

# RECURSOS MINERAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA<sup>(1)</sup>

Por

CARLOS ALFREDO BECKER AMARAL<sup>(2)</sup>, MARCO AURÉLIO VICALVI<sup>(2)</sup>,  
LEOPOLDO AMARAL BARRETO<sup>(3)</sup> e CARLOS IVAN SANTANA<sup>(3)</sup>

## ABSTRACT

Exploration and exploitation technologies, associated with the influences of supply and demand, constitute the principal factor in the economy of submarine mineral resources. Advances in these technologies, coupled with growing industrial requirements at a time when land deposits are becoming exhausted, have surprised even those better informed. All this focuses attention on the value ocean deposits and, as a consequence, this present decade is witnessing a veritable rush to the sea.

On the Brazilian Continental Margin, a region with an extent of 1,850,000 km<sup>2</sup> (shelf, 850,000 — slope, 200,000 and rise 800,000), the search for petroleum is the outstanding activity. The objectives of these researches extend from the roll-over structures at the mouth of the Amazon, to those of a halocynetic nature in the south of Bahia and Espirito Santo, as far even, as Santos. Other areas with promising characteristics are Barreirinhas and Piauí-Ceará. The four petroleum discoveries are located off Sergipe where the Guaricema and Caioba fields are under development while economic viability of Camorim and Dourados is being studied.

Evaporites occur from Alagoas to Santos. Drilling has revealed the presence of gypsum-anhydrite relatively pure habite and radioactive salts in Sergipe, Espirito Santo, Santos, etc. They are found bedded, and in various stages of halocynetic evolution. From Aptian age in general, they might be Jussaric at Santos. Development permits have been sought in various areas for sulphur, potassium and rock salt.

The principal concentrations of heavy minerals of the coastal sands extend from the State of Rio de Janeiro as far as Bahia. Favorable conditions are expected for similar occurrences in the neighbouring marine areas.

In the off-shore North-East, the resurgence of deep water precipitates phosphates on the upper slope and on the outer part of the platform. An extensive belt of calcareous sediments occurs in the shallow waters from Salinópolis, Pará, as far south as the 20th parallel. They are the result of organic activity, chiefly of algae. On the coast of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, there occur recently deposited shell banks, some already in a state of mineralization. In the deep sea, in

localities with low detrital sedimentation, occur nodules of the oxides of Mn (up to 24%), Cu, Ni, Co, Mb, V, Zn, etc. The exploitation of those is being studied in various parts of the world.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao se considerarem os recursos minerais do fundo dos oceanos o petróleo ocupa, necessariamente, lugar de destaque. A produção atual dos demais bens minerais submarinos é, ainda, relativamente pequena. Esta situação, porém, evolue rapidamente com o desenvolvimento da tecnologia — principal fator condicionante da economicidade daqueles jazimentos, juntamente com os reflexos da lei da oferta e procura.

O momento propício à exploração de diversos jazimentos oceânicos vem se aproximando com rapidez surpreendente. Dai, em parte, estarmos presenciando (ou participando de) esta verdadeira corrida mundial para o mar.

Os Estados Unidos da América do Norte, por exemplo, estão atualmente desenvolvendo um plano decenal que elevará sua inversão em pesquisas marinhas de 250 milhões de dólares em 1968 para 17 bilhões em 1980. Naquele ano, 15.500 especialistas estarão dedicados às ciências do mar. O Brasil não poderia permanecer alheio a este panorama mundial e foi com estas imagens em mente que se planejou

(1) Trabalho desenvolvido no Programa de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira — REMAC.

(2) Departamento Nacional da Produção Mineral (Divisão de Geologia e Mineralogia, Setor de Geologia Marinha) — Av. Pasteur, 404/2º — Rio de Janeiro — GB — Brasil.

(3) Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Diretoria de Operações) — Av. Pasteur, 404 — anexo — Rio de Janeiro — GB — Brasil.

em 1971, o Programa de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira — REMAC\*.

Deve-se, no entanto, ter bem claro que estes esforços, no que se referem aos recursos minerais — excetuando-se o petróleo — não são, em grande parte, de pesquisa mineral entendida como um estudo de viabilidade ou pré-viabilidade econômica. São, isto sim, um considerável movimento no sentido de se avaliarem as reais potencialidades daqueles recursos.

O Mapa Preliminar dos Recursos Minerais da Margem Continental Brasileira, na escala de 1:500.000, foi planejado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral e integra o seu Programa de Avaliação de Recursos Minerais, e os trabalhos foram desenvolvidos dentro do Programa REMAC. Dadas as limitações gráficas para a presente publicação, o mapa original foi simplificado e desdobrado em três figuras (3, 7 e 8). Apontam-se alguns jazimentos: de um lado os que estão associados às rochas sub-superficiais, e, de outro, aqueles que são condicionados pela sedimentação mais ou menos contemporânea. Este trabalho não encerra a intenção de ser completo.

## 2. Recursos Minerais Associados às Rochas Sub-superficiais

### 2.1. Petróleo

#### 2.1.1. Atividade Exploratória

Já a partir de 1968 a Petrobrás lançou-se decididamente à pesquisa de petróleo na Plataforma Continental Brasileira, imensa região com cerca de 800.000 km<sup>2</sup>. Para esta atividade exploratória, e com finalidade operacionais, a plataforma foi dividida em 14 áreas (Figura 1), nem sempre seguindo-se critérios geológicos.

A pesquisa em tão ampla região exigiu, desde logo, o desdobramento das atividades em 3 níveis:

- a — reconhecimento geofísico;
- b — Detalhamento sísmico de áreas selecionadas, e
- c — perfuração pioneira em áreas prioritárias.

No trabalho índice dos Levantamentos Sobre a Margem Continental Brasileira (Amaral et alii, 1972), apresentado neste mesmo Congresso de Geologia, são indicadas as áreas em que a Petrobrás desenvolveu atividades exploratórias. São igualmente fornecidas informações sobre as naturezas daqueles levantamentos bem como sobre os relatórios de dados resultantes.

#### 2.1.2. Estado atual da Pesquisa

Considerando-se que trabalhos que versam especificamente sobre o petróleo em nossa plataforma continental estarão sendo apresentados neste mesmo Congresso, a seguir será oferecido somente um breve panorama dos principais resultados alcançados até o presente.

Na atual etapa da pesquisa petrolífera em nossa plataforma continental, os objetivos são bem variados. De um lado estão as magníficas estruturas do tipo «roll over» mapeadas na Foz do Amazonas, em sedimentos provavelmente deltáicos. Uma vez confirmado o caráter deltáico de tais sedimentos, estarão sendo reconhecidas condições de acumulação semelhantes às do Delta do Niger, o maior produtor da Costa Oeste da África. Na plataforma em frente a São Luiz, também foram mapeadas estruturas «roll over».

Já na Plataforma do Piauí-Ceará, tem-se estruturas anticlinais associadas a falhamentos afetando o Cretáceo Inferior e o Juro-Triássico.

Em Sergipe, o Cretáceo Inferior associa-se a paleo altos pré-Aptianos (campos de Camorim e Caioba) e areias enráticas do Membro Calumbi que também ofereceram condições de jazimento já comprovadas em duas descobertas: Guaricema e Dourados.

No Recôncavo-Almada, são trapas paleogeomorfológicas associadas a discordâncias e estruturas do Cretáceo Inferior recobertas possivelmente por Cretáceo Superior e Terciário.

Nas regiões de Espírito Santo, Campos e Santos, encontram-se as estruturas halocinéticas mapeadas pela geofísica e já confirmadas pela perfuração. Estas estruturas afetam colunas Terciárias com boas características de geração e reservatório.

Em Campos, a perfuração submarina confirmou a presença de uma seção deltáica Terciária com excelente indicio de petróleo, associando-se arenitos permo-porosos e folhelhos geradores.

(\*) Detalhes sobre o Programa REMAC podem ser encontrados em Almeida, A. C. F. de — (1972) — Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira.

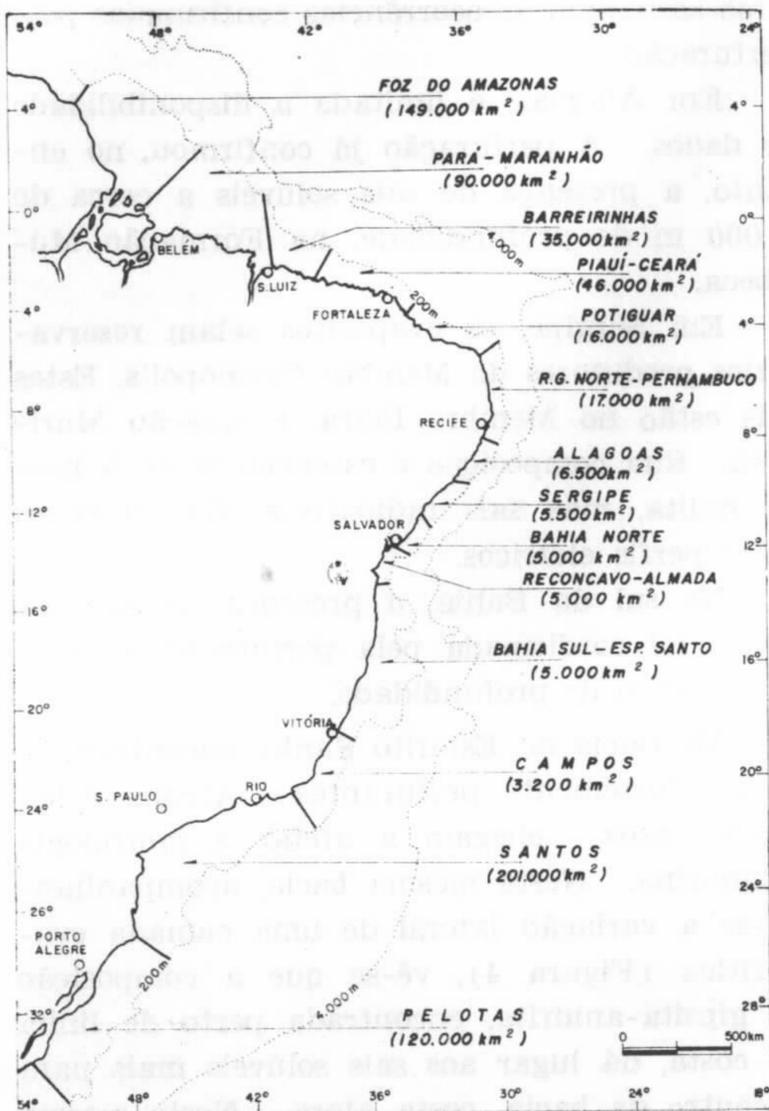


FIGURA 1 - DIVISÕES DA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA PARA FINS OPERACIONAIS NA PESQUISA PETROLÍFERA

Na Bacia de Pelotas, os objetivos são suas estruturas na coluna Terciária.

Em nível menos investigado, ocorrem extensas regiões carbonáticas com possibilidades de jazimentos petrolíferos associados a recifes nas bacias de Bahia Sul-Espírito Santo, Barreirinhas e na própria Foz do Amazonas.

As áreas com indícios mais promissoras são Barreirinhas, Piauí-Ceará e, especialmente, a Bahia Sul-Espírito Santo. A Figura 2 mostra uma síntese das perfurações submarinas realizadas por área, indicando-se ainda os resultados obtidos. As descobertas, em número de quatro, concentram-se na Plataforma de Sergipe.

No Baixo de Mosqueiro foram localizados os campos de Guaricema, em desenvolvimento, e o de Dourados. Os reservatórios são arenitos lenticulares dispersos em folhelhos da Formação Piaçabuçu, Membro Calumbi. Tratam-se, pois, de trapas estratigráficas.

No Alto de Aracaju, em blocos associados à grande Falha de Atalaia, conta-se com outras duas descobertas: Caioba e Camorim. A primeira está em desenvolvimento e tem como reservatórios principais os arenitos «tipo lençol» da Formação Serraria. Em Camorim os Reservatórios são conglomerados de baixa per-

mo-porosidade do Membro Carmópolis, Formação Muribeca que já ofereceram três campos na parte emersa da bacia.

## 2.2. Evaporitos

### 2.2.1. Importância

Historicamente, as estruturas salinas associam-se às mais interessantes produções de óleo e gás. Mas não se restringe aos hidrocarbonetos a potencialidade econômica dos depósitos salinos. Além da gipsita-anidrita, tem-se o enxofre, que se concentra nas «cap rocks», e os próprios sais solúveis. Recentemente, cavernas artificiais produzidas no seio da massa salina servem de seguros e econômicos depósitos de variados fluidos tais como hidrocarbonetos e lixos radioativos.

No Brasil, se bem que existam em regiões emersas, extensos depósitos salinos geo-economicamente favoráveis, os jazimentos salinos da plataforma já vem se constituindo alvo de dispendiosos estudos, mesmo sem contarmos aqueles que visam a produção de petróleo. E, na Plataforma de Espírito Santo, algumas áreas já foram requeridas para pesquisa de potássio, salgema e enxofre.

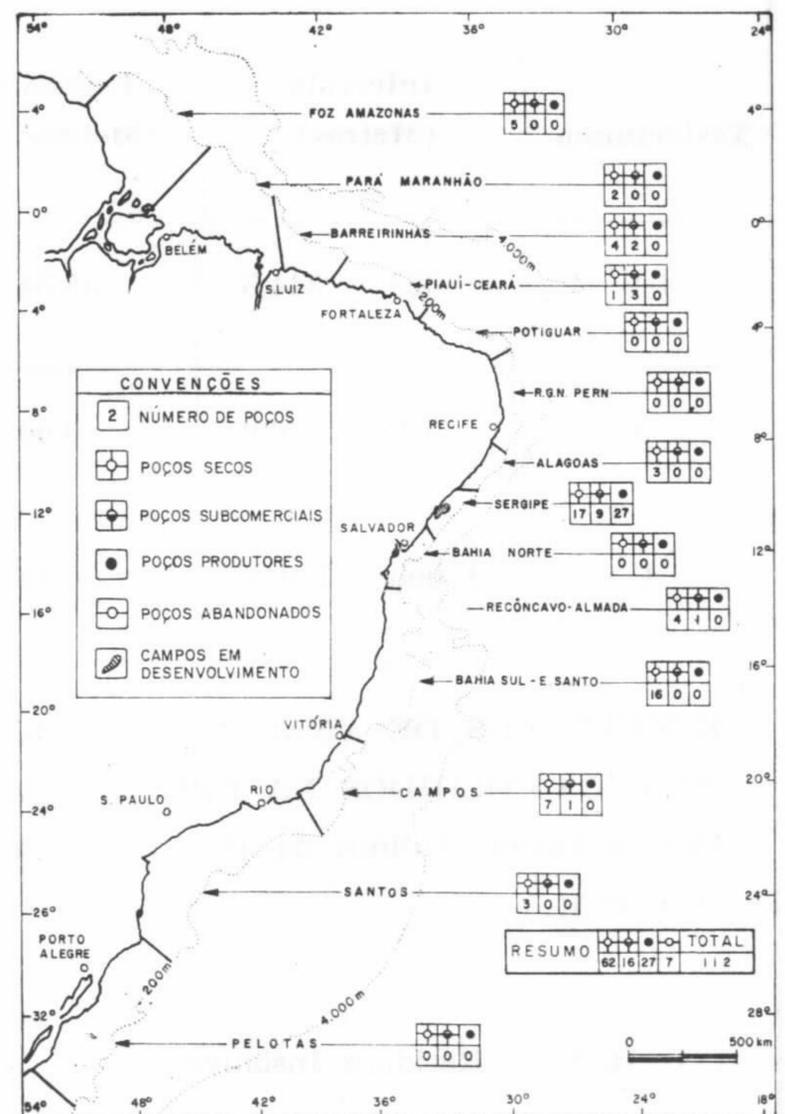


FIGURA 2 - PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA: SUMÁRIO DAS PERFURAÇÕES E RESULTADOS

## 2.2.2. Ocorrências

Na plataforma continental brasileira, (Figura 3) os evaporitos estão presentes nas bacias de Alagoas, Sergipe, Bahia Sul-Espírito Santo, Campos e Santos. Distribuição análoga é verificada no Gabão, Congo e Cuanza, na África. São Aptianos em geral, talvez Jurássicos na Bacia de Santos.

Na figura 3, os pontos escuros indicam ocorrências de gipsita-anidrita. Estes minerais podem ser encontrados também associados aos sais solúveis nas demais áreas. Também estão indicadas as camadas de sais solúveis, e as regiões estruturalmente perturbadas com características atribuídas à halocinese. Algumas delas, na plataforma, são determinadas com bom controle de dados. A Petrobrás já mapeou, com geofísica, inúmeros domos e alinhamentos de domos, especialmente nas bacias de Espírito Santo, Campos e Santos, e algumas ocorrências foram perfuradas. Por outro lado, a partir da quebra da plataforma, oceano a dentro, o volume de dados disponíveis é menor e não se pode, ainda, afirmar com segurança a presença dos sais solúveis. As

setas assinalam as ocorrências confirmadas pela perfuração.

Em Alagoas, é limitada a disponibilidade de dados. A perfuração já confirmou, no entanto, a presença de sais solúveis a cerca de 3.000 m de profundidade, na Formação Muribeca.

Em Sergipe, os evaporitos selam reservatórios produtores do Membro Carmópolis. Estes sais estão no Membro Ibura, Formação Muribeca. Sua composição é essencialmente à base de halita, mas sais radioativos são indicados pelos perfis elétricos.

No sul da Bahia, a presença de sais solúveis foi confirmada pela perfuração a cerca de 3.500 m de profundidade.

Na Bacia de Espírito Santo, encontram-se domos fortemente perfurantes. Alguns deles, muito rasos, chegam a afetar a morfologia submarina. Nesta mesma bacia, acompanhando-se a variação lateral de uma camada evaporítica (Figura 4), vê-se que a composição de gipsita-anidrita, encontrada perto de linha de costa, dá lugar aos sais solúveis mais para o centro da bacia, costa afora. Neste mesmo sentido, os sais se espessam e o mesmo acon-

Testemunho	Intervalo (Metros)	Espessura (Metros)	Teores médios em percentagens				
			H <sub>2</sub> O	R. I.*	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	Total
1-2	326 — 344,5	18,54	0,33	5,68	3,70	89,70	99,45
3	630 — 639	9,00	0,06	1,31	1,56	96,52	99,45
4	1.000 — 1.016	16,00	0,61	3,86	2,32	92,91	99,70

RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS PROCEDIDAS EM AMOSTRAS DOS TESTEMUNHOS COLHIDOS NA PERFURAÇÃO 9-CPRM-1-ESS. (Segundo Relatório final do Projeto Domos Salinos da Plataforma Continental do Estado do Espírito Santos — D.N.P.M.)

(\*) R. I. — Resíduos Insolúveis)

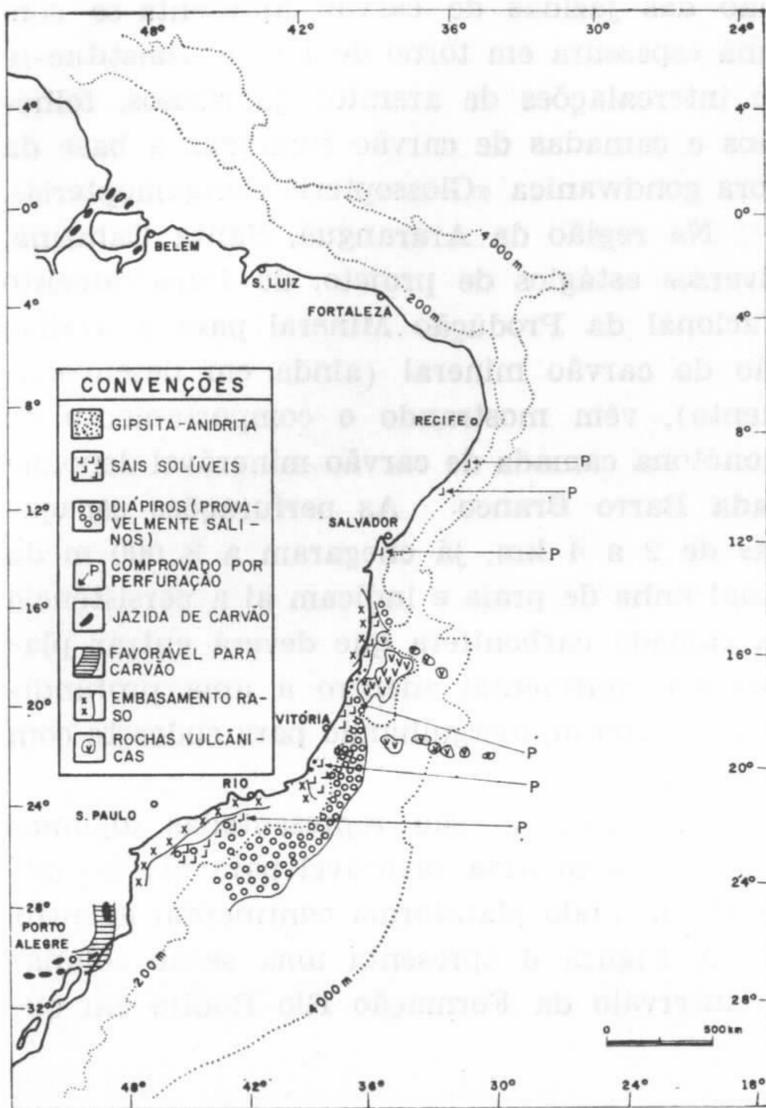


FIGURA 3 — RECURSOS MINERAIS ASSOCIADOS ÀS ROCHAS SUBSUPERFICIAIS

tece com a coluna sobre posta até que, a certa altura, verificou-se a halocinese.

A Figura 5 mostra alguns destes domos rasos na Bacia de Espírito Santo. Estão indicadas as profundidades estimadas dos ápices das massas salinas que variam em torno de poucas centenas de metros. Nesta mesma região, a gravimetria sugere a presença de possíveis «cap rocks». Com o intuito de testar possível ocorrência de «cap rock» num domo já comprovado por perfuração para petróleo, e com vista a enxofre, foi perfurado o poço 9-CPRM-1-ESS em projeto do Departamento Nacional da Produção Mineral intitulado «Domos Salinos da Plataforma Continental».

A seção geológica da Figura 5 foi preparada com base nos resultados das duas perfurações que atingiram o domo. O 1-ESS-1, para petróleo, atingiu a massa salina em seu flanco, a 1.850 m de profundidade. Perfurou até pouco mais de 3.000 m uma seção quase que totalmente de halita. Já o poço 9-CPRM-1-ESS perfurou o ápice do domo e atingiu o sal a 125 m de profundidade. Infelizmente, perda de circulação verificada antes de ser atingida a massa salina comprometeu a amostragem do possível «cap rock» que, se existente, teria se mostrado muito reduzido. A perfilagem não detectou enxofre, objetivo prin-

cipal da perfuração. O poço foi encerrado a 1.002 m, dentro do sal. A coluna perfurada revelou-se de halita bastante pura até os 800 m, com aproximadamente 2 m de sais radioativos, indicados pela perfilagem a cerca de 150 m de profundidade.

O Quadro 1 dá os resultados de análises feitas em 4 testemunhos. Estas análises revelaram uma composição em torno de 90% de cloreto de sódio.

Ao largo do Rio de Janeiro, perfuração submarina atingiu sais solúveis a cerca de 3.500 m de profundidade.

Na Bacia de Santos, observam-se todos os estágios da evolução das estruturas salíferas — desde os estágios de almofadas e domos de pequena penetração, até os domos altamente perfurantes próximos e para além da quebra da plataforma. Perfuração ao largo de São Paulo penetrou aproximadamente 500 m de evaporitos a cerca de 3.000 m de profundidade. Esta seção mostrou-se composta essencialmente por halita, mas também foram identificadas carnalita e taquidrita.

### 2.2.3. Considerações genéticas

Segundo Asmus (1972), a ocorrência de evaporitos em tão vasta área permite conjec-

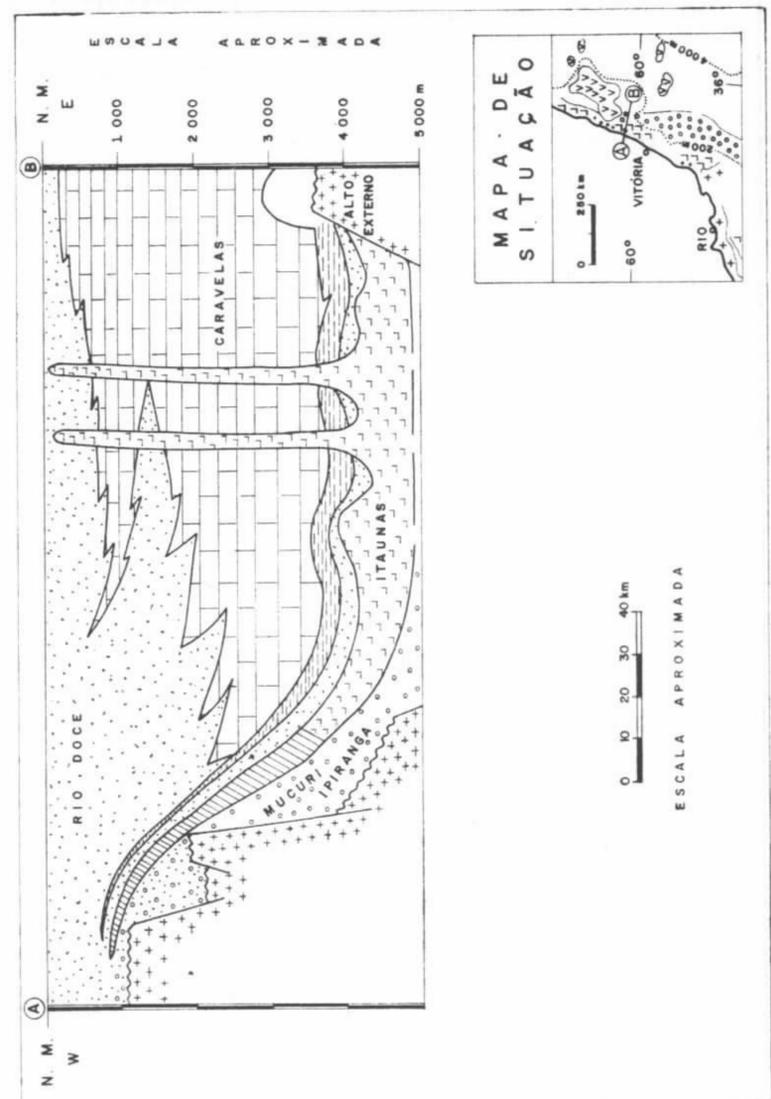


FIGURA 4 — SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA: PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA - BACIA DE ESPÍRITO SANTO.

turas a cerca de um modelo regional de deposição. E o provável caráter salino das estruturas diapíricas existentes para além da quebra da plataforma, tanto no Brasil (Santos) como na África (Gabão), sugeririam que a deposição salina poderia ter-se estendido para além das bacias costeiras, até, talvez, por cima da crosta oceânica recém formada.

Desta forma, e segundo o mesmo autor, as barreiras locais teriam servido apenas para oferecer condições de maior restrição, ocasionando deposição de sais de potássio, mais solúveis, nas bacias de Sergipe, Santos e Congo, bem como para estender verticalmente no tempo a fase evaporítica, como na bacia de Cuanza que apresenta evaporitos Albianos.

### 2.3. Carvão Mineral

As camadas de carvão mineral da região do Brasil Meridional inserem-se na Formação Rio Bonito, Sub-Grupo Itararé, Grupo Tubarão. A Formação Rio Bonito que, na re-

gião das jazidas de carvão apresenta-se com uma espessura em torno de 150 m, constituiu-se de intercalações de arenitos quartzosos, folhelhos e camadas de carvão formadas à base da flora gondwanica «Glossopteris-Gangamopteris».

Na região da Araranguá, Santa Catarina, diversos estágios de projeto, do Departamento Nacional da Produção Mineral para a avaliação do carvão mineral (ainda em desenvolvimento), vêm mostrando o comportamento de monótona camada de carvão mineral denominada Barro Branco. As perfurações espaçadas de 2 a 4 km, já chegaram a 8.000 m da atual linha de praia e indicam aí a persistência da camada carbonífera que deverá entrar plataforma continental adentro a uma profundidade de 200 m, mergulhando para sudoeste com 2° a 3°.

Na figura 3, são representadas algumas jazidas e uma área favorável para carvão mineral, entrando plataforma continental adentro.

A Figura 6 apresenta uma seção colunar do intervalo da Formação Rio Bonito em que

I T E N S	R E G I Õ E S				
	Metropolitana	Criciúma	Próspera	Urussanga	Rio do Oeste
Unidade (%)	2,70	3,20	2,50	3,00	3,4
Mat. Voláteis (%)	27,10	25,20	24,80	25,50	22,9
Carbono Fixo (%)	40,70	39,30	40,90	33,80	35,4
Cinzas (%)	29,50	32,30	31,80	37,70	38,3
Enxôfre (%)	3,60	5,50	4,50	5,10	3,9
Poder Calor. Sup. (cal/g)	5.575	5.000	5.220	5.750	3.973 4.447

### Q U A D R O 2

Resultados de Análises imediatas típicas, em base seca, de carvão não beneficiado oriundo da «Camada Barro Branco» (Conforme Machado, 1969).

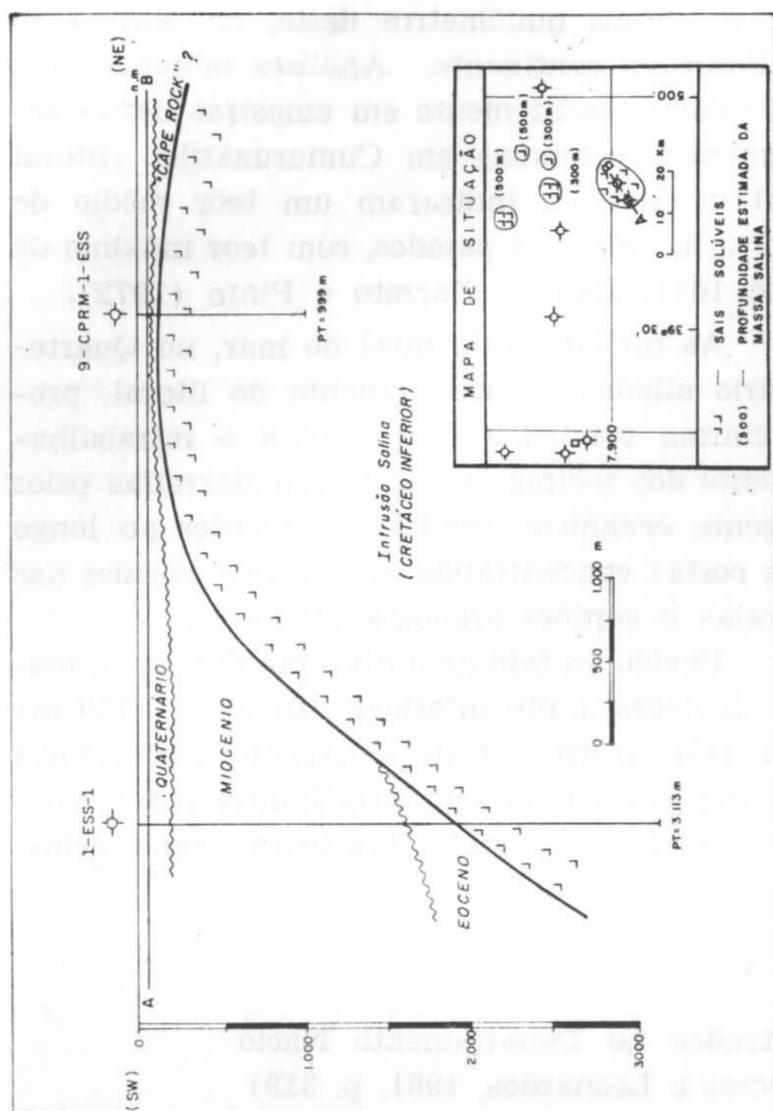


FIGURA 5 - SEÇÃO GEOLOGICA ESQUEMATICA 1-ESS/9-CPRM-1-ESS (Adaptado do Relatório Final do Projeto Domos Salinas da Plataforma Continental, D.N.P.M.)

estão inseridas as camadas de carvão em Santa Catarina. Ao lado direito vê-se um detalhe de camada Barro Branco, bastante monótona e persistente na região. Sua espessura total varia entre 1 e 2 m e o carvão recuperável está em torno de 0,5 a 1,2 m.

O Quadro 2 nos mostra os resultados de análises de carvão daquela camada, não beneficiado, oriundo de diversas localidades. Como se vê com os dados apresentados, a Camada Barro Branco não se notabiliza nem pela sua espessura nem pelas qualidades de seu carvão, apenas razoavelmente coqueificante. De qualquer forma, e como se disse na introdução, a reserva carbonífera real permanecerá lá, potencial, até o dia em que a oferta e demanda de um lado, e a tecnologia de outro, além de outros fatores, tornarem interessantes o seu aproveitamento pela humanidade.

### 3. Recursos Minerais Condicionados pela Sedimentação mais ou menos Contemporânea

#### 3.1. Depósitos de águas rasas

##### 3.1.1. Minerais pesados

Emery et alii (1968) classificam os minerais pesados econômicos em três grupos, levand

do em consideração suas características físicas e, conseqüentemente, fatores ambientais de deposição:

- minerais pesados «pesados» — este grupo inclui o ouro, estanho e platina, com densidade entre 6, 8 e 21 g/cm<sup>3</sup>. Seus depósitos são predominantemente aluvionares;
- minerais pesados «leves» — grupo da ilmenita, rutilo, zircão e monazita, cujas densidades variam entre 4, 2 e 5,3 g/cm<sup>3</sup>. Os depósitos atuais ou antigos, são predominantemente de praia;
- grupo das gemas — essencialmente o diamante, rubi e safira, com baixos pesos específicos (2,9 a 4,1), porém com elevada dureza. Ocorre principalmente em leitos de rios, embora o diamante seja encontrado também em pláceres litorâneos.

Estes minerais ocorrem, associados ou isoladamente, em plataformas continentais de diversas regiões do mundo (ouro no Alaska, cassiterita na Indonésia, Ilmenita e rutilo na Austrália, diamantes na costa oeste da África do Sul, etc.) e algumas delas são ou já foram mineradas economicamente. Porém, em sua maior parte, constituem reservas potenciais para aproveitamento futuro.

No Brasil, são conhecidos, há muito tempo, diversos depósitos de minerais pesados do grupo «b» que engloba a ilmenita, rutilo, zircão, monazita, etc, associados a areias litorâneas. Estendem-se desde o litoral do Maranhão até o Rio Grande do Sul, em manchas

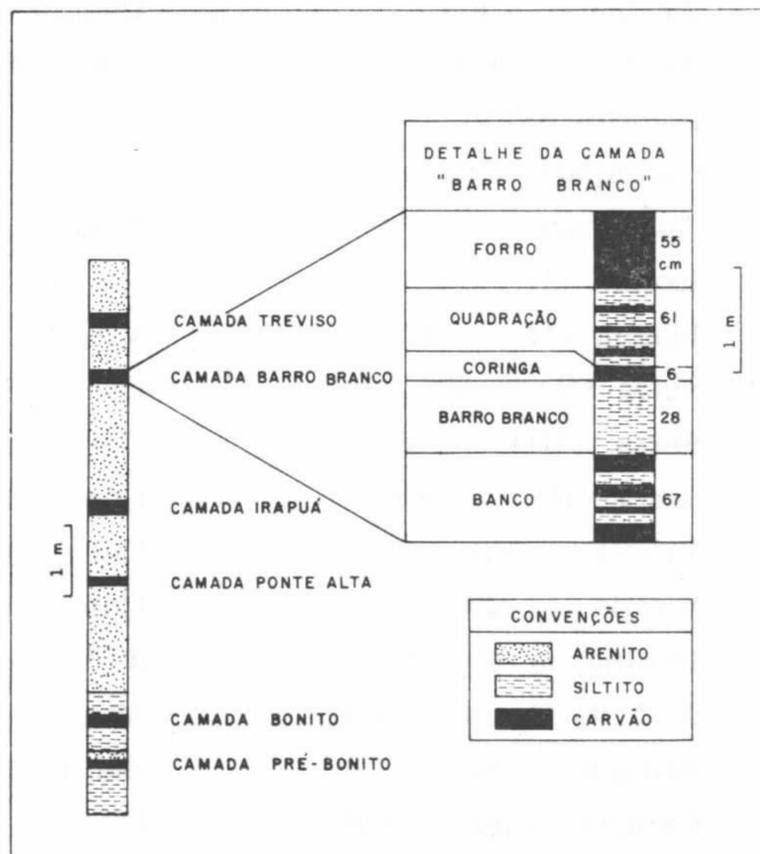


FIGURA 6 - SEÇÃO COLUNAR TÍPICA DO INTERVALO DA FORMAÇÃO RIO BONITO COM CAMADAS DE CARVÃO. REGIÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. (Adaptado de Machado, 1971)

esparças separadas por amplos trechos estéreis (Figura 7).

As principais ocorrências estão na faixa de costa que vai do norte do Estado do Rio de Janeiro, até aproximadamente Porto Seguro, no sul da Bahia. Em alguns locais (como na Barra do Itabapoana e Cumuruxatiba), estão sendo minerados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Todos estes depósitos são geneticamente relacionados, e os seus minerais constituintes, provenientes, primariamente, de rochas do embasamento, sofreram uma primeira concentração nos sedimentos terciários continentais do Grupo Barreiras. Estas rochas, aflorantes em toda a extensão desse trecho litorâneo, constituem as conspícuas falésias que se alinham paralelamente ao litoral, ora terminando bruscamente na atual linha de costa, ora afastan-

do-se alguns quilômetros desta, no sentido do interior do continente. Análises mineralógicas efetuadas recentemente em amostras destes sedimentos, coletadas em Cumuruxatiba (litoral sul da Bahia), indicaram um teor médio de 2,9% de minerais pesados, com teor máximo de até 16%, segundo Barreto e Pinto (1972).

As oscilações do nível do mar, no Quaternário aliadas ao soerguimento do litoral, propiciaram condições ótimas para o retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras pelos agente oceânicos (ondas e correntes ao longo da costa) concentrando os minerais pesados nas praias e cordões arenosos litorâneos.

Devido ao fato de o nível do mar ter ocupado posições muito inferiores (de até — 130 m) em relação atual, é de se esperar a ocorrência de depósitos de origem semelhantes nos trechos favoráveis do litoral brasileiro, como acima

### Q U A D R O 3

Jazidas de minerais pesados litorâneas registradas no Departamento Nacional da Produção Mineral (segundo Oliveros e Leonardos, 1961, p. 319)

Localização	Concessionária	Reserva Indicada (t)
Alcobaça — BA	Cnen (Sulba)	—.
Prado-Cumuruxatiba	Cnen (M. Muci)	400.000
Anchieta — ES	Comira	500.000
Aracruz — ES	Cnen (Sulba)	—.
Espírito Santo	Mibra	—.
Guarapari — ES	Mibra	19.950
Guarapari — ES. II	Mibra	23.353
Iconha (I) — ES	Vis. T. Araújo	55.000
Iconha (II) — ES	Vis. T. Araújo	—.
Serra (II) — ES	Cnen (Sulba)	—.
Serra (III) — ES	Cnen (Sulba)	6.400
Serra (IV) — ES	Cnen (Sulba)	—.
Vitória — ES	Cnen (Sulba)	11.500
Vitória — ES	Cnen (Sulba)	—.
Paranaguá — PR	J. V. da Costa	—.
S. J. da Barra — RJ	Min. Itabapoana	229.000
Brusque — SC	Sul Brasileira	—.
Caraguatatuba — SP	Cil	—.
Caraguatatuba — SP	Fer. Lorenzi	23.000

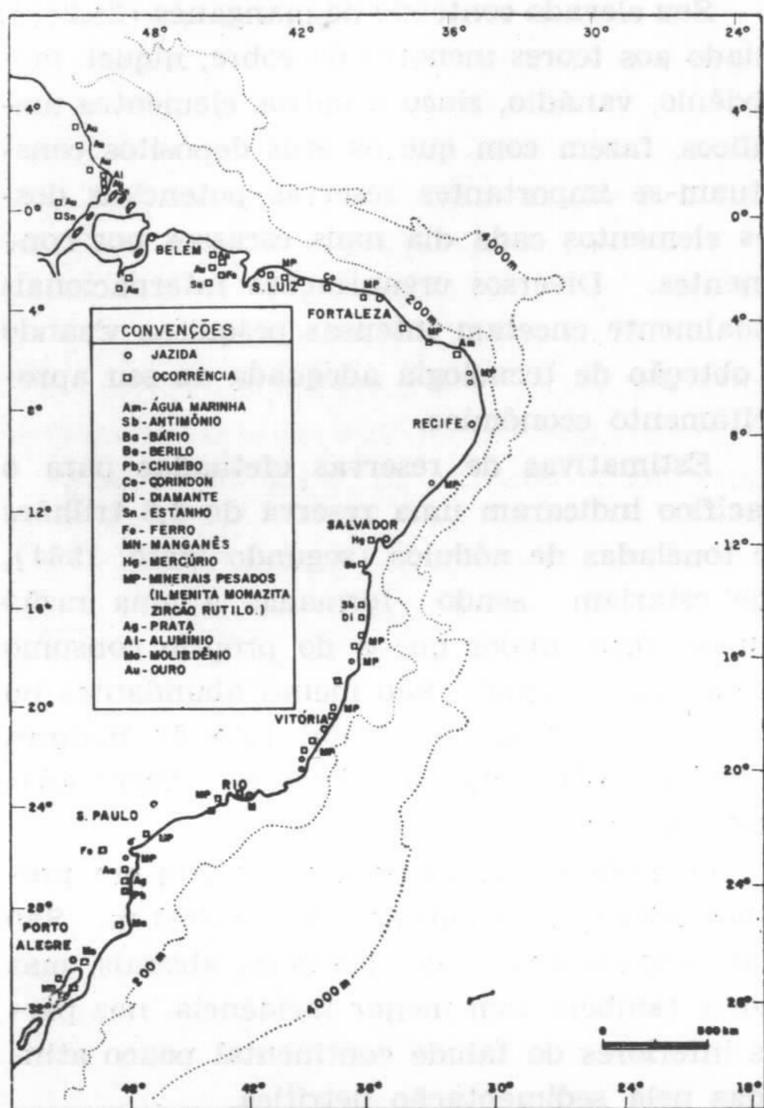


FIGURA 7 - RECURSOS MINERAIS ASSOCIADOS À FAIXA COSTEIRA

apontados. Estes depósitos devem encontrar-se associados a antigas linhas de praia e em paleovales fluviais e podem ser esperadas concentrações de minerais pesados com elevados teores que poderão, no futuro, ser minerados economicamente. Ficam, assim, aumentadas as reservas potenciais destes bens minerais do Brasil.

### 3.1.2. Sedimentos calcáreos

Desde Salinópolis, na costa do Pará, até o paralelo 20° S, no Espírito Santo, (Figura 8), ocorre extensa faixa de sedimentos carbonáticos derivados, principalmente, de atividades de algas calcáreas, associadas a outros organismos que encontraram, na plataforma continental norte e nordeste brasileira, condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Estas ocorrências estão registradas em trabalhos de vários autores, dos quais Mabesoone (1971) apresenta uma síntese. Em alguns trechos da costa, estes depósitos estão localizados em cota batimétrica rasa (10 a 20 m), como se verifica em certas faixas do litoral de Pernambuco. A exemplo de alguns países europeus que mineram extensamente depósitos semelhantes para utilização como fertilizante, estes calcários biogênicos revestem-se de considerável importância econômica, especialmente para o nordeste do Brasil.

Na Baía de Todos os Santos, Bahia, existem alguns concheiros com importantes reservas. Situam-se a pouca profundidade e estão, há muitos anos, em regime de lavra, abastecendo a indústria local de cimento.

No litoral de Santa Catarina e Rio Grande do Sul ocorrem concheiros naturais recentes, resultantes de acumulação de conchas calcárias em fundos de enseadas e baías. Em Santa Catarina, atingem importantes dimensões econômicas, com uma reserva de 2.500.000 toneladas (Castro e Ferreira, 1971), suficientes para abastecer diversas indústrias de cal e de corretivo para o solo.

### 3.1.3. Sedimentos fosfatados

Na costa leste-nordeste brasileira, a dominância em certos meses do ano, de ventos do quadrante nordeste, arrasta do litoral, por correntes de deriva e de declive deles resultantes, as águas superficiais costeiras da Corrente do Brasil. Para reestabelecer o equilíbrio desfeito pela ação dos ventos, sobem, talude acima, águas frias profundas (águas intermediárias do Atlântico Sul) ricas em nutrientes, inclusive fosfatos. Esta subida é acompanhada de uma série de variações das características físicas como a temperatura, pressão, etc, que,

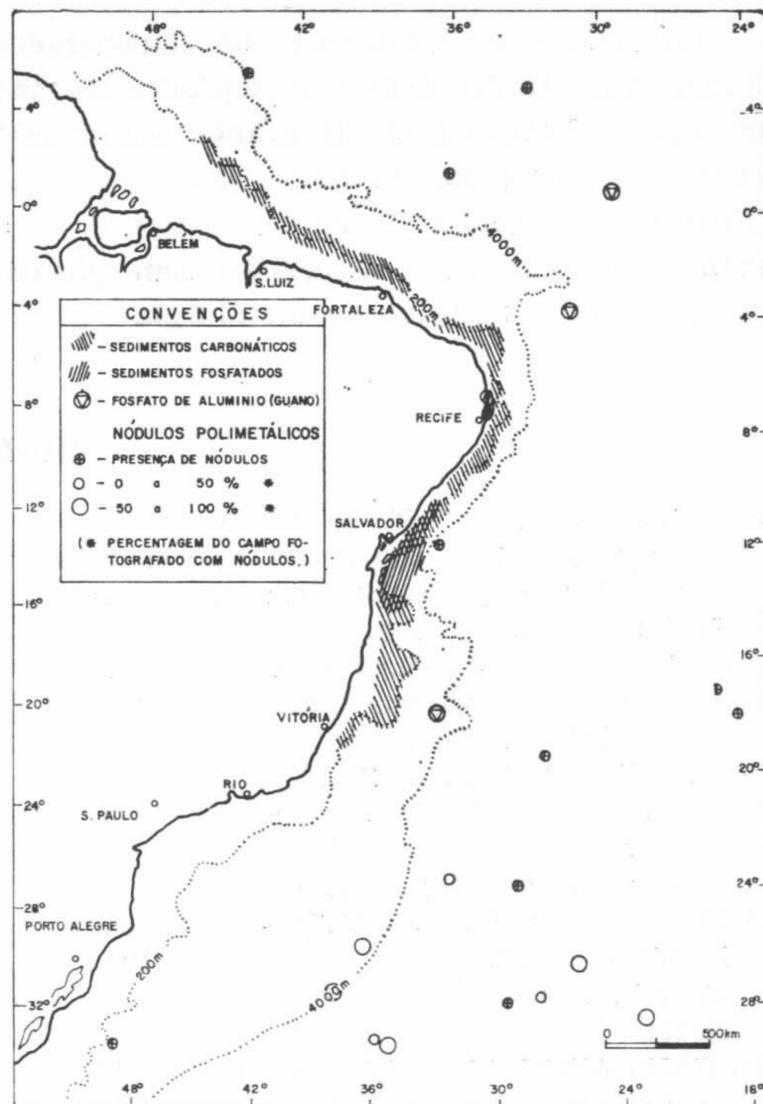


FIGURA 8 - RECURSOS MINERAIS CONDICIONADOS PELA SEDIMENTAÇÃO MAIS OU MENOS CONTEMPORÂNEA

por sua vez, alteram o equilíbrio químico provocando, em certos casos, a precipitação de  $P_5O_5$ . Verifica-se que, mundialmente, as condições para esta precipitação são mais favoráveis nas regiões do talude superior e da plataforma externa. Reduzidas taxas de sedimentação detrítica são responsáveis pela elevação relativa do teor  $P_2O_5$  no sedimento resultante.

Na Figura 8 são indicadas as áreas que apresentam as condições mais favoráveis a estes depósitos fosfatados. O desenvolvimento de projetos específicos poderá indicar a verdadeira natureza, teores e extensões daqueles jazimentos.

Segundo a bibliografia mundial, são frequentes, neste tipo de depósito, teores entre 18 e 22% de  $P_2O_5$ , em contraposição às concentrações de até 36% encontradas em regiões emersas do continente. No entanto, em vários locais, como é o caso do nordeste brasileiro, a maior proximidade relativa do mercado consumidor (agricultura) e muitas vezes, as próprias dimensões dos jazimentos marinhos (a serem melhor determinadas no caso brasileiro) apontam estes como bastante interessantes economicamente.

### 3.2. Depósitos de mar profundo

#### 3.2.1. Nódulos de Manganês \*

Os nódulos de manganês são considerados os mais importantes dentre os depósitos de mar profundo. Revestem-se de grande significado econômico e deverão, em breve, alterar profundamente a economia de certos depósitos continentais de manganês e associados, com reflexos nas próprias tecnologias de metalurgia

Seu elevado conteúdo de manganês (24,2%), aliado aos teores menores de cobre, níquel, molibdênio, vanádio, zinco e outros elementos metálicos, fazem com que os seus depósitos constituam-se importantes reservas potenciais destes elementos cada dia mais escassos nos continentes. Diversas organizações internacionais atualmente encetam intensas pesquisas visando a obtenção de tecnologia adequada ao seu aproveitamento econômico.

Estimativas de reservas efetuadas para o Pacífico indicaram uma reserva de 1,6 trilhões de toneladas de nódulos (segundo Mero, 1964), que estariam sendo formadas a uma razão muitas vezes maior que a do próprio consumo de manganês atual. São menos abundantes no Atlântico, atribuindo-se tal fato às maiores taxas de sedimentação detrítica verificadas neste oceano.

Os nódulos de manganês ocorrem em profundidades que variam de 400 a 8.000 m. São mais abundantes nas planícies abissais, mas ocorre também com menor incidência, nas partes inferiores do talude continental pouco atingidas pela sedimentação detrítica.

No Atlântico Sul, ao largo da Margem Continental Brasileira, foram fotografadas várias concentrações de nódulos de manganês, em diversos pontos. Tais estudos vêm revelando uma maior densidade de nódulos entre as latitudes de 26 a 34° S (Figura 8).

(\*) Embora a expressão "nódulos de manganês" esteja consagrada pelo uso, certos autores estão preferindo a designação "nódulos polimetálicos" ou simplesmente "nódulos". Isto se deve ao fato de que, além de diversos metais estarem presentes na sua composição, em muitos casos contribuem com teores maiores do que o do manganês.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Alberto C. F. de (1972) — "Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira". In: Congresso Brasileiro de Geologia. 26. Belém, PA. An. (no prelo).
- BARRETO, L. A. & PINTO, A. C. F. (1972) — *Projeto Cumuruxatiba*. Cia. Pesq. Rec. Min., Relat. Inédito, Salvador.
- BRASIL, Dep. Nac. Prod. Min. Cia. Pesq. Rec. Min. (1971) — *Relatório Final do Projeto Domos Salinas da Plataforma Continental do Estado do Espírito Santo*. Relat. Inédito.
- CAMPOS, Carlos W. M. (1970) — Exploração de Petróleo na Plataforma Continental Brasileira. *B. Téc. Petrobrás*, Rio de Janeiro, 13 (3/4): 95-114. il.
- CRUICKSHANCK, M. J. (1968) — Offshore Mining — Present and Future. *Engineering and Mining Journal*, 169 (1): 84-91.
- EMERY, K. O. & NOEKCS, L. C. (1969) — Economic Placer Deposits of the Continental Shelf. *Technical Bulletin, Economic Commission for Asia and Far East U.N.*, v. 1: 95-111.
- EWING, M. et alii (1972) — World-wide distribution of manganese nodules. *Ocean Industry*, 7 (1): 26-29.
- FONTENELLE, J. J. G. (1971) — Recursos Minerais do Mar no Brasil. Conferência na Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, Inédito.
- FROES DE ABREU, Sylvio (1960) — *Recursos Minerais do Brasil*. Rio de Janeiro, Inst. Nac. Tecnologia, v. 1. il.
- FROES DE ABREU, Sylvio (1962) — *Recursos Minerais do Brasil*. Rio de Janeiro, Inst. Nac. Tecnologia, v. 2. il.

- GILLSON, J. L. (1961) — Geologia dos Placeres Brasileiros de Ilmenita. *Rev. Eng. Min. Metal*, Rio de Janeiro, 33 (197): 231-234.
- GILLSON, J. L. (1950) — Deposits of Heavy Minerals en the Brazilian Cost. *Minning Engineering*, 187 (6): 685-693.
- GILLSON, J. L. (1959) — Sand Deposits of titanium minerals. *Minning Engineering*, 11 (4): p. 421-429.
- HALBUTY, M. T. (1967) — *Salt Domes*. Gulf Petroleum Co., 1967.
- MABESOONE, J. M. & TINOCO, I. M. (1967) — Shelf of Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil). 2. Geology. *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe, Recife*, v. 7/8: 151-186.
- MABESOONE, J. M. & COUTINHO, P. N. (1970) — Littoral and shallow marine geology of Northern and Northeastern Brazil. *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pe, Recife*, v. 12: 1-214.
- MACHADO, E. P. (1970) — Geologia de Carvão no Brasil. In: *Carvão de Pedra*. An. do III Simpósio, p. 26-38.
- MC KELVEY, V. E. & WANG, F. F. H. (1970) — *Preliminary Mans World Subsea Mineral Resources*. U.S.G.S., Misc. Geologic Investigations, Washington, DC, 17 p. (4) maps.
- MERO, J. L. (1965) — *The mineral resources of the Sea*. New York, The American Elsevier Publishing Company, 312 p.
- U.S. Com. Mar. Sc. Eng. (1969) — Our Nation and the Sea, and Resources. Programa Nacional de Ação, Washington, DC.
- VIEIRA, L. P. (1972) — Problemas Econômicos na Exploração Submarina. XIII Reunião de Especialistas da ARPEL, Maracaibo.
- WANG, F. F. H. et alii (1970) — *Mineral Resources of the Sea*. United Nations, Dept. of Econ. and Social Affairs, New York, 49 p.
- WEEKS, L. G. (1965) — Worlds Offshore Petroleum Resources. *A.A.P.G.*, 49 (10): 1.680-1.693.
- WEEKS, L. G. (1971) — "Marine Geology and Petroleum Resources". Congresso Mundial de Petróleo. Moscow.
- WENK Jr., E. (1969) — The physical Resources of the Ocean. *Scientific American*, 221 (3): 166-177.
- ANAIS HIDROGRAFICOS (1970) — D.H.N. — Rio de Janeiro.