



PROJETO REMAC

PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S/A - MME

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - MME

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral - MME

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação - MM

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PR

RECURSOS MINERAIS DO MAR

PARTE II

RECURSOS SUBSUPERFICIAIS

JAIRO MASCARENHAS DA ROCHA



RECURSOS MINERAIS DO MAR

PARTE II

RECURSOS SUBSUPERFICIAIS

PROJETO REMAC

Rio de Janeiro
Novembro de 1975

SUMÁRIO

- 1 - INTRODUÇÃO
- 2 - POTENCIAL MINERAL RELACIONADO AO TIPO DE CROSTA E
ÀS PROVÍNCIAS FISIAGRÁFICAS
- 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS SUBSUPERFICIAIS
DO MAR
 - 3.1 - CARVÃO
 - 3.2.1 - Origem
 - 3.2.2 - Ocorrência
 - 3.2.3 - Importância Econômica
 - 3.2.4 - Método de Exploração
 - 3.2 - EVAPORITOS
 - 3.3.1 - Origem
 - 3.3.2 - Ocorrência
 - 3.3.3 - Importância Econômica
 - 3.3.4 - Método de Exploração
 - 3.3 - ENXOFRE
 - 3.4.1 - Origem
 - 3.4.2 - Ocorrência
 - 3.4.3 - Importância Econômica
 - 3.4.4 - Método de Exploração
- 4 - POTENCIAL MINERAL DA MCB
 - 4.1 - CARVÃO
 - 4.2 - EVAPORITOS
 - 4.2.1 - Generalidades
 - 4.2.2 - Bacia Salífera da MCB
 - 4.3 - ENXOFRE
 - 4.3.1 - Enxofre nos Domos de Sal da MCB
- 5 - CONCLUSÕES
- 6 - BIBLIOGRAFIA

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório constitui parte do trabalho "RECURSOS MINERAIS DO MAR", subdividido pelo REMAC, para facilidade de execução, em recursos superficiais e subsuperficiais.

Os recursos minerais subsuperficiais do mar, são aqueles associados às formações geológicas prē-existentes e agora soterrados sob o fundo oceânico, (Mineral Resources of the Sea, Anônimo, 1970). Destacam-se como os principais, devido a importância econômica, o petróleo, o enxofre, o carvão e os depósitos evaporíticos, entre os quais os sais de potássio. Além destes, citam-se ainda alguns minerais de ferro e outros metálicos como platina, níquel e cromita. Estes no entanto, com raras exceções, não constituem ainda recursos recuperáveis (Brian J. Skinner, 1969), razão pela qual, não serão tratados neste relatório. Também os recursos de petróleo não serão abordados, especificamente, uma vez que já foram discutidos isoladamente, em trabalho recente, (Guazelli, 1975).

Até o presente, a exploração econômica destes minerais no mar, tem sido confinada às plataformas continentais, em águas com menos de 120 m de profundidade e uma distância máxima de 130 Km da costa. Estes números deverão aumentar consideravelmente, ainda nesta década, com o surgimento de tecnologia adequada imposta principalmente, pelos altos custos atuais do petróleo e o esgotamento das reservas no continente. Num futuro não muito distante, espera-se que a exploração econômica destes minerais, estenda-se a várias outras províncias fisiográficas marinhas.

O termo recurso mineral será aqui entendido como definido pelo "Bureau of Mines e Geological Survey, U.S.A. (Geotimes Set, 1974), ou seja: "toda concentração de materiais sólidos, líquidos e gasosos, de ocorrência natural no interior ou na superfície da crosta, cuja extração é presentemente econômica, ou, potencialmente, possível".

O presente trabalho visa estudar de uma maneira genérica, os principais recursos minerais subsuperficiais do mar a exceção do petróleo, considerando seus vários aspectos, a fim de melhor entender os fatores que controlam sua gênese e distri-

buição. Além disto pretende-se também, dentro do possível, fazer uma avaliação do potencial destes recursos na margem continental brasileira (MCB).

2 - POTENCIAL MINERAL RELACIONADO AO TIPO DE CROSTA E ÀS PROVÍNCIAS FISIAGRÁFICAS

O potencial mineral das várias províncias fisiográficas marinhas, (Fig. 1), tem sido analisado por diversos pesquisadores (Hedberg, 1970; Mc Kelvin, 1972, etc.), em função do tipo de crosta que elas encerram

A crosta continental é formada principalmente, por rochas graníticas (95%), ricas em silício e alumínio, recobertas em algumas áreas por espessas acumulações de rochas sedimentares, onde por vezes são encontrados grandes depósitos de petróleo, enxofre, minerais salinos e carvão, entre outros.

O limite entre a crosta continental e a oceânica encontra-se imerso sob os oceanos, geralmente, entre 2.000 e 4.000 m de profundidade. A zona de transição entre continentes e oceanos, que contém as províncias fisiográficas da plataforma, talude e sopé continental é denominada margem continental. Com relação a estas províncias o limite entre as crostas, ocorre geralmente na base do talude, podendo em algumas áreas encontrar-se sob o sopé continental e, em outras, no meio da plataforma, recoberto por sedimentos.

Na margem continental brasileira, a exceção de algumas áreas locais, este contato ainda não foi estabelecido. Ao sul da bacia de Pelotas, Kowsmann et al (1974) define-o dentro da plataforma continental, como uma zona de escarpamento contínuo, sub paralelo à costa.

A crosta oceânica mais densa e relativamente fina, é formada por rochas basálticas, ricas em ferro e magnésio e, exceto em áreas próximas às margens continentais e pequenas bacias oceânicas, não apresenta grande espessura de sedimento. Conseqüentemente, as associações minerais deste tipo de crosta são diferentes daquelas da crosta continental.

Até o presente são praticamente desconhecidas evidências de grandes concentrações minerais na crosta oceânica, muito embora, depósitos de cromita, níquel e platina sejam possíveis de ocorrer associados às rochas básicas e ultra básica, sem contudo constituírem ainda recursos recuperáveis.

Os principais recursos minerais subsuperficiais do fundo oceânico, portanto, ocorrem associados às espessas acumulações de rochas sedimentares, as quais mais comumente estão presentes nas margens continentais e nas pequenas bacias oceânicas. Estas, preferencialmente, situam-se nas bordas das margens tipo pacífico, em locais de convergência de placas tectônicas.

Entre as províncias consideradas altamente favoráveis, destacam-se a plataforma, o talude e as pequenas bacias oceânicas, tais como: Golfo do México, Mar Mediterrâneo, Arquipélago Indonésio, Mar do Japão, etc.

O sopê continental, embora pouco conhecido começa também a despertar grande interesse para petróleo. Segundo Emery, (1975), esta província apresenta grande espessura de sedimentos, particularmente, no sopê superior em frente as margens leste das Américas do Norte e do Sul e oeste da África, onde ultrapassa 5000m. Estes sedimentos contêm moderadas concentrações de matéria orgânica, (possíveis rochas geradoras) e camadas arenosas, (possíveis reservatórios), periodicamente, escorregados do talude.

As grandes bacias oceânicas, incluindo as fossas e cristas (trenches e ridges), embora ocupem uma área de duas vezes a da superfície da terra, apresentam uma seção sedimentar relativamente fina, com poucas rochas-reservatório e quase sem estruturas (Mineral Resources of the Sea, 1970).

As áreas das plataformas, taludes e pequenas bacias oceânicas são consideradas por alguns pesquisadores, como mais favoráveis para a existência de petróleo do que as partes expostas dos continentes, em vista de, geralmente, conservarem maior espessura de sedimentos marinhos de idade Terciária, responsáveis pela maior parte da produção mundial.

3 - DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS SUBSUPERFICIAIS DO MAR

3.1 - CARVÃO

3.1.1 - Origem

O carvão é formado pela acumulação de restos vegetais, alterados posteriormente por processo diagenéticos, envolvendo desidratação, pressão, calor e ação bacteriana. Estas alterações conduzem a um progressivo enriquecimento de carbono e uma diminuição de oxigênio. Locais favoráveis para formação de carvão, atualmente, não são comuns. Exceção feita ao Pântano de Dismal, na Virgínia e Carolina do Norte, com uma área 5.600 Km² e espessura média de 2 m de turfa recente, parece constituir um exemplo típico, (Skinner, B.J. 1969). No Brasil poderia citar como possíveis exemplos, os pântanos da planície costeira do Rio Grande do Sul, particularmente, o do Taim, (segundo informação verbal de Chaves, H.A.).

3.1.2 - Ocorrência

O carvão é encontrado em várias plataformas continentais do mundo, constituindo importantes depósitos na Grã-Bretanha, Japão, Canadá e Austrália. Estes depósitos encontrados no fundo do mar são, geralmente, as extensões das jazidas conhecidas nos continentes. O carvão ocorre principalmente, nas camadas do Carbonífero, mas pode estar presente em rochas do Paleozóico até o Terciário. O fator crítico na formação do carvão, no entanto, não é a idade da seqüência mas o ambiente no qual os sedimentos se acumularam.

3.1.3 - Importância Econômica

A produção de carvão proveniente do mar, representa cerca de 30% da produção total japonesa e pouco menos de 10% da britânica. Além disto, 80% do carvão produzido na região da Nova Escócia (Canadá), são fornecidos pelo campo submarino de Sidney, que já vem sendo explorado a mais de 80 anos.

De acordo com E. Wenk, (1969), com a atual tecnologia o carvão pode ser explorado economicamente, até 15 milhas (28 Km), da costa, ao preço de 10 a 15 dólares por tonelada e reserva mínima no valor de US\$ 100.000.000. Com relação à distância da costa acima considerada, a mesma deverá duplicar por volta de 1980, com o desenvolvimento de novos métodos de escavação subterrânea.

3.1.4 - Método de exploração

O carvão abaixo do mar vem sendo explorado por métodos convencionais de mineração subterrânea. São escavados túneis que se estendem da costa até os locais desejados abaixo do fundo oceânico. É extraído da profundidade de até 8.000 pés (cerca de 2.400 m), abaixo do nível do mar.

3.2 - EVAPORITOS

3.2.1 - Origem

Os evaporitos são formados pela intensa evaporação da água salgada, em bacias de circulação restrita. A evaporação aumenta a concentração dos sais em solução, os quais precipitam, quando são atingidos seus respectivos pontos de saturação. No caso mais comum da água do mar, depositam-se primeiro os sais menos solúveis e por último os de maior solubilidade, na ordem abaixo:

CaCO_3 - camadas de calcário;

CaSO_4 - camadas de anidrita;

NaCl + pequena quantidade de CaSO_4 - camadas de halita;

K_2SO_4 . MgSO_4 . 2CaSO_4 . $2\text{H}_2\text{O}$ - Polihalita;

KCl + MgCl_2 . $6\text{H}_2\text{O}$ - Silvita e Carnalita.

A sequência dos últimos minerais formados na salmoura (polihalita, silvita, carnalita), é muito complexa e variável, dependendo de fatores como a temperatura e do eventual contato com cristais anteriormente formados, com os quais poderão reagir.

3.2.2 - Ocorrência

Depósitos evaporíticos ocorrem em quase todas as margens continentais do mundo, inclusive a margem atlântica. Em muitas destas bacias evaporíticas o sal ocorre sob a forma de camadas - sal estratificado - ou formando domos. No primeiro caso, como acontece em algumas áreas das plataformas e taludes da África, Oriente Médio, Europa e parte do Golfo do México, o

sal estratificado, encontra-se associado com camadas de sais de potássio e magnésio, constituindo importantes recursos destes elementos. Sais de potássio são ainda conhecidos na plataforma de Sergipe-Alagoas, no Mar do Norte e Mar Cáspio. Os domos de sal são conhecidos em várias partes do mundo, ocorrendo com mais freqüência na Costa do Golfo do México, tanto na parte terrestre como na submersa.

Os domos desta região caracterizam-se por apresentarem no seu topo, uma rocha-capa bem desenvolvida onde são encontrados depósitos de enxofre nativo ou elementar.

3.2.3 - Importância Econômica

Os depósitos evaporíticos, principalmente os sais de potássio, e o enxofre associado aos domos, constituem importantes recursos minerais subsuperficiais do mar. Sais de potássio, juntamente com o enxofre, são explorados na plataforma do Golfo do México, na Luisiana.

3.2.4 - Métodos de exploração

Sais de potássio juntamente com o enxofre elementar, são explorados pelo processo Frasch, que em linhas gerais, consiste na injeção de água quente através do poço, dissolução do sal e enxofre, e recuperação destes na superfície por bombeamento.

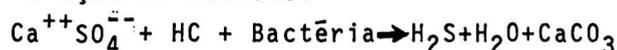
3.3 - ENXOFRE

3.3.1 - Origem

Será mencionada apenas a origem do enxofre elementar associado a domos de sal, por ser o tipo de depósito mais importante deste metalóide e também por ser o único, atualmente, explorado no mar.

Acredita-se que o enxofre destes depósitos seja formado, pela redução do sulfato da anidrita para gás sulfídrico, (por ação bacteriana na presença de hidrocarbonetos) e, da subsequente oxidação do gás sulfídrico para enxofre, de acordo com o esquema abaixo:

- Redução do sulfato:



Oxidação do gás sulfídrico:



3.3.2 - Ocorrência

O enxofre é distribuído amplamente no mundo, ocorrendo no estado elementar, e no combinado, nas formas de sulfetos e sulfatos.

Depósitos de enxofre são possíveis de ocorrer no mar, em áreas de ambientes redutores, particularmente, no sopé continental e em bacias evaporíticas. Os depósitos comerciais atualmente explorados, no entanto, estão associados a rocha-capas de domos de sal, que ocorrem na plataforma da Luisiana-USA.

3.3.3 - Importância Econômica

As reservas recuperáveis de enxofre associado a domos de sal, na parte submersa da costa do Golfo do México, foram estimadas em 37 milhões de toneladas no ano de 1960, com boas perspectivas de serem aumentadas com as pesquisas que ali vinham sendo desenvolvidas.

A produção de enxofre desta região é proveniente de apenas dois domos, situados na costa da Luisiana, USA, que no entanto, produzem cerca de 20% da produção daquele país, (maior produtor mundial).

3.3.4 - Método de exploração

Utiliza-se o processo Frasch, já referido no item 3.2.4. Um esquema dos equipamentos utilizados na mineração do enxofre, em um domo no continente, é mostrado na fig. 2.

4 - POTENCIAL MINERAL DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

4.1 - CARVÃO

No Brasil o carvão, é encontrado, na Bacia do Paraná, em camadas, dentro da formação Rio Bonito, de idade Permiano Médio. A principal região produtora é a do Estado de Santa Catarina, onde estão as únicas fontes de carvão coqueificável no Brasil. A bacia carbonífera desta região, localizada no sudeste do Estado, desenvolve-se ao longo de uma faixa de direção N-S, com cerca de 20 Km de largura por 950 Km de comprimento, cobrindo uma área de 1.900 Km². As reservas de carvão in situ, nas diversas camadas produtoras, somam cerca de 1,172,3 x 10⁶ toneladas, (Projeto Carvão de Santa Catarina).

Na plataforma continental ainda não foi constatada a existência de carvão, quer seja através de amostragem quer dos levantamentos sísmicos realizados, embora não se tenha feito pesquisa orientada neste sentido. Dessa forma as especulações, quanto às possibilidades carboníferas desta área, são baseadas em trabalhos realizados no continente, particularmente, o "Projeto Carvão de Santa Catarina", executado pelo DNPM/CPRM, 1974. Os principais dados deste relatório julgados de interesse para a avaliação do carvão na plataforma são mostrados a seguir:

- a) A camada de maior importância econômica é a Barro Branco (da formação Rio Bonito), por conter carvão coqueificável e apresentar grande distribuição em área.
- b) Os mapas elaborados sugerem que a formação Rio Bonito, bem como as camadas de carvão nela contida, estende-se em direção a plataforma continental.

Dados de refração sísmica, em frente a plataforma de Santa Catarina e a uma distância de 50 Km da costa, mostram no entanto a existência de um alto vulcânico onde já estaria ausente aquela formação, (Kowsmann, Leyden e Francisconi, 1974).

- c) O limite econômico de exploração em terra, estaria definido pela isópaca de 0,5 m de carvão na camada Barro Branco.

- d) Um sistema de falhamentos escalonados rebaixa cada vez mais, as camadas de carvão em direção ao mar. O rejeito médio destas falhas é da ordem de 35 m, podendo atingir o máximo de 100 m.

Dados do "Mapa Inferido", elaborado pela DIGEOM/CPRM, com base nos conhecimentos acima e nos mapas prē-existentes, sugerem que:

- a) Os locais mais favoráveis para pesquisa de carvão no mar, restringem-se a pequenas áreas, próximo à zona costeira, em frente ao Estado de Santa Catarina. Nestas áreas, as espessuras de carvão na camada Barro Branco, estariam compreendidas entre as isōpacas de 0,5 m e 1,0 m.
- b) Persistindo o padrão de falhamento escalonado, e não se levando em conta outros fatores, que poderiam afetar a posição estrutural das camadas de carvão, estas, nas zonas de interesse, estariam situadas a profundidades variando de cerca de 200 a 500 m. Esses dados no entanto, são ainda bastante precários não permitindo, assim, falar-se em reserva.

4.2 - EVAPORITOS

4.2.1 - Generalidades

O Brasil dispõe de enormes reservas de sais solúveis, nas suas bacias sedimentares terrestres.

Na região norte, na bacia amazônica depósitos de sal-gema de idade Paleozōica (Carbo/Permiano), estendem-se por uma área de cerca de 150.000 Km².

Na bacia de Sergipe-Alagoas, sais solúveis de idade Aptiana, encontram-se distribuídos por uma área de aproximadamente, 3.000 Km² e com reservas geolōgicas da ordem de 100 bilhões de toneladas.

Sais solúveis ocorrem ainda na parte sudoeste da bacia do Recōncavo, dentro da Formação Aliança de idade

jurássica, mas ao que se sabe até agora, em quantidade bem menor que nas bacias acima referidas.

Estas ocorrências destacam-se como de grande importância econômica devido, principalmente, a presença comprovada de sais de potássio e magnésio, (carnalita, silvinita e taquidrita).

Vários trabalhos abordando estes depósitos salíferos já foram realizados, podendo-se citar o "Projeto Potássio", executado pelo DNPM/CPRM e o projeto evaporitos de Sergipe e o do Amazonas, pela PETROBRÁS.

4.2.2 - Bacia Salífera da Margem Continental Brasileira

Extensas acumulações de evaporitos estão presentes na margem leste brasileira. Estes depósitos de idade atribuída ao Aptiano, foram formados durante a fase de Proto-oceano Atlântico (Asmus et al, 1972) sob condições de deposição em águas rasas (SZATIMARI, P., et al, 1974).

A delimitação preliminar destas bacias salíferas, em direção ao oceano (fig. 4), foi realizada por Leyden e Asmus et al 1972, com base em perfis sísmicos de reflexão e refração, complementados com dados de poços perfurados em algumas áreas.

Segundo os referidos autores o sal é encontrado nas bacias da margem continental brasileira, desde Santos até Alagoas, com exceção da área de Almada, onde está ausente. A maior extensão desta zona salífera, mar à dentro, verifica-se no seu extremo sul, em frente a Santos, onde se estende por 650 km até o platô de São Paulo. De uma maneira geral, o sal apresenta-se formando domos e outras estruturas diapíricas.

Na bacia de Sergipe-Alagoas onde o sal é encontrado estratificado ou formando "almofadas", a movimentação salina foi menor. Nesta bacia, além do sal-gema encontrado em vários poços perfurados, já foi comprovada também a existência de carnalita e silvinita nos poços SES-15, SES-8 e SES-3, como mostrado na fig. 3.

Essa ocorrência de sais de potássio possui espessura aproximada de 15 a 50 m e profundidade inferior a 3.000m. A existência de grandes reservas de sais de potássio no continente, em condições bem mais econômicas que no mar, tornam, aquelas, no momento, desinteressantes.

Carnalita e taquidrita foram ainda constatadas por dados de perfis, no poço 1-SPS-2, mas não se conhece ainda sua extensão lateral.

A presença de sal-gema, com elevada pureza encontrada nos domos rasos da foz do Rio Doce, poderão constituir recursos disponíveis no futuro.

4.3 - ENXOFRE

Apesar do enxofre ocorrer amplamente distribuído no mundo, até o presente no Brasil, não são conhecidos grandes depósitos comerciais deste metalóide. A nossa produção é ainda baixíssima, com cerca de 9.000 toneladas/ano e, a quase totalidade do consumo é atendida pela importação, a qual atingiu em 1974, 600.993 toneladas, no valor de US\$ 36.088,324, (ANTE-PROJETO ENXOFRE NA PLATAFORMA CONTINENTAL, DIGEOM/CPRM, 1975).

Também na plataforma brasileira a existência destes depósitos ainda não foi comprovada. No entanto, a presença nesta área de uma vasta bacia evaporítica, com formação de domos salinos constitui importante fonte potencial de enxofre.

4.3.1 - Enxofre nos domos de sal da MCB

Domos e outras estruturas salinas estão presentes na margem continental brasileira, desde o sul da Bahia até o Rio de Janeiro. Recentemente, novas estruturas dômicas ainda não caracterizadas quanto a natureza, foram identificadas em seções sísmicas na Região do Amazonas, além plataforma continental.

Destes domos os que despertam maior interesse imediato, para enxofre, devido suas profundidades, proximidades da costa e, aparentemente, características semelhantes

aos da Costa do Golfo, são os da plataforma continental do Espírito Santo. Estes domos foram descobertos pela Petrobrás, a partir dos levantamentos geofísicos (gravimetria e sísmica) realizados. Estudo detalhado dos mesmos foi realizado por Rocha, J.M., (1973), que utilizando alguns dos critérios estabelecidos por Feely e Kulp, (1957), selecionou os domos mais promissores para a pesquisa de enxofre na área.

Segundo o referido autor estas estruturas situadas na província da Foz do Rio Doce, estão penetrando rochas permo-porosas que lhes proporcionam ótimas condições para formação de uma espessa rocha-capas (fator indispensável) para ocorrência de grandes depósitos de enxofre). Além disto, evidências indiretas da existência da mesma, são encontradas nas seções sísmicas que atravessam estes domos.

5 - CONCLUSÕES

Deduz-se do exposto que, com relação aos chamados recursos minerais subsuperficiais do mar, a exceção do petróleo, a margem brasileira mostra o seguinte quadro:

- a) Os locais potencialmente mais favoráveis para ocorrência de carvão, restringem-se a pequenas áreas próximas à costa, em frente ao Estado de Santa Catarina. Estes depósitos estariam situados a profundidades variando de 200 a 500 m e seriam as extensões das jazidas conhecidas no continente, rebaixadas por falhamento escalonado.
- b) Recursos de potássio ocorrem na bacia de Sergipe - Alagoas, em reservas ainda não quantificadas, mas ao que tudo indica menores que as do continente. Devido principalmente, a profundidade em que são encontrados, (aproximadamente 3.000 m), tornam-se presently desinteressantes do ponto de vista econômico, mas constituem-se em importantes recursos disponíveis para o futuro.
- c) Depósitos de enxofre, embora potencialmente possíveis de ocorrer associados a imensa bacia evaporítica da MCB, ainda não foram constatados. Os domos de sal situados na foz do Rio Doce, apresentam-se como as mais promissoras fontes potenciais deste elemento.

Uma representação genérica do quadro acima é mostrada na fig. 4.

6 - BIBLIOGRAFIA

- 01 - ANÔNIMO, 1970 - "MINERAL RESOURCES OF THE SEA" - DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, UNITED NATIONS, N.Y.
- 02 - BACOCOLI, G; ALMEIDA, A.C.F.; BANDEIRA, A.J.Jr.; 1972 - "RECURSOS MINERAIS DO MAR" - CENPES/PETROBRÁS, REL. INT.
- 03 - BUMINES SURVEY REVISE DEFINITIONS OF MINERAL TERMS - GEOTIMES, SET, 1974.
- 04 - CRUICKSHANK, M.J.; et al - 1968 - "MINERAL RESOURCES POTENTIAL OF CONTINENTAL MARGINS" - E/MJ, 1968.
- 05 - EMERY, K.O. 1975 - "FOSSIL FUELS IN THE OCEAN: WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION, CONTRIBUTION No. 3196.
- X 06 - FABRÍCIO, J.A.C.; 1972 - "PROJETO CARVÃO DE SANTA CATARINA" - REL. FINAL, 2ª FASE - CONVÊNIO DNPM/CPRM, INÉDITO.
- 07 - FERNANDES, G.; 1968 . "O SALGEMA DA FORMAÇÃO NOVA OLINDA - BACIA DO MÉDIO AMAZONAS" - BOL. TÉCN. PETROBRÁS, V. 11, nº 2, ABR/JUN, 1968.
- 08 - HEDBERG, H.D.; 1970 - "CONTINENTAL MARGIN FROM VIEWPOINT OF THE PETROLEUM GEOLOGIST" - AAPG BOL., V.54, nº 1, JAN. 1970.
- X 09 - KOWSMANN, R.O.; LEYDEN, R.; FRANCISCONI, O.; 1974 - "REFRAÇÃO SÍSMICA MARINHA DAS BACIAS DE PELOTAS, SANTOS E PLATAFORMA DE TORRES" - XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA - PORTO ALEGRE-RS., 1974.
- 10 - LEITE, D.C.; FERNANDES, G., 1968 - "INVESTIGAÇÕES SOBRE AS POSSIBILIDADES DE SALGEMA NA PARTE SUDOESTE DA BACIA SEDIMENTAR DO RECÔNCAVO" - BOL. TÉCN. PETROBRÁS V. 11, nº 2, ABR/JUN, 1968.

- 11 - LEYDEN, R.; ASMUS, H.; et al, 1972 - "SOUTH ATLANTIC DIAPIRIC STRUCTURES" - SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO NA A.A.P.G.
- 12 - McKELVEY, V.E.; FRANK, F.H. WANG, 1970 - "WORLD SUBSEA MINERAL RESOURCES" - DEPARTMENT OF THE INTERIOR U.S.G.S.
- 13 - MILOI, L.F.; 1963 - "POTENTIAL OF THE SEA" - OCEAN INDUSTRY, V. 3, nº 6.
- 14 - PEPPER, J.F.; 1968 - "POTENTIAL MINERAL RESOURCES OF CONTINENTAL SHELVES OF THE WESTERN HEMISPHERE - U.S.G.S. 1968.
- 15 - ROCHA, J.M.; 1973 - "DOMOS DE SAL E POSSIBILIDADES DE ENXOFRE" - PLATAFORMA CONTINENTAL BAHIA-SUL/ ESPÍRITO SANTO, REMAC, REL. INT.
- 16 - SKINNER, B.J. - "RECURSOS MINERAIS DA TERRA" - TRADUÇÃO DE BORN, H. e DAMASCENO, E.D.; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EDITORA EDGARD BLUCHER LTDA., 1969.
- 17 - SOUZA, G.F.S.; 1973 - "PERFIL ANALÍTICO DO CARVÃO - BOL. nº 6, DNPM-MME.
- 18 - SZATIMARI PETER; CARVALHO, R.S.; SIMÕES, I.A.; TIBANA, P.; LEITE, D.C.: 1974 - "EVAPORITOS DE SERGIPE" - PETROBRÁS, SEN-Ba/SEPES, 1974, INÉDITO.
- 19 - TEIXEIRA, A.T.; SALDANHA, L.A.R., 1968 - "BACIA SALÍFERA APTIANA DE SERGIPE/ALAGOAS, OCORRÊNCIA DE SAIS SOLÚVEIS" - BOL. TÈC. PETROBRÁS, V. 11, nº 2, ABR/JUN, 1968.
- 20 - WENK, E.Jr.; 1969 - "THE PHYSICAL RESOURCES OF THE OCEAN" - SCIENTIF AMERICAN, V. 221, nº 3, SET. 1969.
- 21 - WILLIG, C.D.; 1974 - "CARVÃO MINERAL" - ATUALIDADES DO CONSELHO NACIONAL DE PETRÓLEO, BOL. nº 38 - ANO 5, SET/OUT - 1974.

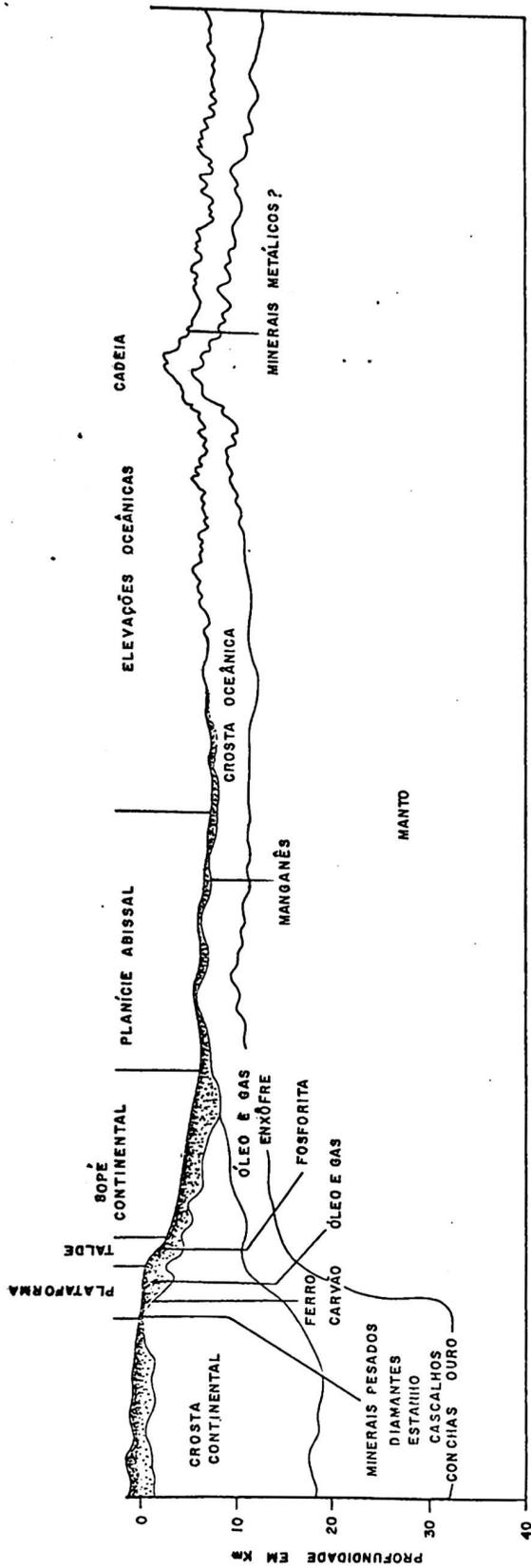


Fig. 1 - Recursos Minerais do Fundo Oceânico relacionados às províncias fisiográficas e tipo de crosta. Adaptado de Edward Went, Jr. em the Physical Resources of the Ocean.

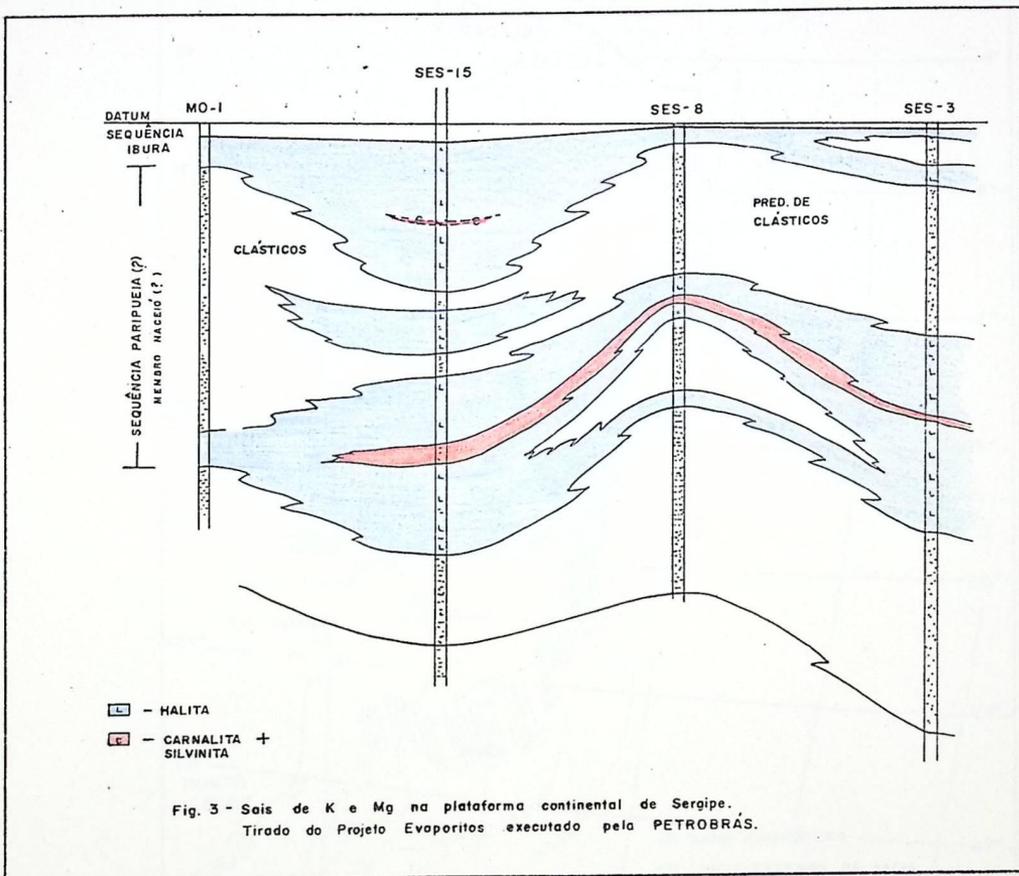


Fig. 3 - Sais de K e Mg na plataforma continental de Sergipe.
Tirado do Projeto Evaporitos executado pela PETROBRÁS.

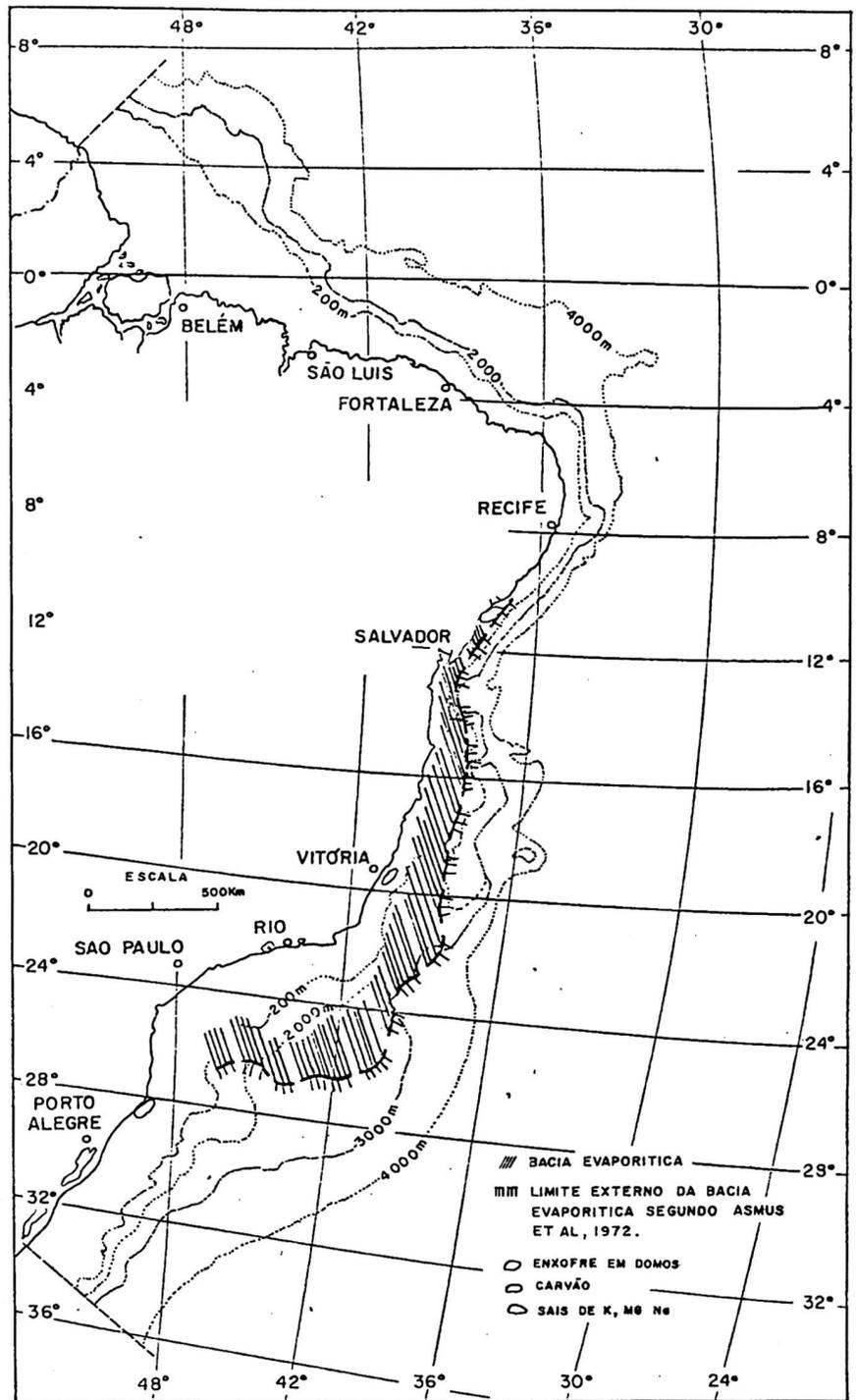


FIG. 4 - Recurso subsuperficiais (Potenciais) da MCB

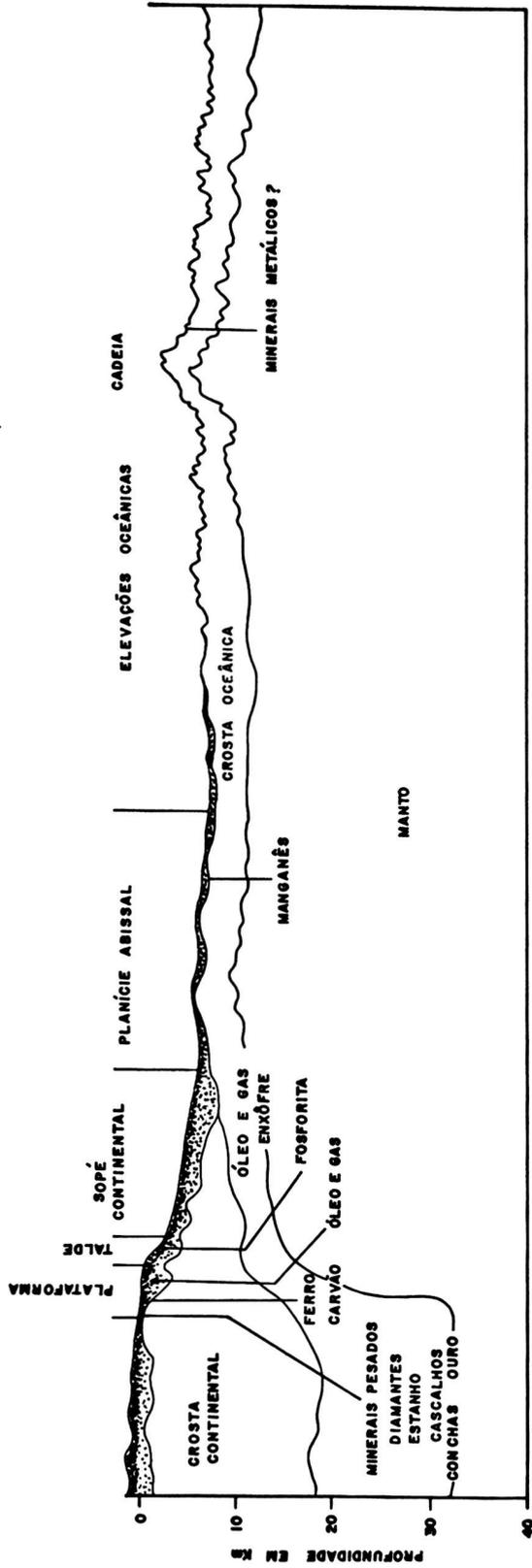


Fig. 1 - Recursos Minerais do Fundo Oceânico relacionados às províncias fisiográficas e tipo de crosta.
Adaptado de Edward Wenk, Jr. em the Physical Resources of the Ocean.

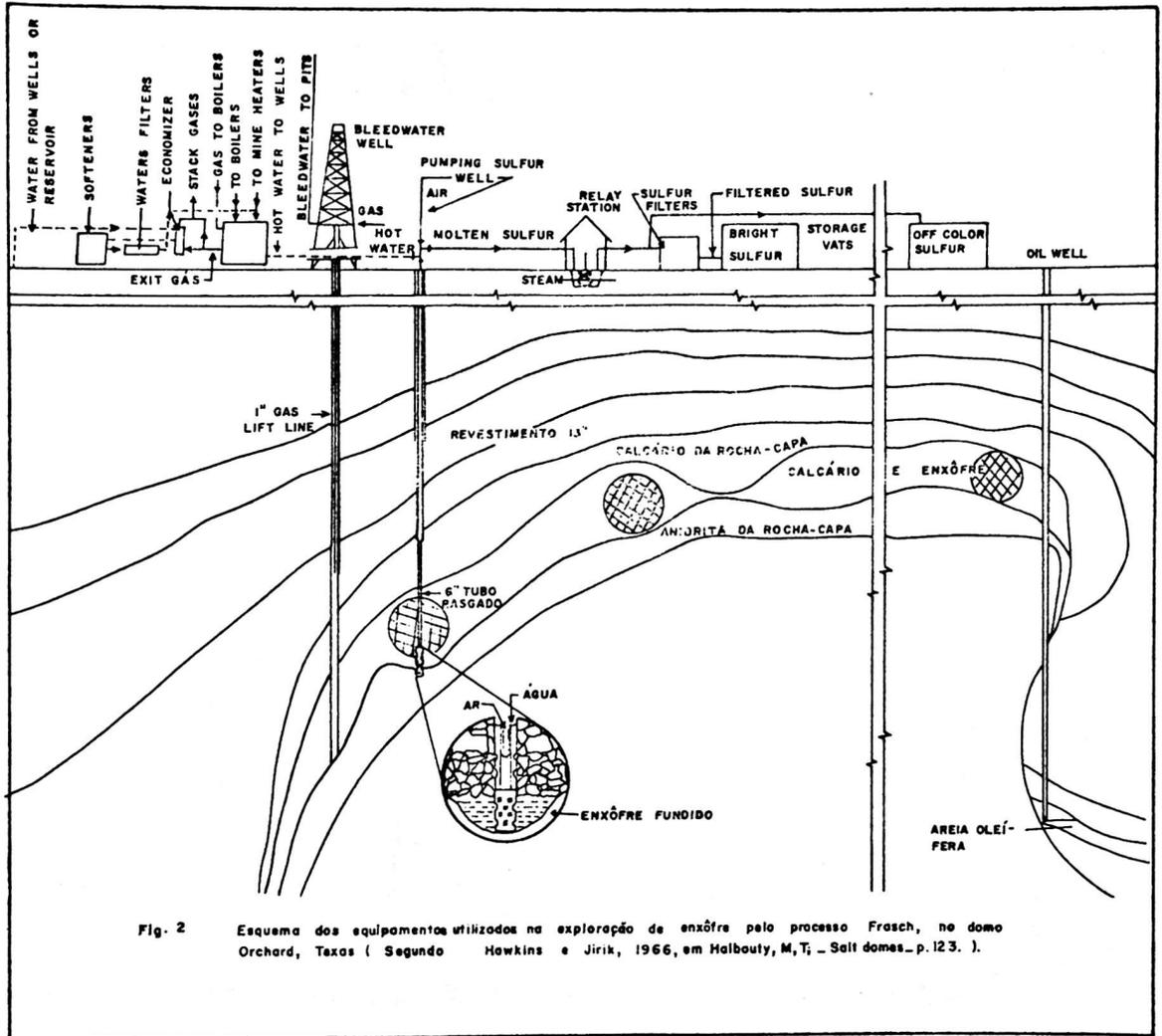
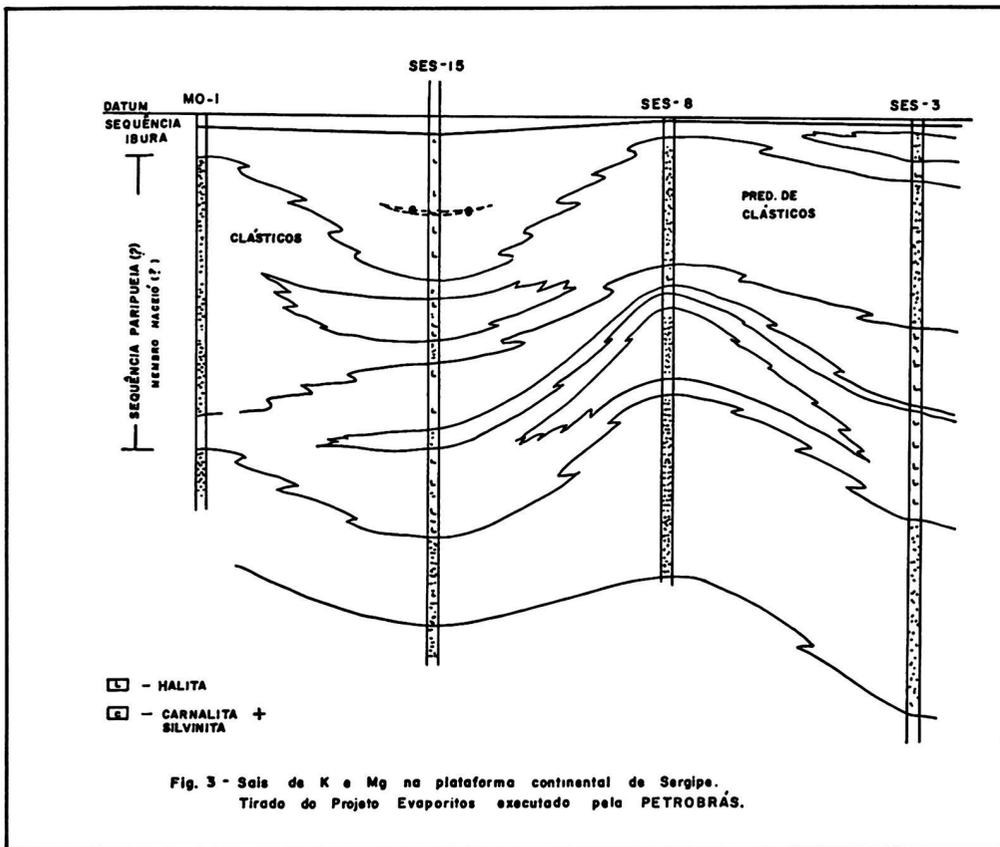


Fig. 2 Esquema dos equipamentos utilizados na exploração de enxofre pelo processo Frasch, no domo Orchard, Texas (Segundo Hawkins e Jirik, 1966, em Halbouty, M.T.; - Salt domes - p.123.).



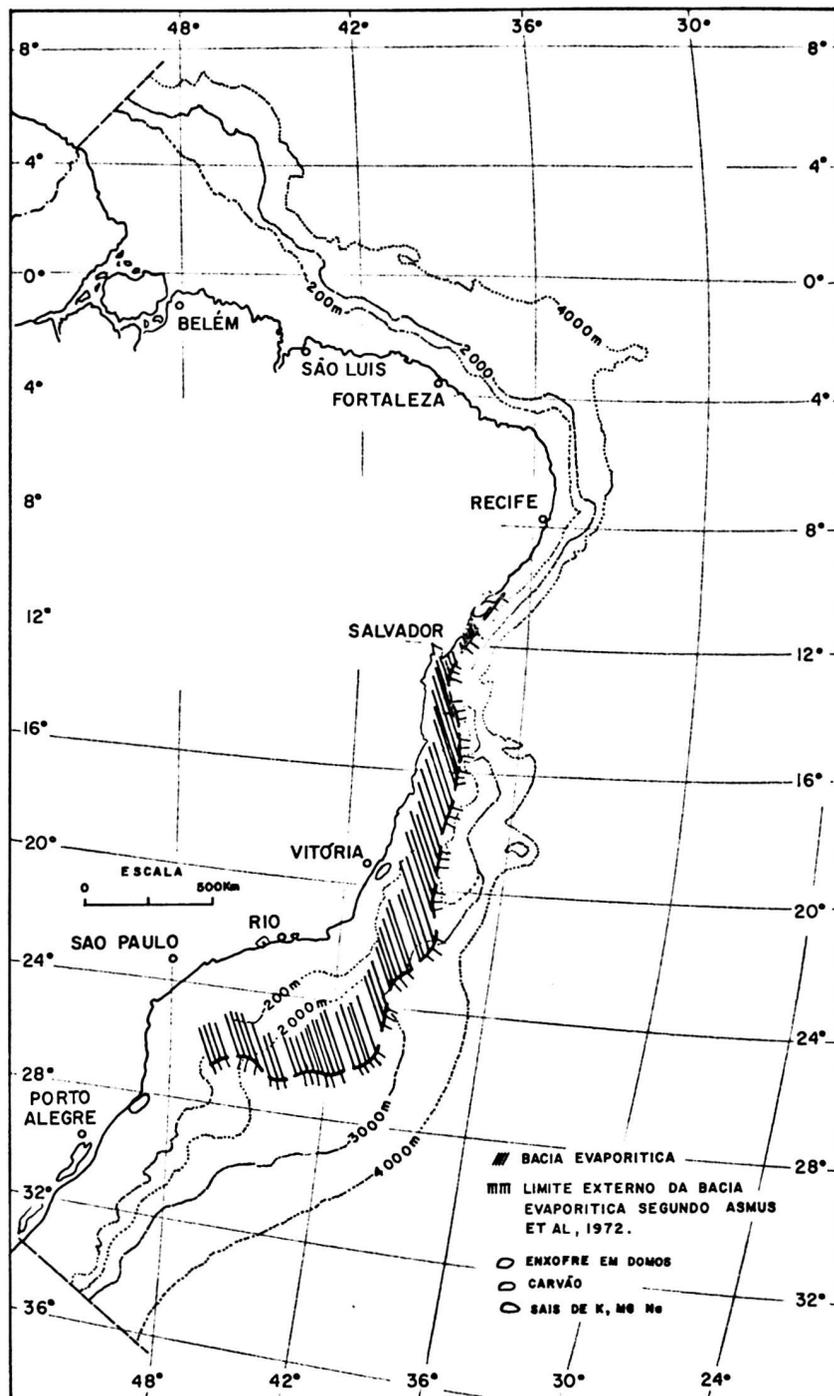


FIG. 4 - Recurso subsuperficiais (Potenciais) da MCB