

Raoni da Silva Moura

Análise faciológica da formação Antenor Navarro (bacia de Sousa) em testemunho de sondagem

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2011



UFRJ

Raoni da Silva Moura

Análise faciológica da formação Antenor Navarro (bacia de Sousa) em testemunho de sondagem

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadores:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida
Max Vasconcellos de Moura

Rio de Janeiro
Dezembro de 2011

RAONI, Silva Moura

**Análise faciológica da formação Antenor Navarro
(bacia de Sousa) em testemunho de sondagem/ Raoni da Silva**

Moura Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2011

036 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2011.

Orientador(es): Leonardo Fonseca Borghi de Almeida, Max Vasconcellos de Moura

1. Geologia. 2. Estratigrafia e Sedimentologia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo Borghi. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Raoni da Silva Moura

Análise faciológica da formação Antenor Navarro (bacia de Sousa) em testemunho de sondagem

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadores:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida
Max Vasconcellos de Moura

Aprovada em: 14/12/2011

Por:

Orientador: Leonardo Fonseca Borghi de Almeida (UFRJ)

Aristóteles Morais Rios Netto (UFRJ)

Max Vasconcellos de Moura

UFRJ
Rio de Janeiro
2011

Dedico à todos do Lagesed, à todos da geologia UFRJ (em especial, a turma de 2007), e à todos que mesmo que de uma forma indireta, auxiliaram no meu aprendizado durante esses anos. Dedico aos meus amigos que nunca deixaram de acreditar em mim, e dedico à minha família, na qual mesmo se eu pudesse ter escolhido, não teria escolhido tão bem.

De forma geral, dedico a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, me fizeram crescer 4,5 bilhões de anos em 4,5 anos, possibilitando a realização deste trabalho.

Agradecimentos

Agradeço a todos do Lagesed pelo apoio, a todos do Departamento de Geologia da UFRJ pelas oportunidades, e aos meus orientadores, que serão sempre meus orientadores.

Agradeço ao professor Ismar pela concessão dos dados de testemunho de sondagem do projeto do CNPq junto a UFRJ.

"Posso ouvir o vento passar, assistir à onda bater, mas o estrago que faz, a vida é curta pra ver..."

Rodrigo Amarante

Resumo

MOURA, Raoni. **Análise faciológica da formação Antenor Navarro (bacia de Sousa) em testemunho de sondagem.** 2011. 036 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Apesar do baixo conhecimento geológico sobre o conjunto de bacias do Rio do Peixe, exsudações de óleo no Sítio Salguinho, no município de Sousa na Paraíba, despertaram interesse exploratório. São conhecidas três unidades litoestratigráficas para esse conjunto de bacias de idade Neocomiana: conglomerados e arenitos conglomeráticos da Formação Antenor Navarro; argilitos, siltitos e calcilitos avermelhados da Formação Sousa; e arenitos grossos e conglomerados muito mal-selecionados da Formação Rio Piranhas. O objetivo deste trabalho é caracterizar faciologicamente o intervalo da Formação Antenor Navarro no testemunho de sondagem do poço 2-SS-1-PB, localizado no Sítio Salguinho, suportando futuros estudos focados na caracterização de reservatório petrolífero para a área. Para a realização do estudo foram descritas quatro fácies sedimentológicas (três macroclásticas e uma microclástica) na escala 1:40. A interpretação do paleoambiente fluvial meandrante é discutida e caracterizada pela sucessão das fácies: (1) conglomerado com matriz arenolamosa, (2) conglomerado fino de granulometria grânulo com má seleção, (3) arenitos finos a médios, moderadamente selecionados com laminação cruzada e (4) siltitos lamosos e argilitos siltosos apresentando biotubação. Através do método de contagem de pontos em microscópio usando o programa PetroLedge® (300 pontos por lâmina), foram descritas sete lâminas petrográficas referentes aos intervalos arenosos do poço para uma avaliação e qualificação das areias da Formação Antenor Navarro como reservatório. Com isso, observa-se que características composicionais e texturais dos arenitos prejudicam os dois tipos de porosidades presentes: o poro em fratura de rocha (principal) e o poro por dissolução mineral. Anisotropias estruturais observadas por todo poço também prejudicam possíveis reservatórios comportam-se como barreiras impermeáveis consequentes do preenchimento das falhas e fraturas por quartzos cominuídos (*gouge*).

Palavras-chave: Antenor Navarro; Bacia de Sousa; Rio do Peixe

Abstract

MOURA, Raoni. **Análise faciológica da Formação Antenor Navarro (bacia de Sousa) em testemunho de sondagem [Facies analysis of the Antenor Navarro Formation (Sousa basin) in well core]**. 2011. 036 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Despite the low geological knowledge about the set of the Rio do Peixe basins, oil seeps on the Salguinho site in the town of Sousa in Paraíba state, aroused interest exploration. Three lithostratigraphic units are known for this set of Neocomian age basins: conglomerates and conglomeratic sandstones of the Antenor Navarro formation; mudstones, siltstones and reddish calcilutites of the Sousa formation; and coarse grained sandstones and conglomerates of poorly-sorted of the Rio Piranhas formation. The objective of this study is characterize the range of facies of the Antenor Navarro formation in the well core 2-SS-1-PB, located on the Sítio Salguinho, supporting future studies focused on the characterization of petroleum reservoir in the area. To conduct this study four sedimentological facies were described (three macroclastics and one microclastic) in 1:40 scale. The interpretation of the meandering fluvial paleoenvironment is discussed and characterized by the succession of facies: (1) conglomerate with matrix composed by sand and mud, (2) fine particle size granule conglomerate with poor selection, (3) fine to medium sandstone, moderately sorted with cross lamination and (4) muddy siltstone and silty mudstones showing bioturbation. Through the method of point counting under a microscope using the program PetroLedge® (300 points per slide), seven thin section have been described for evaluation and qualification of Antenor Navarro Formation as a reservoir. Thus, it is observed that compositional and textural characteristics of sandstones affect both types of porosity present: in the fracture pore rock (main) and the pore by dissolving mineral. Structural anisotropies observed in all core are impermeable barriers resulting in filling faults and fractures by crushed quartz (gouge).

Key-Words: Antenor Navarro; Sousa Basin; Rio do Peixe

Lista de figuras

Figura 1 - Localização dos blocos exploratórios ofertados com destaque, em negrito, dos blocos arrematados.....	15
Figura 2 – Mapa estrutural do conjunto de bacias do Rio do Peixe com a localização do poço 2-SS-1-PB.....	15
Figura 3 - Localização do conjunto de bacias Rio do Peixe	17
Figura 4 - Semi-grábens do conjunto de bacias do Rio do Peixe interpretadas em sísmica.....	19
Figura 5 - Coluna estratigráfica da bacia de Sousa (SRIVASTAVA & CARVALHO, 2004).....	21
Figura 6 - Fácies sedimentológica L descrita no poço 2-SS-1-PB.....	23
Figura 7 - Fácies sedimentológica A descrita no poço 2-SS-1-PB.....	24
Figura 8 - Fácies sedimentológica C descrita no poço 2-SS-1-PB.....	25
Figura 9 - Fácies sedimentológica Cf descrita no poço 2-SS-1-PB.....	26
Figura 10 - Perfil estratigráfico do poço 2-SS-1-PB confeccionado no programa AppleCore	29
Figura 11 - Biotitas alteramendo para clorita na amostra R4.....	30
Figura 12 - Gauge Gauge na amostra R5, de profundidade 21,35 m, com nicol cruzado (direita), mostrando os grãos de quartzos cominuídos em zonas de micro-fraturas.....	30
Figura 13 - Diagrama de Folk para classificação petrográfica de arenitos.....	32
Figura 14 - Diagrama de Dickinson para a classificação de petrofácies de arenitos.....	33
Figura 15 - Fratura em grão na amostra R2.....	34
Figura 16 - Fratura por dissolução de grão na amostra R6.....	34
Figura 17 - Localição do poço 2-SS-1-PB visualizado em sísmica.....	35
Figura 19 - Evidências de uma tectônica deformadora no poço 2-SS-1-PB.....	28
Figura 20 - Modelos simplificados ilustrando intervalos do paleoambiente fluvial meandrante para o poço 2-SS-1-PB.....	28

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultado da 9ª Rodada de Licitações da ANP, para as bacias do Rio do Peixe....15

Tabela 2 – Porcentagem dos constituintes em cada lâmina petrográfica descrita.....31

Lista de quadros

Quadro 1 - Resultado Quadro 1- Síntese das fácies (litofácies) descritas para a Formação Antenor Navarro.....	22
--	----

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
<i>Abstract</i>	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xi
1 APRESENTAÇÃO.....	14
1.1 Objetivo e finalidade	16
1.2 Material e método	16
2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	17
2.1 Aspectos gerais.....	17
2.2 Província Borborema.....	18
2.3 Aspecto tectônico.....	18
2.4 Estratigrafia.....	20
3 RESULTADOS.....	22
3.1 Análise faciológica.....	22
3.2 Sucessão de fácies	27
3.3 Petrografia	30
3.4 Modelo tectono-sedimentar.....	36
4 CONCLUSÃO.....	37
Referências bibliográficas.....	38
Anexo – Fotografias do testemunho de sondagem do poço 2-SS-1-PB	

1 APRESENTAÇÃO

As bacias do interior do Nordeste por vezes são correlacionadas, em termos estratigráficos, com as bacias marginais brasileiras, por serem resultado da evolução do rifteamento do continente Gondwana, que ocasionou a abertura do oceano Atlântico Sul.

Existem diversos trabalhos sobre as bacias do interior do Nordeste com foco na compreensão da evolução dessas bacias marginais.

Após exsudações de óleo na Formação Antenor Navarro na bacia de Sousa, na localidade Sítio Salguinho, Município de Sousa (PB), estas bacias despertaram um maior interesse econômico, resultando na oferta de 19 blocos exploratórios, na 9ª Rodada de Licitações da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) em 2008. Destes blocos ofertados, 8 foram arrematados pelas empresas Lábrea Petróleo Ltda, UTC Engenharia S.A., Ral Engenharia Ltda e Petrobras (Tabela 1; Figura 1).

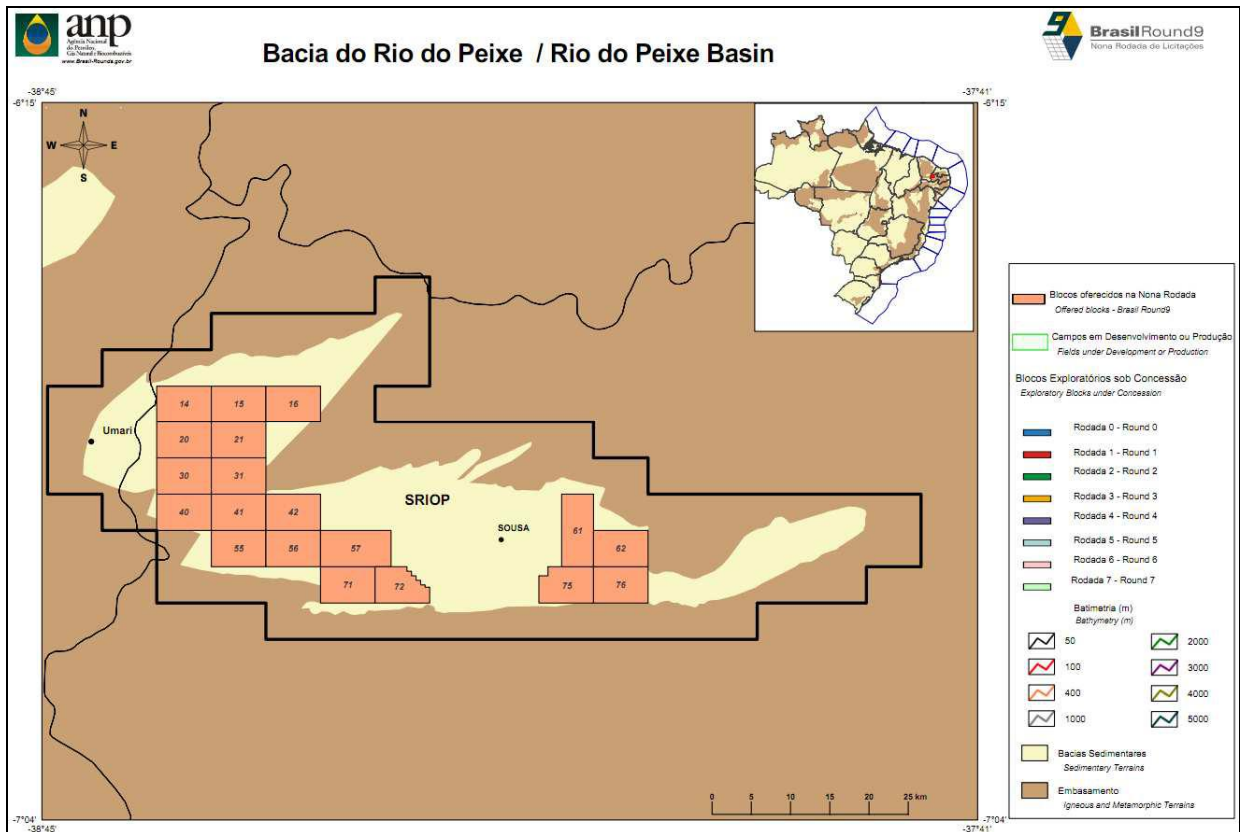


Figura 1: Localização dos blocos exploratórios ofertados com destaque, em negrito, dos blocos arrematados. (Fonte: ANP, 2007)

Tabela 1: Resultado da 9ª rodada de licitação da ANP, para as bacias do Rio do Peixe. (Fonte: ANP, 2007)

Nona Rodada Informações dos Blocos							
Bacia	Sector	Bloco	Nome Fantasia	Contrato	Concedido? Operador	Bônus (R\$)	PEM (UTs)
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-14			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-15			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-16			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-20	BT-RIOP-3	48610001451/2008-78	UTC Engenharia (2ª chamada)	1.301.000	3010
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-21	BT-RIOP-4	48610001452/2008-12	Ral Engenharia	585.000	1620
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-30	BT-RIOP-5	48610001454/2008-10	Ral Engenharia	2.803.000	3520
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-31	BT-RIOP-6	48610001455/2008-56	Ral Engenharia	885.000	2520
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-40			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-41	BT-RIOP-2	48610001449/2008-07	Petrobras	400.000	750
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-42			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-55	BT-RIOP-7	48610001456/2008-09	Ral Engenharia	300.000	1500
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-56	BT-RIOP-8	48610001457/2008-45	Ral Engenharia	300.000	1500
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-57	BT-RIOP-9		Desistência	885.000	2620
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-61	BT-RIOP-10		Desistência	200.000	520
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-62			Sem oferta		
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-71	BT-RIOP-11		Desistência	400.000	1030
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-72	BT-RIOP-12		Desistência	400.000	1030
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-75	BT-RIOP-1	48610001448/2008-54	Lábrea	30.000	260
Rio do Peixe	SRIOP	RIOP-T-76			Sem oferta		

1.1 OBJETIVO E FINALIDADE

O trabalho baseia-se na análise faciológica e petrográfica da Formação Antenor Navarro para uma melhor compreensão da evolução deposicional e estratigráfica deste intervalo, suportando futuros estudos focados na caracterização de reservatório petrolífero para a área.

1.2 MATERIAL E MÉTODO

Inicialmente foram descritos (escala 1:40) cerca de 30 metros de testemunho de sondagem do poço 2-SS-1-PB (anexo) localizado no Sítio Salguinho (Figura 2), cujo intervalo pertence integralmente à Formação Antenor Navarro. Na descrição, foram observados atributos como composição, textura, estruturas sedimentológicas e coloração (tabela de cores de Munsell). Os testemunhos foram fotografados (fotos com detalhes). Após descrito, o perfil estratigráfico foi carregado no programa AppleCore 9.4 e foram coletadas sete amostras para confecção de lâminas petrográficas. Com base nesse perfil, foram feitas a caracterização e interpretação de fácies sedimentares, e caracterização de sucessões de fácies, para interpretação do contexto deposicional

As lâminas petrográficas foram descritas e fotografadas utilizando o microscópio Zeiss (modelo AXIO Imager.A1 com câmera). O método escolhido para esta análise foi o de contagem de pontos (300 pontos/lâmina) usando o programa PetroLedge®.

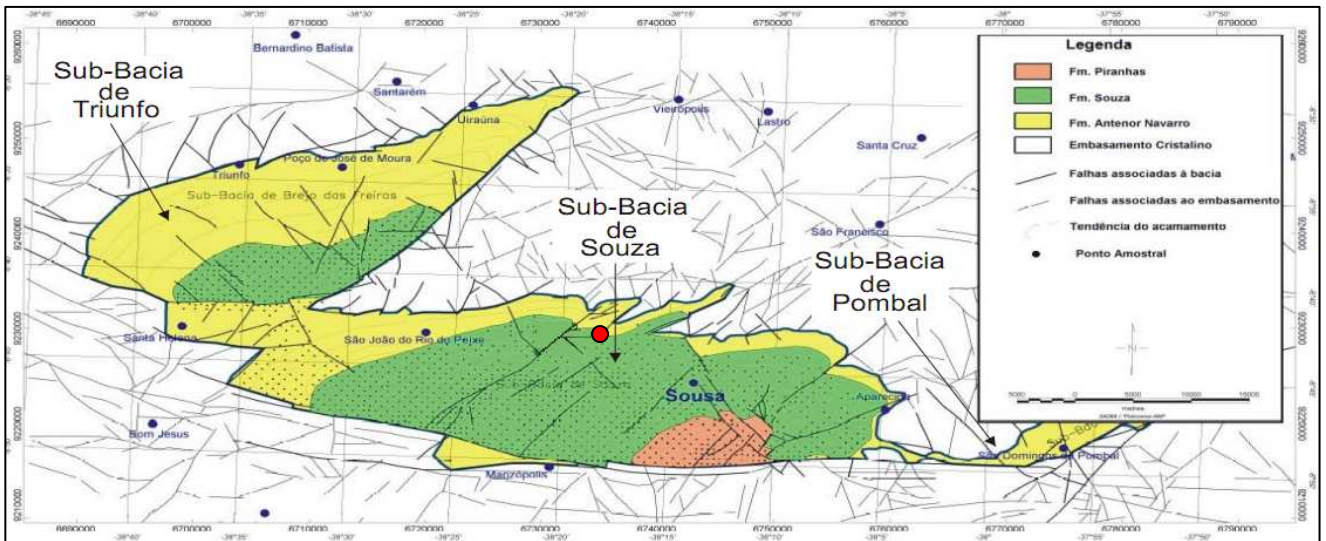


Figura 2 – Mapa estrutural do conjunto de bacias do Rio do Peixe com a localização do poço 2-SS-1-PB, em vermelho, localizado no Sítio Salguinho. (Fonte: ANP, 2007)

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 ASPECTOS GERAIS

A bacia de Sousa pertence ao conjunto de bacias do Rio do Peixe (Figura 3). Está localizada no extremo oeste do estado da Paraíba, sobre a província da Borborema, ocupando uma área de 675 km², no qual dados gravimétricos confirmam que a parte mais profunda da bacia está situada próxima a falha de Malta, localizada ao sul da bacia (SRIVASTAVA e CARVALHO, 2004).

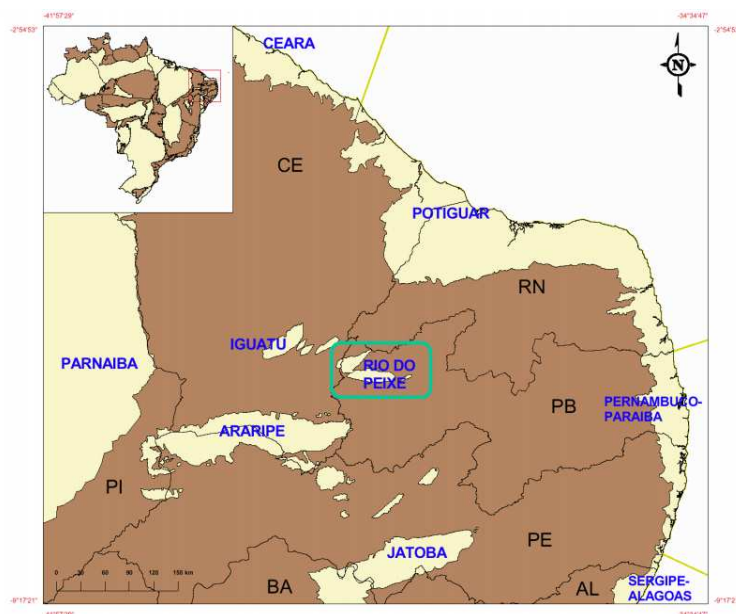


Figura 3: Localização do conjunto de bacias Rio do Peixe em verde. (Fonte: ANP, 2007)

2.2 PROVÍNCIA BORBOREMA

Segundo Bizzi *et al* a Província Borborema divide-se em três segmentos limitados por grandes zonas de dobramentos brasileiros: a Subprovíncia Setentrional, a Subprovíncia da Zona Transversal ou Central, e a Subprovíncia Externa ou Meridional. O embasamento desta Província tem sua história relacionada à evolução do supercontinente Atlântica e inclui pequenos núcleos arqueanos e faixas paleoproterozoicas, notadamente na Subprovíncia Setentrional, que situa-se a norte do Lineamento de Patos, subdividindo-se de Oeste para Leste em: Domínio Médio Coreaú, Domínio Ceará Central e Domínio Rio Grande do Norte. A Subprovíncia da Zona Transversal ou Central é um segmento crustal de direção Oeste-Leste, limitado a Norte pelo Lineamento de Patos, a Sul pelo Lineamento de Pernambuco, e a Leste pelas Bacias costeiras. Compõe-se, de NW para SE, pela Faixa Cachoeirinha e pelos terrenos: Alto Pajeú, Alto Moxotó e Rio Capibaribe, os quais foram amalgamados durante os eventos orogênicos Cariris-Velhos (1,0 a 0,95 Ga) e Brasileiro (750 a 520 Ma). Já a Subprovíncia Externa ou Meridional, está localizada a Sul do Lineamento de Pernambuco, encerrando os terrenos mesoproterozoicos Pernambuco-Alagoas, Paulistana-Monte Orebe e Canindé-Marancó, e as faixas neoproterozóicas Riacho do Pontal e Sergipana.

2.3 ASPECTOS TECTÔNICOS

Considerando a origem relacionada ao rifteamento do Gondwana, o conjunto de bacias do Rio do Peixe tem idade cretácica (Neocomiano), estando incluídas no conjunto de bacias sedimentares intracratônicas mesozóica do interior do Nordeste, formadas a partir da reativação de falhas pré-cambrianas inseridas na Província da Borborema, cuja estruturação é muito complexa, sendo dominada por intensos dobramentos (SRIVASTAVA & CARVALHO, 2004).

Segundo Françolin e Szatmari (1987), tais esforços gerados durante a abertura do Gondwana, ocasionaram a formação e reativação de numerosas falhas normais, que

originaram os semigrábens basculados para Sul na bacia, com direção predominante NE-SW, reativadas por movimentos transcorrentes dextrais tanto transtensional, no extremo NE, quanto transpressional no extremo SW. Sendo assim, a Bacia Rio do Peixe, localizada ao Norte do Lineamento de Patos, apresenta-se estruturalmente como uma bacia do tipo *pull-apart*, assim como a Bacia do Araripe, também inserida no conjunto das bacias intracratônicas do Nordeste brasileiro.

As principais falhas da bacia são a Falha de Malta e a Falha Portalegre (Figura 4) e, segundo Silva (2009), a combinação do nível de erosão atual com a geometria das falhas principais e os mergulhos das camadas, evidencia a existência de diferentes semigrábens (Pombal, Sousa e Brejo das Freiras), de Leste para Oeste.

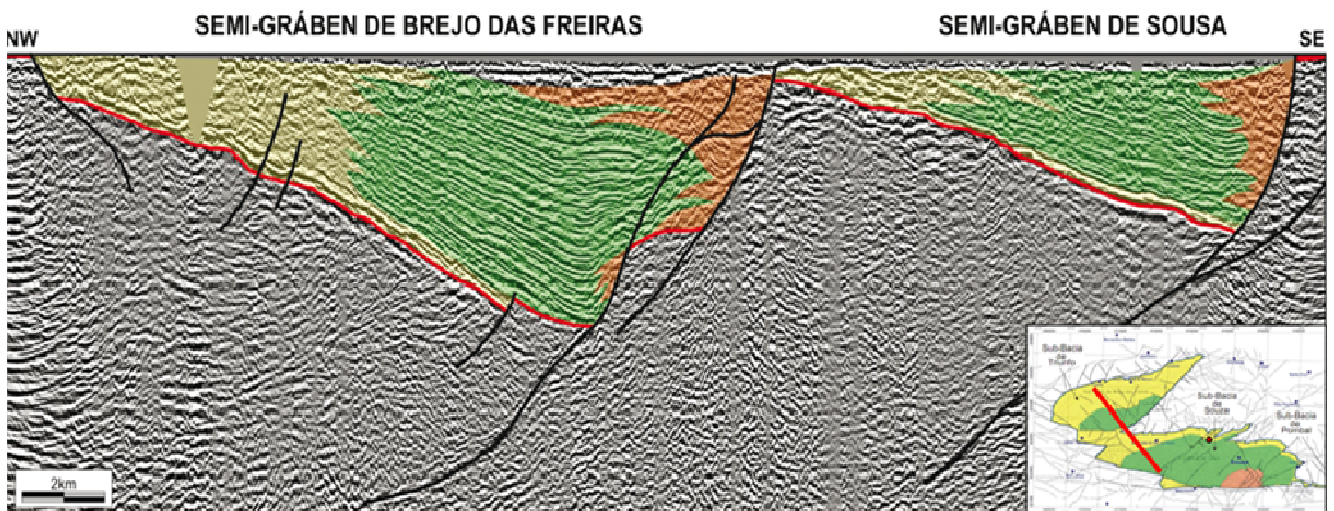


Figura 4: Semi-grábens do conjunto de bacias do Rio do Peixe interpretadas em sísmicas. (Fonte: *Córdoba et al*, 2007)

2.4 ESTRATIGRAFIA

(BRAUN, 1969) definiu três unidades estratigráficas para a bacia, nomeadas por Albuquerque (1970, *apud* FRANÇOLIN e SZATMARI, 1987) como: Formação Antenor Navarro, Formação Sousa e Formação Rio Piranhas, que são unidades usadas até os dias de hoje (Figura 5).

A unidade basal de idade Eocretácica, Formação Antenor Navarro, está disposta em inconformidade com o embasamento cristalino, descrito por Costa (2010) como ortognaisses da fácies xisto verde de composição modal tonalítica, e está sotoposta a Formação Sousa. Apresenta-se caracterizada por conter conglomerados e arenitos conglomeráticos desorganizados e matriz suportados, e principalmente arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas segundo Silva (2009). A interpretação paleoambiental feita por Srivastava e Carvalho (2004) para a formação, é de um rio entrelaçado com planície aluvial associado a leques aluviais.

A unidade Formação Sousa está sobreposta a Formação Antenor Navarro, e sotoposta a Formação Rio Piranhas. É caracterizada, segundo Lima Filho (2002), pela predominância de argilitos, siltitos e calcilitos, ocorrendo lentes delgadas de calcário, margas e corpos intercalados de arenitos finos ou grossos com laminações cruzadas, laminações plano-paralelas, laminações convolutas e marcas onduladas. É interpretada por Filho, R.P.S (2009), como depósitos de um sistema de leques distais dentro de um ambiente lacustre salina raso. Já Mendonça Filho *et al* (2006) que fizeram o estudo cromatográfico do óleo da Formação Sousa, exsudante na localidade do Sítio Salguinho, classificaram-o como um óleo maturo de ambiente lacustre de água doce não biodegradado.

A unidade do topo, Formação Rio Piranhas, está sobreposta a Formação Sousa, e é caracterizada, segundo Lima Filho (2002), por arenitos grossos e conglomerados muito mal selecionados, com estratificações cruzadas e plano-paralelas, ricos em grânulos e seixos e

feldspatos e litoclastos do embasamento cristalino. Srivastava e Carvalho (2004) interpretam esta unidade estratigráfica como sendo sistemas de leques aluviais e fluviais do tipo entrelaçado.

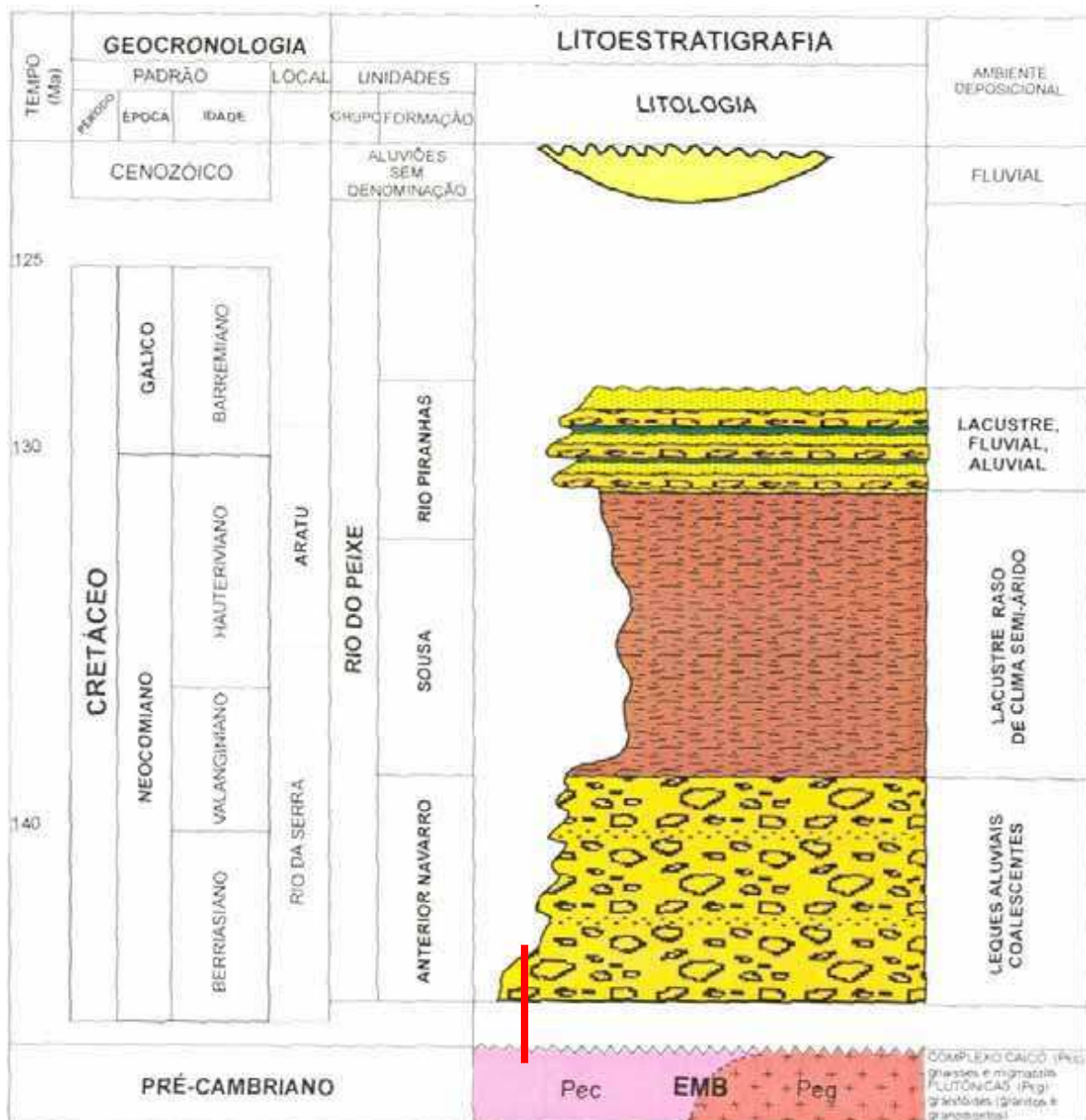


Figura 5: Coluna estratigráfica da bacia de Sousa (SRIVASTAVA e CARVALHO, 2004) com a indicação, em vermelho, do intervalo estudado no poço 2-SS-1-PB.

3. RESULTADOS

3.1 ANÁLISE FACIOLÓGICA

Neste trabalho foi possível a identificação de quatro litofácies sedimentares (Quadro 1), as quais serão tratadas apenas por “fácies”. Destas, a microclástica é representada pela letra “L”, e as três macroclásticas, pelas letras: A, Ac e C.

Quadro 1- Síntese das fácies (litofácies) descritas para a Formação Antenor Navarro

CODIGO	DIAGNOSE	INTERPRETAÇÃO
L	Argilitos sílticos ou siltitos Argilosos bioturbados	Decantação
A	Arenitos finos á médios, moderadamente selecionados, com laminação cruzada	Fluxo trativo unidirecional subaquoso em regime inferior
Cf	Conglomerado fino com má seleção e suportado por matriz arenosa	Fluxo trativo unidirecional subaquoso em regime inferior
C	Conglomerado seixoso suportado por matriz areno- lamosa	Fluxo trativo unidirecional subaquoso em regime inferior

Facies L – Lamito (figura 6)

Diagnose- Argilitos sílticos ou siltitos argilosos bioturbados.

Interpretação- Decantação

Descrição- Essa fácies aparece com uma frequência de 27%, podendo-se ou não, observar biotubações. A coloração dessa fácies é basicamente acinzentada a avermelhada (N4 a 10R 3/4).

Discussão- Essa fácies é representativa na profundidade de 23,45 m com a coloração avermelhada e, na profundidade 17,30 m, com a coloração acinzentada.

Representa a deposição por decantação dentro do intervalo em momentos de baixa energia, em que a coloração avermelhada evidencia uma maior oxidação em relação a coloração acinzentada.



Figura 6 – Fácies L avermelhada descrita no poço 2-SS-1-PB. 24m

Fácies A – Arenito (figuras 7)

Diagnose- Arenitos finos á medios, moderadamente selecionados, com laminação cruzada.

Interpretação- Depósitos arenosos por corrente trativa unidirecional subaquosa em regime de fluxo inferior.

Descrição- Essa fácies aparece com uma frequência de 15%, sendo caracterizada por uma granulometria tipicamente fina a média, apresentando uma seleção moderada, e grãos subarrendandos. Composta por uma baixa quantidade de matriz, as vezes aparece associada a lamitos. Ocasionalmente, esses arenitos aparecem bioturbados.

A coloração é basicamente amarelada ou acinzentada (10 YR 7/4 ou 5Y 6/1).

Discussão- Esta fácies é representativa na profundidade de 26 m, em que podem-se observar: laminações cruzadas no arenito demonstrando um fluxo trativo; e uma associação com lamitos demonstrando, também, momentos de baixa energia. Apresenta-se muito biotubada, tendo, por vezes, um aspecto de arenito lamoso.

Na profundidade de 15,40 m, esta fácies é bem caracterizada pela pouca quantidade de matriz e pela coloração amarelada, sendo difícil o reconhecimento das estruturas sedimentares por causa da grande quantidade de fraturas.

Na profundidade de 9,45 m, é possível observar concreções carbonáticas de origem diagenética, representando momentos de aridez para o intervalo.



Figura 7- Fácies A descritas no poço 2-SS-1-PB, na profundidade de 10 m.

Fácies C- Conglomerado (Figura 8)

Diagnose- Conglomerado seixoso suportado por matriz areno-lamosa.

Interpretação- Depósitos arenosos por corrente trativa unidirecional subaquosa em regime inferior.

Descrição- Essa fácies aparece com uma frequência de 10%, cuja granulometria é tipicamente seixo, com uma muito má seleção, e grãos subarredondados. O conglomerado é formado por intraclastos de argila de tamanho centimétrico, e com a matriz composta por quartzo, feldspato e litoclastos. Apresenta-se com uma quantidade muito grande de matriz.

A coloração desta fácies é evidenciada por tons esverdeados (5GY 6/1).

Discussão- Essa fácies é representativa na profundidade de 25,10 m, sendo caracterizada pelos intraclastos centimétricos de argilitos que formam o arcabouço deste conglomerado.

Estes intraclastos argilosos são materiais oriundos da erosão de um registro de ambiente de baixa energia, que foi retrabalhado e depositado por um fluxo trativo subaquoso perto da própria área fonte. Tais intraclastos, por vezes, aparecem incorporados à matriz arenosa pela compactação do intervalo.



Figura 8 - Fácies C descrita no poço 2-SS-1-PB, na profundidade de 25,50m.

Fácies Cf – Conglomerado fino (figura 9)

Diagnose- Conglomerado fino com má seleção e suportado por matriz arenosa.

Interpretação- Corrente tratativa unidirecional subaquosa

Descrição- Essa fácies aparece com uma frequência de 48%, cuja granulometria é tipicamente de grânulo, com uma má seleção, e grãos subangulares. Os conglomerados são compostos por quartzo, feldspato e litoclastos. A matriz apresenta-se, por vezes, lamosa.

A coloração é basicamente marrom, amarelada ou acinzentada (10YR 5/4, 10 YR 6/2 ou 5Y 7/6).

Discussão- Essa fácies é representativa na profundidade de 17,80 m.

Os intraclastos de argila, milimétricos, podem incorporar-se mecanicamente à matriz por compactação, sendo bem representados na profundidade de 13 m.

As fraturas dos intervalos referente a esta fácies, aparecem fechadas por grãos cominuídos de maneira mecânica, dificultando assim, a preservação de estruturas sedimentares para esta fácies.

Hidrocarboneto ocorre na profundidade de 17,80 m a 20 m, com provável migração oriunda de falhas abertas, o que, aparentemente, não é frequente para o intervalo.



Figura 9- Fácies Cf com hidrocarbonteto descrita no poço 2-SS-1-PB, na profundidade de 20m.

3.2 SUCESSÃO DE FÁCIES

Caracteriza-se pela sucessão das fácies C/Cf → A → L, interpretada como resultante de um paleoambiente fluvial meandrante considerando a sobreposição de ciclos *finning up* e a expressiva quantidade de argila associada. Foram descritos 8 intervalos dessa sucessão no testemunho de sondagem, que se apresentam como 6 ciclos *finning-up*.

No intervalo inferior, 28 a 26 m de profundidade (Figura 10), contem um arenito lamoso na base, da fácies A, em contato com o embasamento cristalino (inconformidade). Por vezes, aparecem intercalações desse arenito com lamito. O intervalo é interpretado como sendo a planície de inundação do paleoambiente fluvial meandreante, onde sucessivos pulsos arenosos oriundos de leques de arrombamento acumulam-se. O aspecto lamoso do arenito é interpretado como sendo produto da compactação de pequenos clastos de argila (intraclasto) e bioturbação, que modificaram a trama e a seleção dos registros sedimentares.

No intervalo acima, de 26 a 23,45 m de profundidade (Figura 10), há um primeiro ciclo *finning-up* claro, composto pela sobreposição da fácies C pela L. Este ciclo é interpretado como o de um canal fluvial, posteriormente recoberto por uma planície de inundação (fácies L).

No intervalo de 23,10 m a 17,30 m de profundidade (Figura 10), aparecem três ciclos *finning-up* representados por sobreposições das fácies Ac por L, interpretadas como a alternância do registro de canais com o de planícies de inundação, no sistema fluvial meandrante.

No intervalo de 16,80 m a 9,60 m de profundidade (Figura 10), aparecem dois ciclos *finning up* compostos pelas fácies: (1) Ac, interpretada como sendo depósito de areias de canais fluviais; (2) A, interpretada como sendo registro de barras de acreção lateral; e (3) L, interpretada como planícies de inundação. Ressalta-se que na sobreposição desses ciclos observou-se contatos por falha, dificultando o reconhecimento do ciclo. A interpretação para

esse intervalo foi a de uma compartimentação de um registro fluvial meandrante pela tectônica.

No intervalo superior, acima da profundidade 9,60 m (Figura 10), sucedem-se estratos apenas da fácies Cf em granodecrescência ascendente. Este registro é interpretado como sobreposições de canais fluviais que se interceptam.

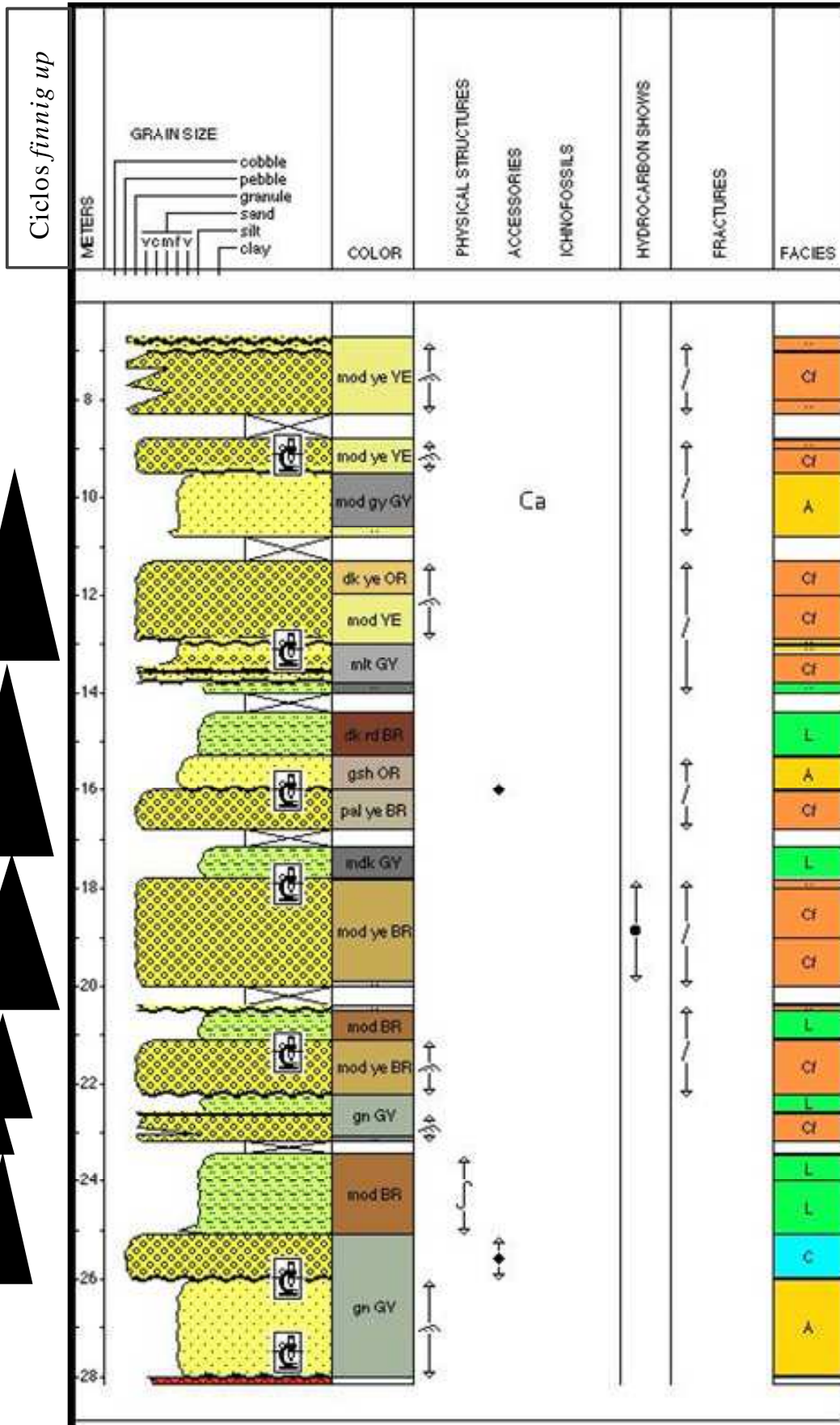


Figura 10: Perfil estratigráfico do poço 2-SS-1-PB confeccionado no programa AppleCore, indicando as profundidade das lâminas petrográficas descritas e os ciclos *finng up*.

3.3 PETROGRAFIA

Os arenitos são compostos, em todas as lâminas, por arcóseos, apresentando basicamente: quartzo, k-feldspato, plagioclásio (Tabela 2). Na amostra R5, também foi observado clorita (32,67%).

A maioria dos minerais de quartzo na amostras, apresentam-se como monocristalinos. Os feldspatos apresentam-se, muitas vezes, alterados para matriz argilosa (caulim?), principalmente nas amostras R1, R2 e R7. Já as cloritas, presentes na amostra R4, são oriundas da alteração de biotitas (Figura 12)

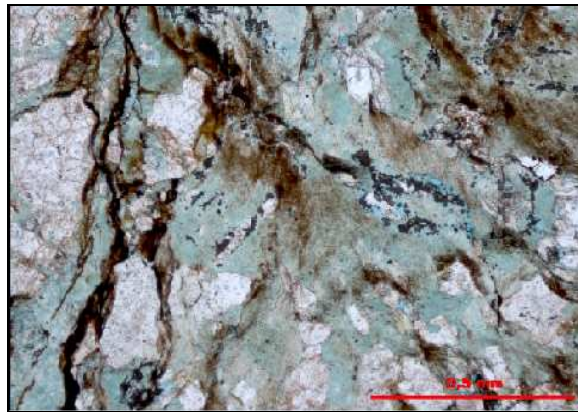


Figura 11: Biotitas alterando para clorita na amostra R4, de profundidade 17,90 m, com nicol paralelo. (escala: 0,5 mm)

De forma geral, os grãos são médios a grossos mal selecionados, apresentando-se em um estágio de cimentação avançado. Normalmente, os grãos são subarredondos e, por muitas vezes, cominuídos por ação mecânica (*gauge*) em zonas de fraturas na rocha (Figura 13).

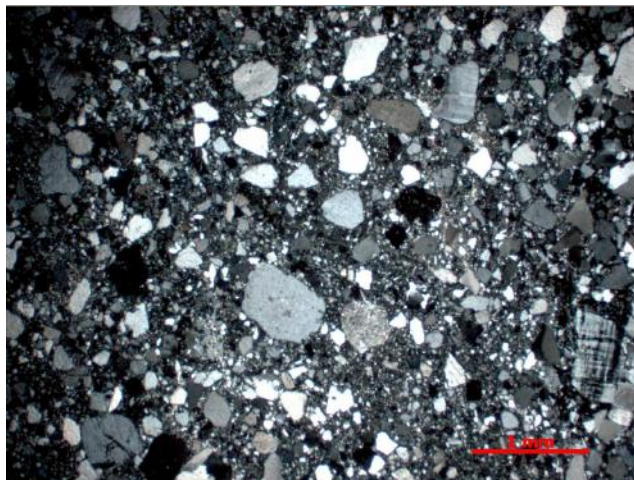


Figura 12: *Gauge* na amostra R5, de profundidade 21,35 m, com nicol cruzado (direita), mostrando os grãos de quartzos cominuídos em zonas de micro-fraturas. (escala: 1 mm)

Tabela 2 – Porcentagem dos constituintes mineral, e porosidade em cada lâmina petrográfica descrita.

Amostra	Prof. (m)	Fácies	Identificação do Constituinte (%)									
			Quartzo Monocristalino	Quartzo Policristalino	K-Feldspato	Plagioclásio	Feldspato Alterado	Fragmento de Rocha	Clorita	Oxido de Ferro	Porosidade Fratura em Rocha	Porosidade por dissolução
R1	9,10	Cf	18,33	20,00	15,00	10,67	16,67	4,00	-	1,67	11,33	2,33
R2	13,10	A	21,67	11,67	17,33	10,00	28,67	0,67	-	-	6,00	4,00
R3	16,00	Cf	24,33	27,00	18,00	8,67	12	0,33	-	-	6,67	3,00
R4	17,90	Cf	25,67	10,33	16,67	1,00	8,67	-	32,67	-	4,00	1,00
R5	21,35	Cf	68,33	9,33	18,00	3,67	0,67	-	-	-	-	-
R6	26,00	C	40,67	4,33	29,67	8,33	5,67	-	-	-	5,00	2,33
R7	27,50	A	20,00	13,33	29,67	6,00	24,33	2,33	-	-	1,00	1,67

Pela classificação de Folk (1985), quase todas as amostras encontram-se no campo de arcóseo (Figura 14), exceto R5 que encontra-se no campo de subarcóseo.

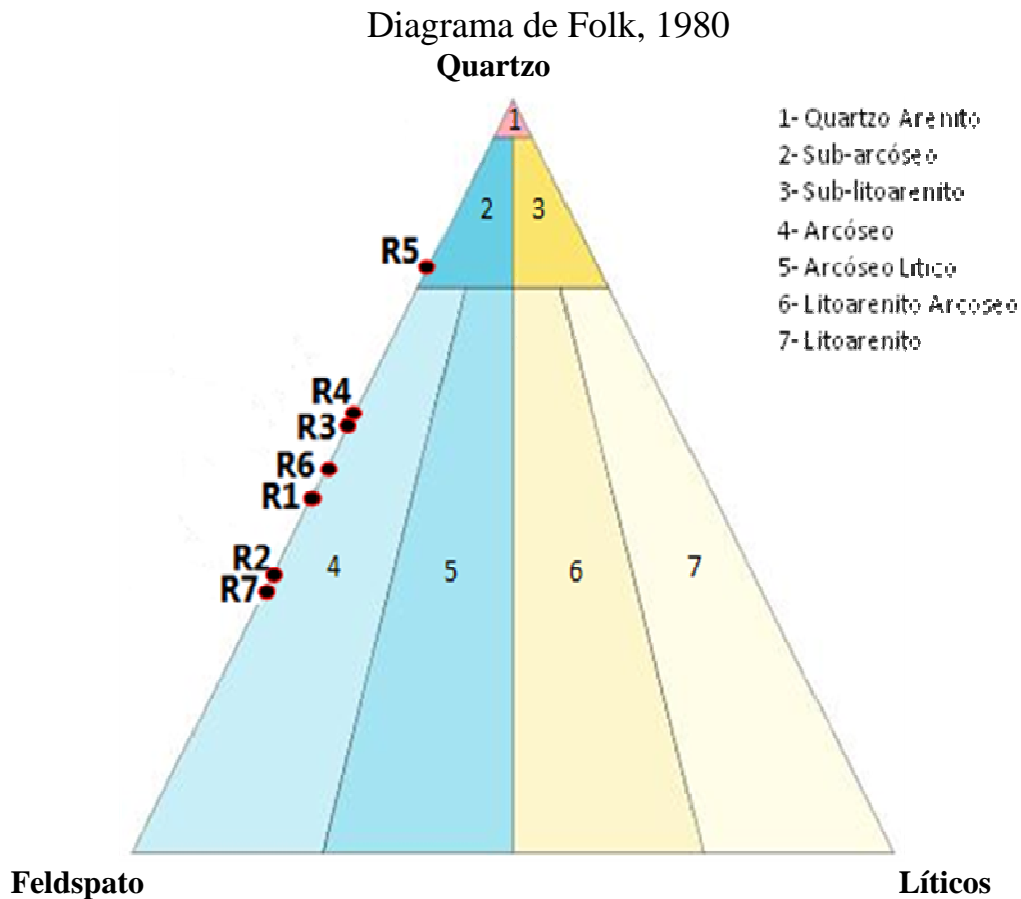


Figura 13 - Diagrama de Folk para classificação petrográfica de arenitos, apresentando as amostras estudadas. Observe que quase todas as amostras encontram-se no campo de arcóseo.

Em relação à proveniência, as amostras plotadas no diagrama de Dickinson (Figura 15) apontam para as fontes: continental transicional e embasamento soerguido. Isso é interpretado como oriundo de uma tectônica ativa, que disponibilizava material para ser erodido e preencher a bacia. Também foram observadas fraturas em lâminas petrográficas, que podem demonstrar a continuidade da ação da tectônica, mesmo após a deposição sedimentar.

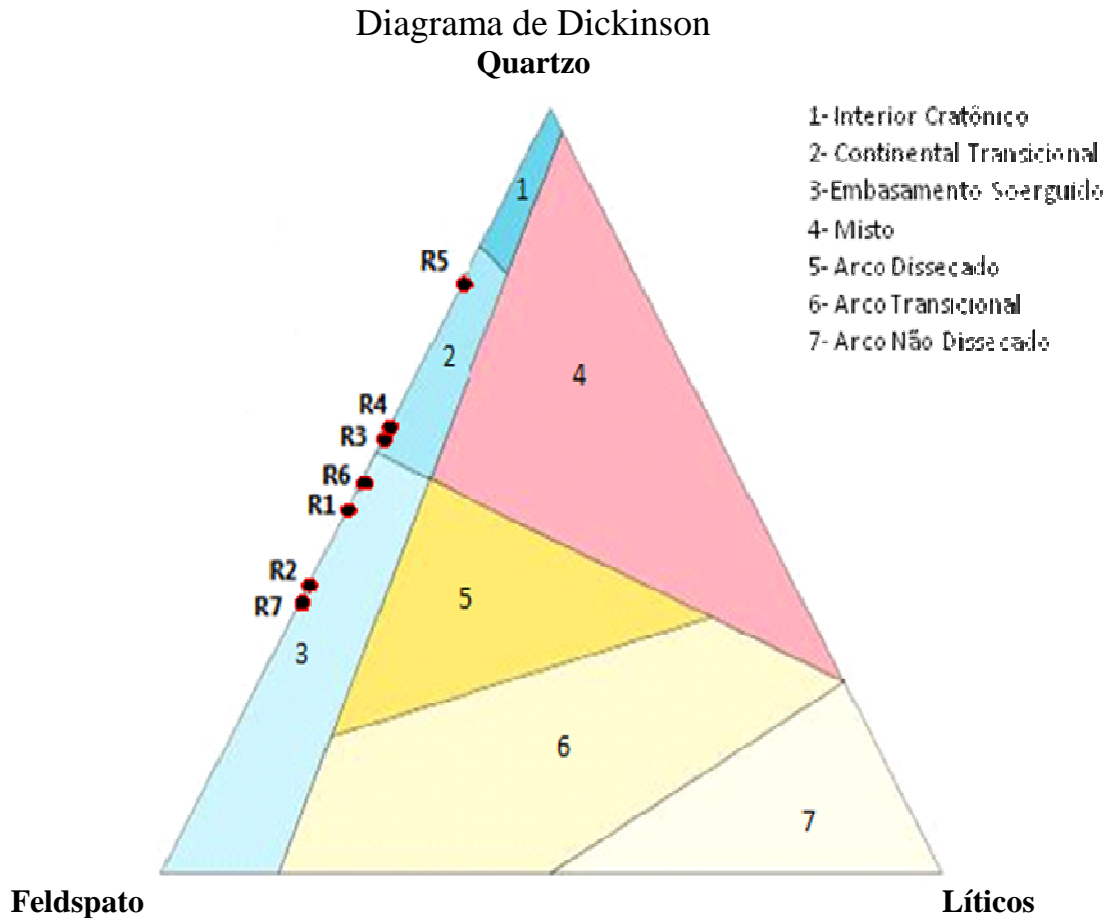


Figura 14- Diagrama de Dickinson para a classificação de petrofácies de arenitos, apresentando as amostras estudadas. Observe que as amostras R3, R4 e R5 encontram-se plotadas no campo continental transicional e as amostras R1, R2, R6 e R7, no campo de embasamento soerguido.

Os arenitos vistos como rochas reservatório, apresentaram-se muito prejudicados em relação à porosidade pelo alto grau de cimentação da rocha, pela grande quantidade de feldspatos alterados (matriz, caulim?) e, na amostra R5, pela abundante presença de cloritas.

Foram observados dois tipos de porosidade: fratura em rocha (Figura 16) e dissolução mineral (Figura 17), que não aparece de maneira muito expressiva nas amostras descritas. Dentre esses dois tipos de porosidade descritos, a de fratura em rocha, oriunda de esforços tectônicos na bacia, mostrou ser mais importante; porém, tal porosidade apresenta-se muitas vezes preenchida por quartzo cominuído (*Gauge*).

A tectônica na área foi capaz de deformar e triturar (nas zonas de fratura) os grãos de quartzo, o que pode evidenciar uma tectônica não só formadora, mas também deformadora na bacia.

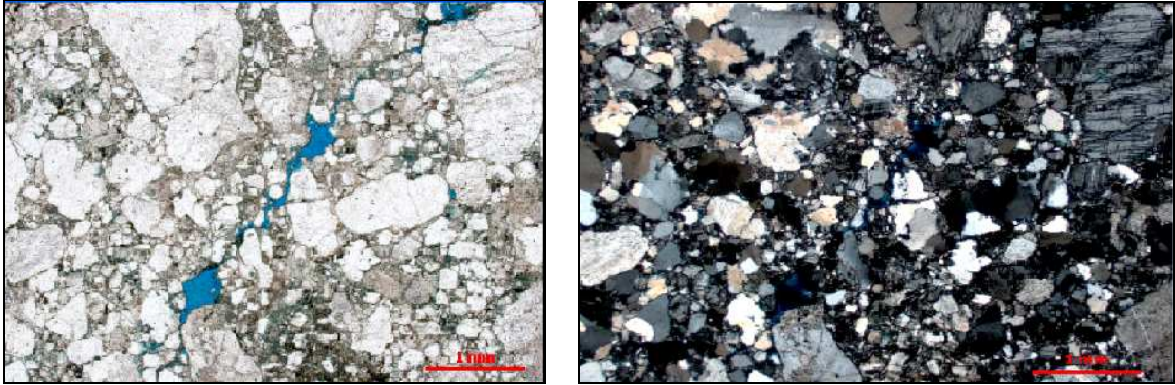


Figura 15: Fratura em rocha na amostra R2, de profundidade 13,10 m, com nicol paralelo (esquerda) e com o nicol cruzado (direita), com a lente de 2,5x. (escala: 1 mm)

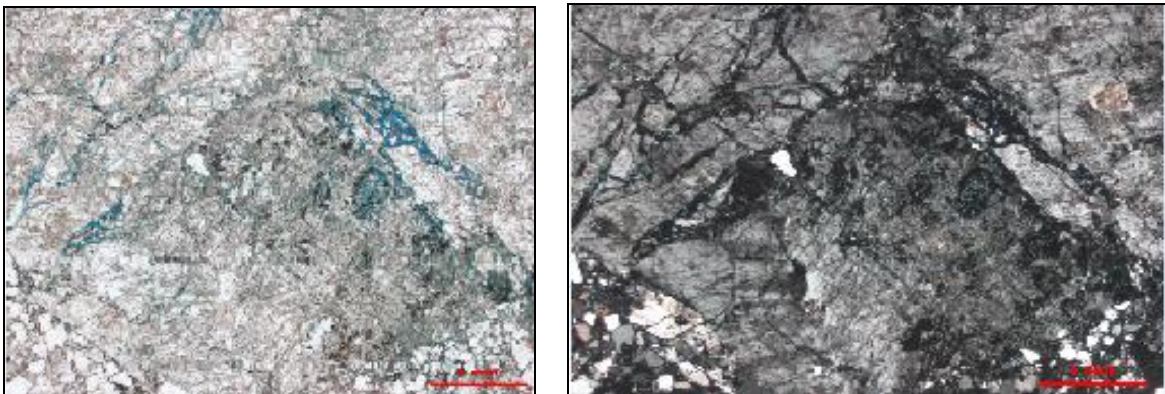


Figura 16: Fratura por dissolução de grão na amostra R6, de profundidade 26,00 m, com nicol paralelo (esquerda) e com o nicol cruzado (direita), com a lente de 2,5x. (escala: 1 mm)

3.4 MODELO TECTONO-SEDIMENTAR

Além do poço 2-SS-1-PB está localizado em um alto estrutural bem marcado por descontinuidades (Figura 17), outras evidências como: contatos por falha (Figura Ya), slickenside no contato (Figura Yb) e fraturas vistas em escala microscópicas (Figura Yc) evidenciam uma tectônica deformadora na bacia que poderia ter fragmentado um paleoambiente interpretado como fluvial meadrante.

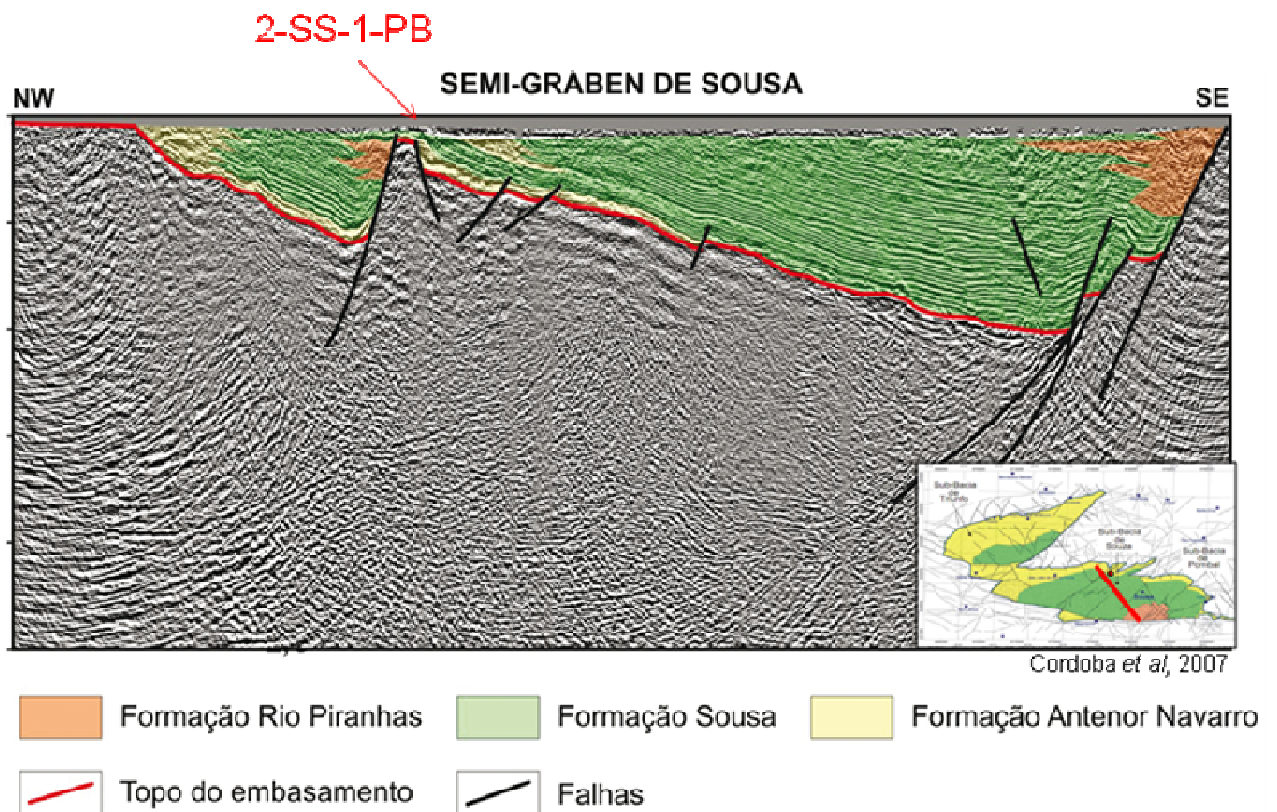


Figura 17: Localização do poço 2-SS-1-PB visualizado em sísmica (Fonte: *Córdoba et al*, 2007).

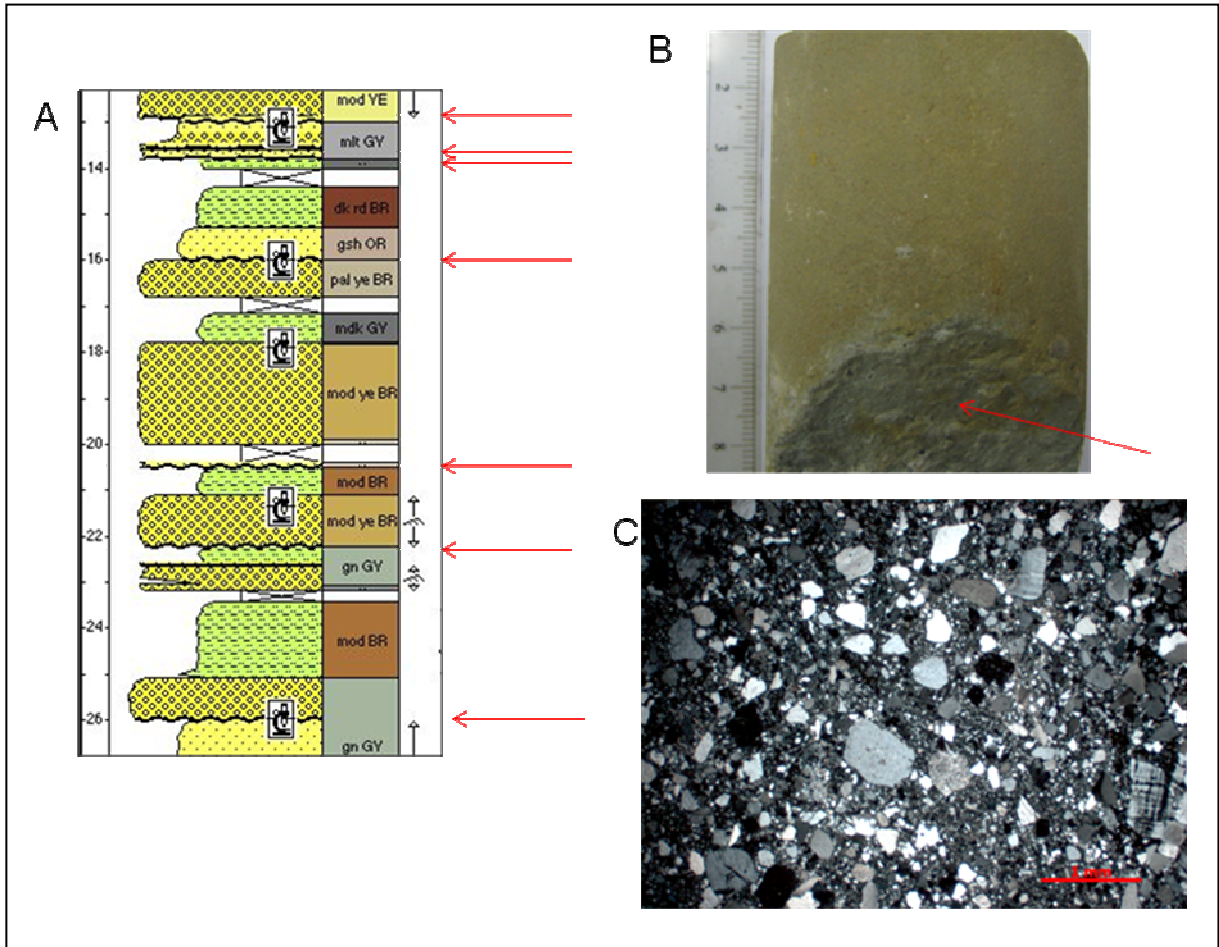


Figura 18: Evidências de uma tectônica deformadora no poço 2-SS-1-PB. (a) Setas vermelhas demonstrando contatos por falha; (b) Seta vermelha mostrando *slickenside* na amostra de profundidade 12,80 m; (c) Grão ed quartzo cominuídos vistos em microscópio petrográfico.

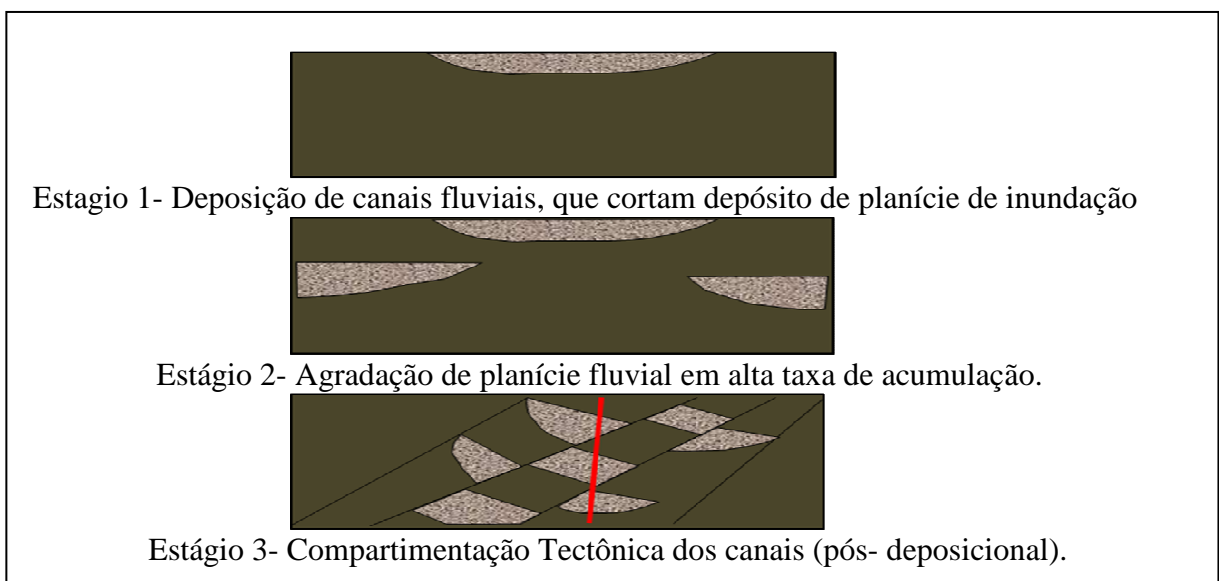


Figura 19 Modelo simplificado dos Estágios de fragmentação de um sistema fluvial meandrante para o poço 2-SS-1-PB

Legenda: Arenitos e Conglomerados Lamitos Falhas Poço 2-SS-1-PB

4. CONCLUSÃO

A fácies que demonstrou melhor potencial como rocha reservatório foi a fácies Cf, presente em cerca de 48% do poço 2-SS-1-PB, porém, a imaturidade composicional e a má seleção dos grãos comprometem a porosidade dessas rochas ($n = \sim 7\%$; considerada pobre). Além disso, as intercalações com rochas da fácies L influenciam de forma negativa a conectividade entre os reservatórios, pois cria barreiras de fluxos entre os intervalos de interesse.

Observou-se também que grande parte dos feldspatos presentes estão alterados (caulim?), e que as fraturas estão, em sua maioria, preenchida por quartzo cominuídos (*gauge*). Com isso, possíveis porosidades pré-existentes são comprometidas pela alteração, cimentação e abrasão entre os grãos. Na amostra R4, da fácies Cf, também são descritas uma grande quantidade de cloritas ($\sim 32\%$) que se comportam como “micro-barreiras” impermeabilizantes.

Em relação à tectônica, observou-se um intenso fraturamento proveniente de prováveis esforços deformacionais na bacia. Porém, as falhas e fraturas são fechadas pois estão preenchidas, não servindo como meio de migração para hidrocarbonetos, e comportando-se como grandes barreiras impermeabilizantes dentro dos intervalos.

Refências Bibliográficas

ANP. **Bdep**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://bdep.gov.br>. Acesso em: 06.12.2011

ANP. **Round9**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brnd/round9>. Acesso em: 06.12.2011

BIZZI, L. A & VIDOTTI, M. R.. Condicionamento do Magmatismo pós-Gondwana. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil L. A.. CPRM, Brasília, P. 264-281, 2003.

BRAUN, O.P.G.. Geologia da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil. Rio do Janeiro: A Prospecções Geologia e Aerofotogrametria (PROSPEC) e Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Relatório, 23 p.,1969.

COSTA, T.. **Análise Petrográfica do embasamento da bacia de Sousa no estado da Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) -Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 39F. 2010.

FILHO, R. P. S.. **Fácies da formação Sous (Certácio inferior) e seu contexto em um sistema petrolífero na bacia de Sousa (PB)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) -Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 33F. 2009.

FRANÇOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P.. Mecanismos de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Ver. Bras. Geoc.**, **17(2)**: 196-207, 1987.

MENDONÇA FILHO, J. *et al.* Aspectos geoquímicos do óleo da Bacia de Sousa (Cretáceo Inferior), Nordeste do Brasil: Contexto geológico. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 91-98, 2006.

LIMA FILHO, M. L., Mapa faciológico da Bacia Rio do Peixe, Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, Rio Claro. Boletim... Rio Claro: UNESP,2002, P. 103-106, 2002.

SILVA, A. N. Estratigrafia e evolução estrutural da bacia do rio do peixe, nordeste do Brasil. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. No prelo.

SRIVASTAVA, N.K. & CARVALHO I.S.. Bacias do Rio do Peixe. Aracaju: Fundação Paleontológica Phoenix, Informativo Phoenix, n.71, p. 180-188, 1987.

CÓRDOBA, V. C. *et al.*. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil: integração a partir do levantamento sísmico pioneiro 0295_RIO_DO_PEIXE_2D**. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 53-68, nov. 2007/maio. 2008.

ANEXOS

2-SS-1-PB



SS-1_Cx2[10]

SS-1_Cx1[10]

2-SS-1-PB



SS-1_Cx4[10]

SS-1_Cx3[10]

2-SS-1-PB



SS-1_Cx6[10]

SS-1_Cx5[10]

2-SS-1-PB



SS-1_Cx8[10]

SS-1_Cx7[10]

2-SS-1-PB



SS1_Cx10[10]

SS1_Cx9[10]