

clássicos da geologia do petróleo brasileira

As bacias marginais brasileiras: estágio atual de conhecimento

The Brazilian marginal basins: current state of knowledge

Francisco Celso Ponte | Haroldo Erwin Asmus

nota introdutória

O trabalho, com o título *The Brazilian Marginal Basins: Current State of Knowledge* foi elaborado originalmente para ser apresentado no *International Symposium on Continental Margins of Atlantic Type* (São Paulo, outubro de 1975), organizado pela Comissão Brasileira de Geodinâmica e promovido pela Academia Brasileira de Ciências. Junto com outros trabalhos apresentados nesse simpósio, ele foi publicado em inglês num Suplemento do volume 48 dos Anais da Academia, em 1976. Esse volume representa, concomitantemente, o *Report 19* do *Geodynamics Project*. Distiguído com a escolha para ser divulgado neste Boletim de Geociências da Petrobras, o trabalho - agora traduzido para o Português - mostra o estado do conhecimento geológico da margem continental brasileira há cerca de 30 anos. Tal conhecimento resultou da integração de dados e informações obtidos em estudos e levantamentos prévios, cujas fontes acham-se listadas na bibliografia desta publicação.

Tais levantamentos já vinham se desenrolando desde o final dos anos 60, ainda que de forma modesta, com o propósito de atender a mudanças na estratégia de exploração da Petrobras. Ao abraçar uma tendência que se revelava ser de âmbito mundial, e, também, ao ponderar os resultados e prognósticos exploratórios - pouco alentadores - nas bacias interiores paleozóicas, a Companhia passou a orientar seus interesses para as bacias da margem continental e a envidar esforços, então mais intensos, no sentido de se informar sobre um território que, por sua condição submersa e pelas limitações das ferramentas exploratórias então existentes, mantinha-se, até àquela época, indevassável à perscrutação científica.

A realização dos levantamentos, naquela etapa inicial, deu-se num estimulante ambiente de diversificadas e, sobretudo, importantes inovações ligadas, com maior destaque, a políticas e estratégias exploratórias, a avanços científicos e tecnológicos, a mudanças paradigmáticas e a abordagens metodológicas.

No quadro de desafios que então se apresentavam nesse novo cenário, as diligências para enfrentá-los incluíram a composição de grupos de geólogos e geofísicos responsáveis pela interpretação e avaliação das várias bacias marginais. À competência própria desses profissionais somaram-se a atualização e o aprofundamento de suas capacidades através de estágios, cursos de pós-graduação e participação ativa em eventos científicos, no Brasil e no exterior.

A constituição de um grupo multi-institucional - Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC) - de que participaram, além da Petrobras, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), permitiu uma contribuição efetiva no estudo de características morfológicas, estratigráficas, estruturais e evolutivas da margem continental brasileira. Para tanto, esse projeto contou com trabalhos desenvolvidos tanto pelo seu corpo técnico como em parceria com o *Lamont - Doherty Geological Observatory* e o *Woods Hole Oceanographic Institution*.

À época do desenvolvimento desses trabalhos – tanto os dirigidos para a exploração de petróleo como aqueles de cunho mais acadêmico, mas também, direta ou indiretamente, de indiscutível interesse econômico e ambiental – dava-se a consolidação do novo modelo de origem e evolução dos oceanos e, por extensão, das margens que os limitam com os continentes. A integração de novos dados paleomagnéticos, geocronológicos, estruturais e estratigráficos trouxe evidências ponderáveis para a reativação do modelo da deriva dos continentes, agora apoiada pelos corolários do espalhamento do assoalho oceânico e da tectônica de placas. Passou-se, assim, por uma experiência que, para alguns, é representativa de uma verdadeira revolução científica, no sentido Kuhniano do termo, em que uma expressiva parcela da comunidade envolvida abandona o paradigma fixista e passa a adotar as premissas do modelo mobilista.

No caso específico do Atlântico Sul, os trabalhos realizados pela Petrobras e Projeto REMAC, isoladamente ou em associação com as instituições estrangeiras acima citadas, ofereceram uma contribuição valiosa para o desenvolvimento desse modelo, principalmente no que tange à margem continental brasileira e áreas emersas adjacentes.

Nesse contexto, o artigo agora republicado representa uma pequena contribuição à história da caracterização e interpretação da margem continental brasileira, à luz desse novo paradigma. Por extensão, também é representativo de uma etapa inicial da história da exploração de petróleo no desafiador ambiente submarino.

Haroldo Erwin Asmus

introductory note

The paper titled The Brazilian Marginal Basins: Current State of Knowledge was originally designed to be presented at the International Symposium on Continental Margins of Atlantic Type (São Paulo, in October 1975), organized by the Brazilian Committee of Geodynamics and promoted by the Brazilian Academy of Sciences, together with other papers presented at that symposium, was published in English in volume 48, 1976, Supplement of the Academy Annuals. Concomitantly, this volume represents Report 19 of the Geodynamics Project. Distinguished by the decision of having it included in this Petrobras Bulletin of Geosciences, this paper - this time translated into Portuguese - shows the state of the geological knowledge about the Brazilian continental margin 30 years ago. This knowledge resulted from the integration of data and information obtained from previous studies and surveys - the sources of these studies and surveys have been listed in the Bibliography found at the end of this publication. These surveys have been modestly started mainly since the end of the 60's, with the purpose of fulfilling the changes in Petrobras exploration strategy. By embracing a

worldwide trend of that time and by also taking into account the exploratory results and prognostics - which are not very encouraging - in the Paleozoic inland basins, the company has started to gear its interests towards the basins of the continental margin and to concentrate efforts - that at that time were stronger - in order to provide information about a territory, which due to its submerged status and because of the limitations of the exploratory tools available at that time were kept until then hidden from the scientific scrutiny.

At those initial times, surveys have taken place at a stimulating environment of innovations, which were diversified and most of all important, as well as they were clearly linked to exploratory policies and strategies, scientific and technological progresses, paradigmatic changes and methodological approaches.

Within the framework of the challenges that were present in that new scenario at that time, the measures to face them included setting up groups of geologists and geophysicists in charge of interpreting and assessing the different marginal basins. The competence of those professionals was added to the update and enhancement of their skills through internships, graduate courses and an active participation in scientific events in Brazil and abroad.

The constitution of a multiinstitutional project - Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC) [Project of Global Recognition of the Brazilian Continental Margin] of which in addition to Petrobras, also the National Division of Mineral Production (DNPM), the Mineral Resources Research Company (CPRM), the Hydrography and Navigation Bureau (DHN) and the National Council of Scientific and Technological Development (CNPq) allowed the morphologic, stratigraphic, structural and evolutionary characteristics of the Brazilian continental margin to be included in the study. In order to achieve this, this project has trusted on research work developed by its technical staff as well as by the partnership established with the Lamont - Doherty Geological Observatory and Woods Hole Oceanographic Institution.

At the time those research works were developed - both those geared towards oil exploration such as the more academic ones and those directly or indirectly containing an undeniable economic and environmental interest - also took place the consolidation of the new model of the origin and evolution of the oceans, as well as that of the margins that limit the continents. The integration of new paleomagnetic, geochronological, structural and stratigraphic data has brought about evidences that can be taken into account in the reactivation of the continental drift model that is currently supported by the corollary of the spreading of the ocean floor and of tectonic plates. Thus the experience for some people represented an actual scientific revolution, in the Kuhnian sense of the term, in which a significant part of the scientific community involved abandoned the fixist paradigm and has adopted the drift paradigm.

In the specific case of the South Atlantic, the research work performed by Petrobras and the REMAC Project separately or linked to the foreign institutions mentioned above offered a valuable contribution to the development of this model, mainly regarding the Brazilian continental margin and adjacent emerged areas.

Within this context, the article that has just been published represents a small contribution to the history of the characterization and the interpretation of the Brazilian continental margin in the light of this new paradigm. Consequently it also represents an initial phase of the history of oil exploration in the challenging submarine environment.

Haroldo Erwin Asmus

resumo

Com base em diferenças nas suas características estratigráficas e/ou estruturais, a margem continental brasileira pode ser dividida em duas províncias principais:

(1) a província leste - sudeste, estendendo-se da bacia de Pelotas até a bacia Recife - João Pessoa, apresenta um estilo tectônico distensional cujas idades vão do Jurássico Tardio ao Cretáceo Inicial. As estruturas ali presentes acham-se dispostas paralelamente aos alinhamentos estruturais do embasamento pré-cambriano, exceto no segmento do nordeste, onde as falhas mesozóicas, na bacia Recife - João Pessoa, cortam transversalmente as direções leste - oeste do embasamento. O preenchimento da bacia, do Jurássico Superior até o Recente, consiste, quando completo, em três seqüências estratigráficas que se distinguem umas das outras pelos ambientes deposicionais em que se formaram: (a) uma seqüência inferior, clástica, não-marinha; (b) uma seqüência intermediária, evaporítica; e (c) uma seqüência superior, clástica parálica e marinha aberta.

(2) a província do norte, cuja extensão vai da bacia Potiguar até a bacia da Foz do Amazonas, exhibe dois estilos tectônicos: um de distensão e outro de compressão, com idades situadas entre o Jurássico Tardio e o Cretáceo Tardio, com direções que se dispõem tanto paralelamente aos alinhamentos do embasamento como os cortam transversalmente. A coluna estratigráfica dessa província difere da província leste - sudeste devido à ausência de rochas evaporíticas do Cretáceo Inferior.

A integração dos dados estratigráficos e estruturais permite que se determinem, nas bacias marginais brasileiras do leste, os principais estágios evolucionais de uma típica margem continental de fragmentação e deriva: um estágio pré-rifte e rifte, um estágio proto-oceânico evaporítico, e um estágio oceânico, marinho aberto normal.

Na província norte é possível inferir um estágio de rifte continental, um estágio marinho ligado a movimentos transformantes, e um estágio de oceano aberto. A relação entre os estágios de rifte e transformante não é clara.

Palavras-chave: margem continental brasileira | fisiografia | estruturas e tectonismo | estratigrafia e sedimentação | evolução geológica

abstract

Based on distinctive stratigraphic and/or structural characteristics, the Brazilian continental margin can be divided into two main provinces :

(1)The southeastern-eastern province, extending from the Pelotas to the Recife - João Pessoa Basin, presents a tensional tectonic style of Late Jurassic - Early Cretaceous age, paralleling the structural alignments of the Precambrian basement, except in the northeastern segment where the Mesozoic faults of the Recife - João Pessoa Basin cut across the east-west basement directions. The basin-fill, Upper Jurassic through Recent, consists, where complete, of three stratigraphic sequences, each of a distinct depositional environment: (a) a lower clastic non-marine sequence; (b) a middle evaporitic sequence, and (c) an upper clastic paralic and open marine sequence.

(2)The northern province, extending from the Potiguar Basin to the Amazon Submarine Basin, displays both tensional and compressional tectonic styles of Upper Jurassic (?) to Upper Cretaceous age either paralleling or cutting transversally the basement alignments. The stratigraphic column differs from the southeastern - eastern province in lacking the Lower Cretaceous evaporitic rocks.

The integration of the stratigraphic and structural data allows one to determine in the eastern Brazilian marginal basins the main evolutionary stages of a typical pull-apart continental margin: a continental pre-rift and rift stage, an evaporitic proto-ocean stage, and a normal open ocean stage.

In the northern province it is possible to infer a continental rift valley stage, a marine transform - movement stage and an open ocean stage. The relationship between the rift valley and transform movement stages is not clear.

Keywords: *brazilian continental margin | physiography | structures and tectonism | stratigraphy and sedimentation | geologic evolution*

introdução

A intensificação dos levantamentos realizados pela PETROBRÁS, nos últimos três anos, na plataforma continental brasileira e na região costeira que lhe é adjacente, tem fornecido uma quantidade considerável de novos dados geofísicos e geológicos.

O conhecimento geológico, entretanto, não é uniforme em todas as bacias marginais (Figura 1). As variadas potencialidades petrolíferas e a existência de áreas que apresentam dificuldade de acesso às atuais ferramentas exploratórias resultam em uma distribuição irregular das informações. Mesmo assim, os dados acumulados são adequados para a revisão e atualização de trabalhos anteriores sobre a margem continental brasileira (Asmus e Porto, 1972; Asmus e Ponte, 1973; Miura e Barbosa, 1972; Campos *et al.* 1974).

A seção leste, desde a bacia de Pelotas até a bacia de Recife - João Pessoa, representa uma margem Atlântica típica, relativamente simples, que aparentemente conforma-se com o modelo de deriva continental. Inferências estratigráficas e estruturais anteriores (Estrella, 1972; Asmus e Porto, 1972; Asmus e Ponte, 1973), baseadas nesse modelo, foram confirmadas pelos novos dados.

Ao longo da margem norte a situação apresenta-se de forma diferente. As novas informações sobre a idade e distribuição de estratos mesozóicos, intensamente dobrados, aparentemente não se ajustam aos modelos sugeridos (Miura e Barbosa, 1972; Kumar e Ladd, 1974) para explicar a origem de algumas dessas feições.

Este trabalho pretende mostrar uma síntese dos conhecimentos atuais sobre as margens leste e norte. Na medida do possível, procurou-se enfocá-lo para os problemas geodinâmicos relacionados com a origem e evolução da margem continental brasileira e estabelecer possíveis ligações desses problemas com alguns eventos e feições com sede na área continental emersa.

fisiografia

áreas submersas

Os primeiros estudos fisiográficos sobre a margem continental brasileira concentraram-se ou em feições particulares ou em problemas específicos situados em áreas restritas (p. ex. Almeida, 1955, 1961; Hayes e Ewing, 1970; Leyden *et al.* 1971).

Análises de áreas mais extensas efetuaram-se em 1969 (Buttler; Boyer; Ealey) não obstante, ainda continuavam limitadas a certas seções da ampla margem continental brasileira.

O primeiro trabalho fisiográfico cobrindo toda a margem continental brasileira foi apresentado, também em 1969, por Barretto e Milliman. Eles subdividiram a área em três grandes províncias topográficas:

(1) A plataforma Amazonas - Maranhão, larga, relativamente rasa e com uma superfície topográfica regular. O gradiente e o relevo do talude são variáveis. O cone amazônico aparece como uma destacada feição construtiva no talude continental (Figuras 5 e 6).

(2) A plataforma do nordeste se estende da baía de São Marcos, no Maranhão (Figura 2), até Belmonte, na Bahia (Figura 4). Esse segmento apresenta, além da porção mais estreita da plataforma brasileira, uma topografia irregular e um talude abrupto.

(3) Na plataforma leste - sudeste as larguras e profundidades, assim como padrões fisiográficos, são variáveis; essa variabilidade concede uma condição apropriada para admitir uma subdivisão adicional nesse trecho da margem continental.

A análise das características morfoestruturais e a correlação de perfis batimétricos, transversais à margem, permitiram que Barretto e Milliman (1969) inferissem relações genéticas para algumas feições na margem continental brasileira. Em consequência, as características construtivas resultantes da progradação sedimentar, em direção ao oceano, foram determinadas no cone amazônico (Figura 2) e ao longo da margem continental do Rio Grande do Sul. Os perfis batimétricos na margem continental, ao largo de Recife, norte de Salvador, e de Vitória, mostram os efeitos de um tectonismo responsável pelo aumento do talude, ainda não nivelado por sedimentação. Na área ao sul do Banco de Abrolhos (Figura 4), os perfis batimétricos revelam efeitos adicionais de acreção vulcânica.

Novos dados, fornecidos por várias fontes, proporcionaram o melhoramento da definição de regiões morfológicas (Zembruscki *et al.* 1972).

Figura 1

Mapa índice das bacias sedimentares brasileiras. Círculos abertos - bacias paleozóicas; pontos - bacias mesozóicas - cenozóicas.

Figure 1

Index map of the Brazilian sedimentary basins. Open circles Paleozoic basins; small dots = Mesozoic - Cenozoic basins.



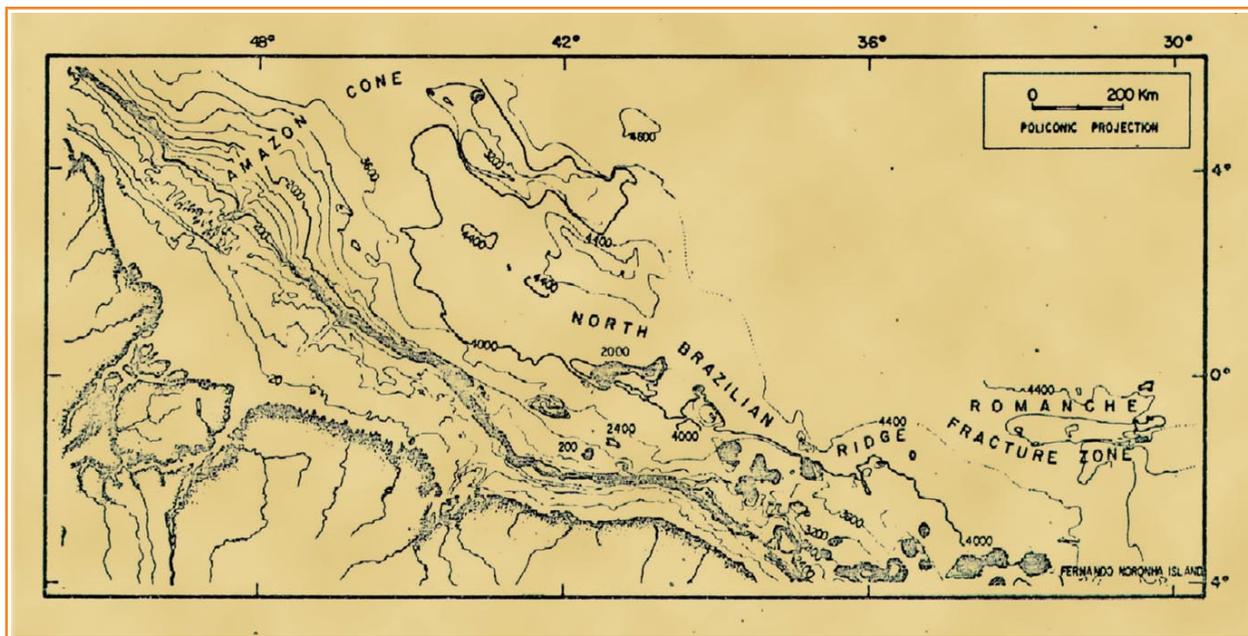


Figura 2
Mapa batimétrico da margem continental brasileira norte (REMCA, 1973).

Figure 2
Bathymetric map of the northern Brazilian continental margin (after REMCA, 1973).

Recentemente, o Projeto REMCA (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira) (1973) elaborou mapas batimétricos detalhados (Figuras 2, 3, 4 e 5) através dos quais tornou-se possível o delineamento das características fisiográficas de forma mais acurada (Figura 6).

A natureza, configuração e direção geral de algumas feições presentes na margem continental são sugestivas de que elas possam ter continuidade na porção continental emersa, como revelado por estruturas que ali ocorrem. Essa associação constitui uma evidência importante para o estudo dos processos evolutivos da margem continental brasileira. A Figura 6 mostra as feições mais significativas, concisamente descritas a seguir.

Coube a Hayes e Ewing (1970) o primeiro relato da Cadeia Norte Brasileira. Os vários levantamentos realizados subsequente a essa data têm demonstrado a importância dessa cadeia para o estudo da história da margem continental equatorial brasileira. Hayes e Ewing, limitados pela escassez de dados então disponíveis, consideraram essa cadeia como uma feição contínua de provável origem vulcânica e, no aspecto estrutural, independente do sistema de fraturas do Atlântico Equatorial. Trabalhos mais recentes, relatados por Bryan *et al.* (1972) e Kumar e Bryan (1973), mostraram que, na verdade, a Cadeia

Norte Brasileira é formada por uma série de segmentos desconectados (Figuras 2 e 3). O segmento sul (aproximadamente 1,8°S) situa-se na porção ocidental da Zona de Fratura Romanche e aparentemente continua pela plataforma continental onde forma um alto de rochas pré-cambrianas conhecido como Terraço do Ceará (Bryan *et al.* 1972; Kumar e Bryan, 1973). Esses mesmos autores sugeriram a continuação do segmento norte na Zona de Fratura Saint Paul, o que foi posteriormente confirmado por levantamentos geofísicos nessa área (J. C. Carvalho, 1974, comunicação pessoal).

A Cadeia Fernando de Noronha (Figuras 3 e 6) constitui-se em um extenso lineamento de montes submarinos elevando-se acima do nível do mar nas ilhas de Fernando de Noronha e no Atol das Rocas. Essas ilhas oceânicas representam testemunhos apropriados para o esclarecimento da origem e da natureza vulcânica da cadeia (Almeida, 1955). Uma associação dos elementos vulcânicos de Fernando de Noronha e, por extensão, da cadeia na qual elas se situam, com uma zona de fratura oceânica, foi proposta por Almeida (1955, 1960, 1965). Almeida também considerou o vulcanismo miocênico de Mecejana, no litoral do Ceará, como uma extensão dessa cadeia oceânica pela porção emersa do continente. Bryan *et al.* (1972), Kumar

Figura 3

Mapa batimétrico da margem continental brasileira nordeste (REMAC, 1973).

Figure 3

Bathymetric map of the northeastern Brazilian continental margin (after REMAC, 1973).



e Bryan (1973) e Gorini e Bryan (1974) sugeriram, tentativamente, a conexão da parte mais oriental da Cadeia de Fernando de Noronha com a Zona de Fratura Chain e a sua porção mais ocidental com uma feição da plataforma continental conhecida como Alto de Fortaleza.

A Cadeia Vitória - Trindade é um lineamento de montes submarinos e *guyots* (Figuras 4 e 6)

que se estende por 1 000 km ao longo do paralelo 20°30'S. Almeida (1961), no seu estudo sobre a Ilha de Trindade, localizada na porção mais oriental desse lineamento, ofereceu informações importantes por revelarem a natureza vulcânica da cadeia. Ainda Almeida, em 1961 e 1965, também postulou a associação dessa cadeia com uma fratura do assoalho oceânico. Uma elevação estru-

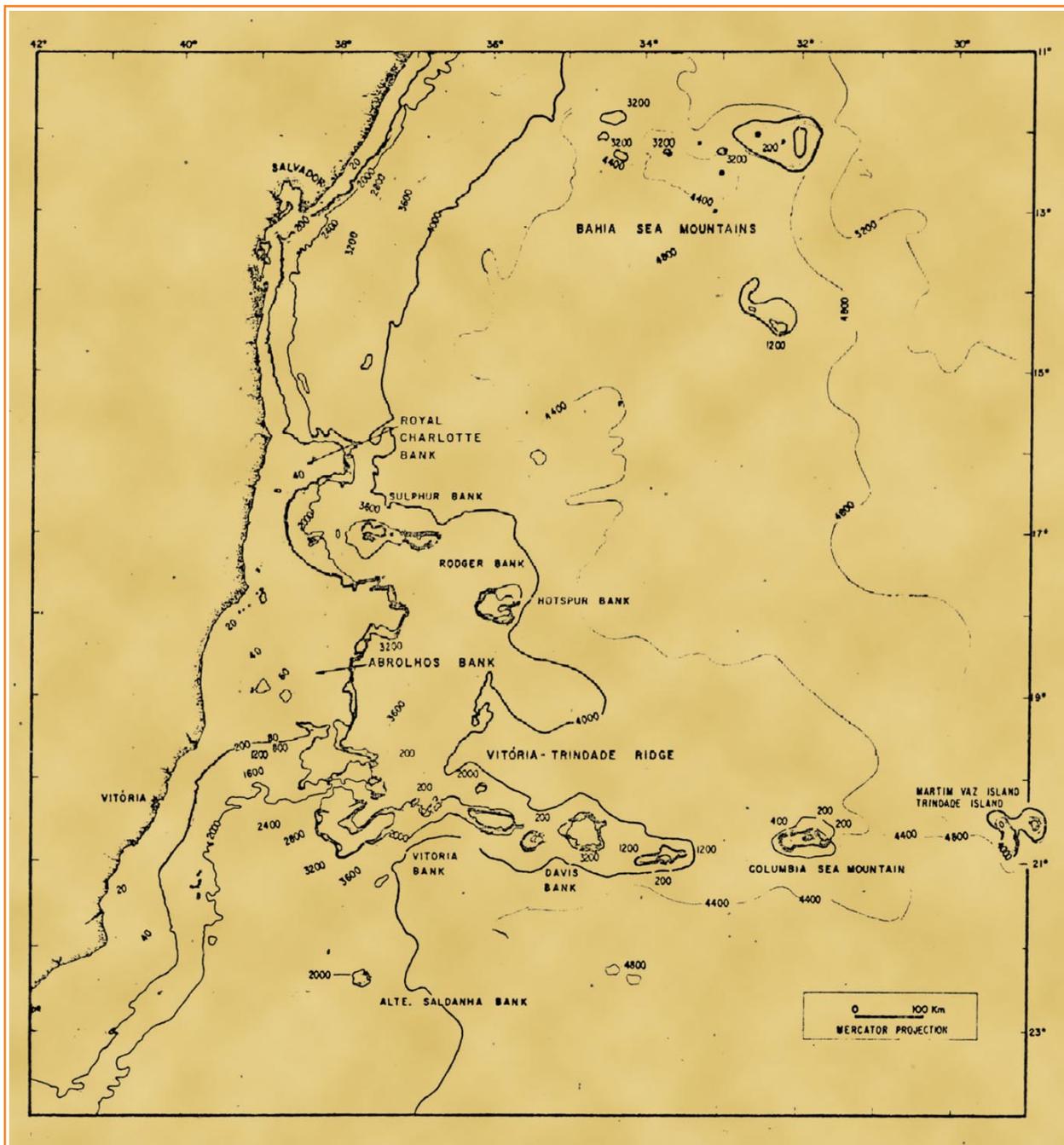


Figura 4
Mapa batimétrico da margem brasileira leste (REMAC, 1973).

Figure 4
Bathymetric map of the eastern Brazilian margin (after REMAC, 1973).

tural do embasamento, conhecida como Alto de Vitória, poderia estar relacionada com a Cadeia Vitória - Trindade.

Um grupo de feições menores, com distribuição aparentemente irregular, pode, com efeito, ter uma orientação essencialmente leste - oeste. Essas feições ocorrem numa área limitada ao norte pela Cadeia Fernando de Noronha e ao sul pela Cadeia Vitória - Trindade. Sugerimos que essas feições tenham resultado de atividade magmática

ao longo de fraturas no assoalho oceânico. Aparentemente esses montes submarinos também se relacionam com os processos que desenvolveram fraturas morfológicas no talude e sopé continentais, e, localmente, estenderam a sua atividade em áreas emersas. Os montes submarinos da Paraíba e o monte submarino de Pernambuco exemplificam essas pequenas feições.

Ao largo da Paraíba os montes submarinos acham-se alinhados ao longo do paralelo 6°40' S

(Figura 3). A associação dos montes submarinos da Paraíba com anomalias magnéticas ainda não está satisfatoriamente estabelecida (Fainstein *et al.* 1975). Na área emersa, na mesma latitude, situa-se o lineamento pré-cambriano de Patos. Embora seja-se tentado a sugerir uma relação entre essas duas feições, não se dispõem, até o presente, de indicações diretas, estruturais ou genéticas, capazes de dar suporte a esse relacionamento.

O monte submarino de Pernambuco tem o seu eixo maior no paralelo 8°30'S, com orientação essencialmente leste - oeste (Figura 3). Pode-se conjecturar a sua possível associação com a atividade vulcânica que formou o Platô de Pernambuco, uma feição construtiva no talude da margem continental, a qual, como apontado por Fainstein *et al.* (1975), apresenta uma expressiva anomalia magnética. Provavelmente, as vulcânicas do Cabo, na região emersa situada nas proximidades de Recife (Figura 9), podem estar associadas ao mesmo magmatismo. Todas essas feições localizam-se junto da linha que forma uma possível continuação do lineamento Floresta - Pernambuco (Figuras 3 e 7). Não obstante, além dessa coincidência, nenhum relacionamento genético ou es-

trutural pode ser postulado com base nos dados disponíveis.

Os bancos de Abrolhos e Royal Charlotte caracterizam-se pelo alargamento que produziram na plataforma continental. A natureza vulcânica acrecionária do Banco de Abrolhos foi sugerida por Boyer (1969) e a sua gênese foi estudada por Asmus (1970). Levantamentos geofísicos e poços perfurados no Banco de Abrolhos confirmaram essas conjecturas e, ademais, permitiram estender a mesma inferência quanto à natureza vulcânica e similaridade dos processos evolutivos para o Banco de Royal Charlotte (Asmus e Palma, 1973).

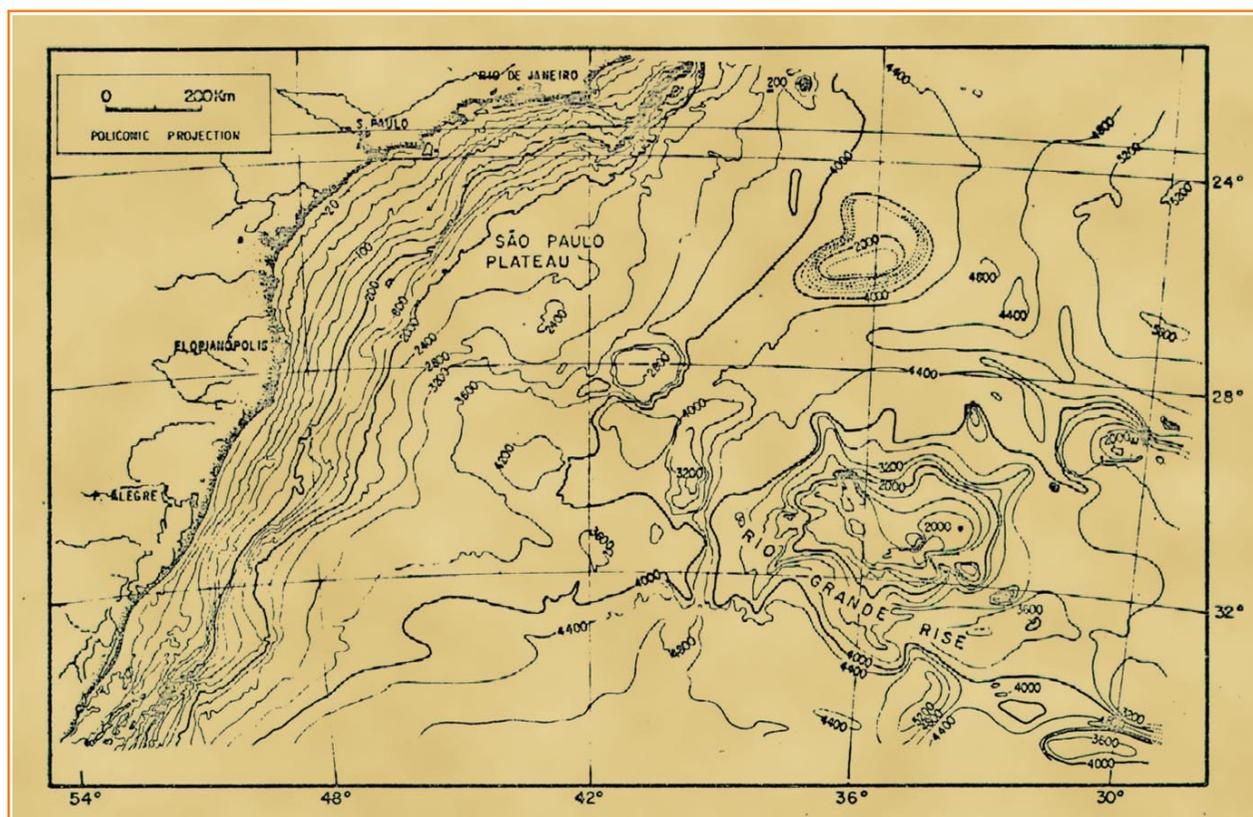
O Platô de São Paulo (Figuras 5 e 6) é uma feição conspícua, com uma área de 114 000 km² (Zembruscki *et al.* 1972). A sua natureza acrecional por vulcanismo tem sido sugerida por levantamentos sísmicos (Baccar, 1970; Leyden e Nunes, 1972; Leyden *et al.* no prelo). Na área emersa, o Arco de Ponta Grossa, sítio de uma intensa atividade ígnea, no Cretáceo Inicial (Sanford e Lange, 1960), pode ser relacionado com o Platô de São Paulo. Em direção ao sudeste, é-se instigado a relacionar esse platô com a Elevação do Rio Grande, cuja natureza e origem ainda não são bem conhecidas.

Figura 5

Mapa batimétrico da margem continental brasileira sudeste (REMAC, 1973).

Figure 5

Bathymetric map of the southeastern Brazilian continental margin (after REMAC, 1973).



áreas emersas

A análise fisiográfica das áreas emersas que se situam nas bordas da margem continental pode revelar o relacionamento genético entre o arranjo estrutural cratônico e a evolução geológica das margens continentais. Até o presente, não se conduziu no Brasil qualquer estudo sistemático com vistas a esse objetivo. Em consequência, a discussão sobre a organização fisiográfica da porção emersa da margem continental brasileira, aqui incluída, tem como propósito principal chamar a atenção para a importância geológica dessa área, em vez de fornecer quaisquer outras novas informações relevantes.

Como referido por Ab'Saber (1955), já se propuseram diversas classificações para o relevo brasileiro. Entretanto, não é propósito deste trabalho discuti-las ou adotar qualquer classificação geralmente aceita.

A fim de ilustrar a presente discussão das feições fisiográficas da porção emersa da margem continental brasileira, mostra-se uma porção simplificada do Mapa Geomorfológico do Brasil, publicado pelo IBGE em 1968. Nesse mapa simplificado, consideram-se, de forma esquemática, somente quatro unidades geomorfológicas informais: planícies ou terras-baixas; tabuleiros e chapadas; cuestras; e serras (Figura 6).

As planícies são terrenos baixos, com elevações de apenas alguns metros acima do nível do mar. Constituem superfícies topográficas de construção recente, cobertas por sedimentos cenozóicos, incluindo, na sua maior parte, depósitos aluviais fluviais e areias de praia. Aham-se compreendidas nessa unidade, como mostrado na figura 6, parte da ampla planície amazônica e as planícies costeiras. Estas últimas são locais de sedimentação transicional, entre os ambientes marinho e continental. Formam cinturões longos e estreitos, localmente descontínuos, bordejando a linha de costa. Na margem sudeste, a planície costeira restringe-se a uma simples linha ou é interrompida por elevações da Serra do Mar que se estendem até a costa.

O símbolo que, na figura 6, indica tabuleiros também representa algumas feições topográficas deno-

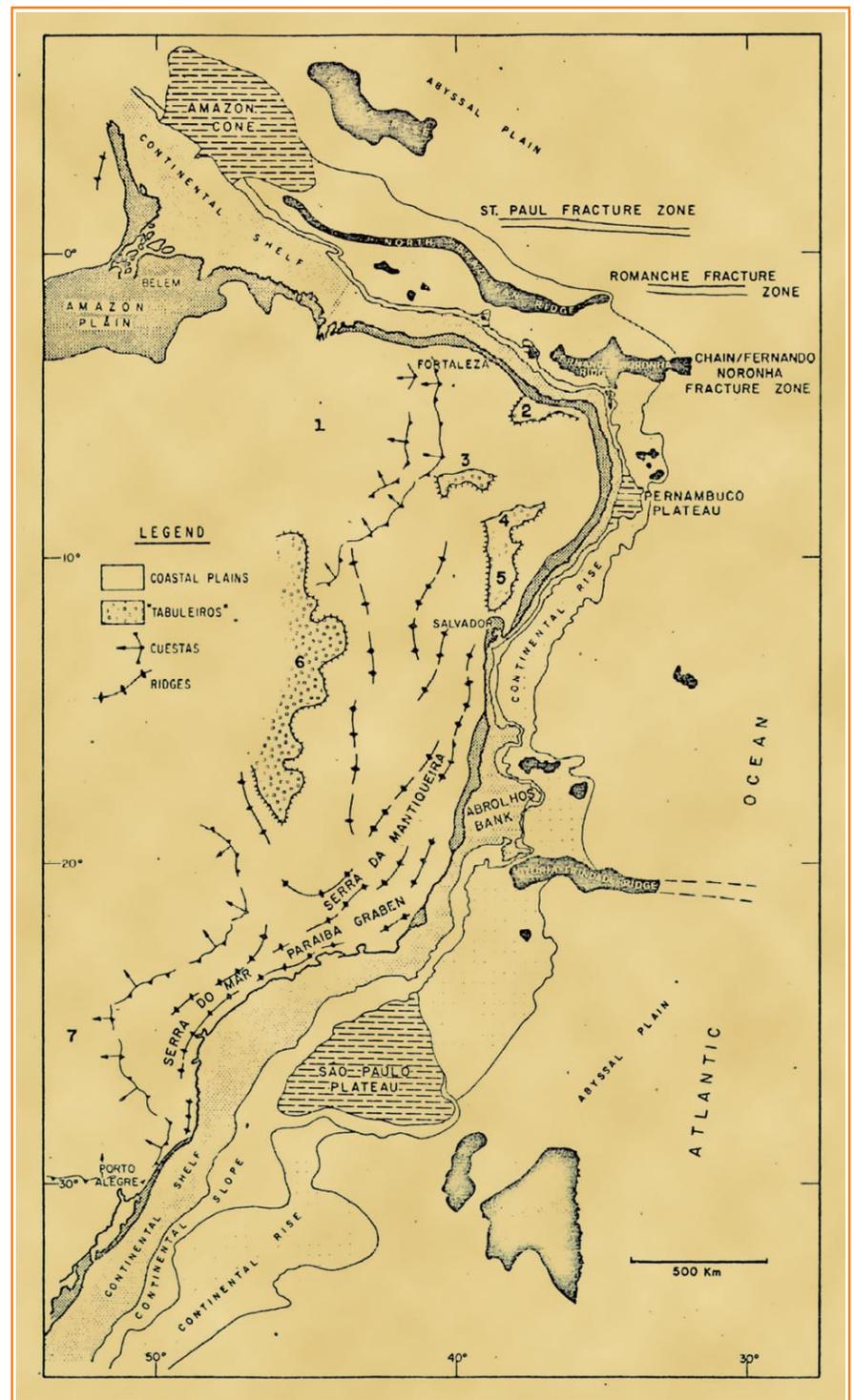


Figura 6 - Mapa fisiográfico da margem continental brasileira.

1 - Bacia sedimentar do Maranhão;
2 - Chapada Apodi; 3 - Chapada Araripe; 4 - Tabuleiros Jatobá;
5 - Tabuleiros Tucano; 6 - Chapadões Uruçuia; 7 - Bacia do Paraná (modificado de Asmus, 1973).

Figure 6 - Physiographic map of the Brazilian continental margin.

1 - Maranhão sedimentary basin;
2 - "Chapada" Apodi; 3 - "Chapada" Araripe; 4 - "Tabuleiros" Jatobá;
5 - "Tabuleiros" Tucano;
6 - "Chapadões" Uruçuia; 7 - Paraná basin (modified from Asmus, 1973).

minadas chapadas e chapadões. Tanto os tabuleiros como as chapadas, como aqui considerados, são platôs ou terraços sedimentares formados por estratos horizontais ou subhorizontais, de idades mesozóica e cenozóica, e limitados por escarpas de erosão.

No Nordeste, duas pequenas áreas de chapadas, a saber: Apodi (100 a 200 m de altitude) e Araripe (500 a 700 m de altitude) e duas áreas de tabuleiros: Tucano e Jatobá (500 a 700 m de altitude) são bacias sedimentares soerguidas. O arcabouço estrutural do leito do embasamento subjacente a essas bacias acha-se controlado por lineamentos pré-cambrianos. O lineamento de Jaguaribe, de direção NNE-SSW, limita a borda oeste da chapada do Apodi. Aparentemente, ele se estende para o norte com uma expressão estrutural no arcabouço tectônico da plataforma continental (Figura 7). A chapada do Araripe é uma bacia do tipo semi-gráben, formada por um bloco rebaixado, cortada pelo lineamento Patos - Paraíba. Esse lineamento, como discutido previamente, tem uma aparente continuação costa afóra, que se configura como um conjunto de montes submarinos alinhados.

Os tabuleiros de Tucano e Jatobá são formados por clásticos continentais mesozóicos representando o estágio final no preenchimento das respectivas bacias sedimentares. A bacia de Tucano, um gráben de direção norte - sul, que, sob o ponto de vista de sua formação, considera-se estar relacionado com a abertura do Atlântico Sul. A bacia de Jatobá, um semi-gráben de direção NNE-SSW, é um bloco falhado abatido cortado pelo lineamento de Floresta - Pernambuco o qual, como discutido faz pouco, parece ter uma expressão fisiográfica no platô submarino de Pernambuco.

Na área central, destacam-se os chapadões Urucuia. Eles são formados por estratos planos, continentais, depositados numa bacia intracratônica rasa, que atualmente acha-se submetida à dissecação erosional devido ao soerguimento continental.

As cuestas, como indicado na figura 6, limitam extensos platôs periclinais ou na forma de pires. Elas encontram-se arrançadas num padrão concêntrico escalonado resultante da erosão diferencial de camadas sedimentares superpostas.

Essas feições constituem “bacias abertas com mergulhos centrípetos”, como definido por Engeln, 1942 (referido por Ab'Saber, 1968).

Na parte norte da figura 6 pode-se observar que as cuestas limitam os chapadões (300 a 600 m de altitude) formados pela bacia sedimentar do Maranhão, uma típica depressão intracratônica rasa, mais tarde soerguida epirogenicamente.

Na porção sul as cuestas marcam as bordas erodidas dos chapadões basálticos da bacia do Paraná, os quais atingem a linha de costa na área ao norte de Porto Alegre (Figura 6).

As cordilheiras ou serras, indicadas na Figura 6, incluem cinturões de relevo acentuado, com vertentes íngremes e cristas salientes. Algumas dessas serras, especialmente na área central do Brasil, são cinturões rejuvenescidos de rochas resistentes, tais como cadeias de encostas escarpadas (*hog-backs*) de intrusões lineares, quartzíticas ou graníticas, dispostas ao longo de antigos lineamentos estruturais pré-cambrianos. Ocorrem, ademais, escarpamentos de platôs do cristalino.

Os escarpamentos de frente para o oceano e dispostos paralelamente à linha de costa, como a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, são blocos falhados dirigidos pelos alinhamentos estruturais pré-cambrianos.

O mesmo tectonismo responsável pela formação dessas serras também atuou ao longo da margem continental como um fator importante na conformação do arcabouço estrutural da maior parte das bacias da costa leste. Tanto os períodos de atividade tectônica mais intensa como os períodos de quiescência, no processo evolutivo dessas bacias situadas nas proximidades das áreas continentais, acham-se refletidos nas variações litológicas da sucessão estratigráfica das bacias submarinas e costeiras adjacentes.

estruturas e tectonismo

A constatação de diferenças no padrão estrutural e no estilo tectônico ao longo da margem brasileira permite a sua divisão em duas regiões distintas: Região Leste e Região Norte.

região Leste

Por causa de diferenças estruturais, a margem sudeste - leste pode ser analisada separadamente em duas áreas: (a) a área da bacia de Pelotas até a bacia de Sergipe - Alagoas, e (b) a área da bacia de Recife - João Pessoa.

(a) área de Pelotas a Sergipe - Alagoas

Na área de Pelotas a Sergipe-Alagoas, a maioria das falhas encontram-se assentadas numa disposição paralela aos alinhamentos do Pré-Cambriano Tardio formados no ciclo orogênico Brasileiro (500 - 600 m.a. A.P.) (Almeida, 1971).

As falhas são sempre normais, com comprimentos de dezenas de quilômetros e com rejeitos verticais variáveis cujos máximos vão de 3 000 m a 5 000 m. Predominam as falhas escalonadas sintéticas (ou homotéticas). Mas, localmente, a presença de falhas com mergulhos para oeste e noroeste determina altos estruturais, tanto na borda externa da plataforma como no interior da bacia. No primeiro caso (falhas sintéticas) os altos estruturais formaram barreiras aos sedimentos durante os estágios iniciais da história da bacia; no segundo caso (falhas antitéticas), elas separaram grábens que formaram sub-bacias (Figura 11).

A organização estrutural original da área foi determinada pelo tectonismo pré-aptiano, do Cretáceo Inicial, conhecido como Reativação Wealdiana da Plataforma Brasileira (Almeida, 1967). Tal assertiva apoia-se no fato de que essas bacias, limitadas por falhas, são preenchidas por sedimentos sintectônicos do Cretáceo Inferior.

Após esse tectonismo do Cretáceo Inicial, aparentemente nenhuma outra atividade tectônica extensa e importante ocorreu nessa área.

O basculamento em direção ao oceano, do Cretáceo Superior e Cenozóico, causou movimentos verticais opostos de soerguimento e subsidência, que se considera tenham ocorrido ao longo de falhamentos preexistentes. Embora a reativação possa ser observada em toda a área em questão, ela supostamente alcançou a sua importância máxima nas bacias de Santos e de Campos (Almeida, 1973). Essas duas bacias defrontam-se com uma área costeira pré-cambriana. Nessa área, um

tectonismo distensional, que se estendeu até o Neógeno, criou e/ou reativou blocos falhados alinhados paralelamente à costa (Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Gráben do Paraíba) (Figura 6). Na margem continental, a única evidência definida de um tectonismo mais novo que o do Cretáceo Inicial e possivelmente relacionado com a atividade da Serra do Mar foi referida por Ojeda e De Cesero (1974), na bacia de Santos, a partir de registros de uma falha albiana com 1 000 m de rejeito vertical.

As falhas escalonadas e a alternância de *horsts* e grábens, típicas no segmento que se estende desde a bacia de Campos até a bacia de Sergipe - Alagoas, não foram vistas ocorrer nas bacias de Pelotas e de Santos (Figura 11). A única evidência de um possível tectonismo distensional do Cretáceo Inicial, nessa área, concerne a um gráben raso, estreito e alongado, paralelo à costa, na bacia de Pelotas (Figuras 7 e 11). Conjetura-se que as principais falhas nas bacias de Pelotas e de Santos são muito profundas, devido à subsidência muito maior nessa área do que na área das bacias ao norte.

O sistema de falhas e a subsequente subsidência, ao longo da área que vai de Pelotas até Sergipe - Alagoas, permitiram a acumulação de prismas sedimentares que atingem uma espessura máxima estimada em 8 000 m. Localmente, altos estruturais interrompem a seção sedimentar cretácica. Segundo Ferradaes e Souza, 1972; Bacocoli e Saito, 1973; Bacocoli e Morales, 1973, essas estruturas representam altos falhados do embasamento, que estão dispostos normal ou obliquamente em relação à costa. Assim, o nome de arco aplicado a alguns desses altos (p. ex.: Arco de Cabo Frio, Arco de Vitória) é inadequado.

Outras deformações observáveis, principalmente nas camadas do Cretáceo Superior e do Terciário, resultam de movimento do sal, falhas de crescimento e deslizamentos.

No que se refere ao magmatismo nessa área, indicações estratigráficas revelam a história de uma destacada atividade ígnea, a qual, com base na determinação da idade radiométrica de rochas basálticas, ocorreu em dois períodos principais: um no Cretáceo Inicial e o outro no Cretáceo Tardio / Terciário Inicial (Figura 10).

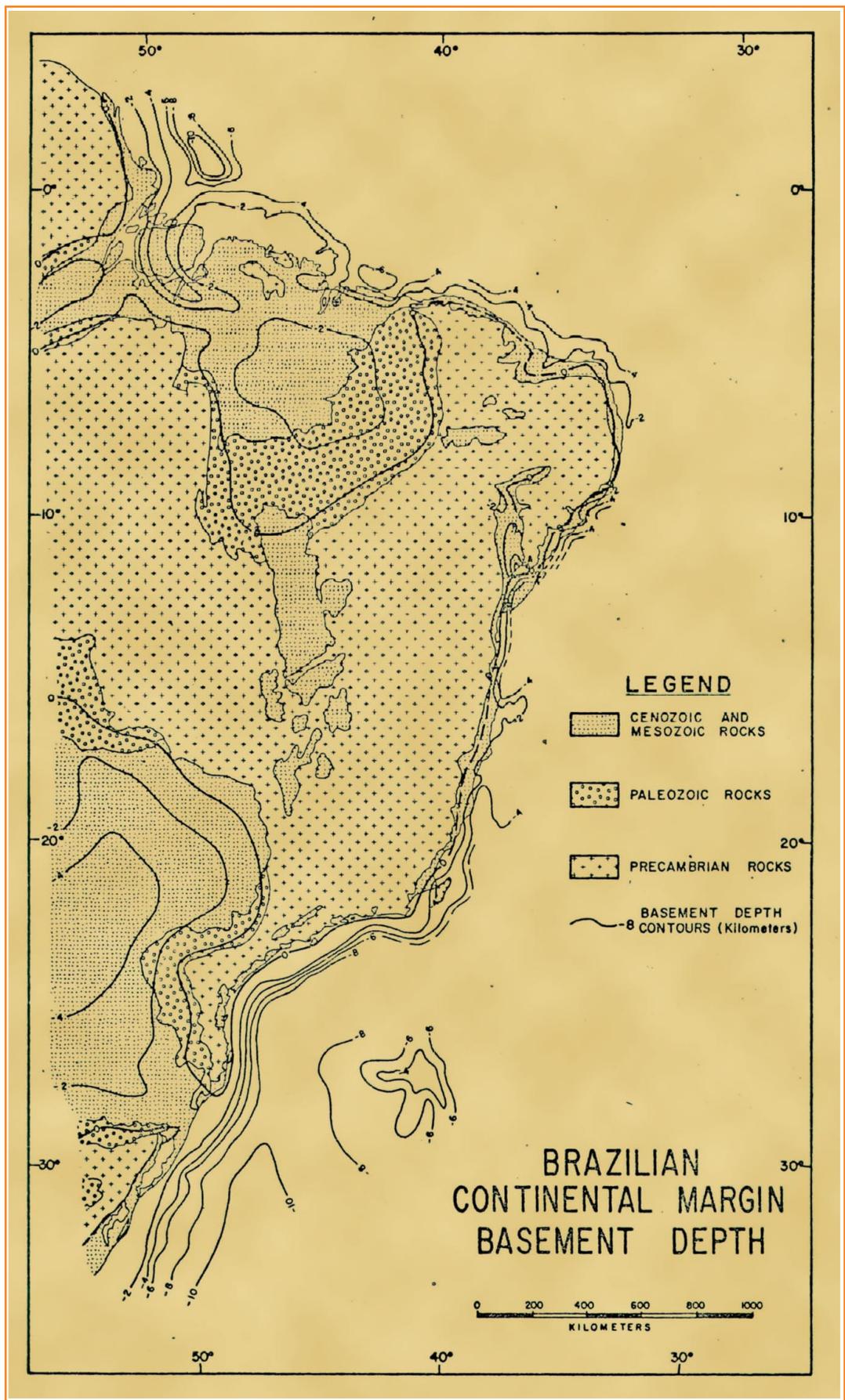


Figura 8

Profundidades de embasamento ao longo da margem continental brasileira e nas bacias interiores (compilação de relatórios da PETROBRÁS).

Figure 8

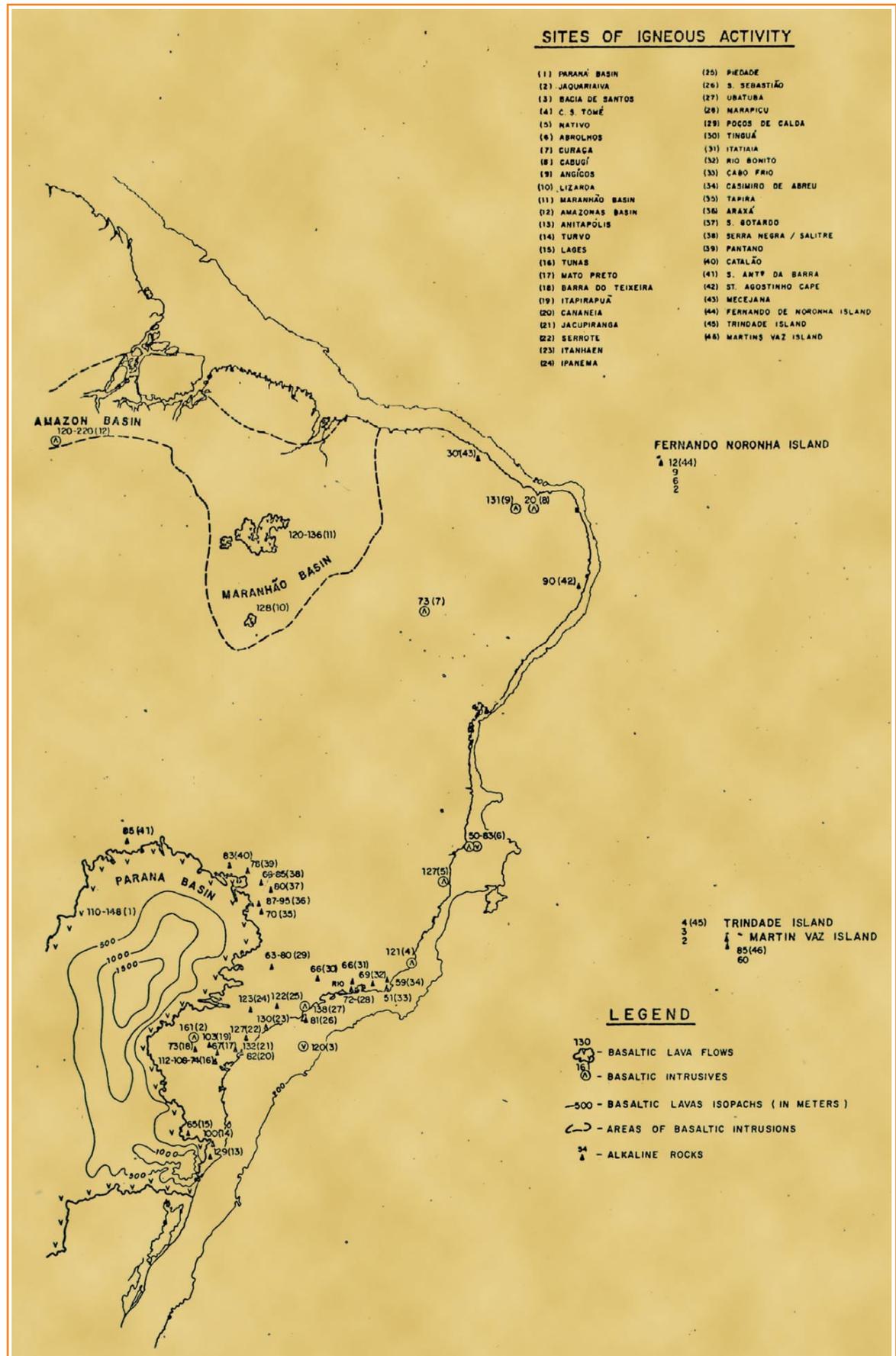
Basement depths along the Brazilian continental margin and in the interior basins (compilation from PETROBRÁS reports).

Figura 9

Distribuição do vulcanismo mesozóico - cenozóico no Brasil (Asmus, 1973).

Figure 9

Distribution of the Mesozoic - Cenozoic volcanism in Brazil. (Asmus, 1973).



O primeiro período de atividade magmática produziu, na bacia do Espírito Santo, um derrame de olivina-basalto, com 55 m de espessura, datado de 127 m. a. A.P., interposto em sedimentos do Cretáceo Inicial; na bacia de Campos, o poço CTS-1-RJ (Cabo de São Tomé nº 1) perfurou uma rocha basáltica, com 625 m de espessura, com idade de 121 m. a. A.P.; e, na bacia de Santos, o poço SPS-3 (São Paulo Submarino nº 3) perfurou uma rocha basáltica, com 121 m. a. A.P. e espessura total desconhecida (Figuras 13 e 16). Esse período pode ser relacionado com os extensos (mais do que 1 milhão de quilômetros quadrados) e espessos (espessura máxima, 1 500 m) derrames de lava Serra Geral, da bacia do Paraná (Figura 9).

O segundo período de atividade ígnea, estendendo-se do Cretáceo Tardio (Campaniano - Maestrichtiano) ao Terciário Inicial (Eoceno - Oligoceno), ficou restrito principalmente à bacia do Espírito Santo. O limite de maior idade desse período, 83 m. a. A.P., foi estabelecido a partir de amostras do poço ESS-9 (Espírito Santo Submarino nº 9); o limite de atividade mais recente, entre 41 - 60 m. a. A.P. foi estabelecido a partir de determinações de idade isotópica de amostras dos poços SB-1-BA (Santa Bárbara nº1) (Cordani, 1971), CST-1-BA (Caravelas nº 1), e ESS-4 (Espírito Santo Submarino nº4). Em vários outros poços perfurados na margem continental foram encontradas interestratificações de lavas basálticas e sedimentos eocênicos. Na bacia do Espírito Santo, a atividade vulcânica do Cretáceo Tardio - Terciário Inicial resultou em acumulações mais espessas e em áreas mais extensas assoalhadas por rochas vulcânicas do que a atividade do Cretáceo Inferior. O banco de Abrolhos (Figuras 4, 6 e 9) supõe-se tenha se formado pelo efeito de uma progradação, ocorrida no Cretáceo Tardio / Terciário Inicial, em que material vulcânico e sedimentar promoveram o alargamento de uma plataforma continental preexistente e mais estreita (Asmus, 1970). Estima-se, com base em levantamentos aeromagnetométricos (Selch, 1971), que metade da região esteja assentada sobre material vulcânico.

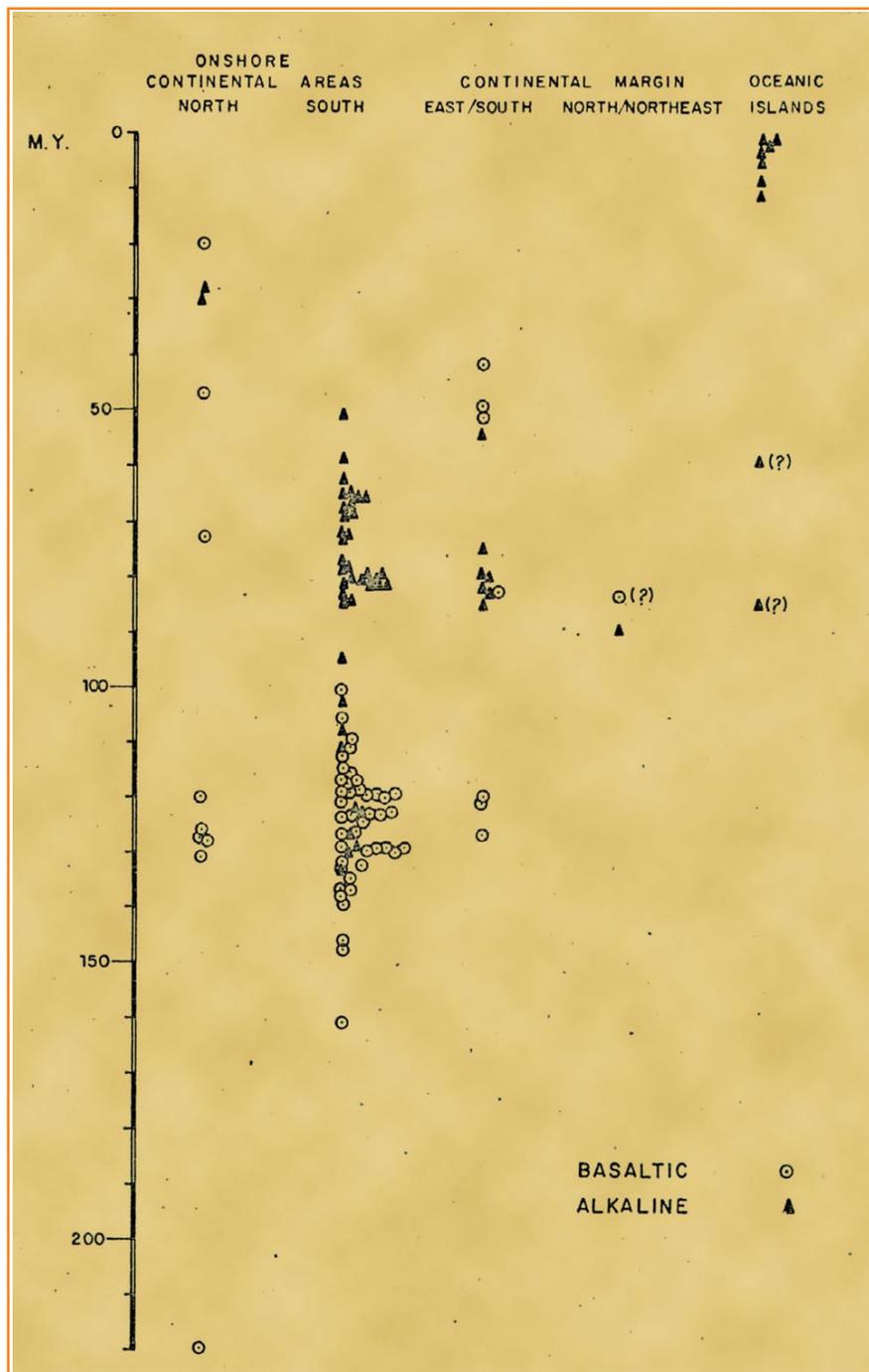


Figura 10 - Idade, tipo de rocha e distribuição regional do vulcanismo mesozóico - cenozóico no Brasil. Dados de Hennies e Hasui (1968); Cordani e Hasui (1968); Cordani e Blazekovic (1970); Hasui et al. (1971); Damasceno (1966); Cordani (1971); Amaral et al. (1967); Vandoros et al. (1966); Ribeiro e Cordani (1966). (Modificado de Asmus, 1973).

Figure 10 - Age, type of rocks, and regional distribution of the Mesozoic - Cenozoic volcanism in Brazil. Data from Hennies and Hasui (1968); Cordani and Hasui (1968); Cordani and Blazekovic (1970); Hasui and others (1971); Damasceno (1966); Cordani (1970); Amaral and others (1967); Vandoros and others (1966); Ribeiro and Cordani (1966). (After Asmus, 1973).

Não há informações, obtidas por métodos diretos, que indiquem a natureza do Banco Royal Charlotte (Figura 4). Levantamento geofísico, realizado nessa área, dá suporte à inferência de que ele seja uma construção vulcânica semelhante àquela do Banco de Abrolhos (Asmus e Palma, 1973). Com base em relações estratigráficas e na característica acrecional desse banco atribui-se-lhe uma idade situada no Cretáceo Tardio / Terciário Inicial.

Na área oceânica, determinações radiométricas de amostras coletadas na Ilha de Martin Vaz revelaram uma faixa de idades entre 85 - 60 m. a. A.P. (Cordani, 1971) (Figura 9), coincidente com o segundo período de atividade vulcânica ao longo da margem continental. Mas, ao comentar esses

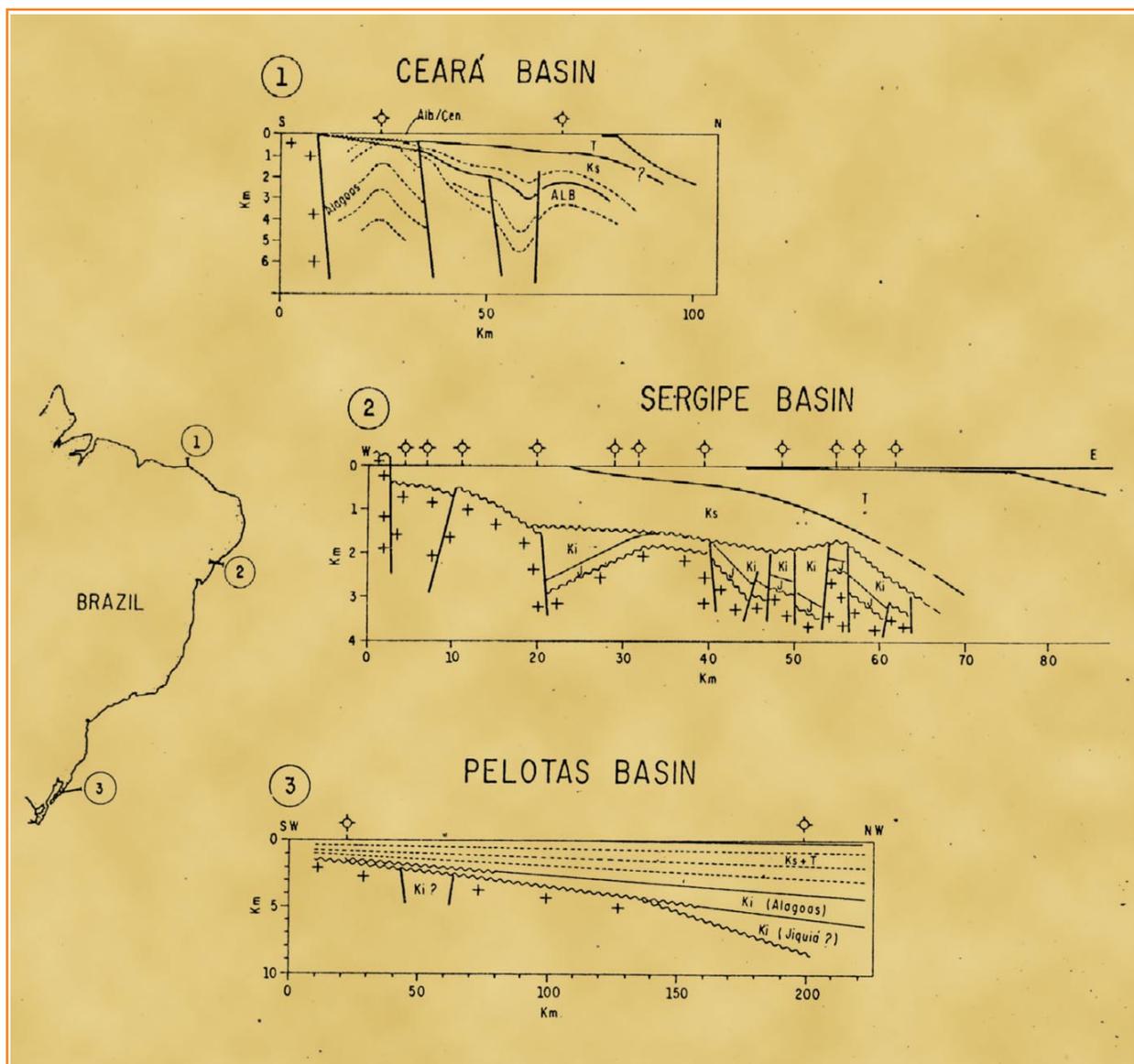
resultados, Cordani (1971) considera as idades da Ilha de Martin Vaz anômalas e de uso duvidoso para a definição de uma atividade vulcânica nessa área. Essas idades mais antigas são bastante discrepantes quando comparadas com resultados mais confiáveis obtidos de amostras coletadas na vizinha ilha de Trindade (2 - 4 m. a. A.P.) (Figura 9). Não obstante, é possível estabelecer um relacionamento recorrente entre a atividade cretácica tardia / terciária inicial, ao longo da margem continental, e a atividade mais recente (Neógeno), na área oceânica. O vulcanismo na bacia do Espírito Santo provavelmente está relacionado com uma zona de fratura (Vitória - Ilha de Trindade, Figura 6), ao longo da qual ocorrem vários montes submarinos, *guyots* e ilhas (Almeida, 1960, 1965).

Figura 11

Cortes transversais.
Modificado de:
1 - Ojeda *et al.* (em elaboração);
2 - Ojeda e Fugita (1974); 3 - Ojeda e De Cesero (1974).

Figure 11

Typical structural cross-sections.
Modified from:
1 - Ojeda (in preparation);
2 - Ojeda and Fugita (1974); 3 - Ojeda and De Cesero (1974).



O segundo período de magmatismo também pode ser relacionado à intensa atividade ígnea, intrusiva e extrusiva, que, de acordo com Almeida (1972), ocorreu na porção central e oriental do Brasil, principalmente em torno da borda oriental da bacia paleozóica do Paraná e paralelamente à Serra do Mar.

(b) área de Recife - João Pessoa

A escassez de dados faz com que a organização estrutural da área de Recife - João Pessoa não seja inteiramente clara. Mas o relacionamento entre as direções estruturais mesozóicas e as direções do alinhamento pré-cambriano fazem essa área bastante diferente daquelas áreas que lhes ficam situadas ao norte e ao sul. Na bacia de Recife - João Pessoa, os alinhamentos pré-cambrianos, de direção essencialmente leste - oeste, acham-se abruptamente cortados pela linha de costa e pela borda da plataforma continental, cujas direções gerais são norte - sul (Figura 7).

Rand, em 1967, tendo por base levantamentos geofísicos na porção emersa dessa área, inferiu blocos estruturais nos quais as falhas que lhes são associadas mergulham para o oceano, numa configuração que se parece com o assentamento estrutural da bacia de Sergipe - Alagoas. Para a porção oceânica, embora seja possível esperar um estilo tectônico semelhante àquele da bacia de Sergipe - Alagoas, é evidente que a área de Recife - João Pessoa subsidiou menos do que as áreas circunvizinhas, ao norte e ao sul. Um reconhecimento na área oceânica, feito através de levantamento por reflexão sísmica, revelou uma cobertura sedimentar com menos de 2 000 m de espessura (Souza, 1972).

Dois alinhamentos pré-cambrianos, de direção leste - oeste, denominados Patos ou Paraíba, e Floresta ou Pernambuco (Figura 7), têm sido considerados como antigas falhas transcorrentes. Eles são elementos destacados do arcabouço estrutural do nordeste. Seu reconhecimento, no campo, faz-se por sua associação com cinturões milonitizados e granitos intrusivos. Segmentos desses alinhamentos pré-cambrianos limitam algumas bacias tectônicas interiores, do Cretáceo Inicial (Jatobá, Araripe), indicando reativação vertical contemporânea. A reativação horizontal, do Cretáceo Mé-

dio - Tardio, referida por Beurlen (1967b), baseia-se num modelo evolutivo conjeturado que aparentemente não ganha suporte em face de informações recentes (Asmus *et al.* 1973).

Um tectonismo turoniano formador da bacia de Recife - João Pessoa também é conjetural e tem por base o conhecimento cronoestratigráfico da porção emersa da bacia (Beurlen, 1961). Novos dados obtidos nas bacias vizinhas levam a sugerir tanto uma revisão dessa idade turoniana como, em contrapartida, que um tectonismo inaugurativo, no Cretáceo Inicial, pode ter se estendido à área da bacia de Recife - João Pessoa.

A atividade magmática na área emersa acha-se restrita à ocorrência conhecida como vulcânicas do Cabo (Figura 9). Ela é inusual pela diversidade de tipos de rocha que apresenta: granito, traquito, quartzo pórfiro, riolito e basalto. Determinações radiométricas de amostras coletadas na ocorrência do Cabo indicaram idades que se situam entre 85 e 90 m. a. A.P. (Vandoros *et al.* 1966). A localização das vulcânicas do Cabo relativamente ao platô de Pernambuco (Figura 3) – de natureza ígnea, como mostrado por levantamento geofísico – incita a especular sobre a possibilidade de um relacionamento entre essas duas ocorrências, em termos de se situarem ambas no mesmo período de atividade magmática.

região Norte

Alguns dos elementos estruturais mais importantes nessa região acham-se arrajados numa configuração essencialmente paralela à costa e, assim, cortam obliquamente os alinhamentos do embasamento pré-cambriano. Mas, outras falhas importantes, que demarcam as bacias mesozóicas, conformam-se aos alinhamentos antigos.

A existência de um estilo distensional é bem evidenciada na bacia da Foz do Amazonas. Os sedimentos basais nessa bacia preenchem um gráben que, em direção ao oceano, se alarga e assume uma forma de leque. Na porção emersa, o gráben apresenta um estreitamento, o que lhe dá uma forma de cunha apontada em direção à bacia paleozóica do Maranhão (Rezende e Pamplona,

1970; Rezende e Ferradaes, 1972 (Figura 7). A bacia de São Luiz é um gráben assentado na porção emersa, paralelo à costa (Figura 7) e preenchido com sedimentos albianos ou mais antigos.

Também em resultado de um tectonismo distensional, a região norte apresenta falhas normais escalonadas sintéticas. Essas falhas formaram áreas deposicionais com acúmulo de sedimentos que, como no caso da plataforma continental do Pará, excedem 10 000 m de espessura. (Figura 8).

Baseados em relações estratigráficas, Rezende e Pamplona (1970), Rezende e Ferradaes (1972) e Miura e Barbosa (1972) estabeleceram, para datar o tectonismo distensional, uma faixa de idades que vai do Jurássico Tardio / Cretáceo Inicial até o Albiano.

Além disso, a margem norte exhibe anticlinais alongados e falhas reversas. Esse tipo de falhas não tem similar em outras bacias sedimentares brasileiras. Miura e Barbosa (1972), ao descrevê-las pela primeira vez, inferiram que elas tinham sido causadas por tensões compressoriais, durante o Coniaciano - Santoniano.

As estruturas dobradas são quase paralelas à costa (essencialmente de direção leste - oeste) e ocorrem somente ao oeste da extensão no oceano do importante alinhamento pré-cambriano de Sobral. A extensão oceânica desse alinhamento também marca o limite de duas diferentes arquiteturas de bacia: no lado oeste, o embasamento é profundo e mergulha em direção ao continente; no leste, o embasamento é raso e mergulha em direção ao oceano.

Dados mais recentes de poços perfurados na plataforma continental e de levantamentos de reflexão sísmica permitiram que Ojeda *et al.* (em elaboração) melhorasse o contorno das estruturas anticlinais. Ojeda mostrou que a extensão para o mar do alinhamento de Sobral forma uma estrutura anticlinal. Nessa estrutura são reconhecidos elementos de compressão, tais como falhas reversas e dobras. Com base em relacionamentos estruturais - estratigráficos, Ojeda concluiu que essas dobras formaram-se desde o Cretáceo Inicial até o Albiano e, localmente, é possível, até o Turoniano (Figura 11.1).

Tentou-se explicar as peculiares estruturas de dobras da bacia do Ceará - Piauí como resultado de tensões compressoriais. Mas a área limitada de sua ocorrência e a direção leste - oeste dessas estruturas apresentam problemas sérios relativamente ao sistema causativo das forças envolvidas. Miura e Barbosa (1972) consideraram um sistema de forças horizontais que induziram reativações transcorrentes ao longo dos alinhamentos nordeste - sudoeste pré-cambrianos (Sobral, Farol do Arpoador, Bacada). Entretanto evidências diretas de campo não dão suporte à sugestão de reativações horizontais do Cretáceo ao longo desses alinhamentos pré-cambrianos. Mais recentemente, Kumar e Ladd (1974) propuseram um elegante mecanismo que se ajusta à estreita faixa de idades das forças operativas. Não obstante, a relação entre as forças distensionais e compressoriais que atuaram na bacia do Ceará - Piauí está longe de se mostrar clara.

A atividade ígnea ao longo da margem continental norte foi aparentemente menos intensa do que a da margem leste. Não existem registros de uma atividade do Cretáceo Inicial relacionada com as intrusões e fluxos de lava, ocorridas a 120 - 126 m. a. A.P., na bacia interior do Maranhão, com as intrusões da bacia interior do Amazonas, e com os diques, de 130 m. a. A.P., da região de Lages - Angico, ao longo da fronteira sul da bacia Potiguar (Figura 9).

Levantamentos geofísicos ao longo do sistema de grábens da bacia da Foz do Amazonas revelaram uma anomalia associada a uma zona de fratura. Rezende e Ferradaes (1971) interpretaram essa anomalia como um efeito intra-embasamento de rochas basálticas toleíticas relacionadas à atividade tectônica e magmática do Cretáceo Inicial. Consideramos como mais provável que tenha acontecido uma dentre duas outras possibilidades:

(a) a anomalia pode ser considerada como uma extensão oceânica de um registro de alto gravimétrico. A ocorrência conhecida desse alto dá-se abaixo das porções inferior e média da bacia paleozóica do Amazonas, associada a uma atividade mais antiga (450 m. a. A.P.) a qual, segundo Asmus e Porto (1972), criou as condições iniciais para a formação da bacia amazônica.

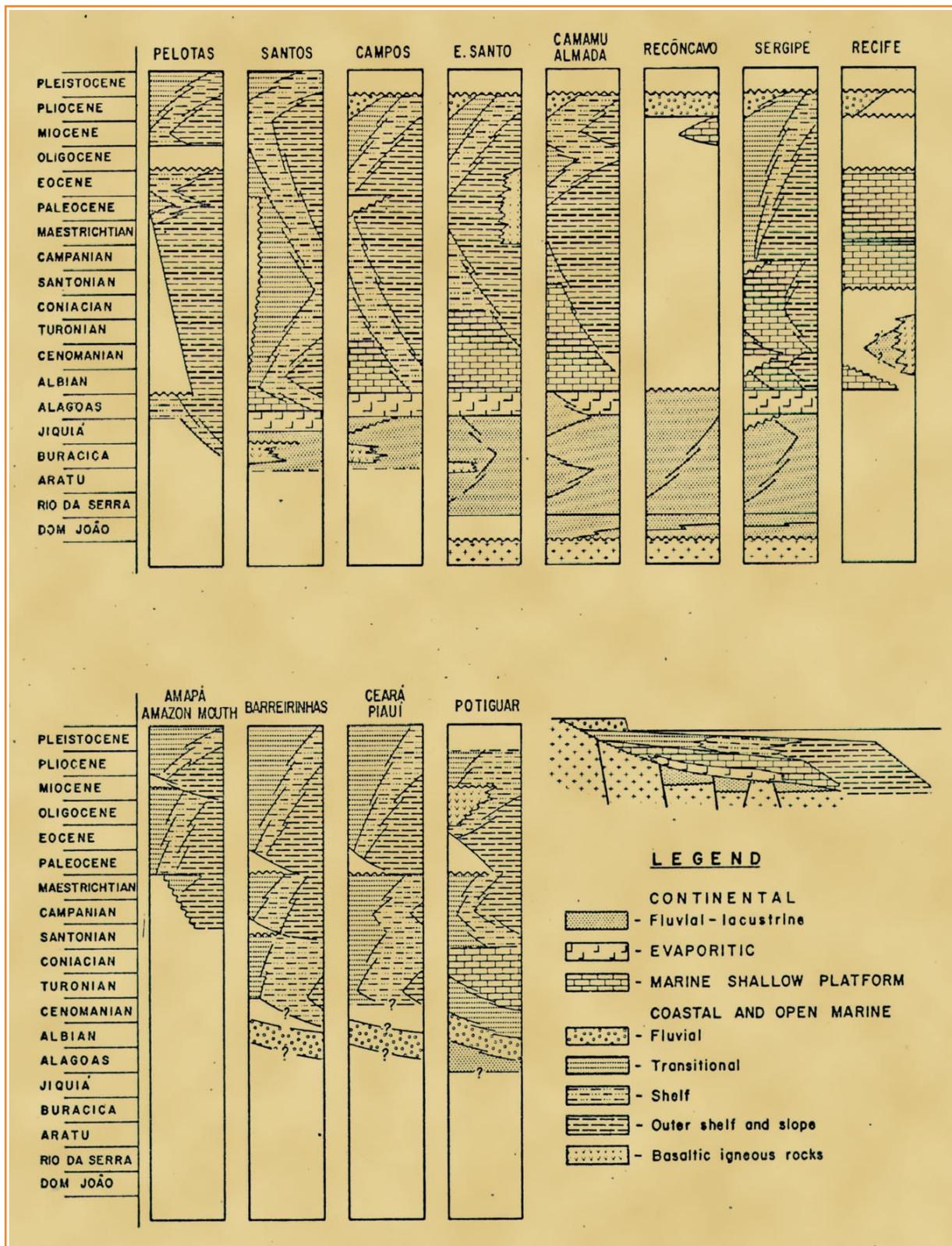


Figura 12 - Sumário dos ambientes de deposição na sucessão estratigráfica ao longo da margem continental brasileira.

Figure 12 - Summary of the depositional environments in the stratigraphic succession along the Brazilian continental margin.

(b) a anomalia é causada por intrusões de 180 - 220 m. a. A.P. relacionadas a uma atividade distribuída pela bacia interior do Amazonas.

Dando respaldo a essas duas hipóteses, recentemente Fainstein *et al.* (1975) determinaram anomalias magnéticas, de nordeste para sudoeste, na plataforma ao largo da costa do Pará, que são cortadas abruptamente por anomalias magnéticas do leito do oceano, de direção noroeste - sudoeste, e mais jovens (Cretáceo Inicial)

Além dessa reduzida atividade ígnea do Cretáceo Inicial, na margem norte comparativamente à margem sul, também o segundo período de atividade magmática (Cretáceo Tardio a Terciário Inicial), bem representado ao longo da margem leste, não foi registrado na margem continental norte. Os produtos de um vulcanismo mais recente (Paleógeno / Neógeno e Neógeno) ocorrem na área continental emersa (fonólitos de Mecejana, 30 m. a. A.P.; basaltos de Cabugi, 20 m. a. A.P.) e na ilha oceânica de Fernando de Noronha (2 - 12 m. a. A.P.) (Figura 9). Essas manifestações vulcânicas, oceânicas e continentais, assim como os altos do embasamento, na área da plataforma continental, têm sido consideradas como resultado da atividade, original ou recorrente, ao longo das extensões das zonas de fraturas oceânicas equatoriais: Romanche, Chain e Fernando de Noronha (Almeida, 1955; Miura e Barbosa, 1972; Bryan *et al.* 1972; Kumar e Bryan, 1973; Gorini e Bryan, 1974; Gorini *et al.* 1974).

estratigrafia e sedimentação

região Leste

A coluna estratigráfica pós-paleozóica completa das bacias costeiras e oceânicas do leste consiste em três seqüências cujos ambientes de deposição são distintos:

- (1) seqüência inferior, clástica, não-marinha;
- (2) seqüência intermediária, evaporítica;

(3) seqüência superior, carbonática e clástica, marinha.

(1) A seqüência inferior é subdividida em duas seqüências litológicas superpostas:

(a) uma unidade basal, de cobertura ampla, que ultrapassa os limites das bacias costeiras, e (b) uma seqüência terrígena espessa, confinada aos grábens e semi-grábens do Cretáceo Inicial.

A seqüência basal é formada de folhelhos avermelhados com interposições subordinadas de arenitos arcosianos, sobre os quais há uma cobertura de arenitos de granulação média a grossa. Essa seqüência apresenta uma espessura média de 300 a 500 m, com uma considerável continuidade litológica que se mantém por extensas áreas. A coluna completa dessa seqüência basal ocorre nas bacias de Sergipe - Alagoas e do Recôncavo - Tucano. Com o aspecto de remanescentes descontínuos de uma distribuição mais antiga e mais ampla, essa seqüência aparece ainda nas bacias interiores nordestinas (Jatobá, Mirandiba e Araripe) que se encontram distantes da costa por extensões de até 400 km. Na bacia de Almada, aparece apenas o arenito superior e ao sul dessa bacia ausenta-se a seqüência basal. Em termos de idade atribui-se que essa seqüência situa-se na parte mais superior do Jurássico, tendo por base a presença de fósseis de ostracodes não-marinhos encontrados na fácies folhelhos vermelhos. Dentre as espécies encontradas, *Bissulcoypris pricei* Pinto e Sanguinetti é a mais típica. A fácies de arenito superior é desprovida de fósseis, exceção feita a troncos silicificados de *Dadoxylon benderi*. Essa unidade corresponde ao estágio local Dom João, definido para uso da PETROBRÁS (Viana *et al.* 1971). Munne (1972), a partir da análise estratigráfica dessa unidade na bacia do Recôncavo, concluíram que a sua deposição deu-se numa bacia intracratônica, tal como um sistema combinado de leques aluviais e lagos interiores, em condições tectônicas estáveis.

Essa seqüência basal tem sido correlacionada com as séries de M'Vone e N'Dombo, da bacia do Gabão, e com a formação Lucula, da bacia do Congo (Belmonte *et al.* 1965; Michollet *et al.* 1970; Krömmelbein, 1965; Wenger, 1973; Asmus e Ponte, 1973), com base em suas seqüências

litológicas semelhantes e na identidade de conjuntos de fósseis.

A seção superior da seqüência inferior é formada de arenitos interestratificados, folhelhos e, subordinariamente, calcários. Ao longo das principais direções de blocos abatidos por falhas, encontram-se interpostas espessas cunhas de conglomerados sintectônicos. A espessura desses sedimentos apresenta grandes variações: desde algumas centenas de metros até mais de cinco mil metros. Caracterizam-se, ademais, pelas consideráveis alterações faciológicas.

As seções mais completas dessa unidade são conhecidas nas bacias do Recôncavo e de Sergipe - Alagoas; também foram observadas em amostras de perfurações nas bacias de Camamu - Almada e Espírito Santo.

Estudos de Gama Jr. (1970) nessa seção, nas bacias do Recôncavo e Tucano, levaram-no a concluir que esses sedimentos depositaram-se em ambientes deltaico - lacustrinos, durante um período de atividade tectônica.

Atribui-se que essa unidade, em termos de idade, situe-se, de uma maneira geral, no Cretáceo Inicial (Neocomiano). Fundamenta tal posição uma rica fauna de ostracodes não-marinhos, que incluem como espécies mais importantes *Cypridea kegei* Wicher, *C. (Morininoidea) candeiensis* Krömmelbein, *C. dromedarius* Krömmelbein, *Paracyprides brasiliensis* Krömmelbein e *P. obovata, obovata* Swain. Essa fauna não se mostra adequada para correlações precisas com a coluna internacional padrão. Não obstante, o seu zoneamento estratigráfico possibilitou a definição de quatro estágios cronoestratigráficos (Rio da Serra, Aratu, Buracica e Jequiá) para uso da PETROBRÁS.

Com base nas similaridades das seqüências litológicas e nas identidades fossilíferas essa seção basal tem sido correlacionada com a série Cocobeach, das bacias do Gabão e do Congo (Viana, 1965; 1966; Wenger, 1973; Krömmelbein, 1965; Krömmelbein e Wenger, 1965, entre outros).

(2) A seqüência intermediária compõe-se de evaporitos (predominantemente anidrita e halita), e sedimentos associados (carbonatos, folhelhos

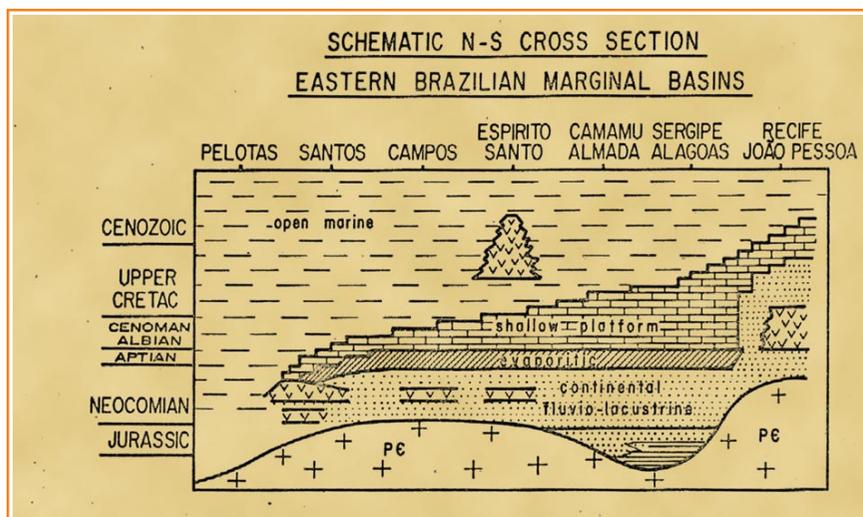


Figura 13 - Diagrama esquemático - corte transversal norte - sul ao longo da margem continental brasileira leste.

Figure 13 - Schematic north - south stratigraphic cross - section along the eastern Brazilian continental margin.

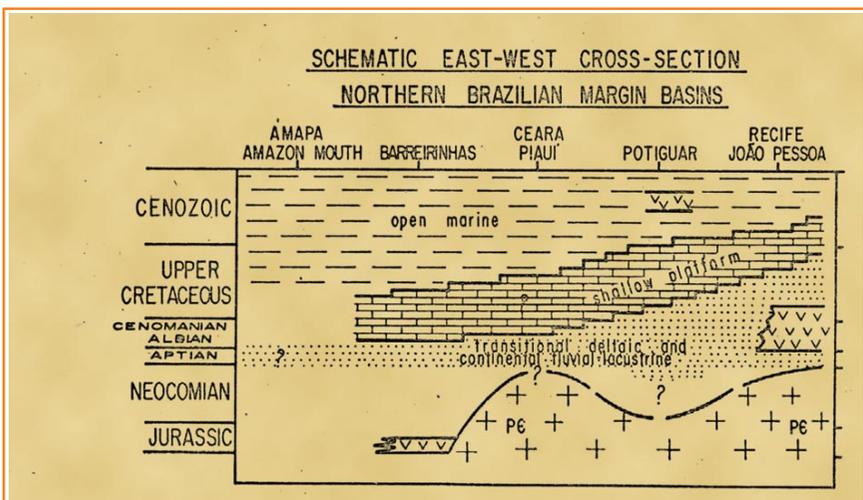


Figura 14 - Diagrama esquemático - corte transversal leste - oeste ao longo da margem continental brasileira norte.

Figure 14 - Schematic east - west stratigraphic cross - section along the northern Brazilian continental margin.

euxínicos e arenitos). Sais de magnésio (taquidrita, bischofita e carnalita) são conhecidos nas bacias de Sergipe e de Santos. Salmouras com concentrações extremamente altas, necessárias para a deposição local desses sais, foram atribuídas a barreiras localizadas, que restringiram a comunicação com a bacia evaporítica regional (Asmus e Porto, 1972; Szatmari *et al.* 1974). A seqüência evaporítica ocorre ao longo de toda a margem leste do Brasil, de Santos até a bacia de Sergipe - Alagoas, com exceção da área emersa da bacia do Recôncavo. Leyden

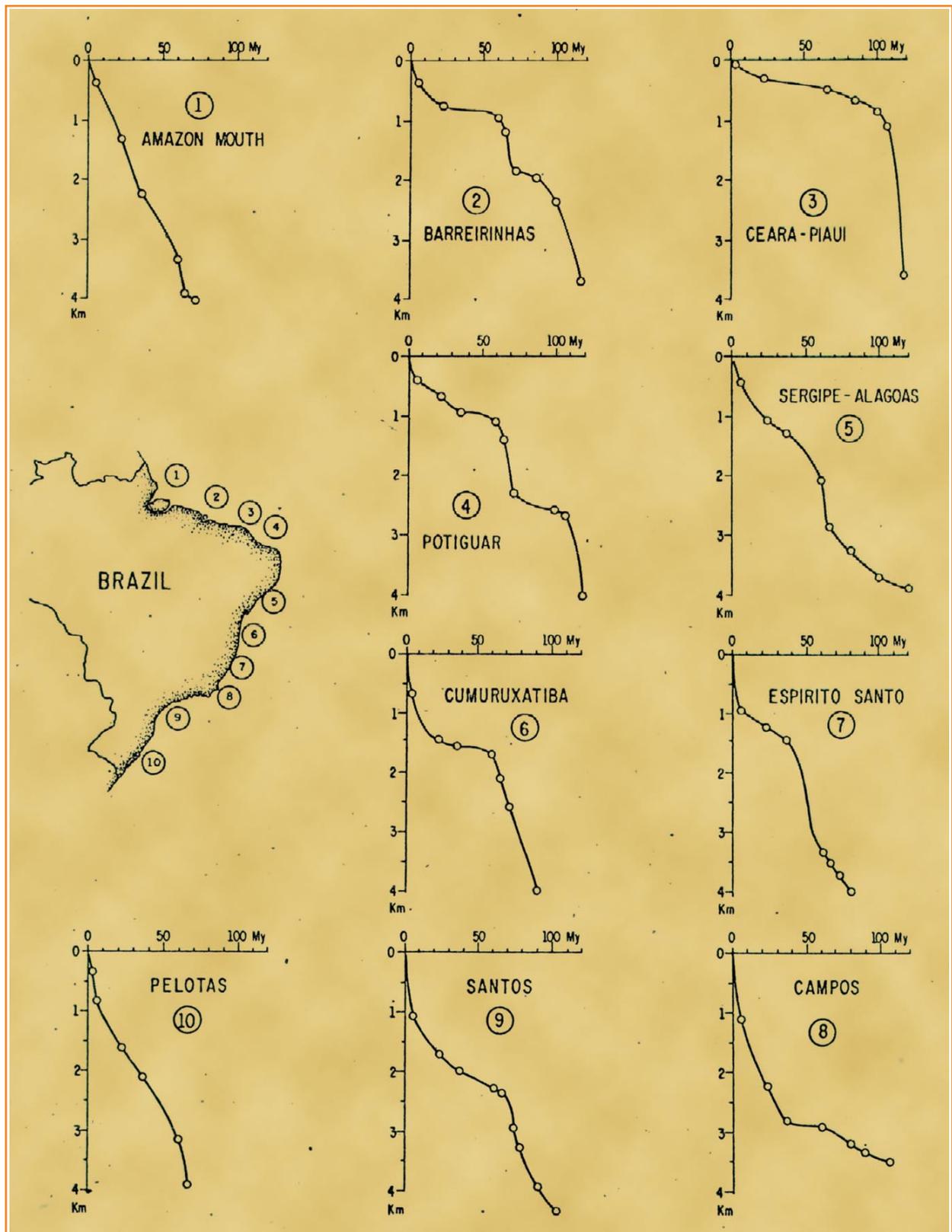


Figura 15 - Taxas de acúmulo de sedimentos ao longo da margem continental brasileira, expressas em gráficos de profundidade versus idade absoluta, dos poços de exploração offshore selecionados da PETROBRÁS. Escala de tempo geológico de acordo com Larson e Pitman III (1972).

Figure 15 - Rates of sediment accumulation along the Brazilian continental margin, expressed by graphics depths vs absolute age of selected PETROBRÁS offshore exploration wells. Geologic time - scale according to Larson and Pitman III (1972).

et al. (no prelo) mostram essa distribuição como um cinturão contínuo, medindo 700 km de largura, na bacia de Santos, e estreitando-se progressivamente para o norte, até a bacia de Sergipe - Alagoas. A seqüência não está presente na bacia de Pelotas, ao sul da Elevação do Rio Grande, assim como em toda a margem continental norte, desde a bacia Potiguar até a bacia da Foz do Amazonas. Uma unidade evaporítica semelhante, aparentemente da mesma idade, está presente nas bacias interiores do Maranhão ou Parnaíba (Formação Codó) e do Araripe (Formação Santana). A despeito dessa similitude, as relações genéticas e estratigráficas ainda não foram estabelecidas de maneira definida.

Nas ocorrências da margem continental, o conhecimento da verdadeira espessura dessa seqüência intermediária é dificultado por diápiros salinos e outras estruturas provocadas pela movimentação do sal. Mas em Sergipe, onde a parte da seqüência que ocorre na porção emersa da bacia é menos perturbada, a espessura do sal varia de 200 a 800 m.

Considera-se que a seqüência tenha sido formada num ambiente marinho transicional e restrito. Ela se constitui no primeiro registro de sedimentação marinha na margem continental brasileira ao norte da Elevação do Rio Grande.

Na sua maior parte a seqüência intermediária evaporítica acha-se incluída no estágio local Alagoas. Já a sua porção superior é colocada no Aptiano Tardio, tendo em conta a presença de uma escassa fauna de amonóides (*Chelonicerias sp*) encontrada na bacia de Sergipe - Alagoas (Schaller, 1969). Outros fósseis, nessa unidade, incluem ostracodes não-marinhos, palinórmfos, restos ictíicos, moluscos e o foraminífero plantônico *Hedbergella washitensis* Carsey, na sua porção superior.

Wardlaw e Nicholls (1972) apontam para importantes similaridades mineralógicas e geoquímicas entre a seqüência evaporítica de Sergipe e as seqüências evaporíticas que ocorrem em bacias do Gabão e do Congo.

(3) A seqüência superior marinha apresenta uma distribuição contínua ao longo de toda a plataforma continental brasileira e bacias costeiras,

com exceção da bacia do Recôncavo. No que concerne à idade, a maior parte da seqüência estende-se do Albiano Inicial até o Recente. Porém, na parte oceânica da bacia de Pelotas perfuraram-se folhelhos marinhos albianos que equivalem, em idade, à seqüência intermediária.

Os carbonatos predominam na porção inferior da seqüência, exceto na bacia de Pelotas onde os sedimentos terrígenos dominam toda a seção. O intervalo de idade desses carbonatos de plataforma rasa aparentemente se amplia de sul para norte (Figuras 12 e 13). Assim, na bacia de Santos eles são de idade albiana, na bacia do Espírito Santo eles se estendem do Albiano até o Turoniano e na bacia de Sergipe - Alagoas, do Albiano até o Santoniano. Na porção terrestre da bacia de Recife - João Pessoa, eles são ainda mais novos, com variações que vão do Maastrichtiano até o Eoceno (Figuras 12 e 13).

Na parte superior da seqüência predominam sedimentos terrígenos, na maioria folhelhos, e arenitos finos com calcários subordinados, com idades que vão do Cretáceo Tardio ao Recente. Esses sedimentos constituem uma sucessão tipicamente progradacional da margem continental. Desde o continente em direção ao mar, as fácies mudam gradualmente de litorâneo para plataforma rasa, daí para plataforma externa e, finalmente, para associações de talude (Figura 12). A associação litorânea é formada de arenitos grosseiros, fluviais e de transição; a associação de plataforma inclui sedimentos carbonáticos e terrígenos; e a associação de plataforma externa e talude compõe-se principalmente de folhelhos com corpos subordinados de origem turbidítica.

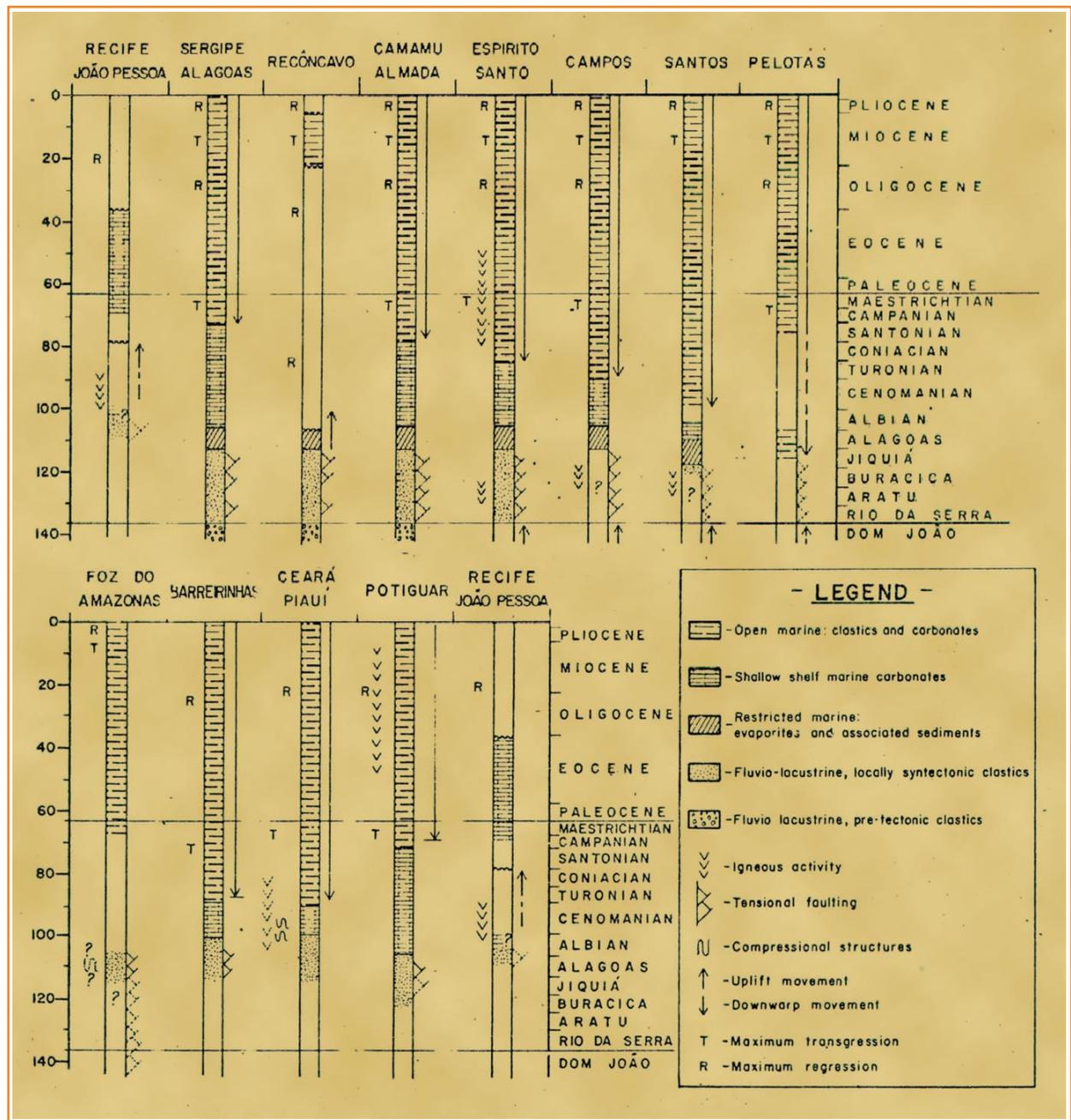
Nessa seqüência marinha registraram-se transgressões e regressões oscilatórias, dentre as quais, citam-se, como mais importantes, as que ocorreram no Albiano Inicial, no Campaniano - Maastrichtiano, no Eoceno e no Mioceno. As grandes regressões aconteceram no Oligoceno e no Plioceno. Asmus *et al.* (em elaboração) estão estudando a paleogeografia das bacias marginais com base em fundamentos de subsidência e grandes oscilações do nível do mar. A figura 15 mostra os resultados preliminares da taxa de acumulação sedimentar de alguns poços selecionados, perfurados ao longo da plataforma continental.

Figura 16

Sumário de eventos tectônicos e sedimentares ao longo da margem continental brasileira.

Figure 16

Summary of tectonic and sedimentary events along the Brazilian continental margin.



região Norte

A estratigrafia do setor norte da margem continental brasileira não é tão bem conhecida como a do setor leste. Entretanto, as seqüências deposicionais das bacias costeiras do leste podem, aparentemente, ser estendidas para a margem norte.

(1) Seqüência Inferior: perfis de reflexão sísmica permitem identificar sedimentos terrígenos continen-

tais preenchendo estruturas falhadas - grábens e semi-grábens - abaixo dos estratos marinhos subhorizontais da porção emersa da bacia Potiguar. Na bacia de Barreirinhas, a parte inferior da seqüência Jurássico Tardio - Neocomiano pode ser inferida a partir de sua ocorrência na bacia paleozóica do Maranhão.

Os clásticos continentais, que preenchem o gráben de São Luiz e os sedimentos transicionais - deltaicos do estágio Alagoas (Aptiano?), perfurados na bacia de Barreirinhas e, na margem continental,

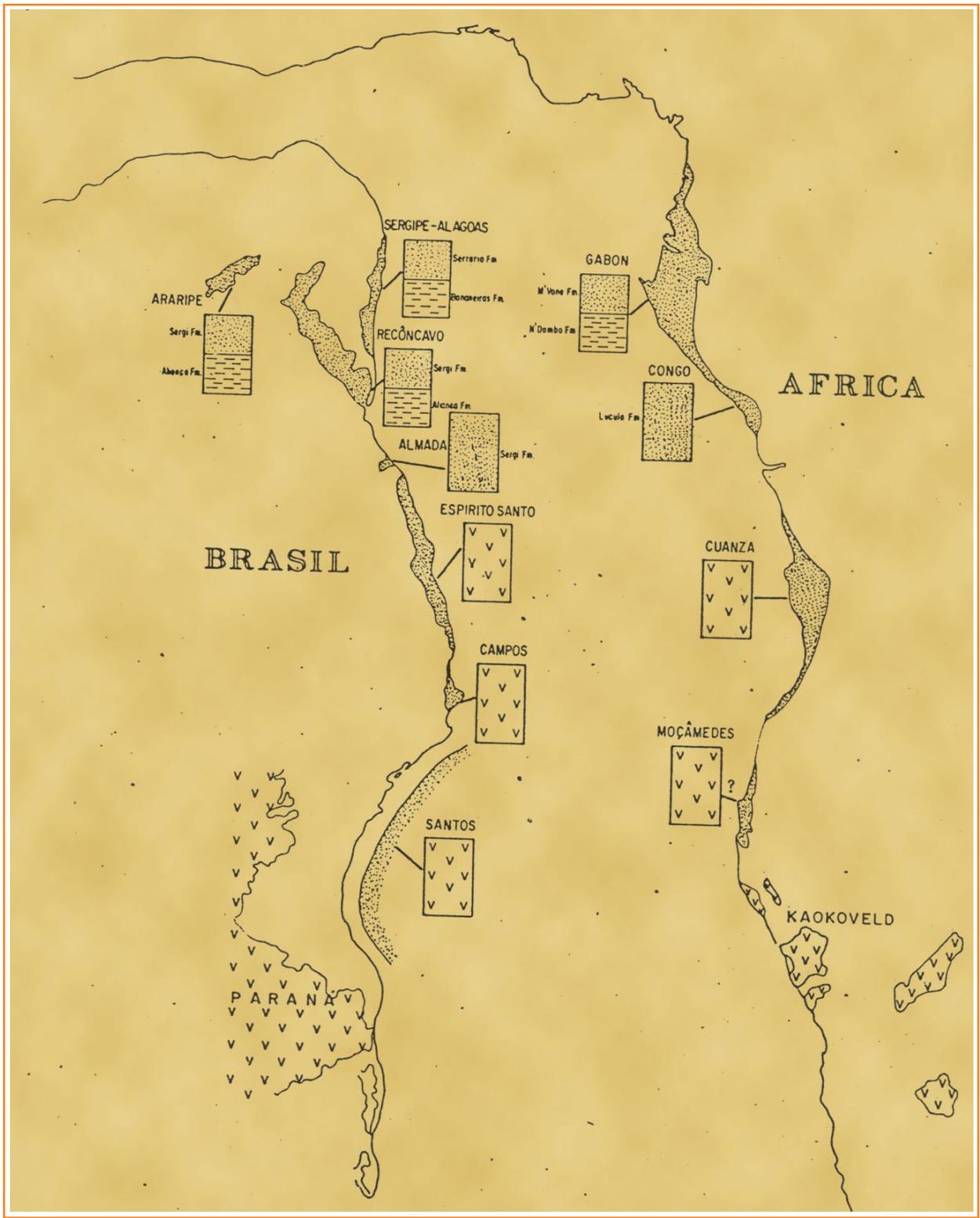


Figura 17 - Distribuição de sedimentos do Jurássico Tardio, pré-deriva, e vulcanismo do Cretáceo Inicial, no Brasil oriental e África ocidental.

Figure 17 - Distribution of Late Jurassic pre - drift sediments and Early Cretaceous volcanism in eastern Brazil and western Africa.

na bacia do Ceará - Piauí, são aqui tentativamente incluídos nessa seqüência.

(2) Seqüência Intermediária: embora os evaporitos aptianos (anidrita, gipsita) e os sedimentos terrígenos euxínicos associados sejam encontrados na bacia do Maranhão e no semi-gráben continental do Araripe, eles parecem estar ausentes nas bacias, costeiras e marginais, desse setor equatorial. Estruturas diapíricas, semelhantes às aquelas descritas por Mascle *et al.* (1973) e Pautot *et al.* (1973), ao largo do delta do Níger, foram reveladas por levantamentos sísmicos, em grandes profundidades abaixo do cone do Amazonas. Essas feições ainda não foram explicadas de maneira satisfatória. Se confirmada a sua condição de domos salinos, como interpretado para as estruturas sob o delta do Níger, eles poderiam ser mais facilmente relacionados com os sais mais antigos do Atlântico Norte do que com a seqüência intermediária aptiana das bacias da margem continental leste brasileira.

(3) Seqüência Superior: a seqüência marinha das bacias equatoriais, como ocorre para o caso das bacias da margem oriental, têm as suas idades estendidas desde o Albiano Inicial até o Recente. Seções com predomínio de carbonatos na parte mais inferior da seqüência também são encontradas nas bacias de Barreirinhas (Albiano a Cenomaniano) e Potiguar (Albiano a Maastrichtiano). Os sedimentos com equivalência de idade, na bacia do Ceará - Piauí, embora sejam considerados uma fácies de plataforma rasa (Ojeda, informação pessoal), são predominantemente terrígenos.

De acordo com Beurlen (1967a) e Reyment (1969), a fauna de amonites das bacias da margem continental brasileira, tanto as do leste como as do norte, viveram em províncias zoogeográficas isoladas, desde o Albiano até o Turoniano. Entretanto, Noguti e Santos (1972) observaram que a escassa fauna de foraminíferos planctônicos inclui, em ambas as áreas, espécies comuns, tais como *Hedbergella washitensis* Carsey (Aptiano Tardio a Cenomaniano) e *Hedbergella delrioensis* Carsey (Cenomaniano a Santoniano). Esses dados aparentemente discor-

dantes podem se tornar consistentes ao se considerar uma comunicação efêmera entre duas populações marinhas devido a uma transgressão de curta duração, no Albiano Tardio, como interpretado por Reyment (1969) e Reyment e Tait (1972).

Nas bacias equatoriais, da mesma forma que seu equivalente na margem oriental, a parte superior da seqüência marinha (Campaniano ao Recente quanto à idade) é considerada como uma típica sucessão progradacional da margem continental. Para além disso, são idênticas, em ambos os setores, tanto os conjuntos litológicos como o conteúdo fóssil.

evolução geológica

A origem e a evolução das bacias marginais brasileiras têm sido interpretadas à luz do modelo de deriva continental (Ponte *et al.* 1971; Asmus e Porto, 1972; Campos *et al.* 1974).

A intensificação da exploração de petróleo tem revelado notáveis similaridades ao longo das margens opostas do Brasil e da África. Essa nova evidência, quando acrescentada às bem conhecidas analogias paleontológicas, litológicas, estruturais e radiométricas, reforça o modelo proposto. Para além disso, a obtenção de um melhor conhecimento das áreas concernentes permitiu que se confirmassem, de forma repetida, prognósticos baseados nesse modelo. Assim, a presença de uma prognosticada seqüência de sal, na bacia de Campos (Asmus, 1969), e de sedimentos marinhos do Cretáceo Inicial, na bacia de Pelotas (Asmus e Porto, 1972) foi comprovada por trabalho subsequente de geofísica e perfuração.

As características divergentes das porções leste e norte da margem brasileira, como mencionado nos capítulos anteriores, permite que se considerem dois cenários estruturais, cada um dos quais com seus processos característicos de evolução (Figuras 15 e 16).

No norte, os possíveis prolongamentos de cadeias nas zonas de fratura equatoriais e a defor-

mação de parte do prisma estratigráfico mesozóico sugerem falhamentos transformantes nos estágios iniciais do desenvolvimento das bacias (Kumar e Bryan, 1973; Kumar e Ladd, 1974). Perfis sísmicos e geológicos na margem continental brasileira norte mostram semelhanças com perfis traçados em áreas onde o tectonismo transformante tem sido comprovado, como na África do Sul (Dingle e Scruton, 1974) e o Golfo da Guiné (Delteil *et al.* 1974).

Na verdade, a aplicação do modelo transformante na margem norte esbarra em alguns problemas até agora não solucionados, tais como: associação de estruturas compressionais e distensionais, que, ao menos localmente, parecem ser contemporâneas; os eixos das dobras, essencialmente leste - oeste, dispostos paralelamente à direção dos movimentos horizontais que os causaram; e a ocorrência limitada, em tempo e espaço, das estruturas dobradas.

O falhamento normal e transformante, mesmo quando contemporâneo, pode ser concebido como o resultado de um sistema de cisalhamento ao longo de zonas de fratura equatoriais, com movimentos convergentes (bacia do Ceará - Piauí), divergentes (bacia Potiguar), e paralelos (bacia de Barreirinhas). Tais movimentos produziram tanto estruturas distensionais como estruturas compressionais, de acordo com o modelo de Wilcox *et al.* (1973). O sistema de grábens da Foz do Amazonas não se acha incluído nesse esquema. Ele está provavelmente relacionado com um tectonismo anterior (Triássico - Jurássico) que se pode associar com o rifteamento do Atlântico Norte. Um cisalhamento posterior na área do Amazonas, provavelmente ligado com a movimentação ao longo da Zona de Fratura Saint Paul, pode ser inferido a partir de estruturas dobradas, ainda não suficientemente esclarecidas, afetando o prisma sedimentar, como visto através de seções sísmicas (K. Miura, 1975; comunicação pessoal).

Ao longo da margem oriental ocorrem apenas falhamentos normais. Nesse setor, a evolução das bacias avança através de quatro estágios diferentes: pré-rifte, rifte, proto-oceânico e marinho aberto. Cada um desses estágios apresenta um registro estratigráfico típico (Figura 16).

A distribuição paleogeográfica de algumas seqüências estratigráficas, por exemplo, os clásticos continentais do estágio pré-rifte; as vulcânicas do estágio rifte; e os evaporitos do estágio proto-oceânico), detalham alguns aspectos do modelo. Assim, Asmus (1974), integrando dados do estágio pré-rifte, mostrou que os sedimentos não-marinhos do Jurássico Superior, da seção basal no Brasil (bacias do Araripe, de Sergipe - Alagoas, do Recôncavo e de Almada) e os sedimentos correlativos no Oeste da África (bacias do Gabão e do Congo) mostram uma distribuição superficial simétrica (Figura 17). A ausência dessa seção do Jurássico Superior, ao sul da bacia de Almada, no Brasil, e da bacia do Congo, na África, deve-se provavelmente à não-deposição em áreas soerguidas que coincidem com sítios de atividade vulcânica, no Cretáceo Inicial. A justaposição das áreas soerguidas e vulcânicas, no Brasil e na África, num arranjo pré-rifte, dá suporte à existência de um centro vulcânico (*hot spot*, de Morgan, 1971) ativo do Jurássico Tardio ao Cretáceo Inicial, como sugerido por Wilson (1965) e por Dietz e Holden (1970).

A sugestão de um rifteamento inaugural nas áreas soerguidas escora-se no fato de ocorrerem evaporitos wealdianos (estágio Jequiá) na bacia de Santos, e sedimentos marinhos, situados nos estágios Jequiá e Alagoas, na bacia de Pelotas (Ojeda e De Cesero, 1974). Ambos esses tipos de sedimentos são mais antigos do que os seus correspondentes litológico - ambientais identificados ao longo do setor da margem continental que se estende desde a bacia de Campos até a bacia de Sergipe.

Os limites da bacia evaporítica proto-oceânica do Atlântico Sul (Cretáceo Inicial) foram definidas por Leyden e Nunes (1972) e Leyden *et al.* (no prelo). Como destacado por esses autores, a largura do cinturão de sal no Platô de São Paulo (aproximadamente 700 km de largura), e o seu bom ajustamento com o cinturão mais estreito de estruturas salinas na margem Oeste Africana, merece alguma consideração relativamente à natureza da crosta proto-oceânica.

A existência de uma ampla região soerguida na área de Santos e Moçamedes deve ter desen-

volvido um rifte que era mais largo e mais profundo do que na área ao norte. Entretanto, um inusitado sistema de grábens com 700 km de largura não conta com exemplos na literatura geológica. Pode-se, portanto, conjecturar que alguma acreção de crosta oceânica pode ter ocorrido antes do estágio inicial da bacia evaporítica. Se tal aconteceu e se o eixo da cadeia, num estágio imediatamente pós-sal, deslocou-se para uma nova posição, em direção leste relativamente à cadeia primitiva, então isso explicaria a marcada assimetria mostrada pelos cinturões salinos marginais na parte sul da bacia evaporítica.

Após o estágio evaporítico na margem leste e seu equivalente na margem norte, teve início uma deposição marinha aberta, numa plataforma em processo de subsidência continuada (Figuras 13, 14 e 16). Contrastando com essa tendência geral, o setor da margem nordeste brasileira que inclui as áreas ao largo de Alagoas (parte norte da bacia de Sergipe - Alagoas) e ao largo de Recife - João Pessoa foi soerguida. Em resultado, esse setor não logrou acumular uma espessa seqüência marinha progradacional. A menor subsidência na área de Recife - João Pessoa pode ser vista como uma das causas que impediram, até o Cretáceo Superior, a livre circulação entre o Atlântico Norte e o Atlântico Sul.

Esse soerguimento estendeu-se por todo o bloco do nordeste. Uma seção aptiana, constituída de evaporitos e sedimentos relacionados, supõe-se que tenha sido depositada por um braço do mar vinda do norte (Beurlen, 1962, 1967a) nas bacias interiores do Maranhão, Araripe e Tucano / Recôncavo. Um soerguimento subsequente dessas bacias elevou essa seção até a sua altitude atual, de mais de 500 m acima do nível do mar. O próximo registro de uma sedimentação marinha em áreas interiores é mostrado por uma seção miocênica na bacia do Recôncavo (Figuras 12 e 16).

Uma transgressão regional no Campaniano - Maastrichtiano e uma intensa atividade ígnea, intrusiva e extrusiva, datada de 83 - 50 m. a. A.P. conforma-se com uma reativação subcrustal, su-

postamente de abrangência mundial. Essa reativação, segundo Hallam (1971) e Hays e Pitman (1973), resultou num aumento substancial no volume do sistema geral de cordilheiras oceânicas. A peculiar atividade vulcânica alcalina, em terrenos interiores do centro - sul brasileiro (Almeida, 1972) (Figuras 9 e 10), acha-se provavelmente associada com essa reativação.

agradecimento

Aos Drs. H. A. Ojeda y Ojeda e K. Miura pelo fornecimento de dados ainda não publicados e pelas proveitosas discussões.

referências bibliográficas

AB'SABER, A.N. - 1955 - O relevo do Brasil. Introdução e bibliografia: Rev. da Univ. Católica de São Paulo. Vol. VIII, p.40-54.

_____-1968 - O relevo brasileiro e seus problemas: in Brasil: a terra e o homem, Vol. 1. As bases físicas. Companhia Editora Nacional Rio de Janeiro, p. 135-250.

ALMEIDA, F. F. M. de - 1955 - Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha. DNPM/DGM. Monografia XIII, Rio de Janeiro, 181 p.

_____-1960.- Quelques aspects sous-marins au large de la Côte Brésilienne: XXI Internat. Geolog. Cong. Rpt. p. 23-28.

_____- 1961 - Geologia e petrologia da ilha de Trindade: DNPM/DGM Monografia XVIII. Rio de Janeiro, 197 p.

_____-1965 - As ilhas vulcânicas brasileiras e a hipótese sobre a origem do Atlântico: Anais Acad. Bras. Cienc. v.37 (supl.)p.141-145.

_____- 1967 - Origem e evolução da plataforma brasileira. DNPM/DGM. Rio de Janeiro, Bol. 241, 36 p.

_____ - 1971 - Geochronological division of the Precambrian of South America. Rev. Bras. Geocienc., vol. 1, nº 1, p.13-21.

_____ - 1972 - Tectono-Magmatic activation of the South American Platform and Associated Mineralization 24 th Intern. Geol. Congr. Section 3. p.339-346. Montreal. Canadá.

_____ - 1973- Evolução tectônica da borda continental da Serra do Mar XXVII Congr. Bras. Geol. da S.B.G. Resumo das Comunicações. Bol. 2 p. 184-185 - Aracaju.

AMARAL, G., BUSHEE, J., CORDANI, U.G., KAWASHITA, K., e REYNOLDS, J. H. - 1967 - Potassium - Argon ages of alkaline rocks from southern Brazil: Geoch. Cosmoch. Acta, v.31, pp. 117-142.

ASMUS, H.E. - 1969 - Estudo preliminar da Bacia de Campos: in Toffoli, L. C. (editor) Margem Continental Brasileira. PETROBRÁS, Relatório interno. Rio de Janeiro.

_____ - 1970 - Banco de Abrolhos. Tentativa de interpretação genética: PETROBRÁS/DEXPRO/DIVEX, Internal Report. Rio de Janeiro.

_____ - 1973 - Margem continental brasileira: estado atual de conhecimentos. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 27. Simpósio de Geodinâmica, Aracaju, 1973. (não publicado).

_____ - 1974 - Controle estrutural da deposição Mesozóica nas bacias da margem continental brasileira: XVIII Congr. Bras. Geol. da S.B.G. Porto Alegre (no prelo).

_____, CARVALHO, J. C. e ZEMBRUSCKI, S. G. - 1973 - Evolução do Atlântico Sul e a área de Recife-João Pessoa. XXVII Congr. Bras. Geol., Aracaju.

_____ e PALMA, J. C. - 1973 - Setor Atlântico da Geotransversal Leste-Oeste: Estado atual de conhecimentos. XXVII Congr. Bras. Geol. da S.B.G., Simpósio de Geodinâmica (Resumo). Aracaju.

_____ e PONTE, F. C. 1973 - The Brazilian Marginal Basins: The Ocean Basins and Margins. Vol. 1- The

South Atlantic . A.E. M. Nairn and F.G.Stehli (editors) Plenum Press, New York, pp. 1-24.

_____, PONTE, F.C. e GUAZELLI, W. - (em elaboração)- Estratigrafia e Paleogeografia dos Sedimentos Profundos da Margem Continental Brasileira.

_____ e PORTO, R.- 1972 - Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. Anais XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G. , Belém - Pará, v.2, p. 67-90.

BACCAR, M. A. -1970- Evidências Geofísicas do Pacote Sedimentar no Plateau de São Paulo: Anais XXIV Congr. Bras. Geol. pp, 201-210 .

BACOCOLI. G. e MORALES, R. G. - 1973 - Bacia do Espírito Santo: Geologia e perspectivas petrolíferas: in Anais do 1º CAGEP - vol.2 PETROBRÁS, Relatório interno. Rio de Janeiro.

_____ e SAITO, M. - 1973 - Bacia de Campos: Geologia e perspectivas petrolíferas: in Anais do 1º CAGEP, vol. 2, PETROBRÁS Relatório interno. Rio de Janeiro.

BARRETTO, H. T. e MILLIMAN, J. D. - 1969 - Esboço fisiográfico da margem continental brasileira: in Margem Continental Brasileira. L.C.Toffoli, Editor, PETROBRÁS, Relatório interno, vol.I.p.II- 30.

BELMONTE, Y., HIRTZ. P. and WENGER, R. - 1965 - The salt basins of the Gabon and Congo (Brazzavile): A tentative paleogeographic interpretation: in Salt Basins Around África. The Institute of Petroleum London, p. 55-74.

BEURLEN, K. - 1961 - O Turoniano marinho do Nordeste do Brasil. Bol. da S.B.G., v.10, nº 2, p. 39-52.

_____ - 1962 - O desenvolvimento paleogeográfico do Oceano Atlântico Sul: Univ. do Recife. Arquivos de Geologia, nº 2, p. 21-36.

_____ - 1967a - Estratigrafia da faixa sedimentar costeira. Recife-João Pessoa: Bol. da S.B.G., v.16, nº 1, p. 43-54.

_____ - 1967b - A estrutura geológica do Nordeste do Brasil: in XXI Congres. Bras. Geol. da S.B.G., Curitiba, p.150-158.

- BOYER, P. R. - 1969 - Structure of the continental margin of Brazil Natal to Rio de Janeiro (Ph. D. thesis). Urbana University Illinois, 93 p.
- BRYAN, G. M., KUMAR., N. e CASTRO, P.J. M. - 1972 - The North Brazilian. Ridge and the extension of equatorial fracture zones into the continents: in Anais XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G. v.2,p.133-144, Belém-Pará.
- BUTLER, L. W. - 1969 - Shallow structure of the continental margin southern Brazil and Uruguay: Geol. Soc. Amer. Bul., v. 82, p. 1079-1096.
- CAMPOS, C. W. M., PONTE F. C. e MIURA, K., - 1974- Geology of the Brazilian Continental Margin: in The Geology of Continental Margins. C. A. Burk and C. L. Drake, editors, p. 447 - 461. Springer-Verlag, New York.
- CORDANI, U. G. - 1971 - Idade do Vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. Bol. Inst. Geocienc. Astron, Univ. São Paulo, v. 1, p. 9-76.
- _____ e BLAZEKOVIC, A. - 1970 - Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos: XXI Congr. Bras. Geol. da S.B.G, Brasília.
- _____ e HASUI, Y. - 1968 - Idades K/Ar de rochas alcalinas do primeiro planalto do Estado do Paraná: XXII Congr. Bras. Geol. da S.B.G., Belo Horizonte.
- DAMASCENO, E. C.- 1966 - Estudo preliminar dos diques de rochas básicas e ultrabásicas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo Anais Acad.Bras.Cienc., v.38, nº 2, p.293-304.
- DELTEIL, J. R. *et al.* - 1974 - Continental margin in the northern part of the Gulf of Guinea: in The Geology of Continental Margins, C.A. Burk and C.L. Drake, editors, p. 297-311. Springer-Verlag, New York.
- DINGLE, R. V. and SCRUTTON, R. .A. - 1974- Continental breakup and the development of post-Paleozoic sedimentary basins around southern Africa: Geol. Soc. Amer. Bull. , v. 85, p. 1467-1474.
- DIETZ, R. S. and HOLDEN, J. C. - 1970 - Reconstruction of Pangea: Breakup and Dispersion of continents, Permian to Present: Jour. Geophys. Res.,v 76, nº 26, p. 4939-4956.
- EALEY, P. J.-1969 - Marine geology of North Brazil: a reconnaissance survey (Ph. D. thesis). Univ. of Illinois, 65. p.
- ENGELN, O. D. von, - 1942 - Geomorphology-Systematic and Regional. The MacMillan Co. New York.
- ESTRELLA, G. O. - 1972 - O estágio rift nas bacias marginais do Leste Brasileiro: XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G., Belém-Pará, v.3, p.29-34.
- FAINSTEIN, R., MILLIMAN, J. D. e JOST, H. - 1975- Magnetic character of the Brazilian Continental Shelf and Upper Slope . Rev. Bras. Geoc. vol.5, nº 3. p.198-311.
- FERRADAES, J. O. e SOUZA, R. G. - 1972 - Estudo integrado geológico- geofísico das bacias de Camamu e Almada: in Anais do 1º CAGEP vol.2, PETROBRÁS Relatório interno. Rio de Janeiro.
- GAMA Jr., E. - 1970 - Modelo Geológico das Bacias do Recôncavo e Tucano. Congr. Bras. Geol. da S.B.G., p.191-200- Brasília.
- GORINI, M. A., ASMUS, H. E. e BRYAN, G. M. -1974- Zonas de Fraturas Equatoriais e sua Influência na Geologia de Áreas Adjacentes do Atlântico Ocidental: XXVIII Congr. Bras. Geol., Bol. Resumo das Comunicações, pp.637-641.
- _____ e BRYAN. G. M. - 1974 - A semi-isolated basin off Northeast Brazilian Margin: 55th. Meeting of Am. Geophys. Union. (Abstract).
- HALLAM, A. - 1971 - Mesozoic Geology and the opening of the South Atlantic Jour.Geol., v. 79, p. 129-157.
- HASUI, Y., CARTNER-DYER, R. e IWANUCH, W. - 1971 - Geocronologia das rochas alcalinas de Santo Antônio da Barra. XXV Congr. Bras. Geol. da S.B.G. , 25. São Paulo.Anais, v. 1.p. 253.258.
- _____ e CORDANI. U. G. - 1968 - Idades K/Ar de rochas eruptivas Mesozóicas do Leste Mineiro e

sul de Goiás. XXVII Congr. Bras.Geol. da S.B.G., Belo Horizonte.

HAYES, D. E. and EWING, M. -1970-North Brazilian Ridge and Adjacent continental margin:in The Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Bull. V. 54, nº 11. p. 2120-2150.

HAYS, J. D. and PITTMAN III, W. C. - 1973 -Lithospheric plate motion, sea-level changes and climatic and ecological consequences: Nature v.246, p.18-22.

HENNIES, W. T. e HASUI, Y. - 1968 - Geocronologia das rochas eruptivas alcalinas da ilha de São Sebastião, SP. XXII Congr. Bras. Geol. da S.B.G., 22. Belo Horizonte Anais, p. 145-148.

KRÖMMELBEIN, K. - 1965b (1966) - Preliminary remarks on some marine Cretaceous ostracods from Northeastern Brazil and West África: in Proceedings of the 2nd. West African Micropaleontological Colloquium, Ibadan, Van Hinte,J. E., editor , Leiden.

_____ e WERNER. R. - 1965 (1966) - Sur quelques analogies remarquables dans les microfaunes cretacees du Gabon et du Bresil Oriental (Bahia et Sergipe): in Bassins Sedimentaires du Litoral Africain, 1er partie: Littoral Atlantique. Symposium Coordoné par D. Reyre: Association des Services Geologiques Africains. Paris.

KUMAR, N. and BRYAN, G. M. - 1973 - Western extension of fracture zones in the Equatorial Atlantic. Abstracts with Programs, G.S.A. Annual Meeting, v. 5, nº 7, p. 702-703.

_____ and LADD, V. W. - 1974 - Origin of Compressional Structures on the Shelf off Brazil and Ghana Formed During the Opening of Equatorial Atlantic: Geol. Soc. Amer. Abstr. with Programs, v. 5 nº 7, p. 835 (Abstr).

LARSON, R. L. and PITTMAN III, W. C. - 1972 - World - wide correlation of Mesozoic magnetic anomalies and its implications. Geological Society of America Bulletin, 83, p. 3645 - 3662.

LEYDEN. R., LUDWIG, W. J. and EWING, M. - 1971 - Structure of the continental margin off Punta del Este, Uruguay and Rio de Janeiro-Brazil: The Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Bull., v. 55, p.2161-2173.

_____, ASMUS, H. E., ZEMBRUSCKI, S. G. and BRYAN, G. (in press)-South Atlantic Diapiric Structures: The Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Bull.

_____ and NUNES, J. R. - 1972 - Diapiric structures offshore Southern Brazil: XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G., v.2, p.45-50.

MASCLE, J. R. *et al* - 1973 - Diapiric structures off Níger Delta: The Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Bull. , v. 57, nº9, p.1672-1678.

MICHOLLET, J. MOLINA, E. et PENET, B. - 1970 - Le Systeme du Karroo au Gabon: in Proceedings of 2nd. Gondwana Symposium, p. 331-380, Pretoria-South Africa.

MIURA, K. e BARBOSA, J. C. - 1972 - Geologia da Plataforma Continental do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G., v.2, p.57-66.

MORGAN, W. V. - 1971 - Convection Plumes in the Lower Mantle: Nature, v. 230, p.42-43.

MUNNE, A. I. (Coordenador-) - 1972 - Análise estratigráfica do Andar Dom João na Bacia do Recôncavo e do Tucano Sul: PETROBRÁS-CPEG V. Relatório Técnico nº 8, 74 p.Salvador.

NAIRN- A.E.M. and STEHLI, F.G. - 1973 - A model for the South Atlantic: in The Ocean Basins and Margins, vol.I, the South Atlantic. A.E. M. Nairn and F.G.Stehli (editors) Plenum Press,New York, pp. 1-24.

NOGUTI, I. e SANTOS J. F.dos - 1972- Zoneamento preliminar por foraminíferos planctônicos do Aptiano ao Mioceno na Plataforma Continental do Brasil: Bol.Tec.PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v. 15, nº 3, p.265-283.

OJEDA H. A. - 1973 - Bacia de Santos e Pelotas: Geologia e perspectivas petrolíferas: in Anais do 1º CAGEP, PETROBRÁS Relatório interno. Rio de Janeiro.

_____ e BISOL., D. L. - 1971 - Integração geológica regional da extensão submarina da bacia sedimentar de Sergipe/Alagoas. XXV Congr. Bras.Geol. da S.B.G., v 3, p.215-225.

_____ e De CESERO, P. - 1974 - Bacias de Santos e Pelotas,- geologia e perspectivas petrolíferas: PETROBRÁS Relatório interno, Rio de Janeiro.

_____ e FUGITA, A. M. - 1974 - Bacia de Sergipe-Alagoas: geologia regional e perspectivas petrolíferas. XXVIII Congr. Bras. Geol da S.B.G., Porto Alegre (no prelo).

OJED.A, H. A., MOTTA, S. e FAVERA, J. C. D. (em elaboração) - Bacias de Barreirinhas, Piauí e Ceará: Geologia regional e perspectivas petrolíferas: PETROBRÁS /DEXPRO/DIVEX (Relatório de progresso).

_____ e SILVA, A. B. - 1975 - Bacias de Santos e Pelotas: Relatório de Progresso. PETROBRÁS Internal Report. Rio de Janeiro.

PAUTOT.G. *et al.*-1973 - Morphology, limits, origin and age of sand layer along South Atlantic African margin. The Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. v.57, nº 9, p.1658-1671.

PONTE, F. C. (coordenador) *et al* - 1971 - Evolução paleogeológica do Brasil Oriental e da 'África Ocidental. PETROBRÁS - CPEG IV Relatório Interno, Salvador-Bahia, 71 p.

RAND, H. M. - 1967 - Estudos Geofísicos na faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Soc. Bras. Geol. v.16, nº 1, p. 87-89.

REMAC - 1973 - Mapa batimétrico da plataforma submarina brasileira, escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro.

REYMENT, R. A. - 1969- Ammonite biostratigraphy continental drift and oscillatory transgressions. Nature, v. 224, p. 137-140.

_____ and TAIT, E. A. - 1972 - Biostratigraphical dating of the early history of the South Atlantic Ocean: Proc. Philos. Trans. Roy. Soc. London, Série B, v.264, p.55-95.

REZENDE, W. M. de, e FERRADAES, J. O. - 1971 - Integração geológica regional da bacia sedimentar da Foz do Amazonas. XXV Congr. Bras.Geol. da S.B.G., v.3, p.203-214.

_____ e PAMPLONA, H. R. P. - 1970 - Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. Bol. Tec. PETROBRÁS, v. 13, nº s. 1 e 2, p.5-14, Rio de Janeiro.

RIBEIRO FILHO, E. e CORDANI, U. G. - 1966 - Contemporaneidade das in-trusões de rochas sieníticas do Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo. XX Congr. Bras. Geol. da S.B.G., Publicação nº 1, p. 62-63, Rio de Janeiro.

RIDEG.P. - 1974 - Geology and structure of the portion of the Serra do Mar in Eastern São Paulo, Brazil (Ph. D. thesis) State University of New York.

SAMPAIO, A. V. e SCHALLER, H. - 1968 - Introdução à estratigrafia Cretácea da Bacia Potiguar. Bol. Tec. PETROBRÁS, v.11, nº 1, p.19-44.

SANFORD, R. M. and LANGE, F. W. -1960 - Basin Study Approach to Oil Evaluation of Paraná Myogeosyncline, South Brazil. Amer. Assoc. Petrol.Geol. Bull., v. 44, p. 1316-1370.

SCHALLER, H. - 1969 - Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe - Alagoas: Rol.Tec.PETROBRÁS, v. 12, nº 1, p.21-86.

_____, VASCONCELOS, D. N. e CASTRO, J. C. - 1971 - Estratigrafia preliminar da bacia sedimentar da Foz do Amazonas. XXV Congr. Bras. Geol. da S.B.G.. v. 3, p. 189-202.

SELCH.G,K. W. - 1971 - Arcabouço tectônico da Bacia do Espírito Santo, como interpretado de dados magnéticos: XXV Congr. Bras. Geol. da S.B.G. , v.3, p.227-234.

SOUZA, M. M. - 1972 - Reconhecimento sísmico na Plataforma. Continental do nordeste brasileiro. PETROBRÁS, Relatório interno.Rio de Janeiro.

SZATMARI, P. *et al* - 1974 - Evaporitos de Sergipe: Geologia e Geoquímica. PETROBRÁS, Relatório interno. Aracaju.

VANDOROS, P., CORDANI, U. G. e MATZAKO, J. J. - 1966- Idades absolutas das rochas ígneas da região do Cabo Pernambuco. XX Congr. Bras.Geol. da S.B.G., Publicação nº 1, p.64-66.

VIANA, C. F. - 1965 (1966) - Stratigraphic distribution of ostracoda in the Bahia Supergroup (Brazil): in Proceedings of the 2nd. West African micropaleontological colloquium Ibadan, Van Hinte, J. E. Editor. Leiden, p. 240-256.

_____ - 1966 - Correspondência entre os ostracodas das Séries Cocobeach (Gabão) e Bahia (Brasil): Bol. Tec. PETROBRÁS v.9, nº 3 e 4, p.367-382.

VIANA, C. F. *et al.* - 1971 - Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo-Tucano: Bol.Tec.PETROBRÁS nº s. 3 e 4, v.14, p.157-192.

WARDLAW, N. C. and NICHOLLS, G. D. - 1972 - Cretaceous evaporite of Brazil and West África and their bearing on the theory of continental separation: Proceedings of the 24th. Int. Geol. Congr. Section 6, p. 43-53.

WENGER, R. J. - 1973 - Le bassin sédimentaire gabonais et la derive des - continents: XXVII Congr. Bras. Geol. da S.B.G., Aracaju (in press).

WILCOX, R. E., HARDIN, T. P. and SEELY, D. R. - 1973 - Basic Wrench Tectonics. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.67, nº 1, p.74-96.

WILSON, J. T. - 1965 - Submarine fracture zones, aseismic ridges and the ICSU Line: proposed western margin of the East Pacific ridge. Nature, v.207, p.907-911.

ZEMBRUSCKI, S. G., BARRETTO, H. T., PALMA, J. C. e MILLIMAN, J. D. — 1972 - Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. XXVI Congr. Bras. Geol. da S.B.G., v.2. p.187-210.



Francisco Celso Ponte nasceu em 1930 na Cidade de Fortaleza - CE. Engenheiro agrônomo formado pela Universidade Federal do Ceará em 1958 e Geólogo de petróleo pelo CENAP em 1961. Diversas especializações, no País e no exterior. Celso Ponte faleceu em 1997, deixando um importante legado profissional. Defensor intransigente dos interesses nacionais, trabalhou na Petrobras como Geólogo durante 23 anos (1960 a 1982), atuando no Departamento de Exploração (DEPEX) em mapeamentos geológicos, foto-interpretação e análises de bacias; no Centro de Pesquisas (CENPES) como pesquisador e no Setor de Ensino e Treinamento (SETUP e SEN - BA) como professor. A partir de 1983, como consultor Independente, prestou serviços a diversas instituições tais como BRASPETRO, Centro de Pesquisas da PETROBRÁS (CENPES), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Companhia de Engenharia Rural do Estado da Bahia (CERB) e à empresa Azevedo & Travassos Petróleo S.A. Foi pesquisador - bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, de 1991 a 1993, e Professor - colaborador do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Campus de Rio Claro da UNESP, no período 1993 - 1995. Atuante na disseminação do conhecimento geológico e na defesa dos interesses da categoria, foi Presidente da Sociedade Brasileira de Geologia de 1979 a 1993; Vice-presidente de 1983 e 1985 e presidente do Núcleo da Bahia de 1981 a 1983. Vasta produção científica, na forma de relatórios internos da Petrobras, relatórios de consultoria e artigos publicados.



Haroldo Erwin Asmus nasceu em Pelotas, Rio Grande do Sul, em 24 de outubro de 1932. Graduiu-se em Engenharia Agrônoma, em 1955, pela Escola de Agronomia Eliseu Maciel, da atual Universidade Federal de Pelotas. Com bolsa concedida pela *Rockefeller Foundation*, iniciou suas atividades profissionais em 1956, no então Instituto Agrônomo do Sul, atualmente adequado como Centro da EMBRAPA. Em 1959, obteve bolsa do CNPq (Pesquisador Assistente). Na Petrobras, onde ingressou em janeiro de 1960, no então CENAP, seguiu o Curso de Aperfeiçoamento em Geologia de Petróleo, concluído em 1961. Lotado no Distrito de Exploração do Sul, com sede no Paraná, trabalhou em mapeamento de superfície na Bacia do São Francisco e principalmente na Bacia do Paraná, no período 1962 - 1967. Foi chefe de equipe de 1963 a 1967. Transferido em 1968 para a chamada, naquele tempo, Região de Produção da Bahia, ali desenvolveu trabalhos de integração de dados nas bacias Bahia Sul - Espírito Santo. Os mesmos trabalhos de integração, agora nas bacias da margem leste, passaram a ser desenvolvidos no Rio de Janeiro, para onde foi transferido em 1969. Nesse mesmo ano, estagiou em companhias de petróleo do

Gabão e de Angola. Em 1973, estagiou no *Lamont - Doherty Geological Observatory*, em Palisades, NY. Junto ao CENPES, desenvolveu atividades no Projeto REMAC de 1974 a 1978. Retornou ao DEPEX em 1978, ali permanecendo até outubro de 1981 quando se exonerou da Petrobras para dedicar-se a atividades de ensino e pesquisa. Nessa nova seleção, a sua atividade inicial deu-se na Fundação Universidade Federal de Rio Grande (FURG) e estendeu-se de 1981 até 1991 quando se aposentou. Na FURG, lotado no Laboratório de Oceanografia Geológica, do Departamento de Geociências, atuou nos cursos de graduação e pós-graduação. Em 1983, o Conselho Universitário outorgou-lhe a equivalência de Doutor. Mediante concurso público alçou o cargo de professor titular. Na área de pesquisa, coordenou projetos ligados à caracterização, diagnóstico e planejamento no sistema flúvio-lagunar da Lagoa dos Patos. Foi coordenador do lado brasileiro no convênio Universidade de Rio Grande - *Université de Bordeaux*, incluído no acordo CAPES - COFECUB, para o desenvolvimento do projeto "Geologia do Ambiente Costeiro do Rio Grande do Sul". Em 1991 ingressou na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), em São Leopoldo (RS), onde permaneceu até 1994. Nessa Universidade, na condição de Professor Titular, atuou nos cursos de graduação e pós-graduação (Bacias Sedimentares). Ademais, formulou e coordenou projeto de pesquisa de caracterização geoambiental e planejamento de bacias hidrográficas. De 1995 a 2002, atuou na Universidade Católica de Pelotas. Foi bolsista do CNPq (Pesquisador, categoria I) de 1982 a 1996. Atuou como membro de várias entidades técnico-científicas, no Brasil e no exterior, ligadas à Comissão Brasileira de Geodinâmica, à *Inter-Union Commission of the Lithosphere*, à Comissão da Carta Geológica do Mundo (Subcomissão para a América do Sul), à *Ocean Science Related to Non-living Resources* (COI/UNESCO), e ao *Mid Cretaceous Events* (IGCP/ICSU/UNESCO). Também fez parte do conselho editorial de periódicos científicos do Brasil e do exterior (Revista Brasileira de Geociências, Revista Brasileira de Geofísica, Paula-Coutiana, *Journal of South American Earth Sciences*, Capricornio, *Earth Evolution Series*). Na Sociedade Brasileira de Geologia foi vice-presidente do Núcleo do Rio de Janeiro, diretor de publicações e responsável por várias comissões técnicas.