

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DO ALBIANO-TURONIANO DA BACIA DE PERNAMBUCO: CONSIDERAÇÕES SOBRE A PALEOGEOGRAFIA E GERAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

Maria Emília Travassos Rios TOMÉ¹, Mário Ferreira de LIMA FILHO²,
Virgínio Henrique de Miranda Lopes NEUMANN²

(1) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Prof. Moraes Rego, s/n – Cidade Universitária. CEP 50670-901. Recife, PE. (2) Laboratório de Geologia Sedimentar, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco (LAGESE/DGEO/UFPE). Avenida Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária. CEP 50740-530. Recife, PE. Endereços eletrônicos: mflf@npd.ufpe.br; hneumann@zaz.com.br.

Introdução
A Formação Estiva
Ocorrências
Petrografia
Litoestratigrafia Proposta
Conclusão
Referências Bibliográficas

RESUMO – Cada vez mais, a exploração do petróleo está dirigida para regiões de mar profundo, onde a presença de espessas camadas cretácicas representa potencial para reservatórios petrolíferos, principalmente para a geração no Albiano Inferior e Cenomaniano-Turoniano. Aqui são analisados os processos deposicionais e implicações paleogeográficas da Formação Estiva (Albiano Superior/Santoniano), da Bacia de Pernambuco.

Palavras-chave: Bacia de Pernambuco, Formação Estiva, Seqüência Pós-Rifte.

ABSTRACT – *M.E.T.R. Tomé, M. de Lima Filho, V.H. Neumann – Stratigraphy analysis of the Albian-Turonian of the Pernambuco Basin: considerations about paleogeography and hydrocarbon generation.* More and more, the exploration of the petroleum in Brazil is driven for deep sea areas, where the presence of thick Cretaceous limestone layers of potential interest for petroliferous reservoirs of this age, mainly for the generation in Lower Albian and Cenomanian-Turonian. The presence of limestones and sandstones of these ages in the Pernambuco Basin induces a detailed study of the Estiva Formation (Upper Albian/Santonian), which depositional processes and paleogeographic implications are analyzed.

Keywords: Pernambuco Basin, Estiva Formation, Post-Rift Sequence.

INTRODUÇÃO

Na Bacia de Pernambuco (Lima Filho, 1998a), a Seqüência Rifte se estende até o final do Albiano com a deposição dos sedimentos pertencentes a Formação Cabo Superior, mas nela, em algumas regiões, já há indícios das primeiras ingressões marinhas, ainda que limitadas.

A Bacia de Pernambuco estende-se por todo o litoral sul do Estado de Pernambuco e, geologicamente, está delimitada pelo Lineamento Pernambuco ao norte e pelo Alto de Maragogi-Barreiras ao sul (Figura 1). Esta bacia se divide em duas sub-bacias, os grábens de Piedade e o do Cupe-Tamandaré, separados pelo Alto do Maracatu (Almeida et al., 2005). Os mecanismos da gênese e evolução tectônica dessa bacia foram divulgados por Lima Filho (1998a, b) e, mais recentemente, Lima Filho et al. (2005) e Almeida et al. (2005).

Como descrito por Lima Filho (1998b), a fase rifte da Bacia de Pernambuco (Gráben do Cupe) evoluiu

durante o estágio da Megaseqüência Transicional Evaporítica de Chang et al. (1990) ou K50 de Feijó (1994), e é caracterizada por feições de riftes intracontinentais, como semigrábens basculados e controlados por grandes falhas normais e altos internos do embasamento. Nesta fase houve a deposição de um sistema flúvio-deltaico e lacustre, tipicamente continental, correspondente à Seqüência I. A Seqüência II, composta por arenitos conglomeráticos e pelitos da Formação Cabo Superior Lima Filho (1998b), seria equivalente à seqüência K60 de Feijó (1994), podendo alcançar a K70. A Seqüência III foi depositada num ciclo transgressivo iniciada no Cenomaniano e perdeu até o Turoniano, na qual se depositaram arenitos e folhelhos típicos de fácies de plataforma terrígena e carbonatos equivalentes à seqüência K80.

Recentemente, têm sido descobertos volumes significativos de óleo e gás nas bacias sedimentares brasileiras e grande parte desse óleo e gás foi gerado

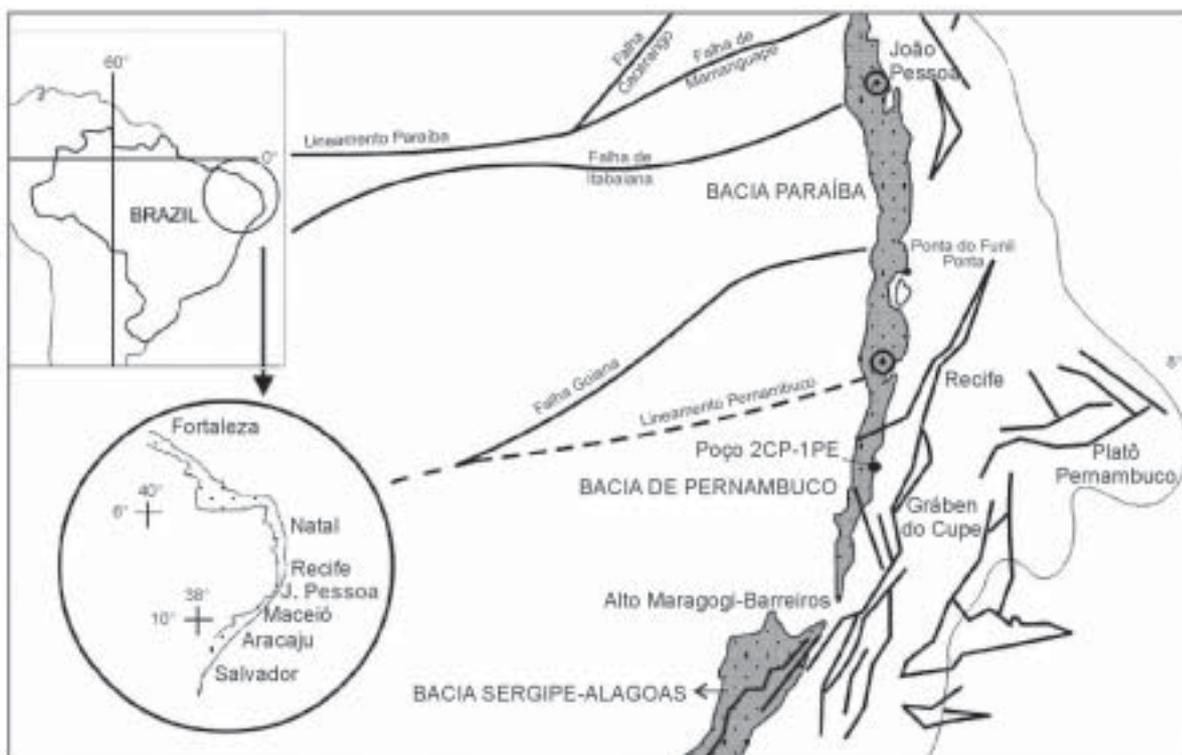


FIGURA 1. Localização da Bacia de Pernambuco e do Gráben do Cupe onde está localizado o Poço 2CP1.

e acumulado por calcários do Cretáceo, principalmente para a geração no Albiano Inferior e Cenomaniano-Turoniano. A presença de calcários e arenitos de idades desse intervalo na Bacia de Pernambuco induz um maior detalhamento no seu estudo.

Este trabalho focaliza os processos deposicionais da Formação Estiva (Albiano Superior/Santoniano), e suas implicações paleogeográfica, pelos dados de observações de campo e análises de amostras de afloramentos e de um poço.

A FORMAÇÃO ESTIVA

A primeira descrição dos calcários próximos a região de Tamandaré, na Fazenda Estiva, é devida a Branner (1902), que os relacionou aos calcários terciários da Formação Marinha Farinha. Oliveira & Leonards (1943) utilizaram pela primeira vez o termo Formação Estiva para denominar estes calcários e Cobra (1960) observou-os também aflorando no Engenho Gameleira, Município de Ipojuca. Posteriormente, Beurlen & Cobra (1960) mostraram que os calcários aflorantes nas regiões de Cocaia, Gameleira e Tamandaré representavam um único horizonte estratigráfico. O trabalho mais detalhado sobre a Formação Estiva é o de Maciel (1968), que, investigando os calcários de Cocaia, descreveu-os como um calcário maciço, finamente cristalizado, fóssilífero e com alto teor de magnésio.

Amaral & Menor (1979) e Lima Filho (1998b) salientaram que os calcários predominam na Formação Estiva, descrevendo três ciclos distintos, interpretados com sendo pulsos transgressivos. O primeiro ciclo é

caracterizado por calcários cinzentos esbranquiçados, de granulometria fina, sobrepostos a arcóseos possivelmente pertencentes à Formação Cabo, observados sobre as rochas da Suíte Magmática de Ipojuca (Granito do Cabo) na região do Porto de Suape. O segundo ciclo é formado por carbonatos marinhos com forte influência terrígena em direção ao continente, passando de carbonatos, argilo-carbonatos a arenossilítico-carbonatos. O último ciclo é constituído por calcários subaflorantes sobre as rochas da Suíte Magmática de Ipojuca, sendo limitados no topo por uma superfície de erosão, designada como Pré-Barreiras por Amaral & Menor (1979) e Pré-Algodoais por Lima Filho (1998b) e Cruz (2002).

Em termos estratigráficos, a posição relativa espacial e temporal da Formação Estiva é bastante controversa. Alheiros (1987), observando uma discordância entre esta unidade e a Formação Cabo, propôs que ela seja mais nova do que esta. Entretanto, Rocha (1990) afirmou que os calcários, siltitos e



FIGURA 3. Cronobiozoneamento dos macrofósseis existentes na Formação Estiva.

OCORRÊNCIAS

Existem poucas exposições da Formação Estiva em superfície e as principais localidades dessa unidade são o Engenho Gameleira e a Fazenda Estiva. O afloramento do Engenho Gameleira consiste de um banco de calcário, horizontalizado, com dimensões aproximadas de 2 m de altura e 6 m de extensão. Foi através de observações nesse afloramento que Lima Filho (1998a) definiu três níveis distintos: um superior, de coloração creme com porções alaranjadas, bastante compacto, e às vezes dolomítico, um nível intermediário, argiloso de coloração acinzentada, e um nível inferior, cinza-esbranquiçado, maciço e de granulometria fina. Próximo ao Engenho Gameleira, na estrada para Serrambi, encontrou-se níveis de folhelhos/siltitos calcíferos esverdeados. Na região de Tamandaré (Fazenda Estiva), a seqüência carbonática, com forte diagênese e aparentemente sem estrutura, aparece em pequenos blocos e matações de calcários dolomíticos de granulometria fina como porções argilosas. Em subsuperfície, a Formação Estiva foi reconhecida em

grande parte dos poços perfurados na Bacia de Pernambuco a partir do Alto do Cabo de Santo Agostinho.

A seqüência carbonática da Formação Estiva é caracterizada morfologicamente por colinas suaves, com atitudes em torno de 30 m, alinhadas aproximadamente em direção N-S. Foram estudados 20 afloramentos e 5 poços localizados entre o Alto do Cabo de Santo Agostinho e a Praia de Enseada dos Corais, no litoral sul de Pernambuco.

Os afloramentos dos carbonatos referentes ao Membro Gameleira podem ser observados em torno dessas colinas, nas cotas topográficas entre 10 e 20 m. Esses calcários representam o nível superior e intermediário, descritos por Lima Filho (1998a) com base numa exposição dentro da Fazenda Gameleira. Deste modo, os carbonatos são descritos como sendo calcários dolomíticos de granulometria fina, com uma capa intempérica creme-amarelada, com intercalações de níveis argilosos acinzentados e estruturas de dissolução, por vezes representando restos fossilíferos.

PETROGRAFIA

Nas amostras dos afloramentos e dos poços, BP-1, BP-4, BP-6 e do poço 2-CPE-1-PE, Tomé (2005) observou a predominância de calcários dolomíticos com intercalações milimétricas de margas e calcilitos. Nos calcários há cristais de dolomita, argila, óxido de ferro e alguns grãos de quartzo, e na marga há bastante quartzo e feldspatos alterados.

Algumas amostras coletadas nos afloramentos apresentam calcários dolomíticos fossilífero de

matriz micrítica com bioclastos, podendo ser classificados como um biomicrocristos (Figura 4). Frequentemente, os bioclastos são substituídos por minerais opacos (pirita). Também contém matéria orgânica lenhosa, dispersos na matriz micrítica (Figura 5), sugerindo certa influência de um ambiente continental. Em outra lâmina, observou-se calcário dolomítico com intercalações de lama carbonática (Figura 6).

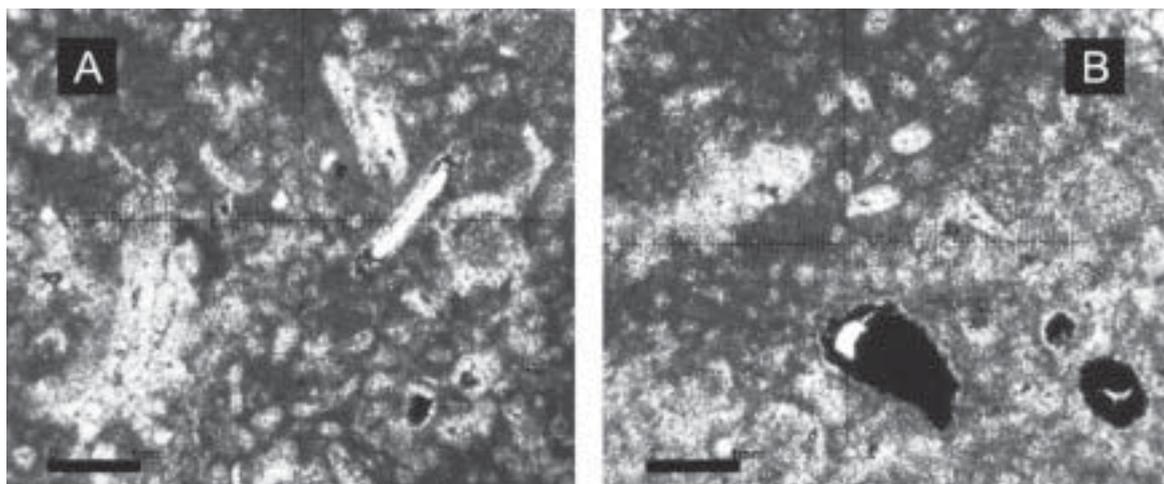


FIGURA 4. **A:** calcário com bioclastos dispersos em uma matriz micrítica (aumento 4x, N//).
B: bioclastos sendo substituído por minerais opacos (aumento 4x, N//).

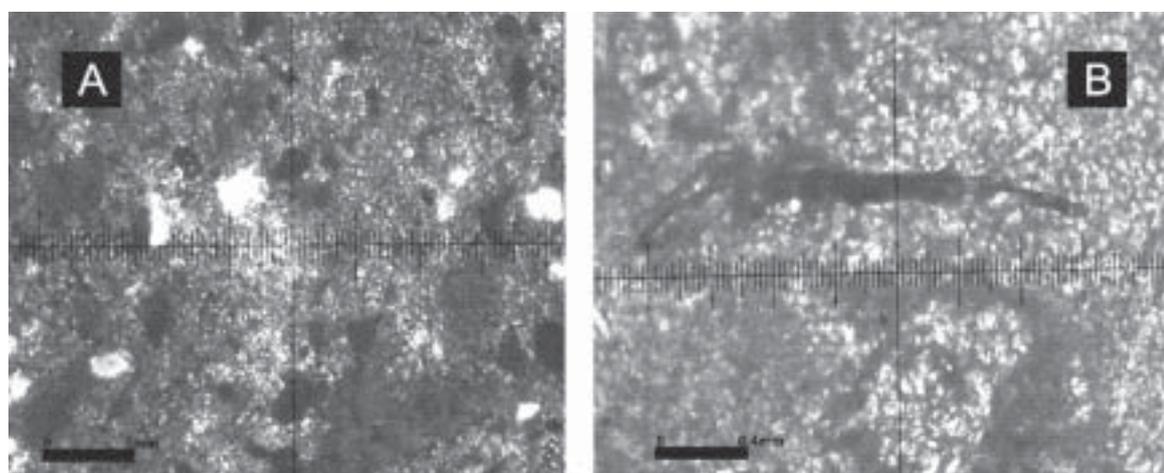


FIGURA 5. **A:** cristais de minerais de origem continental (aumento 4x, N x).
B: matéria orgânica lenhosa dispersa na matriz micrítica (aumento 10x, N//).

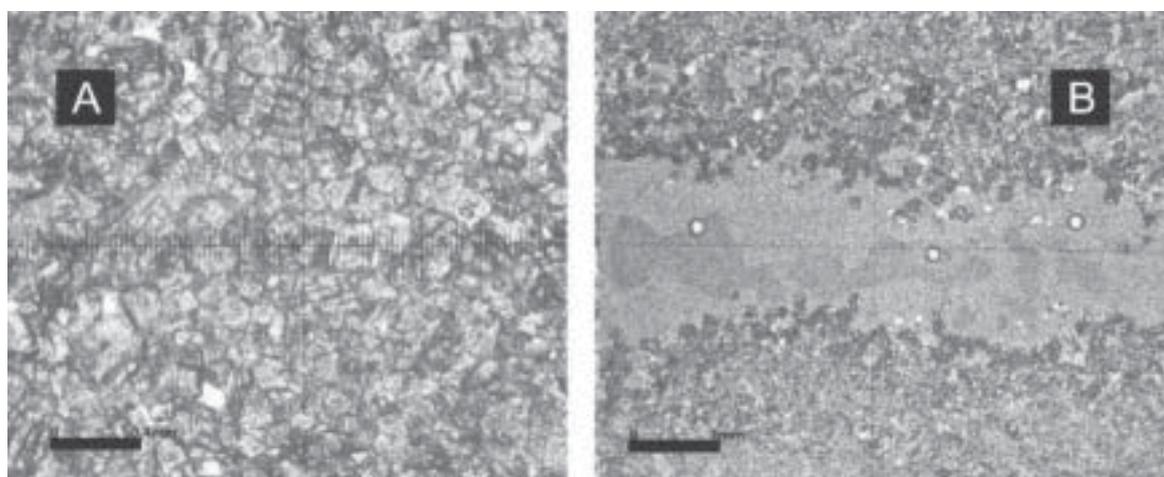


FIGURA 6. **A:** cristais de dolomita (aumento 10x, N//). **B:** nível de lama carbonática(?) (aumento 4x, N//).

A partir de amostras dos poços, Tomé (2005) identificou distintas litofácies para os carbonatos da Formação Estiva. Para o seu reconhecimento, foram confeccionadas 34 lâminas delgadas, num total de 34, dos poços BP-1 (2), BP-4 (22), BP-6 (4) e 2-CPE-1-PE (6). Foram observados nos calcários cristais de dolomita, argila, óxido de ferro e alguns grãos de quartzo, e na marga, bastante quartzo e feldspatos alterados.

Os carbonatos da Formação Estiva estudados aparentemente sofreram um processo diagenético inicial, no qual os cristais de dolomita substituíram seus precursores (calcita e/ou aragonita). A constante presença da pirita flamboidal, substituindo bioclastos, corrobora com esta hipótese. A presença de grãos de quartzo, feldspato e turmalina em algumas lâminas

evidencia o aporte de terrígenos numa plataforma carbonática rasa (Figura 7).

Nas lâminas estudadas observou-se o predomínio dos tipos *mudstones* e *wackestones*, segundo a classificação de microfácies proposta por Dunham (1962). Poucos fragmentos de gastrópodos e ostracodes fósseis foram observados (Figura 8), o que permite classificar os carbonatos como biomicritos, segundo a classificação de Folk (1959, 1962).

Durante o presente estudo foram reconhecidas três litofácies siliciclásticas e quatro carbonáticas. Estas podem ser reunidas em duas associações de fácies: associação de fácies carbonática 1 (AFC-1), composta pelas litofácies M, D e CD, e associação de fácies carbonática 2 (AFC-2), constituída pelas litofácies M, CD e CA (Figura 9).

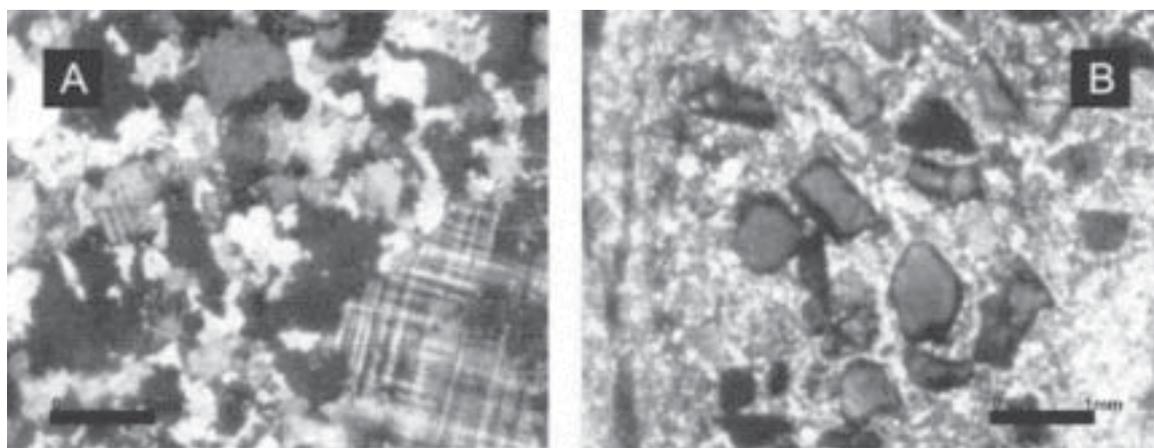


FIGURA 7. **A:** cristais de quartzo (de 1 a 3 mm), com bordas corroídas, e de microclínio (lâmina BP-1, aumento de 4x, N x). **B:** cristais de turmalina (lâmina BP-9, aumento 4x, N x).

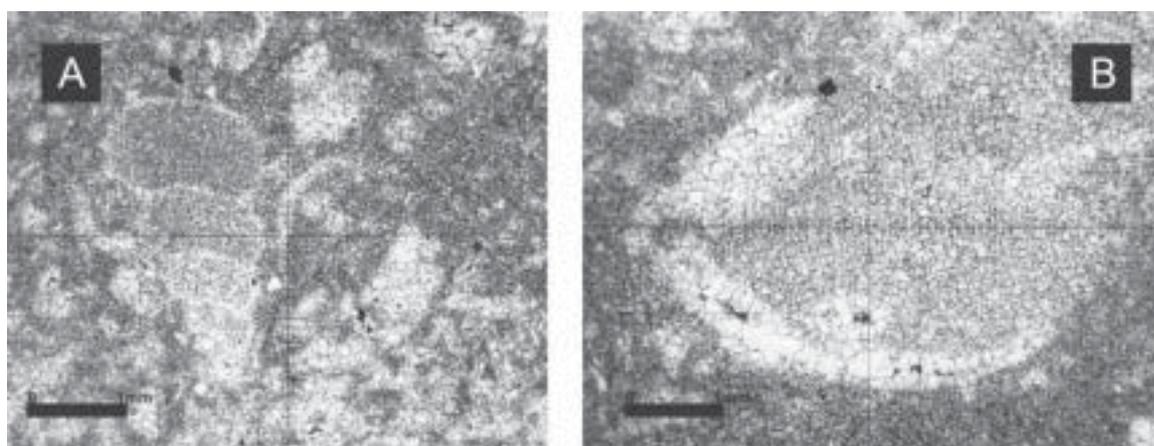


FIGURA 8. **A:** seção longitudinal de uma concha de gastrópodo (lâmina 17 do poço BP-4, aumento 4x, N//). **B:** valvas articuladas de um ostracode (lâmina 17 do poço BP-4, aumento 4x, N//).

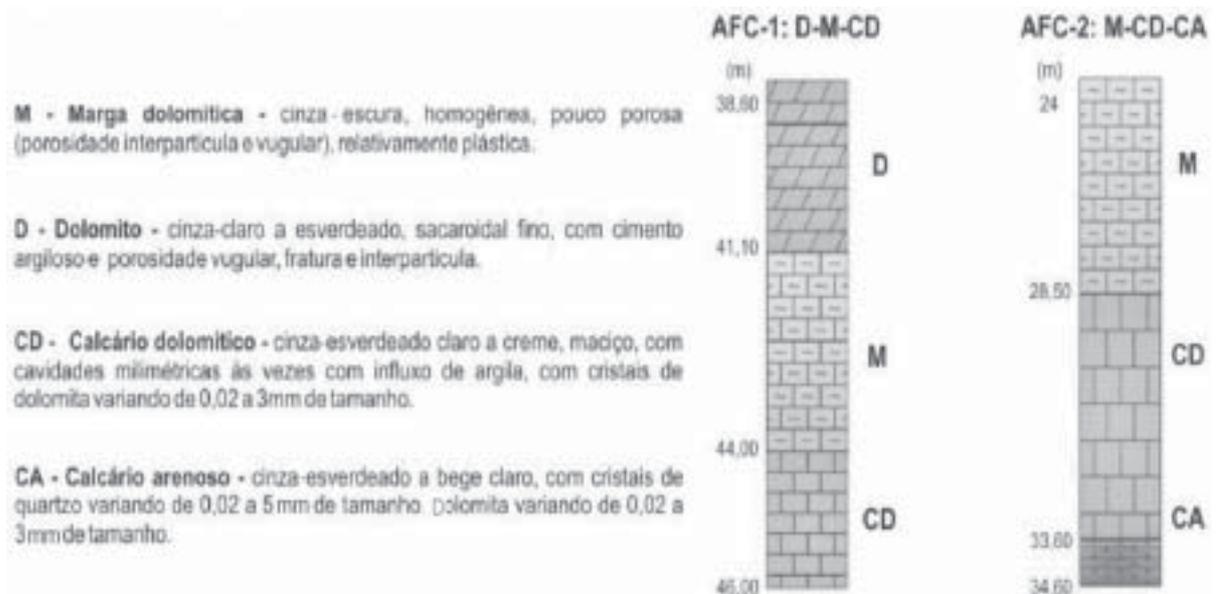


FIGURA 9. Associação de fácies baseada no perfil geológico do poço BP-4 (AFC-1) e associação de fácies baseada no perfil geológico do poço BP-6 (AFC-2).

LITOESTRATIGRAFIA PROPOSTA

Como mencionado anteriormente, a Formação Estiva não é composta exclusivamente por calcários, mas também por intercalações de argilitos, siltitos, margas, folhelhos e arenitos (Figura 10). Neste contexto,

é proposta neste trabalho uma nova distribuição litoestratigráfica para a Formação Estiva, baseando-se nas informações advindas de poços, onde foram observados estes litotipos de idade cenomaniana/turoniana.

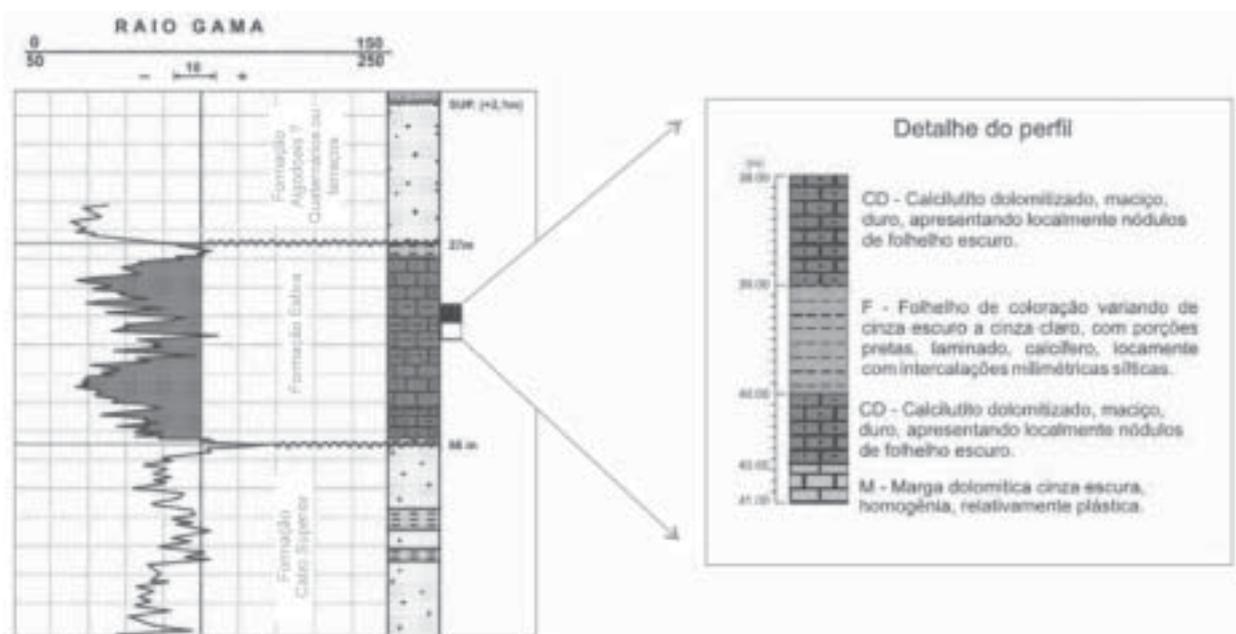


FIGURA 10. Perfil do poço 2-CP-1-PE, detalhando as intercalações de folhelhos e margas que também ocorrem na região de Suape e Porto de Galinhas.

Esta formação é constituída de três membros (Figura 11): o Membro Cupe, correspondendo a associação de argilitos, siltitos e folhelhos, os dois primeiros ocorrendo na porção emersa da bacia e os folhelhos em *offshore*; o Membro Suape, representado pelos

calcários dolomíticos, calcilitos e margas, que ocorrem tanto na área emersa (região de Porto de Galinhas) quanto na plataforma interna; o Membro Suape, correspondente aos arenitos calcíferos que afloram mais ao norte da bacia.

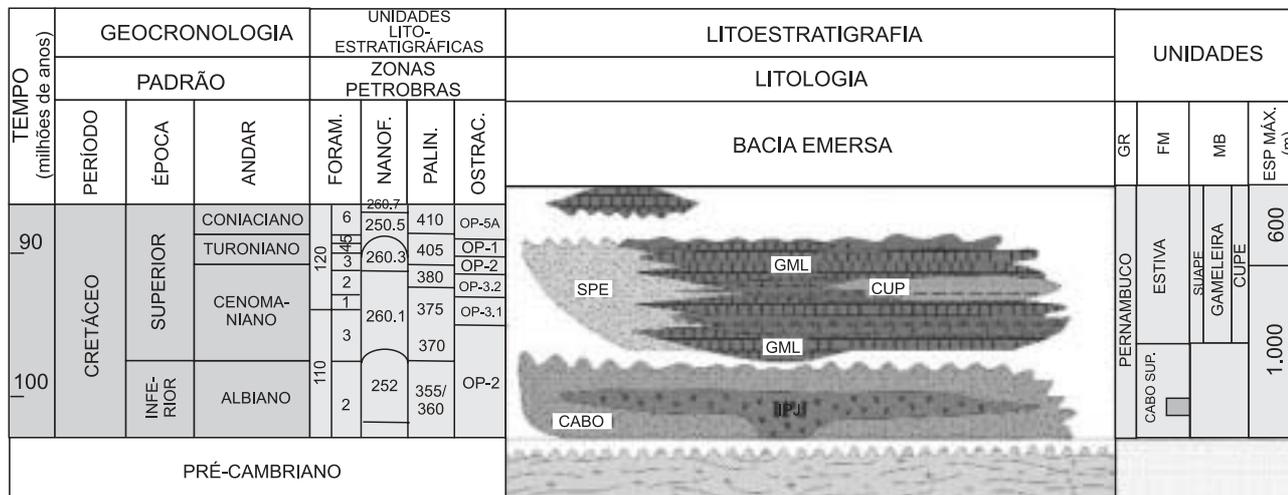


FIGURA 11. Litoestratigrafia sugerida para o intervalo correspondente a Formação Estiva.

CONCLUSÃO

A idade da Formação Estiva situa-se entre o Albiano Superior e o Santoniano. Entretanto, devido a períodos de turbulência tectônica, formando altos e baixos, algumas áreas não foram ocupadas pelo mar transgressivo.

A atribuição ao Albiano é baseada no fóssil encontrado por Beurlen & Cobra (1960), achado esse do extremo sul da bacia, que pode estar ligado à evolução que começou no sul em direção ao norte da margem costeira brasileira. A partir do Eoalbio houve uma elevação global do nível do mar que caracterizou uma generalizada transgressão marinha ao logo das bacias marginais. Na Bacia de Pernambuco os primeiros pulsos transgressivos foram registrados no Albiano Superior, com a deposição da Formação Estiva atingindo a região de Tamandaré. A idéia de uma sedimentação carbonática de idade Albiano Superior sugerida pelo macrofóssil *Craginia ariquindai*, indica que provavelmente a entrada do mar poderia ter evoluído pelo extremo sul da Bacia de Pernambuco, vindo do Atlântico Sul.

A contínua elevação do nível do mar durante o Albiano, atingindo o máximo da transgressão na Bacia de Pernambuco no Turoniano, proporcionou, na região de Porto de Galinhas, Cupe e Suape, a deposição dos calcários cenomanianos/turonianos.

Ao norte da bacia, a transgressão teve um registro de Santoniano pouco expressivo, reconhecido apenas

no poço 9-JG-1-PE, pois esta área estava submetida a uma movimentação positiva do bloco de Gaibu, o que provavelmente impossibilitou o avanço da transgressão.

Com relação ao paleoambiente de deposição da Formação Estiva, a existência de calcários maciços dolomitizados, com intercalações de argilas, siltitos, folhelhos, margas e arenitos calcíferos, indica um sistema de plataforma carbonática rasa, com pulsos de sedimentação intermitentes. A grande quantidade de matéria orgânica e palinomorfos indica uma sedimentação com influência terrígena e condições de clima quente e seco. Entretanto, a presença de alguns dinoflagelados e foraminíferos mostram certa influência marinha. Um sistema que une estas características pode ser uma planície de maré (Figura 12).

A zona de supramaré seria constituída pelos arenitos vindos do continente. A zona de inframaré seria representada pelos argilitos, siltitos e folhelhos, depositados acima ou lateralmente à seqüência carbonática. Neste ambiente, teriam vivido os bivalvíos (como *Lopha ramicula*) e gastrópodos. No sistema de francas condições marinhas, foram depositados os calcários dolomíticos com fósseis retrabalhados da zona de inframaré. No final do Turoniano provavelmente, esses calcários sofreram um tectonismo, criando áreas altas e baixas entre o Alto de Cabo de Santo Agostinho e o Alto de Maragogi-Barreiros.

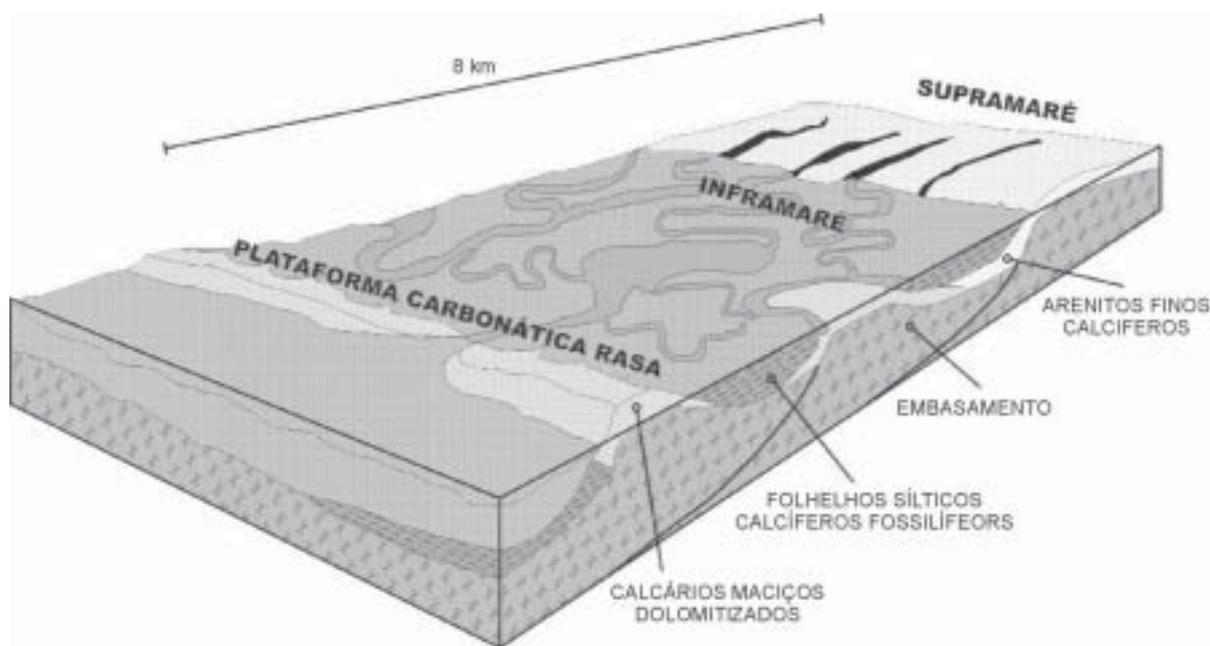


FIGURA 12. Representação esquemática do paleoambiente da Formação Estiva (Lima Filho, 1998).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHEIROS, M.M. **Caracterização sedimentológica da Formação Cabo, Pernambuco**. Recife, 1987. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
- ALMEIDA, C.B.; CRUZ, L.R.; JARDIM DE SÁ, E.F.; VASCONCELOS, P.M.P.; MEDEIROS, W.E. Tectônica e relações estratigráficas na Sub-bacia de Pernambuco, NE do Brasil: contribuição ao conhecimento do Rift Sul-Atlântico. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 13, n. 2, p. 167-180, 2005.
- AMARAL, A.J.R. & MENOR, E.A. A seqüência vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal. **Atas...** Recife: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo do Nordeste, 1979, p. 251-269.
- BEURLIN, K. & COBRA, R.Q. Novas localidades fossilíferas no litoral sul de Pernambuco. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 32, n. 2, p. 7, 1960.
- BRANNER, J.C. Geology of the Northeast coast of Brazil. **Geological Society of America Bulletin**, v. 13, p. 41-98, 1902.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O.; FIGUEIREDO, A.M.F. Novos conceitos sobre o desenvolvimento das bacias marginais do leste brasileiro. In: G.P. RAJA GABAGLIA & E.J. MILANI (Coords.), **Origem e evolução de bacias sedimentares**, Petrobrás, p. 269-289, 1990.
- COBRA, R.Q. **Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco**. Belo Horizonte, 1960. 70 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais.
- CRUZ, L.R. **Mapeamento geológico da região de Cabo (PE), Sub-bacia de Pernambuco**. Natal: Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Relatório de Graduação, 74 p., 2002.
- DUNHAM, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. HAM (Ed.), **Classification of carbonate rocks**, American Association of Petroleum Geologists, 348 p., 1962.
- FEIJÓ, F.P. Bacia de Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 143-148, 1994.
- FOLK, R.L. Practical petrographic classification of limestones. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 43, p. 1-38, 1959.
- FOLK, R.L. Spectral subdivision of limestones types. In: W.E. HAM (Ed.), **Classification of carbonate rocks**, American Association of Petroleum Geologists, p. 62-84, 1962.
- LIMA, M.R. & PEDRÃO, E. Análise palinológica de sedimentos da Bacia Cabo, Cretáceo do Estado de Pernambuco, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 61, n. 1, p. 73-84, 1989.
- LIMA FILHO, M. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia de Pernambuco. São Paulo, 1998. 139 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. (a).
- LIMA FILHO, M. The main tectonic-magmatic events in Pernambuco Basin (NE Brazil). In: J.M. MABESONE (Ed.), **Contribuições Científicas do LAGESE**, Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 12-14, 1998. (b).
- LIMA FILHO, M. & SILVA SANTOS, P.R. Biocrono-estratigrafia da Bacia de Pernambuco: implicações ambientais e paleogeográficas. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Paleontologia, v. 2, p. 84, 2001.
- LIMA FILHO, M.; BARBOSA, J.A.; NEUMANN, V.H.; SOUZA, E.M. Evolução estrutural comparativa da Bacia de Pernambuco e da Bacia da Paraíba. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS TECTÔNICOS, Curitiba, 10, 2005. **Resumos...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, CD-ROM.
- MACIEL, E. **Contribuição a geologia geral de Ipojuca, PE**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Relatório de Graduação em Geologia, 57 p., 1968.
- MAGALHÃES, J. & MEZZALIRA, S. **Moluscos fósseis**

- do Brasil.** Rio de Janeiro: Departamento da Imprensa Nacional, 283 p., 1953.
20. MORAES, L.J. Estudos geológicos no Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, **Boletim**, n. 32, p. 67-75, 1928.
21. MUNIZ, G.C.B. & ALMEIDA, J.A.C. Contribuição ao reconhecimento da idade do calcário Ipojuca, Formação Estiva, Bacia do Cabo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, v. 6, p. 2371-2374.
22. OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. **Geologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 813 p., 1943.
23. ROCHA, D.E.G.A. **Carta geológica, carta metalogenética/previsional. Escala 1/100.000 (folha SC.25-V-A-II – Vitória). Estado de Pernambuco.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Programa Levantamento Geológico Básico do Brasil, 112 p., 1990.
24. SILVA SANTOS, P.R. & LIMA FILHO, M.F. **Zoneamento bioestratigráfico preliminar da Bacia de Pernambuco.** Aracaju, Petrobrás, Relatório Interno, 12 p., 1997.
25. SIMONE, L.R.L. & MEZZALIRA, S. **Fossil Molluscs of Brazil.** São Paulo: Instituto Geológico, 202 p., 1994.
26. TOMÉ, M.E.T.R. **Estudos dos carbonatos da Formação Estiva, Bacia Pernambuco.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Monografia, 59 p., 2005.

*Manuscrito Recebido em: 4 de março de 2006
Revisado e Aceito em: 4 de agosto de 2006*