

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

FACIOLOGIA DA FORMAÇÃO MACEIÓ (APTIANO-ALBIANO) NA PORÇÃO NORTE DA BACIA DE ALAGOAS

Maria Caroline do Nascimento¹, Mario Lima Filho²

¹ PPGeo-UFPE PRH-26/ANP/FINEP/UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50730-540, Recife, mcn_caroline@yahoo.com.br

² UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50730-540, Recife-PE, mlf@ufpe.br

Resumo – Este trabalho apresenta uma atualização do conhecimento faciológico da Formação Maceió aflorante no litoral norte do Estado de Alagoas, fornecendo subsídios para o entendimento das relações entre estes depósitos e os reservatórios de hidrocarbonetos em subsuperfície. A Formação Maceió é constituída por arcósis intercalados por folhelhos betuminosos depositados do mesoaptiano ao eolbiano. Uma distinta faciologia pode ser caracterizada na Formação Maceió aflorante nesta área, onde se distinguem depósitos de fandeltas próximos a borda da bacia (fácies **Cg**, **Ac** e **Pl**) e depósitos de caráter turbidítico (**Ct**, **Aa**, **Am**, **Af** e **Rt**), situados mais distalmente, com seqüências pelíticas. O final desta deposição foi marcada pela subida no nível de águas, resultando na deposição dos folhelhos da fácies **Fn**, ricos em matéria orgânica, mostrando um caráter de rocha geradora. Os arenitos da fácies **Aa** mostram grãos angulosos e mal selecionados de feldspato, quartzo e fragmentos líticos. Esta fácies apresenta visualmente uma porosidade heterogênea, com a média de 8%, onde a microporosidade predomina sobre as porosidades intergranular e intragranular. A matriz é argilosa, provavelmente de origem secundária (alteração de feldspatos), com baixa permeabilidade, mostrando poucas características de rocha reservatório. Todavia, localmente, existem áreas com porosidade de 20%, adequadas ao armazenamento de hidrocarbonetos.

Palavras-Chave: Formação Maceió; faciologia; porosidade

Abstract – This paper brings an up-to-date faciologic knowledge of the Maceió Formation that outcrops in the north coast of the state of Alagoas, supplying information to understand the correlation between these deposits and the hydrocarbon reservoirs in subsurface. This Formation is constituted by arcoses intercalated by bituminous shales from Middle Aptian to Late Albian age. A faciology can be characterized in the Maceió Formation in this area, by deposits of fan deltas close the border of the basin (facies **Cg**, **Ac** and **Pl**), turbidites with pelitic sequences (**Ct**, **Aa**, **Am**, **Af** and **Rt**), distal located. The end of this deposition was marked by the rise in the water level, resulting in the deposition of shales of the fácies **Fn**, rich in organic matter, showing a character of source rock. The sandstones of the facies **Aa** show angular and poorly selected grains of feldspars, quartz, and lithic fragments. This facies has heterogeneous porosity, with the average of 8%, with microporosity prevailing over intergranular and intragranular porosities. The matrix is clayey, probably of secondary origin (feldspars alteration), with limited permeability, as low quality rock reservoir. However, locally there are areas with porosity of 20%, appropriate to the hydrocarbons storage.

Keywords: Maceió Formation, faciology, porosity

1. Introdução

Uma atualização do conhecimento faciológico da Formação Maceió, Bacia de Alagoas (aqui entendida como a porção norte da Bacia de Sergipe-Alagoas), aflorante no litoral norte do Estado de mesmo nome é aqui apresentada (Fig.1), fornecendo subsídios para o melhor entendimento entre estes depósitos emersos e os reservatórios de hidrocarbonetos existentes em subsuperfície.

A Formação Maceió é constituída por arcósios acinzentados intercalados por folhelhos betuminosos castanhos com anidrita e dolomita interlaminaas, e por camadas de halita, informalmente denominadas de Evaporitos Paripueira. Sua sedimentação ocorreu do mesoaptiano ao eoalbiano (Feijó, 1994). É recoberta concordantemente pela Formação Riachuelo, ausente na porção emersa da bacia, e discordantemente pela Formação Barreiras.

Em termos paleontológicos, a Formação Maceió apresenta, ao lado de macrofósseis, foraminíferos, nanofósseis calcários, palinóforos e ostracodes (Feijó, 1993). Em níveis sílticos, ocorre uma fauna monoespecífica de conchostráceos cizicídeos (Carvalho & Arai, 2001), de origem lacustre. Também foram descritos peixes provenientes de folhelhos betuminosos, de espécies pertencentes aos actinopterígeos (Silva Santos, 1985) e clupeomorfos (Malabarba et al., 2002).

O ambiente deposicional da Formação Maceió durante o mesoaptiano é tido como de fandeltas que se desenvolveram entre áreas de intensa evaporação na borda da bacia; ao norte, sedimentos eólicos e flúvio-deltaicos foram depositados, sendo posteriormente soerguidos e passando a servir como área fonte (Abreu & Potter, 1990). Durante o neoaptiano e eoalbiano, uma plataforma carbonato-siliciclástica desenvolveu-se em frente aos fandeltas, oferecendo a oportunidade de leques aluviais ultrapassarem-na e formarem depósitos turbidíticos (Lira, 2004).

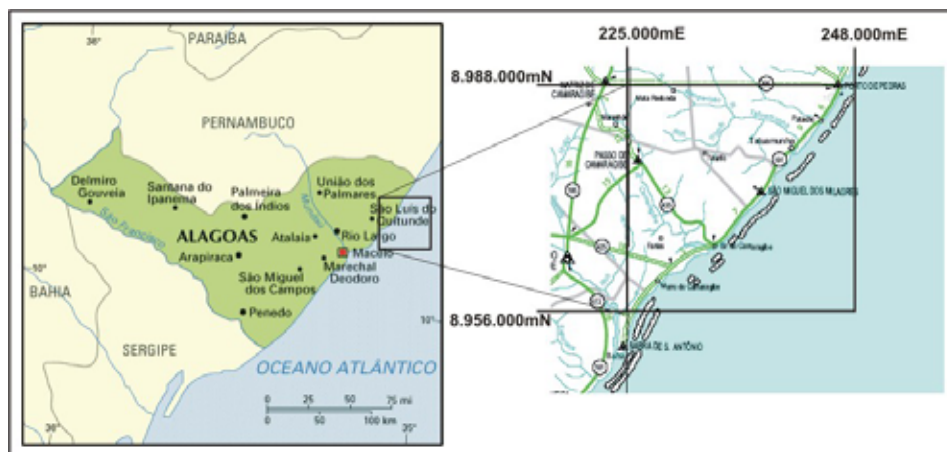


Figura 1. Localização da área estudada no litoral norte de Alagoas.

2. Material e Métodos

A área foi estudada através da observação de afloramentos no litoral norte de Alagoas, inseridos na Folha Porto Calvo, SE.25-V-C-II MI-1526, limitada pelas coordenadas 225.000mE, 248.000mE, 8.988.000mN e 8.960.000mN (Fig.1). Durante o trabalho de campo realizado em 2003, foram identificadas, fotografadas e descritas nove fácies sedimentares, seis das quais se encontram na praia de Morros de Camaragibe. Análises petrográficas foram efetuadas nos arenitos provenientes deste afloramento, procurando avaliar seu possível potencial como rocha reservatório.

3. Faciologia da Formação Maceió

Na porção norte e emersa da Bacia de Alagoas, foram identificadas três fácies representando a deposição de fandeltas, aqui denominadas de **Cg**, **Ac** e **Pl**. Seus melhores afloramentos estão situados próximos à cidade Passo de Camaragibe, na rodovia AL-435.

A fácies **Cg** (Conglomerados) caracteriza-se por um paraconglomerado composto por seixos a blocos arredondados de rochas graníticas, de até 50cm de diâmetro, por vezes imbricados, imersos em matriz arenosa maciça ou fluidizada, podendo conter fragmentos de carvão ou níveis centimétricos de folhelhos. As partículas desta fácies foram transportadas por fluxos hiperconcentrados de grande competência, justificando a presença dispersa ou localmente concentrada de blocos e seixos nas porções mediana a superior da seqüência (Fig.2a e 2b).

A fácies **Ac** (Arenitos conglomeráticos) se caracteriza por um arenito de coloração creme, que varia lateralmente de conglomerático a fino. É predominantemente maciço, podendo por vezes apresentar fluidizações e intraclastos contorcidos de siltito e folhelho (Fig.2c). Equivale à porção mediana do fandelta, depositado por fluxo arenoso de alta densidade.

A fácies **PI** (Pelitos laminados) é composta por pelitos cinza-claros a esverdeados, que podem variar de arenito muito fino a siltito laminado e folhelho (Fig.2d), mostrando fragmentos vegetais e icnofósseis indeterminados. Corresponde a uma fácies localizada na porção distal do fandelta, tendo sido depositada provavelmente em ambiente lacustre, a partir de partículas em suspensão.

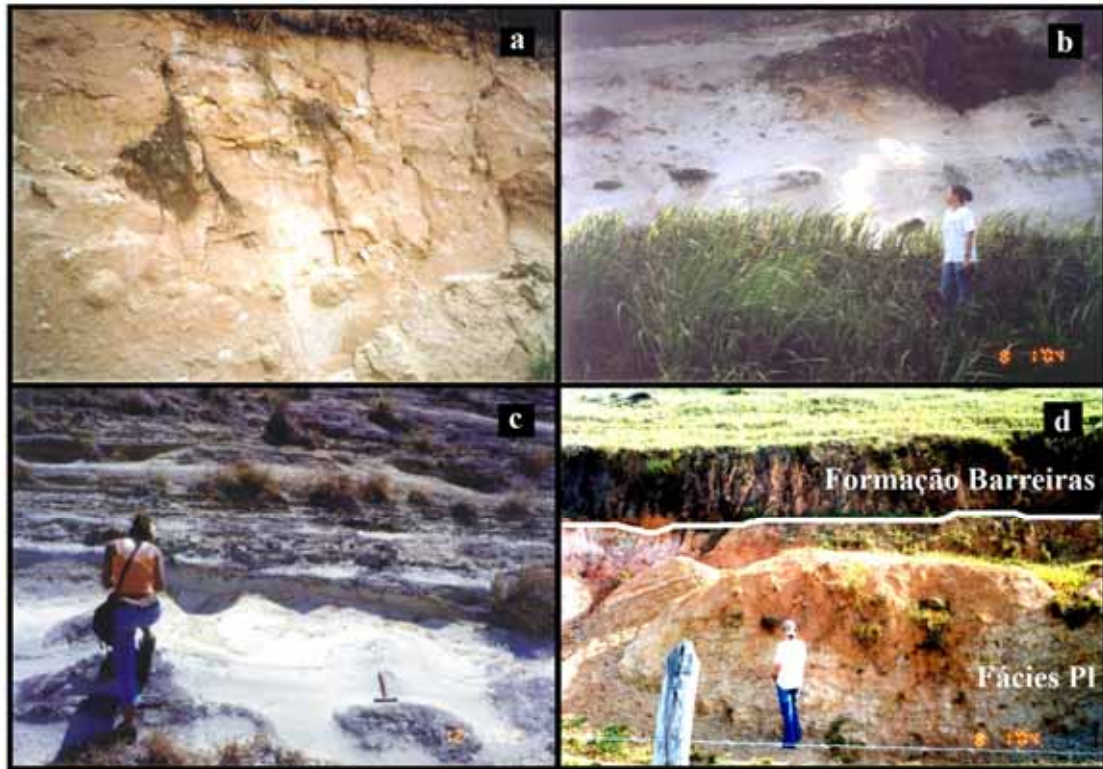


Figura 2. Fácies de depósitos de fandeltas. a) e b) fácies **Cg** (conglomerados) sendo a) próximo à Usina de Camaragibe e b) na AL-435 próximo à cidade de São Luiz do Quitunde. c) Afloramento na rodovia AL-435 mostrando a fácies **Ac** (Arenitos conglomeráticos) com fluidizações. d) fácies **PI** (Pelitos laminados) recobertos pelos arenitos da Formação Barreiras.

No extremo leste da área estudada afloram depósitos de fácies mais distais, que se constituem em sedimentos transportados por correntes turbulentas e depositados por fluxos gravitacionais sub-aquosos. No afloramento da Praia de Morros de Camaragibe, com uma exposição de cerca de 800m, foram identificadas fácies destes depósitos (**Ct**, **Aa**, **Am**, **Af**, **Rt** e **Fn**).

A fácies **Ct** (Conglomerados tabulares) compreende um conglomerado matriz-suportado (Fig.3a) com grande quantidade de clastos (até 20cm de diâmetro) de arenito, siltito, folhelho e carvão imersos em matriz areno-conglomerática, quartzo-feldspática, com aparente gradação normal. Esta fácies ocorre geralmente associada com a fácies **Af**, representando uma porção proximal de depósito turbidítico depositado sob fluxo hiperconcentrado.

A fácies **Aa** (Arenitos arcosianos) é caracterizada por um arenito de médio a muito grosso, maciço a gradacional, fluidizado, por vezes com porções conglomeráticas e intraclastos de folhelho e siltito (Fig.3b) variando de poucos centímetros a cerca de 1m, que localmente podem estar imbricados. São comuns estratificações cruzadas tabulares, laminação planoparalela e bioturbação, representando uma deposição em canais amalgamados, através de um fluxo turbidítico arenoso e cascalhoso de alta densidade. Composicionalmente a fácies **Aa** mostra-se composta por 36% de feldspatos, 33% de quartzo, 9% de fragmentos líticos e 22% de intraclastos de folhelho, de outros minerais (biotita, muscovita, clorita, zircão, pirita, etc.) e de matéria orgânica. Os grãos minerais e fragmentos de rochas (estes maiores do que 0,5mm e maioria acima de 1,1mm) apresentam-se geralmente bastante angulosos e mal selecionados. Muitos grãos de minerais estão corroídos e alguns feldspatos mostram crescimento secundário. Há predominância de contatos pontuais e sub-retilíneos, com porosidade visual média em torno de 8%. Entretanto, há áreas onde ela chega a 20%, e outras onde atinge apenas 5%. A matriz é fina, predominantemente argilosa, com percentual aproximado de 30%.

A fácies **Am** (Arenitos maciços) corresponde a um arenito cinzento (Fig.3c), de médio a grosso, com intraclastos de folhelho, siltito e carvão concentrando-se nos níveis mais superiores das camadas. Por vezes, apresenta laminação planoparalela e estruturas de sobrecarga do tipo *ball and pillow*, pseudonódulos e nódulos de pirita. Ocorre intercalada nas fácies **Af** e **Rt**, gradando vertical e lateralmente para a fácies **Aa**. Resulta da deposição de um fluxo turbidítico arenoso de alta densidade.

A fácies **Af** (Arenitos finos) compreende intercalações de estratos centimétricos de arenitos médios a finos, siltitos e folhelhos, dispostos gradacionalmente da base para o topo, caracterizando típicos ciclos de *fining upward*. São encontradas estruturas de sobrecarga do tipo *ball and pillow* e em chama, laminações convolutas e restos carbonosos.

Nos arenitos há estratificações planoparalelas e *climbing ripples*. Na porção setentrional do afloramento são observadas microfalhas lítricas e de gravidade, menores do que 3cm (Fig.3d), sendo provavelmente o reflexo de falhas de escorregamento de maior escala. Representa a porção distal de um depósito turbidítico, onde ocorreu uma desaceleração do fluxo.

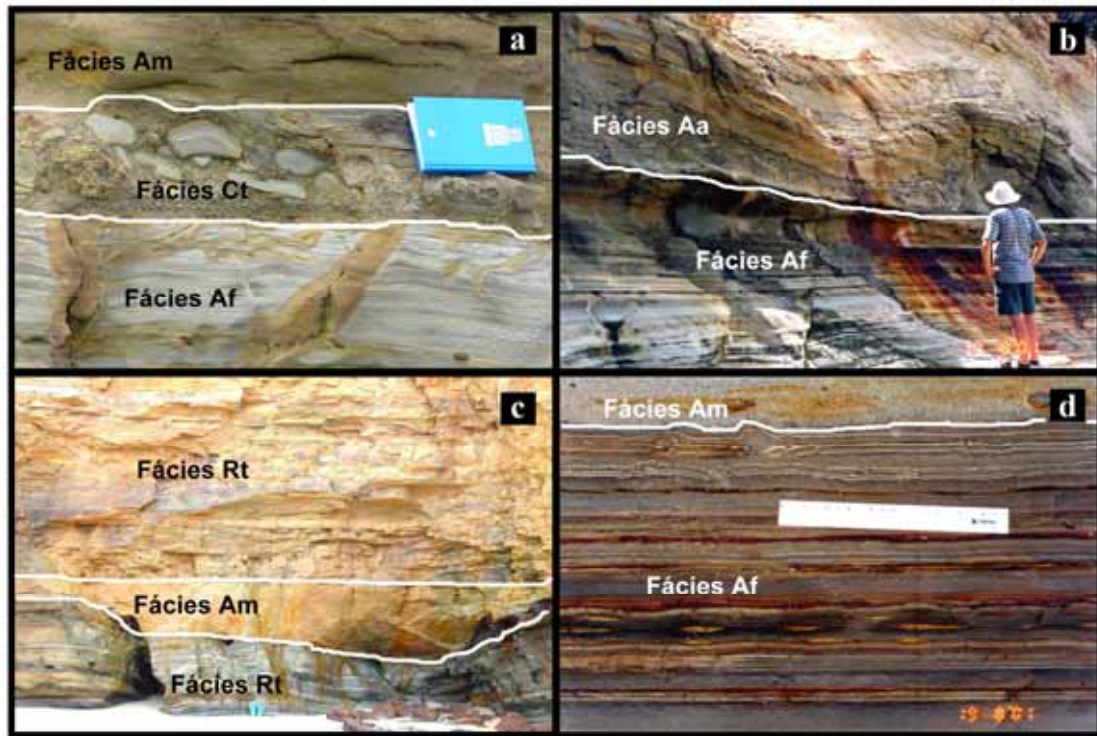


Figura 3. Fácies de depósitos turbidíticos na Praia de Morros de Camaragibe, Alagoas: a) fácies **Ct** (Conglomerados tabulares) mostrando uma geometria tabular e estando associada com a fácies **Af** (Arenitos finos) e com a fácies **Am** (Arenitos maciços); b) fácies **Aa** (Arenitos arcosianos) contendo níveis da fácies **Af** extremamente deformados e rompidos; c) fácies **Am** intercalada pela fácies **Rt** (Ritmitos) e d) fácies **Af** correspondendo a intercalações de arenito, siltito e folhelho (areia/argila > fácies **Rt**) formando ciclos de *fining upward* e mostrando microfalhas de gravidade.

A fácies **Rt** (Ritmitos) ocorre restrita na porção meridional do afloramento de Morros de Camaragibe, apresentando a razão areia/argila bem menor do que na fácies **Af**, e sendo constituída por ritmitos que intercalam finas lâminas de calcilutitos e de arenitos finos (Fig.4a). Observam-se estruturas de *lisen* nas lâminas de siltito e de *climbing ripples* nas lâminas areníticas. Corresponde a fácies final de deposição turbidítica.

A fácies **Fn** (Folhelhos negros) corresponde a três níveis de folhelhos cinza-escuros, ricos em matéria orgânica, sendo caracterizada pela presença de peixes, vegetais e coprólitos. Na porção meridional do afloramento (Fig.4b) há lentes milimétricas de silte a areia fina com cutículas vegetais, formando *linsen* e suaves ondulações. Mostra a deposição de fundo de lago.

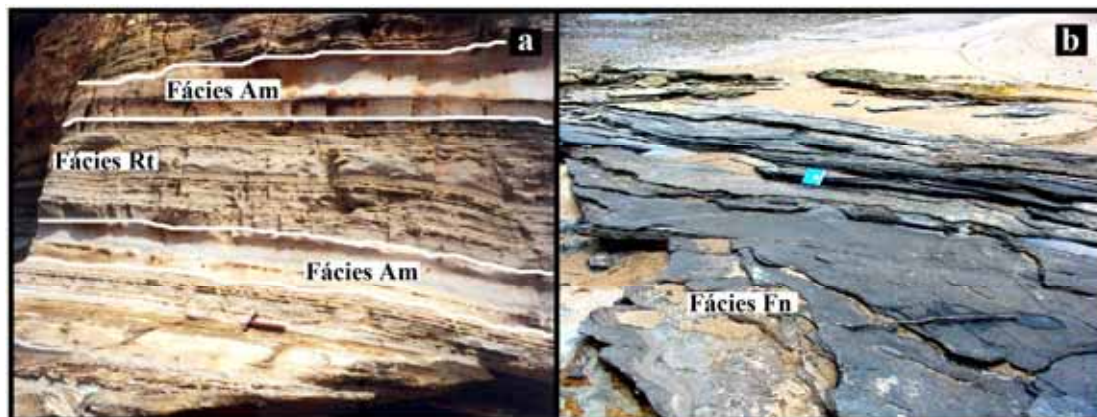


Figura 4. Fácies distais do afloramento da Praia de Morros de Camaragibe, Alagoas: a) ritmitos (fácies **Rt**) finamente laminados de siltito e folhelho, intercalados com a fácies **Am** (Arenitos maciços) e b) fácies **Fn** (Folhelhos negros).

4. Considerações Finais

A porção aflorante da Formação Maceió na área estudada mostra, de oeste para leste, o desenvolvimento de depósitos de fandeltas que progradam para um ambiente lacustre e, por fim, para depósitos turbidíticos (Azambuja Filho *et al.*, 1998; Lira, 2004). Arienti (1996) distinguiu diversas fácies sedimentares na Formação Maceió, analisando-a em sua extensão emersa e submersa, descrevendo fácies constituídas desde conglomerados clasto- e matriz-suportados a siltitos e folhelhos, similares ao que foi observado no presente trabalho. Na área estudada, foram identificadas ao longo da rodovia AL-435 três fácies (**Cg**, **Ac** e **Pl**) representantes da deposição de fandeltas alimentados pela borda oeste da bacia, que progradam para uma área lacustre. Estes depósitos de fandeltas são caracterizados por fácies de maiores granulometrias, com grandes blocos de rochas graníticas (fácies **Cg**), bem como porções areno-conglomeráticas (fácies **Ac**). À medida que se distancia da borda da bacia, no sentido leste, o fluxo perde sua força e passa a transportar e depositar partículas de granulometrias cada vez menores, o que pode ser observado nas fácies **Ac** e **Pl**.

No afloramento de Morros de Camaragibe, à leste da área estudada, observam-se fácies mais distais, com sedimentos turbidíticos e folhelhos ricos em matéria orgânica (fácies **Fn**), representando a provável subida no nível das águas. Segundo Lira (2004), estas fácies têm o Alto de Maragogi como principal área fonte. Verifica-se uma variação de fluxo de transporte sub-aquoso, passando de hiperconcentrado (deposição dos paraconglomerados da fácies **Ct**) para um fluxo de alta densidade (arenitos das fácies **Aa** e **Am**), até sofrer maior desaceleração e tornar-se um fluxo de baixa densidade, onde as fácies mais pelíticas (**Af** e **Rt**) foram depositadas. Toda esta deposição mostra as feições similares a turbiditos, na qual a seqüência sedimentar, descrita por Bouma (1962), é formada, da base para o topo, por um intervalo gradacional, um com laminação paralela, outro com microlaminação cruzada e finalmente por intervalos pelíticos.

Abreu & Potter (1990) calcularam o percentual das diferentes litologias que compõem a Formação Maceió, em testemunhos de 30 poços perfurados pela Petrobrás, constatando que os arenitos podem ser petrograficamente classificados em arcóscicos (80%), sub-arcóscicos (16%), e líticos ou sub-líticos (4%). Segundo estes autores, nos sedimentos desta formação há três classes de porosidades: intergranular, intragranular e microporosidade. Estas três classes foram observadas nas seções delgadas de arenitos da fácies **Aa** analisadas no presente trabalho, sendo mais freqüente a microporosidade (Fig.5), o que está de acordo com os referidos autores, que constataram que esta classe é a mais abundante nos arenitos com percentual de porosidade menor do que 10%. A fácies **Aa** mostrou a média de 8%.

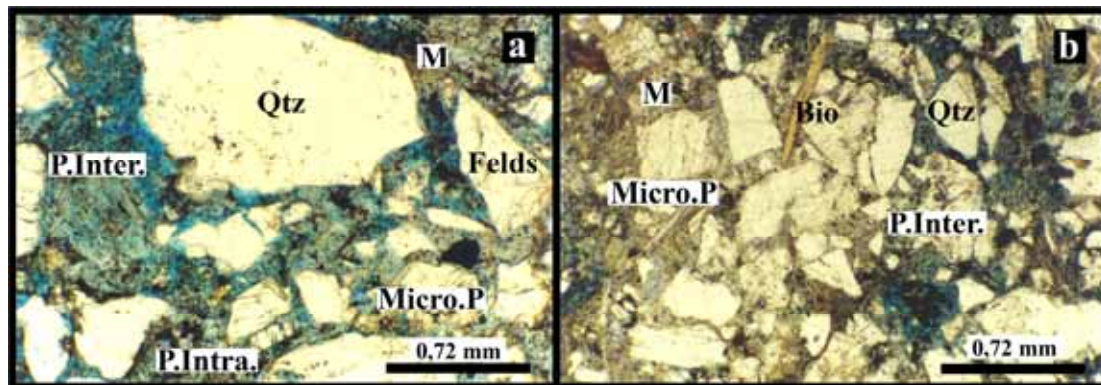


Figura 5. a) e b) Arenitos da fácies **Aa** mostrando as três classes de porosidade (Abreu & Potter, 1990): P.Inter. - intergranular; P.Intra. - intragranular e Micro.P. - microporosidade (Qtz - quartzo; Felds - feldspato; Bio - biotita; M - matriz).

De modo geral, na fácies **Aa** é observada grande quantidade de matriz (em torno de 30%), sendo predominantemente argilosa e atuando, juntamente com os intraclastos de folhelho, como um obstáculo à permeabilidade. Parte dessa matriz pode ter origem secundária, proveniente da alteração dos feldspatos (com grãos bastante corroídos), o que diminuiria o percentual de porosidade da rocha. Isto contribui para o aumento da quantidade de matriz e conseqüentemente para a redução da porosidade intragranular, gerando perda de qualidade como rocha reservatório. Apesar do percentual de porosidade desta fácies ser interessante para o armazenamento de hidrocarbonetos, o tipo de porosidade dominante (microporosidade) dificulta sua permeabilidade. Entretanto, a distribuição heterogênea da porosidade em toda a fácies **Aa** deve ser levada em consideração no estudo de potencial de reservatório, dada a presença de áreas com porosidade próxima a 20%, do tipo intergranular e microporosidade, muito adequadas ao armazenamento de hidrocarbonetos.

Nos folhelhos da fácies **Fn** são observados alguns locais com grande quantidade de restos de peixes sub-articulados, por vezes mostrando uma concentração seletiva de tamanho, provavelmente causado por transporte sub-aquático. A existência destes folhelhos escuros, ricos em matéria orgânica na fácies **Fn**, mostra o caráter de rocha geradora de hidrocarbonetos da Formação Maceió.

5. Conclusões

Com a presente investigação, é apresentada uma atualização da faciologia dos sedimentos da Formação Maceió na área norte da Bacia de Alagoas, com a presença de depósitos de fandeltas contendo granulometrias maiores, por estarem próximos da borda da bacia (fácies **Cg**, **Ac** e **Pl**). As fácies que caracterizam os depósitos de caráter turbidítico (**Ct**, **Aa**, **Am**, **Af** e **Rt**) situadas mais distalmente, mostram seqüências pelíticas depositadas em ambiente lacustre. O final desta deposição foi marcado pela provável subida no nível de águas, resultando na deposição dos folhelhos negros da fácies **Fn**. Nestes folhelhos, ricos em matéria orgânica, com caráter de rocha geradora de hidrocarbonetos, ocorrem abundantes restos de peixes e fragmentos vegetais, por vezes formando uma significativa concentração, o que sugere a ocorrência de eventos de mortalidade em massa.

Os arenitos da fácies **Aa** mostram grãos bastante angulosos e mal selecionados, corroídos, de feldspatos (36%), quartzo (33%), fragmentos líticos (9%), e de outros minerais, intraclastos de folhelho e matéria orgânica (22%). Esta fácies apresenta uma porosidade heterogênea, com a média em torno de 8%, na qual predomina a microporosidade, ficando em segundo plano as porosidades intergranular e intragranular. É observada cerca de 30% de matriz predominantemente argilosa, provavelmente de origem secundária por alteração dos feldspatos, com limitada permeabilidade, ainda que existam áreas com porosidade próxima a 20%, principalmente do tipo intergranular e microporosidade, adequada ao armazenamento de hidrocarbonetos.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao Dr. Joel de Castro (UNESP de Rio Claro), à Dra. Maria Helena Hessel (UFPE) à Cleide Regina Moura e a José Antonio Barbosa (UFPE), pelo auxílio durante os trabalhos de campo e por diversas sugestões que enriqueceram o trabalho.

Referências

- ABREU, C.J. & POTTER, P.E. 1990. Tipos e distribuição de porosidade nos arenitos do membro Maceió, Cretáceo da bacia Sergipe-Alagoas, NE do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 4(3): 315-336.
- ARIENTI, L.M. 1996. Análise estratigráfica, estudo de fluxos gravitacionais e geometria dos depósitos *rift* da Formação Maceió e Formação Poção, Bacia de Alagoas. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 398p.
- AZAMBUJA FILHO, N.C., ARIENTI, L.M. & CRUZ, F.E.G. 1998: *Guidebook to the rift-drift Sergipe-Alagoas passive margin basin, Brazil*. Rio de Janeiro, AAPG, 113p. in CD room.
- BOUMA, A.H. 1962. *Sedimentology of some flysch deposits*. Amsterdam, Elsevier, 168p.
- CARVALHO, I.S. & ARAI, M., 2001. Os fósseis da Bacia de Sergipe-Alagoas. Os crustáceos: conchostráceos. *Phoenix*, Aracaju, 29: 1-3.
- FEIJÓ, F.J. 1993. Seqüências continentais das fases pré-*rift* e *rift* da sub-Bacia de Alagoas Central. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 165p.
- FEIJÓ, F.J. 1994. Estratigrafia das bacias sedimentares do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8(1): 149-161.
- LIRA, A.R.A. 2004. Caracterização em multiescala de análogos de reservatórios da Formação Maceió (Aptiano da Bacia de Alagoas) nas regiões de Japaratinga e Morros de Camaragibe, AL. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 157p.
- MALABARBA, M.C., CARMO, D.A. & PEREZ, I.G. 2002. New fossil fishes from the Maceió Formation, Alagoas Basin, Northeastern Brazil. 6º *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, São Pedro, *Boletim*: 303-306.
- SILVA SANTOS, R. 1985. Sobre a presença do *Vinctifer* Jordan (Pisces, Aspidorhynchiformes) na Formação Muribeca, Estado de Alagoas. *Boletim Especial do DNPM, Série Geológica* (Coletânea de Trabalhos Paleontológicos), Brasília, 27:147-150.