

ARENITOS DA FORMAÇÃO ITAPARICA NO EXTREMO NORDESTE DA BACIA DO RECÔNCAVO: SEDIMENTAÇÃO, EVOLUÇÃO DIAGENÉTICA E CARACTERÍSTICAS DE RESERVATÓRIO

SANDSTONES IN THE ITAPARICA FORMATION IN THE FAR NORTHEAST OF THE RECÔNCAVO BASIN: SEDIMENTATION, DIAGENETIC EVOLUTION, AND RESERVOIR CHARACTERISTICS

José Henrique de Castro Negreiros

RESUMO – Na Formação Itaparica intercalam-se arenitos e pelitos continentais do início do Eocretáceo pertencentes à seção pré-rift da Bacia do Recôncavo. Na área estudada, que cobre cerca de 200 km² no extremo nordeste da bacia, foram definidas 12 litofácies depositadas em domínios subaquosos e subaéreos. A relação entre as mesmas permitiu o estabelecimento de seis associações, as quais perfazem um grupo de cinco unidades genéticas: eólica-lacustre, eólica inferior, flúvio-lacustre, fluvial e eólica superior. O modelo deposicional definido envolve a evolução de uma planície aluvial, na qual há uma interação entre ambientes eólicos (baixo ângulo), fluviais (entrelaçado e meandrante) e lacustres. Seus arenitos, classificados como quartzo-arenitos e subarcósis, têm arcabouço predominantemente quartzoso, pouca matriz argilosa e uma variada gama de minerais diagenéticos. A história diagenética revela uma evolução fortemente influenciada pelo ambiente deposicional e rochas pelíticas associadas. Dentre as fases diagenéticas, têm destaque: *coatings* silicosos, infiltração mecânica de argila, compactação, crescimentos secundários de quartzo, cimentação calcítica, geração de porosidade secundária e cimento de caulinita. Embora haja uma seqüência diagenética geral, alguns desvios foram constatados, de modo que cinco seqüências distintas puderam ser caracterizadas. Tais seqüências mostram íntimo relacionamento com os atributos faciológicos dos arenitos e, por conseguinte, com seu ambiente deposicional. Com suporte nos estudos sedimentológicos e diagenéticos foram estabelecidas quatro fácies-reservatório.

(Originais recebidos em 30.03.90.)

ABSTRACT – Continental sandstones and pelites dating from the beginning of the Early Cretaceous and belonging to the pre-rift section of the Recôncavo Basin are found intercalated in the Itaparica formation. In the studied area, which covers about 200 km² in the far northeast of the basin, 12 lithofacies were defined, deposited in subaqueous and subaerial domains. Six associations were established between these lithofacies, leading to a group of five genetic units: eolian-lacustrine, lower eolian, fluvio-lacustrine, fluvial, and upper eolian. The depositional model defined involves the evolution of an alluvial plain, where eolian fluvial (low angle), braided and (meandering), and lacustrine environments interact. Classified as quartzose and subarkoses, their sandstones display a predominantly quartzose framework, little clayey matrix, and a variety of diagenetic minerals. The diagenetic history reveals that evolution was strongly influenced by the depositional environment and associated pelitic rocks. The following diagenetic phases stand out: silica coatings, mechanical clay infiltration, compaction, secondary quartz overgrowths, calcitic cementation, generation of secondary porosity, and kaolinite cement. Although there is a general diagenetic sequence, some deviations were observed, and five distinct sequences can be characterized. These sequences are intimately related to the faciological features of the sandstones and consequently with their depositional environment. Based on sedimentological and diagenetic studies four reservoir facies were defined.

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

1 – INTRODUÇÃO

A Bacia do Recôncavo, localizada na região nordeste do Brasil, constitui um *rift* de idade eocretácica que se desenvolveu na depressão afro-brasileira do neo-jurássico (Ponte *et al.* 1971). Sua estrutura-

ção segue duas direções principais, NE-SW e NW-SE, sendo pertencentes à segunda dois lineamentos transversais que dividem-na em três compartimentos (fig. 1).

A Formação Itaparica é a unidade basal do Andar Rio da Serra (fig.2),

1 - Seção de Laboratório (SELAB), Divisão de Interpretação (DINTER), Distrito de Exploração do Espírito Santo (DEXES), Rodovia BR 101, Km 67,5, CEP 29930, São Mateus, Espírito Santo, Brasil.

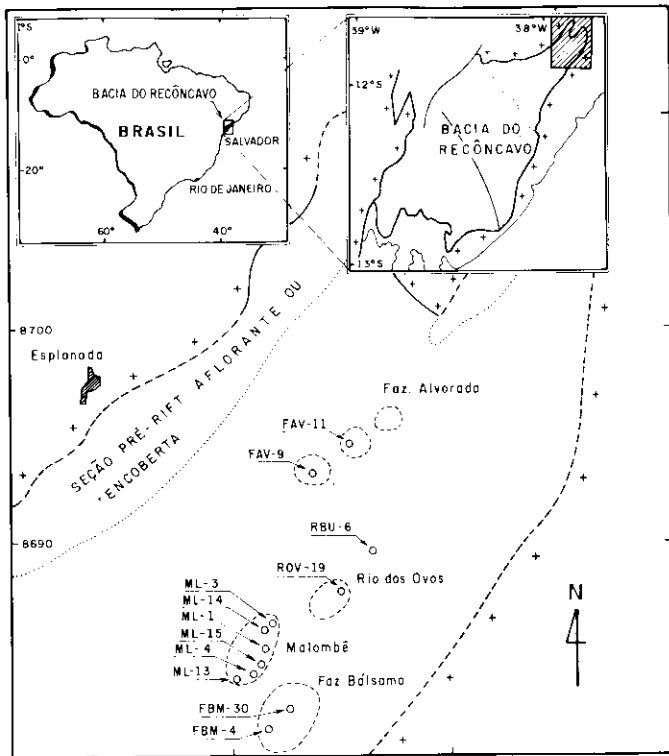


Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo (extremo nordeste da Bacia do Recôncavo) mostrando os poços com testemunhos analisados e seus respectivos campos.

Fig. 1 - Location map of northeasternmost Recôncavo Basin, showing oil fields and analyzed cored wells.

sendo constituída por pacotes arenosos e pelíticos intercalados, de origem continental. A área enfocada no trabalho abrange cerca de 200 km², situados no extremo nordeste da bacia, da qual foram analisados 317 m de testemunhos, distribuídos em 12 poços (fig.1). Nesse contexto, desenvolveram-se estudos no sentido de identificar o caráter genético da Formação Itaparica – com definição de seu modelo deposicional, assim como estabelecer a evolução e o comportamento de seus reservatórios.

2 – SEDIMENTAÇÃO

2.1 – Litofácies

A tabela I apresenta um quadro sinótico das 12 litofácies identifica-

das a partir dos testemunhos analisados, seus atributos mais importantes e os processos deposicionais envolvidos.

2.2 – Associações de Litofácies e Unidades Genéticas

Para a definição das associações de litofácies, em número de seis (tabela II), foram utilizados os seguintes critérios: a) frequência e distribuição na seqüência vertical; b) correlação lateral; c) afinidade genética.

A boa resolução das associações nos perfis de raios gama (fig. 3) e resistividade propiciou a verificação de uma significativa distribuição la-

teral das mesmas que, aliada à caracterização genética, possibilitou o estabelecimento informal de cinco unidades genéticas (tabela III, fig.3).

2.2.1 – Unidade Eólica Lacustre

Está situada na posição basal da Formação Itaparica e tem distribuição contínua por toda a área de estudo, ao longo da qual apresenta-se com espessuras entre 5 e 19 m (fig. 4). Cerca de 79% de sua seção são constituídos por pelitos, cabendo os 21% restantes a arenitos (tabela II) segregados em 2 a 4 pacotes, com espessuras entre 1 e 3 m, intercalados nos sedimentos finos (fig. 4) e com variações laterais significativas.

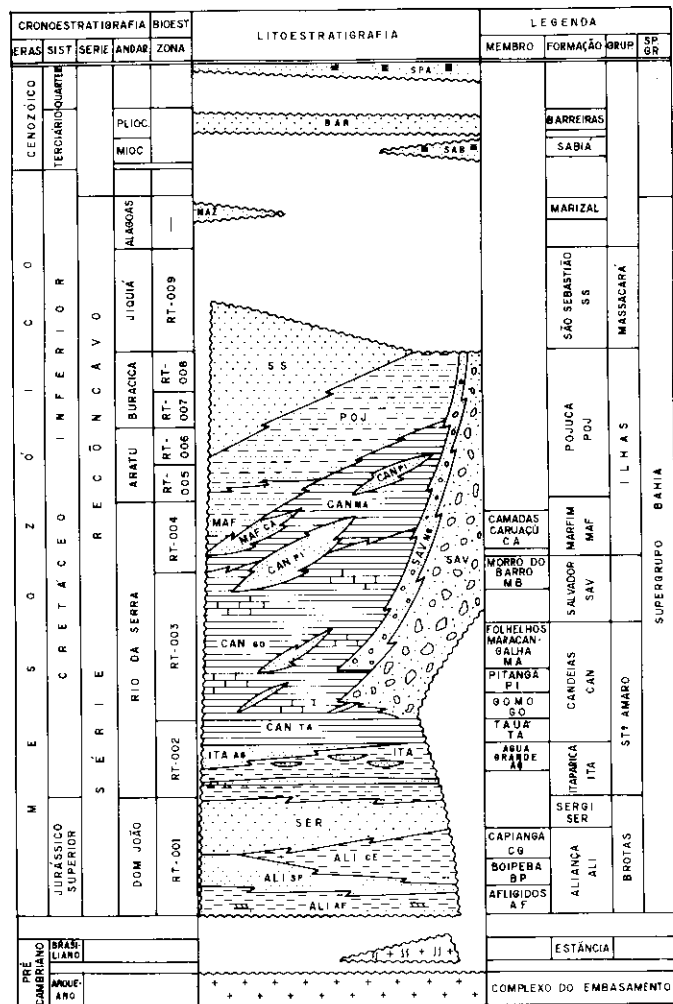


Fig. 2 - Coluna estratigráfica para a Bacia do Recôncavo (adaptado de Viana et al. 1971).

Fig. 2 - Stratigraphic column of Recôncavo Basin (adapted from Viana et al. 1971).

TABELA I / TABLE I

LITOFÁCIES DA FORMAÇÃO ITAPARICA
LITHOFACIES OF THE ITAPARICA FORMATION

Litofácies	Atributos mais Importantes	Processos Sedimentares Dominantes
Arenito Intraclástico (Ai)	granulometria conglomerática e intraclastos siltico-argilosos.	migração de ripples, dunas e barras transversais sub-aquosas (predomínio de tração)
Arenito Grosseiro Granuloso (Ag)	granulometria grosseira e grânulos de quartzo.	
Arenito Fino (Af)	granulometria fina e estratificação cruzada	
Arenito com climbing ripples (Ac)	climbing ripples	migração e crescimento de ripples subaquosas (tração + suspensão)
Siltito (S)	laminação plano-paralela	domínio da decantação a partir de suspensão
Lamito (L)	ausência de laminação	
Folhelho (F)	laminação plano-paralela e fissilidade	
Lamito Arenoso (La)	conteúdo arenoso: areia fina a grosseira	decantação a partir de suspensão com contribuição de material em queda a partir de fluxos eólicos.
Arenito com Laminação Transladante (At)	laminação transladante	migração e crescimento de ripples transladantes subcríticas em domínio eólico.
Arenito Estratificado (Ae)	granulometria grosseira e estratificação cruzada tabular	migração de dunas eólicas com queda de grãos.
Arenito Bimodal (Ab)	bimodalidade: areia fina e grosseira	migração de leitos planos trativos de fluxos eólicos
Arenito Deformado (Ad)	estruturas de deformação plástica	migração e crescimento de ripples transladantes subcríticas e leitos planos trativos eólicos com intercalação de finos de carga de suspensão aquosa.

compõe-se basicamente de arenitos, destacando-se a litofácies At, que representa 62% da unidade (tabela II). Corresponde ao "Arenito C1", designação informal muito utilizada na PETROBRÁS. Sua distribuição se dá segundo uma faixa de direção NE-SW, com largura de aproximadamente 10 km, formando uma seqüência regular de espessamentos e adelgaçamentos em marcante paralelismo (fig. 6). A unidade exibe também, além da expressiva continuidade lateral e das significativas variações de espessura, uma geometria com base plana e topo ondulado (fig. 4).

Foi interpretada como sendo o registro de depósitos eólicos de baixo ângulo (*sandsheet deposits*). Segundo Fryberger *et al.* (1979), depósitos desse tipo são caracterizados por estratificações com ângulos entre 0 e 20°, constituindo-se de um complexo de pequenos altos e depressões, com raras dunas isoladas.

Nesses sistemas eólicos, com topografia suavizada, dominam os

Essa unidade representa o registro de um sistema lacustrino raso, com associação local de um sistema eólico de pouca expressão, restrito às partes sul e sudeste da área de estudo (fig. 5). As características dos arenitos eólicos – predominantemente litofácies Ad – e de parte dos pelitos – litofácies La – indicam a interferência mútua entre dois sistemas de deposição, sem o domínio de um ou de outro.

2.2.2 – Unidade Eólica Inferior

Essa unidade se sobrepõe invariavelmente à anterior, com espessuras variando de 2 a 24 m (fig. 4), e

TABELA II / TABLE II

ASSOCIAÇÕES DE LITOFÁCIES E SUAS COMPONENTES
LITHOFACIES ASSOCIATIONS AND THEIR COMPONENTS

Código	Litofácies Dominantes	Litofácies Subordinadas
A ₁	L(33), F(30), Ad(13), La(12)	At(4), Ac(4), S(4)
A ₂	At(62)	Ab(15), Ae(12), Af(9), Ad(2)
A ₃	L(57), Ac(21), Af(11)	S(6), F(5)
A ₄	Ag(72), Af(25)	Ac(3)
A ₅	Af(50), Ai(39)	Ac(7), At(2), S(1), L(1)
A ₆	Ae, ?	?

OBS: Os números entre parênteses representam a freqüência, em percentagem, de cada litofácies na respectiva associação.

NOTE: Numbers in brackets represent the percentage frequency of each lithofacies in the association.

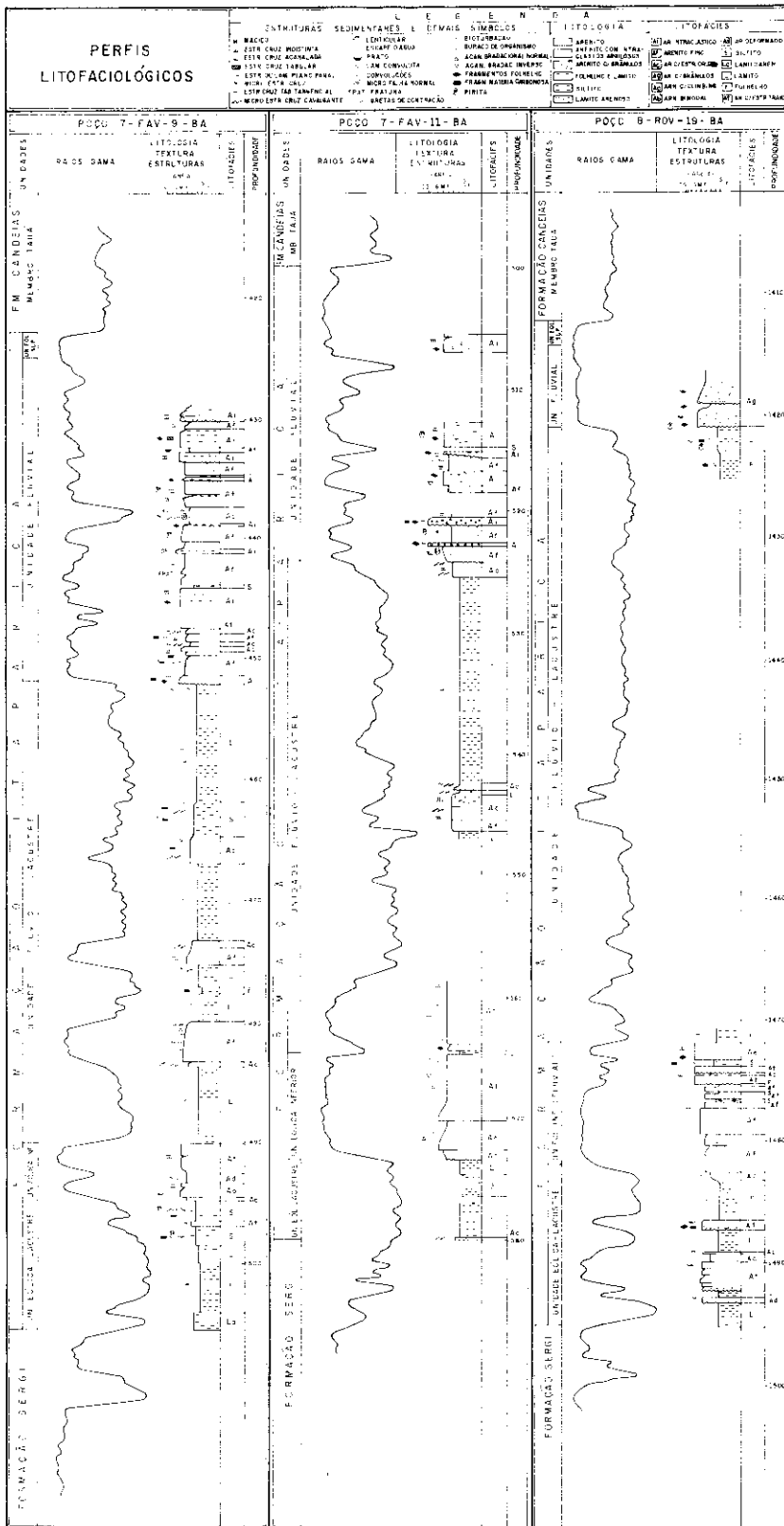


Fig. 3 - Perfis litofaciológicos da Formação Itaparica nos poços 7-FAV-9-BA, 7-FAV-11-BA e 8-ROV-19-BA.

Fig. 3 - Lithofaciological profile log of Itaparica formation at Wells 7-FAV-9-BA, 7-FAV-11-BA and 8-ROV-19-BA.

depósitos relativos à migração de *ripples* (litofácies At), sendo subordinados àqueles referentes à queda e fluxo de grãos (litofácies Ae) e migração de leitos planos (litofácies Ab). Este último é típico de áreas de interduna, denominação esta inapropriada para depósitos de baixo ângulo e que aqui será substituída por áreas rebaixadas, mas com a mesma conotação fisiográfica e ambiental. Tais áreas são vulneráveis à ação das águas fluviais e/ou lacustres. Assim, seus depósitos arenosos podem apresentar-se com estratificação deformada e alto conteúdo argiloso, além de intercalações de depósitos gerados por processos subaquosos (litofácies Ab, Ad e Af).

A presença de corpos de arenito das litofácies Af e Ac, observada no poço 8-ROV-19-BA (fig. 3), indica a existência de um sistema fluvial associado, com fonte de suprimentos externa ao sítio de deposição eólica. O domínio das estratificações cruzadas acanaladas e tabulares (baixo ângulo), aliado à falta de ordenação na distribuição das mesmas, sugere depósitos de canal em rios entrelaçados (*braided*) rasos e de pequena expressão.

2.2.3 - Unidade Flúvio-Lacustre

Essa unidade, cujos arenitos são informalmente designados de "Arenito B" no âmbito da PETROBRÁS, ocorre em toda a área estudada, à exceção de uma pequena faixa no Campo de Fazenda Balsamo (fig. 4). Constitui-se predominantemente de arenitos (tabela II), por vezes representando mais de 50% da Formação Itaparica (figs. 3 e 4).

As litofácies estão organizadas na seqüência vertical segundo ciclos

TABELA III / TABLE III

UNIDADES GENÉTICAS DA FORMAÇÃO ITAPARICA
E SUA CORRELAÇÃO COM AS UNIDADES OPERACIONAIS
TRADICIONALMENTE UTILIZADAS NA GEOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

GENETIC UNITS OF THE ITAPARICA FORMATION
AND THEIR CORRELATION WITH COMMONLY USED OPERATIONAL UNITS

Unidade	Assoc. de Litofácies	Depósitos	Unid. Oper.
Eólica-Lacustre	A ₁	lacustre; lacustre com interferência de eólico; eólico de baixo ângulo; eólico c/ interferência de processos subaquosos	
Eólica Inferior	A ₂	eólico de baixo ângulo (<i>sand-sheet</i>); fluvial entrelaçado	C
Flúvio-Lacustre	A ₃	lacustre; fluvial de canal meandrante, de crevasse e de planície de inundação.	(B)
Fluvial	A ₄ A ₅	fluvial entrelaçado de canal e barras transversais.	A
Eólica Superior	A ₆	eólico de baixo ângulo (<i>sand-sheet</i>).	

com granodecrescência ascendente (Af → Ac → S → L → F) ou descendente (L ← Ac e F ← Ac).

A unidade compreende depósitos relativos a dois sistemas: um lacustre, representado por litofácies pelíticas (L, F e S) e, secundariamente, arenosas (Ac), e outro fluvial meandrante, caracterizado basicamente pela presença de: a) significativa ocorrência de depósitos de transbordamento; b) seqüência e ciclicidade na distribuição vertical das litofácies; c) grupos de litofácies compondo seqüências com granodecrescência ascendente de canal, com representantes de depósitos de diques marginais em seus topos; d) ocorrência expressi-

va de arenitos com laminação gerada por *ripples*; e) grupos de litofácies compondo seqüências com granocrescência ascendente correspondentes a depósitos de *crevasse*; g) pequena continuidade lateral dos corpos.

Na verdade, os depósitos lacustres e de planície de inundação se confundem, refletindo uma acentuada interação entre os mesmos. No caso presente, onde ao sistema fluvial é atribuída uma planície de inundação de grandes proporções, é comum a existência de lagos perenes ou efêmeros associados à mesma. Tais lagos caracterizam-se pela pouca profundidade e por apresentarem depósitos muito se-

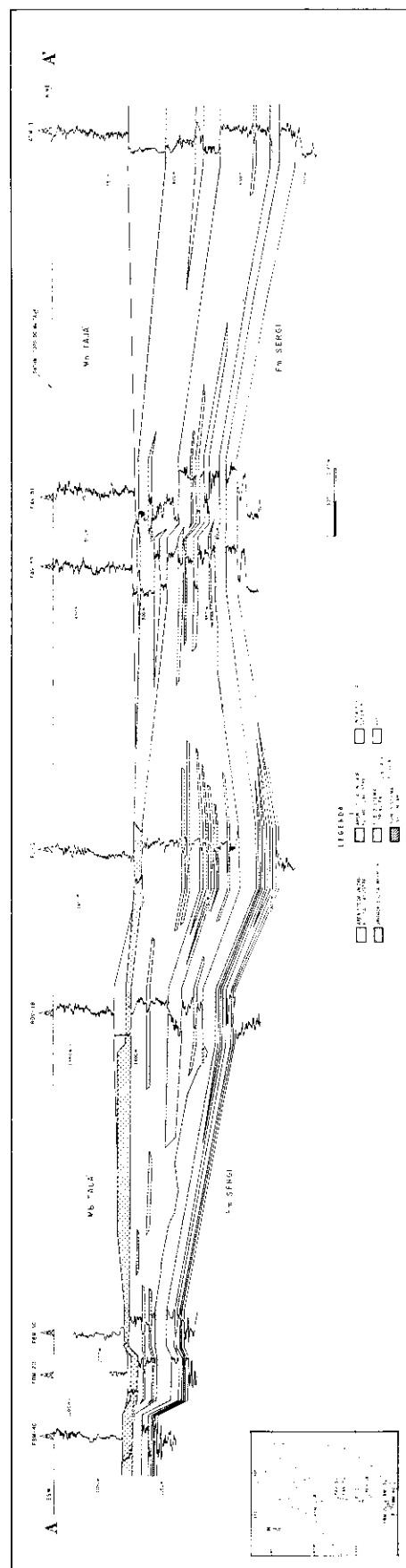


Fig. 4 - Seção estratigráfica A-A'.
Fig. 4 - Stratigraphic section A-A'.

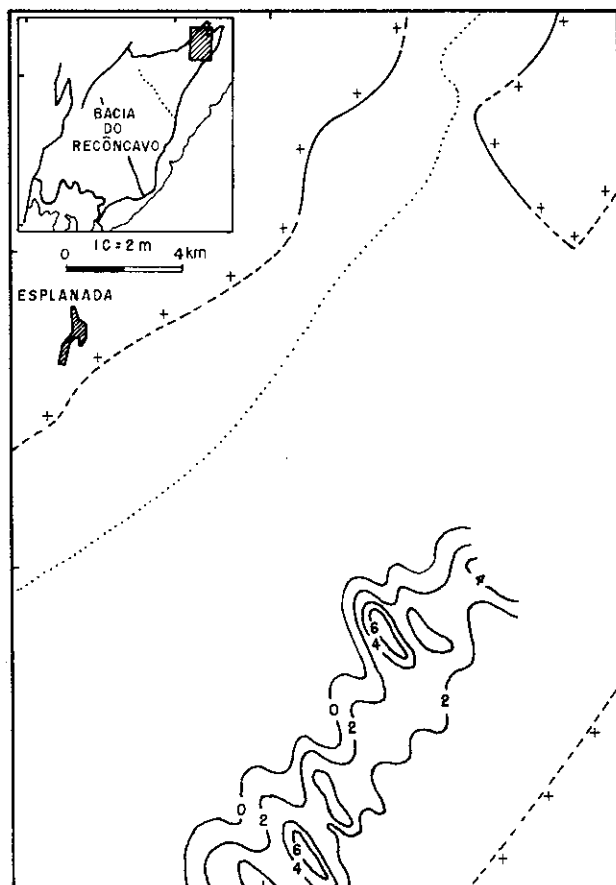


Fig. 5 - Mapa de isólitais dos arenitos da unidade eólica-lacustre (confeccionado a partir de 122 poços).

Fig. 5 - Isolith map of sandstones of the eolian-lacustrine unit (from 122 wells).

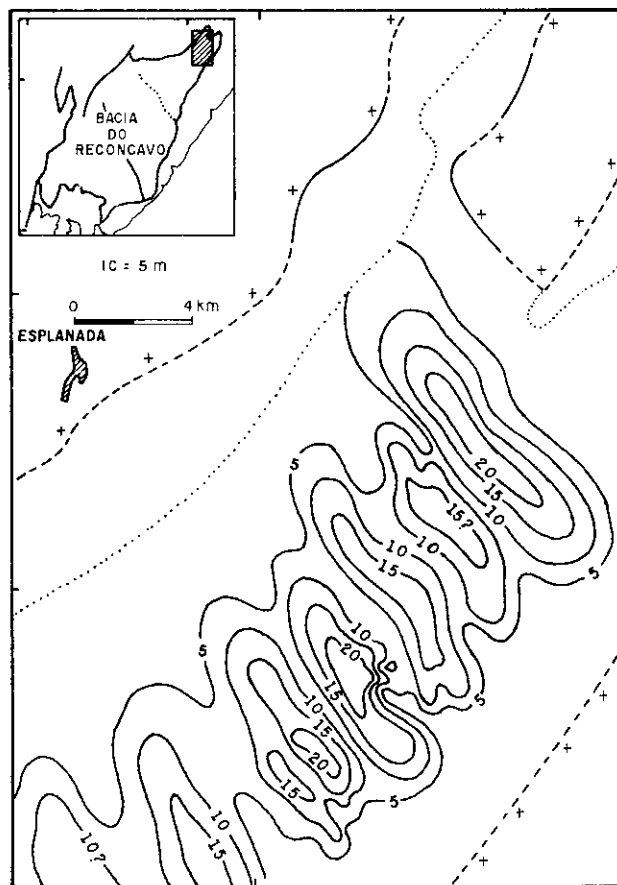


Fig. 6 - Mapa de isólitais dos arenitos da unidade eólica-inferior (confeccionado a partir de 122 poços).

Fig. 6 - Isolith map of sandstones of the lower eolian unit (from 122 wells).

melhantes àqueles da parte mais freqüentemente exposta de planície de inundação.

O mapa de isópacos dos arenitos (fig. 7) indica, para o sistema fluvial, uma fonte de suprimentos de NNE, com direção de deposição NE-SW. Tais arenitos constituem corpos tabulares, descontínuos, distribuídos irregularmente por toda a pilha sedimentar da unidade (fig.4).

2.2.4 - Unidade Fluvial

A unidade fluvial compreende dois sub-sistemas adjacentes (fig.4). O

primeiro deles, principal, ocupa a maior parte da área estudada, é responsável pelas maiores espessuras da unidade, que podem chegar até pouco mais de 36 m, e está invariavelmente sobreposto à unidade flúvio-lacustre. Duas de suas litofácies (Ai e Af) perfazem 89% da seção (tabela II), sendo uma delas, Ai, exclusiva desse sub-sistema. Sua coluna sedimentar mostra a intercalação de depósitos de canal e barras, representados por pacotes com espessura comumente inferior a 2 m que, aliado à significativa variação vertical e, provavelmente, lateral de litofácies e es-

tratificações, sugere deposição por rios com acentuada flutuação de descarga. Essa sugestão é corroborada pela representatividade da litofácies Ai, cujo conteúdo de intraclastos siltico-argilosos reflete flutuações nas características do ambiente, que deposita lama em uma época para erodi-la num tempo subsequente.

O sub-sistema secundário tem ocorrência restrita à parte sul e sudeste da área, onde se sobrepõe comumente à unidade flúvio-lacustre. Envolve um pequeno número de litofácies (tabela II), as quais re-

presentam predominantemente depósitos de canal com seqüências de granodecrescência ascendente pouco definidas. Trata-se de um sistema marginal, provavelmente constituído por rios submetidos a menores flutuações de descarga, com pouco desenvolvimento de formas de leito maiores.

A unidade fluvial ocorre por toda a área de estudo. Seu mapa de isólitas (fig. 8) indica uma fonte de suprimentos de NE, com progradação para SW. A seção estratigráfica A-A' (fig. 4), posicionada de forma transversal à direção de prograda-

ção, mostra uma geometria em cunha, com o adelgaçamento ocorrendo de noroeste para sudeste e correspondendo à passagem do sub-sistema fluvial dominante para o marginal. Já, longitudinalmente, a maior direção de deposição, sua variação de espessura é relativamente pequena, com uma geometria mais tabular e expressiva continuidade lateral.

Um sistema de rios entrelaçados (*braided*) é responsável pela sua deposição, interpretação essa fundamentada nos seguintes aspectos principais: a) unidade dominante-

mente arenosa, com as litofácies pelíticas representando apenas 1% de sua seção (tabela II); b) distribuição vertical de litofácies pouco ordenada, caracterizada pelo amalgamento de pacotes com pequenas espessuras; c) acentuada variação vertical das estratificações (tipo e porte); d) domínio das estratificações cruzadas planares e acanaladas; e, e) significativa continuidade lateral do corpo arenoso.

Assim, tem forte correlação com o tipo fluvial *Platte* (Miall, 1977, descrito por Smith, 1970), no qual dominam as litofácies arenosas com

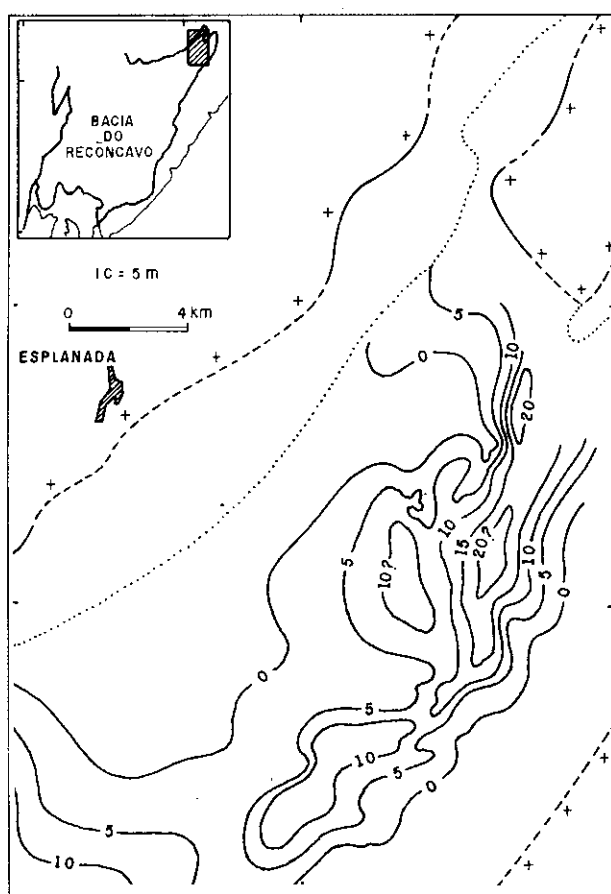


Fig. 7 - Mapa de isólitas dos arenitos da unidade flúvio-lacustre (confeccionado a partir de 122 poços).

Fig. 7 - Isolith map of sandstones of the fluvio-lacustrine unit (from 122 wells).

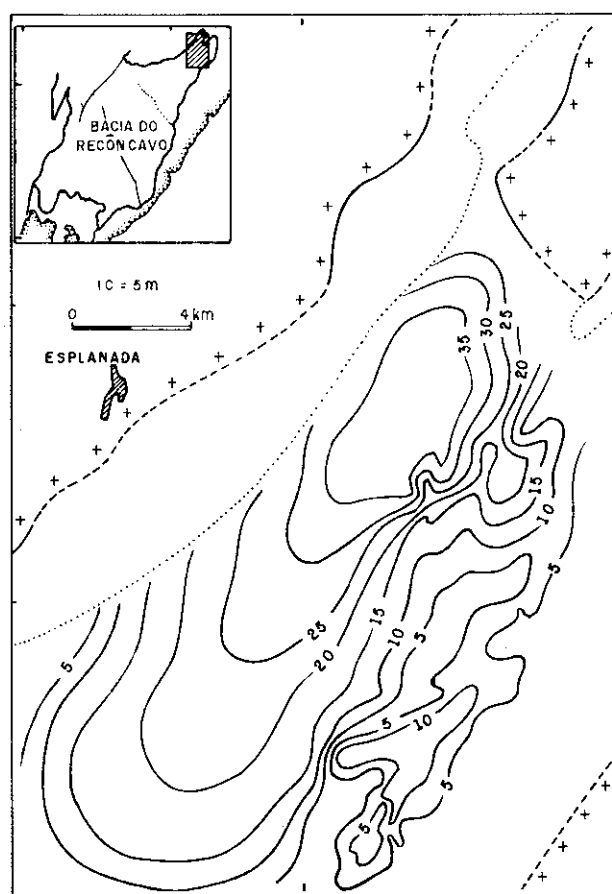


Fig. 8 - Mapa de isólitas dos arenitos da unidade fluvial (confeccionado a partir de 144 poços).

Fig. 8 - Isolith map of sandstones of the fluvial unit (from 144 wells).

estratificação cruzada planar e acanalada (Ai, Ag e Af), aparecendo secundariamente litofácies arenosas com estratificação horizontal e de *ripples* (Af e Ac), litofácies arenosas com estruturas de corte e preenchimento (sugeridas pelas freqüentes feições erosivas), litofácies conglomeráticas maciças (localmente em Ai) e pelíticas (L e S). Segundo Miall (1977), o tipo *Platte* representa rios entrelaçados muito rasos, com barras transversais e lingóides.

2.2.5 – Unidade Eólica Superior

Está situada no topo da Formação Itaparica, sobreposta à unidade fluvial, juntamente com a qual corresponde ao Membro Água Grande daquela formação (fig. 4). É ausente apenas nas partes sul e sudeste da área de estudo (fig. 9). Essencialmente arenosa, apresenta-se com espessamentos (até pouco mais de 33 m) alongados na direção NE–SW (fig. 9), boa continuidade lateral e geometria de base relativamente plana e topo convexo (fig. 4).

A semelhança da unidade eólica inferior é também interpretada como representante de depósitos eólicos de baixo ângulo. Para tal consideração, entretanto, valeu-se menos da amostragem, restrita na área estudada, e mais da extrapolação de dados de textura e estruturas sedimentares colhidos em trabalhos realizados em outras partes da bacia, que trataram desses arenitos (Humphrey, 1961; Bauer, 1965; Mayer, 1972; Netto, 1974; Silva, 1978 e Barroso, Rivas, 1984).

3 – MODELO DEPOSICIONAL

A Formação Itaparica representa o registro da sedimentação em uma

planície aluvial, cuja evolução é caracterizada pela interação de sistemas fluviais, lacustres e eólicos.

Tal sedimentação inicia-se com a deposição de sedimentos pelíticos quando do afogamento da planície aluvial Sergi por um lago raso, o qual dominava, então, toda a região compreendida no presente trabalho. Esse domínio só é quebrado parcial e periodicamente pela incursão episódica de um sistema eólico pouco expressivo, ocorrendo a sul e sudeste. Nessa área, os dois sistemas caracterizam-se por uma constante interferência mútua.

Essa sedimentação mista permanece até que se instala na região um sistema predominantemente eólico, com direção principal de deposição NE–SW. Tal sistema consti-

tui-se de pequenas ondulações compondo um relevo suave, áreas rebaixadas, raras dunas isoladas e eventuais cursos d'água representados, provavelmente, por rios entrelaçados (*braided*) rasos e de pequena expressão.

A seguir, instala-se um sistema flúvio-lacustre constituído por lagos rasos e rios meandantes com planície de inundação de grandes dimensões. Estes últimos têm suprimento a partir de NE e direção principal de deposição NE–SW.

Rios meandantes e lagos são substituídos por um sistema fluvial de maior energia, o qual engloba dois sub-sistemas de rios entrelaçados: um principal, com supremacia em área, suprimento a partir de N e NE e direção deposicional NE–SW, e um secundário, com

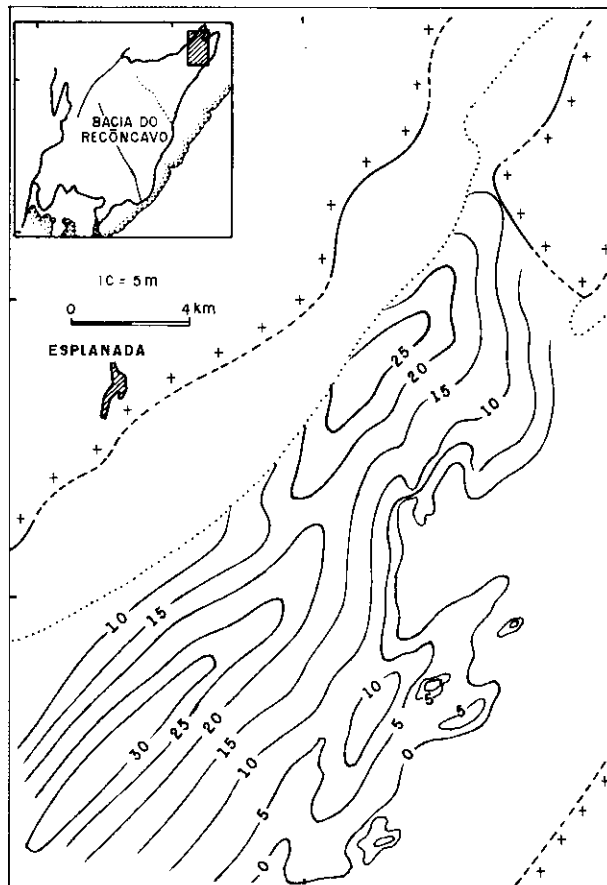


Fig. 9 - Mapa de isólitias dos arenitos da unidade eólica superior (confeccionado a partir de 145 poços).
Fig. 9 - Isolith map of sandstones of the upper eolian unit (from 145 units).

ocorrência restrita às partes sul e sudeste da área, fonte a NE e direção deposicional NE-SW. Enquanto o sub-sistema principal é caracterizado por rios com significativas oscilações de descarga, o secundário as tem mais constantes.

O final da sedimentação Itaparica é marcado pelo retorno de um ambiente eólico com as mesmas características do anterior, provavelmente com modificação no sentido dominante dos ventos, refletida pela mudança do padrão de isóclitas de arenitos. Com direção de deposição NE-SE, ocorre por quase toda a área, à exceção de sua parte sudeste, a qual, provavelmente já recebia o sistema lacustre Tauá, que viria a afogar toda a região no prosseguimento da evolução sedimentar da bacia.

4 – PETROGRAFIA

A caracterização composicional e diagenética dos arenitos da Formação Itaparica foi obtida, principalmente, através da análise de 132 lâminas delgadas, 115 das quais submetidas à contagem de 300 e 500 pontos, respectivamente, para as litologias bem a regularmente selecionadas e as pobremente selecionadas. Como apoio a essa análise, 11 amostras foram também investigadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) e analisador elementar de energia dispersiva (EDAX) e 92 amostras foram submetidas à análise difratométrica de raios-X, sendo 60 em arenitos e 32 em rochas pelíticas.

4.1 – Arcabouço

Os arenitos da Formação Itaparica ocorrem dentro de uma faixa restrita no que concerne aos componen-

tes extrabaciais de seus arcabouços. Nestes, domina amplamente o quartzo, sendo subordinados feldspatos, fragmentos de rocha, micas e minerais acessórios. Quando plotados no diagrama composicional de Folk (1968), tais arenitos são classificados como subarcósios e quartzo-arenitos. As diferenças, ainda que não muito pronunciadas, ocorrem quando se consideram separadamente os dois tipos genéticos presentes – arenitos fluviais e eólicos – segundo os três principais componentes extrabaciais, respectivamente, Q=93%, F=6,5%, L=0,5% e Q=97,5%, F=2,5%.

Componente também freqüente, embora intrabacinal, os clastos síltico-argilosos têm forte presença nos arenitos do sub-sistema principal da unidade fluvial (rios entrelaçados com variação de descarga) e da unidade flúvio-lacustre (rios meandrantés).

4.2 – Matriz

Componentes intersticiais atuando como matriz ocorrem na granulometria silte e argila. Embora quando analisados num contexto geral tenham pouca representatividade volumétrica na maioria dos arenitos, localmente podem ser importantes e atingir teores de até 39%.

A matriz síltica é composta predominantemente por quartzo e feldspato. A composição da matriz argilosa é de clorita rica em ferro, interstratificado I-S e, mais subordinadamente, illita, caulínica e interstratificado clorita-esmectita. Esses minerais de argila são em sua maioria autigênicos e representam a generalizada regeneração a que foi submetida a matriz argilosa original. Tal característica classifica-a como ortomatriz (Dickinson, 1970).

Localmente, ocorre uma matriz gerada por compactação, resultado da deformação de clastos argilosos que são comprimidos entre grãos mais rígidos do arcabouço (pseudomatriz; Dickinson, 1970).

4.3 – Produtos Diagenéticos

São vários os minerais constituintes dos arenitos que se formaram durante a diagênese. Apesar disso, poucos são os que ocorrem com alguma expressão volumétrica.

Dentre esses produtos, três se destacam: quartzo, calcita e caulinita, respectivamente com teores médios de 3,6, 2,0 e < 1,0% para os arenitos fluviais e 1,0 < 1,0 e < 0,5% para os arenitos eólicos. Salienta-se que no cálculo desses teores não foram computadas as amostras que se apresentavam totalmente cimentadas por quartzo ou calcita.

Os minerais subordinados são pirita, barita, dolomita (livre de ferro e ferrosa), albita, quartzo tardio, óxidos de titânio e uma variedade de minerais de argila.

5 – EVOLUÇÃO DIAGENÉTICA

As fases diagenéticas detectáveis nos arenitos da Formação Itaparica (fig. 10) constituem, em grande parte, uma seqüência de eventos comumente presente em arenitos siliciclásticos e, portanto, largamente registrada em diversos trabalhos que trataram da evolução diagenética de tais rochas. A causa dessa similaridade pode ser atribuída às transformações orgânicas e inorgânicas que ocorrem nas rochas pelíticas associadas aos arenitos, transformações essas que possuem uma marcha mais ou menos

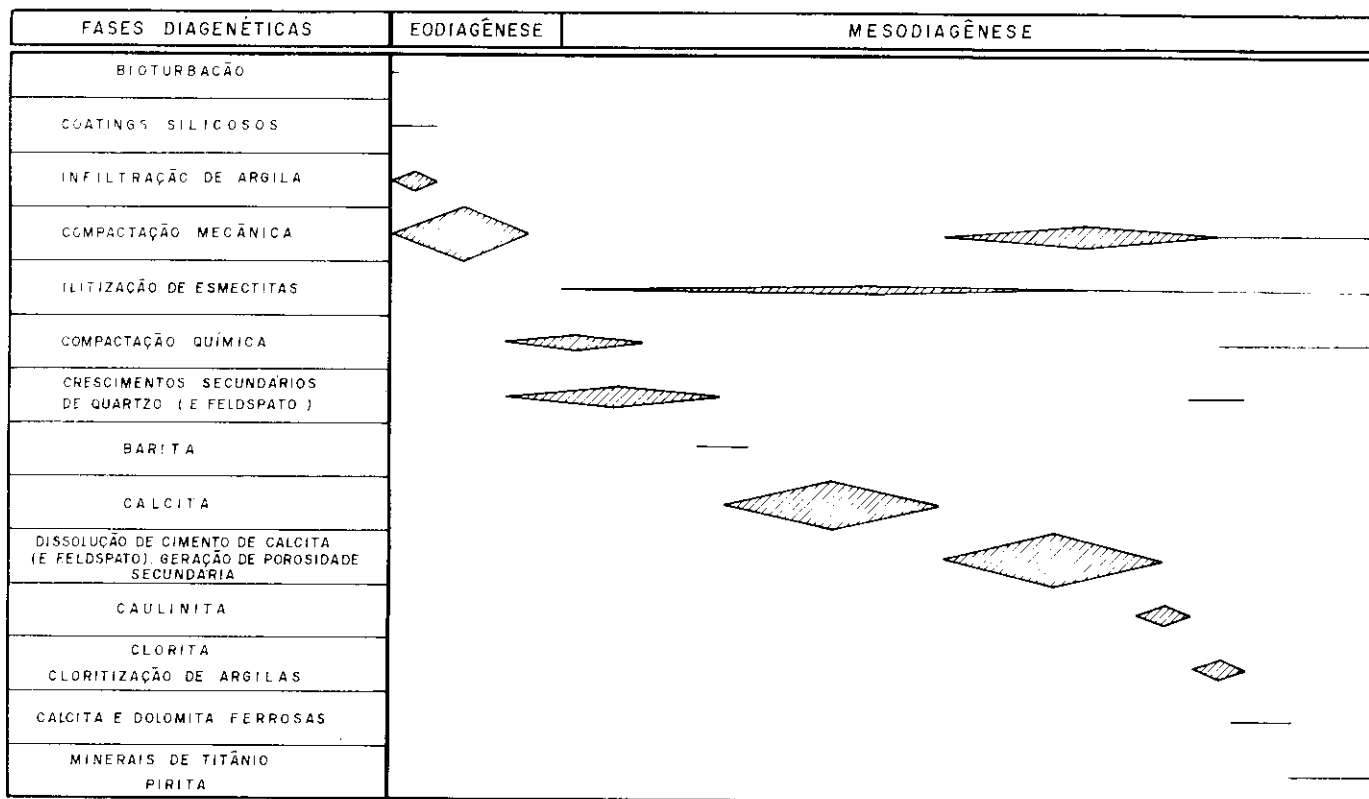


Fig. 10 - Fases de evolução diagenética dos arenitos da Formação Itaparica. A máxima largura dos losangos indica a importância volumétrica relativa das fases, e o comprimento a sua provável duração.

Fig. 10 - Phases of diagenetic evolution of the sandstones of the Itaparica formation. The heights of the diamonds represent the relative volumetric importance and the widths, the probable duration of the phase.

regular e organizada (Franks, Forrester, 1984). Esse fator determinante é especialmente significativo na diagênese dos arenitos da pilha sedimentar da Bacia do Recôncavo, onde a intercalação de rochas pelíticas e arenosas é uma constante. Tal fato é evidenciado pela semelhança das seqüências diagenéticas determinadas por diversos autores, em diferentes unidades da bacia.

5.1 - Seqüências Diagenéticas

Embora exista uma tendência da seqüência geral ocorrer na maioria dos arenitos da Formação Itaparica, pode-se distinguir cinco tipos básicos de variação da mesma (figs. 11 e 12). A existência desses tipos pode ser interpretada como o resultado da influência dos atributos texturais, composicionais e da diagênese precoce de cada grupo de rochas ou litofácies.

A primeira seqüência diagenética (fig. 11a) envolve a litofácies fluvial Ac (arenito muito fino com *climbing-ripples*), a qual, devido às suas características granulométricas, de seleção e, principalmente, de conteúdo argiloso original, foi grandemente afetada pela compactação por soterramento. Isto, já na diagênese precoce, se encarregou de obstruir de maneira acentuada o seu espaço poroso. No prosseguimento da evolução diagenética, o pouco espaço poroso remanescente foi quase totalmente preenchido por crescimentos secundários de quartzo e cimento de calcita. A geração de porosidade secundária foi extremamente inexpressiva e localizada, fator que muito contribuiu para a pouca ou nenhuma presença das fases diagenéticas subsequentes.

A segunda seqüência diagenética (fig. 11b) envolve as litofácies fluviais que apresentam significativa

contribuição de intraclastos síltico-argilosos (Ai e Af), além de localmente apresentarem grandes quantidades de argila infiltrada mecanicamente. Os intraclastos síltico-argilosos, como grãos dúcteis que são, sob compactação, comportam-se de maneira plástica, deformando-se e infiltrando-se no espaço poroso adjacente. Nos locais onde a concentração desses grãos é maior, a deformação produz o amalgamento dos mesmos, gerando uma pseudomatriz que atua como agente restritivo (embora localizado) na evolução diagenética do arenito. O comportamento mecânico desses grãos acarreta significativa perda de porosidade durante a compactação. Do mesmo modo, e mais intensamente quando em grandes quantidades, comportam-se as argilas infiltradas mecanicamente.

No caso dos arenitos fluviais, onde o conteúdo de intraclastos argilo-

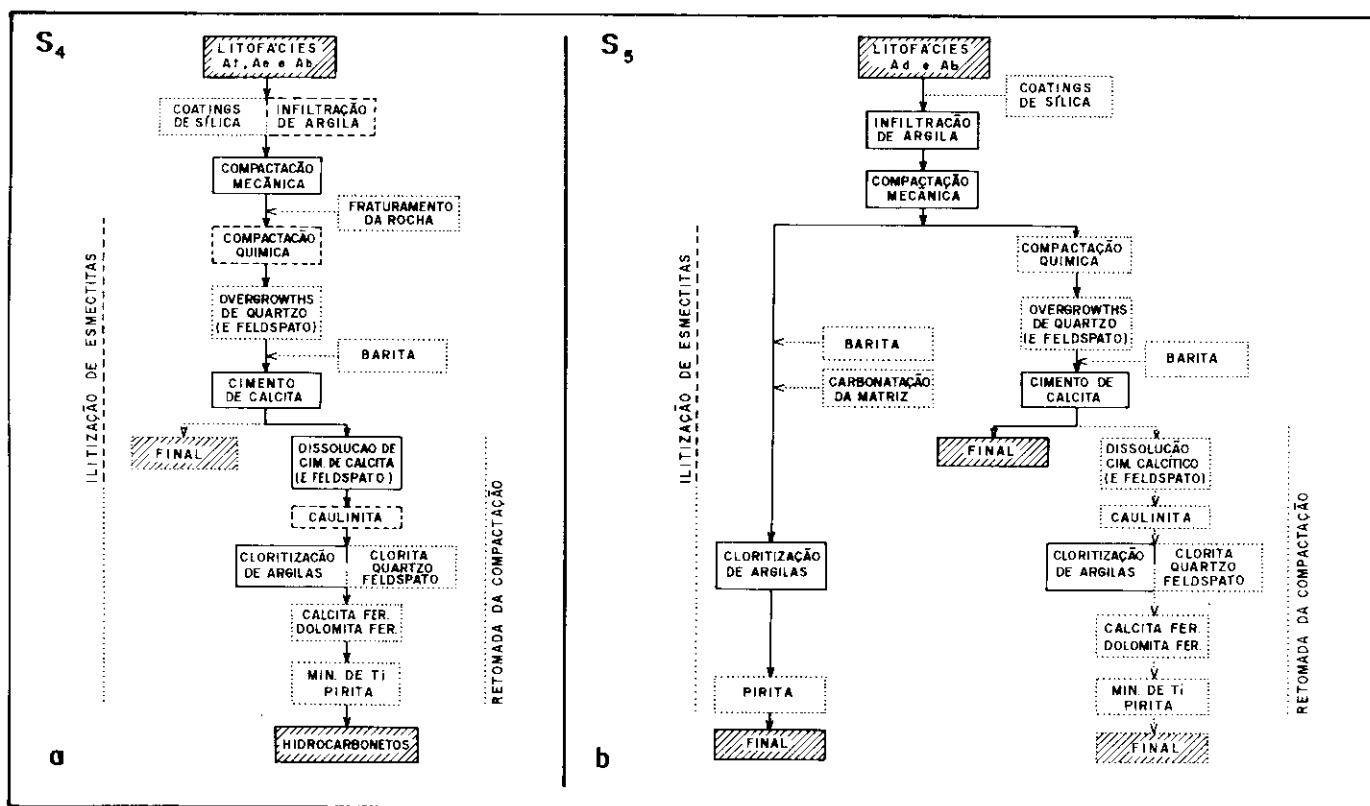


Fig. 11 - Fluxogramas das seqüências diagenéticas dos arenitos da Formação Itaparica. Linhas pontilhadas, tracejadas e contínuas representam, respectivamente, baixa, média e alta intensidade das fases e processos.

Fig. 11 - Flowcharts of the diagenetic sequences of the sandstones of the Itaparica formation. Dotted, dashed, and solid lines represent low, medium, and high intensity of phases and processes.

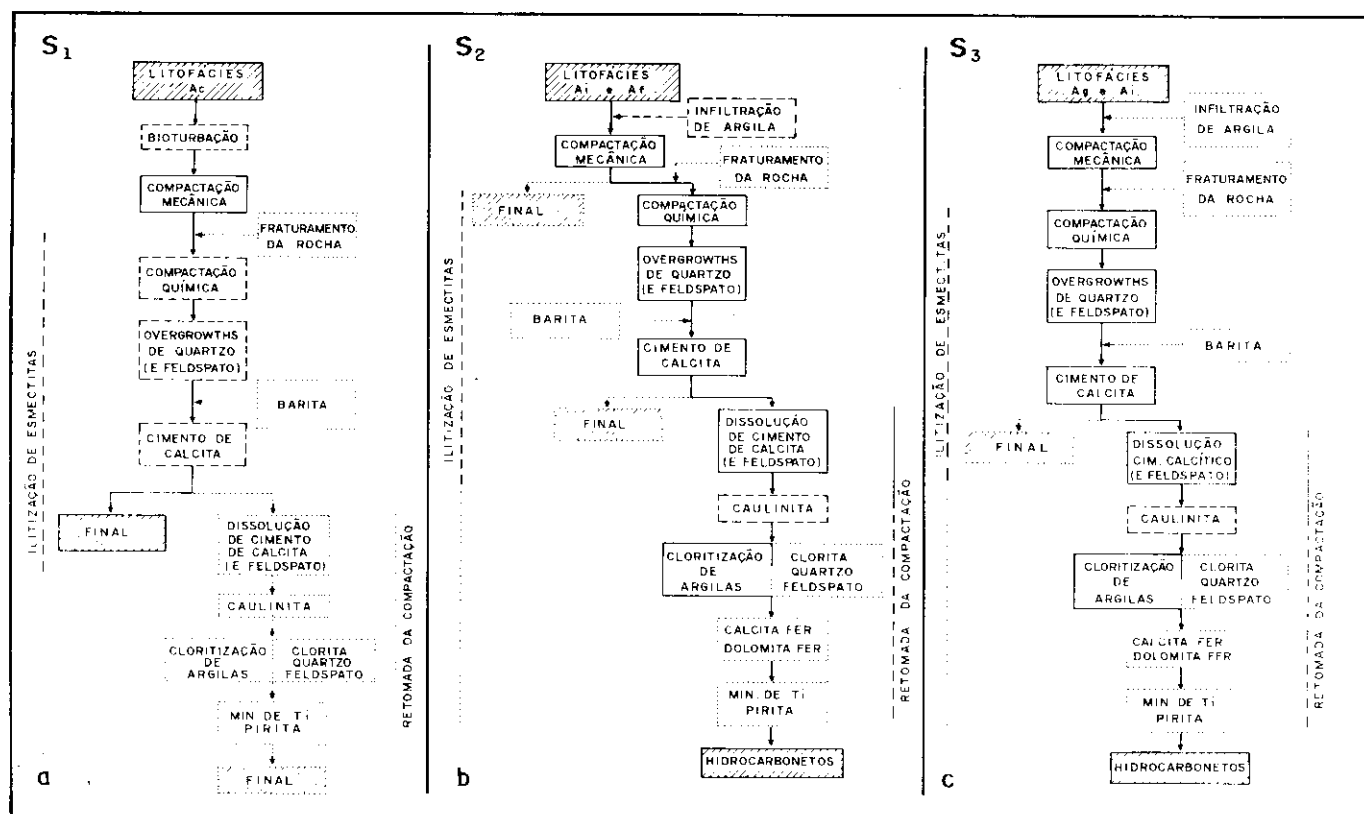


Fig. 12 - Fluxogramas das seqüências diagenéticas dos arenitos da Formação Itaparica. Linhas pontilhadas, tracejadas e contínuas representam, respectivamente, baixa, média e alta intensidade das fases e processos.

Fig. 12 - Flowcharts of the diagenetic sequences of the sandstones of the Itaparica formation. Dotted, dashed, and solid lines represent low, medium, and high intensity of phases and process.

tos é inexpressivo (Ag e Af), a seqüência diagenética segue sem as restrições mencionadas acima, caracterizando a terceira seqüência diagenética (fig. 11c).

A quarta seqüência observada (fig. 12a) é aquela típica dos arenitos eólicos. O produto final dessa seqüência, hoje observado, mostra evidências do significativo papel desempenhado pelos processos eodiagenéticos. Tais arenitos mostram-se muito pouco cimentados, com grãos predominantemente sem corrosão e, mesmo aqueles que foram submetidos à compactação mais efetiva, quase não mostram feições que indiquem dissolução por pressão. Tais diferenças são aqui atribuídas principalmente à presença de *coatings* de argila infiltrada mecanicamente e *coatings* de sílica *turtleskin* (Folk, 1978), ambos gerados durante a diagênese precoce.

A quinta e última seqüência diagenética (fig. 12b) acontece na litofácies eólica Ad, a qual é grandemente influenciada pelas características deposicionais e de diagênese precoce. A grande quantidade de argila infiltrada obstrui parcial ou totalmente o espaço poroso e a ocorrência de níveis argilosos até valores centimétricos atua de modo a restringir o fluxo vertical de fluidos intersticiais, além de funcionar como uma micro-fonte de elementos para a diagênese. A pequena espessura dos pacotes arenosos intercalados numa seqüência pelítica, provavelmente favoreceu a preservação da intensa cimentação calcítica presente. Tais fatores atuam como restrição ao prosseguimento da evolução diagenética, principalmente no que diz respeito à geração de porosidade secundária.

6 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

Para o estudo dos reservatórios, além dos subsídios colhidos com os procedimentos para a análise composicional e diagenética dos arenitos, que incluíram a caracterização do espaço poroso dos mesmos, foram realizadas 328 análises de permoporosidade e 11 de pressão capilar por injeção de mercúrio.

6.1 - Fácies-Reservatório

O estudo da seção arenosa da Formação Itaparica permitiu a identificação de quatro tipos litológicos que, em situações ótimas, funcionam como rocha-reservatório, sendo aqui designadas fácies-reservatório:

FR₁: arenito fino, com alto conteúdo de intraclastos argilosos e localmente de matriz argilosa (fluvial meandrante).

FR₂: arenito médio a grosseiro com significativo conteúdo de

intraclastos argilosos (fluvial entrelaçado).

FR₃: arenito médio a grosseiro com conteúdo de intraclastos e matriz argilosa inexpressivos (fluvial entrelaçado).

FR₄: arenito fino e grosseiro com *coatings* silicosos e de argila infiltrada (eólico).

Fundamentalmente, os critérios utilizados na distinção entre tais fácies foram as propriedades herdadas, respectivamente, do sistema deposicional (expressas em termos de litofácies e associações de litofácies deposicionais) e da história diagenética (expressa em termos de seqüências diagenéticas).

O fluxograma da figura 13 ilustra a maneira como, baseando-se nos critérios mencionados, chegou-se à caracterização das fácies-reservatório. Um exame dessa mesma figura permite a conclusão de que cada uma das fácies se faz corresponder a uma associação de litofácies distinta e, portanto, a context-

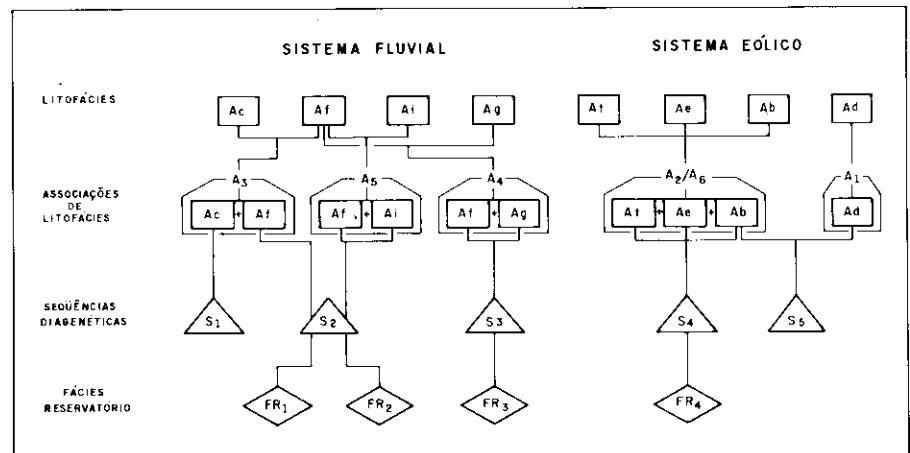


Fig. 13 - Fluxograma mostrando a relação entre litofácies, associações de litofácies, seqüências diagenéticas e fácies-reservatório. (Obs.: As associações de litofácies estão representadas somente por suas litofácies arenosas).

Fig. 13 - Flowchart showing relationships between lithofacies, lithofacies associations, diagenetic sequences, and reservoir facies. (Note: The lithofacies associations are represented only by their sandy lithofacies.)

tos deposicionais também diferentes. O outro elemento diferenciador é a história diagenética. Entretanto, cabe mencionar que, durante a diagênese, tanto a obliteração de arenitos como a geração de reservatórios a partir destes foi também fortemente influenciada pelo sítio deposicional.

6.2 – Atributos

O comportamento permoporoso das diversas litofácies, embora diferenciado entre as mesmas, é homogêneo influenciado pelo grau de soterramento a que foram submetidas as rochas. Os gráficos da figura 14 evidenciam uma flagrante diminuição da porosidade com o aumento da profundidade. A mesma tendência existe para a permeabilidade que, em termos gerais, apresenta uma proporcionalidade direta em relação à porosidade (fig. 15).

Embora a análise comparativa entre o comportamento permoporoso das quatro fácies-reservatório seja algo prejudicada pela falta de amostragem, pode-se tirar algumas conclusões importantes da mesma.

6.2.1 – Fácies-Reservatório 1

Só amostrada a profundidades rasas (tabela IV), mostra-se a fácies com menor valor médio de permeabilidade, devido ao alto conteúdo de matriz e intraclastos argilosos, os quais são bastante susceptíveis à deformação por compactação, gerando barreiras de permeabilidade, além de contribuírem significativamente para o aumento de microporosidade da rocha. Essas características contribuem para que o comportamento dessa fácies seja ainda pior com o aumento da profundidade.

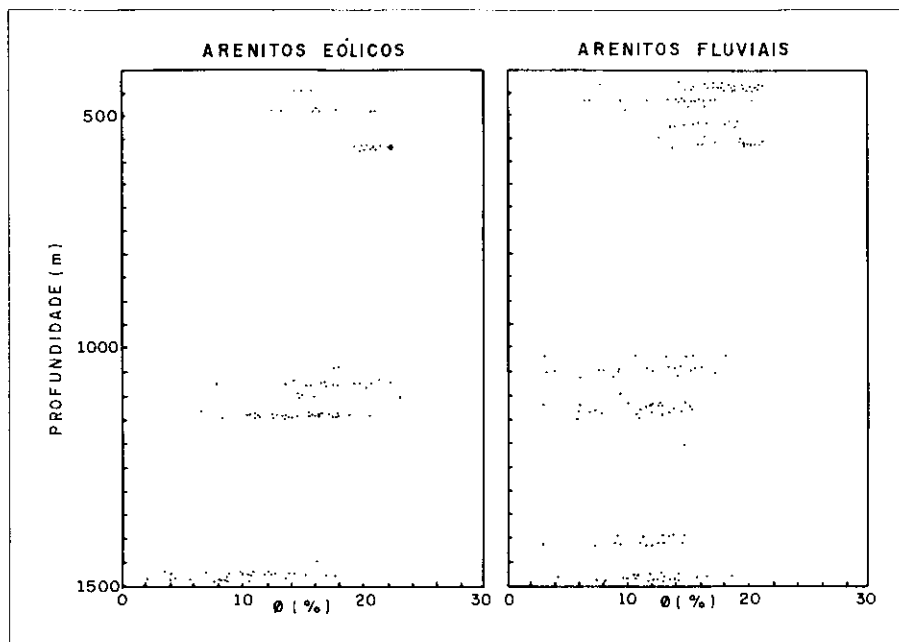


Fig. 14 - Gráficos de porosidade petrofísica versus profundidade para os arenitos da Formação Itaparica.

Fig. 14 - Petrophysical porosity plotted against depth for sandstones of the Itaparica formation.

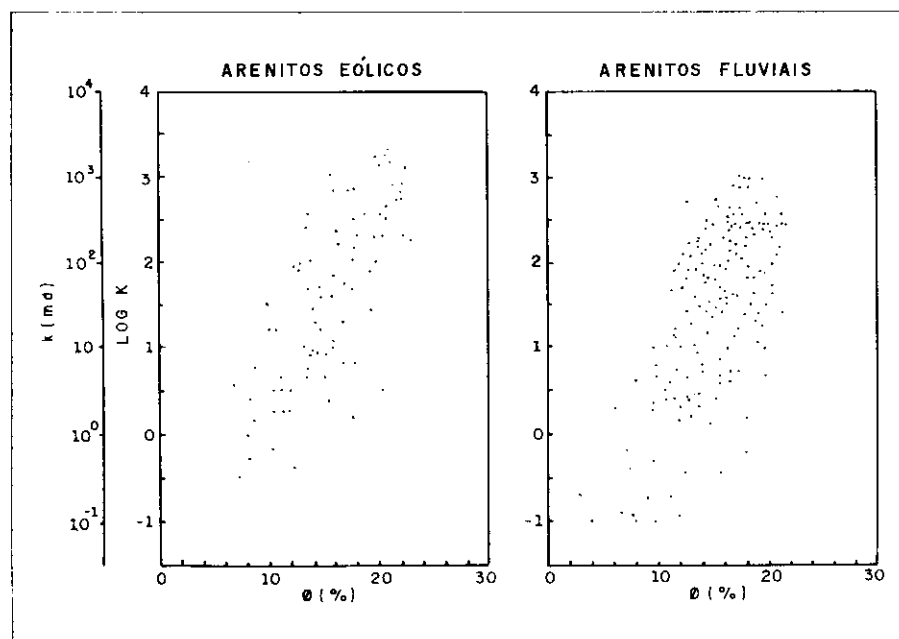


Fig. 15 - Gráficos de porosidade versus permeabilidade para arenitos da Formação Itaparica (dados de petrofísica).

Fig. 15 - Porosity plotted against permeability for sandstones of the Itaparica formation (petrophysical data).

TABELA IV / TABLE IV

TEORES MÉDIOS DE POROSIDADE E PERMEABILIDADE PARA AS FÁCIES-RESERVATÓRIO EM FUNÇÃO DE SUAS PROFUNDIDADES

AVERAGE POROSITY AND PERMEABILITY CONTENTS FOR FACIES, AS A FUNCTION OF DEPTH

PROF.	LITOFÁCIES	$\bar{\phi}_1$ (%)	\bar{K}_1 (md)	FÁCIES RESERVATÓRIO	$\bar{\phi}_2$ (%)	\bar{K}_2 (md)
RASA (427 - 572 m)	Ai	16,2	67	FR ₂	17,1	76
	* Af	18,2	88			
	** Af	16,4	16	FR ₁	16,4	16
	At + Ae + Ab	18,3	142	FR ₄	18,3	142
MÉDIA (1017 - 1161m)	Ag	12,2	18	FR ₃	12,4	15
	Af	12,9	8			
	At + Ae + Ab	15,5	35	FR ₄	15,5	35
PROFUNDA (1396 - 1476m)	Ag	11,0	4	FR ₃	11,3	3
	Af	12,4	2			
	At + Ae + Ab	9,7	2	FR ₄	9,7	2
	*** Af	12,7	3	FR ₁	12,7	3

Obs.: $\bar{\phi}_1$ - Média aritmética; \bar{K}_1 - Média geométrica. $\bar{\phi}_2$ e \bar{K}_2 - Média ponderada. Os pesos utilizados foram as proporções relativas de ocorrência de cada litofácies deposicional a que se fazem corresponder as fácies reservatório.

* - Arenitos do sistema fluvial entrelaçado.

** - Arenitos do sistema fluvial meandrante.

*** - Arenitos do sistema fluvial associado ao sistema eólico.

6.2.2 - Fácies-Reservatório 2

Também só amostrada em profundidades rasas (tabela IV), exhibe bons valores de permoporosidade, sendo algo prejudicada pelos intraclastos síltico-argilosos que, no entanto, são em menor número que na fácies anterior e ocorrem predominantemente numa granulometria maior, fato que causa menos dano ao espaço poroso. Mesmo assim, o seu comportamento com o aumento da profundidade tende

a ser pior do que as fácies sem esses clastos.

Dentre as duas litofácies que a compõem, a Af é a de melhor qualidade (fig. 16a), possuindo um espaço poroso mais homogêneo, com melhor seleção de poros e gargantas e menor quantidade de microporosidade, o que, pela análise de pressão capilar, implica em maior eficiência de recuperação (segundo critérios estabelecidos por Wardlaw, Taylor, 1976; Wardlaw, Cassan, 1979).

6.2.3 - Fácies-Reservatório 3

Sem amostragem rasa, fica prejudicada sua comparação com a FR₂, também fluvial entrelaçada. Não obstante, o inexpressivo conteúdo de intraclastos síltico-argilosos deve favorecê-la, principalmente a profundidades maiores. Entretanto, a pior seleção de poros de sua litofácies dominante, Ag, deve piorar a eficiência de recuperação.

6.2.4 - Fácies-Reservatório 4

A melhor das fácies quanto à qualidade permoporosa, provavelmente a menos afetada pela profundidade. A amostragem profunda não é típica, estando influenciada pela presença de depósitos fluviais associados, com prejuízo para seu espaço poroso. O grande problema dessa fácies é a extrema heterogeneidade de seu espaço poroso, resultado de uma marcante segregação granulométrica (fig. 16b), fato que torna sua eficiência de recuperação, nos testes de pressão capilar, mais baixa, pelo menos, que a da FR₂.

A porosidade dos arenitos é quase totalmente de origem secundária, sendo distinguidos os principais tipos classificados por Schmidt, McDonald (1979). O tipo amplamente dominante é a porosidade interpartícula, representando 94% do total. A única distinção aparente entre o tipo de porosidade dos arenitos fluviais e eólicos está no fato da porosidade considerada como de dissolução de silicatos (direta ou indiretamente) representar 35% nos primeiros e 16% nos últimos. Isso tem influência na geometria do espaço poroso, já que a forma dos poros e a relação entre os mesmos é fortemente influenciada pelo grau de dissolução dos consti-

TABELA V / TABLE V

CORRELAÇÃO ENTRE AS FÁCIES-RESERVATÓRIO, UNIDADES GENÉTICAS E UNIDADES OPERACIONAIS ADOTADAS PELA PETROBRÁS/DEXBA

CORRELATION OF RESERVOIR FACIES WITH GENETIC AND OPERATIONAL UNITS ADOPTED BY PETROBRÁS / DEXBA

Unidades Genéticas	Fácies Reservatório	Un. Operacionais da Geologia de Desenvolvimento
Eólica Inferior	FR ₄	C ₁
Flúvio-Lacustre	FR ₁	B
Fluvial	FR ₂ /FR ₃	A
Eólica Superior	FR ₄	

tuíntes da rocha. É importante salientar que essa discussão não inclui a microporosidade, a qual pode ser verificada na matriz e intraclastos argilosos, grãos alveolados e, principalmente, argilas autigênicas. Sua representatividade na porosidade total pode ser expressiva, chegando até 36%.

A presença de minerais autigênicos de argila é comum a todas as fácies-reservatório, nas quais ocorrem sem mostrar diferenças significativas de teores. Caulinita é entre eles o mais abundante e muito frequente. As cloritas, embora representem teores volumetricamente inexpressivos, são também comuns. Sua ocorrência mais conspícua se dá no poço 7-FBM-4-BA, onde chega a atingir, localmente, teores de até 4,5%.

6.3 – Distribuição

As fácies-reservatório, sendo diretamente relacionadas às unidades genéticas definidas para a Formação Itaparica, são sobremaneira operacionais. A tabela V relaciona tais fácies às unidades genéticas e unidades operacionais utilizadas na PETROBRÁS.

7 – CONCLUSÕES

Foram definidas para a Formação Itaparica:

- Doze litofácies relativas a processos deposicionais subaéreos e subaquosos.
- Seis associações de litofácies, que correspondem a cinco unidades genéticas informais: eólica-lacustre, eólica inferior, flúvio lacustre, fluvial e eólica superior.

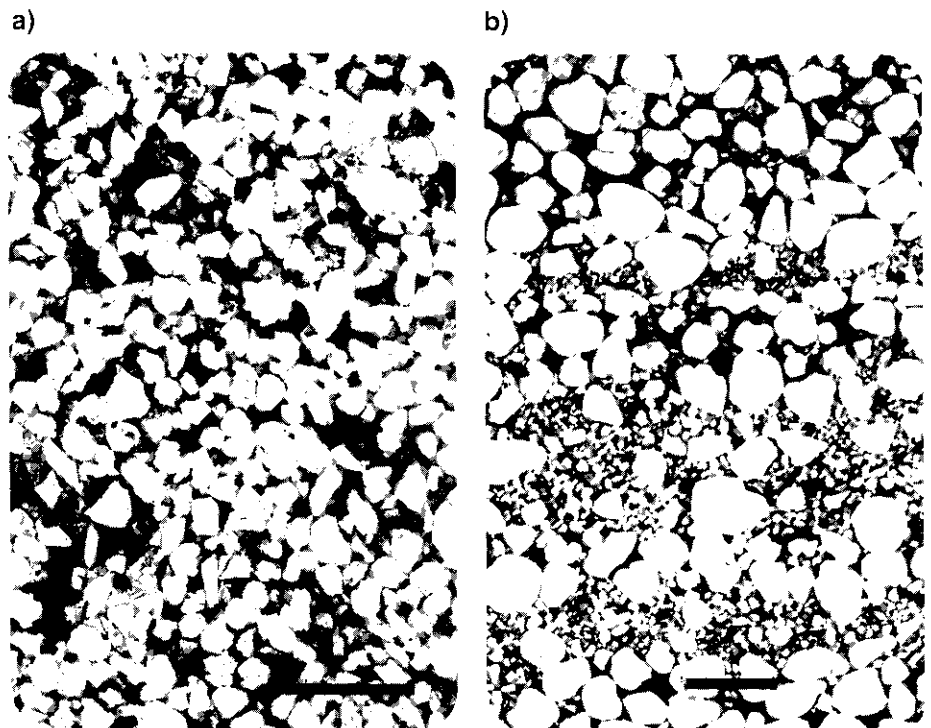


Fig. 16 - a) arenito fluvial, FR2. Poço 7-FAV-11-BA, 523,4 m. N //, escala = 1 mm; b) arenito eólico, FR4. Poço 7-FAV-9-BA, 489,5 m. N //, escala = 2 mm.
 Fig. 16 - a) fluvial sandstone, FR2. Well 7-FAV-11-BA, 523,4 m. // N, scale = 1 mm; b) eolian sandstone, FR4. Well 7-FAV-9-BA, 489,5 m. // N, scale 2 = mm.

- Como modelo deposicional a evolução de uma planície aluvial, onde interagiram ambientes lacustres, eólicos de baixo ângulo, fluviais meandранtes com extensas planícies de inundação e fluviais entrelaçados.
- Arenitos classificados como quartzo-arenitos e subarcósiolos, com quartzo dominando no arcabouço, pouca matriz e uma gama variada de minerais diagenéticos.
- Seqüência diagenética básica fortemente influenciada pelo ambiente deposicional e rochas pelíticas associadas, representada por bioturbação, *coatings* silicosos, infiltração mecânica de argilas, compactação mecânica, ilitização de esmectitas, compactação química, crescimentos secundários de quartzo e feldspatos, cimento de barita, cimentação e substituição por calcita, dissolução da cimentação calcítica (e feldspatos) com geração de porosidade secundária, cimentação por caulinita, cimento de clorita e cloritização de argilas, precipitação de calcita e dolomita ferrosas, precipitação de minerais de titânio e pirita.
- Cinco seqüências diagenéticas como desvios da seqüência básica, as quais mostram íntimo relacionamento com os atributos faciológicos dos arenitos e, assim, com o ambiente deposicional.
- Quatro fácies-reservatório, resultado do controle exercido pelo ambiente deposicional e diagênese, as quais tem forte correlação com as unidades operacionais - Arenitos A, B e C1 - utilizadas pela PETROBRÁS.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi baseado na tese de mestrado por mim apresentada

ao Departamento de Geologia da Escola de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto. À Petrobrás S.A. - PETROBRÁS, e Universidade Federal de Ouro Preto, como realizadoras do mestrado, assim como aos companheiros das duas entidades que de alguma forma prestaram sua colaboração. Reconhecimento especial é dedicado aos meus orientadores Prof. Dr. Fernando Flecha de Alkmim e Geólogo Carlos Henrique Lima Bruhn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLBRANDT, T. S., FRYBERGER, S. G. Sedimentary features and significance of interdune deposits. In: *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: models for exploration*, Soc. Econ. Paleont. Miner., p. 239-314, 1981. (Special Publication 31)
- AHLBRANDT, T. S., FRYBERGER, S. G. Introduction to eolian deposits. In: *Sandstone Depositional Environments*, Tulsa: A.A.P.G., p. 11-48, 1982. (Memoir 31)
- BARROSO, A. S., RIVAS, A. J. P. *Arenitos eólicos do Membro Água Grande, Formação Itapirica: Bacia do Recôncavo-Bahia*. Salvador: PETROBRÁS/DEPEX, 1984. (Relatório Interno)
- BAUER, E. J. *Gênese do arenito "A" de idade cretácica inferior: Bacia do Recôncavo*. Salvador: PETROBRÁS/DEPEX, 1965. (Relatório Interno)
- BOLES, J. R., FRANKS, S. G. Clay diagenesis in Wilcox sandstones of southwest Texas: implications of smectite diagenesis on sandstone cementation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n.1, p. 55-70, 1979.
- CANT, D. J. Fluvial facies models and their application. In: *Sandstone Depositional Environments*, Tulsa, A.A.P.G., p. 115-138, 1982. (Memoir 31)
- CANT, D. J., WALKER, R. G. Development of a braided-fluvial facies model for the devonian battery point sandstone. Quebec, *Canadian Journal of Earth Science*, n. 13, p. 102-119, 1976.
- CANT, D. J., WALKER, R. G. Fluvial process and facies sequences in the sandy braided south Saskatchewan River, Canadá. *Sedimentology*, n. 25, p. 625-648, 1978.
- COLLINSON, J. D. Alluvial sediments. In: *Sedimentary Environments and facies*, Oxford, Blackwell, p. 20-62, 1986.
- COLLINSON, J. D. Deserts. In: *Sedimentary Environments and facies*, Oxford, Blackwell, p. 95-112, 1986.
- COLLINSON, J. D., THOMPSON, D. B. *Sedimentary structures*. George Allen and Unwin, 1982, 194p.
- DICKINSON, W. R. Interpreting detrital modes of graywackes and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, n. 40, p. 695-707, 1970.
- DOEGLAS, D. J. The structure of sedimentary deposits of braided rivers. *Sedimentology*, n. 1, p. 167-190, 1962.

- ETHRIDGE, F. G., JACKSON, T. J., YOUNGBERG, A. D. Flood-basin sequence of a fine-grained meander belt subsystem: the coalbearing lower wasatch and upper Fort Union formations, Southern Powder River basin, Wyoming. In: *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration*, Soc. Econ. Paleont. Miner. p. 191-209, 1981. (Special Publication 31)
- FOLK, R. L. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Hemphill's, 1968, 170 p.
- FOLK, R. L. Angularity and silica coatings of Simpson Desert sand grains, north Territory, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 43, n. 2, p. 611-624, 1978.
- FOSCOLOS, A. E. Catagenesis of argillaceous sedimentary rocks. *Geoscience Canada*, p. 67-75, 1984.
- FRANKS, S. G., FORESTER, R. W. Relationship among secondary porosity, pore-fluid chemistry and carbon dioxide, Texas Gulf Coast. In: *Clastic Diagenesis*, A.A.P.G., p. 63-79, 1984. (Memoir 37)
- FRYBERGER, S. G., AHLBRANDT, T.S., ANDREWS, S. Origin, sedimentary features, and significance of low-angle eolian "sand sheet" deposits, Great Sand Dunes National Monument and vicinity, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n. 3, p. 733-746, 1979.
- HUMPHREY, F. L. *Petrographic study of the "A" sand from well AG-156-BA-Reconcavo basin, Brasil*. Salvador: PETROBRÁS/RPBA, 1961. (Relatório Interno)
- HUNTER, R. E. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology*, n. 24, p. 361-387, 1977.
- HUNTER, R. E. Stratification styles in eolian sandstones: some Pennsylvanian to Jurassic examples from the western interior USA. In: *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration*. Soc. Econ. Paleont. Miner., p. 315-330, 1981. (Special Publication 31)
- MAYER, E. F. *Sedimentologia e ambiente deposicional do Arenito Água Grande*. Salvador: PETROBRÁS/RPBA, 1972. (Relatório Interno)
- MIALL, A. D. A review of the braided-River depositional environment. *Earth Science Reviews*, n. 13, p. 1-62, 1977.
- MOLENNAR, N. The interrelation between clay infiltration, quartz cementation, and compaction in Lower Givetian terrestrial sandstones, northern Ardennes, Belgium. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 56, n. 3, p. 359-369, 1986.
- NETTO, A. S. T. *Petroleum and reservoir potentialities of the Água Grande member (cretaceous), Recôncavo basin, Brazil*. Austin, University of Texas, 1974. (Tese de Mestrado)
- PYE, K. Early post-depositional modification of eolian dune sands. In: *Eolian Sediments and Processes*, New York: Elsevier, p. 197-221, 1983. (Developments in Sedimentology, n. 38)
- RUST, B. R. Structure and process in a braided river. *Sedimentology*, v. 18, p. 221-245, 1972.
- SCHENK, C. J. Textural and structural characteristics of some experimentally formed eolian strata. In: *Eolian Sediments and Processes*, New York: Elsevier, p. 41-51, 1983. (Developments in Sedimentology, n. 38)
- SCHMIDT, V., McDONALD, D. A. The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis. In: *Aspects of Diagenesis*, Soc. Econ. Paleont. Miner., p. 175-207, 1979. (Special Publication, n. 26)
- SCHMIDT, V., McDONALD, D. A. Texture and recognition of secondary porosity in sandstones. In: *Aspects of Diagenesis*, Soc. Econ. Paleont. Miner., p. 209-225, 1979. (Special Publication, n. 26)
- SILVA, O. B. *Estudo do Membro Água Grande da Formação Itaparica*. Salvador: PETROBRÁS/RPBA/DIREX, 1978. (Relatório Interno)
- SMITH, N. D. The braided stream depositional environments: comparison of the Platte River with some silurian clastic rocks, north-central Appalachians. *Geological Society of America Bulletin*, v. 81, p. 2993-3014, 1970.
- WALKER, T. R., WAUGH, B., GRONE, A. J. Diagenesis in first-cycle desert alluvium of cenozoic age, southwestern United States and northwestern Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, v. 89, p. 19-32, 1978.
- WARDLAW, N. C., CASSAN, J. P. Oil recovery efficiency and the

rock-pore properties of some sandstone reservoirs. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 27, n. 2, p. 117-138, 1979.

WARDLAW, N. C., TAYLOR, R. P. Mercury capillary pressure curves and the interpretation of pore structure and capillary beha-

viour in reservoir rocks. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 24, n. 2, p. 225-262, 1976.

WILLIAMS, P. F., RUST, B. R. The sedimentology of a braided river. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 39, n. 2, p. 647-679, 1969.

WILSON, M. D., PITTMAN, E. D. Authigenic clays in sandstones: recognition and influence on reservoir properties and paleoenvironmental analysis. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 47, p. 3-31, 1977.

EXPANDED ABSTRACT

The Itaparica formation, a continental unit dating from the beginning of the Early Cretaceous, belongs to the pre-rift section of the Recôncavo Basin, Brazil. The present study examined an area of approximately 200 km² in the far northeastern part of the basin. The investigations relied on analyses of 317 m of core obtained from 12 wells, of electric and radioactive logs from 146 wells, and of 132 thin sections. Research also included 93 X-ray diffractometric and 11 SEM analyses and 328 porosity and permeability and 11 capillary pressure tests, the latter via mercury injection and ejection.

Sedimentological analysis identified 12 lithofacies (eight sandy, three pelitic, and one sandy-pelitic) related to subaerial and subaqueous depositional processes. The frequency and distribution, lateral correlation, and genetic affinity of these lithofacies were used to establish six lithofacies associations. The interpretation of these associations made it possible to define five informal genetic units: eolian-lacustrine, lower eolian, fluviolacustrine, fluvial, and upper eolian.

The depositional model established shows the evolution of an alluvial plain, where eolian, fluvial, and lacustrine environments interacted. Sedimentation began with the predominance of a lacustrine system, locally associated with a minor eolian system, restricted to the southern and southeastern part of the area, where deposits are characterized by the interference of the two environments. This mixed sedimentation evolved to a predominantly eolian system, composed of small wave ripples that crated a gentle relief, lowered areas, rare isolated dunes, and a few watercourses,

probably consisting of minor shallow, braided rivers. It is represented mainly by sandsheet deposits produced by ripple migration; these are essentially sandy and form a single body with very good continuity, composed of a sequence of notably parallel thickenings and thinnings. Next came a fluviolacustrine system involving shallow lakes and meandering rivers with a large flood plain. Its sandy deposits are discontinuous and spread across the entire section. Meandering rivers and lakes are substituted by more energetic fluvial sedimentation, represented by two sub-systems of adjacent and interbraided rivers with distinct sedimentation patterns. While the main river is characterized by significant oscillations in discharge, the smaller is characterized by more constant discharge. Although differentiated, the two form one predominantly sandy packet, distributed across the entire area studied. Final Itaparica sedimentation was marked by a return to an eolian environment with the same features as the previous one and probably with a change in the prevailing wind pattern, reflected in the change of the pattern of sandstone isoliths.

The sandstones dealt with here are classified as quartzose and subarkoses (according to the some criteria of Folk 1968) and of them may receive a significant contribution from clayey-siltic intraclasts. The eolian sandstones are slightly more quartzose. Siltic or clayey matrix is only locally relevant.

The following diagenetic phase stand out: silica coatings, mechanical clay infiltration, compaction, secondary quartz overgrowths, calcitic cementation, the generation of secondary porosity, and kaolinite cementation.

Although there is a general diagenetic sequence, deviations were observed and five sequences could be characterized: S¹ -- occurs in the very fine fluvial sandstone, which, due to its high clay content and the marked presence of a number of cementing phases, did not produce any effective reservoir; S² and S³ -- characteristic of fluvial sandstones, except that S² is strongly affected by compaction, owing to its variable content of clayey-siltic intraclasts; S⁴ -- sequence typical of the eolian sandstones, where the presence of turtle-skin silica coatings (Folk 1978) and infiltrated clay (preferentially as coatings) are responsible for aspects such as poor calcitic cementation and for secondary quartz growths and the low incidence of etched grains and of pressure solutions breakup features; and S⁵ -- also related to eolian sandstones, but here the porous space is almost fully occupied by infiltrated clay.

Sedimentologic and diagenetic studies made it possible to define four reservoir facies, which were strongly influenced by the depositional environment and by early diagenesis, the latter in turn also being influenced by the depositional site. The behavior of these facies was investigated at a depth interval of 1 000 m. The geometry of the porous space in the fluvial reservoirs is varied, and the effects of the dissolution of the framework stand out. As to the eolian reservoirs, extreme granulometric segregation yields a highly heterogeneous porous space: for this reason, they revealed the worst recovery efficiency in capillary pressure tests (in accordance with the criteria of Wardlaw and Taylor 1976 and Wardlaw and Cassan 1979), although they present the best porosity and permeability values.