fácies de Lama

A primeira fácies é composta pelos sedimentos finos oriundos do Rio Amazonas, sendo imaturos na textura e composição, dominando a plataforma e o talude superior, ao norte do Rio Pará.

Ottmann (1959) foi o primeiro a identificar uma fácies de lama adjacente à foz do Rio Amazonas, sugerindo tratar-se de uma “zona de deposição brusca de sedimentos em suspensão trazidos pelo rio, formada de lama argilosa fluida com baixo teor em carbonato de cálcio”.

O primeiro mapa de distribuição superficial dos sedimentos da região foi elaborado por Coutinho e Morais (1968), que identificaram: (1) uma fácies de lama resultante da sedimentação atual do Rio Amazonas, cobrindo a plataforma interna; (2) um aumento da porcentagem de areia no sedimento, em direção ao largo, dando lugar ao aparecimento de uma fácies mista de areia e lama; e (3) uma fácies de areia quartzosa recobrimdo a borda externa da plataforma.

A maior parte da descarga sedimentar forma um depósito de lama na plataforma interna, estendendo-se até a isóbata de 70 m. A idade e as condições de sedimentação da fácies de lama que cobre a plataforma interna têm sido motivo de controvérsias, e vários modelos foram propostos para explicar sua existência. Segundo Martins (1974), os depósitos de lama, cobrindo uma superfície plana até a isóbata de 40 m, representa a parte “topset” de uma feição deltaica subaquosa.

Milliman et al. (1975), interpretando dados de material em suspensão na superfície da água do mar, verificaram que a contribuição moderna de terrígenos em suspensão para a plataforma é quase nula e concluíram que a maior parte da lama da plataforma interna é relíquia, formada durante períodos de nível de mar baixo por progradação.

Esse modelo foi questionado por Gibbs (1976), que considera os depósitos de lama sobre a plataforma interna amazônica de idade recente, associados ao atual transporte do rio, cuja pluma de águas turvas se desloca para noroeste pela Corrente Costeira Norte Brasileira.

Nittrouer et al. (1983) sugerem uma idade moderna para a sedimentação dos depósitos de lama e confirmam a presença de uma feição deltaica subaquosa, descrita inicialmente por Martins (1974), e adicionam novos dados sobre os três níveis de sedimentação que formam o delta subaquoso do Rio Amazonas.

A estratigrafia dos sedimentos preservados indica a presença de um delta subaquoso, com um “topset” estendendo-se até a isóbata de 30 m; o “foreset”, entre 80 e 70 m; e um “bottomset” terminando na plataforma externa (Martins et al., 1971; Figueiredo et al., 1972; Nittrouer et al., 1986).

Dados recentes de Kuehl et al. (1986) e de Eisma et al. (1991) confirmam a idade recente da fácies de lama da plataforma interna, conforme havia sido sugerido em trabalhos anteriores (Ottmann, 1959; Coutinho & Morais, 1968; Zemrusky et al., 1972; Martins, 1974).

Uma importante contribuição neste aspecto foi dada por El Robrin & Souza Filho (1994), que determinaram idades de 12, 14 e 17,4 K_A para os níveis batimétricos de 20, 40 e 80 m.

Sedimentos terrígenos modernos são acumulados, principalmente, ao longo da plataforma interna adjacente, a noroeste do Rio Amazonas. Os sedimentos relíquias foram acrescentados por processos costeiros, durante níveis do mar mais baixos. Transporte ao largo da costa dos sedimentos amazônicos ocorreu, especialmente, durante períodos glaciais pretéritos.

Sem dúvida, a mais importante feição oceanográfica da plataforma norte brasileira é a influência do Rio Amazonas, com formação de uma cunha de sedimentos, que alcança até a plataforma externa, com considerável transporte de águas e sedimentos.

Os sedimentos ricos em lama dominam a plataforma interna ao largo e ao norte do sistema Pará-Amazonas, alcançando a isóbata de 60 m, com mais expressão em frente ao Golfão Amazônico. O conteúdo de areia nestes sedimentos é geralmente menos que 1 %. A transição das lamas da plataforma interna para as areias e

cascalhos das plataformas média e externa coincide com o gradiente relativamente abrupto entre a cunha transparente (de lama) e o fundo altamente refletivo de areias.

As lamas adjacentes ao Amazonas são compostas, principalmente, por silte, em uma proporção que alcança até 9 vezes o teor de argila, contribuindo com cerca de 95 % do material em suspensão, com diâmetro médio de 4 μm . Em contraste, os sedimentos que recobrem a plataforma a nordeste do Amazonas são ricos em argila, com a razão argila/argila+silte geralmente maior que 0,6. Esta distribuição de sedimentos, provavelmente, reflete o efeito de retrabalhamento, influenciado por correntes de marés ao longo do Amazonas, e o transporte de argila, para noroeste, por correntes litorâneas, por cerca de 1.600 Km de extensão além do Rio Orinoco, formando o mais longo e contínuo depósito de lama moderna do mundo (Fass, 1986).

Os depósitos de lama oriundos do Amazonas, ao longo de 350 Km da costa do Amapá, são de idade de 500 e 1.300 anos. Os estratos holocênicos foram depositados do sedimento em suspensão do Amazonas, em planície de maré, mangues e ambientes supratidais, sendo registrados, no mínimo, dois ciclos de progradação-recuo da linha de costa nos últimos 3.000 anos (Allison et al., 1993).

A lama amazônica contém menos de 3% de CaCO_3 . A rápida deposição terrígena mascara os grãos carbonáticos e soterra possíveis substratos para a colonização pelas comunidades epibentônicas.

O impacto da alta concentração de suspensões, formando a fácies de lama fluida (fundos altamente móveis de sedimentos lamosos), torna o macrobentos da plataforma interna (<20 m) menor que o da plataforma externa (Aller & Aller, 1986). Durante o período de baixa descarga, os organismos recolonizam a plataforma interna e a meiofauna torna-se mais abundante.

A pobre atividade bentônica, com baixa densidade de bactérias, verificada na plataforma interna da região, é essencialmente controlada pela acumulação de material e pela dinâmica do substrato (Fernandes & Carvalho, 1993). Tal situação é observada até a isóbata de 15 m (Kuehl et al., 1995). Nas camadas de topo do delta, a razão de acumulação de lama é superior a 10 cm/ano (Kineke & Sternberg, 1995). Segundo estes autores, as lamas não resultam da erosão e ressuspensão da camada do fundo, mas é formada pelo processo de trapeamento no fundo da frente da salinidade, e daí transportada através da plataforma. As lamas fluidas, com até 7 m de espessura sobre as plataformas interna e média, cobrem uma região que varia sazonalmente de 5.700 a 10.000 Km^2 .

A pluma com alta turbidez do Amazonas tem cerca de 500 Km de extensão, ao longo da costa, por 200 Km de largura, em frente à foz do rio para noroeste (Curtin, 1986).

As maiores ocorrências faunísticas verificam-se nos sedimentos estáveis ao largo, ao sul e nordeste do cinturão de fácies de lama. O macrobentos alcança maior densidade, segundo Aller & Aller (1986), nas áreas de substrato de lama firme intercalada com areia, correspondendo à fácies de transição lama/areia. Nessa fácies, a densidade é maior, particularmente pelo domínio de poliquetas.

A lama constitui menos de 15 % da maior parte dos sedimentos na plataforma externa do Maranhão, sendo esta lama, geralmente, rica em silte. Apenas traços da lama ocorrem sobre o restante das plataformas interna e média, mas registros sísmicos indicam a possível presença da lama ao largo do Rio Parnaíba (Milliman et al., 1976).

Sedimentos ricos em lama dominam o talude e o sopé, embora a cobertura esparsa de amostras naquelas áreas não permita uma maior especulação na distribuição dos sedimentos. Em direção ao oceano profundo, as informações obtidas a partir do REMAC indicam sedimentação de vasas terrígenas finas e calcários, com depósitos de turbiditos e de fluxos gravitacionais.

5.2.2 Fácies Arenosa

É formada, principalmente, por sedimentos arenosos, com alto grau de maturidade composicional e textural, que cobrem grande parte da plataforma, especialmente ao sul do Rio Pará, até a profundidade de 100 m, com maior expressão ao largo desse rio. Cascalhos também ocorrem na plataforma interna, constituídos, principalmente, por detritos de algas e recifes. Estes sedimentos têm sido retrabalhados desde o Holoceno.

As areias superficiais da plataforma média jazem abaixo de uma cunha transparente, cuja profundidade máxima alcança pouco mais de 40 m.

Feições importantes nesta fácies são marcas de ondas simétricas, que, geralmente, ocorrem em profundidades entre 20 e 40 m, dispostas perpendicularmente às isóbatas, com comprimento de 100 a 1000 m e altura de 1 a 5 m, tendo se formado, provavelmente, em resposta a influências oscilatórias, tais como ondas e correntes de maré.

Ao largo de Turiaçu, para leste, estas feições apresentam-se especialmente bem desenvolvidas, tendo sido identificadas 19 grandes bancos, formando o campo de Bancos de Cururupu, a oeste, e a região do Golfão Maranhense, a leste.

As marcas de ondas assimétricas, localizadas entre 40 e 65 m de profundidade, indicam transporte de areias para noroeste, provavelmente pela Corrente das Guianas (Milliman et al., 1976), sendo dispostas paralelamente às isóbatas, com comprimento de onda de 1 a 40 m e alturas inferiores a 2 m.

Esses fundos arenosos ondulados representam grandes dificuldades para a exploração da pesca na região.

A plataforma interna é coberta por areia quartzosa fina, em alguns locais com presença de cascalho, com teores de CaCO_3 inferiores a 25 %. Esses sedimentos são desprovidos de lama, que só ocorre em manchas próximas aos recifes, e pequenas depressões topográficas na plataforma e em frente aos grandes rios.

Ao norte do Rio Pará, os grãos de areia são mais subarcoseanos e angulosos que ao sul, onde predominam grãos ortoquartzíticos, subangulosos a arredondados, até o Delta do Parnaíba. Ao largo do Maranhão, os sedimentos são particularmente bem arredondados.

A distribuição de minerais pesados indica a predominância de hornblenda nos sedimentos ao norte do Rio Pará, com a estauroilita caracterizando os sedimentos da plataforma do Rio Pará até a Baía de São Marcos. A cianita ocorre nos sedimentos a leste da área, em direção à plataforma dos Estados do Piauí e Ceará.

Entre Salinópolis e Bragança (PA), ocorre uma concentração importante de areia e cascalho ricos em moluscos, a uma profundidade de 20 a 40 m, disposta quase perpendicularmente à costa.

Areias e cascalhos ricos em oólitos, moluscos e foraminíferos bentônicos, ocorrem entre as isóbatas de 60 e 100 m, em depósitos relíquias situados, principalmente, ao largo do Cabo Orange e do Cabo Norte.

Alguns sedimentos, na plataforma e talude superior, parecem ser derivados de afloramentos próximos de estratos mais antigos. As assembléias epibentônicas ricas em CaCO_3 , na plataforma interna ao longo do Rio Pará, indicam a presença de substratos duros, enquanto que a presença de testas coloridas por óxido de ferro em grãos terrígenos sugerem a existência de um ou mais afloramentos rochosos na área.

Alguns sedimentos, na plataforma externa do Amapá, além de serem fortemente coloridos por óxido de ferro, contendo litoclastos, apresentam, mais ou menos, a mesma natureza arcoseana dos sedimentos que circundam o Golfão Amazônico. Estes sedimentos devem ter sido erodidos de camadas pleistocênicas localmente aflorantes na área.

5.2.3 Fácies Biodetrítica

É constituída por sedimentos ricos em carbonato, compostos, principalmente, por detritos de recifes e algas coralinas, dominando a maior parte da plataforma externa.

De especial interesse é a presença de oólitos de calcita magnesianas, que são localmente predominantes ao longo da plataforma externa Amazônica (Milliman & Barreto, 1975b).

Na região, o conteúdo em CaCO_3 aumenta em direção à plataforma externa, com sua concentração influenciada pela topografia de fundo. As altas concentrações em carbonatos são restritas aos altos topográficos, enquanto que as baixas, inferiores a 5 %, nos baixos topográficos (vales ou canais). As manchas com alto teor em carbonatos são decorrentes da presença de algas coralinas, briozoários e crustáceos. Aparentemente, esses organismos cresceram sobre substratos adequados presentes nos bancos da plataforma.

As areias e seixos com altas concentrações de CaCO_3 são compostos por algas coralinas, briozoários, foraminíferos bentônicos, moluscos e, localmente, grandes concentrações de *Halimeda* e Serpulídes. A presença destes vários organismos típicos de ambiente recifal, associados a sedimentos grosseiros, sugere que os sedimentos da plataforma externa são derivados de uma série de recifes de borda de plataforma, similarmente ao que ocorre em outras regiões. Muitos organismos apresentam testas coloridas por óxido de ferro, indicando que essa associação carbonática é de idade relíquia. Essa constatação é corroborada pela presença de oólitos magnesianos depositados em períodos de nível do mar mais baixo que o atual (Milliman & Barreto, 1975b).

Na quebra da plataforma externa, à frente do Rio Pará, ocorrem sedimentos do tipo maërl, bem como a sudeste do Rio Parnaíba.

Ao largo do Cabo Gurupi, ocorrem sedimentos ricos em foraminíferos bentônicos, bem como em moluscos, na plataforma externa. Acompanhando as isóbatas de 60 a 100 m, na plataforma externa e talude superior, ocorrem areias com foraminíferos bentônicos, a sudeste de São Luís até Parnaíba. Entre 40 e 100 m, há importantes ocorrências de recifes algálicos, situados, principalmente, à frente do Rio Pará e entre o Cabo Gurupi e a Ilha de São Luís.

5.3 Recomendações

A Costa Norte, delimitada pelo Projeto REVIZEE, compreende o trecho situado entre Cabo Orange e o Delta do Parnaíba. Para este trecho, recomenda-se:

- melhorar a delimitação dos fundos arenosos “sandwaves”, encontrados a leste do Rio Pará até a plataforma do Maranhão, bem como os bancos que ocorrem ao largo.
- a morfologia da região das Reentrâncias Maranhenses precisa ser melhor detalhada, em função da presença de numerosos canyons e vales encontrados nesta área.
- estudar o relevo da borda da plataforma para diferenciar a morfologia típica de feições carbonáticas daquela de relevo baixo dominado pela fácies argilosa.
- aprimorar o mapa sedimentológico da área, tendo em vista a imprecisão da delimitação das fácies sedimentares, como, por exemplo, o limite entre as fácies de lama e de areia, ao largo e noroeste do Rio Pará.
- ampliar o número de amostras na plataforma do Estado do Maranhão até o limite leste da área.
- complementar as informações sobre a fisiografia e a sedimentologia do talude e sopé.
- em frente aos principais canyons dos rios da região, deve ser feito um estudo mais detalhado, devido à influência destes sobre a fertilização das áreas adjacentes.

6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA NORDESTE

A Costa Nordeste corresponde ao trecho compreendido entre o Delta do Rio Parnaíba e Salvador, conforme definido pelo Projeto REVIZEE.

A plataforma nesta região caracteriza-se pela reduzida largura, pouca profundidade e formas de relevo de dominante influência tectônica e vulcânica, refletindo as condições climáticas e geológicas da área emersa adjacente. Devido à fraca contribuição terrígena e ao clima tropical, uma importante sedimentação de carbonatos biogênicos domina boa parte da plataforma média e toda a plataforma externa, principalmente entre Macau e Maceió.

6.1 Fisiografia

A plataforma continental apresenta uma largura média de 40 a 50 Km, variando de 8 Km, ao largo de Salvador, até 75-80 Km, próximo a Fortaleza. As profundidades são, geralmente, inferiores a 40 m, exceto a noroeste de Natal, onde dominam profundidades menores que 20 m, enquanto que a borda da plataforma alcança 70 m. A declividade média da plataforma fixa-se em 1:600 (2 m/Km), alcançando o valor máximo de 1:100 (10 m/Km) ao largo de Aracaju.

Entre o Delta do Parnaíba e o Cabo Calcanhar, o relevo da plataforma é constituído de superfícies relativamente planas, alternadas com fundos ondulados, campos de “sandwaves” e feições irregulares de recifes de algas.

Entre Macau e Natal, em profundidades inferiores a 20 m, existem numerosos recifes isolados, aparentemente coralinos, e “beach rocks”, que se estendem até a desembocadura do Rio São Francisco (Mabesoone & Coutinho, 1970).

A partir do Cabo Calcanhar, para o sul, a plataforma vai-se alargando, até atingir 66 Km em Porto de Pedras (AL). Na área correspondente ao Platô de Pernambuco, a plataforma alcança 46 Km de largura, com declividade mínima de 1:660 (1,5 m/Km), enquanto que a quebra da plataforma localiza-se na isóbata de 60 m, ao longo do trecho João Pessoa-Recife.

A morfologia da plataforma é, geralmente, pouco movimentada, sendo cortada por sistemas de canais bem desenvolvidos, como, por exemplo, de Aracaju a Maceió (Summerhayes et al., 1974).

Dois paleocanais são bem evidenciados, próximos um do outro, pela inflexão da isóbata de 10 m, defronte a Areia Branca (Rio Apodi), e de 20 m, defronte ao Delta do Rio Açu, em Macau.

França (1979) associa as inflexões das isóbatas de 20 e 40 m, defronte ao Rio Maxaranguape, a norte de Natal, a um paleocanal do referido rio. Zemruski et al. (1972), a partir de uma expressiva inflexão da isóbata de 20 m, identificaram um outro paleocanal, denominado Canal de Cabedelo, defronte ao Rio Paraíba, e França (1979), a partir da ampla inflexão da isóbata de 40 m, detectou um terceiro paleocanal, 30 Km ao norte de Porto de Pedras, sem conexão com a drenagem atual. Entre Porto de Pedras e Maceió, a isóbata de 50 m dista em torno de 60 Km da linha de costa, estreitando para cerca de 25 Km até o Rio São Francisco (Muehe, 1995).

A isóbata de 20 m, entre Maceió e a desembocadura do Rio São Francisco, apresenta um traçado irregular, devido à presença de numerosos bancos e de dois paleocanais. O primeiro, defronte ao Complexo Lagunar Mundaú-Manguaba, em Maceió, denominado por França (1979) de Canal de Maceió, que se estende da isóbata de 20 m até a profundidade de 2.800 m, com direção geral NW-SE, no talude continental. O segundo, defronte ao prodelta do Rio São Francisco, a partir da isóbata de 20 m, em direção ao talude continental, representando a cabeceira do canyon deste rio. França (1979) ainda identificou um outro paleocanal, bem evidenciado entre as isóbatas de 20 e 40 m, defronte ao Rio Coruripe (AL), suavizando-se a partir de 60 m de profundidade.

A plataforma continental interna, entre os Rios São Francisco e Real, apresenta grandes variações de largura, devido à presença de vários canyons (São Francisco, Sapucaia, Japarutuba, Vaza-Barris e Real), cujas cabeceiras encontram-se na plataforma interna, além da ocorrência de um paleocanal associado à desembocadura do Rio Itapicuru (França, 1979).

Mais para o sul, defronte ao Rio Itapicuru, as isóbatas de 20 e 50 m infletem em direção à costa, formando um paleocanal. Não há indícios de continuação desta depressão em direção à plataforma externa.

Em decorrência deste conjunto de feições erosivas, a plataforma continental interna alarga-se de 22 Km, ao sul do Rio São Francisco, para 35 Km, para, logo em seguida, reduzir-se a 12 Km, devido à presença do Canyon do Sapucaia. Volta a alargar-se para 28 Km, defronte a Aracaju. A partir do Rio Vaza Barris, até as proximidades de Salvador, a largura mantém-se em torno de 20 Km, estreitando novamente para 8 Km. O Canyon Salvador, com até 10 Km de largura, estende-se desde a plataforma interna até o talude, alcançando a profundidade de 2.400 m.

Os valores mínimos da profundidade da linha de quebra da plataforma correspondem às frentes dos grandes canais e canyons presentes na região, como os de Natal, São Francisco, Japarutuba e Salvador.

O talude continental mostra largura média entre 85 e 105 Km, com o valor máximo de 140 Km nas adjacências do Platô de Pernambuco, com declividade de 1:130 (0,5°) no trecho Natal-Recife.

O Terraço do Ceará desenvolve-se desde o talude, próximo de 2° N, 39° W, como uma feição do tipo platô, localizada a profundidades que variam de 2.000 a 2.500 m. O terraço alcança a largura máxima de 30 Km, com gradientes em torno de 1:50 e 1:60.

No intervalo de 37 a 38° W, um monte submarino de topo plano, com superfície de cerca de 850 Km², foi denominado de “Platô do Ceará” por Zembruski et al. (1972), estando situado a uma profundidade de 230 a 260 m.

O Platô do Rio Grande do Norte tem uma superfície com configuração quase elíptica, alongada, com o eixo maior de 70 Km, na direção N-S, e a largura média de 18 Km, entre as isóbatas de 800 e 1.200m.

O Terraço de Natal é uma feição positiva do talude desta região, situado imediatamente ao sul do Canyon de Natal. Desenvolve-se entre 2.000 e 2.400 m de profundidade, com superfície de configuração mais ou menos triangular, de 245 Km², largura máxima de 20 Km e com declividade da ordem de 1:45 (1,3°).

Outra feição que emerge do talude inferior desta área é o Monte Submarino do Rio Grande do Norte, de conformação alongada na direção NW-SE, cujo limite basal situa-se a 4.000 m, no lado leste, e a 3.200 m, no lado oeste, com o topo a 1.600 m.

O Monte Submarino do Rio Grande do Norte situa-se adjacente à área de ocorrência dos quatro montes submarinos da Paraíba, dos quais somente um encaixa-se na porção inferior do talude, estando o de topo mais profundo a 4.800 m.

O Platô de Pernambuco tem uma área total de 2.940 Km², englobando a superfície confinada entre 800 e 2.400 m, sendo constituído de duas plataformas separadas por uma escarpa serrilhada, alinhada segundo a direção E-W. O patamar norte, com cerca de 1.840 Km², situa-se entre 1.000 e 1.200 m de profundidade. O patamar sul, com 1.100 Km², tem a base a 2.400 m.

Entre Maceió e o Platô de Pernambuco, toda a extensão do talude continental é bastante entrecortada por canyons e vales de várias dimensões. Os Terraços Norte e Sul de Maceió recebem essa denominação por constituírem dois segmentos de declividade bastante suavizada em relação à escarpa circundante. O primeiro desenvolve-se a partir dos 400 m de profundidade, onde tem largura de 18 Km, atingindo 30 Km aos 2.000 m de profundidade. O Terraço Sul de Maceió estende-se entre 2.800 e 3.200 m de profundidade, apresentando o mesmo intervalo de declividade entre os terraços encontrados no talude da região: 1:95 (0,6° ou 10,5 m/Km).

Os Montes Submarinos de Alagoas alinham-se na extremidade inferior do talude, com direção geral SW-NE, cujos topos situam-se entre 2.000 e 4.000 m de profundidade.

Admite-se que os montes submarinos dispostos no talude da margem continental nordeste tenham atuado como barreiras à dispersão sedimentar oriunda do continente, originando as flexões marginais desta região (Kowsman & Costa, 1976).

O talude continental, ao largo de Aracaju, no trecho em que é cortado pelos cinco canyons principais da área - São Francisco, Sapucaia, Japarutuba, Vaza-Barris e Real - mantém regularidade contínua na largura e declividade. Desta forma, a largura média do talude é de 90 Km, entre a foz do Rio Coruripe, ao sul de Maceió, até as proximidades de Salvador.

O Sopé Continental situa-se entre 4.800 e 5.200 m de profundidade, sendo que, nas proximidades do Platô de Pernambuco, esta largura é mais suavizada.

A largura do sopé varia de 280 Km, na altura do Platô de Pernambuco, até 600 Km, ao largo do Platô do Rio Grande do Norte e de Salvador. As declividades variam de 1:470 (0,12°), diante do Platô de Pernambuco, a 1:140 (0,4°), no trecho superior do sopé, a leste do Monte Submarino do Rio Grande do Norte, entre 4.000 e 4.400 m de profundidade.

A continuidade do sopé é interrompida, entre 46 e 35° W, pela topografia irregular, rugosa, dos Montes Submarinos da Cadeia Norte Brasileira, disposta paralelamente à base do talude continental, e que se apresenta como uma crista estreita, alongando-se quase paralelamente à costa, por 1.300 Km (46 a 35° W), a uma distância de cerca de 150 a 200 Km do talude continental. A oeste de 39° W, sua continuidade é interrompida por passagens cada vez mais largas. A cadeia divide-se em dois segmentos, ambos com direção E-W, ligados por um segmento intermediário, de direção NW-SE. Esta feição eleva-se acima do sopé continental, com um relevo que varia de 300 a 400 m; geralmente, tem largura em torno de 45 Km na base, exceto em regiões com dois picos, onde se alarga para 75 Km.

A cadeia de montes submarinos de Fernando de Noronha eleva-se acima do sopé continental, entre 2° e 4°30' S, estendendo-se da base do talude continental até a altura de 31° W. O monte submarino do extremo leste (3°30' S, 32°30' W), que emerge acima do nível do mar para formar o Arquipélago de Fernando de Noronha, é um vulcão com cerca de 60 Km na base. Os montes submarinos ascendem até profundidades aquém de 250 m; alguns quase alcançam a superfície do mar (Atol das Rocas); e vários são guyots - montes de topos aplainados pela abrasão marinha.

6.2 Cobertura Sedimentar

A sedimentação existente na plataforma rasa e estreita do Nordeste reflete a geologia da parte emersa adjacente, clima, drenagem e arcabouço estrutural. Devido ao clima tropical e incipiente sedimentação terrígena, carbonatos biogênicos dominam a maior parte da plataforma média, entre Macau e Maceió, e toda a plataforma externa. Em contraste com outras plataformas tropicais, corais são virtualmente ausentes dos sedimentos, bem como oólitos e outras formas de precipitados químicos carbonáticos. Os sedimentos carbonáticos são dominados por algas calcárias recentes, sendo que as coralinas 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.

Os sedimentos terrígenos são, predominantemente, relíquias, exceto ao largo dos Rios São Francisco e Jaguaribe, entre outros, onde ocorre sedimentação moderna até 10 Km da costa.

A plataforma interna é coberta, principalmente, por areia e algum cascalho, ambos praticamente sem fração argila. Cobrem a maior parte da plataforma interna e a plataforma média ao sul de Maceió e noroeste de Macau, podendo ser movimentados pelas ondas e correntes na plataforma interna, enquanto que, na plataforma média, a maior parte destes sedimentos é relíquia. As areias terrígenas litorâneas, geralmente, possuem de 5 a 25 %

de CaCO_3 , exceto em (I), próximo ao Rio São Francisco, onde os carbonatos constituem menos de 5 %; e (II), a noroeste de Macau, onde o limite entre os sedimentos terrígenos e biogênicos é gradual, com areias moderadamente calcárias (25 a 50 % de CaCO_3), cobrindo a maior parte da plataforma média. O cinturão de areias terrígenas é mais estreito entre Macau e Maceió e entre Aracaju e Salvador. Na fácies arenosa, os grãos são, geralmente, arredondados a subarredondados, ao largo e ao sul do Rio São Francisco, e subarredondados a angulosos, ao norte e noroeste do Rio Jaguaribe. Entre estes rios, os grãos são, essencialmente, subangulosos.

O conteúdo de lama da plataforma interna e partes mais próximas da plataforma média é, geralmente, inferior a 2,5 %. Em direção à plataforma externa, o conteúdo de lama aumenta para 5 a 15 %, sendo ainda maior no talude (acima de 40 %), bem como observa-se um aumento no teor de carbonatos. A maior parte dos depósitos de lama não contém muito carbonato, particularmente ao largo do Rio São Francisco.

Na plataforma média, a lama ocorre, principalmente, nas cabeceiras dos Canyons do São Francisco e Japarutuba. Lamas também são observadas no Delta do São Francisco e depressões costeiras, como no canal ao largo de Maceió e em áreas protegidas pelas linhas de recifes, como, por exemplo, ao largo da cidade do Recife. A caulinita constitui 40 a 70 % da fração argila. A illita, geralmente, representa 30 a 50 %, sendo mais abundante mais ao norte e na plataforma externa entre Recife e o Rio São Francisco e pouco comum nas proximidades de Salvador e Recife e no Platô de Pernambuco. A fácies de lama, na plataforma, tende a ser mais rica em argila que em silte, principalmente a noroeste do Rio Jaguaribe. Em contraste, os sedimentos encontrados no talude são mais ricos em silte, devido ao maior teor de microfósseis. As lamas terrígenas cobrem o talude meridional, enquanto que, mais ao norte, dominam lamas carbonáticas. Entre estes tipos de lama há uma zona de transição gradual, na qual só podem ser distintas por pequenas diferenças de textura e conteúdo carbonático, como reflexo de mudanças nas proporções de sedimentos terrígenos finos e areias com foraminíferos planctônicos.

Os sedimentos biodetríticos das plataformas média e externa são, geralmente, muito grosseiros, consistindo, principalmente, de misturas de areia e cascalho. Os sedimentos grosseiros de toda a plataforma externa e da plataforma média entre Macau e Maceió, bem como a noroeste de Fortaleza, apresentam teores superiores a 75 % de CaCO_3 , estando os depósitos mais ricos (mais de 95 % de CaCO_3) situados na plataforma média, onde a produtividade orgânica é máxima (Kempf, 1970). O limite entre estes sedimentos e as areias terrígenas da plataforma interna é frequentemente abrupto. Cascalhos predominam na plataforma média entre o Rio São Francisco e o Platô do Rio Grande, bem como no extremo noroeste da área, enquanto que areias são difundidas a oeste de Macau e ao sul do Rio São Francisco. A maior parte da plataforma externa (40 a 60 m de profundidade) é coberta por cascalhos biogênicos. Alguns dos sedimentos consistem, quase que exclusivamente, em organismos, aparentemente, frescos, podendo apresentar, também, pequenas quantidades de areias quartzosas relíquias. A maior parte destes sedimentos, contudo, é palimpsético, com mistura de organismos jovens e retrabalhados. As algas coralinas e *Halimeda* dominam estes sedimentos, sendo as coralinas ramificadas e *Halimeda* mais encontradas entre Macau e Maceió, enquanto que as algas coralinas incrustantes ocorrem de forma generalizada. *Halimeda* é, particularmente, abundante nos sedimentos modernos.

No talude continental, o conteúdo de carbonatos é menor nas lamas e lamas arenosas, ao sul de Maceió, aumentando, progressivamente, em direção ao norte, atingindo o máximo ao largo de Fortaleza.

Summerhayes et al. (1975), estudando os sedimentos carbonáticos da plataforma continental do Nordeste, reconheceram sete principais assembléias carbonáticas, com base na distribuição de vários organismos nas frações areia e cascalho.

Entre Fortaleza e Maceió, os sedimentos carbonáticos são dominados por dois tipos de maërl, ambos caracterizados pela abundância de algas coralinas ramificadas, sendo um dominado por *Halimeda*.

As assembléias de maërl ricas em *Halimeda* não estão, exclusivamente, confinadas em áreas ricas em carbonatos, ocorrendo, também, nas areias terrígenas levemente lamosas ao largo do Rio Jaguaribe. Maërls com *Halimeda* tendem a ser mais abundantes na plataforma externa (40 a 50 m de profundidade), enquanto que maërls de algas coralinas são mais encontrados na plataforma média. Os maërls, também, contêm foraminíferos bentônicos e moluscos, enquanto que os briozoários são comuns em poucas áreas.

A outra grande assembléia de carbonatos é um tipo de areia de recife algálico, semelhante às fácies coralinas do Mediterrâneo, consistindo, basicamente, em algas coralinas incrustantes, com pequenas quantidades de algas coralinas ramificadas, *Halimeda*, foraminíferos bentônicos, moluscos e, localmente, briozoários. Em pequenas áreas, ao largo de Fortaleza e Aracaju, onde os sedimentos são largamente terrígenos, há uma predominância de briozoários, formando uma assembléia de areias recifais ricas em briozoários. As algas coralinas incrustantes, comumente, formam blocos irregulares (Mabesoone & Coutinho, 1970), sendo mais abundantes na plataforma externa, embora análises de coloração nos sedimentos sugerem que as algas coralinas incrustantes são mais abundantes na plataforma média.

De uma maneira geral, os sedimentos ricos em carbonatos contêm abundantes foraminíferos bentônicos. *Archais angulatas* é mais abundante nos sedimentos grosseiros, enquanto que *Amphistegina radiata* predomina nos sedimentos mais finos. Contudo, estes sedimentos não contêm oólitos ou outros carbonatos precipitados quimicamente e apresentam poucos corais (Mabesoone & Tinoco, 1967).

Sedimentos terrígenos contêm assembléias dominadas por moluscos, com ou sem foraminíferos bentônicos.

A fração grosseira dos sedimentos do talude é dominada por foraminíferos planctônicos, sendo as principais espécies a *Globigerinoides rubra*, *Globigerinoides sacculifera*, *Globigerinoides conglobata* e *Globorotelia menardii* (Mabesoone & Tinoco, 1967).

Em aproximadamente 80 % das amostras coletadas na plataforma, as assembléias carbonáticas mostram sinais de retrabalhamento, consistindo em misturas de organismos frescos e retrabalhados. Geralmente, as assembléias de sedimentos terrígenos são retrabalhadas, bem como alguns tipos da plataforma externa, particularmente areias de recifes algálicos. Em contraste, algumas das assembléias de maërl e areias recifais das plataformas média e externa ocorrem completamente frescas, como as assembléias encontradas em lamas do Delta do Rio São Francisco.

Mais recentemente, Leão (1982) realizou um estudo detalhado sobre os recifes coralinos encontrados na plataforma do Estado da Bahia, mostrando a morfologia, geologia e a evolução destes corpos recifais.

Os recifes de coral do Estado da Bahia são os mais representativos de todo o litoral do Brasil, sendo a região de Abrolhos a área de maior incidência. Os recifes de corais do Estado foram formados a partir da coalescência lateral do topo de pequenas colunas recifais isoladas que cresceram com a forma de cogumelos (Leão &

Brichta, 1995). Os principais recifes formados a partir das estruturas anteriormente descritas são divididos em 5 tipos principais, relacionados à geometria e área de ocorrência:

- a) bancos recifais adjacentes à praia - são representados por bancos isolados, paralelos à costa, e de dimensões variadas, podendo ter de alguns poucos metros de comprimento e largura a cerca de 2 Km de extensão. No litoral norte do Estado, estes corpos são bastante expressivos, permanecendo com o topo recifal emerso durante as marés baixas;
- b) bancos e/ou plataformas recifais afastados da costa - são corpos com forma variada e tamanho maior que os anteriormente descritos, podendo atingir largura da ordem de até 20 Km, como o Parcel das Paredes, na região de Abrolhos;
- c) recifes em franja pouco desenvolvidos - são estruturas relativamente contínuas que margeiam a costa das ilhas da Baía de Todos os Santos e do Arquipélago dos Abrolhos. Exceto o recife da Ilha de Itaparica, que em alguns pontos apresenta uma laguna rasa, todos os outros corpos estão localizados adjacentes à praia;
- d) colunas recifais isoladas de alto mar - são colunas coralinas de formas irregulares, semelhantes a cogumelos, denominadas por Hartt (1870, apud Leão & Brichta, 1995) de chapeirões. Apresentam os mais variados tamanhos, podendo atingir até 20 m;
- e) recifes superficiais - são construções inferiores a 1 m de espessura e localizam-se, na maior parte, sobre corpos de arenito de praia mais externos.

6.3 Ilhas Oceânicas

O Brasil possui um conjunto de ilhas oceânicas no Atlântico Sul. São elas: o Arquipélago de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas, os rochedos de São Pedro e São Paulo, e as Ilhas de Trindade e Martin Vaz.

Vale salientar que não existem estudos batimétricos e sedimentológicos detalhados sobre as plataformas adjacentes a estas ilhas oceânicas que permitam um maior conhecimento da fisiografia e cobertura sedimentar.

Uma excelente descrição do conhecimento atual destas ilhas foi feita por Soares (1964). Contudo, a plataforma adjacente ainda não é bem conhecida. Algumas informações sobre o Atol das Rocas devem-se a Andrade (1960), Ottmann (1963), Ribas (1966) e Tinoco (1967). Recentemente, Kikuchi (1994) apresentou um estudo sobre o Atol das Rocas, enfatizando os aspectos geomorfológicos, estratigráficos e sedimentológicos.

O Arquipélago de Fernando de Noronha ocupa uma área de 18,4 Km², estando situado a 345 Km da costa nordestina. A principal ilha, Fernando de Noronha, constitui 91 % da área total. A idade do vulcanismo formador do arquipélago é de cerca de 2 a 12 m.a..

Somente a partir de 1967, o Navio Oceanográfico “Almirante Saldanha” (Cruzeiro nº 5) passou a coletar amostras de Fernando de Noronha e do Atol das Rocas.

A geologia e a petrologia de Fernando de Noronha foram bem definidas por Almeida (1958), sendo representadas por um arquipélago vulcânico constituído por um substrato de rochas piroclásticas e cortado por rochas ígneas alcalinas e basálticas. Porém, este autor não se deteve ao estudo da porção submersa do arquipélago.

Os sedimentos cobrem menos de 7,5 % do arquipélago, sendo formados por material de origens eólica e marinha (recifes algálicos, guano e sedimentos plataformais).

Os recifes existentes são, essencialmente, constituídos por algas do gênero *Lithothamnium*, principalmente nas porções sul e leste do arquipélago.

Na plataforma adjacente de Fernando de Noronha, Ottmann (1959) menciona a ocorrência de fragmentos algálicos de *Lithothamnium* e *Halimeda* em profundidades de 58 m.

A cerca de 260 Km a leste-nordeste da cidade de Natal, localiza-se o único atol do Oceano Atlântico Sul Ocidental, sendo a primeira unidade de conservação marinha criada no Brasil (Kikuchi & Leão, 1995). O atol tem a forma de uma elipse quase circular, com uma área interna de 5,5 Km². Apesar de suas dimensões reduzidas, podem ser identificados todos os compartimentos encontrados nos atóis do Atlântico Norte e do Pacífico. Contudo, a feição “spur-and-groove”, desenvolvida, de forma incipiente, nos recifes brasileiros, ocorre a sotavento, e não a barlavento, como nos outros recifes.

No estrato mais superficial do recife, predominam algas corálicas incrustantes e, secundariamente, ocorrem incrustações de gastrópodes vermetídeos e do foraminífero *Homotrema rubrum*, além dos corais *Siderastrea stellata*, *Favia gravida* e *Monastrea cavernosa*.

A profundidade do carbonato recifal que constitui o substrato do atol atual varia de 7,5 a 11 m, e sua espessura varia de 25 a 35 m. Este carbonato instalou-se sobre rochas basálticas correlacionáveis ao Arquipélago de Fernando de Noronha.

Quanto à idade, medições radiométricas em esqueletos de corais, obtidas no estrato superficial, indicam que o atol implantou-se entre 6,5 a 5,5 K_A A. P. sobre uma provável superfície cárstica pleistocênica.

Os rochedos de São Pedro e São Paulo localizam-se a 0°56' N e 29°22' W, sendo compostos por rochas metabásicas, formando um minúsculo arquipélago de cinco maiores e dez menores pontos rochosos. A ilha maior tem um tamanho de 100 x 50 m, atingindo 20 m acima do nível do mar. Não existem praias, e os blocos rochosos tem seu embasamento a grandes profundidades.

O rochedo de São Paulo apresenta uma grande variedade de sedimentos litificados, com um interessante tipo de conglomerado ultrabásico fosfático saliente no talude. Foraminíferos planctônicos aparentam ser homogêneos, com abundância de *Globoratelia truncatulinoidea*, uma espécie-guia do Quaternário. Em profundidades abissais, são encontrados oólitos bem consolidados, calcários e margas.

Entre o Cabo São Roque e Fortaleza, ocorrem bancos arenosos ao largo da plataforma. Algas calcárias, principalmente *Lithothamnium*, além de foraminíferos e briozoários, ocorrem associados. Estes bancos devem ser melhor estudados, tendo em vista representarem locais de ressurgência orográfica de grande importância para a pesca.

Em profundidades maiores que 70 m, o sedimento observado é, essencialmente, biodetrítico, com maior mistura de parte biótica. A idade atribuída para estes sedimentos é recente (Mabesoone & Coutinho, 1970), enquanto que o embasamento para estes bancos é, provavelmente, de origem vulcânica.

6.3 Recomendações

Para a Costa Nordeste, correspondendo ao trecho entre o Delta do Parnaíba e Salvador, recomenda-se:

- a morfologia bastante movimentada da plataforma (altos fundos, recifes, platôs, canyons, canais e vales) necessita de mais estudos batimétricos e sedimentológicos, principalmente entre Fortaleza e o Cabo São Roque, onde existem numerosos altos fundos, responsáveis por processos de ressurgências orográficas, constituindo importantes áreas de pesca.
- a transição da borda externa da plataforma para o talude superior é feita através de degraus, que necessitam ser melhor conhecidos devido à ocorrência de lagosta nesta feição morfológica.
- melhorar a delimitação dos fundos “sandwaves” encontrados do Cabo Calcanhar para norte.
- necessitam de mais amostragens de sedimentos as áreas entre o Delta do Parnaíba e Camocim, toda a costa do Rio Grande do Norte, a plataforma externa da Paraíba, a plataforma sul de Pernambuco e, finalmente, a plataforma norte da Bahia até Salvador.
- nestas áreas ainda pouco estudadas, o limite entre as fácies de areia terrígena e de algas calcárias precisa ser melhor definido, bem como a presença de “manchas” de lama na plataforma.
- os sedimentos e a morfologia do talude e do sopé ainda apresentam conhecimento deficiente, necessitando de novos estudos.
- as áreas em frente aos canyons dos principais rios da região devem ser melhor estudadas.

7. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA CENTRAL

A Costa Central estende-se de Salvador ao Cabo São Tomé. Esta região apresenta um expressivo alargamento na altura de Caravelas (BA), formando o Banco dos Abrolhos, onde ocorrem importantes construções biogênicas, constituindo, juntamente com a Cadeia Vulcânica Vitória-Trindade, as feições mais importantes deste compartimento da plataforma continental.

A Costa Central apresenta grandes semelhanças com a Costa Nordeste, dos pontos de vista geológico, morfológico e sedimentológico.

Sedimentos carbonáticos são abundantes, refletindo a continuidade dos processos sedimentares observados na Costa Nordeste, com predominância de assembléias ricas em algas coralinas, a norte da Cadeia Vitória-Trindade, e de briozoários, ao sul desta importante feição morfológica.

7.1 Fisiografia

A plataforma, neste setor, alcança uma largura máxima de 246 Km, ao largo de Abrolhos, tendo o valor mínimo de 8 Km na altura de Salvador.

O alargamento da plataforma observado entre Belmonte e o sul de Vitória deve-se ao vulcanismo de grande amplitude registrado na região, cujas manifestações mais intensas concentram-se ao largo de Caravelas, e por efeito da contribuição de correntes fluviais de maior porte, como os Rios Pardo, Jequitinhonha e Doce, principalmente. As declividades observadas na plataforma alcançam um valor máximo de 1:100 (10 m/Km), no trecho entre Salvador-Canavieiras, diminuindo para 1:3.500 (0,3 m/Km), entre o sul da Bahia e o Espírito Santo, onde atinge o valor mínimo. A quebra da plataforma continental ocorre, de um modo geral, entre as isóbatas de 60 e 80 m.

Na porção norte deste setor, ocorrem três canyons submarinos expressivos: Salvador, Itaparica e Camamu, todos incidindo até a plataforma interna, sendo o mais desenvolvido o Canyon Salvador, que, ao nível de 200 m de profundidade, expõe 10 Km de largura entre as paredes do canal.

Ao contrário do Canyon Salvador, que inflete, vigorosamente, na plataforma, provocando desníveis de até 1.000 m, nas proximidades da isóbata de 20 m, os Canyons Itaparica e Camamu expõem relevos menos acentuados, com desníveis de 400 m, nas adjacências da isóbata de 20 m. O pequeno Canyon Camamu, 100 Km ao sul de Salvador, avança até a plataforma interna, com o limite inferior bem delineado ao nível de 2.400 m. Tal como no Canyon Itaparica, a insuficiência de dados batimétricos não permite o conhecimento mais apurado sobre a morfologia deste estreito canyon, que perfaz uns 60 Km de extensão, desde o canal raso, na plataforma interna, até o intervalo de 2.400 a 2.800 m, no talude.

A partir do Canyon Camamu, em direção sul, a plataforma estreita-se até as proximidades de Ilhéus, e daí volta a se alargar, até atingir a largura máxima computada para este setor, ao largo da foz do Rio Pardo.

Entre Belmonte e Regência (ES), ao longo de 500 Km da costa, a plataforma alarga-se até o máximo de 240 Km, ao largo de Caravelas, e, logo ao sul de Regência, decresce para o mínimo de 48 Km, por efeito de intrusões vulcânicas, que constituem os sítios mais propícios ao desenvolvimento de estruturas biogênicas.

O Banco Royal Charlotte, com área de 8.400 Km², tem conformação quase retangular, dimensão superior a 115 Km, no sentido leste-oeste, e inferior a 50 Km, para norte-sul. A superfície do banco é extremamente plana (declividade de 1:2.500 ou 0,4 m/Km), com vários canais de 30 e 40 m de profundidade, concentrados na parte interna da feição. O principal destes canais encontra-se entre 40 e 60 m, com extensão de 40 Km, orientado para noroeste, na mesma direção do deságüe do Rio Santo Antônio, 40 Km ao sul de Belmonte.

O Banco dos Abrolhos estende-se ao longo de 260 Km da costa, abrangendo uma área de 48.000 Km², entre Alcobaça (BA) e Regência, com topo mais plano na porção interna, entre 20 e 50 m, declividade média de 1:2.250 (0,45 m/Km), sendo mais íngreme no intervalo de 50 a 80 m, com declividade de 1:1.300 (0,8 m/Km). A faixa interna do Banco dos Abrolhos, até 20 m, mostra uma topografia mais suave, resultante do preenchimento sedimentar holocênico, enquanto que a superfície das porções central e externa contém numerosos pequenos bancos, entrecortados por estreitos canais de paredes escarpadas, bem como inúmeras construções biogênicas, com predominância de algas calcárias coralinhas. Ao sul do Banco dos Abrolhos, estendendo-se até os extremos ocidentais da Cadeia Vitória-Trindade, ocorre o chamado “Embaçamento de Tubarão” (Barreto & Milliman, 1969).

A plataforma, neste trecho, soma 7.840 Km², estreitando-se, consideravelmente, após o alargamento excepcional dos Abrolhos, para, novamente, ampliar-se ao sul, na direção do Cabo São Tomé. A largura média é de 50 Km, com o máximo de 65 Km ao norte de Itapemirim (ES), e o mínimo de 40 Km, ao largo de Santa Cruz (ES).

Boyer (1969) identificou, neste trecho, pequenos terraços de borda de plataforma, atribuindo-lhes a causa da intensa variação de declividade próximo à quebra da plataforma. As feições mais notáveis são as várias ravinas subparalelas, que se estendem por 40 Km, ao sul de Regência, como incisões delgadas e marcantes na plataforma ao nível de 60 m, mergulhando algumas, no talude, até 800 m de profundidade.

Esses estreitos vales talvez estejam relacionados à influência da movimentação submarina da carga sedimentar do Rio Doce, que deságua ao norte. Um desses vales pode ser traçado até 2.000 m, e sua seção anterior está orientada na direção da foz do Rio Reis Magos.

Ao largo de Vitória, orientado na direção leste-sudeste, encaixa-se o Canal de Vitória, feição estreita, com desenvolvimento máximo de 8 Km na profundidade de 40 m, alargando-se a 60 m, onde se bifurca. Um dos segmentos prossegue, influenciando as isóbatas de até 400 m. Ao largo de Guarapari, Zemruski et al. (1972) mapearam outra feição menor, o Canal de Guarapari: uma fissura de 30 Km de comprimento por 1 Km de largura e 20 m, em média, de profundidade, provavelmente associada a uma fratura estrutural.

Os valores mínimos de profundidade da linha de quebra da plataforma correspondem às frentes dos grandes canais e canyons existentes, como os de Salvador e Belmonte. Os valores máximos, por sua vez, referem-se às zonas de alargamento anômalo da plataforma, associadas ao vulcanismo dos Abrolhos.

O talude continental apresenta uma largura média de 80 Km, com um valor mínimo de 14 Km, na região dos Abrolhos, alcançando 100 Km entre Salvador e o Banco Royal Charlotte. Os canyons localizados próximos a Salvador e os bancos da área dos Abrolhos correspondem às feições morfológicas mais importantes do talude continental.

O talude continental entre os Bancos Royal Charlotte e dos Abrolhos apresenta dois extensos vales, denominados Vale Royal Charlotte e dos Abrolhos, os quais convergem a níveis mais elevados e, a partir daí, margeiam, em sentido descendente, um grupo de montes submarinos perpendiculares à costa e posicionados no talude e sopé continentais. Nos topos destes montes, ocorrem os Bancos Sulphur (9 m), Minerva (34 m), Lothrop (48 m), Rodger (44 m) e Morgan (48 m), nesta ordem, de oeste para leste.

O sopé continental alcança as maiores larguras médias ao largo do Banco dos Abrolhos, com cerca de 850 Km, apresentando os valores mínimos, de 150 Km, ao sul da Cadeia Vitória-Trindade. Os limites superiores do sopé aprofundam-se desde 3.500 m, diante de Salvador, até 4.000 m, ao largo do Banco Royal Charlotte. Ao longo do Banco dos Abrolhos, voltam à isóbata de 3.200 m, truncando-se, em seguida, contra os flancos da Cadeia Vitória-Trindade. Ao sul desta cadeia vulcânica, os limites superiores do sopé continental atingem de 2.000 a 3.600 m.

7.2 Cobertura Sedimentar

Segundo Kowsmann & Costa (1979), o recobrimento sedimentar da plataforma continental interna defronte aos estuários entre o Canyon Salvador e a Baía de Camamu é de lama fluvial moderna, estendendo-se até 20-40 m de profundidade. No restante deste trecho, a plataforma interna é recoberta por areias terrígenas, até 20 m, e por cascalhos e areias de algas calcárias recifais (fácies biodetrítica) a profundidades maiores.

Medições do material em suspensão na plataforma interna entre Ilhéus e a foz do Rio Doce (Summerhayes et al., 1976) mostram duas áreas fontes de sedimentos para este trecho: o Rio Jequitinhonha, com concentrações máximas de 2 mg/l, nas proximidades de sua foz, decrescendo, rapidamente, para 1 e 0,5 mg/l, em direção ao sul, no sentido de propagação da pluma de sedimentos; e o Rio Doce, com concentrações de 4 mg/l, nas proximidades de sua foz, dirigindo-se para nordeste, diminuindo, rapidamente, para 2 e 1 mg/l.

Neste trecho, a plataforma apresenta uma gama de recursos pesqueiros e um potencial de turismo ecológico ainda longe de ser adequadamente explorado, com destaque para o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, com os recifes de corais em forma de chapeirões e abundante fauna marinha.

Ainda no trecho acima referido, a cobertura sedimentar da plataforma é muito heterogênea (Kowsmann & Costa, 1979), com predominância, em profundidades superiores a 20 m, de cascalhos e areias de algas coralinas, de algas recifais e de moluscos e foraminíferos bentônicos (fácies biodetrítica). Amplas áreas são recobertas por recifes de algas. Areias terrígenas, essencialmente quartzosas, ocorrem até 20 m de profundidade entre Ilhéus e um pouco ao sul de Jequitinhonha.

A partir do Rio Pardo, em direção ao sul, essas areias terrígenas são de origem fluvial oriundas dos Rios Pardo e Jequitinhonha. Areias de origem fluvial voltam a ocorrer a partir do Rio Mucuri, em direção ao sul, estendendo-se até a isóbata de 40 m. Ao largo do Rio Doce, as areias terrígenas são recobertas por lamas até a profundidade de 20-25 m. Uma segunda área com recobrimento de lama, com profundidades inferiores a 7 m, estende-se do Rio Mucuri em direção a Caravelas, tendo como fontes destes sedimentos os estuários dos Rios Itanhém, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri (Dias & Muehe, 1994, apud Muehe, 1975).

A plataforma interna, entre as desembocaduras dos Rios Doce e Itabapoana, é coberta por areias terrígenas até a isóbata de 20 m e cascalhos e areias de briozoários recifais em profundidades maiores (Kowsmann & Costa, 1979). Entre a foz do Rio Itabapoana e o Cabo São Tomé, a plataforma interna é recoberta, predominantemente, por areias terrígenas de origem fluvial. Neste trecho, vale destacar a descarga do Rio Paraíba do Sul, que varia, sazonalmente, entre 500 e 2.000 m³/s (Valentini & Neves, 1989, apud Muehe, 1975). Material em suspensão, medido a quase 30 Km ao largo da desembocadura, indica concentrações de 0,5 mg/l, fazendo parte de uma faixa de idênticas concentrações, que se estende do Rio Doce até as proximidades da Baía da Guanabara (Summerhayes et al., 1976).

Ao longo de toda a área, de uma forma geral, até 40 Km da costa, a fração lama tende a ser mais rica em argila do que em silte, com enriquecimento deste último em direção ao talude. As diferenças texturais observadas entre os sedimentos finos mais próximos da costa daqueles mais afastados são devidas, provavelmente, à abundância relativa de partículas de argila em áreas próximas ao litoral e de silte rico em material biogênico em direção ao talude, além das proximidades das áreas fontes destes sedimentos.

A maior parte dos depósitos recifais nas plataformas média e externa entre Belmonte e o Rio Doce, bem como nos Bancos Besnard e Vitória, consiste, quase que inteiramente, em carbonatos biogênicos. Ao norte de

Belmonte e ao sul do Rio Doce, a maior parte dos sedimentos das plataformas média e externa são, igualmente, largamente biogênicos, com os depósitos mais ricos em carbonatos encontrados, principalmente, em profundidades superiores a 30 m, ao norte dos Abrolhos. Próximo a esta feição e de alguns recifes emersos (Parcel dos Paredes), ao largo de Caravelas, ocorrem carbonatos puros em águas mais rasas, podendo, ao sul dos Abrolhos, ser encontrados em profundidades superiores a 50 m (exceto nas “mesas” encontradas nos Abrolhos).

Enquanto que a maior parte dos carbonatos são de textura grossa, os sedimentos finos encontrados na Depressão dos Abrolhos e na plataforma situada imediatamente ao norte de Caravelas podem ser descritos como lamas carbonáticas.

Praticamente não há zona de transição entre os sedimentos biodetríticos das plataformas média e externa e os sedimentos terrígenos concentrados na plataforma interna.

Sedimentos biogênicos podem estender-se até a plataforma interna, dominada por areias terrígenas, nas seguintes áreas: ao sul de Vitória; ao largo da foz do Rio São Mateus; no entorno dos recifes emersos ao largo de Caravelas; e associados aos recifes costeiros entre Caravelas e Belmonte.

A maioria dos recifes localizados ao norte de Vitória é dominada por algas coralinas incrustantes, com pequenas quantidades de briozoários, algas coralinas ramificadas, serpulídeos e alguns gastrópodes vermetídeos, formando uma assembléia de recifes algálicos.

Os recifes situados ao largo e ao sul de Vitória contém a maior parte dos constituintes acima descritos, porém são dominados por briozoários, constituindo uma assembléia de recifes de briozoários (Melo et al., 1975).

Algas coralinas incrustantes e briozoários misturados com pequenas quantidades de algas coralinas ramificadas, *Halimeda*, moluscos e foraminíferos bentônicos são, também, os organismos dominantes dos sedimentos grossos do entorno destes recifes. Onde algas coralinas incrustantes são dominantes, como na plataforma externa ao norte dos Abrolhos, estes organismos formam uma assembléia de areias de recifes algálicos. Ao sul dos Abrolhos, briozoários tornam-se os organismos dominantes, formando uma assembléia de areias de recifes de briozoários.

Na plataforma adjacente aos Abrolhos, principalmente em direção ao norte do arquipélago, são encontradas algas coralinas ramificadas, misturadas com pequenas quantidades de *Halimeda*, algas coralinas incrustantes, briozoários, foraminíferos bentônicos e moluscos, formando um maërl semelhante àqueles encontrados no Mediterrâneo. A leste dos Abrolhos, as *Halimeda*, localmente, excedem as algas coralinas ramificadas em abundância, formando um maërl de *Halimeda*.

A outra assembléia, localizada na plataforma mais externa, é constituída, principalmente, por foraminíferos bentônicos e moluscos, dominada, principalmente, por *Amphistegina*, ocorrendo, particularmente, nos Abrolhos, ao largo de Vitória e do Banco Besnard.

Observa-se uma mudança gradual dos componentes entre as assembléias, sendo a mistura mais comum entre briozoários, algas coralinas incrustantes, moluscos e foraminíferos bentônicos.

Na maior parte dos sedimentos biodetríticos encontrados nos recifes da plataforma externa e ao largo dos Abrolhos, os componentes são, geralmente, frescos, não aparentando sinais de retrabalhamento. No talude

continental, foraminíferos bentônicos, com menor quantidade de cocólitos, dominam a assembléia ao longo desta área, independentemente do conteúdo de carbonato dos sedimentos.

Os sedimentos encontrados no talude, ao largo do Rio Doce, são largamente terrígenos, em contraste com os depósitos de lamas carbonáticas encontradas no talude entre Caravelas e Salvador.

Mais recentemente, Leão (1982) realizou um estudo detalhado sobre os recifes coralinos encontrados na plataforma do Estado da Bahia, mostrando a morfologia, geologia e a evolução destes corpos recifais.

Os recifes de coral do Estado da Bahia são os mais representativos de todo o litoral do Brasil, sendo a região de Abrolhos a área de maior incidência. Os recifes de corais do Estado foram formados a partir da coalescência lateral do topo de pequenas colunas recifais isoladas que cresceram com a forma de cogumelos (Leão & Brichta, 1995). Os principais recifes formados a partir das estruturas anteriormente descritas são divididos em 5 tipos principais, relacionados à geometria e área de ocorrência:

- a) bancos recifais adjacentes à praia - são representados por bancos isolados, paralelos à costa, e de dimensões variadas, podendo ter de alguns poucos metros de comprimento e largura a cerca de 2 Km de extensão. No litoral norte do Estado, estes corpos são bastante expressivos, permanecendo com o topo recifal emerso durante as marés baixas;
- b) bancos e/ou plataformas recifais afastados da costa - são corpos com forma variada e tamanho maior que os anteriormente descritos, podendo atingir largura da ordem de até 20 Km, como o Parcel das Paredes, na região de Abrolhos;
- c) recifes em franja pouco desenvolvidos - são estruturas relativamente contínuas que margeiam a costa das ilhas da Baía de Todos os Santos e do Arquipélago dos Abrolhos. Exceto o recife da Ilha de Itaparica, que em alguns pontos apresenta uma laguna rasa, todos os outros corpos estão localizados adjacentes à praia;
- d) colunas recifais isoladas de alto mar - são colunas coralinas de formas irregulares, semelhantes a cogumelos, denominadas por Hartt (1870, apud Leão & Brichta, 1995) de chapeirões. Apresentam os mais variados tamanhos, podendo atingir até 20 m;
- e) recifes superficiais - são construções inferiores a 1 m de espessura e localizam-se, na maior parte, sobre corpos de arenito de praia mais externos.

7.3 Ilhas Oceânicas

A Ilha de Trindade localiza-se a cerca de 1.140 Km da costa brasileira, ao largo de Vitória (ES). Em direção à África, além dos rochedos de Martin Vaz, a ilha mais próxima é Ascensão, situada a 2.400 Km a nordeste.

Trindade eleva-se cerca de 5.500 m sobre o assoalho oceânico, representando o cume de uma montanha vulcânica (Almeida, 1961).

A largura média da plataforma insular de Trindade é de 1.600 m, oscilando entre 800 e 3.000 m. A área total da plataforma é de 32 Km², enquanto que a ilha tem, aproximadamente, 8 Km². A borda da plataforma situa-se a cerca de 110 m de profundidade, enquanto que as declividades oscilam entre 3,7 e 13 %.

Na plataforma adjacente, são encontrados carbonatos, com presença de estruturas algálicas do gênero *Lithothamnium*, predominantemente, e *Amphiroa*. Também, são componentes essenciais dos calcários fragmentos de espícula e testas de equinodermas, testas de foraminíferos, fragmentos de lamelibrânquios e vermetídeos, além de restos de diversos outros organismos marinhos.

Os rochedos de Martin Vaz estão situados a cerca de 48 Km a leste de Trindade, constituindo o topo de um edifício vulcânico semelhante e contíguo à ilha vizinha.

Cordani (1970), através de medições radiométricas, atribui idades de 2,3 a 3,6 m.a. ao Complexo Trindade-Martin Vaz.

7.4 Recomendações

A Costa Central, que compreende o trecho entre Salvador e o Cabo São Tomé, apresenta grandes semelhanças com a Costa Nordeste, tendo em vista a continuidade dos processos sedimentares e feições morfológicas, como reflexo das influências tectônicas e vulcânicas. Neste sentido, recomenda-se:

- tendo em vista a morfologia bastante movimentada da plataforma (altos fundos, platôs, recifes, canyons, canais e vales), necessitam-se de mais estudos batimétricos e sedimentológicos em toda a região, particularmente ao largo de Caravelas.
- devido à grande variação de largura da plataforma, o limite entre as fácies terrígenas e carbonáticas deve ser melhor definido, bem como a presença de “manchas” de lama na plataforma.
- a transição da borda externa da plataforma para o talude superior é feita através de degraus, que necessitam ser melhor conhecidos devido à ocorrência de lagosta nesta feição morfológica.
- as regiões de talude e sopé apresentam um conhecimento deficiente quanto à morfologia e a cobertura sedimentar, necessitando de estudos adicionais.
- as áreas em frente aos canyons devem ser melhor estudadas.

8. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA COSTA SUL

A Costa Sul, conforme definida pelo Projeto REVIZEE, corresponde ao trecho compreendido entre o Cabo São Tomé (RJ) e o Arroio Chuí (RS).

A plataforma continental apresenta uma grande largura, sendo o terceiro trecho de plataforma mais largo do Brasil, depois daquele situado imediatamente à frente do Rio Amazonas e do Platô de Abrolhos.

8.1 Fisiografia

As feições morfológicas observadas sobre a plataforma continental sul-brasileira, entre o Cabo São Tomé e Chuí, em linhas gerais, apresentam-se bastante homogêneas.

A largura máxima da plataforma continental localiza-se no Embaiamento de São Paulo, nas proximidades de Santos, onde a mesma alcança 230 km de extensão, enquanto que a largura mínima localiza-se na altura do Cabo São Tomé, com 80 km. A largura média da plataforma pode ser considerada, para toda a área, em torno de 130 km.

A declividade da plataforma continental sul-brasileira pode ser considerada uniforme e relativamente coerente. Nas regiões mais estreitas, como Cabo São Tomé, Cabo Santa Marta e Mostardas, a declividade varia de 1:500 a 1:700, enquanto que, nas regiões mais largas, esta varia de 1:1.000 a 1:1.350 (Zembruski, 1979).

A linha de quebra da plataforma continental apresenta sua profundidade máxima a sul de Santos e na região de Tramandaí, onde a mesma localiza-se na isóbata de 180 m. Sua profundidade mínima está localizada na altura da Lagoa Mangueira (RS), onde a mesma ocorre à profundidade de 80 m (Zembruski, 1979). O valor médio da profundidade da linha de quebra da plataforma continental sul-brasileira pode ser considerado de aproximadamente 120 m.

Entre Cabo São Tomé e a Ilha de São Sebastião, as linhas batimétricas apresentam-se recortadas, devido à presença de inúmeros vales, os quais, provavelmente, são remanescentes de antigas drenagens fluviais.

Entre a Ilha de São Sebastião e Florianópolis, a plataforma continental é mais ampla e apresenta o traçado das isóbatas mais homogêneo. Sobre a mesma, é observada a presença de alguns vales, que são em menor número mas bem mais amplos que os observados na área anterior. Entre a região de Florianópolis e Mostardas, a plataforma continental torna-se estreita e apresenta uma homogeneidade em seu traçado.

A partir de Mostardas, em direção ao Chuí, a plataforma continental apresenta-se mais ampla e é caracterizada por inúmeros vales, pertencentes a paleodrenagens fluviais e, ainda, pela presença de inúmeros bancos arenosos. Esta é a área da plataforma continental, entre Cabo São Tomé e Chuí, mais retrabalhada morfológicamente.

Importantes feições da margem continental desta região são as numerosas depressões que cortam longitudinalmente a plataforma média do Rio Grande do Sul. Estas depressões parecem representar lagunas relíquias, preenchidas por sedimentos bem característicos.

Observa-se sobre toda a plataforma continental da área a presença de inúmeros níveis marinhos onde a inclinação apresenta um aumento considerável. Estes níveis podem ser seguidos desde Cabo São Tomé até o Chuí e são observados nas profundidades de 20/25, 32/45, 60/70, 100/110 e 120/130 m (Corrêa, 1986, 1987, 1990; Corrêa et al., 1986, 1992; Corrêa & Baitelli, 1991).

A partir dos estudos efetuados por Kowsmann et al. (1977), Corrêa et al (1992), pode-se considerar o nível de 120/130 m como o limite da máxima regressão pleistocênica, ocorrida a 17.500 anos A .P.

O talude continental estende-se a profundidades de 2.600 a 3.000 m e tem um gradiente médio de 10 a 40 m/Km. Em contraste com outras áreas da margem continental brasileira, a borda da plataforma e o talude não se apresentam cortados por muitos canyons, com exceção do Vale do Rio Grande (Zembruski et al. 1972).

8.2 Cobertura Sedimentar

Os sedimentos superficiais da plataforma continental da região, juntamente com o talude superior, são representados por três importantes fácies sedimentares: fácies de areia, fácies de lama e fácies biodetrítica.

A fácies arenosa é predominante nas plataformas interna e média ao longo de toda a Costa Sul, sendo que, localmente, ocorrem areias fluviais, como, por exemplo, a norte de Cabo Frio; entre Tramandaí e Mostardas; e no extremo sul, no Arroio Chuí. Esta fácies alcança uma maior expressão na plataforma ao largo dos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul.

A fácies de lama ocorre, principalmente, nas plataformas média e externa ao longo de, praticamente, toda a área. Localmente, pode haver concentração de lama na plataforma interna, como, por exemplo, entre Cabo Frio e Macaé; ao largo da Ilha de São Sebastião; ao largo e ao norte da Ilha de Santa Catarina, com influência fluvial; ao norte de Tramandaí; e ao largo de Rio Grande, também com influência fluvial. A maior expressão desta fácies está representada, principalmente, ao largo da costa sul do Estado de São Paulo.

A fácies biodetrítica ocorre ao longo de quase toda a plataforma externa da área, apresentando duas importantes lacunas: entre Paranaguá e Cananéia e ao sul da latitude $31^{\circ}30'$, voltando a ocorrer, localmente, no extremo sul da área, ao largo do Arroio Chuí. Os bioclastos mais comuns nesta fácies são moluscos, foraminíferos bentônicos, foraminíferos planctônicos, algas recifais, cirrípedes, briozoários recifais e braquiópodos. Sedimentos depositados por fluxos gravitacionais dominam o talude e o sopé continentais de toda a área, com exceção do trecho compreendido entre São Sebastião e o Rio de Janeiro. Em direção às bacias oceânicas, há predominância de vasas calcárias e terrígenos finos, principalmente ao largo do Rio Grande do Sul.

Posterior ao Projeto REMAC, diversos trabalhos foram realizados, aumentando o conhecimento existente sobre a distribuição de sedimentos na Costa Sul.

Martins et al. (1972) definiram 6 classes texturais de sedimentos para a área: arenosa, transicional, de talude, biodetrítica, “La Plata” e “Patos” (constituída, principalmente, por silte, ao largo da Laguna dos Patos).

Recentemente, Martins & Corrêa (1996) realizaram uma síntese do conhecimento da geologia da planície costeira e da plataforma continental entre o Cabo Frio e a Península Valdés, na Argentina. Levando em consideração as porcentagens de areia, silte, argila e de material bioclástico contidos nas amostras, distinguiram oito províncias texturais distintas: a) arenosa; b) areno-siltica; areno-argilosa; d) siltico-arenosa; e) siltica; f) siltico-argilosa; argilo-siltica e h) areno-siltico-argilosa, descritas a seguir. Estes autores elaboraram, ainda, mapas texturais, na escala de 1:1.000.000, mostrando a distribuição de sedimentos ao longo da plataforma continental sul-brasileira.

a) Textura Arenosa

Esta é representada por uma faixa de sedimentos próxima ao continente e que se estende, uniformemente, desde Cabo São Tomé até Chuí, sendo interrompida, somente, na altura de Florianópolis. Esta textura é observada, também, junto à plataforma continental externa, em áreas não contínuas. A primeira área recobre a plataforma externa entre Cabo São Tomé e a Ilha de São Sebastião, reiniciando em Florianópolis e estendendo-se até Mostardas. Uma terceira área vai do Farol Albardão até Chuí.

Na altura da Lagoa Mangueira, junto à plataforma continental interna, estes sedimentos são enriquecidos pela presença de material bioclástico de composição carbonática, os quais apresentam-se altamente fragmentados e arredondados, o que vem caracterizar um ambiente de alta energia na fase de acumulação dos mesmos.

Na faixa arenosa sobre a plataforma externa de toda a área, observa-se, também, a presença de material bioclástico fragmentado e arredondado. A faixa arenosa, tanto da plataforma interna como externa, é constituída por areias quartzosas médias a finas e que possuem características muito similares às atuais areias de praia e de dunas da planície costeira. Estas areias são tidas como relíquias e foram depositadas durante a fase regressiva pleistocênica e retrabalhadas durante a fase transgressiva holocênica.

b) Textura Areno-Siltica

Esta textura encontra-se distribuída pelas plataformas continentais média e externa de toda a área, sendo, predominantemente, mais contínua entre Cabo São Tomé e Itajaí.

Os sedimentos areno-silticos encontram-se associados aos sedimentos arenosos, caracterizando-se como uma fácies transicional destes. Estes sedimentos são constituídos por areias médias a finas, com predominância destas, e por silte grosso a médio.

c) Textura Areno-Argilosa

Esta textura encontra-se distribuída em pequenas áreas. A mais expressiva localiza-se entre Florianópolis, abrangendo a plataforma continental interna, e Torres, cobrindo parte da plataforma continental média. Outra localiza-se entre Tramandaí e Farol da Solidão (RS), e uma terceira na altura da Lagoa Mangueira, estas na plataforma continental média.

Os sedimentos argilosos que compõem esta textura são, provavelmente, de origem fluvial (pretérita), os quais ocasionaram o mascaramento dos depósitos arenosos pré-existent, formando, assim, os sedimentos areno-argilosos.

d) Textura Siltico-Arenosa

Esta textura ocorre, esporadicamente, em pequenas áreas entre o Cabo São Tomé e Torres.

A área mais expressiva ocorre como uma franja que se desloca do talude superior em direção ao inferior, na altura de Torres.

Testemunhos descritos nesta área constataram a presença de estruturas sedimentares, provavelmente, originadas por fluxos gravitacionais a partir de depósitos arenosos existentes na plataforma continental externa. Provavelmente, estes sedimentos de borda de plataforma são os responsáveis pela origem destes depósitos siltico-arenosos. Estes sedimentos são formados por silte médio a fino e areia média a fina podendo ocorrer a presença de algum material bioclástico associado.

e) Textura Siltica

Esta textura ocupa, apenas, duas pequenas áreas localizadas, uma na plataforma média na altura de Torres e outra sobre o talude superior, na parte sul da plataforma continental do Rio Grande do Sul.

f) Textura Siltico-Argilosa

Esta textura é bastante expressiva sobre as plataformas média e externa entre Iguape (SP) e Imbituba (SC).

Na região Sul, esta distribui-se por todo o talude continental do Rio Grande do Sul e atinge as plataformas continentais externa e média na altura do paralelo 32 ° Sul.

Na altura da Lagoa Mangueira, sobre a plataforma continental média, esta textura aparece como uma língua de sedimentos sobreposta a sedimentos de textura arenosa, originados, provavelmente, pelos sedimentos oriundos do Rio de La Plata. Esta faixa de sedimentos localiza-se sobre os poços de lama que caracterizam antigos canais de drenagem do Rio de La Plata.

g) Textura Argilo-Siltica

Esta textura encontra-se distribuída na plataforma continental média entre Torres e Mostardas e em duas pequenas áreas, entre Paranaguá e Itajaí e na altura de Rio Grande. Esta textura representa depósitos sedimentares com essencial predominância de argila.

Observa-se que esta textura ocorre, também, junto à desembocadura da Laguna dos Patos, onde os sedimentos argilo-silticos são trazidos como material em suspensão pela própria laguna e depositados na desembocadura da mesma por floculação.

h) Textura Areno-Siltico-Argilosa

Esta textura caracteriza os sedimentos de depósitos transicionais que se encontram distribuídos pelas plataformas continentais média e externa. Estes depósitos são mais expressivos a partir de Florianópolis, onde recobrem a plataforma interna, até o Chuí.

A partir do talude, em direção ao oceano, predominam depósitos de turbiditos e vasas calcárias e de terrígenos finos.

8.3 Recomendações

A Costa Sul, que vai do Cabo São Tomé até o Chuí, apresenta uma plataforma continental de grande largura, feições morfológicas bem homogêneas, além de expressiva ocorrência de sedimentos terrígenos relíquias. Neste sentido, recomenda-se:

- que seja ampliada a amostragem ao largo de Santa Catarina, tendo em vista o reduzido número de informações, e na plataforma do Paraná, devido à ausência de dados. Em direção ao norte, as plataformas de São Paulo e do Rio de Janeiro necessitam maiores detalhamentos batimétricos e sedimentológicos.
- com exceção do Rio de Janeiro, a plataforma interna da Costa Sul precisa ser mais investigada.
- o talude e o sopé continentais são pouco conhecidos, necessitando de estudos adicionais sobre a morfologia e a cobertura sedimentar. Apenas na plataforma do Rio Grande do Sul existem poucas informações sobre estas feições.
- deve ser dada atenção às áreas em frente aos canyons da região.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aller, J. Y. & Aller, R. C., 1986. General characteristic of benthic faunas of the Amazon inner continental shelf with comparison to the shelf off the Changjiang River, East China Ser. Continental Shelf Research, 6(1/2): 291-310.
- Allison, M. A., Nittrouer, C. A., Faria, L. E. C., Silveira, O. F. M. & Mendes, A. C., 1992. Mechanism of coastal progradation adjacent to the Amazon River. EOS, (73):268.
- Almeida, F. F. M., 1955. Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. Dept. Nac. Produção Mineral, Div. Geol., Monografia, (13):181p.
- Almeida, F. F. M., 1958. Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha (revised ed.). Dept. Nac. Produção Mineral, Div. Geol. Min., Monografia, (13)181p.
- Almeida, F. F. M., 1961. Geologia e petrologia da ilha de Trindade. Dept. Nac. Produção Mineral, Div. Geol. Min., Monografia XVIII.
- Andrade, G. O., 1960. Recife anular das Rocas. Um registro de recentes variações eustáticas no Atlântico equatorial. An. Hidrogr., (18):203-234.
- Barretto, H. T. & Milliman, J. D., 1969. Esboço fisiográfico da margem continental brasileira. In: L. C. Toffoli. (Ed.) Margem continental brasileira. Coletânea de Trabalhos, PETROBRÁS, Rio de Janeiro. (1):11-30.
- Barretto, L. A., Milliman, J. D., Amaral, C. A. B. & Francisconi, O., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part II. Northern Brazil. Contr. Sedimentology, Stuttgart, (4):11-43.
- Bittencourt, A. C. S. P., Martin, L., Vilas-Boas, G. S. & Flexor, J. M., 1979. Quaternary marine formations of the State of Bahia, Brazil. Proceedings, 1978 Int. Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, 232-253.
- Bosence, D. W. J., 1983. The occurrence and ecology of recent rhodolites: a review. In: T. M. Peryt (Ed.), Coated Grains. Springer-Verlag, Berlin, 225-242.

- Boyer, P. R., 1969. Structure of the continental margin of Brazil. Natal to Rio de Janeiro. Thesis University Illinois, Urbana. 93p.
- Carannante, G., Esteban, H., Milliman, J. D. & Simone, L., 1988. Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: problems and limitations. *Sedimentary Geology*. (60):333-346.
- Cordani, U. G., 1970. Idade do vulcanismo no Atlântico Sul. *Boletim IGA*, São Paulo, (1):9-75.
- Corrêa, I. C. S., 1986. Evidence de la fluctuation du niveau de la mer dans la plateforme continentale du Rio Grande do Sul, Brésil. *Int. Symp. on Sea Level Changes and Quaternary Shorelines*. São Paulo-SP. Special Publication. São Paulo-SP, (3):27-28.
- Corrêa, I. C. S., 1987. Plataforma continental do Rio Grande do Sul: Síntese de Conhecimentos. *Atas Simp. Sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*. Cananéia-SP, (2):50-73.
- Corrêa, I. C. S., 1990. Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plateforme continentale Atlantique Sud Bresilienne (Rio Grande do Sul-Bresil). Université de Bordeaux I, France. Tese de Doutorado. Bordeaux-France. 314p.
- Corrêa, I. C. S., Ponzi, V. R. & Trindade, L. A. F., 1980. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro. *Anais XXXI Cong. Bras. Geologia*, Camboriú, (1):578-587.
- Corrêa, I. C. S., Baitelli, R., Ayoup-Zouain, R. N. & Toldo Jr., E. E., 1991. Translation de la ligne de rivage sur la plateforme continentale du Rio Grande do Sul-Bresil pendant l'holocene. *PESQUISAS*, Porto Alegre, 18(2): 161-163.
- Corrêa, I. C. S., Baitelli, R., Ketzer, J. M. & Martins, L. R., 1992. Translação horizontal e vertical do nível do mar sobre a plataforma continental do Rio Grande do Sul nos últimos 17.500 anos B. P. In: *Anais Cong. Associação Bras. de Estudos do Quaternário*, Belo Horizonte, (3):225-240.
- Coutinho, P. N. & Morais, J. O., 1968. Distribution de los sedimentos en la plataforma continental norte-nordeste do Brasil. *Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions*, UNESCO, 261-284.
- Coutinho, P. N., 1970. Preliminary investigations of the sediments between Cabo Frio and São Sebastião island (Brazil). *Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco*, 9/11:51-66.
- Coutinho, P. N., 1975. Recursos minerais da margem continental brasileira. *Simp. Intern. Recursos Naturales no Renovables de America Latina*. Inst. Italo-Latino Americano, Roma, 391-402.
- Coutinho, P. N., 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Tese Livre Docência. Univ. Fed. Pernambuco, 119p.
- Coutinho, P. N. & Farias, C. C., 1979. Contribuição à origem dos recifes do Nordeste. *Atas IX Simp. Geol. Nordeste*, Natal, 236-240.
- Coutinho, P. N., 1981. Sedimentação na plataforma continental Alagoas-Sergipe. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, 21(1/2): 1-18.
- Coutinho, P. N., 1995. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. *Revista Geologia*, Fortaleza. 65-73.
- Curtin, T. B., 1986. Physical observation in the plume region of the Amazon River during peak discharge - II. Water masses. *Continental Shelf Research*. 6(1/2): 53-72.

- Damuth, J. E. & Palma, J. J. C., 1979. Geomorfologia do fundo do Atlântico Equatorial Oeste. In: Projeto REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (7):53-88.
- Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P. & Martin, L., 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos Rios São Francisco (SE,AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Rev. Bras. Geociências, São Paulo, (13):98-105.
- Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P., Leão, Z. M. A. N. & Azevedo, A. E. G., 1990. Geologia do Quaternário do Estado de Pernambuco. Rev. Bras. Geociências, 20(1-4): 208-215.
- Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P. & Martin, L., 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. Sedimentary Geology, (80):213-232.
- Eisma, D., Augustinus, P. G. E. F. & Alexander, C., 1991. Recent and subrecent changes in the dispersal of Amazonas mud. Netherland J. Sea Research, 28(3): 181-192.
- El-Robrini, M. & Souza Filho, P. W. M., 1994. Evidências de paleolitorais na plataforma continental do Amazonas. IV Simp. Geol. Amazonas, Belém. 144-145.
- Emery, K. O., 1968. Relict sediments on continental shelves of world. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 52(3): 445-464.
- Emery, K. O. & Noakes, L. C., 1968. Economic placer of the continental shelf. Tech. Bull. ECAFE. 1:95-111.
- Fass, R. W., 1986. Mass-physical and geotechnical properties of surficial sediments and dense nearbed sediment suspensions on the Amazon continental shelf. Continental Shelf Research, 6(1/2): 189-208.
- Figueiredo, A. G., Gamboa, L. A. P. & Costa, E. A., 1972. Natureza da sedimentação atual do Rio Amazonas - Testemunhos e geomorfologia submarina. (canyon) Amazonas testemunhos submarinos. Anais XXVI Congr. Bras. Geol., Belém, (2):51-56.
- França, A. M. C., 1979. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. In: Projeto REMAC-Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (7):89-127.
- França, A. M. C., Coutinho, P. N. & Summerhayes, C. P., 1976. Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. Rev. Bras. Geociências, (6):71-88.
- Gibbs, R. J., 1976. Amazon River sediment transport in the Atlantic Ocean. Geology, (4):45-48.
- Heezen, B. C. & Menard, H. W., 1966. Topography of the deep sea floor. In: M. N. Hill (Ed.), The Sea, Intersec. Publ., (3):233-280.
- Kempf, M., 1970. Notes on the benthic bionomy of the N-NE brasilian shelf. Marine Biology, Berlim, (5):213-224.
- Kempf, M., 1970b. A plataforma continental de Pernambuco (Brasil). Nota preliminar sobre a natureza do fundo. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco, (9/11):111-124.
- Kempf, M., 1972. Prospecções de fundo realizados na plataforma continental Norte, Nordeste e Leste do Brasil pelo Laboratório de Ciências do Mar, UFPE ou com sua participação. Anais XXVI Cong. Bras. Geol., Belém, (2):245-259.

- Kempf, M., 1974. Perspectives d'exploitation des fonds de maërl du plateau continental du NE du Brésil. 1. Coll. Inter. l'Explot. Oceáns, Bordeaux, France, (2):1-25.
- Kempf, M. & Mathews, H. R., 1968. Marine mollusks from north and northeast Brasil. Preliminary List. Arq. Est. Biol. Mar, UFCE, 8(1): 87-94.
- Kempf, M., Coutinho, P. N. & Morais, J. O., 1968. Plataforma continental do Norte e Nordeste do Brasil. Nota preliminar sobre a natureza do fundo. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Publ. DG 26-XI:579-600.
- Kempf, M., Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M., 1970. Estudo da plataforma continental da área do Recife. 1 - Generalidades sobre o fundo. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco, (9/11):125-148.
- Kikuchi, R. K. P. & Leão, Z. M. A. N., 1995. Atol das Rocas - Um modelo de recife prístino que poderá ser usado para avaliar a ação dos processos costeiros nos recifes de coral do NE do Brasil. In: Simpósio sobre processos sedimentares e problemas ambientais na zona costeira nordeste do Brasil. Anais... 93-95.
- Kineke, G. C. & Sternberg, R. W., 1995. Distribution of fluid muds on the Amazon continental shelf. Marine Geology, (125):193-233.
- Kuehl, S. A., DeMaster, D. J. & Nittrouer, C. A., 1986. Nature of sediment accumulation on the Amazon continental shelf. Continental Shelf Research, 6(1/2): 209-225.
- Kuehl, S. A., Pacioni, T. D. & Rive, J. M., 1995. Seabed dynamics of the inner Amazon continental shelf: temporal and spatial variability of surficial strata. Marine Geology, (125):283-302.
- Kowsmann, R. O., Costa, M. A., Vicalvi, M. A., Coutinho, M. G. N. & Gamboa, L. A. P., 1977. Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul-brasileira. In:Projeto REMAC - Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do Sul do Brasil. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (2):7-26.
- Kowsmann, R. O. & Costa, M. A., 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. In: Projeto REMAC - Sedimentologia quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, (8):1-55.
- Laborel, J. L., 1967. Les peuplements de madreporaires des côtes tropical du Brésil. Thèse Ao 1856. Fac. Sci. Marseille. 313p.
- Leão, Z. M. A. N. & Brichta, A., 1995. A plataforma continental. In: Texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Ed. J. S. F. Barbosa & J. M. L. Dominguez. Salvador, cap. IX, 125-135.
- Mabesoone, J. M., 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). Journ. Sediment. Petrology, (34):715-726.
- Mabesoone, J. M., 1971. Facies sedimentares da plataforma continental brasileira. Estudos Sedimentológicos 1(1): 55-71.
- Mabesoone, J. M. & Coutinho, P. N., 1970. Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco. (12):1-214.
- Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M., 1970. Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil). 2 - Geology. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco, (7/8):151-186.
- Mabesoone, J. M., Kempf, M. & Coutinho, P. N., 1972. Characterization of surface sediments on the northern and eastern Brazilian shelf. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco, (13):41-48.

- Martin, L., 1988. Mapeamento geológico do litoral. In: Simpósio dos depósitos quaternários das baixadas litorâneas brasileiras: origem, características geotécnicas e experiências de obras. Rio de Janeiro. Anais... 29p.
- Martin, L., Suguio, K. & Flexor, J. M., 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). Proceedings, 1978 Int. Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, 296-331.
- Martins, L. R., Gorini, M. A., Cunha, R. & Martins, I. R., 1971. Observações geológicas na margem continental Norte do Brasil. XXV Congr. Bras. Geologia, São Paulo, Bol. Esp. (1):29-30.
- Martins, L. R., 1974. Sedimentologia da margem continental amazônica. Tese Livre Docência, Univ. Fed. Rio Grande do Sul, 104p.
- Martins, L. R. & Coutinho, P. N., 1981. The brasilian continental margin. Earth Science Reviews, Amsterdam. Elsevier. (17):87-107.
- Martins, L. R., Urien, C. M. & Eichler, B. B., 1967. Distribuição do sedimentos modernos da plataforma continental sul brasileira e uruguaia. Anais XXI Congr. Bras. Geol., Curitiba, 29-43.
- Martins, L. R., Urien, C. M. & Butler, L. W., 1972. Províncias fisiográficas e sedimentos da margem continental atlântica da América do Sul. Anais XXVI Congr. Bras. Geologia., Belém. (2):105-114.
- Martins, L. R. & Corrêa, I. C. S., 1996. Morphology and sedimentology of the Southwest Atlantic coastal zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Peninsula Valdés (Argentina). CECO, Instituto de Geociências - UFRGS, Porto Alegre, 74p.
- Melo, U., Summerhayes, C. P. & Ellis, J. P., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part IV. Salvador to Vitoria, Southeastern Brazil. Contr. Sedimentology, Stuttgart, (4):78-116.
- Milliman, J. D., 1974. Marine carbonates. Spring-Verlag, Berlin, 375p.
- Milliman, J. D., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part 6. A syntesis. Contr. Sedimentol., Stuttgart, (4):151-175.
- Milliman, J. D., & Amaral, C. A. B., 1974. Economic potencial of brasilian continental margin sediments. Contrib. nº 3.462, Woods Hole Oceanogr. Inst.
- Milliman, J. D., Summerhayes, C. P. & Barretto, H. T., 1975. Quaternary sedimentation on the Amazon continental margin: A model. Geol. Soc. America Bull., (86):610-614.
- Milliman, J. D. & Barretto, H. T., 1975a. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part I. Background. Contr. Sedimentology, Stuttgart. (4):1-10.
- Milliman, J. D. & Barretto, H. T., 1975b. Relict magnesian calcite oolite on the Amazonian shelf. Sedimentology, (22):137-145.
- Mont'Alverne, A. A. F. & Coutinho, P. N., 1982. Províncias sedimentares na plataforma continental de Pernambuco. Anais XXXII Congr. Bras. Geologia, Salvador, (4):1524-1530.
- Muehe, D., 1995. Caracterização físico-natural da plataforma continental interna e área costeira adjacente. Relatório Interno. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Brasília, 70p.
- Nittrouer, C. A., Sharara, M. T. & DeMaster, D. J., 1983. Variations of sediment texture on the Amazon continental shelf. Jour. Sed. Petrology, 53(1): 179-191.
- Nittrouer, C. A., Curtin, T. B. & DeMaster, D. J., 1986. Concentration and flux of suspended sediment on the Amazon continental shelf. Continental Shelf Research, (6):151-174

- Nittrouer, C. A. & Kuehl, S. A., 1995. Geological significance of sediment transport and accumulation on the Amazon continental shelf. Special Issue, Marine Geology, 125(3/4): 175-401.
- Ottmann, F., 1959. Estudo das amostras do fundo recolhidas pelo N. E. Almirante Saldanha, na região da embocadura do Rio Amazonas. Trab. Inst. Biol. Marit. Oceanogr., Univ. Recife, 1(1): 77-106.
- Ottmann, F., 1960. Une hypothèse sur l'origine des "arrecifes" du Nordeste brésilien. C. R. Sommaire Seances Soc. Geol. France, (7):175-176.
- Ottmann, F., 1963. "L'Atol das Rocas" dans l'Atlantique Sud tropical. Revue Géogr. Phys. Géol. dynam., (5):101-107.
- Ottmann, F. & Ottmann, J. M., 1970. Estudo das amostras recolhidas na região de Cabo Frio (Brasil) pelo N. Oc. Almirante Saldanha. Trab. Oceanogr., Univ. Fed. Pernambuco, (9/11):67-78.
- Palma, J. J. C., 1979. Geomorfologia da plataforma continental norte brasileira. In: Projeto REMAC - Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (7):25-51.
- Pérès, J. M. & Picard, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Bull., 31(47): 5-137.
- Pomerancblum, M. & Costa, M. P. H., 1970. Algumas características dos sedimentos da plataforma continental norte do Brasil. XXIV Congr. Bras. Geol., Brasília, Bol. Esp., (1):381-384.
- REMAC, 1975. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. In: Projeto REMAC-PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC.
- Ribas, L. B., 1966. Estudos sobre foraminíferos bentônicos na costa do Brasil. Inst. Perquisas Marinhas, Not. Técn. (31):26p.
- Rocha, J., Milliman, J. D., Santana, C. I. & Vicalvi, M. A., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part V. Southern Brazil. Contr. Sedimentology, Stuttgart. (4):117-150.
- Shepard, F. P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. Jour. Sed. Petrol., (24):151-158.
- Silveira, J. D., 1964. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. de. Editora Brasil: A Terra e o homem (vol. 1: As bases físicas). Companhia Editora Nacional, 253-305.
- Soares, L. C., 1964. As ilhas oceânicas. In: Azevedo, A. (ed.), Brasil, a terra e o homem. Vol.I. - As bases físicas. Comp. Edit. Nac., São Paulo, 341-394.
- Suguio, K. & Martin, L., 1978. Quaternary marine formations of the States of São Paulo and southern Rio de Janeiro. Special Publ., Int. Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, 1:55.
- Summerhayes, C. P. Coutinho, P. N., França, A. M. C. & Ellis, J. P., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part III. Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. Contr. Sedimentology, Stuttgart. (4):44-78.
- Summerhayes, C. P., Melo, U. & Barretto, H. T., 1976. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off southeastern Brazil. Jour. Sedimentary Petrology, 6(4): 819-828.
- Swift, D. J. P., Stanley, D. J. & Curray, J. R., 1971. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. Jour. Geol., (79):322-346.

- Tinoco, I. M., 1959. Classificação sistemática dos foraminíferos dos testemunhos de sondagens submarinhas recolhidas pelo N. E. Almirante Saldanha na embocadura do Rio Amazonas. *Trab. Inst. Biol. Marit. Oceanogr., Univ. Recife*, 1(1):107-112.
- Tinoco, I. M., 1967. Foraminíferos do Atol das Rocas. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco*, (7/8):91-114.
- Tinoco, I. M., 1971. Contribuição ao conhecimento da gênese do fosfato de Olinda (Estado de Pernambuco). *Arq. Museu Nac.*, (54):177-182.
- Villwock, J. A., 1994. A costa brasileira: Geologia e evolução. *Notas Técnicas. Porto Alegre*. (7):38-49.
- Zembrusky, S. G., 1967. Sedimentos da plataforma continental do Brasil. XXII Comissão Oceanográfica NOc. Almirante Saldanha. *Dir. Hidrogr. Naveg. DG 26-X. Apêndice "B"*, 369-409.
- Zembrusky, S. G., 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: Projeto REMAC-Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, (7):129-177.
- Zembrusky, S. G., Barretto, H. T., Palma, J. C. & Milliman, J. D., 1972. Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. *Anais XXVI Congr. Bras. Geol., Belém*. (2):187-209.