

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS E GEOQUÍMICAS DAS FORMAÇÕES SILICICLÁSTICAS (APTIANO-ALBIANO) DA BACIA DE PERNAMBUCO, NE DO BRASIL

Maria Fernanda Barroso Maia¹,
José Antonio Barbosa¹,
Mário de Lima Filho¹,
Haydon Peter Mort¹,
Felipe Ribeiro Santana¹

¹LAGESE, DGEO-UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 50740-530 Recife-PE, Brasil,
fernandamaiageo@yahoo.com.br, barboant@hotmail.com

RESUMO

Os estudos pioneiros realizados na Bacia de Pernambuco relacionaram os depósitos siliciclásticos de sua coluna sedimentar de origem continental e idade Albo-Aptiana como pertencentes a uma única unidade estratigráfica denominada Formação Cabo. Contudo, estudos recentes têm demonstrado que essa sucessão siliciclástica guarda fases tectono-sedimentares distintas, sendo a porção aptiana e meso-albiana ligadas à fase de deformação mecânica da bacia, enquanto que o intervalo albiano superior foi depositado sob o domínio da fase de subsidência termal, pós-rifte, que apresenta influência marinha restrita. Com base nas novas evidências adquiridas foi sugerida uma revisão na estratigrafia da bacia, na qual a porção basal, aptiana, permaneceu como Formação Cabo (formada na primeira fase rifte da bacia); a sucessão meso-albiana foi separada e denominada de Formação Suape (segunda fase de rifteamento) e a sucessão eo-albiana (pós-rifte) foi denominada de Formação Paraíso. O presente trabalho apresenta uma investigação baseada em análises químicas (DR-X e ICP) e petrográficas realizadas em amostras do poço 2-CP-01-PE, único poço estratigráfico que atravessou toda a coluna sedimentar da bacia, que objetivaram caracterizar cada uma das unidades mencionadas acima. Os resultados revelaram características mais detalhadas sobre o ambiente deposicional de cada unidade. A Formação Cabo é dominada por sistemas de leques aluviais, com predomínio de fácies conglomeráticas. No topo desta formação ocorrem evidências que sugerem a formação de *sabkhas* continentais, possivelmente devido a condições climáticas mais severas no final do Aptiano. A análise apontou a presença de traços de depósitos evaporíticos, e arenitos conglomeráticos com cimentação carbonática. A Formação Suape é caracterizada por depósitos arenosos, arcoseanos que variam de conglomeráticos a finos, mostrando uma granodecrescência ascendente. Essa formação é contemporânea aos depósitos de rochas vulcanoclásticas relacionadas à Suíte Magmática Ipojuca, datada em ± 102 Ma (Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003). Esta relação é evidenciada pela ocorrência de depósitos de tufos, derrames vulcânicos e de pulsos de fluxo detríticos que formaram *lahars*. A análise dos valores de Elementos Terras Raras mostrou um enriquecimento de elementos terras raras pesados (Gd, Eu e Dy) na Formação Suape, quando comparados com os valores encontrados

na Formação Cabo e Paraíso. Esse enriquecimento sugere uma mudança na fonte dos sedimentos ou uma relação com os depósitos vulcanoclásticos. A Formação Paraíso por sua vez é formada por depósitos de arenitos quartzosos com baixo teor de feldspatos, com granulometria variando de grossa a fina e grãos subarredondados a arredondados. O arcabouço dos arenitos apresenta elevada porosidade com grãos apresentando fraturamento. Análises bioestratigráficas também indicam que essa formação recebeu influência marinha restrita. A Bacia de Pernambuco apresenta uma coluna estratigráfica marcada por uma maior diversidade litológica durante o Aptiano e o Albiano, caracterizado por três Formações distintas: Cabo, Suape e Paraíso. Essas formações possuem diferenças petrográficas e geoquímicas envolvendo mudanças na fonte e no ambiente de sedimentação.

Palavras chave: Bacia de Pernambuco, Formação Suape, Formação Cabo, Formação Paraíso.

ABSTRACT

The first researches in the Pernambuco Basin described the respective albian-aptian basal sedimentary deposits of the continental sources as one stratigraphic unit called Cabo Formation. New studies have established that the siliciclastic deposits register different tectonic-sedimentary episodes. The Albian and Mid-Aptian segment are connected to mechanical deformational phase; meanwhile the upper albian interval was deposited under subsidence thermal influence with quiescence tectonic and limited marine conditions. These evidences allow a revision in the stratigraphic sequence of the basin, which maintained the aptian basal segment as Cabo Formation (first rift phase); the mid-albian succession as redefined as Suape Formation (second rift phase basin), and the albian succession called Paraíso Formation. This work is based on geochemical (DR-X and ICP) and petrographic data obtained from well 2-CP-01-PE, the only stratigraphic record that crosses the entire sedimentary basin deposits. These results brought more detailed characteristics about the depositional environment related to each stratigraphic unit. The Suape Formation is enriched in heavy rare earth elements (La-Eu light and Gd-Lu heavy Gd, Eu and Dy) compared to Cabo Formation. This rare earth elements analyses suggest that the sedimentary source change or that occurred an association with vulcanoclastics deposits origin. The Cabo Formation was dominated by alluvial fans system with predominant conglomeratic facies. The distal region of alluvial plains was marked by continental sabkhas, probably under heavy weather conditions. On the top of this sedimentary succession was identified limited records of evaporates deposits and conglomerates with carbonate cementation. The Suape Formation is characterized by conglomerate to fine grained sandy and arcosean fining upward deposits with range of packaging framework, sometimes most closed on finer sandstones. This formation is contemporaneous to vulcanoclastics deposits of magmatic Ipojuca Suite (102 Ma.) (Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003). The Paraíso Formation comprises deposits with 300 meters thickness on the well 2-CP-01-PE characterized by fine-grained to coarse sandstones with low content of feldspar and rounded to subrounded grains. The framework present high porosity and some grains are fractured. Biostratigraphic

analysis suggests that this interval developed under limited marine influence, explaining the lack of carbonate sedimentation. The Pernambuco Basin has a stratigraphic record characterized by lithologic diversity during the Aptian and Albian times with three specific units, called Cabo, Suape and Paraíso Formations. The rocks of the each formation have petrographic and geochemistry differences related to changes on sedimentary source or environment

Keywords: Pernambuco Basin, Cabo Formation, Suape Formation, Paraíso Formation.

INTRODUÇÃO

A Bacia de Pernambuco representa uma região da margem continental brasileira, cujos aspectos geológicos indicam um bom potencial exploratório para hidrocarbonetos (Barbosa & Lima Filho, 2006; Barbosa et al., 2008). Apesar dos esforços realizados por diversas instâncias, incluindo a academia e o setor privado, a carência de informações e de estudos de maior vulto ainda persiste.

O presente trabalho objetivou a caracterização das unidades siliciclásticas, de idades Aptiano-Albiano, da Bacia de Pernambuco. A principal motivação do trabalho foi o recente desmembramento da Formação Cabo, unidade que englobava todos os depósitos siliciclásticos basais da coluna sedimentar da bacia em três unidades estratigráficas distintas (Barbosa et al., 2009; Maia et al., 2011; Maia, 2012). Esse desmembramento levou em consideração aspectos sedimentológicos, estratigráficos e geoquímicos relacionados às diferentes fases evolutivas da bacia.

Neste contexto, o principal objetivo do presente estudo foi encontrar informações necessárias para embasar a diferenciação entre as unidades Cabo, Suape e Paraíso, caracterizados anteriormente como uma única unidade litoestratigráfica da Bacia de Pernambuco (Alheiros, 1987; Nóbrega, 1995; Lima Filho, 1998, Córdoba et al., 2007). A caracterização foi realizada com base em

dados de petrografia, incluindo luz transmitida e catodoluminescência, e de geoquímica, difratometria de Raios-X e Análise de composição elementar através da técnica de ICP-MS.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A faixa costeira da Bacia de Pernambuco compreende uma estreita área entre o Alto de Maragogi e a Zona de Cisalhamento de Pernambuco (Lima Filho, 1998; Barbosa & Lima Filho, 2006). A região da litosfera continental estirada que representa a porção *offshore* da bacia é denominada de Platô de Pernambuco (Fig. 1) (Alves & Costa, 1986; Lima Filho, 1998; Gomes, 2005; Barbosa e Lima Filho, 2006). A bacia está instalada no extremo sudeste da província da Borborema sobre o Domínio do maciço Pernambuco-Alagoas, que é composto por granitoides Ediacaranos e rochas migmatíticas (Almeida et al., 1977).

A região litorânea da bacia de Pernambuco está posicionada sobre um rifte estreito que forma uma bacia interna separada da região *offshore*, por um alto estrutural externo, denominado de Alto do Maracatu (Figs. 1 e 2) (Alves e Costa, 1986; Lima Filho, 1998; Almeida et al., 2005; Barbosa & Lima Filho, 2006). Esta bacia interna apresenta forma alongada, paralela ao eixo de abertura da bacia e está

dividida em duas sub-bacias, uma a norte (Gráben de Piedade), e outra a sul (Gráben do Cupe) (Lima Filho, 1998) (Figs. 1 e 2).

A evolução dessa bacia interna ocorreu sobre condições de restrição em relação ao que se passava na bacia do Platô de Pernambuco (*offshore*), devido à barreira estrutural formada pelo Alto do Maracatu (Barbosa et al., 2008, 2009; Maia et al., 2011; Maia, 2012). Deve ser

ressaltada a importância do efeito de propagação do rifte do Atlântico Sul, de sul para norte, que permitiu que a região marginal formada pela Bacia de Pernambuco e pela Bacia da Paraíba formasse, possivelmente, o último estágio de abertura (Rand & Mabesoone, 1982; Mabesoone & Alheiros, 1988; Lima Filho, 1988) durante o Meso-Albiano (Maia, 2012).

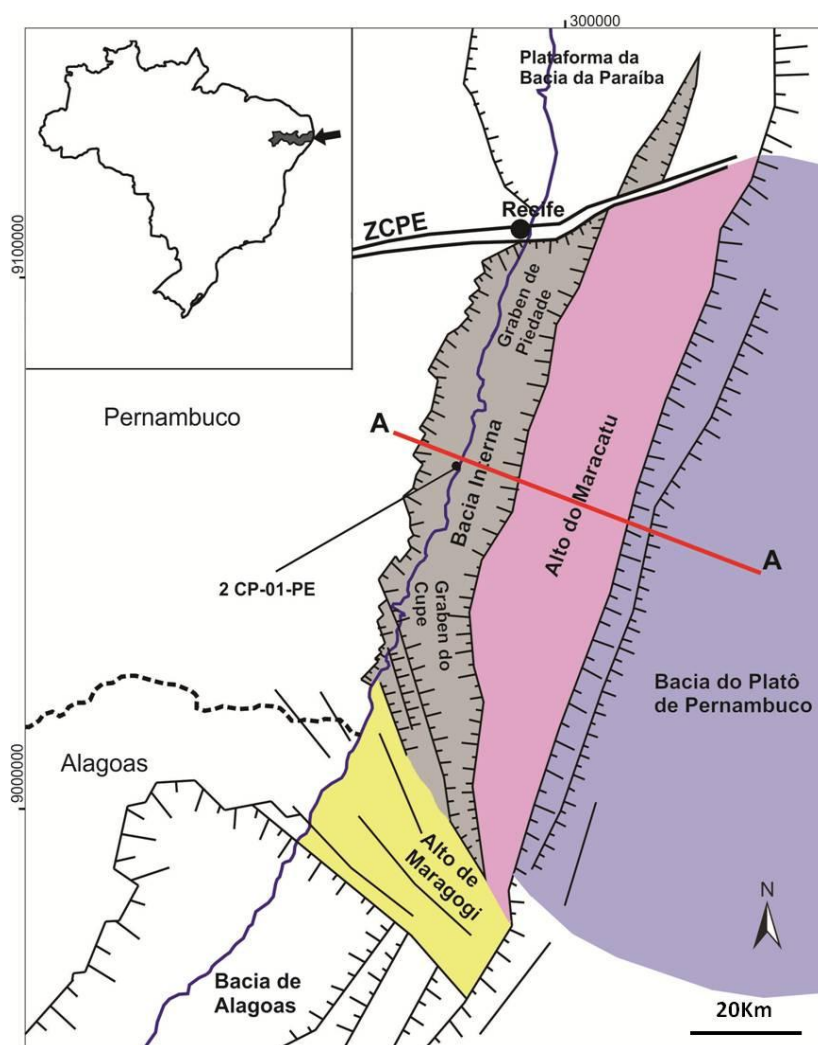


Figura 1 – Mapa esquemático mostrando os domínios da Bacia de Pernambuco: Bacia Interna, alto do Maracatu e Bacia do Platô. A faixa costeira da bacia é limitada a norte pela ZCPE, e a sul pelo Alto de Maragogi. A linha azul indica a linha de costa. (A linha vermelha indica a posição do perfil esquemático mostrado na Figura 2). A figura 2 mostra uma seção *dip* esquemática da faixa costeira da bacia, com base na interpretação de dados sísmicos onshore e offshore (Maia, 2012). A sucessão estratigráfica foi interpretada tendo por base os aspectos litológicos e dados bioestratigráficos do poço 2-CP-01-PE (Maia, 2012).

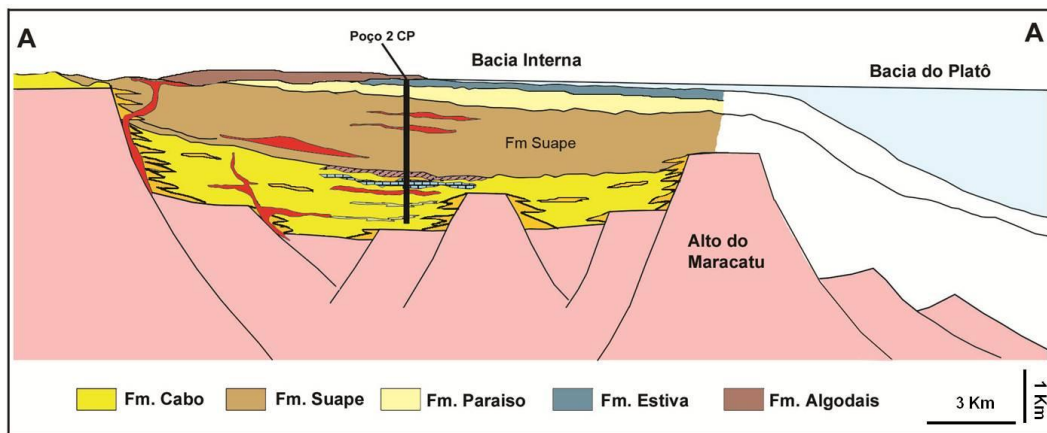


Figura 2 – Perfil esquemático da Bacia de Pernambuco, mostrando o rifte estreito que formou a bacia interna, como um depocentro restrito durante a fase rifte, separado da bacia do platô por um alto estrutural externo. A figura mostra uma distribuição das unidades com base na interpretação de dados sísmicos e no estudo de afloramentos (Maia, 2012).

A coluna sedimentar da bacia abrange rochas do Aptiano ao Santoniano (?) além de coberturas Neogênicas, como os depósitos da Formação Barreiras, e coberturas litorâneas de origem holocênica.

As principais formações estratigráficas da bacia são: Formação Cabo (Aptiano), Formação Suape (Eo a Meso-Albiano), Formação Paraíso (Neo-Albiano), Formação Estiva (Cenomaniano-Turoniano) e Formação Algodais (Santoniano?) (Cobra, 1960; Mabesoone e Alheiros, 1988; Lima Filho, 1998; Barbosa et al., 2009; Maia, 2012).

Rochas vulcânicas ocorrem na forma de intrusões e derrames. Essas rochas compõem a Suíte Magmática Ipojuca, cuja interpretação geocronológica sugere que o principal pulso magmático possui idade neo-Albiana (Long et al. 1986; Lima Filho, 1998; Nascimento, 2003).

Revisão Estratigráfica

O primeiro trabalho a estudar e descrever os depósitos conglomeráticos encontrados no litoral sul do estado de

Pernambuco foi realizado por Oliveira & Leonardos (1943). Os autores propuseram que estes depósitos fossem chamados de Formação Cabo. Após esta definição, mesmo os estudos mais detalhados realizados posteriormente continuaram incluindo os depósitos de origem continental que abrangem o Aptiano e o Albiano em uma única unidade estratigráfica denominada Formação Cabo (Beurlen & Cobra, 1960; Cobra, 1960; Alheiros 1987; Mabesoone, 1988; Nóbrega, 1995; Lima Filho, 1998). E esta interpretação perdurou até a primeira década do século XXI (Campelo, 2003; Nascimento, 2003; Almeida et al, 2005; Córdoba et al., 2007).

Desde os estudos iniciados na década de 1940 até a década de 1980, a idade e o posicionamento estratigráfico dos diferentes litotipos que estariam associados à Formação Cabo sempre permaneceram como questões problemáticas (Nóbrega, 1995; Lima Filho, 1998). Alguns fatores principais podem ser apontados como causa para a dificuldade no entendimento sobre a estratigrafia da bacia: a estreita faixa costeira com a falta de afloramentos expressivos (Lima Filho, 1998; Barbosa et

al., 2009), e a evolução tardia do processo de rifteamento que afetou a região (Bueno, 2004). Devido ao fato de ter sido o último elo entre Brasil e África, a região marginal entre Recife e João Pessoa apresenta características um pouco diferenciadas do modelo apresentado para as demais bacias da margem continental brasileira (Rand & Mabesoone, 1978; Lima Filho et al., 2005; Barbosa et al., 2009; Barbosa e Lima Filho, 2006; Lima Filho e Barbosa, 2010). Além disso, o evento magmático de idade albiana que afetou a região da atual faixa costeira produziu uma complexidade adicional na interpretação da sucessão aptiana-albiana da bacia (Lima Filho, 1998).

Barbosa et al. (2009), sugeriram a divisão da sucessão aptiana-albiana da bacia em pelo menos duas unidades estratigráficas. Esses autores mostraram que um dos fatores críticos na interpretação correta da estratigrafia da bacia foi o fato de que nas bacias marginais vizinhas, os depósitos albianos em geral exibem influência marinha que resultou na deposição de carbonatos já no início do Albiano. No caso da Bacia de Pernambuco, em sua faixa costeira, o Albiano é dominado por depósitos continentais. Ainda segundo Barbosa et al. (2009), este fato teria influenciado os estudos pioneiros a não fazer distinção entre os depósitos albianos e aptianos. No entanto, a diferença entre os depósitos que compõem a sucessão aptiana-albiana da bacia já havia sido descrita por Lima Filho (1998), que sugeriu dividir a unidade Cabo em duas partes, Formação Cabo superior e inferior. Barbosa et al. (2009) apontaram o fato de que a evolução tardia do rifte nessa região e a existência de um alto estrutural importante, que separou a faixa costeira da bacia, da bacia do platô, resultaram na formação de uma bacia interna restrita (Figs. 1 e 2). Esta bacia não recebeu sedimentação marinha no início do albiano, como ocorreu com bacias vizinhas, como Sergipe e Alagoas. A ausência de sedimentação carbonática

na faixa costeira levou a inclusão de todos os depósitos continentais em uma única unidade. Barbosa et al. (2009) foram os primeiros a sugerir a divisão da Formação Cabo em pelo menos duas sequências tectono-sedimentares diferentes, mantendo o nome de Formação Cabo para os estratos aptianos e sugerindo chamar o pacote de depósitos albianos de Formação Suape. Os autores basearam essa proposição na reanálise de dados do único poço profundo perfurado na região da bacia (2-CP-01-PE), e em informações de campo. Barbosa et al. (2009) sugeriram que haveria uma discordância na passagem Aptiano-Albiano, relacionada a uma mudança de fase na evolução da bacia. Os autores interpretaram que o pacote de estratos Aptiano, formado por conglomerados e arenitos grossos, estaria ligado à fase rifte final da bacia, e que os depósitos albianos, formado por arenitos médios a finos e folhelhos, estariam ligados à fase pós-rifte. Maia et al. (2011) apresentaram evidências químicas sobre a diferenciação entre os depósitos Aptianos (Formação Cabo) e Albianos (Formação Suape), sugerindo também que as duas fases apresentariam influências deposicionais diferentes. Estes últimos autores interpretaram que a Formação Cabo representaria a fase rifte, ao passo que a Formação Suape, sucessão albiana, representaria o início da fase pós-rifte.

Maia (2012) realizou um estudo detalhado da faixa costeira da bacia, com base no estudo de afloramentos, análise petrográfica e geoquímica de amostras do poço 2-CP-01-PE, além de dados de sísmica de reflexão 2D da região *onshore* da bacia. Segundo a autora, a sucessão sedimentar aptiana-albiana da Bacia de Pernambuco pode ser dividida em pelo menos duas unidades, Cabo e Suape, separadas por discordância, além da possibilidade de esta conter outra unidade, também separada por discordância, que englobaria os depósitos do Albiano Superior. Maia (2012) verificou que existe uma clara discordância que separa a

porção basal da sucessão (Formação Cabo), dominada por conglomerados e arenitos grossos, da porção intermediária da sucessão siliciclástica composta por arenitos arcoseanos médios e finos, intercalados com folhelhos (Formação Suape). Esta discordância foi reconhecida no campo, no perfil do poço 2-CP-01-PE, e na linha sísmica que corta a faixa costeira (Maia, 2012). Essa autora verificou que ocorre outra discordância, que data do Meso-Albiano, e que limita a Formação Suape, e que é à base de outra unidade estratigráfica, englobando cerca de 300 metros de espessura no poço 2-CP-01-PE. Este intervalo é composto por arenitos e folhelhos que apresentam influência marinha. Maia (2012) propôs que este intervalo Neo-Albiano representaria outra unidade estratigráfica, sendo denominada de Formação Paraíso. Dessa forma, essa autora verificou que as unidades Cabo (Aptiana – Sin-rifte I) e Suape (eo- a meso-Albiana – Sin-rifte II) correspondem a duas fases rifte distintas da bacia, e que estão separadas por uma discordância intra-rifte, revisando a proposição inicial de Barbosa et al. (2009).

A discordância que separa a Formação Suape (eo- a meso-Albiano) da Formação Paraíso (neo-Albiano) representaria a discordância que marca o fim da fase rifte e o início da fase pós rifte da bacia. Essa descoberta corrobora o que tem se proposto para a evolução de bacias africanas que representam a contraparte da Bacia de Pernambuco, em especial a Bacia de Douala (Guiné Equatorial), a norte de Camarões. Nesta bacia ocorrem evaporitos cuja idade é interpretada como neo-Aptiana. Também em Douala a idade verificada para o final da fase de rifteamento é meso-neo-Albiano (Wornardt et al., 1999; Louzzi-Arbouille et al., 2009).

No topo da Formação Paraíso, ocorre uma nova discordância que separa esta última dos depósitos carbonáticos da Formação Estiva, de idade cenomaniense-turoniana.

Esta discordância possivelmente, associada ao *break-up*, parece não ser evidente em superfície, como é o caso da discordância entre as unidades Cabo e Suape (Maia, 2012). A dificuldade na interpretação da estratigrafia desta bacia talvez se deva a representatividade deficiente de algumas formações em superfície. Possivelmente, algumas unidades observadas nas linhas sísmicas e nos poços sejam subaflorante, ou tenham sido confundidas com outras unidades (Maia, 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo petrográfico foi realizado em lâminas delgadas preparadas a partir das amostras dos testemunhos do poço 2-CP-01-PE. A amostragem envolveu as Formações Cabo, Suape e Paraíso. Apesar dos calcários da Formação Estiva não estarem incluídos no escopo desta pesquisa algumas amostras dessa formação foram incluídas para uma comparação do possível teor de siliciclastos com as demais unidades estudadas. As lâminas foram analisadas tanto em microscópio petrográfico polarizante (PL), como em equipamento de catodoluminescência (LT). Ao todo foram confeccionadas 63 lâminas delgadas, abrangendo todos os intervalos que foram testemunhados durante a execução do poço. Algumas lâminas foram impregnadas com resina epoxy azul, para uma melhor caracterização da porosidade. Para facilitar a descrição das fotomicrografias foi utilizada uma codificação para a descrição das mesmas: LT – luz transmitida, CL – catodoluminescência, NX – nicóis cruzados, N// – nicóis paralelos, 4X, 10X – aumento. O equipamento de catodoluminescência que foi utilizado é composto de um microscópio petrográfico modelo NIKON

ECLIPSE E600 W POL e módulo de catodoluminescência para microscópio ótico modelo Lmk4 8200 da Cambridge Technology LTD.

Foram realizadas 36 análises químicas em amostras de testemunho do poço 2-CP-01-PE, através dos métodos de Difractometria de Raios-X, para a identificação dos principais componentes mineralógicos, e de espectrometria de Massa ICP-MS, para a quantificação dos elementos maiores, menores e terras raras (ETR).

Para a análise de DRX foram realizadas as seguintes etapas: separação de 32 amostras, que foram posteriormente secas e moídas, e em seguida divididas para a análise de várias fases sólidas (ICP e DRX). As análises de DRX foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O equipamento utilizado para análise de DRX é da marca SHIMADZU, modelo XRD-6000, com tubo de Cu, e sistema operando com monocromador de cristal de grafite

acoplado, voltagem de 40 KV e intensidade de corrente de 2 mA. Os dados gerados foram analisados usando o *software Match!*, da empresa Crystal Impact.

Apesar dos importantes resultados obtidos, uma dificuldade na interpretação dos resultados se fez sentir por causa do grande espaçamento da amostragem. Esta ocorrência possivelmente impediu uma observação mais detalhada de outros possíveis eventos na estratigrafia da bacia.

PETROGRAFIA

Formação Cabo

No poço 2-CP-01-PE a Formação Cabo ocorre desde a base da sondagem, na profundidade de 2953m até 2000m. Em geral este intervalo é composto por conglomerados suportados pela matriz, e arenitos arcoseanos grossos intercalados com arenitos finos (Fig. 3a e 3b).

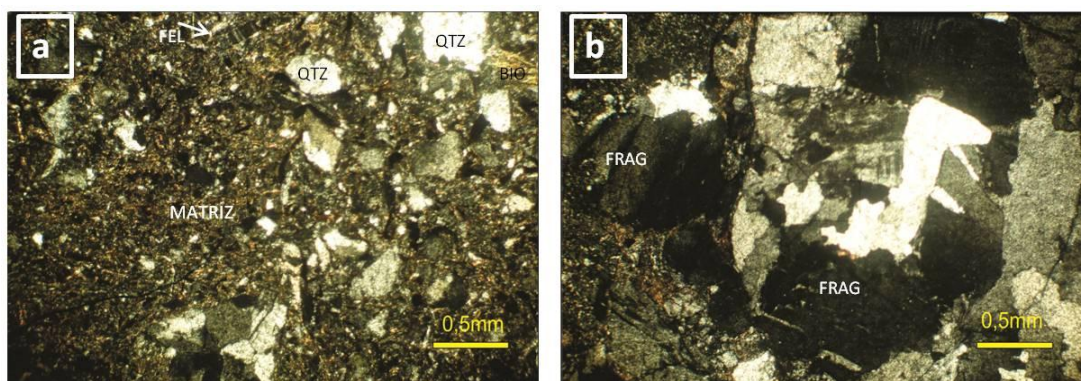


Figura 3- Fotomicrografias da Formação Cabo - a) Arenito suportado pela matriz, de granulometria muito fina a média, com grãos angulosos, baixa esfericidade e mal selecionamento. O arcabouço é formado por quartzo, feldspato, e cristais isolados de biotita em uma matriz argilosa (Prof. 2699m, LT, NX, 4X); b) Conglomerado com matriz suportada pelos grãos, apresentando granulometria muito grossa. Ocorrem abundantes fragmentos de rocha subarredondados e de esfericidade alta (Prof. 2701,95m LT, NX, 4X). – QTZ (quartzo), FEL (feldspato), FRAG (fragmento), BIO (biotita).

A partir da porção mediana (2493m) em direção ao topo da Formação Cabo são identificados níveis de sedimentos carbonáticos intercalados com os depósitos conglomeráticos. Nessa profundidade os arenitos grossos apresentam grãos e matriz parcial ou totalmente substituídos por cimento de calcita ferrosa (Fig. 4a). Na profundidade de 2492,6m foi observado um arenito médio quartzoso e com menor quantidade de feldspatos.

A matriz formada por argilominerais foi parcialmente substituída por cimento de calcita ferrosa e dolomita (Fig. 4b). A ocorrência de calcita no cimento dos arenitos que constituem o intervalo mediano do poço é indicativa de uma mudança parcial no ambiente de sedimentação. Essa mudança é corroborada pela identificação de um carbonato com matriz micrítica, recristalizada, rico em siliciclastos na profundidade de 2488,5m. A contribuição dos siliciclastos é caracterizada por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio (Fig. 4c). A matriz micrítica é composta de calcita pouco ferrosa, com áreas marcadas pela substituição por cimento de dolomita (regiões com coloração vermelho escuro na figura 4c), possivelmente devido à dissolução de grãos haloquímicos ou clastos. Na CL os grãos de coloração marrom representam cristais de quartzo dispersos na matriz, confirmando a contribuição siliciclástica.

Do mesmo modo, foi verificada a presença de outra rocha calcária, de matriz micrítica, no topo da Formação Cabo (2082m). A coloração escura observada na CL indica a contribuição de argila na matriz, juntamente com óxidos (Fig. 4d). Neste último exemplo ocorrem áreas onde a calcita original foi substituída por outra, mais ferrosa e microespática (zonas de coloração vermelha escuro na foto de CL/Fig. 4d). Toda a matriz apresenta zonas com substituição pontual, caracterizada pela presença de cimento calcítico rico em Mn e pobre em Fe, representada por pontos amarelos de brilho intenso. A matriz original da rocha é marcada por intensa substituição, o que possivelmente obliterou estruturas sedimentares e biogênicas. Em diversos pontos cristais finos de dolomita podem ser observados dispersos na matriz (Fig. 4d).

De acordo com as evidências petrográficas descritas neste trabalho, o topo da Formação Cabo, de idade Neoalagoas, é capeado por uma sedimentação de afinidade evaporítica composta por siltitos, contendo cristais de gipsita (Fig. 4e) e de anidrita em uma matriz levemente carbonática (Fig. 4f). Os grãos de gipsita e anidrita ocorrem dispersos na matriz e podem ter se formado dentro do substrato, ou sido produzidos durante a diagênese, representando evaporitos secundários (Warren, 2006).

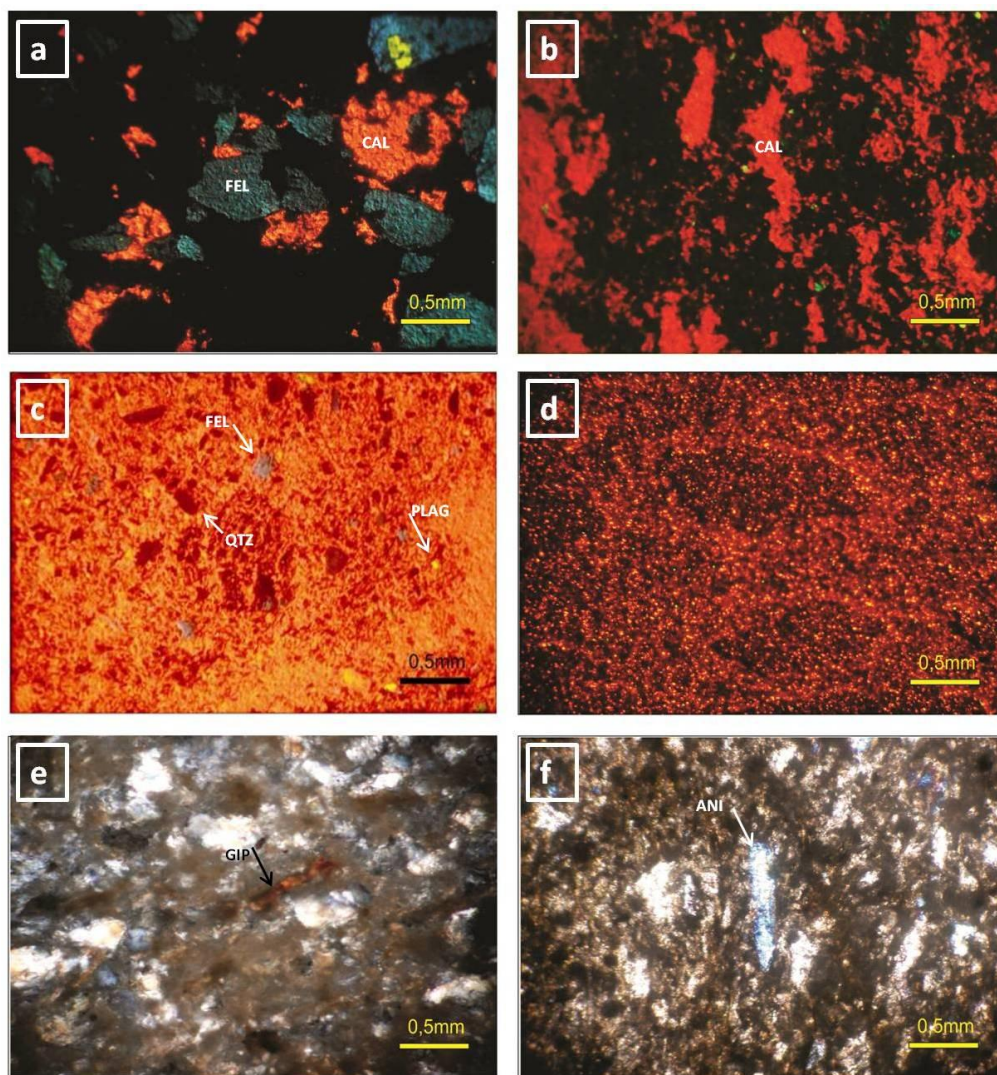


Figura 4 - Fotomicrografias da Formação Cabo com catodo luminescência - a) Ocorrência de calcita substituindo grãos e partes de grãos em arenitos grossos da Formação Cabo (Prof. 2489,5 m CL 4X); b) arenito médio, mal selecionado, com matriz argilosa contendo substituição local de óxidos de ferro. Sob a CL observa-se que boa parte da matriz original foi substituída por cimento de calcita ferrosa e dolomita (Prof.. 2492,6m CL 4X); c) calcário no topo da Formação Cabo. Rocha composta por matriz microespática, com expressivo conteúdo de siliciclastos. Grãos de coloração – feldspatos potássicos, grãos amarelos – plagioclásios, grãos de coloração marrom escuro - quartzo. A matriz apresenta coloração laranja-amarelada sob a CL, indicando calcita rica em Mn e pobre em Fe. Várias regiões mostram a presença de finos cristais de dolomita, com coloração vermelha escura (Prof. 2488,4m CL, 4X,); d) rocha carbonática no topo da Formação Cabo com matriz micrítica, possivelmente recristalizada, de coloração mais escura, ferrosa, enquanto que os pontos e áreas com coloração amarelo claro, indicam um cimento diagenético tardio, menos ferroso. Observam-se duas áreas, que podem representar grãos que foram completamente substituídos por cimento calcítico (?) (Prof. 2082m CL, 4X,). e) Siltito argiloso, contendo cristais de gipsita (prof. 2088,88m, LT, 4X, NX); f) cristal de anidrita isolado, no centro da foto (Prof. 2088,88m, LT, 4X, NX). - QTZ (quartzo), FEL (feldspato), PLAG (plagioclásio), CAL (calcita), GIP (gipsita), ANI (anidrita).

Formação Suape

Conforme a interpretação sismoestratigráfica proposta por Maia (2012), a Formação Suape, compreende o intervalo entre 2000m e 450m, do perfil do poço 2-CP-01-PE. De forma geral, os arenitos da Formação Suape variam de conglomeráticos a finos, na base da seção, passando a camadas de arenitos finos na porção superior, exibindo uma granodecrescência ascendente, e uma variação no grau de empacotamento do arca-bouço, ocasionalmente mais fechado nos arenitos mais finos (Fig. 5a e 5b). Os arenitos estudados apresentam uma relativa similaridade composicional ao longo de todo o intervalo da formação. O componente mineralógico predominante nos arenitos é o quartzo, em torno de 50%, e este ocorre tanto na forma monocristalina como policristalina. Os grãos de quartzo em geral são subarredondados até angulosos, com extinção variando de reta a fortemente ondulante em ambos os casos. Os grãos apresentam fraturamento, devido à compactação, e em geral as fraturas foram preenchidas por cimento silicoso. Em alguns casos foi observada a ocorrência de filme de clorita revestindo alguns grãos siliciclásticos. A porosidade secundária é identificada em algumas seções estudadas, devido à dissolução da matriz e dos grãos. O segundo componente detrítico mais abundante nos arenitos da Formação Suape é o feldspato, chegando a alcançar cerca de 35% (Fig. 5c e 5d). Os feldspatos potássicos predominam sobre os plagioclásios, sendo que os feldspatos potássicos, em geral, mostram-se afetados por dissolução e exibem algum grau de

substituição por cimento carbonático. Os plagioclásios apresentam-se sob diversas condições de preservação, desde grãos bem preservados a grãos muito degradados, quase totalmente dissolvidos.

Um fator importante em relação à natureza deposicional da Formação Suape é a sua contemporaneidade com rochas vulcânicas da Suíte Magmática Ipojuca (SMI), datada em 102 Ma. Alguns corpos de arenito exibem laminações e estruturas de fluxo, e contém grãos pouco arredondados, indicando pouco transporte. Em algumas amostras as laminações são evidenciadas pela orientação de lamelas de biotita e muscovita e de minerais alterados com forma alongada. Dado a contemporaneidade entre a deposição da Formação Suape e a formação de rochas vulcânicas, são possíveis que alguns desses arenitos apresentem influência vulcanogênica, vindo a fazer parte dos depósitos através de queda, ou de fluxo de detritos, com pouco transporte.

O perfil do poço mostrou que ocorrem intercalações entre arenitos e rochas vulcanoclásticas (Fig. 5e) e piroclásticas associadas à SMI (Lima Filho, 1998), assim como se conhece em superfície (Maia, 2012). Pelo menos um exemplo de rocha amostrada no perfil do poço, e analisado por esta investigação, exhibe características de rocha vulcanoclástica, composto por grãos de quartzo, plagioclásio, microclina e fragmentos de rochas retrabalhados, inseridos em uma matriz fina, sendo possivelmente um arenito tufáceo (Fig. 5f). No entanto, o grau de alteração impede uma interpretação mais segura.

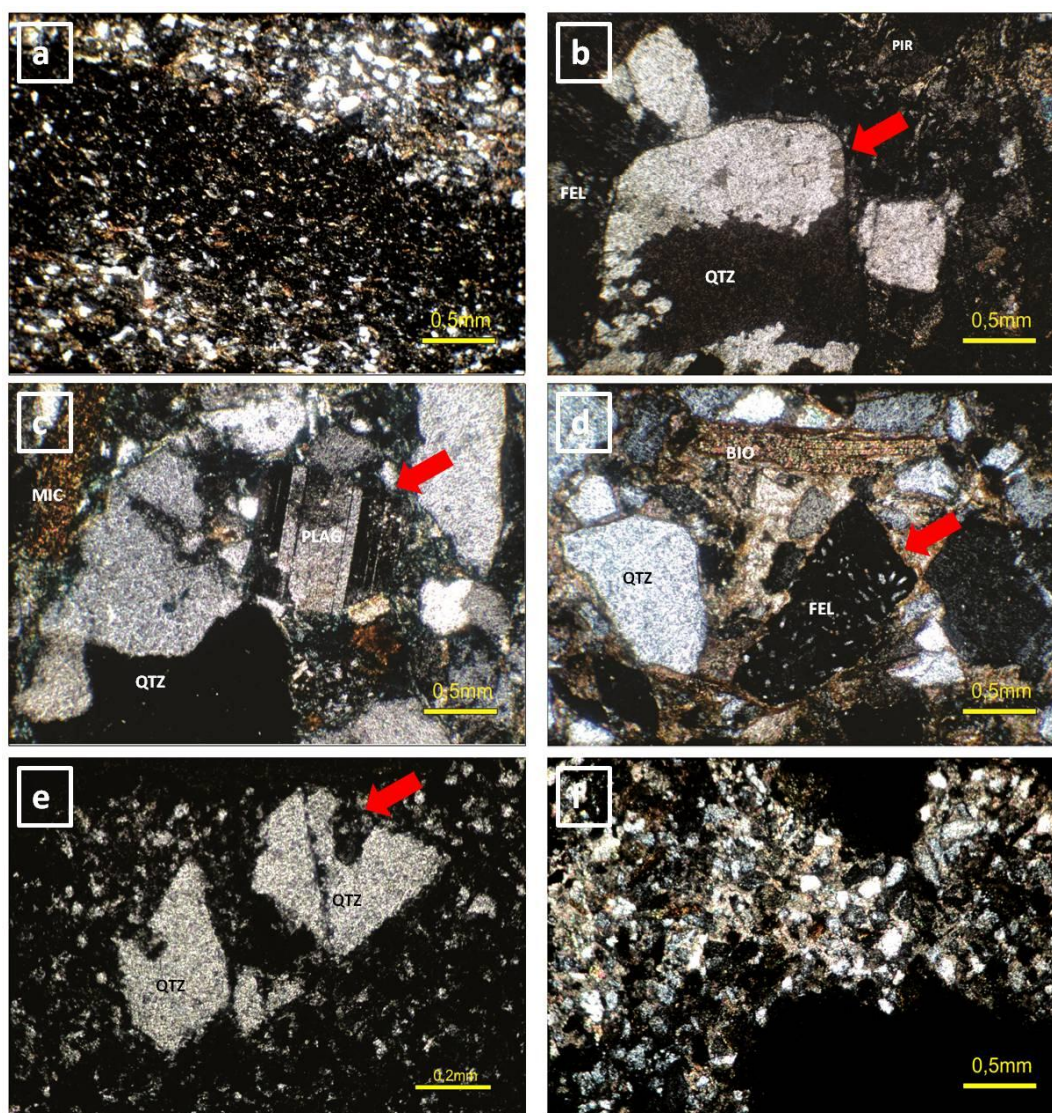


Figura 5 - Fotomicrografias da Formação Suape - a) Arenito com granulometria muito fina, exibindo grãos subangulosos a subarredondados e média esfericidade. A rocha apresenta uma matriz argilosa com laminações contendo minerais alongados alterados e oxidação (Prof. 1090,7 m LT, NX, 4X); b) Arenito grosso, com grãos arredondados a subarredondados, matriz argilosa, contendo quartzo, feldspatos e pirita. A seta vermelha indica um grão policristalino recoberto por uma película, possivelmente formada por clorita. É possível observar contato do tipo côncavo-convexo entres os grãos (Prof. 1976 m LT, NX, 4X); c) Arenito médio, com grãos de quartzo e ortoclásio. Na parte superior central da foto vê-se uma lamela de biotita, e na parte inferior um grão escuro (seta vermelha), de mirmequita (feldspato sódico com intercrescimento de quartzo) com textura característica (simplectítica) (Prof. 455 m, LT, NX, 10 X); d) Cristal de feldspato potássico com textura simplectítica (seta vermelha), (Prof. 455m, 4X); e) Basalto com textura afanítica. No detalhe observam-se dois grãos de quartzo vulcânico com forma característica e feições de embaixamento indicado pela seta vermelha (Prof. 1032m TL, 10X, NX) f) Rocha vulcanoclástica de aspecto tufáceo constituída por grãos de quartzo, plagioclásio, microclina e fragmentos retrabalhados de rochas, inseridos em uma matriz fina (Prof. 906 m LT, 4X, NX). - QTZ (quartzo), FEL (feldspato), BIO (biotita), MIC (mica), PIR (pirita).

Outro componente importante, observado nas lâminas é representado pelos fragmentos de rochas de composição predominantemente quartzo-feldspática (granito/gnaiss) (Fig. 6a). A biotita é o filossilicato mais abundante nos arenitos, mas a muscovita também é encontrada com relativa frequência. Os minerais acessórios são representados por clorita, apatita, zircão, granada e minerais opacos (Fig. 6b).

Localmente é possível observar lamelas de biotita sofrendo alteração e formando clorita (Fig. 6c). Este é um fenômeno dependente da temperatura de soterramento, o que pode fornecer informações importantes sobre processos diagenéticos dessa unidade. Também são comuns fragmentos de matéria orgânica, possivelmente lenhosa geralmente oxidada (Fig. 6d).

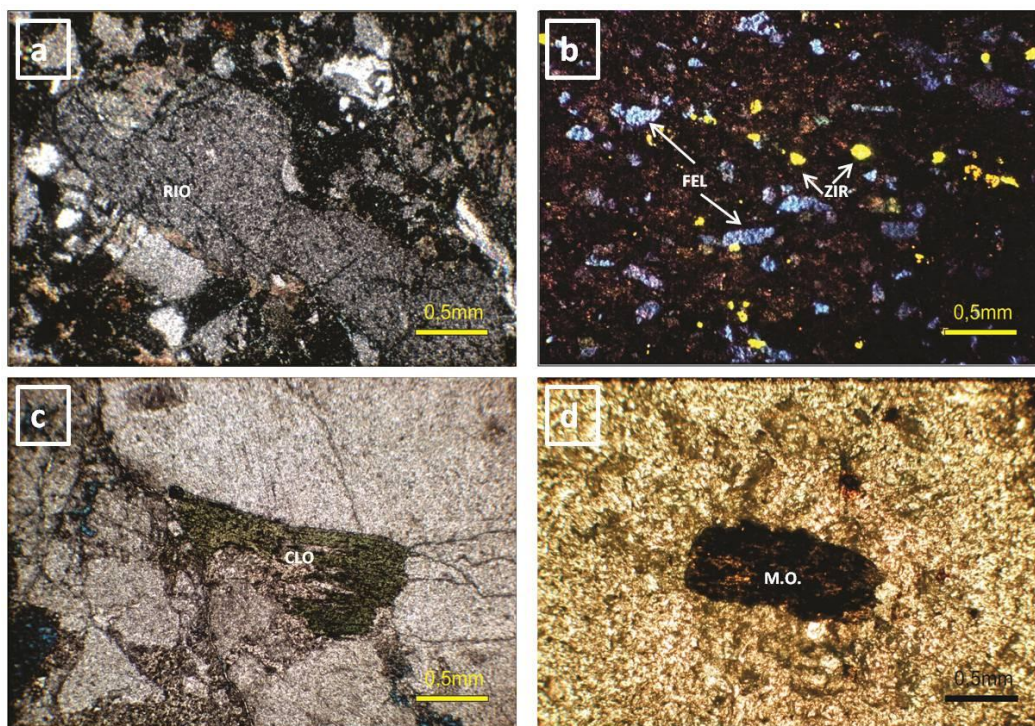


Figura 6 - Fotomicrografias da Formação Suape: a) Fragmento de riolito (RIO) contendo porções de matriz vítrea (LT, 4X, NX, prof. 1462,3m); b) Arenito fino com grãos de zircão, apresentando cor amarela brilhante sob a CL. O alinhamento sugere algum tipo de laminação entre as camadas. Os cristais de cor azul claro são feldspatos (CL, 4X, prof. 1087,7m); c) Arenito grosso com clorita alterada (NX / 4x, Prof. 1973m); d) Siltito com fragmento de matéria orgânica, possivelmente lenhosa, oxidada (TL, 4X, N//, prof. 1088m). - FEL (feldspato), RIO (riolito), ZIR (zircão), CLO (clorita), M.O. (matéria orgânica).

Formação Paraíso

Conforme proposto por Maia (2012) os depósitos da Formação Paraíso compreendem o intervalo entre 450m e 60m de profundidade no perfil do poço 2-CP-01-PE. A amostragem referente a essa

formação é pequena e isso prejudicou um maior detalhamento da mesma. Essa unidade é composta por arenitos quartzosos com baixo teor de feldspatos, com granulometria variando de grossa a fina e em geral a morfologia dos grãos varia de subarredondados a arredondados.

O arcabouço das rochas arenosas estudadas apresenta elevada porosidade. Os grãos, de forma geral, apresentam variado grau de fraturamento devido à compactação. O estudo identificou a

presença de arenito com matriz argilosa nas amostras referentes à profundidade de 449,80 metros, o que corresponderia à base dessa formação, conforme a amostragem disponível (Figs. 7a e 7b).

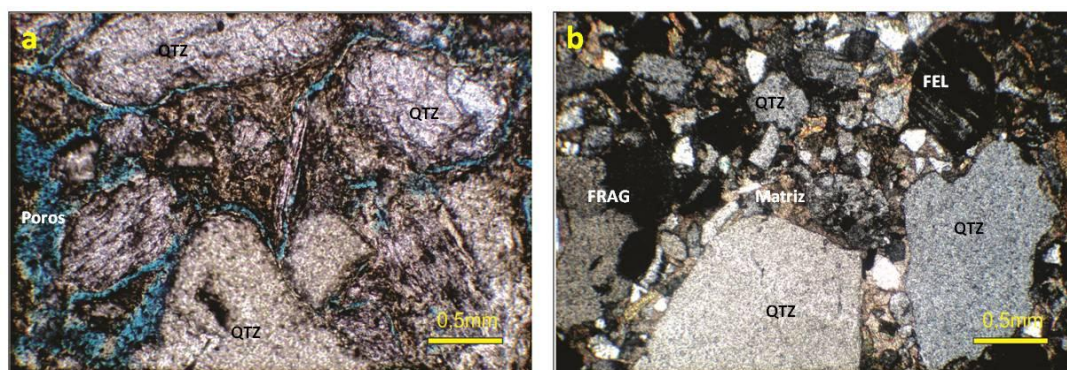


Figura 7 - Fotomicrografias da Formação Paraíso - a) Arenito quartzoso médio a grosso, com grãos subarredondados a subangulosos e media esfericidade, apresentando elevada porosidade (Prof. 98 m, LT, NX, 4X). b) Arenito quartzoso médio a grosso, com grãos subarredondados a subangulosos e matriz argilosa, representando a base da Formação Paraíso (Prof. 449,80 m, LT, NX, 4X). - QTZ (quartzo), FEL (feldspato), FRAG (fragmento de rocha).

ANÁLISES QUÍMICAS E MINERALÓGICAS

De forma geral, o conteúdo de minerais silicáticos encontrados nas amostras da Formação Suape possui uma distribuição mais irregular do que aquela observada para a Formação Cabo (Tabela 1). Possivelmente, a causa disso seja a mudança tanto de condições de deposição, quanto da fonte de sedimentos (Maia et al., 2011; Maia, 2012). Essas características são identificadas quando observamos a média geral e o desvio padrão do conteúdo de terrígenos observado nas amostras de ambas as unidades (Tabela 1).

O conteúdo médio de quartzo na Formação Cabo (77,9 %) é ligeiramente maior que na Formação Suape (64 %), no entanto a variação no aporte de quartzo no sistema é muito maior neste último, como caracterizado pelo elevado desvio padrão (21). Da mesma forma, o desvio padrão

observado para o conteúdo de K-feldspato potássico é muito maior na Formação Suape (Tabela 1). Porém, essa interpretação dos dados de desvio padrão deve ser realizada com cautela, uma vez que a quantidade de amostras referentes à Formação Suape que foram analisadas é superior àquelas pertencentes à Formação Cabo.

Observou-se que para a Formação Paraíso, que abrange o intervalo entre 450 metros e a base dos depósitos carbonáticos da Formação Estiva, apresenta uma redução na abundância de feldspatos, cuja distribuição é evidenciada nos difratogramas (Fig.8). Dentre outras possibilidades isso pode ocorrer devido à relativa facilidade com que feldspatos se alteram e desgastam em ambiente marinho (Dias, 2004). Isso indicaria influência marinha para estes depósitos terrígenos depositados no final do Albiano. Além disso, dados bioestratigráficos disponíveis sugerem que este intervalo realmente

sofreu influência marinha restrita, comprovada pela presença de microfósseis de afinidade marinha (Maia, 2012). A amostragem referente à Formação Paraíso,

como mencionado antes, foi menos expressiva do que a amostragem disponível para as outras formações, o que dificulta interpretações mais precisas.

Tabela 1 – Análise estatística dos valores totais de minerais, quartzo e feldspato, estimados a partir dos dados de difratometria de Raios-X.

Formação	Quartzo		K-Feldspato	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Suape	64.9	21.0	12.2	10.4
Cabo	77.9	7.3	9.8	4.2

A razão de desvio padrão para o teor de quartzo entre as formações Suape e Cabo (21/7.3) é de 2.8, enquanto que para feldspatos potássicos é de 2.4 (Tabela 1). A similaridade entre essas razões sugere que o aporte de quartzo e feldspato potássico dependeu de mudanças no regime sedimentar, ou na mudança das condições de deposição. Essa variação na distribuição dos valores de quartzo e de feldspato pode ser melhor observada em gráficos de dispersão construídos a partir dos resultados obtidos para as amostras analisadas (Fig. 8)

A análise difratométrica revelou que o conteúdo de dolomita é mais elevado nas amostras referentes à Formação Estiva, quando comparado com os valores obtidos para as Formações Suape e Cabo. Isto confirma a afinidade carbonática típica da Formação Estiva, representada por depósitos de plataforma rasa (Lima Filho, 1998; Amaral & Menor, 1979). Em contrapartida, os valores de calcita variam consideravelmente em todas as amostras analisadas, com uma anomalia significativa na amostra

referente à profundidade de 2492 metros, amostra referente à Formação Cabo (Fig.8).

Valores mais expressivos de gipsita foram observados na amostra referente à profundidade de 2088 metros, concomitante com aumento também no teor de bário (Ba) verificado nessa mesma profundidade (Fig. 8). Esses dados demonstram claramente mudanças ocorridas no ambiente de deposição entre as Formações Cabo e Suape. Onde podemos observar que a partir da profundidade de 2500 m até 2000 m, ocorre o aparecimento de rochas carbonáticas alternadas com arenitos e capeadas por uma sedimentação com afinidade evaporítica, indicando um ambiente mais seco e propício ao aparecimento de *sabkhas* costeiras.

Estas novas informações representam um avanço no conhecimento da evolução da bacia, considerando que a Formação Cabo, que antes abrangia todo o intervalo Aptiano-Albiano, era interpretada anteriormente apenas como um sistema aluvial, gradando para fandeltas (Alheiros, 1987; Lima Filho 1998; Nóbrega, 2003).

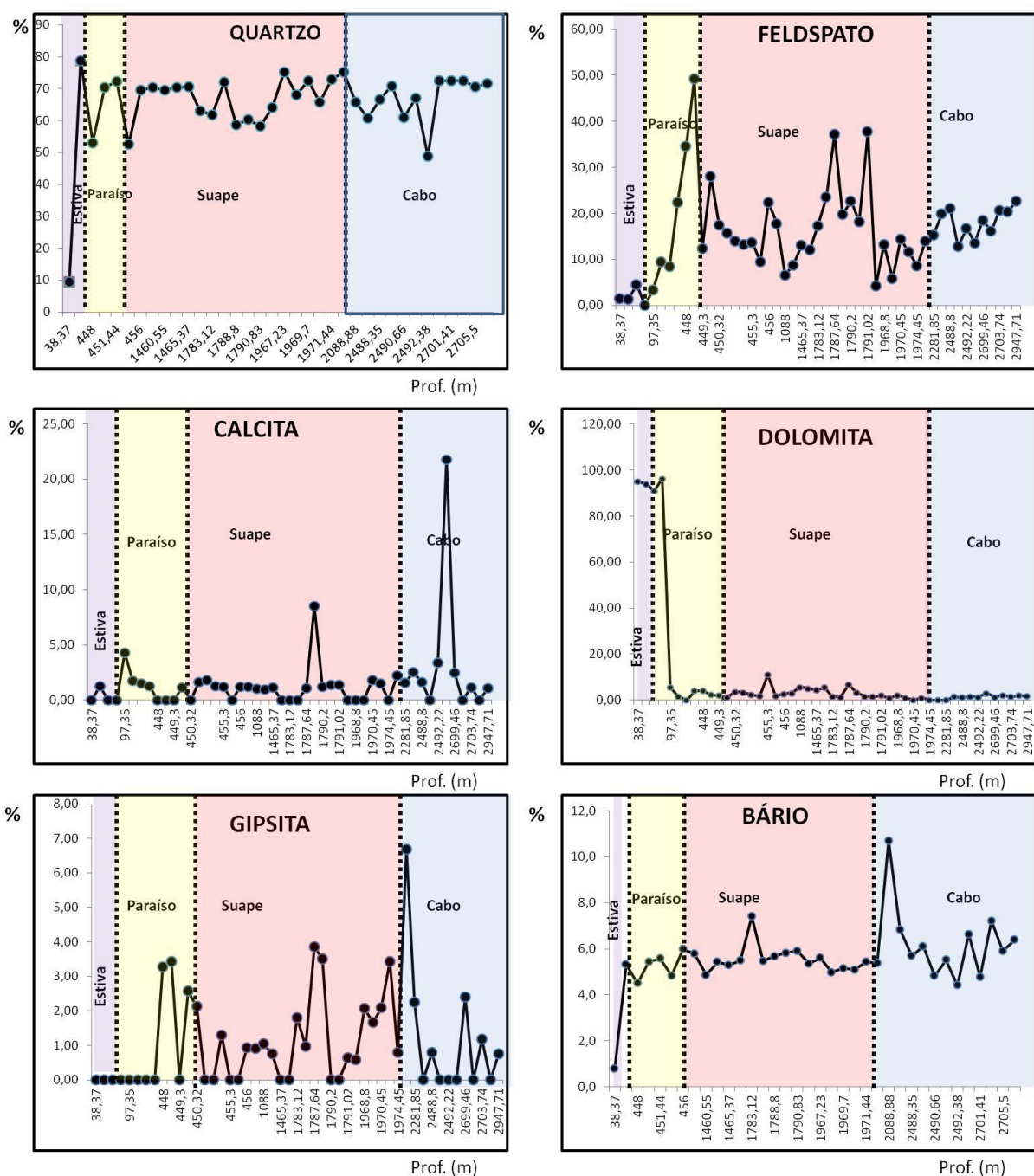


Figura 8 – Gráficos de dispersão com os valores médios de quartzo, feldspato, calcita, dolomita, gipsita e bário observados em amostras do poço 2-CP-01-PE a partir da análise dos difratogramas. As linhas tracejadas indicam a separação entre os intervalos correspondentes as Formações Cabo (azul), Suape (rosa), Paraíso (amarelo) e Estiva (lilás).

A partir da análise dos dados de elementos terras raras (ETR) verificou-se que em relação a Formação Cabo, a Formação Suape apresenta um maior enriquecimento de Gd, Eu e Dy (Fig. 9), embora um enriquecimento em ETR leves seja identificado nesta formação. A concentração de elementos terras-raras em sedimentos é dependente do tipo de fonte ou ambiente sedimentar. A distribuição de ETR sofre pequenas modificações durante a erosão e deposição em condições de ambiente árido, enquanto que sob condições úmidas há uma pequena

tendência para um fracionamento dos ETR, devido à mobilidade preferencial dos ETR leves nessas condições (Ronov et al., 1967). Os dados de petrografia e DRX revelaram a ocorrência de gipsita e anidrita no topo da Formação Cabo, sugerindo um ambiente de sabkha formado em condições de relativa aridez. Nesse contexto, a passagem da Formação Cabo para a Suape foi marcada por uma mudança no ambiente de sedimentação, uma vez que os depósitos da Formação Suape foram dominados por sistema fluvial.

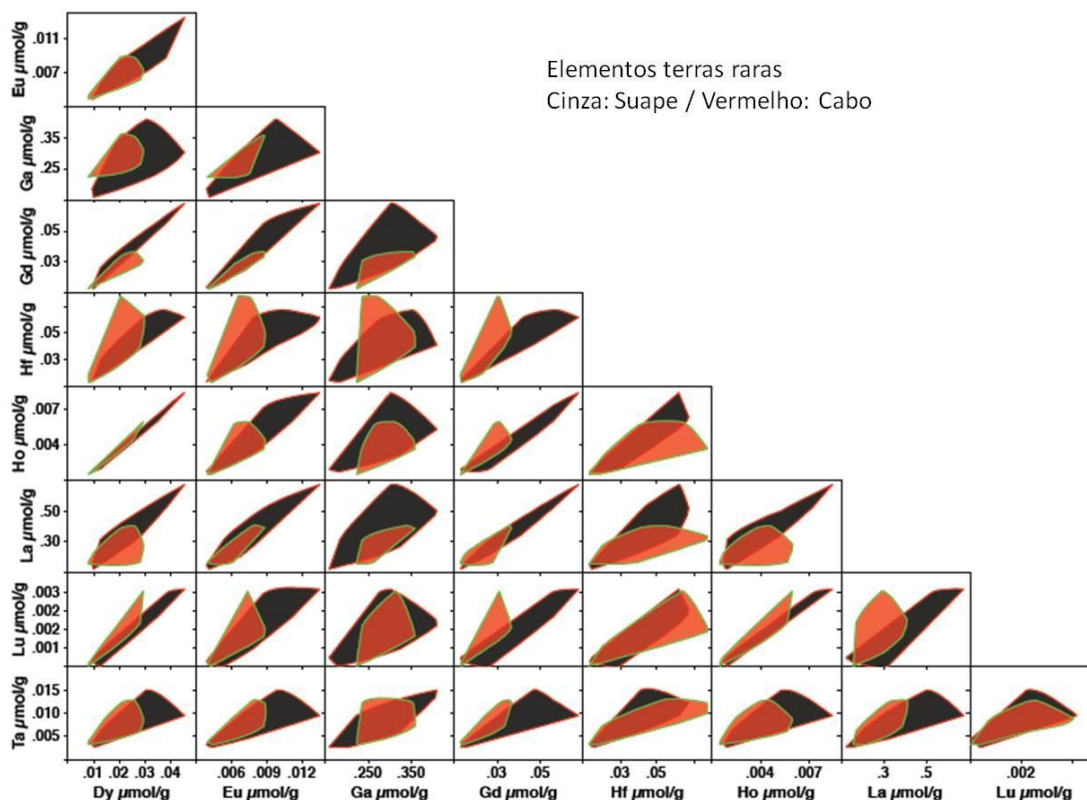


Figura 9 - Correlação da abundância de elementos terras raras leves (ETRL) e pesados (ETRP), verificadas nas amostras do poço 2-CP-01-PE. Em vermelho as amostras da Formação Cabo, e em cinza as amostras da Formação Suape, conforme a interpretação desta pesquisa. (Modificado de Maia, 2012).

DISCUSSÕES

O conjunto de informações obtidas a partir da reanálise de amostras do poço

2-CP-01-PE forneceu contribuições importantes ao conhecimento da bacia, além do que já havia sido feito por

trabalhos anteriores (Alheiros, 1987, Nóbrega, 1995; Lima Filho, 1998).

A divisão da antiga Formação Cabo em três unidades estratigráficas diferentes (Maia, 2012), foi confirmada no presente trabalho, com cada intervalo apresentando informações distintas, relativo às condições deposicionais e diagenéticas peculiares de cada uma delas. Foram identificadas duas fases sin-rifte (sin-rifte I e sin-rifte II) e a fase pós rifte (drifte) na Bacia de Pernambuco.

A Formação Cabo, intervalo aptiano, apresenta feições que sugerem a dominância de sistemas de leques aluviais de grande porte. Provavelmente, esses leques foram formados através do sistema de drenagem radial, responsável pelo preenchimento sedimentar da depressão formada pela bacia interna da Bacia de Pernambuco. Segundo Maia (2012) esta unidade compõe a fase sin-rifte I da bacia.

De forma mais importante ressaltamos que a Formação Cabo apresenta em seu topo um conjunto de feições que sugerem a instalação de sistemas de *sabkhas* continentais na região da bacia interna, o que possivelmente foi influenciado por condições climáticas e tectônicas (Warren, 2006) dominantes no final dessa fase sin-rifte I. Esta informação permitirá futuras correlações entre essa afinidade evaporítica observada na região *onshore* da Bacia de Pernambuco, com os depósitos evaporíticos de origem marinha, neo-aptianos, depositados nas bacias marginais vizinhas, Sergipe e Alagoas.

As ocorrências de gipsita, anidrita, e de enriquecimento de bário, no final do Aptiano, sugerem que essa condição evaporítica, está associada à existência de *playas* continentais, já que não ocorre nestes intervalos indícios de influência marinha.

A ocorrência de depósitos carbonáticos intercalados aos depósitos conglomeráticos da Formação Cabo indica a formação de lagos rasos no centro da

bacia interna. Estes lagos recebiam a sedimentação das planícies aluviais durante essa fase inicial do rifteamento. Além dos depósitos carbonáticos, algumas rochas da Formação Cabo apresentam formação de cimento calcítico e dolomítico de origem diagenética, que substituiu e preencheu a porosidade formada pela dissolução de grãos e de matriz nestas rochas.

Maia (2012) propôs que os depósitos de conglomerados polimíticos e arenitos grossos arcoseanos da base da Formação Cabo fossem tratados como Membro Tejiptó, ao passo que o conjunto de estratos da porção superior, com intercalações carbonáticas e afinidade evaporítica passariam a ser tratados como Membro Afogados, fato que o presente trabalho corrobora.

A Formação Suape, de idade eo- a meso- Albiana, e que representa a fase sin-rifte II da bacia, apresenta características que sugerem um domínio de sistemas fluviais, influenciado por clima possivelmente mais úmido, do que o que se passou para a Formação Cabo. A base da Formação Suape ainda guarda evidências de pulsos tectônicos marcados pela presença de conglomerados, como observado na fase sin-rifte I da Formação Cabo. Contudo, a formação apresenta tendência de granodecrescência ascendente, com a formação de depósitos de arenitos finos e folhelhos formados por sistemas fluvio-lacustres na porção superior. É possível que durante a deposição da Formação Suape, a drenagem tenha sofrido uma modificação, passando de radial para axial, embora a influência dos leques aluviais e da drenagem radial ainda tenha permanecido (Maia, 2012).

A análise da mineralogia indica uma maior irregularidade na distribuição de terrígenos nos corpos litológicos, o que sugere uma variação vertical maior dos depósitos, criada por mudanças no sistema deposicional. Em uma abordagem

semelhante aquele apresentado para a mineralogia, elementos terra raras exibem uma significativa variação interformacional, com a Formação Suape geralmente mais enriquecida em Gd, Eu e Dy, gerando uma evidência química para diferenciação entre as Formações Cabo e Suape, bem como a modificação nas condições do ambiente de sedimentação.

A Formação Paraíso, neo- Albiana, apresenta dominância de depósitos continentais, terrígenos, mas a alteração na composição mineralógica, com diminuição na contribuição dos feldspatos, corroborada pela análise bioestratigráfica/paleoambiental, sugere que esta recebeu influência marinha restrita, anterior à formação dos depósitos de ambiente marinho raso que caracterizam a Formação Estiva. Vale ressaltar que esta unidade está separada da Formação Suape por discordância, e que esta representa a primeira sequência da fase pós-rifte (*drifte*) da bacia, conforme Maia (2012).

CONCLUSÕES

A sucessão de depósitos continentais da Bacia de Pernambuco, que abrange o intervalo Aptiano-Albiano, apresenta três formações geológicas distintas, separadas por discordâncias relacionadas às fases tectônicas de evolução da bacia. Seriam estas as formações Cabo (Aptiano – sin-rifte I), Suape (eo- a meso-Albiano – sin-rifte II) e Paraíso (meso- a neo-Albiano – pós-rifte).

A Formação Cabo apresenta em sua base depósitos formados por sistemas de leques e planícies aluviais dominados por conglomerados polimíticos e arenitos grossos arcoseanos. A porção superior da unidade, Neo-Aptiano, apresenta intercalação de depósitos carbonáticos lacustres e indícios de deposição evaporítica possivelmente causados pela

instalação de clima mais árido que possibilitou o desenvolvimento de sistemas do tipo *playa* continental (*Sabkha*). Essa mudança climática que ocorreu no topo da Formação Cabo pode ter influenciado o enriquecimento em elementos terras raras na Formação Suape.

A Formação Suape apresenta maior variação litológica, formada por arenitos médios a grossos na base e folhelhos e arenitos finos arcoseanos no topo, com evidências de que esta passou a ser dominada por sistemas de planície de inundação e fluvio-lacustres, possivelmente devido a mudanças na fisiografia da bacia e no clima. Além disso, modificações na composição mineralógica sugerem variação na fonte de sedimentos, em relação à Formação Cabo, embora esta unidade esteja associada à fase sin-rifte II da bacia. As evidências geoquímicas entre as Formações Cabo e Suape sugerem uma diferenciação entre as formações.

A Formação Paraíso é formada por litologias que variam de folhelhos e argilitos a arenitos finos, menos arcoseanos do que as outras duas unidades. Esta unidade apresenta indícios de influência marinha restrita, podendo representar a existência de lagoas costeiras localizadas na região em que está posicionada a atual faixa costeira da bacia, cuja influência continental se misturava a iminente chegada do mar.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ANP – Agência Nacional do Petróleo Gás e Biocombustíveis, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos concedida a Maia, M.F.B. (PRH-26/ANP/UFPE), e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE (PPGEOC_UFPE). Ao LAGESE – Laboratório de Geologia Sedimentar, e ao SISMOS – Laboratório de Sismoestratigrafia da UFPE.

REFERÊNCIAS

- Alheiros, M.M., 1987. Caracterização sedimentológica da Formação Cabo-PE. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, *Dissertação de Mestrado*, 99p.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Neves, B.B.B; Fuck, R.A.; 1977 – Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande (PB). *Atas... Campina Grande (PB): SBG. 1977. P.363-391.*
- Almeida, C.B., Cruz, L.R., Jardim de Sá, E.F., Vasconcelos, P.M.P., Medeiros, W.E. 2005. Tectônica e relações estratigráficas na Sub-bacia de Pernambuco, NE do Brasil: contribuição ao conhecimento do rifte Atlântico Sul. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 13(2): 167-180.
- Alves, E. C., Costa, M. P. A. 1986. Interpretação sísmo-estratigráfica da porção norte do platô de Pernambuco e suas possíveis correlações com a Bacia de Pernambuco-Paraíba. In: *SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 34. Goiânia, Atas, v. 1, 286-297.*
- Amaral, A.J.R. & Menor, E.A. 1979. A sequência vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: *SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE, 9, Natal, Atas... 251-269.*
- Alverinho Dias, J., 2004. A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos. – (Versão preliminar)
- Barbosa, J.A. & Lima Filho, M.F. 2006. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. *Boletim de Geociências da Petrobras*. 14(2): 287-306.
- Barbosa, J.A., Sial, A.N., Silva, M.V.N., Neumann, V.H., Ferreira, V.P. 2008. Análise quimioestratigráfica e estratigrafia de sequência da sucessão carbonática da faixa Recife-Natal, NE do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba. *Anais*, p.681. (Anexo L7)
- Barbosa, J.A., Lima Filho, M., Neumann, V.H., Fambrini, G.L., Ferraz, H. 2008. Pernambuco Basin: A promising exploration frontier. In: International Geological Congress, 33rd, Oslo. *Abstracts em CD-ROM* (1290551).
- Barbosa, J.A. Lima Filho, M., Neto, J.C.J., Neumann, V.H., Ribeiro, F.S., Batista, A.P. 2009. Depósitos Albianos da Faixa Costeira da Bacia de Pernambuco: Proposição de uma nova unidade estratigráfica a Formação Suape. *V Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás PDPETRO, ABPG, Fortaleza, 2009.*
- Beurlen, J.C & Cobra, R.Q.;1960; Novas localidades fossilíferas no litoral sul de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 32, n.2, p. 7, 1960.
- Bueno, G.V., 2004. Diacronismo de eventos no Rifte Sul-Atlântico. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, V.12, p.203-229.
- Campelo, F.C.A. 2004. Formação Cabo, Afloramento da Praia de Guadalupe. Caracterização de um Potencial Reservatório para Hidrocarbonetos. *Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 150 pp.*
- Cobra, R.Q. 1960. Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Tese de Doutorado, 70p.*
- Córdoba, V.C.; Jardim de Sá, E.F.; Souza, D.C.; Antunes, A.F. Bacia de Pernambuco-Paraíba. in: *Boletim de Geociências da Petrobras – v. 15, n.2 – maio/Nov. 2007*
- Gomes, P. A. 2005. Tectonismo, vulcanismo e processos erosivos no segmento nordeste da margem

- continental brasileira. Faculdade de Geologia, UERJ. *Tese de Doutorado*, 183 p.
- Lima Filho, M. 1998. Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco. Instituto de Geociências - USP, São Paulo. *Tese de Doutorado*, 180 p.
- Lima Filho & Barbosa, J.A. 2010. The peculiar tectono-stratigraphic evolution of the eastern margin of Northeast Brazil, and its African Counterpart. In: *Central and North Atlantic Conjugate Margins Conference*, Lisbon. *Proceedings Book*, volume VIII, 304-308.
- Long, L.E.; Sial, A.N, Nekvasil, H., Borba, G.S; 1986. Origin of granite at Cabo de Santo Agostinho, Northeast Brazil. *Cntrib. Mineral Petrol*, 92: 341-350.
- Louzzi-Arbouille, T., Schmid, E., Piperi, T. 2009. Recent Discoveries Offshore Douala Basin. *Search and Discovery*, article 10185, 1-7.
- Mabesoone, M. J. & Alheiros, M.M. 1988. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. *Rev. Bras. Geoc.*, 18(4): 476-482.
- Maia, M.F.B., Barbosa, J.A., Mort, H.P., Santana, F.R., Lima Filho, M., Neumann, V.H., Moraes, M.A. 2011. Caracterização da Formação Suape na faixa costeira da Bacia de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 6, Florianópolis. *Boletim de Resumos em CDRom*, 1-8.
- Maia, M.F.B, 2012. Revisão da estratigrafia do intervalo aptiano-albiano da bacia de Pernambuco, nordeste do brasil. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, *Dissertação de Mestrado*, 197p.
- Nascimento, M. A. L., 2003. Geologia, Geocronologia, Geoquímica e Petrogênese das Rochas Ígneas Cretácicas da Província Magmática do Cabo e Suas Relações com as Unidades Sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil). Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN (*Tese de Doutorado*), 233p.
- Nóbrega, V.A., 1995. Características petrológicas e evolução diagenética da Formação Cabo no Graben do Cupê - Bacia do Cabo-PE. Nordeste do Brasil. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, *Dissertação de Mestrado*, 166p.
- Oliveira, A. I & Leonardos, O. H., 1943. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro. *Serv. Inf. Agric.*, 2ed. 813p (*Série Didática 2*).
- Rand, H. 1978. Análise gravimétrica e magnetométrica da estrutura subsuperficial da faixa costeira do nordeste brasileiro. In: SBG/Núcleo Nordeste, Cong. Bras. Geol., 30, Recife, *Anais...*, 5: 2336-2346.
- Rand, H.M. & Mabesoone, J.M. 1982. Northeastern Brazil and the final separation of South America and Africa. *Paleogeogr., Paleoclimat., Paleoecol.*, 38: 163-183.
- Ronov, A.B.; Balashov, Y.A.; Migdisov, A.A. 1967. Geochemistry of the raqre earths in the sedimentary cycle. *Geoch. Int.*, 4: 1-17.
- Warren, J. K. Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. Berlin: Springer - Verlag, 2006.
- Wornardt, W., Pacht, Jj., Batupe, M. 1999. Seismic sequence stratigraphic analysis of the Douala Basin, Cameroon. Offshore Technology Conference, Texas. Expanded abstract 10884, 1-10.