PALEOLINHAS DE COSTA NA PLATAFORMA CONTINENTAL DAS REGIÕES SUL E NORTE BRASILEIRA

RENATO OSCAR KOWSMANN* e MÁRCIO PAULO DE ATAÍDE COSTA*

ABSTRACT An analysis of surface sediments on the broad northern southern Brazilian shelf has revealed the presence of three zones rich in terrigenous sand sized material. These coarse components were deposited during regressions and were sorted during following transgressions. Thus, they are markers of sealevel stillstands that interrupted the late Quaternary eustatic fluctuations.

The outer zone is located along the 170 m depth contour, the intermediate zone along the 100-110 m contour, and the inner zone extends from the 60 m contour line to the shore.

Two age interpretations are given for the two outer zones. One calls for a rate of subsidence of 3 m/1,000 years for the basins due to sediment loading or compaction, to explain the difference observed between the -170 m zone and the -130 m sealevel average for the beginning of the Holocene transgression 18,000 years ago. In this case, the sea would reach the -110 m level at 16,000 years BP.

An alternate hypothesis places the -170 m sealevel at the beginning of the Mid-Wisconsin transgression 40,000 years ago, and the -110 m sealevel at 18,000 years BP. Evidence favoring subsidence is more convincing, but C_{14} dates determinations are needed to resolve the issue.

The innermost zone in the Amazon area is predominantly modern and derives from river discharge. The corresponding zone in the south is of relict nature and is presently being reworked.

INTRODUÇÃO Em quase todas as plataformas continentais estudadas têm sido verificados indícios de oscilações do nível do mar durante o Quaternário (Curry 1969). Na plataforma continental brasileira, patamares erosionais (Gorini, com. verbal), faixas arenosas em desequilíbrio com o ambiente atual de deposição (Zembruski *et al.*, 1971; Martins *et al.*, 1972) e faunas litorâneas encontradas em profundidade (Santos, 1972) indicam uma semelhança histórica de variação eustática durante o Quaternário.

A transgressão flandriana, iniciada no Holoceno, há 18 000 anos, não se processou de maneira contínua, sendo interrompida por inúmeras regressões pequenas (Fairbridge, 1960, Curry, 1961). Outra fase de transgressão, anterior à Flandriana, começou durante o Wisconsiniano médio, há 40 000 anos (Curry, 1965). Durante as fases regressivas, a zona anteriormente afogada passou a receber sedimentos clásticos. Com a reativação da fase transgressiva, esses clásticos foram retrabalhados e selecionados, resultando maior concentração de terrígenos grosseiros no nível de maior energia, ou seja, na zona litorânea da época (Curry, 1964).

Baseados nesse princípio, van Andel *et al.* (1967) mapearam as zonas de concentração de quartzo (20 a 80% da fração arenosa) na plataforma de Sahul, mar de Timor, observando que as mesmas se situavam a profundidades correspondentes aos níveis de regressão seguida de transgressão (níveis de mar estacionários), do Holoceno, estabelecidos por Curry (1961).

No presente trabalho, utilizamos unicamente a percentagem de componentes terrígenos na fração grosseira (62) — percentagem determinada em amostras recolhidas por várias expedições à plataforma continental norte e sul brasileira — para delinear os níveis de permanência da linha da costa durante o Quaternário (Fig. 1). Justifica-se esse proce-

*Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais — Projeto Remac, Convênio Petrobrás, CPRM, DNPM, DHN do MM e CNPq — Rio de Janeiro, Guanabara

Figura 1 — Localização das áreas investigadas. Acha-se indicada a isóbata de 200 metros

dimento de apenas se utilizar fração grosseira, a exemplo de van Andel *et al.* (1967), em face da atual deposição de sedimentos finos, provenientes do Rio Amazonas, na área norte (Zembruski *et al.*, 1971) e, em menor escala, do Rio da Prata e Lagoa dos Patos, na Região Sul (Martins *et al.*, 1972), sedimentos que mascaram os depósitos "relictos", pelo menos na plataforma interna e média. Assim, examinamos somente as relações entre a deposição puramente marinha, constituída de sedimentos biogênicos, e a deposição terrígena, retrabalhada durante as estabilizações sucessivas do nível do mar.

MÉTODOS Da Região Norte, foram manipuladas 100 amostras, reunidas pelas operações Geomar I e III, que o navio oceanográfico Almirante Saldanha realizou, e analisadas por Milliman *et al.* (1972), bem como as amostras coletadas durante as comissões Norte-Nordeste II e Pesca Norte, do mesmo navio, e analisadas por Coutinho *et al.* (1972).

A percentagem de terrígenos na fração grosseira (62) foi calculada levando-se em conta que, conforme as tabelas de Coutinho *et al.* (1972), na maior parte dos casos, a fração de carbonato fino (62) é desprezível na Região Norte; por isso, resolveu-se atribuir unicamente à fração grosseira os valores de CaCO_3 determinados por Milliman *et al.* (1972) para o total da amostra.

Da Região Sul, foram manipuladas 92 amostras coletadas pela Operação Geomar VI e pelo cruzeiro Águas Rasas — tratos 1 e 2 — do Projeto Remac. Como as análises dessas amostras ainda se encontram em andamento, consultou-se apenas a descrição de bordo, obtida por meio de inspeção com lupa binocular. O padrão resultante das descrições de bordo, em diferentes expedições, foi tão coincidente, que achamos tais descrições suficientemente fidedignas para os propósitos aqui enunciados. A fração carbonática na Região Sul restringe-se, praticamente, à fração grosseira (Martins *et al.*, 1972; Kowsmann, 1973), como ocorre na região norte.

Neste trabalho, não entraram em consideração amostras com fração grosseira desprezível em relação à fração fina, por apresentarem estatística duvidosa quando se recalcula a soma dos componentes da fração grosseira para 100% da amostra.

Figura 2 — Curvas dos máximos e das médias. Plataforma continental, Região Sul

Representação gráfica Construíram-se dois gráficos — um para a Região Norte e outro para a Região Sul — dos valores de percentual de terrígenos na fração grosseira das amostras *versus* os valores das profundidades na plataforma de onde provieram as amostras correspondentes. Traçou-se, então, uma curva através dos valores máximos de percentual terrígeno na fração grosseira [Figs. 2 (A) e 3 (A)].

A fim de averiguar se a curva baseada nos pontos máximos possuía validade estatística, calculou-se também a média ponderada de todos os valores anotados nos gráficos, em intervalos de 10 m de profundidade, traçando-se em seguida uma curva através das médias [Figs. 2 (B) e 3 (B)]. Daí resultou a constatação de que tanto para a plataforma norte como para a plataforma sul existe correspondência marcante entre as curvas máximas e as médias. Assim, baseamos a nossa interpretação nas curvas máximas, dado o interesse de realçar as zonas de máxima concentração de grosseiros terrígenos. No entanto as nossas conclusões não se alterarão se fizermos passar as curvas pelos pontos médios de percentual terrígeno na fração grosseira.

Figura 3 — Curvas dos máximos e das médias ponderadas. Plataforma continental, Região Norte

DISCUSSÃO Região Sul Na Fig. 2(A) estão assinaladas três zonas ricas em componente terrígeno na fração grosseira: a primeira zona se estende desde a região praiana até a isóbata de 60 m; a segunda zona se restringe a um pico cujo centro coincide com a isóbata de 105 m; a terceira zona também se limita a um pico cujo centro se situa na isóbata de 170 m. Entre os picos de concentração máxima ocorrem duas depressões de baixo teor em terrígenos nos grosseiros: uma menor, a 85 m, e uma bem acentuada, a 140 m.

Villwock (1972) estudou amplamente as oscilações eustáticas verificadas na planície costeira sul-rio-grandense. Infelizmente, os estudos de Villwock limitam-se ao Holoceno Superior (desde 6000 anos para cá), numa faixa de profundidade que somente alcança a isóbata de 3 m, em relação ao presente nível do mar. Nesse caso, os dados fornecidos por aqueles estudos, embora de alta resolução, ficam restritos à parte mais rasa do nosso gráfico.

As zonas de quartzo na plataforma de Sahul (van Andel *et al.*, 1967) acham-se compreendidas em profundidades inferiores a 60 m e estariam englobadas dentro da nossa primeira faixa (mais interna) de alta percentagem de componentes terrígenos na fração grosseira.

Atualmente não há deposição na plataforma continental interna da Região Sul, exceto nas áreas de influência do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos (Martins *et al.*, 1972). A zona rica em terrígenos na fração grosseira, delimitada entre a costa e a isóbata de 60 m, é, portanto, considerada *palimpsest*, ou seja, área *relict*a que está sofrendo retrabalhamento presente (Swift *et al.*, 1971).

Região Norte No gráfico pertinente à área norte [Fig. 3 (A)] estão representadas, em linhas gerais, três regiões de alto teor de terrígenos na fração grosseira: a primeira região se prolonga desde a isóbata de 15 m (não há dados para maior proximidade da costa) até a isóbata de 50 m; a segunda região possui um pico duplo, de alto teor, correspondente às isóbatas de 90 e 110 m; a terceira é evidenciada por um pico de alto teor a 170 m de profundidade. Revelando áreas de baixo teor em terrígenos na fração grosseira, há um perfil pouco pronunciado, com centros localizados a 70 m e a 140 m de profundidade.

A primeira zona rica em terrígenos, situada entre a costa e a isóbata de 50 m, é oriunda da deposição de sedimentos do Rio Amazonas, ainda hoje ativa (Zembruski *et al.*, 1971; Figueiredo *et al.*, 1972).

Santos (1972), estudando as amostras das Operações Geomar I, II e III, encontrou, na área noroeste, uma faixa de depósitos de caráter praiano, restrita entre as isóbatas de 100 e 110 m, constituída de areias quartzosas grossas, com seixos quartzosos, angulosos, pigmentados por óxido de ferro. Associada a esses sedimentos descobriu-se uma fauna de caráter intermaré. Esse nível é facilmente correlacionável à segunda zona de terrígenos grosseiros localizada pelo presente trabalho a profundidades entre 90 e 110 m.

Santos (1972) verificou, ainda, na parte noroeste da plataforma continental, a presença de seixos grandes a muito pequenos de arenito quartzoso micáceo, siltito ferruginoso e areia grossa a média, entre as isóbatas de 170 e 190 m, coincidindo, pois, com a terceira zona (a mais externa) de alto teor em terrígenos na fração grosseira.

Comparação entre as regiões Norte e Sul O gráfico de componente terrígeno na fração grosseira *versus* profundidade, na Região Sul [Fig. 2 (A)], é muito mais acentuado, de maneira geral, do que o gráfico correspondente à Região Norte [Fig. 3 (A)]. O fato não chega a surpreender quando se leva em conta o fornecimento diverso de sedimentos entre as duas regiões: ainda hoje o Rio Amazonas contribui com sedimentos para a plataforma continental norte, o que implica menor tempo de retrabalhamento (maior suavidade do gráfico) em relação aos sedimentos da Região Sul, que deixaram de ser depositados após o Pleistoceno.

Figura 4 — Comparação entre as curvas dos máximos. Plataforma continental, regiões Sul e Norte

Uma correlação entre os picos e depressões dos gráficos de máximo teor em terrígenos na fração grossa, pertinentes às regiões Norte e Sul (Fig. 4), revela concordância geral entre as duas áreas, com ligeira defasagem dos centros dos picos e depressões da área sul, para maiores profundidades, na plataforma interna e na média.

Pode-se explicar essa defasagem por via da natureza do fornecimento terrígeno associado ao fornecimento biogênico. O fornecimento terrígeno à área norte, embora muito mais volumoso do que à região sul, é constituído predominantemente de sedimentos finos. A deposição de terrígenos finos (que não está expressa diretamente no gráfico) não exclui a precipitação concomitante de sedimentos biogênicos, que teriam o efeito de deprimir a curva do gráfico. A deposição terrígena grossa é restrita aos canais próximos à costa, o que reforça essa depressão da curva na região externa à isóbata de 50 m.

Idade de formação dos níveis médio (–110 m) e externo (–170 m) O nível médio do mar, no início da transgressão flandriana, é estabelecido por vários autores a 130 m de profundidade (Curry, 1965; Milliman e Emery, 1968). Fairbridge (1960) situa-o, por sua vez, à profundidade de 100 m. Esse nível batimétrico está relativamente próximo do nível por nós detectado à profundidade de 110 m, mas é extremamente distante daquele detectado a 170 m, a não ser que se admita uma subsidência mínima de 40 m da plataforma norte e sul durante os últimos 18 000 anos. Isso resultará em uma razão de 3 m de subsidência em 1 000 anos, valor vizinho ao de 3 m em 800 anos constatado por Shepard (1960) para as adjacências do delta do Rio Mississipi. O nosso cálculo de subsidência remontou somente a 12 000 anos, já que o nível do mar de hoje permanece praticamente estacionário (faz 6 000 anos). No caso de admitirmos a hipótese de subsidência, o nível do mar estaria a 170 m abaixo do atual, há 18 000 anos, e teria atingido o nível de 110 m, pertencente ao segundo pico de alto teor em terrígenos, há 16 000 anos [Fig. 5 (A)]. A essa época corresponde a primeira estabilização do nível do mar dentro da transgressão flandriana (Curry, 1965).

Por outro lado, Curry (1965) sugeriu que o mar, durante o início da transgressão do Wisconsiniano médio, estava próximo à isóbata de 145 m. Com as imprecisões do registro pleistocênico, essa profundidade não ficaria tão distante do terceiro pico de alto teor em terrígenos, a 170 m de profundidade. Dataríamos, assim, esse nível em 40 000 anos, associando ao nível de 110 m a idade do início da transgressão flandriana, ou seja, 18 000

Figura 5 — Índícios de flutuações quaternárias do nível do mar ajustadas à curva de Curray (1965) anos [Fig. 5 (B)]. Logicamente, não podemos excluir, nessa última hipótese, a possibilidade de pequena subsidência concomitante.

Santos (1972) propôs uma idade pleistocênica para o patamar erosional localizado a 180 m de profundidade na região adjacente ao Rio Amazonas, com base na aparência "relicta" da fauna associada.

Jost (1971) mapeou formações pleistocênicas aflorantes e em subsuperfície, na planície costeira sul-rio-grandense, e constatou que elas se estendem à plataforma continental.

Somente através da datação por carbono 14 poder-se-á distinguir a relativa predominância entre o fator subsidência e o fator idade dos depósitos.

CONCLUSÕES Na plataforma sul brasileira existem três zonas ricas em componente terrígeno na fração grosseira dos sedimentos: a primeira se estende entre a costa e a isóbata de 60 m; a segunda se centraliza na isóbata de 105 m; a terceira é coincidente com a isóbata de 170 m.

Na plataforma norte brasileira se encontram, igualmente, três zonas ricas em componentes terrígenos na fração grosseira dos sedimentos: a primeira se desenvolve entre a costa e a isóbata de 50 m; a segunda é expressa por um pico duplo, com um pico predominante localizado a 90 m e um pico menor localizado a 110 m; o terceiro pico está localizado na região da isóbata de 170 m.

Essas três zonas são, em geral, coincidentes nas regiões norte e sul da plataforma brasileira.

A origem das duas zonas mais externas (170 m e 110 m) está relacionada ao retrabalhamento, durante a transgressão subsequente, de sedimentos terrígenos depositados em fase de regressão. Na hipótese de ter havido subsidência na razão de 3 m em 1 000 anos,

durante os últimos 18 000 anos, atribuiríamos essa idade ao nível de 170 m, e 16 000 anos ao nível de 110 m. Com menor razão de subsidência, dataríamos como pleistocênico o nível de 170 m, e em 18 000 anos o nível de 110 m.

A zona interna de alta concentração em terrígenos na fração grosseira, que se estende desde a isóbata de 55 m até a atual linha da costa, é geneticamente distinta para as áreas norte e sul estudadas: na área norte, ela representa o fornecimento de terrígenos que ainda hoje persiste e que provém do Rio Amazonas; na área sul, representa o retrabalhamento de sedimentos "relictos", durante a transgressão flandriana.

A defasagem dos picos na plataforma interna e na média, entre as áreas norte e sul, reflete uma restrição de sedimentos terrígenos grosseiros à foz do Rio Amazonas, não obstante o maior fornecimento de terrígenos que se produz na área. A deposição de sedimentos biogênicos concomitantes com os terrígenos finos reforça a restrição da zona terrígena grosseira próxima à costa na plataforma norte, em relação à zona correspondente da plataforma sul.

BIBLIOGRAFIA

- van ANDEL, Tj. H., ROSS HEATH G., MOORE T. C. e McGEARY, D. F. R. — 1967 — Late Quaternary history, climate and oceanography of the Timor Sea, NW Australia. *Amer. Jour. of Science*, **265**: pp. 737-758
- COUTINHO, P. N. e KEMPF, M. — 1972 — Plataforma continental do norte, nordeste e leste do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos, Laboratório de Ciências do Mar, Universidade Federal de Pernambuco*, **13**: pp. 29-40
- CURRAY, J. R. — 1961 — Late Quaternary sea level: A discussion. *Geol. Soc. America, Bull.*, **72**: pp. 1 707-1 712
- CURRAY, J. R. — 1964 — Transgressions and regressions. *Papers in Marine Geology, Shepard Commemorative Volume*, R. Miller ed. The Macmillan Company, New York, pp. 175-203
- CURRAY, J. R. — 1965 — Late Quaternary History, Continental Shelves Of The United States, in *The Quaternary of the United States*. Wright & Frey eds., Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press, pp. 723-735
- FAIRBRIDGE, R. W. — 1961 — Eustatic Changes In Sea Level, in *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 4, pp. 99-185
- FIGUEIREDO JR., A. G., GAMBOA, L. A. P., GORINI, M. A., ALVES, E. A. — 1972 — Natureza da sedimentação atual do Rio Amazonas; testemunhos e geomorfologia submarina. 1.º Simpósio de Oceanografia e Geologia Marinha, XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 2, pp. 51-56
- GORINI, M. A. — Observações geológicas na Comissão Leste I, do Navio Oceanográfico Almirante Saldanha (inédito)
- JOST, H. — 1971 — O Quaternário da região norte da planície costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Tese de Mestrado, Instituto de Geociências da UFRGS, 80 pp. (inédito)
- KOWSMANN, R. O. — 1973 — Operação Geomar VI. Relatório de Bordo apresentado à Diretoria de Hidrografia e Navegação, Ministério da Marinha (inédito)
- MARTINS, L. R., MELO, U. FRANÇA, A. M. C., SANTANA, C. I. e MARTINS, I. R. — 1972 — Distribuição faciológica da margem continental sul-riograndense. 1.º Simpósio de Oceanografia e Geologia Marinha, XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 2, pp. 115-132
- MILLIMAN, J. D. e EMERY, K. O. — 1968 — Sea levels during the past 35,000 years. *Science*, **162**: 1121-1123
- MILLIMAN, J. D., BARRETTO, H. T., BARRETO, L. A., COSTA, M. P. de A. e FRANCISCONI, O. — 1972 — Surficial sediments of the Brazilian continental margin. 1.º Simpósio de Oceanografia e Geologia Marinha, XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 2, pp. 29-44

- SANTOS, M. E. C. M. — 1972 — Paleogeografia do Quaternário Superior na plataforma continental norte brasileira. 1.º Simpósio de Oceanografia e Geologia Marinha, XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 2. pp. 267-288
- SHEPARD, F. P. — 1960 — Rise of sea level along northwest Gulf of Mexico; *in* Recent sediments northwest Gulf of Mexico, Shepard, Phleger and van Andel eds. Amer. Assoc. of Petroleum Geologists, pp. 338-344
- SWIFT, D. J. P., STANLEY, D. J. e CURRAY, J. R. — 1971 — Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. Jour. Geology, 79(3): pp. 322-346
- VILLWOCK, J. A. — 1972 — Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, Tese de Mestrado, Instituto de Geociências da UFRGS, 133 pp. (inédito)
- ZEMBRUSCKI, S. G., GORINI, M. A., PALMA, J. J. C. e COSTA, M. P. de A. — 1971 — Fisiografia e distribuição dos sedimentos superficiais da plataforma continental norte brasileira. Bol. Técnico Petrobrás, 14(3/4): 127-155