

ESTUDO DAS FÁCIES CARBONÁTICAS DA BACIA DE BARREIRINHAS, MARANHÃO

Por
ISAO NOGUTI(*)

ABSTRACT

The Barreirinhas Basin presents graben-type tectonism. The sediments are predominantly marine and are of Cretaceous deposition.

Two phases of deposition are discernable in the sedimentary column, and are designated as the Caju Group and the Canarias Group.

The Canarias Group is upper Aptian to upper Albian in age. Accompanying tectonism was violent, with resultant major faulting and thick deposits due to intensive influx of clastic material. A section exceeding 2.500 m in thickness composed of conglomerate, sandstones, siltstones, shales, calcareous shales and limestones is known.

The deposition of the Caju Group begins in Cenomanian and terminates in the Santonian. The associated tectonism was mild, resulting in faults of small throws and a small sedimentary thickness in relation to the time of deposition. Due to organic and chemical activity, the sediments originated within the basin. The principal constituents of the carbonates of this Group are: skeletal (calcareous algae, coral, foraminifera, pelocypod, ostracod, etc.), pisoliths, oolites, pellets and an aphanitic matrix. The carbonates may or may not be dolomitized. In the center of the basin, the carbonates are generally pure and are associated with marls whereas on the flank they generally present sand-clay impurities.

The similarity between lithofacies and biofacies of the Caju Group sediments with the reefs of the Middle East, Captain Reef of Texas and the Faja de Oro reef of México permits the conclusion that bioherms exist in the Barreirinhas Basin.

The wells Barreirinhas, stratigraphic 1, Maranhão and Tutóia, stratigraphic 1, Maranhão are situated in the zone of fore-reef. Sobradinho, stratigraphic 1, Maranhão; Barro Duro, 1, Maranhão and Bom

(*) Publicação autorizada pela Petrobrás.

Gôsto, 1 repetition, Maranhão; may be cited as typical examples of back reef environment.

Seismic and gravity indicate anomalies which might possibly be related to reefing.

SUMÁRIO

A bacia de Barreirinhas apresenta tectonismo tipo graben. Os depósitos são de natureza predominantemente marinha, tendo-se formado durante o Cretáceo.

Nesta bacia podem ser distinguidas duas fases de deposição, que correspondem ao Grupo Caju e ao Grupo Canárias.

O Grupo Canárias depositou-se do Aptiano superior ao Albiano superior. O tectonismo é muito intenso e em consequência os falhamentos possuem grandes rejeitos; havendo formação de espessos depósitos de sedimentos devido a intensa alimentação de material elástico. É conhecida uma seqüência de espessura superior a 2.500 m, constituída de conglomerados, arenitos, siltitos, folhelhos, folhelhos calcíferos e calcários.

O Grupo Caju inicia a deposição do Cenomeniano terminando no Santoniano. O tectonismo é brando, em consequência, os falhamentos têm rejeitos menores, e a espessura de sedimentos é pequena em relação ao tempo gasto para a deposição. Os sedimentos se originam no interior da bacia, devido às atividades orgânicas e químicas. Os principais constituintes dos carbonatos deste grupo são: esqueletos (alga calcária, coral, foraminífera, pelecípoda, ostrácoda, etc.), pisólitos, oólitos, peletes e u'a massa carbonáticas afanítica. Os carbonatos podem apresentar ou não dolomitização. No centro da bacia os carbonatos são geralmente puros e associam-se a margas. Na borda apresentam em geral impurezas areno-argilosas.

A similaridade entre os litofácies e o biofácies dos sedimentos do Grupo Caju, com os recifes do Oriente Médio, Capitan Reef do Texas e Faja de Oro do México, permite concluir que exista bioherme na bacia de Barreirinhas.

Os poços Barreirinhas, estratigráfico nº 1, Maranhão e Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão, situam-se no fore-reef. Como exemplo típico de depósitos de backreef tem-se: Sobradinho, estratigráfico nº 1, Maranhão, Barro Duro nº 1, Maranhão e Bom Gôsto nº 1, repetido, Maranhão.

Em Barreirinhas a sísmica e a gravimetria, constatarem anomalias que possivelmente relacionam-se a recifes.

INTRODUÇÃO

A bacia de Barreirinhas situa-se ao norte do Estado do Maranhão, ocupando uma faixa costeira de 60 km de largura por 250 km de comprimento, numa área de 15.000 km².

Esta bacia foi descoberta no ano de 1959 pela gravimetria. A partir do ano de 1960, iniciaram-se as perfurações, totalizando, atualmente, 8 poços.

A ocorrência de espessas camadas geradoras que atingem ao redor de 3.000 m de espessura, rochas reservatório tanto em carbonatos como em arenitos, estrutura devido a falhamentos, traço estratigráfico e aparecimento de hidrocarbonetos em quase todos os poços, são indícios do provável potencial petrolífero da bacia de Barreirinhas.

O presente trabalho tem como escopo o estudo dos traços estratigráficos associados aos carbonatos da seção superior da bacia.

O estudo das rochas carbonáticas é extremamente complexo, pois, a sua gênese difere dos sedimentos clásticos terrígenos, cuja origem é razoavelmente conhecida, em três pontos principais:

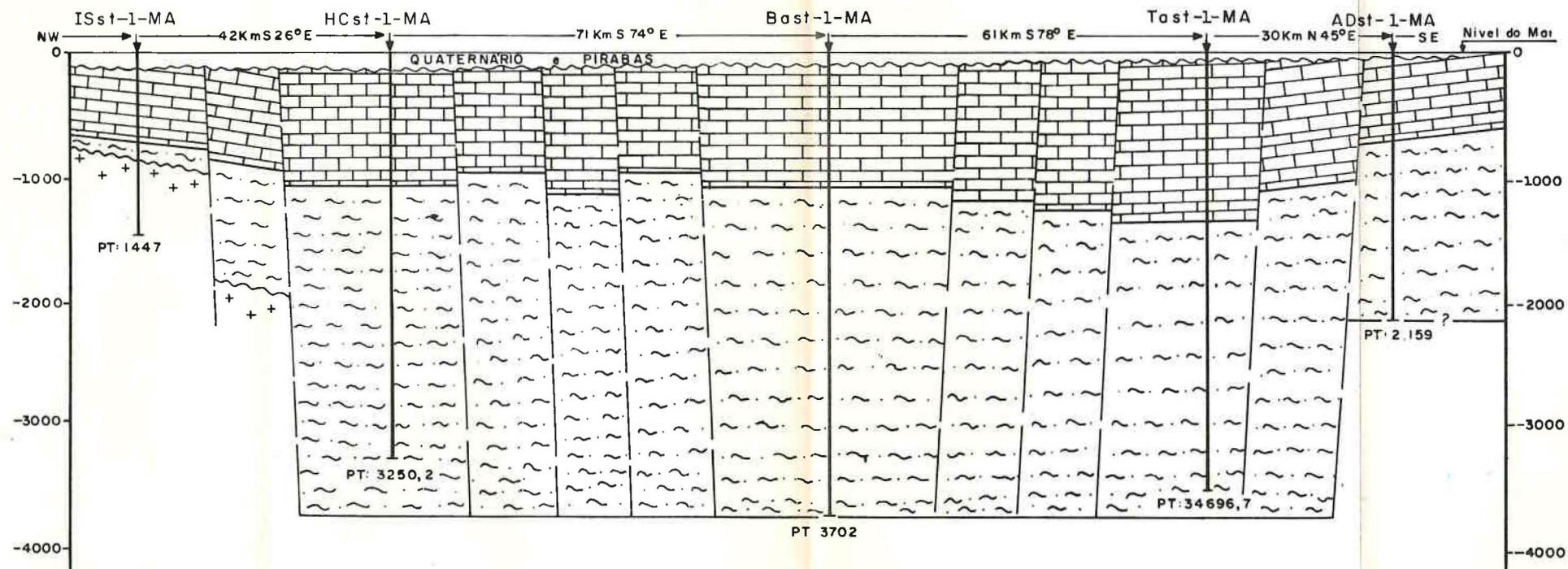
a) Os carbonatos se originam no interior da própria bacia, enquanto que os sedimentos clásticos terrígenos têm a fonte material proveniente do continente.

b) Grande dependência das atividades orgânicas.

Um exame dos carbonatos em geral revela que, os principais elementos que constituem esta rocha são: partículas esqueletais (armações carbonáticas de algas, corais, foraminíferos, etc.), partículas não esqueletais (pisólitos, oólitos e pelétes) e u'a massa carbonática afanítica.

Mesmo as partículas não esqueletais (pisólitos, oólitos), têm a sua gênese fortemente influenciada por atividades orgânicas. Os pelétes são coprólitos de organismos predadores como: vermes, gastrópodes etc.

Por outro lado a massa carbonática afanítica é, muitas vezes, originada a partir de carbonatos grosseiros, por processos diagenéticos, intimamente ligados às atividades de organismos predadores e bactérias.



SIGLA	UNIDADES LITOLÓGICAS	IDADE	LITOLOGIA	GÊNESE dos SEDIMENTOS	TECTONISMO
	GRUPO CAJÚ	Santoniano	Calcário Dolomito	Inter - bacial pelas atividades orgânicas e químicas	Brando
		Cenomaniano	Marga		
	GRUPO CANARIAS	Albiano Superior	Conglomerado, Arenito, Folhelho, Folheira, Calcifero	Extra - bacial pelo transporte de Clas- tos terrigenos do Con- tinente	Intenso
		Aptiano Superior	Siltitô e Calcário		

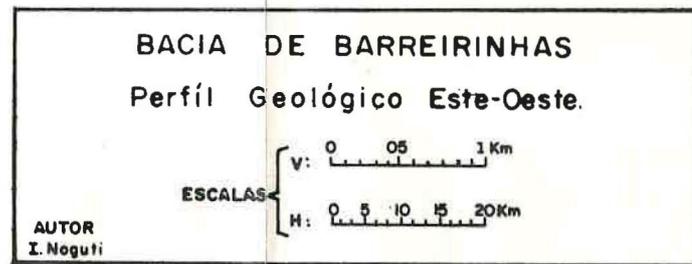


Fig. 2

c) Suscetibilidade a modificações post-deposicionais.

Os principais constituintes dos sedimentos clásticos terígenos são produtos finais do intemperismo e estáveis. Por outro lado, os carbonatos são muito solúveis e desta forma sujeitos a modificações pós deposicionais. As principais são: dissolução, recristalização, substituição, dolomitização e silicificação.

Desta forma, verifica-se a grande dificuldade que existe para o estudo dos carbonatos; mas a ocorrência de cerca de 50% das reservas mundiais de petróleo em carbonatos, a alta produtividade e o grande volume deste tipo de reservatório, têm levado muitas das grandes companhias de petróleo a dar uma grande ênfase na procura de hidrocarbonetos em carbonatos (HAM, 1962, pág. 2 a 20).

GEOLOGIA REGIONAL

A bacia de Barreirinhas formou-se durante o Cretáceo do aptiano superior ao santoniano. Os sedimentos são predominante marinhos e assentam-se discordantemente sobre rochas do Pré-cambriano. Até o presente, apenas na área do poço Sobradinho, estratigráfico nº 1, Maranhão, os depósitos cretáceos estão sobre sedimentos do Paleozóico, da bacia do Maranhão. Sobrepostos ao Cretáceo, ocorrem sedimentos miocênicos da Formação Pirabas.

Existem duas fases de deposição bem distintas durante o cretáceo, que correspondem ao Grupo Caju e ao Grupo Canárias.

Grupo Canárias. — A deposição inicia-se no Aptiano superior e termina no Albiano superior. O tectonismo durante a sedimentação foi muito intenso. Como reflexo da tectônica, tem-se falhamentos com grandes rejeitos e formação de espessos depósitos, devido a intensiva alimentação de material clástico.

A espessura máxima de sedimentos atingida é ao redor de 2.500 m. Trata-se de uma seqüência de conglomerados, arenitos, siltitos, folhelhos, folhelhos calcíferos e calcários. Os

arenitos fechados apresentam, geralmente, cimento carbonático. Nos poços Sobradinho, estratigráfico nº 1, Maranhão e Barro Duro nº 1, Maranhão, encontraram-se arenitos com excelente permo-porosidade, constituindo desta forma, rochas-reservatório de boa qualidade. Os folhelhos, folhelhos calcíferos e calcários constituem boas rochas geradoras. A espessura de sedimentos geradores é estimada em aproximadamente 2.000 m.

Os fósseis-índices encontrados neste grupo são:

Foraminíferos:

Hedbergella planispira (Tappan) — Albiano-Cenomaniano.

Hedbergella planispira (Tappan) — Albiano-Cenomaniano.

Cefalópodes:

Elobiceras sp — Albiano superior.

Oxitropidoceras sp — Albiano inferior.

Grupo Caju. — Este grupo inicia a sua deposição no Cenomaniano e finda no Santoniano.

O tectonismo foi brando e em consequência, os falhamentos possuem pequenos rejeitos e a espessura de sedimentos é pequena em relação ao tempo de deposição.

Enquanto que no grupo Canárias a principal fonte de sedimentos é o continente, no grupo Caju o fenômeno é inverso, isto é, os sedimentos se originam no interior da bacia pelas atividades orgânicas e químicas.

Os principais constituintes dos carbonatos do grupo Caju, são:

a) *Esqueletos*: algas calcárias, corais, pelecípodos, ostrácodos, foraminíferos, etc.

b) *Pisólitos*: Concreções de forma esférica, com mais de 2 mm de diâmetro.

c) *Oólitos*: São de forma esferoidal com menos de 2 mm de diâmetro.

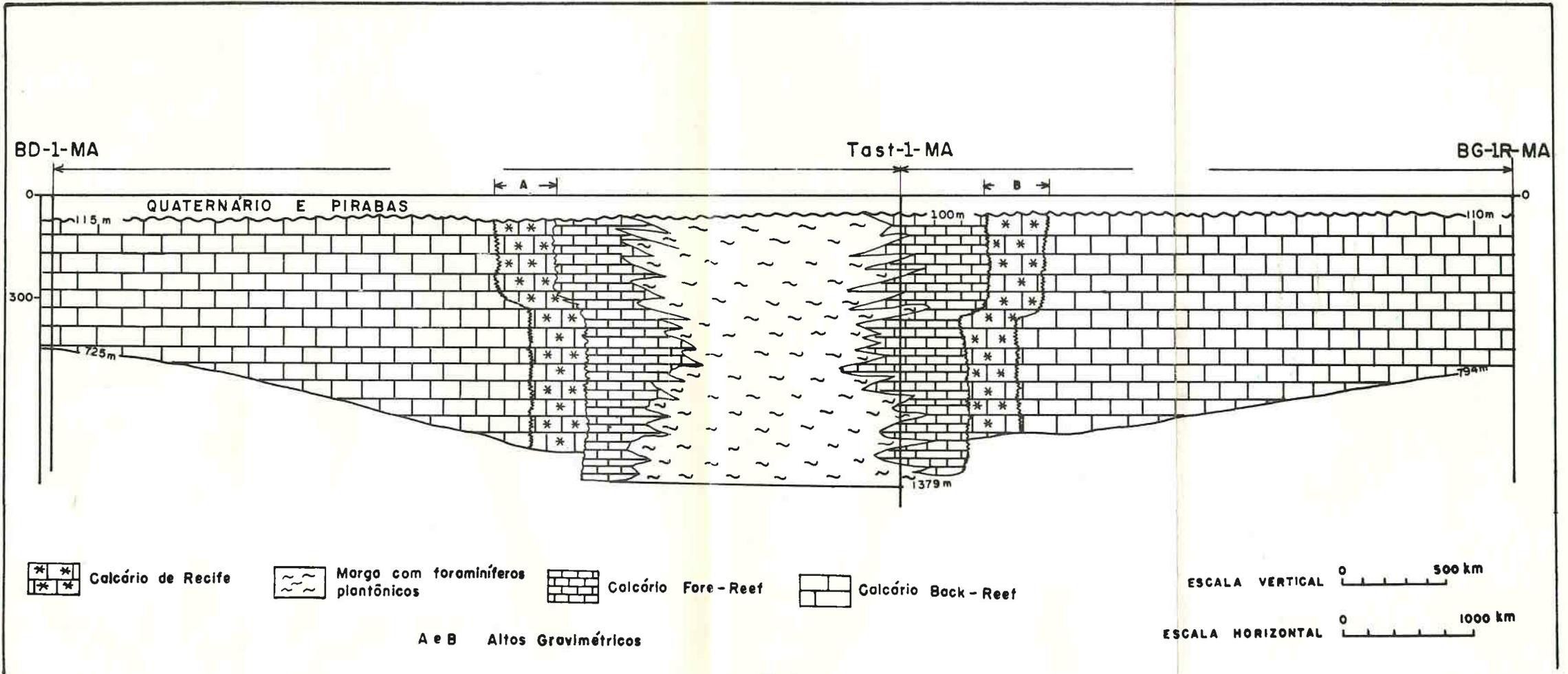


Fig. 3

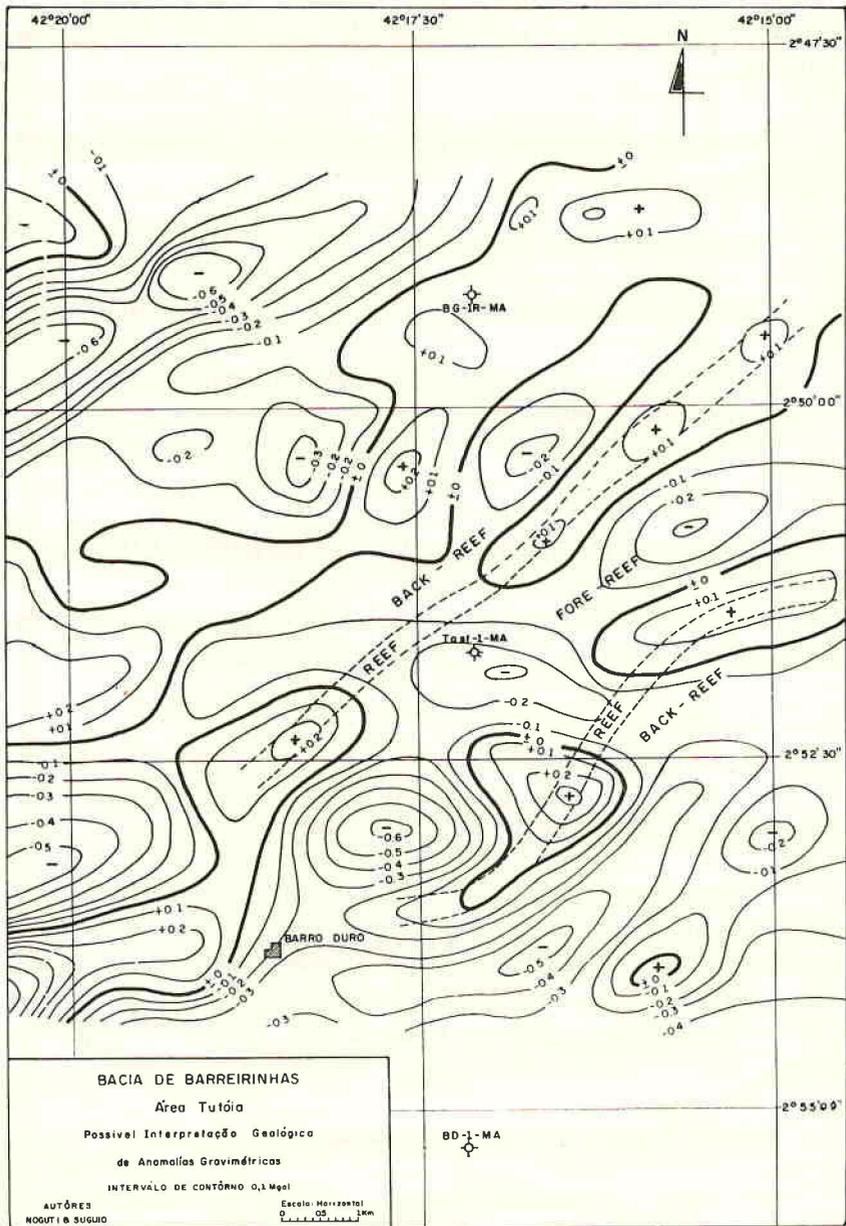


Fig. 4

d) *Pelétes*: Coprólitos de organismos predadores.

c) *Matriz*: São carbonatos de granulação inferior a 0,02 mm.

Em geral são formados pela mistura de 2 ou mais componentes.

Os fósseis-índices dêste grupo são:

Hedbergella delrioensis (Carsey) Cenomaniano-Santoniano.

Hedbergella washitensis (Carsey) Albiano-Cenomaniano.

Hedbergella planispira (Tappan) Albiano-Cenomaniano.

Heterohelix, aff. *H. reussi* (Cushman) Coniaciano —
— Santoniano.

ROCHAS CARBONÁTICAS DO GRUPO CAJU

Origem. — Segundo RODGERS (1957, p. 2-11), existem três tipos principais de depósitos carbonáticos:

a) Vasas profundas;

b) Complexos recifais, e

c) Carbonatos de plataforma continental, onde o complexo recifal forma parte dos depósitos.

O exame do biofácies do grupo Caju, permite excluir a possibilidade de vasa profunda, uma vez que na bacia há o predomínio de formas típicas de mar raso, como algas calcárias e corais. Assim em Barreirinhas recái-se no caso "c" ou "b". Desta forma, pode-se afirmar que existem recifes na área.

Outros fatores que corroboram esta afirmação:

a) Grande similaridade entre o biofácies, dos sedimentos do grupo Caju, com recifes de outras regiões. Em todos, nota-se u'a marcante associação de algas calcárias e corais.

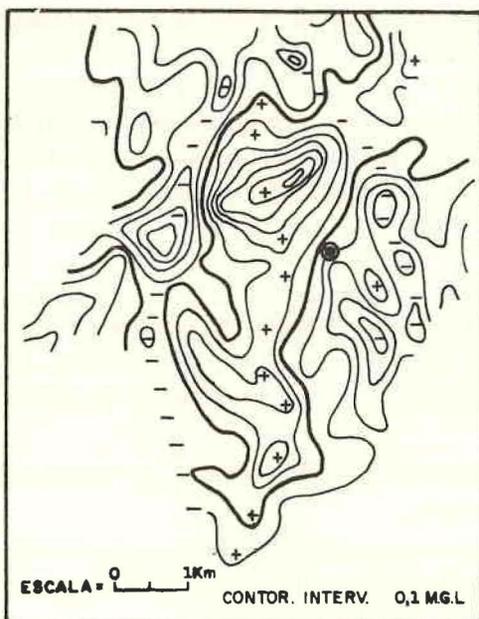


Fig. 5

b) Variação de fácies muito brusca, devido a barreira formada pelo recife. Assim no poço Barro Duro nº 1, Maranhão, no testemunho nº 4 (564,6-567,1 m), tem-se uma associação de siltitos e argilitos com foraminíferos arenáceos, que indicam um ambiente lagunar com alta salinidade. No poço Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão, os depósitos encontrados não indicam ambiente lagunar e não foi encontrada esta associação fossilífera. Além disso, os carbonatos do Barro Duro nº 1, Maranhão, apresentam, geralmente, impurezas clásticas terrígenas, enquanto que os carbonatos do Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão, são geralmente puros.

c) Os sedimentos são originados no interior da própria bacia pelas atividades orgânicas e químicas.

d) Ocorrência de uma assembléia fossilífera mista, com fósseis de mar raso e algas calcárias. O *Archaeolithothamnium sp.* vive a uma profundidade de 7 metros na parede do recife, associados a formas depositadas em águas calmas e profundas (foraminíferos planctônicos). Se os níveis fossem

raros e poucos espessos, esta associação poderia ter diversas explicações, todavia, o aparecimento da associação em intervalos contínuos de centenas de metros (570 a 100 m no Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão e 620 a 250 m no Barreirinhas, estratigráfico nº 1, Maranhão), só pode ser explicado por uma barreira. Como esta barreira é constituída, principalmente, de algas de corais, conclui-se que se trata de um bioherme.

Localização dos recifes. — Em áreas sem afloramentos como a bacia de Barreirinhas, a localização de recifes é muito difícil, sendo necessária a combinação dos dados obtidos de Paleontologia e Sedimentologia, com os da Sísmica e Gravimetria.

Interpretação estratigráfica. — Esta reúne os dados de Sedimentologia e Paleontologia.

Em uma bacia onde ocorre o desenvolvimento de recife, podem ser distinguidas 3 fácies principais: reef, back-reef e fore-reef.

Cada uma destas fácies apresentam características litológicas e paleontológicas bem distintas. As fácies de reef, ainda não foram atingidas pelas perfurações. Contudo, existem abundantes registros de fore-reef e back-reef, nos poços perfurados.

a) *Fácies back-reef.*

Paleontologia. — Em virtude da deposição ser em águas muito rasas e agitadas, o material orgânico é oxidado, havendo o despreendimento de CO₂, que ataca os esqueletos dos organismos. Outros fatores que impedem a preservação dos fósseis são a ação de animais predadores (pelecípodas, gasterópodas, echinodermatas e certas algas).

Em conseqüência destes fenômenos, a assembléia fossilífera é restrita. Os principais fósseis encontrados são: *Trocholina sp.*, ostrácodas, pelecípodas e concreções de algas (pisólitos). Associados aos depósitos lagunares ocorrem foraminíferos arenáceos e restos vegetais.

Sedimentologia. — A sedimentação é controlada por barreiras, que restringem o ambiente, propiciando a formação de depósitos típicos, como oólitos e pisólitos. Os depósitos lagunares são constituídos por argilitos e siltitos com restos vegetais. Em consequência da influência continental, os carbonatos apresentam, geralmente, impurezas areno-argilosas.

Estes sedimentos apresentam uma grande similaridade com as fácies de back-reef do Capitan-reef do Texas e Faja de Oro do México.

Enquadram-se nesta classificação, os poços: Sobradinho, estratigráfico nº 1, Maranhão e Bom Gôsto nº 1, repetido, Maranhão.

b) *Fácies fore-reef.*

Paleontologia. — Ao contrário da zona de back-reef, o registro fóssilífero é muito abundante e diversificado.

É encontrada uma assembléia fóssilífera mista:

1) Depositados em águas rasas e agitadas: corais, algas calcárias (Rodofíceas), pelecípodos, ostrácodes, foraminíferos, etc.

2) Depositados em águas profundas e calmas: globigerinídeos.

Sedimentologia. — Ocorre nesta zona uma associação de margas com carbonatos. Os carbonatos apresentam abundantes detritos do recife, como: esqueletos de corais e algas calcárias. Os carbonatos, quando puros, apresentam boa permeabilidade. A marga diminui a permeabilidade.

Estas condições são encontradas nos poços Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão (Bast-1-MA).

Interpretação estrutural

Estudos efetuados em várias partes do mundo têm revelado que o recife desenvolve-se na região denominada charneira (hinge), que se situa no limite entre a parte estável e instável de uma bacia (Mallory, 1963, pág. 756-777; Knebell, 1956, pág. 547-562 e Smirnow, 1958, pág. 1168).

Verifica-se, desta forma, a importância da localização das partes estáveis e instáveis de uma bacia, que representa um dos passos iniciais na localização deste traço estratigráfico.

A parte estável da bacia caracteriza-se por uma espessura de sedimentos pequena e por um ambiente de deposição predominante raso. Estas condições são encontradas nos poços: Barro Duro nº 1, Maranhão (BD-1-MA), Bom Gôsto nº 1, repetido, Maranhão (BG-1R-MA), e Sobradinho, estratigráfico nº 1, Maranhão (Sost-1-MA).

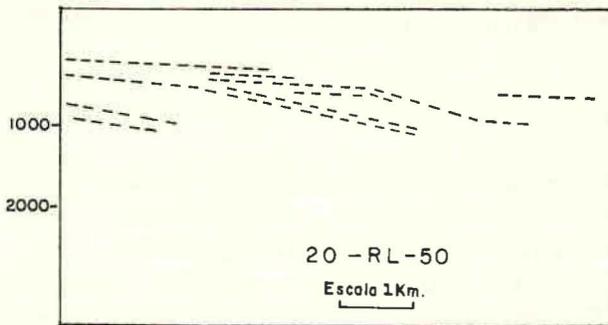


Fig. 6

A parte instável caracteriza-se pela deposição de uma espessura relativamente grande de sedimentos, e ambiente de deposição predominantemente de águas profundas. Enquadram-se neste tipo de deposição os poços: Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão (Tast-1-MA) e Barreirinhas, estratigráfico nº 1, Maranhão (Bast-1-MA).

Um outro fator estrutural de grande importância é a variação de mergulho, que caracteriza as fácies recifais. Os calcários back-reef apresentam mergulho suave, enquanto que os calcários fore-reef apresentam um mergulho forte (Levensen, 1956, pág. 227). A fig. 7 mostra o fenômeno na bacia de Tampico-Tuxpan, no México. A fig. 6 mostra o mesmo na bacia de Barreirinhas; o mergulho forte está localizado a noroeste do poço Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão (Tast-1-MA), nas imediações do alinhamento de altos gravimétricos, situados entre o Bom Gôsto, nº 1 repetição, Maranhão (BG-1R-MA) e Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão (Tast-1-MA).

Em vista destes fatos pode-se concluir que existem duas linhas de charneira: uma entre o Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão e o Bom Gôsto, nº 1 repetido, Maranhão e outra, entre Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão e Barro Duro, nº 1, Maranhão.

Interpretação gravimétrica

Vários campos petrolíferos associados a recife, foram descobertos por métodos gravimétricos.

O recife tende a refletir um alto gravimétrico em virtude de sua massa ser rígida e as rochas situadas no flanco sofrerem compactação, formando um pseudo-anticlinal.

Comparando-se um mapa de levantamento gravimétrico de Barreirinhas com o do Jameson reef do Texas, nota-se uma perfeita analogia (Veja fig. 5).

Interpretação sísmica

À sísmica se deve o espetacular desenvolvimento dos campos petrolíferos ligados a recifes, no Oriente Médio, Texas e Canadá.

Examinando-se os perfis sísmicos da bacia de Barreirinhas, nota-se um arqueamento das camadas do grupo Caju, que possuem uma grande semelhança com o registro sísmico de recifes de outras bacias.

A fig. 7, mostra a seção de um recife da bacia de Tampico-Tuxpan.

A fig. 6, mostra um provável recife na bacia de Barreirinhas.

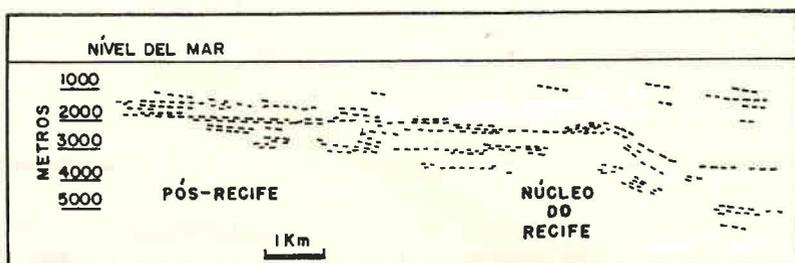


Fig. 7

CONCLUSÕES

a) O biofácies e litofácies do Grupo Caju é típico de recifes.

b) O poço Tutóia, estratigráfico nº 1, Maranhão e o Barreirinhas, estratigráfico nº 1, Maranhão, estão situados no fore-reef, enquanto que o Sobradinho estratigráfico nº 1, Maranhão, Bom Gôsto nº 1, repetido, Maranhão e Barro Duro nº 1, Maranhão estão situados no back-reef.

c) Em virtude do tetonismo tipo graben é de se esperar na bacia a ocorrência de duas linhas de hinge, onde se desenvolve o recife.

d) Os dados geológicos combinados com as informações sísmicas e gravimétricas, permitirão a localização dos recifes.

BIBLIOGRAFIA

- BENAVIDES, L. — 1956 — *Notas sobre la Geologia Petrolera de México* — Simpósio do XX Congresso Internacional — México.
- BRAMKAMP, R. A. and POWERS, R. W. — 1958 — *Classification of Arabian Carbonate Rocks* — Bul. of the Geological Society of América, vol. 69, pp. 1.305-1.318.
- CAROZZI, A. V. — 1960 — *Microscopic Sedimentary Petrography* — John Wiley and Sons Inc. Publishers — N. York, USA.
- HAM, W. E. and PRAY, L. C. e OUTROS — 1962 — *Classification of Carbonate Tocks* — The American Association of Petroleum Geologists — Memoir — Tulsa, Oklahoma.
- JONES, D — 1956 — *Introdution to Microfossils* — Harper and Brothers Publishers — N. York, USA.
- KNEBELL, G. M. and ERASO, G. R. — 1956 — *Habitat of Oil* — Bul. of The American Association of Petroleum Geologists, vol. 40, nº 4, pp. 547-561 — Tulsa — Oklahoma, USA.
- KUENEM, Ph. N. — 1963 — *Marine Geology* — John Wiley & Sons Inc — New York.
- LANDES, K. K. — 1951 — *Petroleum Geology* — John Wiley & Sons Inc. — New York.
- LE BLANC, R. J. — 1957 — *Regional Aspects of Carbonate Deposition* — The American Association of Petroleum Geologists — Special Publications nº 5 — Tulsa, Oklahoma, USA.

- LEVORSEN, A. I. — 1956 — *Geology of Petroleum* — San Francisco, USA.
- LOEBLICH, A. R., PR. and TAPPAN, H. — *Protista — partes 1 e 2 — Treatise on Invertebrate Paleontology part c* — The Geological Society of América.
- MALLORY, W. W. — 1963 — *Analysis of Petroleum Potencial Trough Regional Geológicas Synthesis* — Bul. of The American Association of Petroleum Geologists, vol. 47, n° 5, pp. 756-775 — Tulsa, Oklahoma, USA.
- NOGUTI, I. — 1964 — *Introdução à Estratigrafia da Bacia de Barreirinhas* — Petrobrás — SEO — Relatório n° 219, Belém.
- NOGUTI, I. e SUGUIO, K. — 1964 — *Estudo das Fácies Carbonáticas dos Poços Tast-1-MA, BD-1-MA e BG-1R-MA; Área de Tutóia, Bacia de Barreirinhas* — Petrobrás — SEO, Relatório n° 231, Belém.
- TROELSEN, J. — 1964 — *Biostratigraphy of the Barreirinhas Basin* — Petrobrás — SEO, Relatório n° 215, Belém.
- SMIRNOW, L. P. — 1958 — *Oil Bearing Basins on Eastern Edge of Russian Plataform — Habitat of Oil* — Simpósium — The American Association of Petroleum Geologists — Tulsa — Oklahoma, USA.