

# A CONTRIBUIÇÃO DA GEOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E RESERVATÓRIO (GDR) PARA O PROCESSO EXPLORATÓRIO

## THE CONTRIBUTION OF DEVELOPMENT AND RESERVOIR GEOLOGY TO THE EXPLORATION PROCESS

Geraldo de Andrade<sup>1</sup> e Darci José Sarzenski<sup>2</sup>

**RESUMO** — Os campos petrolíferos, em razão da grande quantidade de poços perfurados em áreas relativamente restritas, constituem-se em valiosas fontes de informações e conhecimentos de grande utilidade para o processo exploratório. Neste trabalho, discutem-se alguns desses conhecimentos e informações, chamando-se atenção para a importância de seu uso, cada vez mais freqüente, como forma de aprimorar a pesquisa de novas acumulações de petróleo nas bacias sedimentares.

(Originais recebidos em 27.12.90).

**ABSTRACT** — *The petroliferous fields, due to the great number of wells drilled in relatively restricted areas, constitute valuable sources of information and knowledge of great usefulness in the exploration process. In this work some of this information and knowledge is discussed, calling attention to the importance of their use, each time more frequent, as a way to improve the research of new accumulations of petroleum in the sedimentary basins.*

*(Expanded abstract available at the end of the paper).*

### 1 — INTRODUÇÃO

A Geologia de Desenvolvimento e Reservatório (GDR) tem como finalidade básica o estudo, desenvolvimento e gerenciamento dos campos petrolíferos da PETROBRÁS, conjuntamente com a Engenharia de Reservatórios, sendo, portanto, uma atividade essencialmente de lavra. De fato, em 1956, surgia na estrutura organizacional da Região de Produção da Bahia, a Divisão de Geologia de Desenvolvimento (DIVIGEO), completamente desvinculada do Departamento de Exploração, objetivando o desenvolvimento dos campos baianos até então descobertos. Em 1966, em função da reorganização da PETROBRÁS em departamentos e também da escassez de geólogos experientes, a Geologia de Desenvolvimento foi incorporada ao Departamento de Exploração, permanecendo, no entanto, com as mesmas atribuições originais, isto é, fazendo parte da atividade de lavra. Esta nova posição organizacional da Geologia de Desenvolvimento, se por um lado trouxe encargos adicionais ao Departamento de Exploração fora de seu objetivo (descobrir petróleo), por outro lado carregou benefícios para este Departamento, tendo em vista a grande quantidade de informações e conhecimentos disponíveis a partir de estudos dos

campos petrolíferos que são de grande utilidade para a exploração das bacias. Sem dúvida, os campos petrolíferos, pela enorme quantidade de dados diretos (poços) concentrados em áreas relativamente restritas, oferecem uma oportunidade ímpar para obtenção de conhecimentos valiosos para a exploração das bacias. Este trabalho pretende abordar o lado exploratório da GDR, até hoje ainda pouco divulgado.

### 2 — MACROGEOMETRIA DAS ACUMULAÇÕES

Os campos petrolíferos são formados pelos mais variados tipos de trapas, em função principalmente da evolução estrutural-estratigráfica de cada bacia; também são constituídos, em geral, por mais de um reservatório com hidrocarbonetos. De qualquer modo, ao final do desenvolvimento primário de cada campo, a macrogeometria das suas acumulações está bem definida. Esse conhecimento, isto é, a definição precisa da macrogeometria dos campos petrolíferos de cada bacia e a resposta das ferramentas exploratórias a essa macrogeometria é de fundamental importância para a busca de outros campos semelhantes ainda não descobertos.

1 - Rua Soares Cabral, n.º 74 — Laranjeiras — CEP 22240. Rio de Janeiro, RJ — Brasil.

2 - Setor de Integração de Geologia de Desenvolvimento e Reservatório (SEIDER), Departamento de Exploração (DEPEX), Av. República do Chile, n.º 65 — Centro — CEP 20035, Rio de Janeiro — RJ, Brasil.

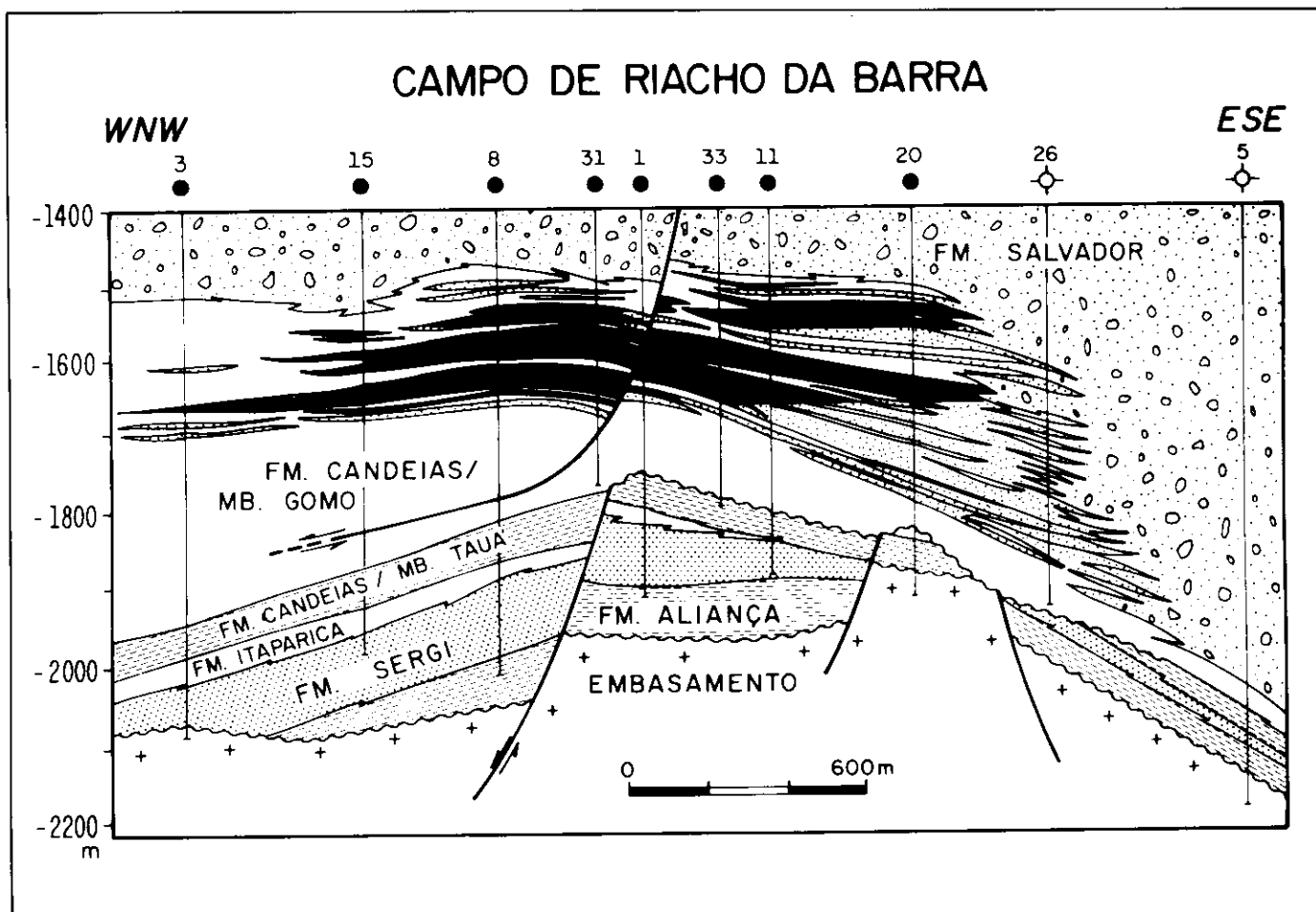


Fig. 1 - Seção geológica do Campo de Riacho da Barra, Bacia do Recôncavo. Adaptada de Bruhn *et al.* 1988.  
 Fig. 1 - Geologic section of the Riacho da Barra field, Recôncavo Basin. Adapted from Bruhn *et al.* 1988.

A título de ilustração, é apresentada, na figura 1, uma seção transversal ao Campo de Riacho da Barra (Bacia do Recôncavo), mostrando a macrogeometria dos reservatórios, enquanto na figura 2 é apresentada a seção sísmica que deu origem à locação do poço pioneiro descobridor. Neste caso específico, a resposta sísmica da feição macrogeométrica do campo na fase exploratório foi excelente.

Já no caso do Campo de Canto do Amaro (Bacia Potiguar), o reservatório principal do campo (Zona IV), constatado no decorrer do desenvolvimento primário de zonas superiores, é um grande nariz estrutural aberto para sudoeste, sendo o óleo trapeado neste flanco por um fluxo hidrodinâmico para leste/nordeste (fig. 3). A feição macrogeométrica desta acumulação nem de longe havia sido suspeitada por ocasião da locação do pioneiro descobridor, que tinha por objetivo uma diminuta feição dômica ao nível do Arenito Mossoró. De qualquer modo, a constatação da importância do fluxo hidrodinâmico no trapeamento do óleo em Canto do Amaro é de grande valia para a exploração de toda a faixa da Charneira de Areia Branca, onde se situa o campo.

### 3 — EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DOS CAMPOS PETROLÍFEROS

A definição da evolução estrutural dos campos petrolíferos, através da elaboração de mapas estruturais em vários níveis (marcos cronoestratigráficos ao longo da coluna) e de mapas de isópacas dos intervalos correspondentes, também tem uma grande importância exploratória. Desta maneira, é possível datar com precisão as fases tectônicas que afetaram a área do campo, definir a idade e a evolução da trapa, etc. Estudos desta natureza foram feitos, por exemplo, por Andrade e Passos (1969), Baumgarten (1969 e 1972) e Andrade (1972, em campos da Bacia do Recôncavo).

Um bom exemplo está representado pela figura 4, uma seção geológica simplificada do Campo de Araçás (Bacia do Recôncavo), mostrando as duas fases tectônicas que afetaram a área. Enquanto nos reservatórios profundos, ao nível do Arenito Água Grande, o trapeamento se dá por basculamento de blocos formados por falhas normais sintectônicas ativas antes da deposição do Marco 15, nos reservatórios rasos, a estrutura dômica, responsável pelo trapeamento, é formada em parte por falhamentos lístricos tardios, que

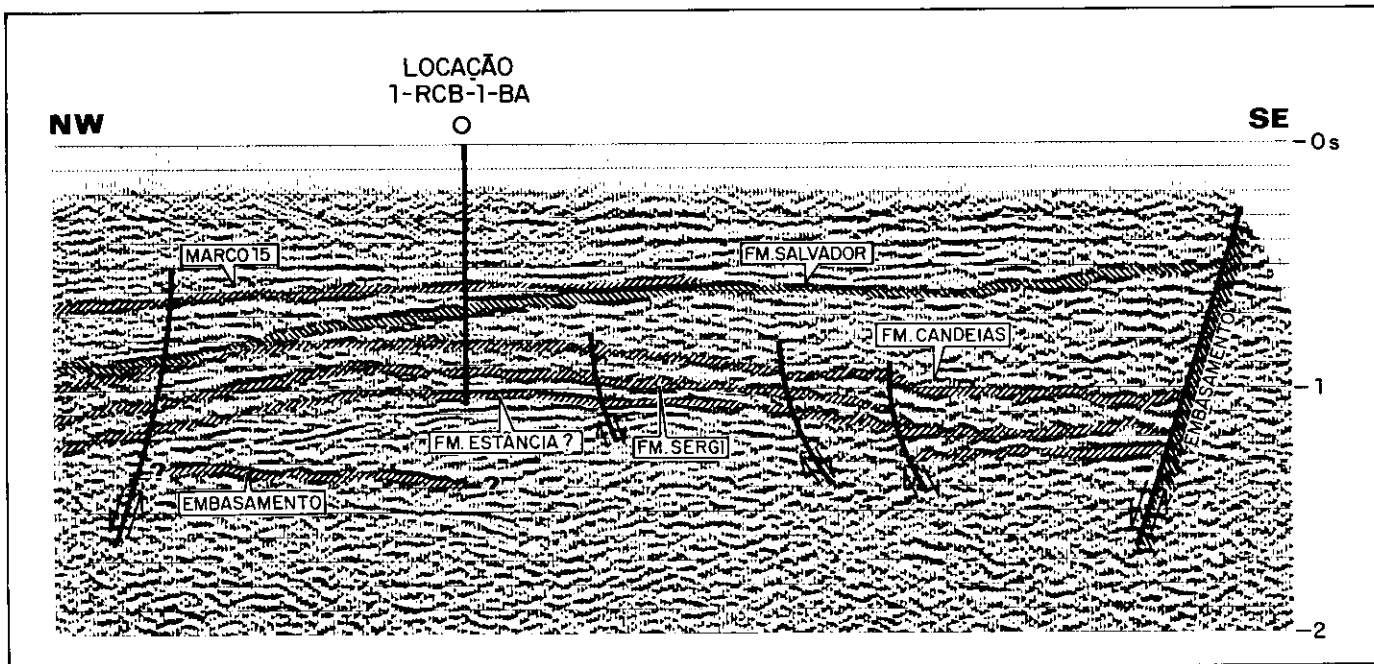


Fig. 2 - Seção sísmica 26-RL-703 com a localização do poço pioneiro descobridor do Campo de Riacho da Barra (1-RCB-BA), Bacia do Recôncavo. Adaptada de DEXBA/DIRGEO, 1981: prospecto da localização.

Fig. 2 - Seismic section 26-RL-703 with the location of the pioneer discovery well of the Riacho da Barra field, Recôncavo Basin. Adapted from DEXBA/DIRGEO, 1981: location prospect.

ocorreram após a deposição de todo o pacote sedimentar.

Informações deste teor, obtidas nos campos petrolíferos, apoiadas portanto em grande número de poços, quando integradas com outras informações de caráter regional, fortalecem, sem dúvida, as interpretações sobre a evolução estrutural e as várias fases tectônicas que afetaram as bacias.

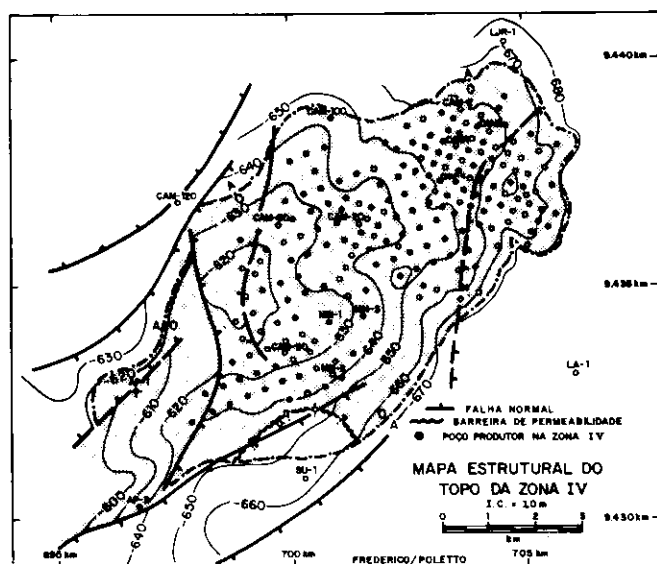


Fig. 3 - Mapa estrutural do topo da Zona IV do Campo de Canto do Amaro, Bacia Potiguar. Adaptado de Nolla e Conceição, 1988.

Fig. 3 - Structural map of the top of Zone IV of the Canto do Amaro field, Potiguar Basin. Adapted from Nolla and Conceição, 1988.

#### 4 - GÊNESE/DIAGÊNESE DAS ROCHAS-RESERVATÓRIO E SUA INFLUÊNCIA NA FORMAÇÃO E PRESERVAÇÃO EM PROFUNDIDADE DA POROSIDADE/PERMEABILIDADE

Os campos petrolíferos dispõem, em geral, de uma grande quantidade de testemunhos de rochas-reservatório. No passado, pela simples razão de que esses testemunhos eram absolutamente necessários para as determinações petrofísicas de rotina e espe-

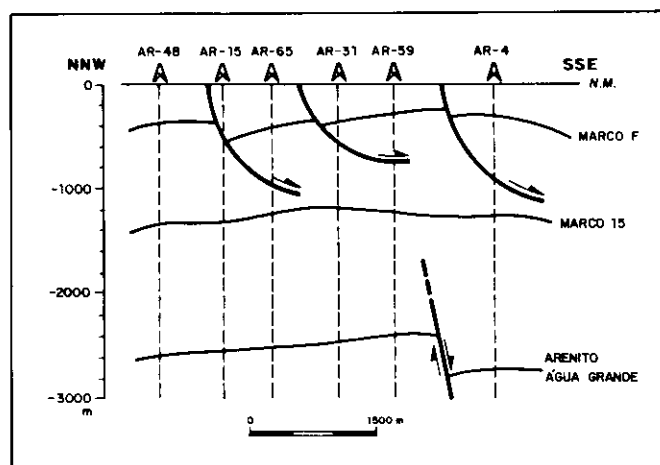


Fig. 4 - Seção estrutural simplificada do Campo de Araçás, Bacia do Recôncavo. Adaptada de Andrade, 1972.

Fig. 4 - Simplified structural section of the Araçás field, Recôncavo Basin. Adapted from Andrade, 1972.

ciais, usadas nos estudos de Engenharia de Reservatórios, e no presente, além desta finalidade, porque os próprios geólogos passaram a se dedicar a estudos de qualidade dos reservatórios, através da identificação e caracterização das litofácies. Como consequência, as interpretações da gênese (ambientes deposicionais) e da diagênese posterior (durante o soterramento) das rochas-reservatório passaram a ser quase que rotineiras nos estudos dos campos petrolíferos. A quantidade de informações a esse respeito já é realmente expressiva.

Por outro lado, sabemos perfeitamente da íntima relação desses eventos (genéticos e diagenéticos) com

a formação e preservação (em profundidade) da porosidade, permeabilidade e mesmo da geometria interna do espaço poroso. Talvez um dos trabalhos pioneiros a esse respeito tenha sido o de Andrade e Passos (1969), que através de gráficos de porosidade e permeabilidade contra a profundidade demonstraram a acentuada queda da qualidade das rochas-reservatório da Formação Sergi nos campos de Fazenda Boa Esperança e Araçás (Bacia do Recôncavo). Mais recentemente, Bruhn *et al.* (1988) retornaram ao tema, desta vez apoiados numa ampla amostragem petrofísica da Formação Sergi cobrindo toda a bacia (fig. 5). No momento, dois trabalhos do Centro de Pesqui-

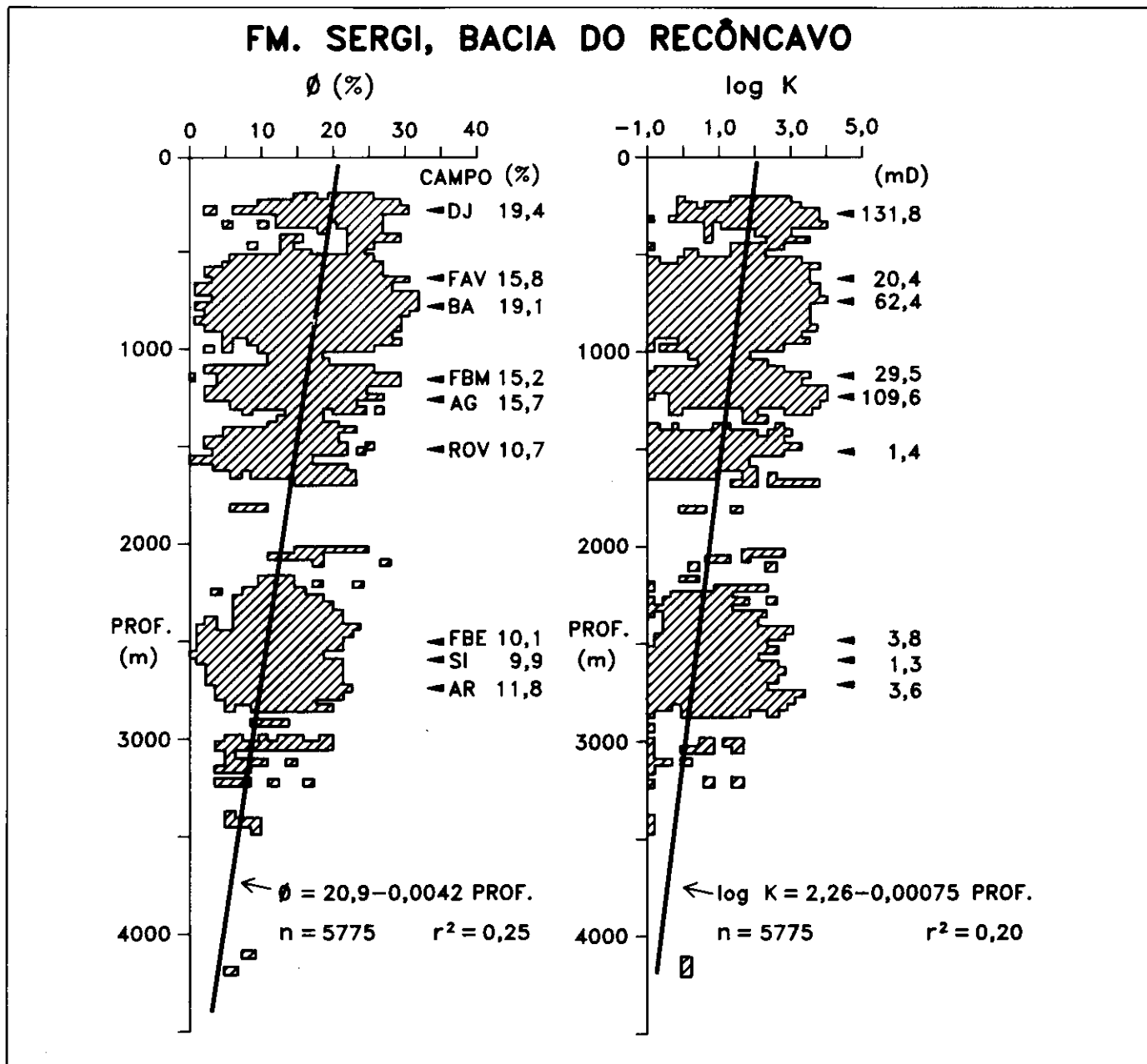


Fig. 5 - Variação da porosidade e permeabilidade em função da profundidade nos reservatórios da Formação Sergi, Bacia do Recôncavo. Estão indicados os valores médios para os principais campos com testemunhos, identificados por suas respectivas siglas. Adaptado de Bruhn *et al.* 1988.

Fig. 5 - Variation of porosity and permeability in relation to depth in the reservoirs of the Sergi Formation, Recôncavo Basin. The average values for the principal fields with cores, identified by their respective abbreviations, are indicated. Adapted from Bruhn *et al.* 1988.

sas (CENPES) abordam o assunto: o primeiro, de autoria de Anjos *et al.* (1990), sobre preservação da porosidade e permeabilidade das rochas-reservatório da Formação Pendência (Bacia Potiguar); e o segundo, de Sombra (1990), em rochas-reservatório do Jurássico/Terciário de várias bacias brasileiras — uma tentativa de predição da porosidade em função da história do soterramento e das características petrológicas iniciais dessas rochas. O tema não está esgotado e, considerando-se a sua grande importância exploratória, é possível e desejável que novos estudos venham a ser realizados. Também neste caso os campos petrolíferos, pela quantidade de testemunhos e estudos petrológicos disponíveis, são uma importantíssima fonte de informações.

### 5 — DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE ACUMULAÇÕES

Os campos de petróleo são testemunhos eloqüentes e concretos de que houve geração, migração e acumulação de hidrocarbonetos nas bacias onde foram encontrados. Isto é mais do que óbvio. Por sua vez, os geólogos de longa data sempre se preocuparam em pesquisar estes fenômenos nos seus vários aspectos, como, por exemplo, a identificação das rochas gera-

doras e dos possíveis caminhos da migração, a inferência das épocas em que ocorreram a geração dos hidrocarbonetos e a formação da trapa, bem como a compatibilidade desses eventos, etc..

Atualmente, com o grande avanço alcançado pela Geoquímica, com a modelagem termomecânica das bacias, e com os estudos sobre evolução estrutural dos campos petrolíferos, admite-se que é possível responder com razoável confiabilidade a maior parte dessas questões. No entanto, é preciso acentuar que algumas dessas respostas, embora baseadas em pressupostos científicos, não deixam de cair no terreno das interpretações, não sendo, portanto, fatos concretos. Exemplifiquemos: é por demais corriqueiro e freqüente os geoquímicos atribuírem a falhas a propriedade de conduzir hidrocarbonetos através de migração vertical, de modo a compatibilizar as acumulações rasas com as rochas geradoras profundas, como, por exemplo, na figura 6 — uma seção geológica através de vários campos petrolíferos da Bacia de Campos. Por outro lado, na figura 7 — uma seção estrutural do Campo de Água Grande (Bacia do Recôncavo) — diante da grande quantidade de falhas interligando os reservatórios com hidrocarbonetos e a superfície, seria razoável admitir-se que falhas são condutos verticais para migração de hidrocarbonetos? Com tantas falhas seria possível existir o Campo de Água Grande? Os hi-

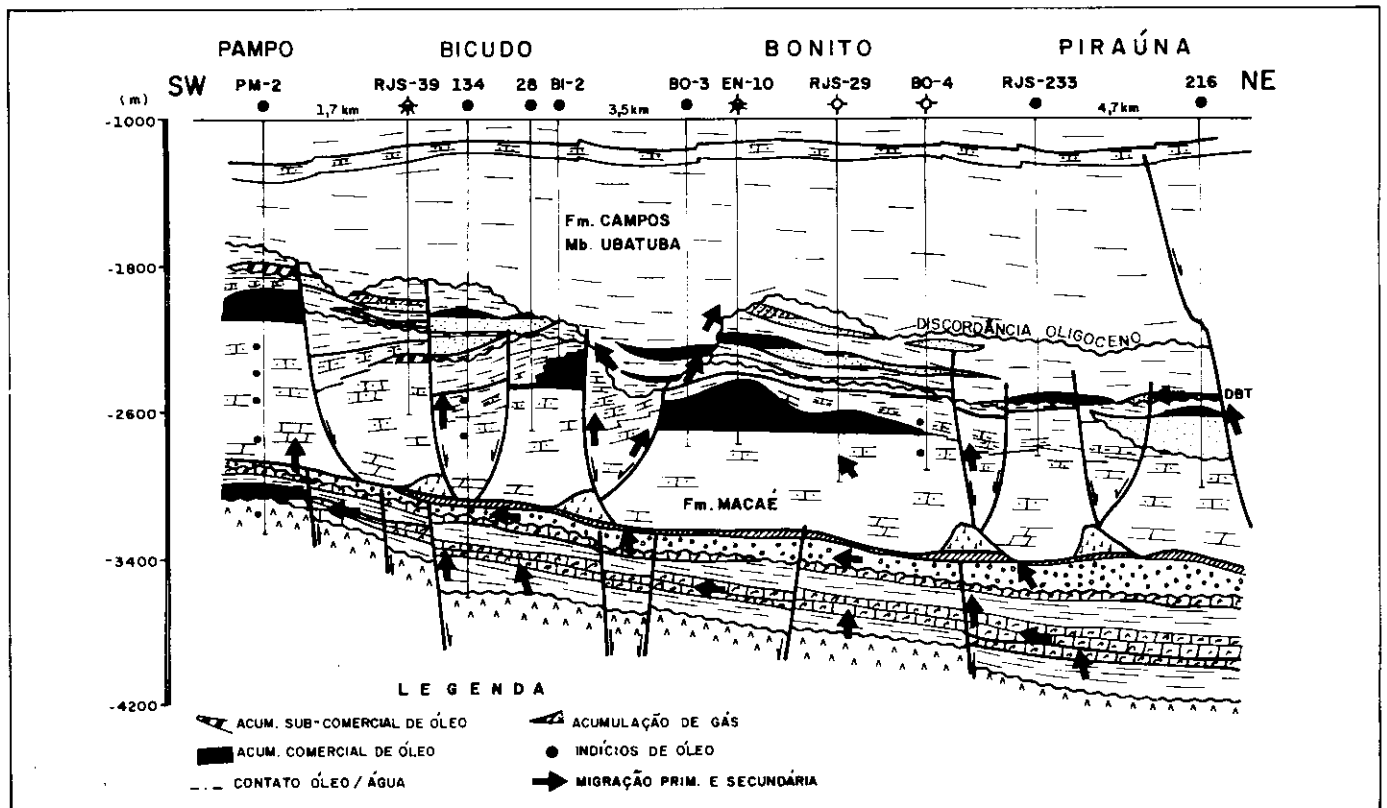


Fig. 6 - Seção geológica, baseada em sísmica e dados de subsuperfície, ao longo dos campos petrolíferos de Pampo, Bicudo, Bonito e Piraúna, Bacia de Campos. Adaptada de Pereira *et al.* 1984.

Fig. 6 - Geological section, based on seismic and subsurface data along the petroliferous fields of Pampo, Bicudo, Bonito and Piraúna, Campos Basin. Adapted from Pereira *et al.* 1984.

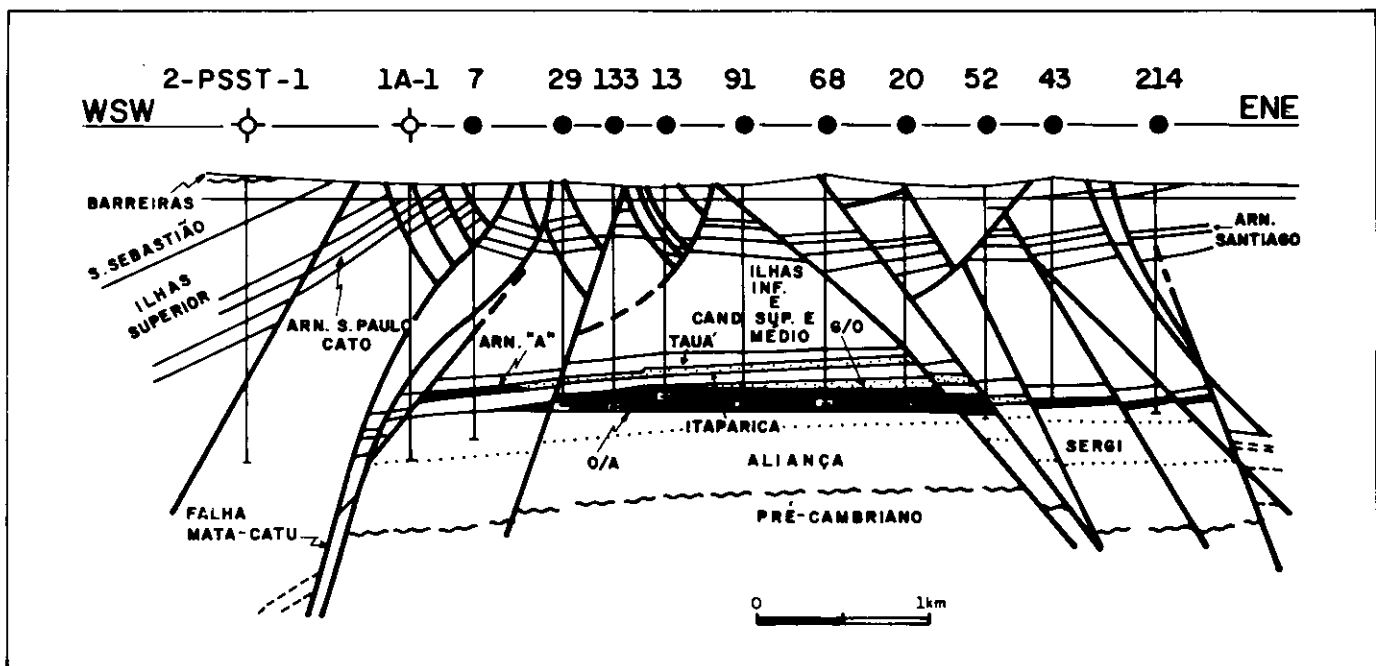


Fig. 7 - Seção geológica do Campo de Água Grande, Bacia do Recôncavo. Adaptada de Baumgarten, 1969.  
 Fig. 7 - Geological section of the Água Grande field, Recôncavo Basin. Adapted from Baumgarten, 1969.

drocarbonetos não teriam sido perdidos na superfície através dessas falhas? E, no entanto, o campo existe, é fato concreto! Na verdade, a maioria dos reservatórios dos campos do Recôncavo são muito rasos (até 1 200 m) e extremamente falhados internamente e nos seus flancos.

Com esses exemplos, desejamos demonstrar como os conhecimentos dos campos petrolíferos podem contribuir para a compreensão dos vários enigmas que ainda cercam a Geologia de Petróleo e, conseqüentemente, ajudar no processo exploratório de novas descobertas.

## 6 — ESTUDOS DO HABITAT DO PETRÓLEO, DE PLAY ANALYSIS E DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PETROLÍFERO DAS BACIAS

Esses estudos, todos importantíssimos sob o ponto de vista exploratório, na realidade são resultantes da integração de conhecimentos regionais das bacias com aqueles obtidos a partir dos campos petrolíferos. Isto por si só demonstra a importância dos conhecimentos dos campos nestes estudos. Nesta oportunidade, desejamos destacar a importância dos estudos do *habitat* do petróleo, sendo desejável torná-los exercícios obrigatórios e sistemáticos em todas as nossas bacias, mesmo naquelas ainda sem descobertas (usando-se como modelos bacias internacionais análogas). Os estudos de *play analysis* e de avaliação de potencial já são sistemáticos e rotineiros no DEPEX.

## 7 — CONCLUSÃO

Concluindo, podemos afirmar que os campos petrolíferos constituem-se numa expressiva fonte de informações e conhecimentos de grande valia para o processo exploratório. Entre esses conhecimentos destacam-se: a definição da macrogeometria das acumulações e sua resposta às ferramentas exploratórias; a evolução estrutural dos campos, com a definição precisa de fases tectônicas; a gênese/diagênese das rochas-reservatório e sua influência na formação e preservação da porosidade/permeabilidade; a definição dos modelos das acumulações; e a integração desses e outros conhecimentos aos estudos do *habitat* do petróleo, *play analysis* e avaliação do potencial petrolífero das bacias. Na PETROBRÁS, o uso dos conhecimentos obtidos a partir dos campos petrolíferos, como ferramenta exploratória, tem avançado bastante nos últimos anos, com óbvios benefícios para a exploração das bacias brasileiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, G. de. *Relatório sobre o curso na Universidade de Tulsa* [s.l.]: PETROBRÁS/DEPEX/SEGED, 1972. (Relatório interno).  
 ANDRADE, G. de, PASSOS, L.J. *Estudo geológico dos reservatórios profundos dos campos de Araçás e Fazenda Boa Esperança*. [s. l.]: PETROBRÁS/DIREX/SECEGE, 1969. (Relatório interno).  
 ANJOS, S.M.C. et al. *Projeto modelagem diagênética preditiva da Formação Pendência, Bacia Potiguar Emersa*. [s. l.]: PETROBRÁS/CENPES/DIGER, 1990. (Relatório interno).  
 BAUMGARTEN, C.S. *Relatório geológico do Campo de Água Grande*. [s. l.]: PETROBRÁS/DIREX/SECEGE, 1969. (Relatório interno).

BAUMGARTEN, C.S. *Relatório geológico do Campo de Taquipe*. [s. l.]: PETROBRÁS/DIREX/SECEGE, 1972. (Relatório interno).  
BRUHN, C.H.L., CAINELLI, C., MATTOS, R.M.D. de. *Habitat do petróleo e fronteiras exploratórias nos rifts brasileiros*. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, v. 2, n. 2/4, p. 217-253, 1988.  
NOLLA, F.R., CONCEIÇÃO, L.A.Z. *Campo de Canto do Amaro: um exemplo de exploração exploratória (Bacia Potiguar Emersa)*. In: SEMINÁRIO DE GEOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E RESERVATÓRIO, 3, 1988. *Anais...* [s. l.]: PETROBRÁS/DEPEX,

1988. p. 10-21.  
PEREIRA, M.J., TRINDADE, L.A.F., GAGLIANONE, P.C. *Origem e evolução das acumulações de hidrocarbonetos na Bacia de Campos*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984, v. 10.  
SOMBRA, C.L. *O papel da história de soterramento na evolução da porosidade (arenitos das bacias marginais brasileiras)*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/CENPES/DIGER/SEGEX, 1990. 45 p. (Relatório interno).

#### EXPANDED ABSTRACT

*Although the basic purpose of the Reservoir and Development Geology (RDG) is to study and develop oilfields in terms of hydrocarbon exploitation, its contribution to the exploratory process is mostly significant. Oilfields, for their great number of wells (direct data) in relatively restricted areas, offer a unique opportunity to obtain valuable knowledge for the exploration of the basins. As examples of some of this knowledge, the following could be mentioned: definition of the macrogeometry of the accumulations, mainly regarding the type of entrapment, nature and stratigraphic position of the reservoirs, as well as the response of this macrogeometry to the exploratory tools (seismic, surface geology, etc.), which serve as a guide to the research of similar accumulations; oilfield structural evolution, with a precise definition of tectonic phases, which undoubtedly*

*contributes to a better understanding of regional tectonics; genesis/diagenesis of reservoir-rocks and their influence on the formation and preservation of the porosity/permeability, thus contributing to the delimitation of the exploratory boundaries; definition of the accumulation patterns through the identification of source rocks, epoch of generation, possible migration routes, and the relation of these events to the structural evolution and trap formation time; and the integration of these and other types of knowledge to the studies of oil habitat, play analysis, and evaluation of the oil potential of the basins. In PETROBRÁS, the use of oilfield data as an exploratory tool has developed a great deal in recent years with obvious benefits to the exploration of the Brazilian basins.*