

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DA TECTÔNICA RIFTE NA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL: IMPLICAÇÕES PARA A GERAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

AUTORES:

Gelson Luís Fambrini¹, Diógenes Ribeiro de Lemos², José Acioli B. de Menezes Filho³, Jadson Trajano de Araújo^{2†}, Wellington Ferreira da Silva Filho⁴, Virgínio Henrique M.L. Neumann¹, Mário Lima Filho¹, Bruno Buarque Varela³

INSTITUIÇÃO:

¹DGEO/UFPE - PRH-26/ANP/FINEP/UFPE (g_fambrini@yahoo.com, neumann@ufpe.br, mflf@ufpe.br); ²Pós-Graduação DGEO/UFPE; ³Graduação DGEO/UFPE; ⁴Depto. de Geologia/UFC; [†]Petróleo Brasileiro S/A

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

ANÁLISE DA TECTÔNICA RIFTE NA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL: IMPLICAÇÕES PARA A GERAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

Abstract

This study proposes the structural characterization of source rocks and reservoirs of petroleum system of rift stage of the Araripe basin. Main traps were formed by the adjustment of normal, transcurrent and reverse faults in order of importance. This group of faults place laterally different lithostratigraphic units like pre-rift and rift stage rocks. An example is the lateral adjustment of Missão Velha and Brejo Santo formations along NNE normal faults. So it is of great importance the integration between geometric and cinematic analysis of these faults for a comprehensive evolution of source rocks and reservoirs.

Introdução

A caracterização geológica de reservatórios petrolíferos tem sido um dos principais enfoques dos estudos tectônicos realizados em bacias sedimentares. Deste modo, a distinção do sistema petrolífero da fase rifte da Bacia do Araripe através da análise estrutural, geométrica e cinemática, como forma de contribuir para o fomento exploratório da Bacia do Araripe, considerada “bacia de fronteira”. A Bacia do Araripe localiza-se no Nordeste do Brasil sob os domínios da Província Borborema limitada por duas grandes zonas de cisalhamento (ZC), a norte pela ZC Patos e a sul pela ZC Pernambuco. A Bacia do Araripe enquadra-se na classificação das bacias interiores do nordeste e possui evolução tectono-estratigráfica bastante complexa visto que possui quatro sequências estratigráficas, histórica e geneticamente distintas e limitadas por discordâncias (Assine, 2007). Dentre as unidades mapeadas e estudadas incluem aquelas pertencentes às tectono-sequências pré-rifte e rifte na região do Vale do Cariri, situadas na Sub-bacia Cariri. Tais formações mostram-se bastante promissoras acerca do estudo das implicações para modelos de geração e acumulação de hidrocarbonetos da Bacia do Araripe. Constituídas litologicamente por arenitos e folhelhos, as tectono-sequências pré-rifte e rifte da Bacia do Araripe acham-se encaixadas em rochas cujos regimes tectônicos geraram falhas oblíquas de componentes normais e transcorrentes associadas à tectônica responsável pela origem e evolução da Bacia do Araripe. A tectônica em questão possui esforços distensivos que reativaram falhas antigas pertencentes ao embasamento pré-Cambriano e que por sua vez proporcionaram falhas normais de direção principal NE-SW, e também geraram falhas de direção E-W e NW-SE (Figura 1). O estudo destas estruturas e sua relação com armadilhas de hidrocarbonetos é o objetivo deste trabalho.

Materiais e Métodos de Trabalho

A análise estrutural implementada para as rochas do estágio rifte da Bacia do Araripe consistiu na coleta sistemática no campo de dados qualitativos e quantitativos de feições tectônicas rúpteis, principalmente falhas e seu sentido de movimento (cinemática). Para tanto, foram úteis os critérios cinemáticos sistematizados em Hancock (1994) e Angelier (1994), entre outros. Posteriormente, em gabinete estes dados foram tratados para análise do comportamento dos elipsóides de deformação. À população de falhas estudadas foi aplicado o método numérico/gráfico de Allmendinger (1989) para a

análise cinemática através do Programa FaultkinWin 1.2.2, desenvolvido por Allmendinger. O Programa Stereonet 3.03 também auxiliou na elaboração dos diagramas das estruturas rúpteis da Bacia do Araripe. Foram utilizados diversos planos de falhas localizados ao longo da área estudada, em arenitos e folhelhos das Formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara referentes às fases início de rifte a clímax de rifte, respectivamente.

Resultados e Discussão

A análise estrutural aplicada às rochas do estágio rifte da Bacia do Araripe (e que afetou também as rochas do estágio pré-rifte) permitiu o entendimento da distribuição e da evolução das rochas sedimentares passíveis de originar armadilhas de hidrocarbonetos.

As falhas analisadas em campo acham-se compatíveis com as falhas traçadas e interpretadas a partir de imagens de sensores remotos, bem como aos mapas regionais (Figura 1). As falhas reconhecidas para este estudo foram separadas em falhas normais (principais), falhas transcorrentes (importantes) e falhas inversas. Os dados coletados em campo possibilitaram reunir as falhas normais distinguidas em dois conjuntos principais: 1) conjunto de falhas orientadas de acordo com a direção NE-SW (mais antigo); e 2) conjunto de falhas orientadas segundo NW-SE a WNW-ESE (mais jovem).

As falhas normais do primeiro conjunto (mais antigo de direção NE-SW) englobam aquelas relacionadas ao sistema rifte principal (Figura 1), com mergulhos tanto para NW como para SE, e direção entre N20E e N60E, e inclinação de médio a alto ângulo para NW ou SE (média de 77°). Falhas associadas aos limites entre grabens e horstes apresentam rejeitos aparentes de grande deslocamento, capazes de colocar lateralmente litologias de níveis estratigráficos distintos (Figura 2). Além destas falhas, aparecem ainda falhas normais escalonadas com blocos rotacionados (Figura 3) e conjuntos de falhas conjugadas, com pequenos rejeitos (centimétricos a métricos), delineando estruturas dispostas em horstes e grabens (Figura 4). É comum estas falhas limitarem blocos basculados e rotacionados, como o Horst de Brejo Santo. Outras estruturas incluem Sinforme de teto (*hangingwall sinform*) que afetam rochas da Formação Brejo Santo (Figura 5). Falhas normais de direção NE-SW definem arranjo com as falhas transcorrentes de direção E-W penecomtemporâneas de cinemática sinistral, provavelmente controladas pelas zonas de cisalhamento do embasamento, i.é, reativação destas zonas de falhas pré-cambrianas.

O conjunto mais jovem de falhas, com direção principal variando de NW-SE a WNW-ESE, compreende falhas cujas estrias indicam movimentação normal (ou oblíqua com forte componente normal) para os quadrantes NE ou SW. Apresentam orientação preferencial segundo NW-SE, entre N50W e N77W. Este conjunto NW de falhas extensionais do estágio rifte aparece combinado com deformação transtensional ao longo das falhas de direção E-W (Figura 1). Estas falhas mais jovens têm grande relevância na distribuição das unidades litoestratigráficas do Vale do Cairiri, pois determinam o limite de ocorrência a norte da sequência mesozoica, tanto em contato com arenitos paleozóicos da Formação Mauriti, como com rochas do embasamento pré-cambriano. Falhas pertencentes ao conjunto mais jovem delimitam do mesmo modo o limite sul de ocorrência da sequência rifte, por baixo das rochas do estágio pós-rifte da Bacia do Araripe na chapada homônima, onde é evidente intenso alinhamento WNW-ESE em mapas gravimétricos (Ponte & Ponte Filho, 1996). Dados sísmicos corroboram que o limite sul da bacia é caracterizado pela presença de falhas. Morales *et al.* (2006) assinalaram que o alinhamento, de direção preferencial WNW, pode ser reconhecido na drenagem presente no topo da chapada, em feições morfotectônicas nas suas escarpas, com prolongamento para leste, até área a sul da cidade de Brejo Santo, onde falhas WNW e NW limitam a ocorrência de rochas das formações Brejo Santo e Mauriti.

Falhas inversas, de pequeno porte, foram localmente reconhecidas, sistematicamente cortando as falhas normais ou assinalando sua inversão e reativação (Figura 5). Possuem direção segundo a orientação NNE-SSW.

Falhas transcorrentes foram também reconhecidas, definidas por pequenos planos estriados com movimentação lateral destrai (predominante) e sinistral, orientadas em torno de NNE-SSW, ENE-WSW e WNW-ESE a NW-SE, todas de alto ângulo de mergulho (Figura 6).

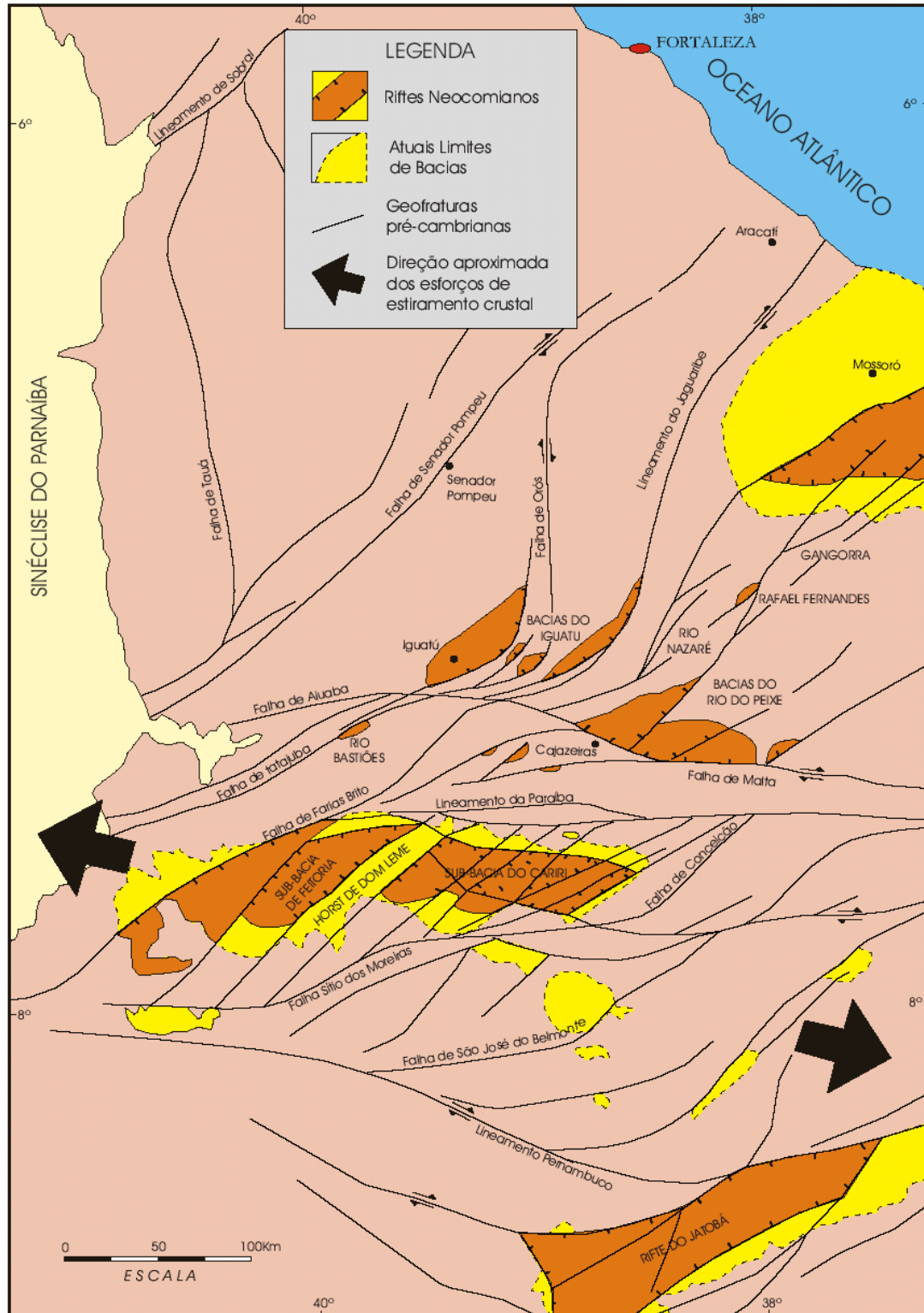


Figura 1- Padrão estrutural da Bacia do Araripe. Modificada de Ponte & Ponte Filho (1996).



Figura 2 – Faixa estreita de falha normal de atitude N35E com mergulho para NW com rotação e deflexão do acamadamento – *drag* de falha normal na capa, Formação Abaiara.



Figura 3 – Conjunto de falhas normais escalonadas com rotação dos blocos e formação de antiforme de volteio (estrutura *roll-over*) que afetaram folhelhos e arenitos finos da Formação Brejo Santo. Talude com aproximadamente 20 m de altura. Corte da Ferrovia Transnordestina (em construção).



Figura 4 – Conjunto de falhas normais conjugadas, de pequeno rejeito, formando estruturas tipo grabens e horstes alternados (notar inclinação geral dos estratos para SE) que afeta arenitos e folhelhos da Formação Brejo Santo. Barra de 2 m de escala.

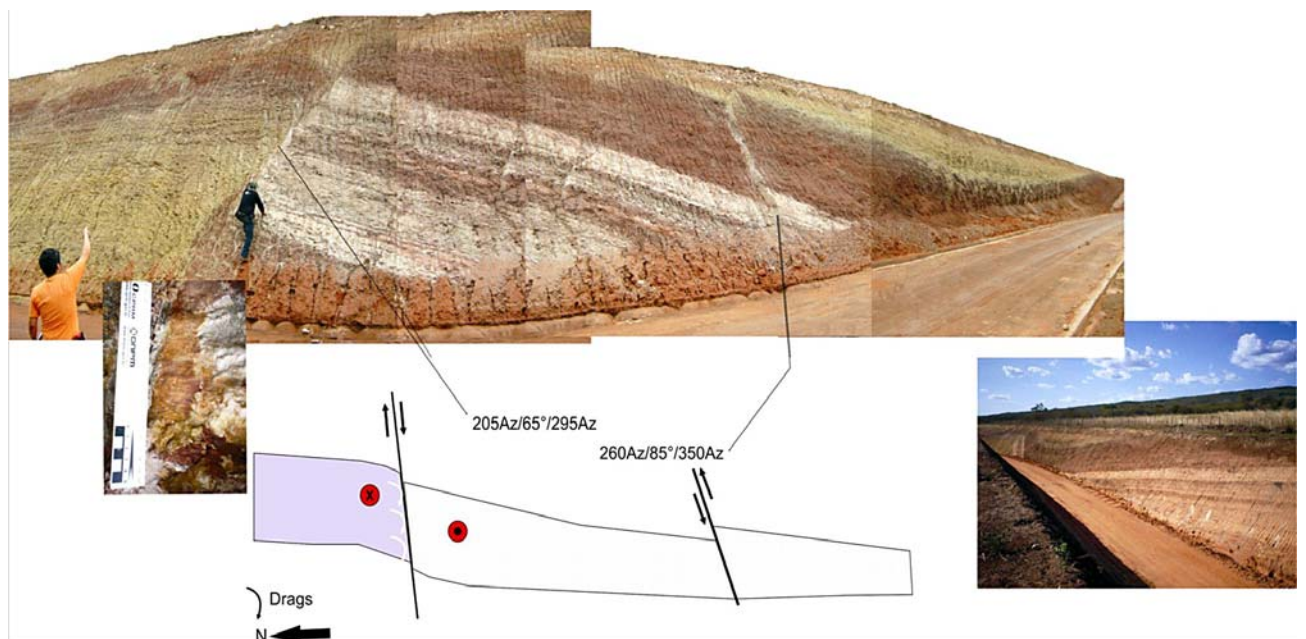


Figura 5 – *Hangingwall sinform* (Sinforme do teto), Formação Brejo Santo.

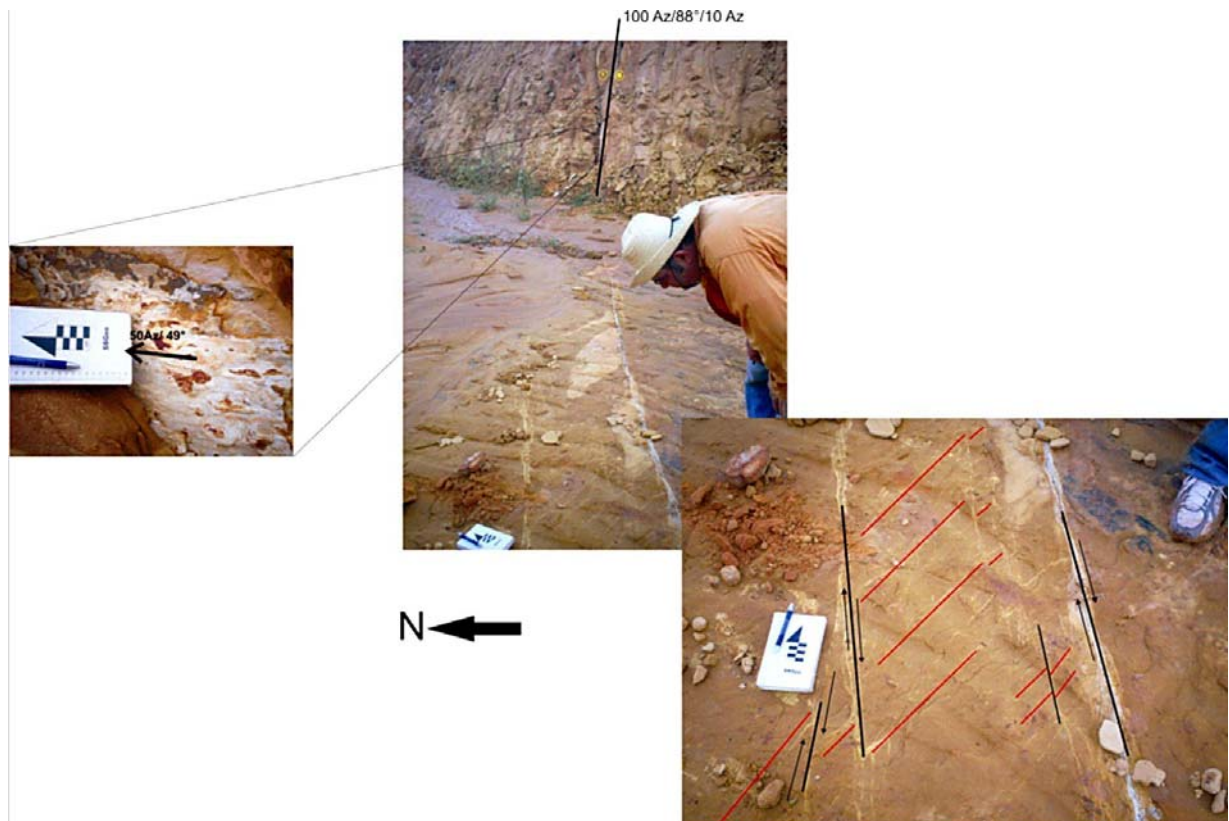


Figura 6 - Esquema exibindo falha transcorrente de componente dextral associada a bandas de deformação (pares trançados e conjugados) afetando arenitos da Formação Missão Velha.

As estrias indicam regime transcorrente com *rake* muito baixo variando entre 5° e 20° sendo os melhores indicadores cinemáticos para a classificação das falhas transcorrentes. Bandas de deformação estão associados a alguns planos de falhas exibindo arquitetura de pares trançados e ou conjugados (Figura 6) indicando claramente o movimento dextral para as mesmas.

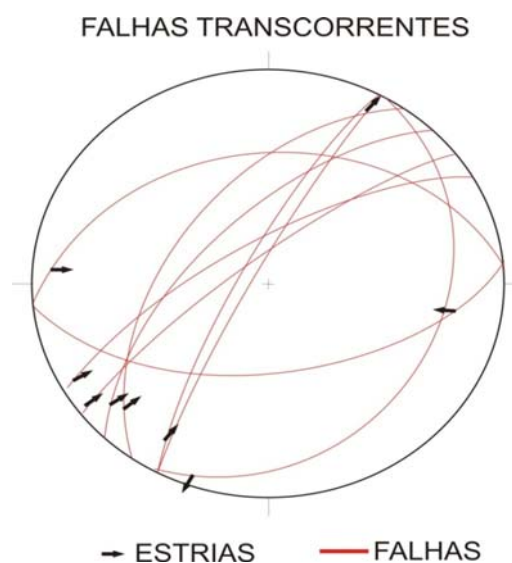


Figura 7 - Esterograma exibindo falhas e estrias de caráter transcorrente.

Conclusões

A análise estrutural desenvolvida para as rochas do estágio rifte da Bacia do Araripe possibilitou a identificação de dois conjuntos principais de falhas: 1) conjunto de falhas orientadas de acordo com a direção NE-SW (mais antigo); e 2) conjunto de falhas orientadas segundo NW-SE a WNW-ESE (mais jovem). Adicionalmente, falhas transcorrentes e inversas também foram assinaladas. A tectônica rifte que afetou a Bacia do Araripe possui esforços distensivos que reativaram falhas antigas pertencentes ao embasamento pré-Cambriano e que, por sua vez, proporcionaram falhas normais de direção principal NE-SW, e também geraram falhas de direção E-W e NW-SE. Estas estruturas revestem-se de grande importância para geração e acumulação de hidrocarbonetos da Bacia do Araripe. Isto devido à íntima relação destas estruturas com a formação de armadilhas de hidrocarbonetos, pois é comum a colocação lateral de litologias diferentes tais como rochas pelíticas com arenitos, respectivamente, possíveis geradoras e acumuladoras (reservatórios). Dentre as principais características para a formação de armadilhas destacam-se: (i) presença de folhelhos pirobetuminosos (rocha geradora) na Formação Abaiara; (ii) heterogeneidades dos corpos de rocha; (iii) geometria dos corpos de arenito (lenticular, tabular etc.); (iv) grau de fraturamento da rocha que influencia o tipo de armadilha e acumulação de petróleo, bem como o fluxo do fluido nas escalas de campo e de poços; (v) presença de folhelhos e outros materiais impermeáveis que direcionam o fluxo do fluido através da rocha; (vi) distribuição vertical e lateral de fácies, e características das intercalações de arenitos, folhelhos e outros tipos de rochas; (vii) presença de estruturas tectônicas como falhas que colocam lateralmente rochas de diferente composição e litologia. Além disso, a instalação de rochas selantes é facilitada pela presença das falhas aqui investigadas.

Agradecimentos

Agradecimentos são devidos ao PRH-26/ANP/UFPE na pessoa dos Coordenadores Profs. Drs. João Adaauto de Souza Neto (atual) e Mário Lima Filho (precedente) pelo suporte financeiro e pela concessão de bolsas de graduação aos estudantes Diógenes Ribeiro de Lemos, Jadson Trajano de Araújo, José Acioli B. de Menezes Filho e Bruno Buarque Varela. Este trabalho recebeu ainda auxílio financeiro do CNPq (Processo Universal 476232/2006-6 concedido em nome do coordenador G. L. Fambrini) a quem agradecemos o apoio e também a bolsa concedida (bolsa de produtividade em pesquisa de V.H.M.L. Neumann). Ao LAGESE pelo apoio logístico e material.

Referências Bibliográficas

- ALLMENDIGER R.W. *Notes on Fault Slip Analysis, Quantitative Interpretation of Joints and Faults*, 1989.
- ANGELIER, J. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In Hancock, P.L. (ed.), *Continental deformation*, Oxford, Pergamon Press, p. 53-100, 1994.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- HANCOCK, P.L. *Continental Deformation*. Oxford, Pergamon Press, 421 p, 1994.
- MORALES, N., HASUI Y, ASSINE, M.L., CHAGAS, D.B. Eventos de tectônica rúptil na evolução da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In UNESP/IGCE, Simp. sobre o Cretáceo do Brasil, 7, Serra Negra, SP, *Boletim*, 2006, p. 87.
- PONTE, F.C. & PONTE FILHO, F.C. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Recife, PE, DNPM/DMME (Pernambuco e Ceará). 1996, 68 p.