

SEDIMENTAÇÃO NA PLATAFORMA CONTINENTAL ALAGOAS – SERGIPE

Paulo da Nóbrega Coutinho⁽¹⁾

O objetivo do presente trabalho é estudar os processos sedimentológicos, condicionados a fatores oceanográficos e aos componentes terrígenos, no desenvolvimento da sedimentação carbonática. Um tal estudo implica, em primeiro lugar, no conhecimento da composição textural e química dos sedimentos superficiais. A seguir, na comparação dos resultados com os de outras áreas de sedimentação semelhante, inferindo as afinidades e/ou diferenças e, com fundamento nesses dados, conceituar uma interpretação paleogeográfica.

As amostras dos sedimentos superficiais estudadas foram coletadas durante as Operações Akaroa e Canopus, entre as latitudes 8°56,2' e 11°20'S e as longitudes 35°07,7' e 37°14,2'W.

A área compreende a plataforma continental dos Estados de Alagoas e Sergipe, que constitui a parte média da extensa plataforma tropical do Nordeste – Leste brasileiro (figura 1). As informações sobre localização das estações, profundidade e descrição sumária dos sedimentos foram relacionadas por Kempf (1972). Incluíram-se também os resultados das análises efetuadas nas amostras coletadas nas etapas 4 e 7 do Projeto

REMAC. Os dados sobre as características hidrológicas das águas superficiais da área, bem como o estudo do material em suspensão foram sumarizados por Coutinho (1979).

MORFOLOGIA

A plataforma continental Alagoas – Sergipe se caracteriza por sua reduzida largura, pouca profundidade e a predominância de sedimentos carbonáticos. A única exceção é a área de influência do rio São Francisco, cujos sedimentos formam um delta em cuspide, com uma morfologia que reflete a predominância dos efeitos da alta energia das ondas (Baccolli, 1971; Coleman & Wright, 1972). Segundo Summerhayes *et al.* (1976), a reduzida largura está ligada ao baixo índice de erosão terrígena e à pequena sedimentação marinha na área, enquanto a pouca profundidade é atribuída à ineficiência dos processos erosivos marinhos durante o Pleistoceno, atuando sobre uma margem continental estreita e abrupta, com evidências de levantamentos recentes. É provável que a Corrente do Brasil possa, em parte, explicar o modesto desenvolvimento desta plataforma.

A plataforma é relativamente estreita, variando de 42 km, em frente a Macaíó, a 18 km no extremo sul da área,

(1) Professor Adjunto do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco e Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

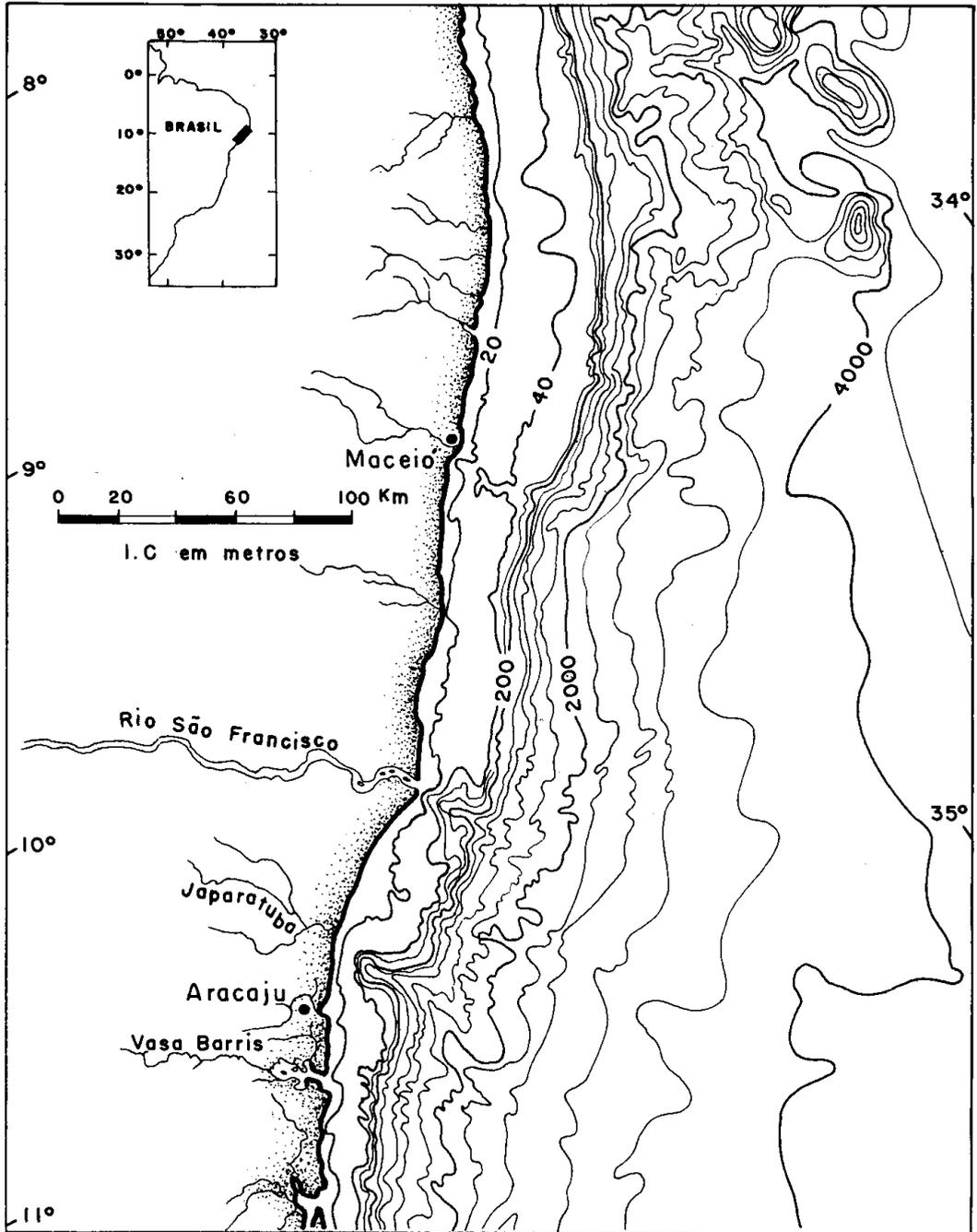


Figura 1 — Batimetria da margem continental de Alagoas e Sergipe (segundo Zemruscki & França, 1976).

com uma largura média de 30 km. Em sua maior parte, a profundidade é inferior a 50 m, sendo muito bem delimitada na sua porção externa por um terraço situado entre 60-65 m de profundidade.

A primeira tentativa de divisão da plataforma no Nordeste deve-se a Kempf (1970b), estabelecendo a profundidade de 35-40 m como sendo o limite entre as zonas infra-litoral e circa-litoral, no sen-

tido de Pérès & Picard (1964). Segundo o referido autor, 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 das influências modeladoras do relevo da plataforma. Deste modo, se propõe uma outra subdivisão da plataforma, levando-se 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. Localmente, esses depósitos carbonáticos podem chegar até a praia. 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 23-40 m, segundo Boyer (1969). A partir dessa profundidade até o limite externo da plataforma, dominam os blocos de algas, associados às variadas proporções de areia biodetrítica com 10 a 15% de lama calcária de cor cinza-azulada. Nas partes superiores do talude a porcentagem de lama é superior a 40%.

Considerando-se os critérios acima mencionados, a plataforma do Nordeste pode ser dividida nos seguintes trechos:

- a) Plataforma interna limitada pela isóbata de 20 m, com relevo suave, apenas algumas irregularidades devidas à presença de recifes, coberta com areia terrígena e muito pouco cascalho e lama. Teor em carbonato de cálcio inferior a 20%. 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 re-

trabalhados, devido à alta energia do ambiente.

- b) Plataforma média de 20 até 40 m com um relevo bem mais irregular. Ao norte do rio São Francisco dominam os cascalhos, sendo substituídos por areias ao sul do rio. O sedimento mais comum é o maerl, 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).

A superfície de 0 a 40 m corresponde à zona de maior sedimentação carbonática atual, cobrindo parte dos depósitos relíquias areno-quartzosos da plataforma pré-Pleistocênica. Trata-se de uma superfície de erosão marinha típica, com canais, domos ou depressões, particularmente desenvolvida a partir do rio São Francisco para o norte. A superfície dos terraços de profundidade intermediária (50 - 60 - 65 m) é dominada por sedimentos biodetríticos relíquias, com uma certa porcentagem de material terrígeno grosseiro em alguns locais, representando feições de uma topografia litorânea antiga, em condições de nível do mar mais baixo do que o atual. O terraço mais profundo, de 90-95 m, se encontra a cerca de 30-40 m acima de registro mais baixo do nível do mar pleistocênico, evidenciando um levantamento da margem continental da área (Summerhayes *et al.*, 1976).

Na plataforma interna a presença de bancos de algas e corais, crescendo sobre um substrato de arenito de praia consolidado, constitui a principal feição mor-

fológica dessa zona. Do rio São Francisco para o sul, a topografia da plataforma interna vai-se tornando mais suave devido ao desaparecimento das irregularidades, graças a uma maior contribuição fluvial. Já ao norte do rio São Francisco, as plataformas interna e média são muito mais irregulares, exibindo uma topografia erosiva pré-Pleistocênica, devido à ausência de aportes fluviais.

A falta de relevo na plataforma externa pode indicar que, atualmente, os organismos formadores de recifes (corais e algas) não são construtores ativos nessa zona, por encontrarem condições desfavoráveis ao seu crescimento. Ao mesmo tempo, a facies biodetrítica com elevado teor de lama encontrada na borda da plataforma, contribuiria para o desaparecimento dos recifes. Posteriormente, o acúmulo de biodetritos, soterrando os recifes, seria responsável pela ausência de relevo na plataforma externa.

Um sistema de canais, bem mais desenvolvido entre Maceió e Aracaju, constitui outro elemento de destaque na morfologia da área (França *et al.*, 1972). A profundidade da maioria deles é inferior a 20 m. Alguns apresentam vales em forma de U, preenchidos com sedimentos acusticamente transparentes, enquanto outros são desprovidos de qualquer sedimentação.

Os perfís sísmicos da plataforma mostram camadas sub-horizontais, ligeiramente inclinadas para o mar. Localmente, os sedimentos apresentam dobras muito suaves, refletindo, provavelmente, uma compactação diferencial sobre as estruturas do embasamento profundo (Ojeda & Bisol, 1971).

Outra feição importante da morfologia da área é a presença dos cânions dos rios São Francisco e Japarutuba, que se encaixam na plataforma, a aproximadamente 10 km da costa (figura 1). Ambos apresentam vales em forma de V, paredes abruptas terraceadas nas partes superiores. Nas partes inferiores, o gradiente torna-se mais suave e aparecem canais e vales, indicando que os cânions não de-

vem ser relacionados ao atual sistema de drenagem e clima, representando, desse modo, feições ligadas a um sistema antigo com nível do mar mais baixo do que o atual (Boyer, 1969).

Os cânions são claramente erosivos e serviram de calha para o transporte de sedimento da plataforma para o sopé continental, durante as flutuações do nível do mar no Pleistoceno, quando a plataforma foi emersa várias vezes.

Zembruski *et al.* (1972), destacaram a semelhança morfológica dos cânions dos rios São Francisco e Japarutuba, sugerindo uma origem comum: escavados, provavelmente por ação fluvial durante a última regressão marinha. Para Summerhayes *et al.* (1976), o cânion do São Francisco ocupa uma rasa depressão erosiva e parece ter sido controlado estruturalmente, enquanto o do Japarutuba estava localizado a barlavento de uma escarpa, durante os baixos níveis do mar.

Comparando os perfís de reflexão sísmica obtidos por Summerhayes *et al.* (1976), observa-se uma relação inversa entre o tamanho dos citados cânions e seus respectivos cursos. Com efeito, atualmente, o cânion do São Francisco, um dos maiores rios do Brasil, é muito pequeno em comparação com o grande cânion do Japarutuba, desproporcional ao seu curso atual. O exame da hidrografia da região mostra que o curso do rio São Francisco é fortemente influenciado pela estrutura regional, o que leva a pensar na hipótese do rio Japarutuba representar o antigo curso do São Francisco antes deste ocupar sua posição atual.

DISTRIBUIÇÃO DOS SEDIMENTOS

A primeira classificação textural dos sedimentos superficiais da plataforma Alagoas - Sergipe deve-se a Mabeoone & Tinoco (1967). Os autores, usando limites arbitrários de 50, 40 e 10% para os diversos componentes, distinguiram sete grupos texturais que serviram de base pa-

ra a construção de um mapa bastante complexo.

No presente estudo o sedimento foi classificado em termos de cascalho, areia e lama e suas distribuições estão representadas na figura 2.

Observa-se que os cascalhos dominam nitidamente na plataforma média e externa, ao norte do rio São Francisco, sendo muito pouco representados ao sul do mesmo rio (figura 2 - a); as areias cobrem toda a plataforma interna, com exceção da área em frente ao São Francisco, como pode ser visto na figura 2 - b. A sedimentação atual terrígena é representada pela lama, cuja porcentagem é maior na zona de influência dos rios, continuando em direção ao sul da área. Ao norte, o material pelítico é quase inexistente, sendo limitado a algumas depressões topográficas na plataforma média, bem como nos ápices dos cânions ou outros canais costeiros, como aqueles situados em frente a Maceió (figura 2 - c). Resumindo, observa-se que a plataforma ao norte do rio São Francisco é atapetada por sedimentos grosseiros, com algumas *manchas* isoladas de material fino, enquanto ao sul do rio, entre a zona de contribuição atual e a relíquia, ocorre mistura de areia e lama.

As lamas da plataforma parecem ser mais ricas em argila, comparadas às do talude, que apresentam teores mais elevados de silte. No delta do São Francisco a lama é excepcionalmente rica em silte até a profundidade de 40 m, sobre uma distância de aproximadamente 10 km da foz (Coutinho, 1970). A porcentagem de lama nos sedimentos do talude é superior a 40%, com a fração arenosa formada essencialmente de foraminíferos.

COMPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS

As frações carbonáticas e terrígenas dos sedimentos que cobrem a maior parte das atuais plataformas, geralmente, têm origem e idades diferentes. Por essa razão cada fração será estudada separadamente.

Fração carbonática

Um melhor conhecimento dos sedimentos biogênicos modernos pode ser obtido pelo estudo da fração grosseira e de sua composição esquelética. Illing (1954) classificou as partículas carbonáticas em esquelética (orgânica) e não-esquelética (inorgânica).

Fração carbonática não-esquelética — os estudos realizados nos sedimentos superficiais da plataforma Alagoas - Sergipe constataram a ausência de grãos carbonáticos não-esqueléticos (oólitos, agregados, *lumps*), porém não explicaram a falta de tais partículas nos sedimentos (Mabesoone & Tinoco, 1967; Coutinho, 1970; Summerhayes *et al.*, 1975; França *et al.*, 1976). Os referidos autores, contudo, admitiram que existem condições favoráveis à precipitação não-esquelética.

A limitada distribuição geográfica dos sedimentos não-esqueléticos sugere que a precipitação é intimamente ligada às condições do ambiente de deposição.

Vários parâmetros ambientais têm sido sugeridos como fundamentais para a precipitação não-esquelética: ressurgência, águas quentes, hipersalinidade, agitação no substrato, algas e atividade microbiana (Milliman, 1969).

Existem várias teorias que tentam explicar a origem dos oólitos. Uma excelente revisão sobre o assunto pode ser encontrada em Illing (1954), Newell *et al.* (1960) e Bathurst (1967). Segundo Lee (1975), a presença de oólitos ou agregados é restrita a áreas de ocorrência de corais hermatípicos e algas calcárias verdes, com temperaturas elevadas e salinidade superior a 35,8‰. Contudo, Ginsburg *et al.* (1963) afirmam que a salinidade elevada não é fator determinante para a formação de oólitos.

As águas superficiais, francamente marinhas, quentes (temperatura superior a 20°C), são sempre supersaturadas de carbonato de cálcio, favorecendo, portanto, sua precipitação. A precipitação não-esquelética em regiões subtropicais é limitada a ambientes hipersalinos como acontece, por exemplo, no Golfo Pérsico

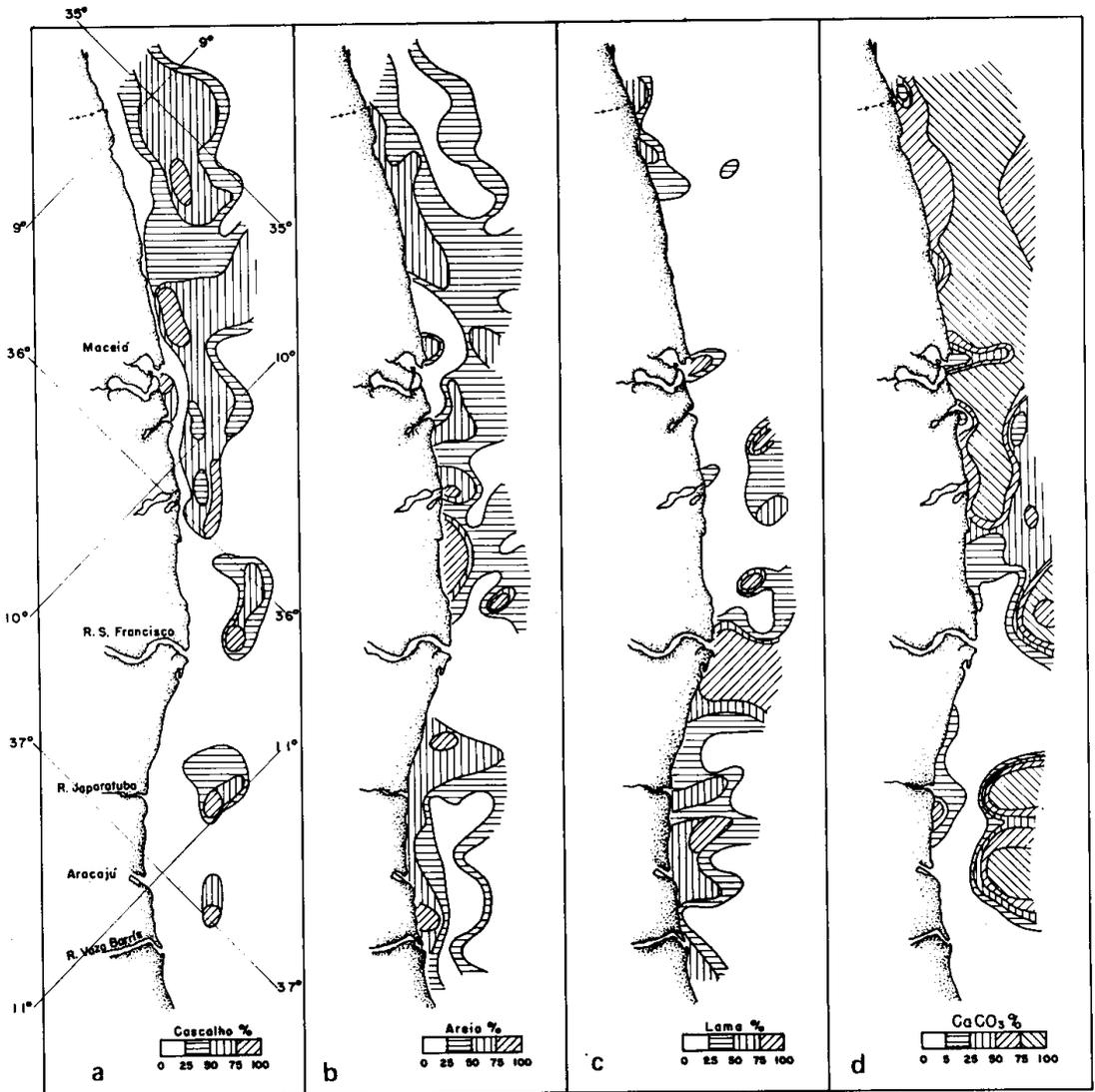


Figura 2 — Conteúdo de carbonato de cálcio e distribuição textural dos sedimentos na plataforma continental de Alagoas e Sergipe.

e Costa do Golfo a sudeste do Texas. Nas regiões tropicais uma sedimentação semelhante pode ocorrer, em águas com salinidade normal, significando que as águas tropicais são supersaturadas em relação ao carbonato de cálcio, para permitir a sedimentação não-esquelética. O fenômeno está bem estudado nas Bahamas (Illing, 1954; Newell *et al.*, 1960; Milliman, 1967 e 1969).

A plataforma Alagoas - Sergipe é caracterizada por uma importante e ativa

produção carbonática, que se traduz pela enorme extensão e homogeneidade dos fundos de algas calcárias. Essa grande floresta de algas pode ser responsável pela diminuição das condições de supersaturação das águas de carbonato de cálcio devido à fixação do mesmo por parte desses organismos, não havendo, portanto, condições para precipitação não-esquelética. Uma parte importante da produtividade desses fundos seria destinada à precipitação esquelética não havendo,

desse modo, nenhuma outra forma de precipitação inorgânica do calcário (oólito, agregado, etc.).

É geralmente em áreas de baixa acumulação de carbonatos que os sedimentos não-esqueletais são encontrados. Os resultados obtidos para a plataforma brasileira confirmam as observações de Milliman & Barreto (1975), sobre a ocorrência de oólitos na plataforma brasileira. Outro fato importante a assinalar é a presença de oólitos na plataforma amazônica, coincidindo com a ausência de fundo de algas calcárias.

Fração carbonática esqueletal – esse sedimento ocupa a quase totalidade da plataforma tropical brasileira, desde o rio Parnaíba até Cabo Frio, sendo limitada em suas extremidades norte e sul pela ocorrência de facies terrígenas de areia e lama. A distribuição e as características biológicas e geológicas desses fundos foram descritas por Coutinho & Morais (1970), Kempf (1970 *b* e 1972); Kempf *et al.* (1970), Zembruski *et al.* (1972) e Mabesoone *et al.* (1972).

Os sedimentos grosseiros da plataforma média e externa, sobretudo ao norte do São Francisco, são constituídos de carbonato biogênico com teores superiores a 75% de CaCO_3 , sendo os valores mais elevados encontrados na plataforma média (mais de 95% CaCO_3), conforme é apresentado na figura 2-d. Ao sul do rio São Francisco as maiores concentrações estão limitadas à borda da plataforma, enquanto os menores valores coincidem com a zona de ocorrência de lama, especialmente em frente ao rio São Francisco (figura 2-c/d).

Outra particularidade da sedimentação esqueletal da área é a pequena quantidade de corais existentes nos sedimentos de fundo, comparada ao grande desenvolvimento de algas (Laborel, 1967; Mabesoone & Tinoco, 1967; Mabesoone & Coutinho, 1970).

Vários autores afirmam que a presença de um substrato adequado é mais importante para o crescimento de corais do que a argila em suspensão ou a pene-

tração da luz. Kuenen (1950) cita que os corais da Baía de Jacarta começaram a crescer sobre substrato firme. No Mar Vermelho, Guilcher (1955) encontrou indicações de que os corais se desenvolveram sobre rochas do embasamento. Observações semelhantes são citadas por Koldewijn (1958) a leste de Trinidad. Segundo Milliman (1977), condições de águas turvas causadas pelos rios Orinoco e Amazonas, além da forte deriva da Corrente das Guianas para noroeste, constituíram uma importante barreira para a migração dos corais em direção ao sul. Segundo Leão *et al.* (1982), os corais brasileiros provavelmente evoluíram de uma fauna endêmica que existiu no Mioceno Superior e Plioceno Inferior, e que parece ter sido isolada da área caribenha desde aquela época.

O desenvolvimento de corais na área estudada ficou restrito aos substratos litificados, representados pelas antigas linhas de praia ou estrutura de recifes de algas, cujas elevações, desprovidas de material fino, a poucos metros abaixo do nível do mar, constituem excelentes substratos para o crescimento de corais hermatípicos. O crescimento atual dos corais é limitado ao lado externo dos recifes de arenito, ou sobre as construções de algas calcárias incrustantes, enquanto as algas ramificadas atapetam o fundo entre as linhas de recifes. Essas condições parecem ter sido fundamentais para o desenvolvimento de corais na plataforma do Nordeste.

Por outro lado, as algas do gênero *Lithothamnium* podem viver livres sobre o fundo, sem ponto de fixação no substrato. No início, o jovem talo de alga pode utilizar um pequeno suporte para se fixar, como um grão de areia, por exemplo. Com o crescimento da planta aparecem pequenos ramos eretos que, sob a ação das ondas e correntes, são separados de sua base e continuam a crescer livremente (Jacquotte, 1962). Deste modo, as algas foram capazes de colonizar grande parte dos depósitos relíquias de areia quartzosa que cobrem

a plataforma. O fenômeno foi bem estudado na plataforma em frente a Recife (Kempf, 1970 *a*; Kempf *et al.*, 1970). Os estudos mostraram uma predominância de formas incrustantes no lado externo dos recifes de arenito e, do lado interno, uma tendência ao desenvolvimento das formas ramificadas e articuladas (Laborel, 1967; Kempf, 1970 *b*). Correlações semelhantes foram encontradas ao sul da Austrália, na Inglaterra e em vários outros lugares.

Ao lado das *Lithothamnium*, merecem destaque as algas verdes calcificadas representadas pelos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillus*. As *Halimeda* são menos cosmopolitas do que as *Lithothamnium* e são limitadas aos trópicos. As *Halimeda*, cujas espécies variam segundo as condições ecológicas, são importantes formadoras de sedimento carbonático das plataformas (Coutinho & Morais, 1970; Kempf, 1972; Wiman & McKendree, 1975). Essas algas se desenvolvem em vários ambientes, desde os recifes poucos profundos e de águas agitadas até as lagunas dos atóis. Muitas forma eretas podem crescer sobre sedimentos incoerentes, enquanto as formas prostradas preferem fundo duro.

Dependendo do grau de desarticulação e desintegração do esqueleto, as *Halimeda* produzem sedimento de várias texturas, desde cascalho a lama calcária (Folk & Robes, 1964). Além de importantes formadores de sedimentos, essas algas servem de superfície de fixação para certos gastrópodes planoespiralados microscópicos e para as algas calcárias do gênero *Amphiroa* (Wiman & McKendree, 1975).

As espécies mais comuns na plataforma brasileira são *Halimeda opuntia* (Linnaeus) Lamouroux, *H. incrassata* (Ellis & Solander) Lamouroux, *H. discoidea* Decaisne e *H. tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux. Segundo Kempf (1970 *b*), a *Halimeda incrassata* (Ellis & Solander) Lamouroux é a mais abundante na zona infra-litoral, enquanto no circa-

litoral inferior dominam as espécies *H. tuna* (Ellis & Solander) Lamouroux e *H. discoidea* Decaisne.

A reprodução das algas verdes se processa rapidamente e em períodos de tempo relativamente curtos. A taxa de calcificação nas *Halimeda* é inferior à das coralinas, porém a velocidade de crescimento é extremamente rápida, chegando a formar um segmento por dia (Colinvaux *et al.*, 1965). Contudo, o mecanismo específico da calcificação não é bem conhecido.

Os artículos de *Halimeda* são formados de aragonita e apresentam uma concentração em estrôncio superior a qualquer outro organismo calcário (Milliman, 1974).

Composição e distribuição do maerl

Os numerosos trabalhos que tratam da ecologia das algas coralinas mostram o quanto ainda é necessário se conhecer acerca desse fascinante grupo de algas marinhas (Johansen, 1974). Ao contrário do que acredita a maioria dos geólogos, as coralinas não são limitadas às regiões tropicais rasas. Elas podem crescer em regiões frias como também em profundidades relativamente grandes.

Na plataforma continental brasileira foram identificados três tipos de sedimentos derivados das coralinas, cada um composto de forma diferente: (1) cascalho semelhante ao maerl da Bretagne; (2) coralinas incrustantes, que são componentes importantes dentro do sedimento inconsolidado, misturada geralmente com algas ramificadas, briozoários, corais, moluscos e foraminíferos bentônicos, semelhante a *biocenoses coralligenes* no Mediterrâneo, segundo Pérès e Picard (1964); sua existência está intimamente ligada à presença de um substrato duro, sobre o qual as formas incrustantes se desenvolvem; e (3) os rodolitos que incluem nódulos de algas e concreções.

O sedimento popularmente denominado *cascalho*, pelos pescadores do Nordeste, é formado de uma mistura de areia e seixos de calcário organógeno, o qual é

constituído de fragmentos de algas ramificadas acumuladas no local (Kempf, 1974).

As algas vermelhas que formam o maerl da plataforma em foco pertencem à família Corallinaceae, subfamília Melobesiae, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*. Não chegam a constituir formações recifais propriamente ditas, mas um sedimento grosseiro associado a uma abundante epiflora. Seus esqueletos são formados de calcita magnésiana, com grandes variações de magnésio, atingindo valores mais altos do que em qualquer outro organismo formado de calcita (Vinogradov, 1953). Geralmente se apresentam sob a forma de pequenos artículos ramificados, ou de pequenas concreções irregulares de cor rosa-violeta, quando vivas, misturados a um sedimento carbonático branco-amarelado ou branco-acinzentado, quando mais antigo. Além das formas ramificadas, alguns representantes das melobésias podem formar incrustações diversas, desde uma simples placa até recifes maciços. É, porém, ao sedimento inconsolidado que se aplica o nome de maerl.

Fatores ecológicos — o desenvolvimento das *Lithothamnium* parece estar ligado a certas condições ecológicas particulares. Segundo Caulet (1972) esses fatores são muito importantes na distribuição do maerl, embora seus efeitos sejam pouco conhecidos. Serão examinados os principais fatores ecológicos que influem no desenvolvimento das coralinhas e, embora sejam abordados independentemente, deve-se ter sempre em mente que os mesmos são interrelacionados.

A profundidade onde ocorre o maerl é muito variável. No Mediterrâneo ocidental é encontrado a 40 m, aumentando para leste, podendo atingir a 100 m (Jacquotte, 1962). No canal da Mancha o maior desenvolvimento se encontra a 7m (Boillot, 1961). A profundidade parece influenciar mais na composição do que na abundância da fração biogênica. Alguns geólogos procuraram determinar a profundidade ideal para o maerl, estabe-

lecendo a relação entre o maerl morto/vivo, o que segundo Cabioch (1970) re-flete apenas o estado vegetativo dos bancos naquele momento. É preciso levar em conta outros fatores biológicos.

A luz é indispensável para a fotossíntese das algas. Em geral, as coralinhas apresentam uma maior produção de carbonato de cálcio na luz que na ausência dela, conforme dados de Goreau (1963). Estudos mais recentes (Milliman, 1974) mostraram que a precipitação do carbonato de cálcio pode-se processar independentemente da presença da luz. Aparentemente o processo continua, mesmo após cessada a atividade biológica que o produziu, talvez pela fixação de alta energia do fosfato orgânico, como sugeriu Pearse (1972). Isto explicaria, portanto, a presença das *Lithothamnium* e *Halimeda* em águas mais profundas.

A taxa de crescimento das coralinhas é diretamente proporcional ao aumento da temperatura das águas até atingir o seu ótimo. Johnson (1961) cita um crescimento de 3 a 4 cm por ano para as coralinhas articuladas no oeste da França. Lemoine (1940) descreve um crescimento de 2 a 7 mm por ano para as algas incrustantes da mesma região. Adey & McKibbin (1970), estudando o maerl da ria de Vigo, na Espanha, estima em 1,8 mm por ano, o crescimento da *Lithothamnium calcareum* e em 0,7 mm por ano, para *L. coralloides*. A existência de fundos de maerl desde a Noruega até próximo a Cabo Frio sugere que a temperatura não é um fator limitante, mas regulador de sua distribuição.

As pequenas variações de salinidade não afetam a distribuição dos fundos de maerl, conforme estudos de Cabioch (1969) na Baía de Morlaix. Contudo, os trabalhos experimentais de Aday & McKibbin (1970) sugerem que as baixas salinidades reduzem a taxa de crescimento das espécies. Na plataforma em estudo, não se verificam variações importantes de salinidade superficial ou vertical na zona de sedimentação carbonática.

As formas arredondadas apresentam um maior desenvolvimento em fundos arenosos, submetidos a correntes e, geralmente, associadas a marcas de ondulações. Por outro lado, a ação excessiva da onda é desfavorável ao crescimento das algas calcárias (Koldijk, 1968). A turbulência das águas contribui para uma distribuição mais homogênea dos alimentos, do oxigênio e do dióxido de carbono.

Para Caulet (1972), a presença de lama é o principal controlador da sedimentação biogênica moderna, contrariamente ao que sugere Jacquotte (1962). A lama cobre o substrato duro necessário ao crescimento de muitas larvas, além de asfixiar certos grupos bentônicos, tais como briozoários e algas calcárias. Estudando a plataforma argelina, Caulet (1972) mostrou uma relação inversa entre a abundância de fragmentos de briozoários e concreções de algas calcárias e a presença de lama nos sedimentos. Algumas coralinas eretas, ramificadas, podem crescer em fundos de areia ou lama tão bem quanto em substratos duros, embora as espécies de hábito incrustante exijam substrato duro para seu desenvolvimento. Os nódulos algais, formados a partir de incrustações maciças sobre uma concha ou outro núcleo, são geralmente encontrados em substratos estáveis, onde são movimentados pela ação da onda ou fortes correntes. Um excelente estudo, relacionando a forma dos nódulos com a hidrodinâmica, foi realizado por Bosense (1976).

Os talos de algas calcificados estão sujeitos ao ataque de vários agentes perfurantes, tais como esponjas, anélídeos e algas cianofíceas. Se esses agentes forem muito abundantes, poderão levar à destruição dos bancos de algas se não houver um crescimento ativo compensador. Existe, pois, uma competição permanente entre os fenômenos de destruição e crescimento. Os talos mortos são progressivamente recobertos por novos talos que passam a constituir um substrato favorável ao desenvolvimento de uma rica fauna. O resultado é uma riqueza bioló-

gica bem superior àquela encontrada nos fundos de areia ou cascalho de conchas. O tempo necessário para formação de grandes depósitos de maerl parece ser bastante longo. A exploração intensiva, eliminando a camada superficial viva do maerl, torna precárias suas condições de sobrevivência.

A enorme extensão de fundos de algas calcárias na plataforma continental brasileira resulta da interação de vários fatores. Em primeiro lugar, a existência de uma plataforma rasa, geralmente inferior a 60 m, coberta com águas de elevada salinidade e relativamente quentes. Em segundo lugar, predominância de um clima semi-árido no continente, resultando num reduzido fornecimento de material terrígeno à plataforma. Além disso, uma grande parte do material transportado em suspensão fica retido nas partes inferiores dos estuários, possibilitando a existência de um substrato duro adequado a fixação de uma epifauna. Finalmente, a ausência quase total de corais hermatípicos, que deixa livre grande parte do substrato, favorecendo o desenvolvimento das algas calcárias.

Fração terrígena

O seu desenvolvimento é mais importante na zona costeira e na área de influência do rio São Francisco. Cobre a maior parte da plataforma interna a partir de Maceió em direção ao sul. Essas areias são, em sua maioria, relíquias e apresentam os componente bióticos completamente retrabalhados. A fração arenosa é constituída de grãos de quartzo, geralmente subarredondados e arredondados, com a superfície fosca e, algumas vezes, picotada. Os grãos brilhantes são mais freqüentes próximo à costa. Segundo Mabesoone & Tinoco (1967), o caráter superficial dos grãos foi adquirido antes da deposição dos mesmos na plataforma.

Devido à ausência de uma drenagem importante e à presença de várias lagunas no litoral, ao norte do rio São Francisco,

as areias terrígenas apresentam uma pequena porcentagem de material fino, contrastando com as areias ao sul do mesmo rio, cujos depósitos são mais lamosos, dada a grande contribuição fluvial nessa zona. Essa importante contribuição terrígena é responsável pela existência de condições desfavoráveis à sedimentação carbonática e, conseqüentemente, as facies terrígenas apresentam aí o maior desenvolvimento de toda a área. A presença dessa faixa arenosa pode representar a evidência de uma extensa planície litorânea, antiga, associada a níveis de mar regressivo.

Na zona de influência do rio São Francisco, Coutinho (1970) distinguiu dois grupos de sedimentos, cuja repartição é determinada pela distribuição da salinidade e das correntes da área. A fração argilosa é formada essencialmente de illita e caolinita. Na fração arenosa das lamias dominam *Elphidium*, *Ammonia* e *Bolivina*, misturadas com formas aglutinadas e planctônicas, evidenciando a influência do rio (Mabesoone & Tinoco, 1967).

Os minerais leves são representados principalmente pelo quartzo e o feldspato, enquanto os fragmentos de rocha, a mica e a glauconita somam menos de 0,5%. Em toda a plataforma dominam as areias subarcoseanas com uma relação feldspato potássico/plagioclásio em torno de 3 (Summerhayes *et al.*, 1975). Apenas ao norte de Maceió ocorrem as areias ortoquartzíticas. Os sedimentos terrígenos da plataforma são relativamente imaturos, contendo uma apreciável quantidade de feldspatos. O mesmo grau de imaturidade se reflete nas associações de minerais pesados. Com base nas associações de minerais pesados, Summerhayes *et al.* (1975) distinguiram a província de turmalina de Maceió para o norte e a província de estauroлита, de Maceió para o sul.

Sedimentos terrígenos e biogênicos, manchados com óxido de ferro, são raros ou ausentes na plataforma ao norte de Maceió, sendo comuns e abundantes ao

sul, especialmente em frente ao rio São Francisco.

O estudo dos argilominerais nos sedimentos superficiais da plataforma continental entre Fortaleza e Salvador foi realizado por Summerhayes *et al.* (1975).

O que ressalta à primeira vista na distribuição dos argilominerais da área é o elevado teor de caolinita, em relação à pequena quantidade de montmorilonita e o caráter íltico dos sedimentos do São Francisco. Esses resultados traduzem a influência do clima sobre a composição das argilas. Com efeito, ao longo da costa úmida ao norte de Maceió, o intemperismo químico sobre os sedimentos do Grupo Barreiras foi suficientemente intenso para a remoção completa da montmorilonita, com formação de sedimentos ricos em caolinita. O grau de intemperismo parece decrescer para o sul da área, resultando em maiores proporções de montmorilonita e illita. Naturalmente, na faixa semi-árida do interior, o intemperismo químico foi menos intenso e os sedimentos transportados pelo rio São Francisco são mais ricos em illita em relação aos da costa adjacente.

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 ser relíquia (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 estuá-

rios 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.

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 sedimentos terrígenos e, em segundo lugar, da temperatura da água e da produtividade carbonática (Milliman, 1974).

Uma tão grande 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 do rio. Esse modelo reflete a diferença de temperatura entre as águas ao norte e ao sul do São Francisco, afetando a distribuição dessas algas ver-

des (Milliman, 1975). Em resumo, pode-se dizer que as condições ecológicas que determinam o desenvolvimento e a distribuição dessas associações são pouco conhecidas.

Os sedimentos carbonáticos na plataforma Alagoas-Sergipe apresentam maior desenvolvimento ao norte do São Francisco, onde a taxa de sedimentação é e tem sido muito baixa, graças à fraca ação erosiva do solo no continente, intensamente intemperizado, atenuada pela vegetação ao longo da costa. Em consequência, o substrato torna-se adequado ao desenvolvimento de organismos epifaunais produtores de carbonato em toda a plataforma, com exceção de sua parte interna, onde a alta energia da onda dificulta o crescimento orgânico, e na foz do São Francisco, devido a grande sedimentação terrígena. Além disso, a circulação da água é dominada pela Corrente do Brasil, cujas águas apresentam salinidade, temperatura e transparência favoráveis ao desenvolvimento dos organismos.

Os organismos mais comuns na zona de sedimentação carbonática são as coralinhas ramificadas e as *Halimeda*, sendo estas, normalmente, mais abundantes na plataforma externa. Elas podem se desenvolver, igualmente, na plataforma média, porém a maior energia da onda nessa zona pode provocar mais rapidamente a destruição de seus artículos. Contudo, não é certo que esse padrão reflita uma biocenose (Summerhayes *et al.*, 1975).

A presença de lama calcária na plataforma externa, resultante da degradação biológica dos organismos, é desfavorável ao crescimento de certos tipos da epifauna e poderia concorrer para a diminuição das algas ramificadas, não eliminando contudo, o desenvolvimento das *Halimeda*.

As diferenças observadas na distribuição das coralinhas ramificadas, incrustantes e das *Halimeda*, não parecem ligadas unicamente ao substrato, como foi sugerido por Milliman (1974), uma vez que a plataforma apresenta um substrato

duro adequado ao desenvolvimento de algas, corais e briozoários. Talvez o modelo de distribuição dessas associações esteja mais ligado aos fenômenos de competição, como sugeriu Caulet (1972) para a plataforma argelina. Serão necessários estudos biológicos pormenorizados para uma perfeita compreensão dos fatores ecológicos que influenciam a distribuição destes diferentes organismos.

Na plataforma Alagoas - Sergipe os fundos de areia quartzosa, algas calcárias e de material biodetrítico são distribuídos, aproximadamente, paralelos à costa, segundo Kempf (1972).

Os limites entre as zonas biogênicas na plataforma não são estáveis e têm variado em função da transgressão holocênica. Isto é bem visível entre as zonas de sedimentação terrígena e carbonática, onde as algas estão colonizando os depósitos areno-quartzosos regressivos da plataforma interna. A tendência de avanço das coralinas em direção à praia sugere uma transgressão em condições favoráveis ao seu crescimento. Talvez este padrão reflita um aumento da taxa de sedimentação da lama carbonática na plataforma externa, com a elevação do nível do mar no Holoceno (França *et al.*, 1976).

A plataforma de Alagoas representaria, portanto, um enorme ambiente recifal orgânico, com abundância de *Halimeda*, raros corais e uma fraca taxa de sedimentação terrígena. As *Halimeda* dominam os locais mais abrigados, enquanto as *Lithothamnium* recobrem as superfícies planas dos recifes. As algas ou seus fragmentos cobrem extensas superfícies, geralmente em forma de cascalho ou areia, ou mesmo como formas incrustantes.

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 suspensões 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 do território brasileiro. A convergência desses fatores conduz a uma baixa concentração de material em suspensão nas águas oceânicas, raramente excedendo 0,25 mg/l, constituída, 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 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 nos cânions dos rios São Francisco, Japarutuba e Vasa Barris. 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.

Os sedimentos finos transportados pelo rio São Francisco constituíram sempre a maior fonte de sedimentação terrígena da área. Ao atingir o mar, o material fino em suspensão se divide em dois ramos de argila muito siltica, englobando uma parte central de sedimento argilo-siltico, em frente à foz do rio (Coutinho, 1970), refletindo o modelo de circulação geral da área. Quando o nível do mar era mais baixo que o atual, uma grande parte da carga do São Francisco e demais rios da área foi depositada sobre o talude, ocasionando movimentos gravitacionais de massa e, finalmente, a deposição no sopé continental. Os perfis de reflexão sísmica do cânion do São Francisco mostram evidências típicas de transporte por correntes de turbidez (Summerhayes *et al.*, 1975).

A mineralogia dos sedimentos terrígenos reflete a interação de vários fatores,

tais como geologia, relevo, clima e intemperismo.

O caráter imaturo e submaturo dos minerais leves e pesados indicam um intemperismo relativamente curto ou de baixa intensidade, enquanto os sinais de um intenso intemperismo químico são indicados pela remoção da montmorilonita e a subsequente produção de um sedimento rico em caolinita na zona costeira úmida ao norte do rio São Francisco.

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 rabaixamento do nível do mar, os rios transportaram areias arcoseanas para o talude e regiões profundas, enquanto predominava na costa um clima menos úmido, como sugere o menor teor em caolinita das lamias encontradas no platô de Pernambuco (Summerhayes *et al.*, 1975; França *et al.*, 1976). Os sedimentos arcoseanos derivados de regiões semi-áridas ficaram preservados na plataforma ao largo do rio São Francisco, devido à alta taxa de sedimentação, que atenuou os efeitos do intemperismo químico durante as variações do nível do mar. Como resultado, os sedimentos do delta do São Francisco são mais ricos em illita que os da plataforma adjacente.

EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

Na reconstituição paleogeográfica de uma área, várias suposições devem ser consideradas, mormente quando não existem datações absolutas dos sedimentos.

A história das atuais plataformas continentais está intimamente ligada às transgressões e regressões quaternárias.

A maioria dos autores considera o nível médio do mar, no início da transgressão flandriana, há 18.000 anos, como situado em torno de 130 m abaixo do

nível atual do mar. Muitas plataformas continentais apresentam, ainda hoje, feições típicas desta condição. As oscilações posteriores do nível do mar foram relativamente rápidas e geologicamente recentes, não permitindo desse modo, o estabelecimento de um equilíbrio às novas condições, e as plataformas apresentam morfologia e cobertura sedimentar relíquias. Entretanto, apenas as plataformas em frente aos grandes deltas parecem estar em equilíbrio com as atuais condições. Feições marcantes das variações do nível do mar acham-se registradas, tanto na morfologia, como nas propriedades texturais dos sedimentos que atapetam as plataformas modernas. São principalmente os terraços e canais assoados e os materiais relíquias que ornamentam as margens continentais.

A última transgressão teria sido a mais lenta, permitindo o desenvolvimento de uma ampla superfície de erosão, relativamente rasa, que deu origem à atual plataforma de Alagoas - Sergipe. Os vários terraços que constituem a rutura múltipla da plataforma sugerem que as regressões e transgressões pleistocênicas foram de curta duração.

Com o levantamento do nível do mar, a única contribuição terrígena atual que chega à plataforma é o material péltico transportado pelos rios, especialmente o São Francisco. Não mais se verifica transporte de areia pelos rios e o material proveniente da erosão costeira permanece na zona litorânea. Nos últimos anos, a erosão nessa zona está se tornando mais intensa, evidenciada pelo ataque às praias e pelo afogamento dos estuários.

Devido à falta de uma sedimentação terrígena importante e existência de condições hidrológicas favoráveis, a principal fonte de sedimentos modernos para a plataforma Alagoas-Sergipe é o material de origem carbonática. Os sedimentos carbonáticos mais profundos foram depositados durante os baixos níveis do mar, permanecendo descobertos até que as lamias modernas comesçassem a cobrir

os depósitos da plataforma externa, em consequência do aumento da profundidade.

Foram reconhecidos três períodos de estabilidade do nível do mar na plataforma Alagoas-Sergipe.

- a) O nível mais profundo, correspondendo ao terraço de 90-95 m, representando o nível do mar mais baixo, atualmente recoberto por areia e cascalho biodetrítico, além de uma certa porcentagem de areia quartzosa relíquia. Esse nível seria correlacionável com o encontrado por Santos (1972) a 100-110 m para a plataforma norte brasileira, considerando-se um levantamento da margem continental da área, como foi sugerido por Summerhayes *et al.* (1976).

A datação de oólitos, encontrados por Milliman & Barreto (1975) a 100-110 m de profundidade, associados a moluscos da zona intertidal (Santos, 1972), coloca esse nível em torno de 14.000 anos BP.

- b) O nível médio de 60 m, associado à faixa de biodetritos, desenvolvida em condições de fraca drenagem continental e clima árido, favoreceu a grande sedimentação carbonática biogênica tão característica da área. A superfície apresenta, igualmente, feições de uma topografia litorânea e relíquia, em condição de nível do mar mais baixo que o atual.

Vicalvi *et al.* (1978) dataram conchas de moluscos de um testemunho coletado na Depressão de Abrolhos, revelando uma idade de 10.620 ± 300 anos BP.

Segundo os mesmos autores, o desenvolvimento das condições costeiras da Depressão de Abrolhos, aproximadamente há 11.000 anos, sugere uma parada do nível do mar em torno da atual isóbata de 60 m. Esse terraço de 60 m é muito característico da área e coincide, aproximadamente, com a rutura da plataforma.

- c) Finalmente, o nível superior, com

profundidade inferior a 40 m, corresponde à zona de maior influência da sedimentação carbonática. Apresenta uma superfície erosiva muito desenvolvida, particularmente visível ao norte do rio São Francisco.

SUMMARY

English title: Sedimentation on the continental shelf off Alagoas - Sergipe States, Brazil.

The continental shelf off Alagoas - Sergipe States is narrow and shallow, with a predominance of carbonatic biogenic sediments. The only exception is the influence area of São Francisco river where the sediments reach a delta cuspid form.

To the north of the São Francisco river the shelf is covered by coarse carbonate sediments with isolated spots of fine material, whereas to the south of the river, between the zone of recent contribution and the relict zone, a mixture of sand and mud takes place.

The important carbonate production of this area, represented by the enormous spreading and homogeneity of calcareous algae, could be responsible for the reduction of the water oversaturation in calcium carbonate, due to its fixation by organisms, preventing a non-skeletal precipitation.

Another outstanding feature of the skeletal sedimentation in this area is the little amount of corals in the sediments, compared to the great algae production of the branched coralines, and the *Hali-medea* are the most common organisms in the zone of carbonatic sedimentation. A low rate of terrigenous sedimentation and the stability of favourable ecological conditions are the factors responsible for the development of such organisms.

The terrigenous fraction occurs in great scale on the coastal zone and influence areas of rivers. There is a predominance of subarkose sands, and only to

the north of Maceió Town orthoquartzitic sands occur. Among the clay minerals, attention is drawn to the high content of kaolinite in relation to the small amount of montmorillonite, and the illitic character of the São Francisco river's sediments.

Outstanding features of variations in the sea levels are made evident through the existence of several terraces, silted-up channels and relict material found on the continental shelf.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adey, W. H. & D. L. McKibbin — 1970 — Studies on the maerl species *Phymatolithon calcareum* (Pallas) nov. comb. and *Lithothamnium coralloides* Crouan in the ria de Vigo. *Bot. Mar.*, Berlin, 13 (2): 100 — 106.
- Bacoccoli, G — 1971 — Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: uma tentativa de classificação. *Bol. Téc. PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, 14 (1/2): 5 — 38.
- Bathurst, R. G. C. — 1967 — Oolitic films on low energy carbonate sand grains, Bimini Lagoon, Bahamas. *Mar. Geol.*, Amsterdam, 5 : 89 — 109.
- Boillot, G. — 1961 — La répartition des sédiments en Baie de Morlaix et en Baie de Seine. *Cah. Biol. Mar.*, Roscoff, 2 (1): 53 — 66.
- Bosense, D. W. J. — 1976 — Ecological studies on two unattached coralline algae from Western Ireland. *Paleontology*, London, 19 : 365 — 395.
- Boyer, P. R. — 1969 — *Structure of the continental margins of Brazil, Natal to Rio de Janeiro*. Thesis, University of Illinois, 93 pp., Urbana.
- Cabioch, J. — 1969 — Les fonds de maerl de la baie de Morlaix et leur peuplement végétal. *Cah. Biol. Mar.*, Roscoff, 10: 139 — 161.
- Cabioch, J. — 1970 — Le maerl des côtes de Bretagne et le problème de sa survie. *Pen ar Bed*, Brest, 7 (63): 421 — 429.
- Calet, J. P. — 1972 — Recent biogenic calcareous sedimentation on the Algerian continental shelf, pp. 261 — 277, in Stanley, D. J. (Ed.), *The Mediterranean sea : a natural sedimentation laboratory*. Dowden, Hutchinson and Ross.
- Coleman, J. M. & L. D. Wright — 1972 — Delta morphology in relation to the discharge/wave power climate. *An. XXVI Congr. Bras. Geol.*, Belém, 2: 145 — 156.
- Colinvaux, L. H.; K. M. Wilbur & N. Watabe — 1965 — Tropical marine algae: growth in laboratory culture. *J. Phycol.* London, 1: 69 — 78.
- Coutinho, P. N. — 1970 — Sedimentation at the mouth of the São Francisco River (Brazil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe.*, Recife, 9/11 : 41 — 50.
- Coutinho, P. N. — 1979 — Geoquímica dos sedimentos superficiais da plataforma continental Alagoas-Sergipe. *Anais Hidrogr.*, Rio de Janeiro, 36: 117 — 130.
- Coutinho, P. N. & J. O. Morais — 1970 — Distribución de los sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste del Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, 10 (1) : 79 — 90.
- Emery, K. O. — 1968 — Relict sediments on continental shelves of world. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, 52 (3): 445 — 464.
- Folk, R. L. & R. Robles — 1964 — Carbonate sand of Isla Perez, Alacran reef complex, Yucatan. *J. Geol.*, Chicago, 72: 255 — 292.
- França, A. M. C.; P. N. Coutinho & C. P. Summerhayes — 1976 — Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. *Rev. Bras. Geociên.*, São Paulo, 6: 71 — 88.
- Ginsburg, R. N.; R. M. Lloyd; K. W. Stockman & J. S. McCallum — 1963 — Shallow-water carbonate sediments, pp. 554 — 582, in Hill, M. N. (Ed.), *The sea*. John Wiley & Sons, 963 pp., New York.
- Goreau, T. F. — 1963 — Calcium carbonate deposition by coralline algae and corals in relation to their roles as reef builders. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, New York, 109 : 127 — 167.
- Guilcher, A. — 1955 — *Résultats scientifiques des campagnes de la "Calypso" I*. Campagne en Mer Rouge (1951 — 1952). Masson et Cie., Paris.
- Illing, L. V. — 1954 — Bahaman calcareous sands. *Am. Assoc. Petrol. Geol.*, Tulsa, 38: 1 — 95.
- Jacquotte, R. — 1962 — Étude des fonds de maerl en Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume*, Marseille, 26 (41): 141 — 236.
- Johansen, H. W. — 1974 — Articulated coralline algae, in Barnes, H. (Ed.), *Oceanogr. Mar Biol. Ann. Rev.*, London, 12 : 77 — 127.
- Johnson, J. H. — 1961 — Limestone-building algae and algae limestones. *Quart. Colo. School Mines*, Denver, 297 pp.
- Kempf, M. — 1970a — Nota preliminar sobre os fundos costeiros da região de Itamaracá (norte do Estado de Pernambuco, Brasil).

- Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 9/11*: 95 – 110.
- Kempf, M. – 1970b – Notes on the benthic biomy of the N-NE Brazilian shelf. *Mar. Biol., Berlin, 5*: 213 – 224.
- Kempf, M. – 1972 – Shelf off Alagoas and Sergipe (northeastern Brazil). 5. Station list and notes on benthic biomy. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 13*: 7 – 28.
- Kempf, M. – 1974 – Perspectives d'exploitation des fonds de maerl du plateau continental du NE du Brésil. *II Coll. Inter. Explot. Océans, Bordeaux, 2*: 1 – 17.
- Kempf, M.; J. M. Mabesoone & I. M. Tinoco – 1970 – Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 9/11*: 125 – 148.
- Koldewijn, B. W. – 1958 – Sediments of the Paria – Trinidad shelf. *Rep. Orinoco Shelf Exped., Den Haag, 3*: 109 pp.
- Koldijk, W. S. – 1968 – *Bottom sediments of the ria de Arosa (Galicia, NW Spain)*. Thesis, University of Leiden, 134 pp., Leiden.
- Kuenen, Ph. H. – 1950 – *Marine geology*. John Wiley & Sons Inc., 568 pp., New York.
- Laborel, J. L. – 1967 – *Les peuplements madréporaires des côtes tropical du Brésil*. Thèse Ao 1856, Faculté de Sciences, 313 pp., Marseille.
- Leão, Z.M.A.N.; M.T.G.M. Ferreira & T. M. F. Araújo – 1982 – Sedimentologia e estruturas biogênicas do recife de franja da ilha de Itamaracá – Bahia *An. XXXII Congr. Bras. Geol., Salvador, 3*: 263 – 299.
- Lee, A. – 1975 – Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation. *Mar. Geol., Amsterdam, 19 (3)*: 159 – 198.
- Lemoine, P. – 1940 – Les algues calcaires de la zone neritique. *In Contribution à l'étude de la repartition actuelle et passée des organismes dans la zone neritique. Mem. Soc. Biogeogr., Paris, 7*: 75 – 138.
- Mabesoone, J. M. & P. N. Coutinho – 1970 – Littoral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 12*: 1 – 214.
- Mabesoone, J. M. & M. I. Tinoco – 1967 – Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil). 2. Geology. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 7/8*: 151 – 186.
- Mabesoone, J. M.; M. Kempf & P. N. Coutinho – 1972 – Characterization of surface sediments on the northern and eastern Brazilian shelf. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 13*: 41 – 48.
- Melo, U.; C. P. Summerhayes & J. P. Ellis – 1975 – Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part IV – Salvador to Vitória. *Contr. Sedimentol., Stuttgart, 4*: 78 – 116.
- Milliman, J. D. – 1967 – Carbonate sedimentation on Hogsty Reef, a Bahamian atoll. *J. Sed. Petrol., Tulsa, 37*: 658 – 676.
- Milliman, J. D. – 1969 – Carbonate sedimentation on four Southwestern Caribbean atolls and its relation to the "oolite problem". *Trans. Gulf Coast Assoc. Geolog. Soc., 19*: 195 – 206.
- Milliman, J. D. – 1974 – *Marine carbonates*. Springer-Verlag, 375 pp., New York.
- Milliman, J. D. – 1975 – Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part 6 – A synthesis. *Contr. Sedimentol., Stuttgart, 4*: 151 – 175.
- Milliman, J. D. – 1977 – Role of calcareous algae in Atlantic continental margin sedimentation, pp. 232 – 246, in Flügel, E. (Ed.), *Fossil algae, recent results and developments*. Springer-Verlag, New York.
- Milliman, J. D. & H. T. Barreto – 1975 – Relict magnesian calcite oolite on the Amazon shelf. *Sedimentology, Amsterdam, 22*: 137 – 145.
- Newell, N. D.; E. G. Purdy & J. Imbrie – 1960 – Bahamian oolitic sand. *J. Geol., Chicago, 68*: 481 – 497.
- Ojeda, H. A. & D. L. Bisol – 1971 – Integração geológica regional da extensão submarina da bacia sedimentar de Sergipe/Alagoas. *An. XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo, 3*: 215 – 225.
- Pearse, V. B. – 1972 – Radioisotopic study of calcification in the articulated coralline alga *Bosiella orbigniana*. *J. Phycol. London, 8*: 88 – 97.
- Pérès, J. M. & J. Picard – 1964 – Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Marseille, 31 (47)*: 5 – 137.
- Santos, M.E.C.M. – 1972 – Paleogeografia do Quaternário Superior na plataforma continental norte brasileira. *XXVI Congr. Bras. Geol., Belém, 2*: 267 – 288.
- Summerhayes, C. P.; P. N. Coutinho; A.M.C. França & J. P. Ellis – 1975 – Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part 3 – Salvador to Fortaleza, northeastern Brazil. *Contr. Sedimentol., Stuttgart, 4*: 44 – 78.
- Summerhayes, C. P.; R. Fainstein & J. P. Ellis – 1976 – Continental margin off Sergipe and Alagoas, northeastern Brazil: a reconaissance

ce geophysical study of morphology and structure. *Mar. Geol.*, Amsterdam, 20 : 345 – 361.

Vicalvi, M. A.; M. P. A. Costa & R. O. Kowsmann – 1978 – Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna holocênica na plataforma continental leste brasileira. *Bol. Téc. PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, 19 (3): 157 – 162.

Vinogradov, A. P. – 1953 – The elementary chemical composition of marine organisms. *Sears Found. Mar. Res., Mem. II*, 647 pp.

Wiman, S. K. & W. G. McKendree – 1975 – Distribution of *Halimeda* plants and sedi-

ments on and around a patch reef near Old Rhodes Key, Florida. *J. Sed. Petrol.*, Washington, 45 (2) : 415 – 421.

Zembruscki, S. G. & A. M. C. França – 1976 – Mapas batimétricos da margem continental brasileira. *Mem. Central Tec. CENPES-DINTEP*: 8 pp.

Zembruscki, S. G.; H. T. Barreto; J. C. Palma & J. D. Milliman – 1972 – Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. *An. XXVI Congr. Bras. Geol.*, Belém, 2 : 187 – 209.