

Gustavo Lobato Soares

**ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE ALTA RESOLUÇÃO NO
INTERVALO DO LIMITE FORMACIONAL LONGÁ/POTI
(NEODEVONIANO/EOCARBONÍFERO) EM TESTEMUNHOS DE
SONDAGEM DA BACIA DO PARNAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

**UFRJ
Rio de Janeiro
2007**



UFRJ

Gustavo Lobato Soares

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE ALTA RESOLUÇÃO NO INTERVALO DO LIMITE
FORMACIONAL LONGÁ/POTI (NEODEVONIANO/EOCARBONÍFERO) EM
TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DA BACIA DO PARNAÍBA

Trabalho de Conclusão 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 Bacharel em Geologia.

Orientador:

Leonardo Borghi

Rio de Janeiro
Janeiro de 2007

LOBATO, Gustavo

Análise estratigráfica de alta resolução no intervalo do limite formacional Longá/Poti (Neodevoniano/Eocarbonífero) em testemunhos de sondagem da bacia do Parnaíba / Gustavo Lobato Soares - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, jan. 2007.

xi, 30 p. : il., apênd., anexos; 30cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, jan. 2007.

Orientador: Leonardo Borghi

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

Gustavo Lobato Soares

ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DE ALTA RESOLUÇÃO NO INTERVALO DO LIMITE
FORMACIONAL LONGÁ/POTI (NEODEVONIANO/EOCARBONÍFERO) EM
TESTEMUNHOS DE SONDAGEM DA BACIA DO PARNAÍBA

Trabalho de Conclusão 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 Bacharel em Geologia.

Orientador:

Leonardo Borghi

Aprovada em: 05 jan. 2007

Por:

Dr. Leonardo Borghi (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2007

A Fábio de Freitas Soares – FFS
In memoriam

Agradecimentos

À minha família, que sempre me incentivou e apoiou minhas decisões ao longo da vida. Em especial ao meu pai, Fábio, minha mãe, Cláudia e minha irmã, Lília, pelo grande suporte em todos os momentos.

Ao mestre, doutor, orientador, chefe, tutor, cientista e amigo Leonardo Borghi pelos grandes ensinamentos e conselhos, pela paciência e por todas as “discordâncias e conformidades relativas”.

Ao geólogo, conselheiro e co-orientador Charles Young, pelas ajudas, dicas e sugestões ao longo da minha formação geológica.

Ao Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo da UFRJ (conv. UFRJ/PRH-ANP/MCT n.18) pela bolsa e apoio financeiro recebidos para a execução deste trabalho.

Ao 4º Distrito do DNPM (Recife, PE), pelo acesso aos testemunhos de sondagem do Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba.

Aos professores do Departamento de Geologia da UFRJ que se empenham em ensinar ciência e formar geólogos; em particular ao professor José Agnelo Soares, pelo auxílio nas análises petrofísicas; e ao professor João Graciano Mendonça Filho, pela análise de palinofácies.

Aos técnicos do Departamento de Geologia da UFRJ Tarcísio, pela confecção das lâminas petrográficas, e Quintão, pela usinagem de amostras dos testemunhos.

Aos amigos, Pepê, Tizé, Dedé, Clylvio, Myago, Mangaba, Bigú e Janine, pela grande amizade por todos esses anos.

A todos os LAGESEDIANOS, pela agradável e divertida convivência.

À Marina Abelha, pelo grande companheirismo, amizade e carinho.

Cogito ergo sum (R. Descartes)

Resumo

LOBATO, Gustavo. **Análise estratigráfica de alta resolução no intervalo do limite formacional Longá/Poti (Neodevoniano/Eocarbonífero) em testemunhos de sondagem da bacia do Parnaíba.** 2007. xi, 30p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O estudo objetiva a análise detalhada de fácies do intervalo no limite entre as formações Longá e Poti (Neodevoniano/Eocarbonífero) com base 270 m de testemunhos de sondagem descritos dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI (Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba, DNPM/CPRM), com a finalidade de testar modelos estratigráficos alternativos para a definição de seqüências deposicionais de alta frequência (alta definição), como forma de contribuir para o conhecimento geológico exploratório de hidrocarbonetos na bacia do Parnaíba. Os resultados apontaram para a identificação de 13 fácies sedimentares (10 lito- e 3 icnofácies), agrupadas em 9 sucessões de fácies, as quais permitiram o reconhecimento de sistemas deposicionais glácio-marinho, marinho raso dominado por ondas e flúvio-deltaicos (frente deltaica e prodelta) dominados por ondas. A análise das sucessões de fácies permitiu a caracterização de superfícies estratigráficas de regressão forçada (discordantes) de várias naturezas e ordens, que, por sua vez, permitiram a caracterização de duas seqüências de 3ª ordem, limitadas por uma superfície de erosão subaérea, nas quais se inserem outras de menor ordem (4ª/5ª ordem?). Sugere-se a superfície de discordância subaérea, que limita as seqüências de 3ª ordem, como o limite formacional envolvido. O modelo estratigráfico aponta para a evolução deposicional em um contexto de *rebound* isostático e permite especular a existência de corpos de arenito isolados ao centro da bacia, correlatos ao intervalo estudado, potenciais reservatórios.

Palavras-chave: Bacia do Parnaíba, Exploração de Petróleo, Formação Longá, Formação Poti, Devoniano, Carbonífero, Regressão Forçada

Abstract

LOBATO, Gustavo. **High resolution stratigraphic analysis of the Longá/Poti formational interval limit (Late Devonian / Early Carboniferous) in well cores of the Parnaíba Basin**. 2007. xi, 30p. Final Course Monograph (Bachelor in Geology) – Department of Geology, Geosciences Institute, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The study aimed a detailed facies analysis of the Longá and Poti formational limit interval (Late Devonian/ Early Carboniferous) based on the description of 270 m of cores from the wells 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI (Carvão da Bacia do Parnaíba Project, DNPM/CPRM), in order to test an alternative stratigraphic model for the definition of high frequency depositional sequences (high resolution), as way to contribute to the HC exploratory models for the Parnaíba Basin. Results allowed the characterization 13 sedimentary facies (10 litho- and 3 ichnofacies), grouped in 9 succession of facies (SF), which permitted the recognition of a glaciomarine, a wave-dominated shallow marine and wave-dominated fluvio-deltaic (delta front and prodelta) depositional systems. The analysis of the SFs allowed the characterization of forced regressive stratigraphic surfaces (unconformities) of many natures and orders, which in turn allowed the characterization of two 3rd order stratigraphic sequences, limited by one subaereal erosive surface, including other sequences of smaller orders (4th/5th orders?). It's suggested the subaereal erosive surface that limits the 3rd order sequences as the formational limit envolved. The stratigraphic model points to an isostatic rebound depositional evolution, which leads to the speculation of the existence of isolated sandstone bodies in the center of the basin, correlative to the studied interval, as potencial HC reservoirs.

Key-words: Parnaíba Basin, Petroleum Exploration, Longá Formation, Poti Formation, Devonian, Carboniferous, Forced Regression

Lista de figuras

Figura 1 – Mapa de localização dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI, na borda Nordeste da bacia. (Base: mapa geológico da CPRM, 2001)

Figura 2 – Modelos deposicionais (A) do sistema glácio-marinho e (B) do trato de sistemas marinho raso dominado por ondas, costeiro–deltaico dominado por ondas e flúvio-deltaico dominado por ondas, interpretados para o intervalo de estudo nos testemunhos dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI.

Figura 3 – Arquitetura estratigráfica e correlação entre os poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI. Observar as fácies, sucessões de fácies, superfícies estratigráficas e seqüências deposicionais definidas (v. texto para discussão).

Lista de quadros

Quadro 1 – Quadro síntese das fácies caracterizadas nos testemunhos estudados dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI.

Quadro 2 – Quadro síntese das sucessões de fácies nos testemunhos estudados dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI.

Lista de abreviaturas

FSST	<i>Falling stage system tract</i>
HCS	<i>Hummocky-cross stratification</i>
SD	Superfície discordante (limite de seqüências)
SI	Superfície de inundação
SIM	Superfície de inundação máxima
SRb	Superfície basal de regressão forçada
SRem	Superfície regressiva de erosão marinha
SRs	Superfície regressiva de discordância subaérea
ST	Superfície transgressiva
TSMA	Trato de sistemas de mar alto
TSMB	Trato de sistemas de mar baixo
TST	Trato de sistemas transgressivos

Sumário

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
Lista de figuras	viii
Lista de quadros	ix
Lista de abreviaturas	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODO.....	2
3 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	4
3.1 A bacia do Parnaíba.....	4
3.2 A Formação Longá.....	6
3.3 A Formação Poti.....	7
3.4 Geologia do Petróleo.....	9
4 RESULTADOS.....	12
4.1 Sistemas deposicionais.....	12
4.1.1 Sistema glácio-marinho	15
4.1.2 Sistema costeiro–deltaico dominado por ondas	17
4.1.3 Sistema marinho raso dominado por ondas	17
4.1.4 Sistema flúvio-deltaico dominado por ondas	18
4.2 Seqüências deposicionais.....	18
4.3 Discussão estratigráfica	24
5 CONCLUSÕES.....	27
Referências bibliográficas	28
Apêndice A – Caracterização das fácies sedimentares.	
Apêndice B – Caracterização das sucessões de fácies.	
Apêndice C – Estampas.	
Anexo A – Diagrama estratigráfico da bacia do Parnaíba.	
Anexo B – Mapas de isópacas das formações Longá e Poti.	

1 INTRODUÇÃO

A bacia do Parnaíba é uma extensa bacia cratônica situada no Nordeste brasileiro, com preenchimento principalmente Paleozóico. Dentre as bacias brasileiras pode ser considerada entre as a menos conhecidas do ponto de vista geológico, sobretudo devido à fraca perspectiva exploratória para hidrocarbonetos e distância dos grandes centros de pesquisa do País.

As formações Longá e Poti, de idade Fameniano–Viseano (Neodevoniano–Eocarbonífero), pertencem à porção superior do Grupo Canindé e são consideradas como um ciclo transgressivo–regressivo final da Seqüência Devoniana de Góes & Feijó (1994), de 2ª ordem. Análises estratigráficas detalhadas e, mais particularmente, as de fácies envolvendo essas duas formações são escassas, o que dificulta a avaliação do seu potencial econômico.

Em um esforço de contribuição ao conhecimento exploratório de hidrocarbonetos na bacia, considerada de fronteira exploratória, o estudo objetiva a análise faciológica e estratigráfica de um intervalo da porção superior da Formação Longá e inferior da Formação Poti em subsuperfície (testemunhos de sondagem), com a finalidade de se testar a hipótese de mecanismos estratigráficos de regressões forçadas conformadores da arquitetura deposicional do intervalo, como verificado para a Formação Pimenteira por Young (2006) e Young & Borghi (2006). A análise de fácies envolveu a caracterização de fácies e suas sucessões, assim como a interpretação de sistemas deposicionais e a identificação de superfícies estratigráficas de seqüências.

O desafio está em aplicar conceitos da estratigrafia de seqüências na escala de trabalho proposta, cujo resultado, de alta resolução, abre avenidas de interpretações mais detalhadas para discussões de um sistema petrolífero Longá–Poti(?). A motivação apóia-se na disponibilidade de dados (testemunhos) de boa qualidade, o que permitiu a aplicação do

modelo de Estratigrafia de Seqüências (*cf.* Van Wagoner *et al.*, 1990).

2 MATERIAL E MÉTODO

Como material de estudo foram utilizados 181 m de testemunhos de sondagem de diâmetro BX (42,04 mm) dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI do *Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba* (q.v. Leite *et al.* 1975).

Localizam-se na borda Leste da bacia (Figura 1), próximos às cidades de Miguel Alves (PI) e Buriti de Inácia Vaz (MA), a norte de Teresina (PI), distando ~ 25 km entre si. Contam com perfis geofísicos de raios-gama (GR), potencial espontâneo (SP) e resistividade.

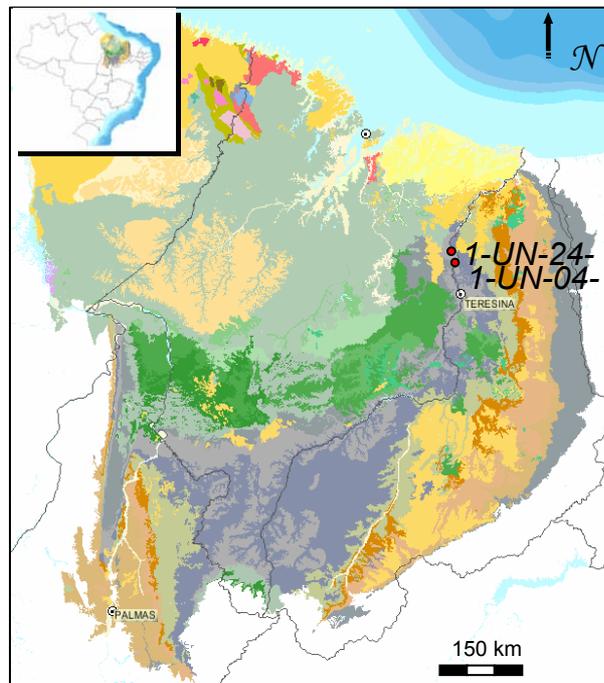


Figura 1 – Mapa de localização dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI, na borda Nordeste da bacia do Parnaíba. (Base: mapa geológico da CPRM, 2001)

Como método, realizou-se a descrição dos testemunhos em planilha própria, em escala de detalhe (1:40), em formato de perfil estratigráfico, onde foram discriminadas litologia, granulometria, seleção, argilosidade (%), estruturas sedimentares, icnofósseis, índice de icnotrama (*cf.* Droser & Bottjer, 1989) e cor (escala de Munsell).

Os perfis estratigráficos foram digitalizados no programa *AppleCORE*[®] v.9.4d para Macintosh. Os perfis geofísicos dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI, por estarem disponíveis somente sob forma gráfica em papel, foram digitalizados, transformados em arquivo XY e carregados também no programa *AppleCORE*[®] v.9.4d, o que permitiu a elaboração de perfis compostos.

Amostras de rocha foram coletadas para análise petrográfica (18 amostras), em apoio à caracterização das litofácies, além de amostras para análise de palinofácies (6 amostras), em apoio à interpretação paleoambiental, e para datação palinoestratigráfica (5 amostras)¹.

A análise de fácies foi feita utilizando-se conceitos acerca da arquitetura deposicional discutidos por Borghi (2000); enquanto que, particularmente para fácies de tempestitos e icnofácies, utilizaram-se respectivamente os esquemas de Borghi (2002) e Bann & Fielding (2005).

Após a definição das sucessões de fácies e sua interpretação, em termos de sistemas deposicionais, buscou-se a identificação de superfícies estratigráficas de seqüências que permitissem inserí-las em um panorama estratigráfico de seqüências baseado nos conceitos discutidos por Catuneanu (2003), em uma abordagem de alta definição. Utilizou-se o conceito de regressão forçada apresentado por Plint (1988) nessa abordagem, tal como feito por Young (2006) e Young & Borghi (2006) para a Formação Pimenteira (Devoniano) na bacia.

¹ Até a data de conclusão escrita desta monografia, as análises de palinofácies apresentaram apenas resultados preliminares, ao passo que as preparações palinoestratigráficas estão ainda em andamento.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 A bacia do Parnaíba

A bacia do Parnaíba (conhecida no passado como bacia do Maranhão, do Meio Norte ou Piauí–Maranhão), localiza-se na parte ocidental do Nordeste brasileiro, abrangendo os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins e, subordinadamente, do Pará, Ceará e Bahia, com uma área com cerca de 600 000 km². Trata-se de uma bacia do tipo *sag* de interior cratônico, classificada como “intracontinental cratônica composta complexa” (tipo 2A, *cf.* Klemme 1980, *apud* Figueiredo & Gabaglia, 1986) ou pela fórmula IF(?)13/IS12M3/IS12M3/(IS12M3/IS13)Lc/IS12L3 (*cf.* Kingston *et al.*, 1983a, *apud* Figueiredo & Gabaglia, 1986).

Em seu preenchimento repousam rochas sedimentares e vulcânicas intrusivas e extrusivas do Cambriano ao Cretáceo, com cerca de 3 500 m de espessura máxima, não considerando as profundas fossas precursoras da bacia, cambro-ordovicianas (Anexo A). Todavia, há autores que individualizam o registro pós-paleozóico em outra bacia, denominada de Grajaú (q.v. Góes & Rossetti, 2000)

A bacia posiciona-se entre os crátons do São Francisco, São Luís e Amazonas, no limite e sob suas respectivas faixas de dobramento periféricas, a Faixa Paraguai–Araguaia a Oeste, faixa Brasília e maciço de Goiás a Sudoeste, e pelas faixas móveis que compõem a Província Borborema, a Leste. Está limitada a Norte pelo arco Ferrer–Urbano Santos, que a separa das bacias de São Luiz e Barreirinhas. A Noroeste é limitada pelo Arco Tocantins, separando-a da Fossa do Marajó e a Sul e Sudeste limita-se pelo Arco São Francisco.

Estruturalmente há diversos lineamentos internos, dentre os quais se destacam os de Picos–Santa Inês (NW-SE) e o Transbrasiliano (NE-SW), que parecem controlar a sedimentação paleozóica, sobretudo a siluriana–devoniana (q.v. Cunha, 1986).

Em termos estratigráficos, a bacia é atualmente subdividida nas seqüências deposicionais de 2ª ordem denominadas Siluriana, Devoniana, Permo-carbonífera, Jurássica e Cretácea (*sensu* Góes & Feijó, 1994), além de conter uma série de rochas vulcânicas, de idade juro-cretácica, e intrusivas, preferencialmente alojadas na Seqüência Devoniana (Anexo A).

A Seqüência Devoniana corresponde, em termos litoestratigráficos, ao Grupo Canindé, composto por uma sucessão de (i) arenitos e folhelhos da Formação Itaim (sistema deltaico sob ação de tempestades e com evidências de marés); (ii) folhelhos intercalados com arenitos da Formação Pimenteiras (sistema marinho plataformar dominado por tempestades); (iii) arenitos intercalados com siltitos, folhelhos e diamictitos da Formação Cabeças (sistema flúvio-deltaico sob ação de tempestades e registros glaciais); (iv) folhelhos, siltitos com raros arenitos e delgados conglomerados da Formação Longá (sistema marinho plataformar dominado por tempestades); e (v) arenitos com raros siltitos e folhelhos da Formação Poti (sistema flúvio-deltaico sob ação de tempestades e evidências de marés).

Della Fávera (1990) subdivide o Grupo Canindé em 38 parasseqüências, agrupadas em 3 seqüências genéticas (~3ª ordem), onde se registram tratos de sistemas transgressivos (TST) e de mar alto (TSMA), em ciclos regressivos-transgressivos. Para Della Fávera (1990), a Formação Longá corresponde, juntamente com a Formação Poti, à parte superior da sua Seqüência Devoniano-Mississippiana, com um intervalo transgressivo correspondente à metade inferior da Formação Longá, dividido em 2 parasseqüências, e o intervalo regressivo correspondendo à Formação Poti, dividido em 2 conjuntos de parasseqüências.

Existem ainda relatórios internos da Petrobras, inéditos, que abordam a Formação Longá e Poti, como os de Campbell *et al.* (1949), Rodrigues (1967) e Góes *et al.* (1993).

3.2 A Formação Longá

A Formação Longá (Albuquerque & Dequech, 1946, p.86) é composta por argilitos e folhelhos escuros, em geral bioturbados, com intercalações de siltitos e raros arenitos (Della Fávera, 1990), cujo mapa de isópacas mostra aparentemente dois depocentros, um na borda leste e outro na região centro-oeste da bacia (q.v. Caputo, 1984; Cunha, 1986; Góes, 1995; Anexo B), com espessura máxima de 150 m.

Existem poucos trabalhos de detalhe sobre fácies sedimentares e caracterização estratigráfica disponíveis na literatura sobre a Formação Longá, valendo citar Leite *et al.* (1975), Lima & Leite (1978), Caputo (1984) e Góes (1995)

Caputo (1984), em análise de subsuperfície, subdivide a formação em três unidades informais. A unidade inferior é composta por folhelhos cinza esverdeados, podendo conter “finas lentes de conglomerados e camadas de arenitos conglomeráticas”; a unidade média é composta por arenitos médios a finos, com eventual presença de sedimentos grossos a conglomeráticos; enquanto que a superior, por folhelhos escuros a acinzentados, siltitos e arenitos, raras finas camadas de arenitos e argilitos carbonáticos. Pode ainda estar presente no topo da formação uma camada de conglomerado com até 30 cm de espessura, contendo possivelmente clastos-caídos (*dropstones*) de até 15cm. A espessura de cada unidade varia, podendo a média não estar presente em algumas regiões. Em termos de descrição litológica e estratigrafia com mapeamento em superfície destacam-se os trabalhos pioneiros de Campbell *et al.* (1949) e Lima & Leite (1978).

O limite inferior da formação é considerado concordante com a Formação Cabeças, apenas com discordâncias locais. A passagem dá-se em geral sob brusca mudança litológica, com folhelhos escuros da Formação Longá diretamente sobre arenitos finos a médios com estratificação cruzada da Formação Cabeças, embora em algumas regiões citem-se gradações.

O limite superior, com a Formação Poti, é “globalmente concordante”, podendo ocorrer de forma gradacional ou com brusca mudança litológica, como considerado por Lima & Leite (1978). Caputo (1984) considera a base da Formação Longá como lateralmente gradacional à Formação Cabeças e o topo, com a Formação Poti, como concordante na região central da bacia e discordante nas bordas e faixas de afloramento, onde a Formação Longá pode até estar ausente.

O paleoambiente é considerado como “nerítico plataformal” dominado por tempestades por Góes & Feijó (1994). A parte inferior é interpretada por Caputo (1984) como depositada em paleoambiente de *shoreface* e “depósitos baciais” fruto de um rápido evento transgressivo, possivelmente relacionado a eventos de degelo. A porção média é interpretada como depósitos marinhos rasos e de frente deltaica, fruto de regressão episódica. Após nova transgressão, a porção superior volta a se depositar em condições marinhas, mas sob circulação mais restrita.

A idade da Formação Longá é considerada por Cruz *et al.* (1973) como neodevoniana a viseana (eocarbonífera), por análises bioestratigráficas na borda Sudeste da bacia. Mello *et al.* (1998) atribuem a idade da Formação Longá ao intervalo das biozonas LN e PC, do final do Fameniano (Neodevoniano) a meados do Tournaisiano (Eocarbonífero).

Dentre outros trabalhos envolvendo a Formação Longá, destacam-se ainda os de Aguiar (1971), Carozzi *et al.* (1975) e Oliveira *et al.* (1984), sobre aspectos sedimentológicos e estratigráficos, e de Alencar *et al.* (1997), sobre paleomagnetismo.

3.3 A Formação Poti

A Formação Poti (Paiva & Miranda, 1937, *apud* Góes, 1995), segundo Della Fávera (1990), é composta por arenitos finos claros com estratificações cruzadas tabulares e

sigmoidais, siltitos e por escassos conglomerados e diamictitos, além de delgadas camadas de carvão, de ocorrência restrita. Possui uma espessura máxima de 300 m, como observado em seu mapa de isópacas (q.v. Caputo, 1984; Cunha, 1986; Góes, 1995; Anexo C).

Mesner & Wooldridge (1964) subdividiram a formação em duas unidades (membros), inferior e superior, compostas respectivamente por arenitos e conglomerados com raras intercalações de folhelhos e por arenitos com intercalações de folhelhos e restos vegetais incluindo finos leitos de carvão. Outros trabalhos também adotaram essa subdivisão, como os de Cruz *et al.* (1973), Leite *et al.* (1975), Lima & Leite (1978) e Góes (1995).

Caputo (1984) subdivide a Formação Poti em quatro unidades informais. A unidade inferior é interpretada como paleomambientes de antepraia (*shoreface*) e frente deltaica, sucedida por planícies aluviais em contexto periglacial. A segunda unidade, seguinte, composta por sucessões de folhelhos e siltitos, pode representar paleolagos isolados. A terceira unidade, composta por arenitos e diamictitos, é interpretada como depósitos de planície de *outwash*. A quarta unidade, superior, composta por siltitos e diamictitos, pode representar paleoambientes lacustres e glaciais.

Góes (1995) interpreta a base da Formação Poti e topo da Formação Longá como pertencente uma única seqüência deposicional, relacionada a um paleoambiente deltaico/estuarino, plataformar, litorâneo e fluvial em um sistema regressivo de costa progradante.

Os trabalhos de Cruz *et al.* (1973) e Leite *et al.* (1975), em análise de 34 poços testemunhados da Formação Poti, sugerem que a principal área-fonte situava-se na borda Sul, devido à tendência de diminuição granulométrica para norte. Essa tendência granulométrica foi evidenciada também no trabalho de Lima & Leite (1978).

O limite inferior, com a Formação Longá, é considerado como concordante com brusca mudança litológica, segundo Lima & Leite (1978), mas ocorre ainda localmente de forma

gradacional (região de Campo Maior e Batalha) no estado do Piauí ou ainda com discordâncias locais (regiões próximas à Itaueiras, Várzea Grande e Cristino Castro) também no estado do Piauí.

Caputo (1984) considera discordâncias basais nas faixas de afloramento, onde a porção superior da Formação Longá, subjacente, pode ter sido erodida. O limite superior, com a Formação Piauí, dá-se por ampla discordância, de caráter regional, que inclusive limita as seqüências Devoniana e Permo-carbonífera de Góes & Feijó (1994).

A idade da Formação Poti é considerada como “Carbonífero médio a inferior”, baseado em palinomorfos, posicionando-se nos intervalos bioestratigráficos IX e X segundo Lima & Leite (1978). Melo & Loboziak (2000) atribuem uma idade do Viséano médio, para a base (biozona TC) até pelo menos ao Viséano superior (biozona ME) para a Formação Poti, sugerindo uma discordância com a Formação Longá, devido a ausência das biozonas TS, Pu e CM (Viséano inferior e Tournaisiano superior) entre as duas formações.

3.4 Geologia do Petróleo

Até o presente a bacia do Parnaíba vem sendo considerada como de fronteira exploratória, em função de poucos indícios subcomerciais de petróleo (poço 1-TB-2-MA) e gás (poço 2-CP-1-MA), e devido à escassez de dados geológicos exploratórios, o que resulta na falta de modelos exploratórios adequados.

O volume de conhecimentos geológicos da bacia provém de dados levantados inicialmente pelo Conselho Nacional do Petróleo (CNP), na década de 1950, aos quais se somaram investimentos da então recém-criada Petrobras, que se seguiram nas décadas de 1960 e 1970. Na década de 1980, novos dados foram adquiridos na fase de contratos de risco

pelas empresas ESSO e ANSCHUTZ. A Petrobras voltou a uma nova fase de aquisição de dados em 1988, finalizada com o relatório inédito de Góes *et al.* (1993)

Hoje em dia dispõem-se de 31 poços exploratórios perfurados para hidrocarbonetos (21 pioneiros e 10 estratigráficos), dentre os quais apenas 7 com o apoio de levantamentos sísmicos. Existem ainda muitos poços rasos, freqüentemente testemunhados, obtidos próximos às bordas de afloramento, em projetos de exploração mineral executados na década de 1970 pelo DNPM/CPRM (como os aqui estudados). Existem ainda 13 000 km de sísmica 2D com distribuição esparsa, além de dados magnetométricos e gravimétricos (ANP, 2002).

São considerados cinco intervalos potencialmente geradores de petróleo na bacia. Três deles encontram-se dentro da Formação Pimenteiras e apresentam COT residual máximo de 6%; os outros dois encontram-se nas formações Tianguá e Longá, consideradas rochas geradoras secundárias, com máximo de COT de até 1% (q.v. Góes *et al.*, 1990; Rodrigues, 1995). Em termos de rochas reservatório, destacam-se apenas os arenitos da Formação Cabeças, além da Formação Itaim e corpos lenticulares da Formação Pimenteira (q.v. Góes *et al.*, 1990). Assim, o principal sistema petrolífero considerado é Pimenteira–Cabeças(!), com traçamento estrutural, selado pelos folhelhos da Formação Longá. Outros sistemas, especulativos, são Tianguá–Jaicós(?), Tianguá–Ipú(?) e Pimenteira–Pimenteira(?) (q.v. Góes *et al.*, 1990; Young, 2006; Young & Borghi, 2006).

Conforme Forman (2002), a então Agência Nacional do Petróleo (ANP) apontou para a necessidade de investimentos em pesquisa exploratória, devido principalmente à falta de resposta por parte de companhias nacionais e estrangeiras à oferta de um bloco na bacia do Parnaíba na IV Rodada de Licitações (ocorrida em junho de 2002). Logo em seguida, Superintendência de Definição de Blocos da ANP (Araújo, 2003), reconhecendo o volume insuficiente de dados para a avaliação de seu potencial petrolífero e, conseqüentemente, para a atração de investimentos, indicou em seu plano decenal de estudos geológicos e geofísicos

para exploração a importância da aquisição de dados aerogeofísicos, geoquímicos, sísmicos e estratigráficos na bacia. Tal demanda começou a ser suprida recentemente, através de levantamentos aerogeofísicos (gravimétricos e magnetométricos) realizados em escala regional, sob os auspícios da própria ANP, além da tentativa de colocação de um setor na bacia para avaliação de áreas exploratórias na 8ª Rodada de Licitações, em 2006.

4 RESULTADOS

No intervalo estudado foram caracterizadas ao todo 10 fácies (litofácies) e 3 icnofácies (Quadro 1); caracterizadas em detalhe no Apêndice A e ilustradas no Apêndice C. Incluem-se ainda atributos modificadores, que geram 8 subfácies, e ressalta-se a divisão da icnofácies *Cruziana* nas icnofácies “*Cruziana proximal*” (CZp) e “*Cruziana empobrecida* (CZe), de acordo com Bann & Fielding (2005).

As fácies foram analisadas e agrupadas em 13 sucessões de fácies, de acordo com a sua distribuição (frequência), comportamento granulométrico no seqüenciamento vertical, auxiliado pelo padrão das curvas dos perfis geofísicos. No Quadro 2 encontra-se um resumo das características e a interpretação de cada sucessão de fácies, caracterizadas em mais detalhe no Apêndice B e ilustradas no Apêndice C.

4.1 Sistemas deposicionais

Os sistemas deposicionais foram interpretados através das relações prováveis entre as diversas sucessões de fácies nos dois testemunhos, obedecendo o princípio de que fácies contidas entre superfícies estratais de mesma natureza e ordem (escala) guardam relação genética, podendo ser estabelecidas em associação (*cf.* Borghi, 2000).

O reconhecimento dessas superfícies em testemunho é tarefa arrojada, quando não se dispõem de dados da arquitetura deposicional (e.g., seções estratigráficas de superfície, linhas sísmicas) e, sobretudo, quando os poços dos testemunhos distam 25 km entre si. Assim, esse reconhecimento recai pesadamente sobre a análise de fácies à luz de modelos deposicionais (sedimentológicos e estratigráficos), pela qual se buscam superfícies estratigráficas de seqüências como as que seguem (v. item 4.1).

Quadro 1 – Quadro síntese das fácies caracterizadas nos testemunhos estudados dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI.
(Para caracterização completa, ver Apêndice A.)

CÓDIGO	DIAGNOSE	INTERPRETAÇÃO
Am	Arenitos muito finos a finos com estrutura maciça. Pode conter tapete-de-tração [subfácies Am(t)].	Depósitos arenosos de fluxos de densidade (gravitacionais) concentrados.
Ah	Arenitos muito finos a finos, moderadamente a bem selecionados, com laminação horizontal (plano-paralela).	Depósitos por agradação de leito plano, gerado em regime de fluxo superior.
Ar	Arenitos finos, moderadamente selecionados, com laminação cruzada.	Depósitos arenosos de ôndulas assimétricas com pequeno comprimento de onda, geradas por fluxo trativo unidirecional (corrente) por vezes bipolar, gerados em regime de fluxo inferior.
Ac	Arenitos finos a grossos, moderada a moderadamente bem selecionados, com estratificação cruzada (indistinta), de porte pequeno (3cm a 10cm) [subfácies Ac(p)] a médio (10cm a 30cm) [subfácies Ac(m)].	Depósitos arenosos de megaôndulas geradas por fluxo constante, não linear, unidirecional (corrente) em regime de fluxo inferior.
Aot	Arenitos muito finos a finos, moderadamente a bem selecionados, com estratificação ondulada truncante.	Depósitos arenosos subaquosos de megaôndulas <i>hummocky</i> geradas por fluxos oscilatórios (ondas) ou fluxos combinados (ondas e correntes).
Ao	Arenitos muito finos a finos, moderadamente a moderadamente bem selecionados, com laminação cruzada por ondas.	Depósitos arenosos de ôndulas simétricas geradas pela ação de ondas. Podem estar presentes processos alternados de decantação de argila, relacionados possivelmente a efeitos de maré.
Hw	Fácies heterolítica em conjuntos de camadas de arenitos muito finos a finos bem selecionados e siltitos em maior proporção (>30%), com folhelhos e/ou argilitos em acamamento ondulado. Pode conter gretas de sinerese [subfácies Hw(s)].	Depósitos alternados entre processos trativos e decantativos de finos. Pode sofrer variação de salinidade [subfácies Hw(s)].
Hl	Fácies heterolítica em conjuntos de camadas de folhelhos e/ou argilitos com camadas de siltitos ou arenitos em acamamento lenticular. Pode conter gretas de sinerese [subfácies Hl(s)].	Depósitos alternados de processos de decantação de finos e processos trativos. Pode sofrer variação de salinidade [subfácies Hl(s)].
Dmm	Mistura clástica muito mal selecionada, matriz suportada, de areia fina até grossa, lama e intraclastos, predominando areia/silte [subfácies Dmm(A)] ou lama [subfácies Dmm(L)].	Depósitos de chuva de grãos proximais ou de ressedimentação por processos gravitacionais.
ALd	Camadas de arenitos e lutitos com estruturas de deformação.	Depósitos ressedimentados por processos de escorregamentos e deslizamentos (instabilidade geomecânica e/ou glacioteconismo).

(Cont.)

Quadro 1 – (Cont.)

CÓDIGO	DIAGNOSE	INTERPRETAÇÃO
SK	Incocenose composta pelos icnogêneros <i>Lockeia</i> , <i>Diplocraterion</i> , <i>Palaeophycus</i> e <i>Planolites</i>	Antepraia. Incocenose marinha rasa em substrato sob ação constante de ondas.
CZp	Incocenose composta pelos icnogêneros <i>Planolites</i> , <i>Palaeophycus</i> , <i>Rhizocorallium</i> , <i>Gyrolites</i> , <i>Skolithos</i> , <i>Arenicolites</i> e <i>Subphyllocorda</i>	Antepraia inferior. Incocenose marinha em substrato sob ação freqüente de ondas
CZe	Incocenose composta pelos icnogêneros <i>Planolites</i> e <i>Arenicolites</i>	Frente deltaica reelaborada por ondas. Incocenose marinha empobrecida pelo aporte de águas continentais

Quadro 2 – Quadro síntese das sucessões de fácies nos testemunhos estudados dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI. (Para caracterização completa, ver Apêndice B.)

CÓDIGO	DIAGNOSE (Sucessão de Fácies)	INTERPRETAÇÃO (Paleoambiente)
SF1	Am, Dmm(A), Dmm(L) e ALd	Glácio-marinho. Ressedimentação por escorregamentos e deslizamentos; chuva de clastos; sucessão transgressivo–regressiva.
SF2-A	Dmm(A), Hl, Hl(s), Hw e Ao	Costa afora/prodelta, periglacial. Sucessão transgressivo–regressiva.
SF2-B	Am/Aot, Hw(s), Hw, Hl(s), Ao e ALd	Frente deltaica dominada por ondas, distal. Sucessão transgressiva–regressiva.
SF2-C	Hw(s) e Hw	Laguna costeira.
SF3	Am, Aot, Ah, Ao, Ar e Ac(p).	Antepraia. Ação de ondas de tempestade. Sucessão transgressivo–regressiva.
SF4-A	Am, Ao, Aot, Ar Ah e Ac(p).	Frente deltaica dominada por ondas, proximal. Sucessão transgressivo–regressiva.
SF4-B	Am, Ah, Hw, Ao, Aot e Ac(p).	Frente deltaica dominada por ondas, distal/proximal. Sucessão transgressivo–regressiva.
SF4-C	Am, Ah, Am(t) e Aot.	Desembocadura deltaica dominada por onda. Sucessão regressiva.
SF5	Ac(p), Ac(m), Am.	Barra de desembocadura deltaica–canal fluvial. Sucessão transgressiva.

Caracterizaram-se quatro sistemas deposicionais, dos quais dois (glácio-marinho e costeiro deltaico dominado por ondas) inserem-se no topo de uma seqüência de 3ª ordem, enquanto que dois outros sistemas (marinho raso dominado por ondas e flúvio-deltaico dominado por ondas), na base de outra seqüência de mesma ordem.

Os sistemas aqui interpretados, com exceção do glácio-marinho, podem representar paleoambientes de um sistema de maior escala, deltaico dominados por onda; neste, a

distinção entre paleoambientes deltaicos e costeiros, ambos dominados por ondas, com base apenas nas litofácies, pode ser dificultada, uma vez que depósitos de antepraia e costa-afora assemelham-se, respectivamente à frente deltaica e prodelta. (q.v Reading & Collinson, 1996, p.203). Neste ponto, ajudam a identificação de gretas de sinerese, como das subfácies (s), indicativas de variação de salinidade; a presença da icnofácies CZe, indicativo de estresse ambiental por variação de salinidade e turbidez (q.v. Bann & Fielding, 1995) e a presença de siderita/ anquerita, em diversas fácies, indicativa de aporte de águas continentais.

4.1.1 Sistema glácio-marinho

Este sistema é reconhecido tipicamente pela sucessão SF1, associada à SF2-A, no testemunho do poço 1-UN-24-PI (Figura 2A). O contexto paleoambiental glácio-marinho é suportado pela interpretação de depósitos de till de chuva-de-clastos ou ressedimentação, da fácies Dmm, deformados por fases de avanço de geleiras ou *icebergs* (fácies ALd).

A variação de argilosidade na SF1, em um ciclo de aumento–diminuição, observada em camadas da fácies Dmm no poço 1-UN-24-PI, sugere relação de proximalidade–distalidade dentro do modelo glácio-marinho, o que implica em um ciclo transgressivo–regressivo.

A SF2-A, que sucede a SF1 no poço 1-UN-24-PI, mais argilosa (fácies Hl e Hl(s) e Hw) e sem evidência das fácies glaciogênicas Dmm e ALd características, representa a fase transgressiva final associada à deglaciação do sistema. Representa um contexto paleoambiental marinho raso de costa-afora que evolui para um prodelta, evidenciado, na sucessão, pela presença de gretas de sinerese da fácies Hl(s), além de pequenos escorregamentos e presença de siderita. No poço 1-UN-04-PI, a SF2-A, arenosa, indica a proximalidade de um paleoambiente costeiro, associável a uma frente deltaica reelaborada por ondas, pela presença das fácies Hw e Hw(s), Ar/Ao e Aot.

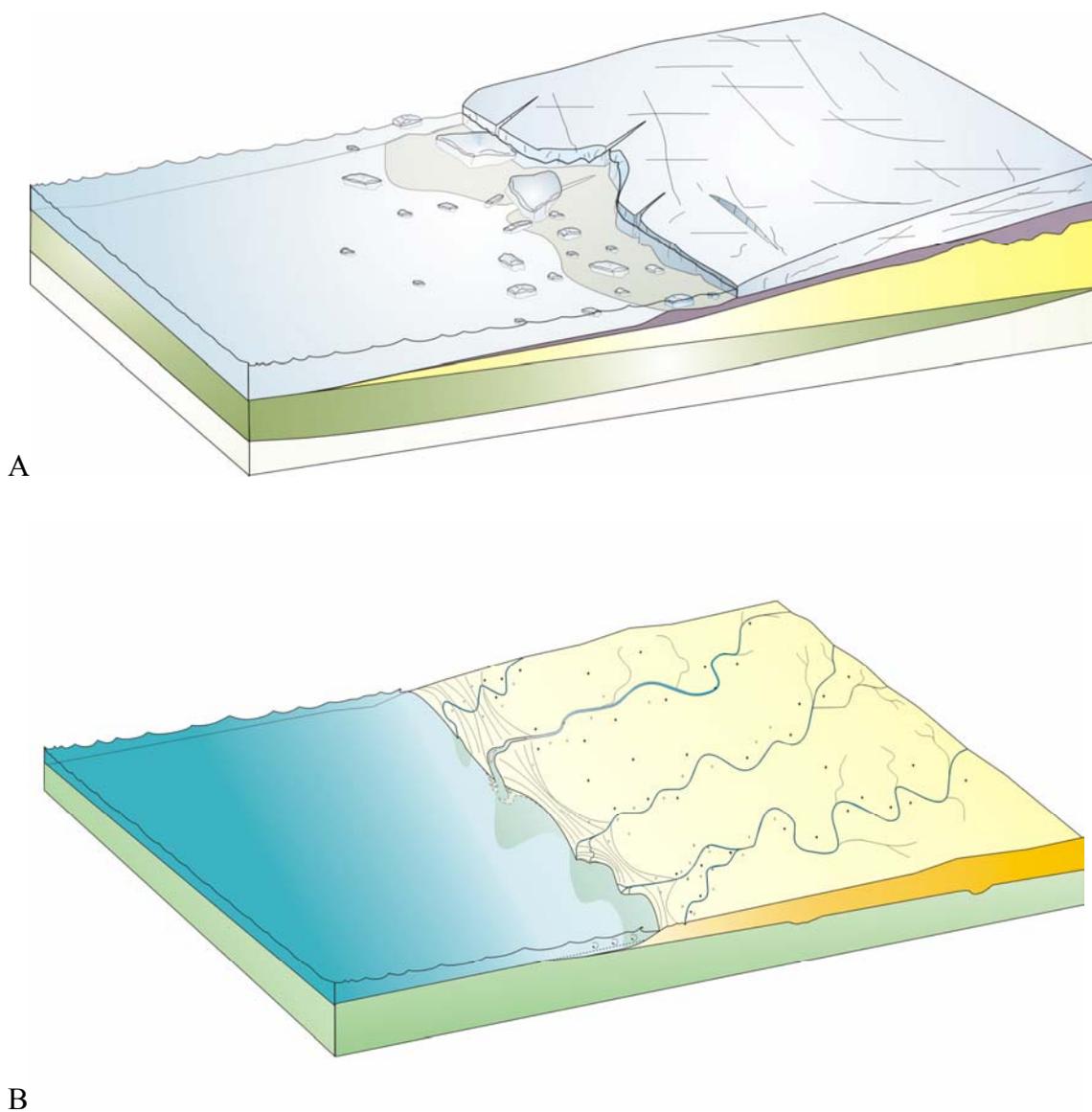


Figura 2 – Modelos deposicionais (A) do sistema glácio-marinho e (B) do trato de sistemas marinho raso dominado por ondas, costeiro-deltaico dominado por ondas e flúvio-deltaico dominado por ondas, interpretados para o intervalo de estudo nos testemunhos dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI.

4.1.2 Sistema costeiro-deltaico dominado por ondas

Representado pela associação das sucessões de fácies SF2-B e SF2-C, particularmente no testemunho do poço 1-UN-24-PI (Figura 2B). Dentro deste sistema, a SF-2B aponta para um contexto paleoambiental costeiro a deltaico dominado por ondas, no qual se inserem lagunas, representadas pela SF2-C.

Corroboram o contexto paleoambiental costeiro sob ação de ondas as fácies típicas Aot e Ao, por vezes bioturbadas (icnofácies SK, *Skolithos*), que se aproxima de um modelo de frente deltaica pela associação com fácies Hw e Hl(s). O contexto lagunar é sugerido pela fácies Hw(s) com alta concentração de palinórfos continentais (*Botryococcus* sp.) e pela presença da icnofácies CZe (*Cruziana* empobrecida)

O sistema apresenta comportamentos tanto transgressivos quanto regressivos (regressão normal), evidenciados respectivamente por ciclos diminuição e aumento da razão arenito:folhelho das fácies. O registro lagunar é inserido em contexto transgressivo.

4.1.3 Sistema marinho raso dominado por ondas

Representado pela sucessão de fácies SF3, que ocorre nos testemunhos dos dois poços (Figura 2B). O contexto paleoambiental marinho raso de antepraia é sugerido pelas fácies típicas Am e Aot, indicativa da ação de ondas, apoiado pela presença das icnofácies SK (*Skolithos*) e CZp (*Cruziana* proximal). Pode-se ainda distinguir, em termos paleoambientais, um contexto de antepraia superior, ausente de bioturbação, e inferior, bioturbada.

O sistema apresenta um padrão regressivo, onde a antepraia superior sobrepõe-se abruptamente à inferior, possivelmente como resultado de uma pequena regressão forçada, como observado na profundidade 299 m do poço 1-UN-04-PI.

4.1.4 Sistema flúvio-deltaico dominado por ondas

Representado pela associação das sucessões de fácies SF4-A, SF4-B, SF4-C e SF5, em testemunho do poço 1-UN-04-PI (Figura 2B). Em termos paleoambientais, o sistema é caracterizado por deltas dominados por ondas, nos quais se podem contextualizar frentes deltaicas distal (parte inferior da SF4-B) e proximal (SF4-A, parte superior da SF4-B), além de barras de desembocadura fluvial (SF5), na maior parte reelaborada por ondas (SF4-C).

O sistema apresenta um padrão geral regressivo, evidenciado por um grande ciclo de engrossamento granulométrico.

O contexto de frente deltaica distal é sugerido pela fácies típica Hw, enquanto que a proximal, pelas fácies típicas Am, Ar/Ao e Aot. O contexto de barras de desembocadura reelaboradas por ondas apóia-se na relação entre as fácies Am, Am(t) e Aot. Já o contexto fluvial, é marcado pelas fácies Ac(p), Ac(m) e Am(m), de grã mais grossa, em ciclos de rápido afinamento granulométrico.

3.2 Seqüências deposicionais

Foram identificadas duas seqüências deposicionais de 3ª ordem (Seq1 e Seq2), limitadas por uma superfície discordante (SD) (Figura 3; Apêndice C, Estampa XVI e Estampa XVIII, Figura C). Na seqüência inferior, foram identificadas três seqüências de menor (Seq1.1–Seq1.3), enquanto que na superior, cinco seqüências (Seq2.1– Seq2.5), separadas por superfícies regressiva de discordância subaérea (SRs), regressivo–transgressivas (SRT) ou regressiva de erosão marinha (SRem).

Jugaire esta página fora, ó gajo!

Figura 3 – Arquitetura estratigráfica e correlação entre os poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI. Observar as fácies, sucessões de fácies, superfícies estratigráficas e seqüências deposicionais definidas (v. texto para discussão).

Foram também identificadas uma superfície basal de regressão forçada (SRb), uma superfície regressivas de erosão marinha (SRem), além de superfícies transgressivas (ST) e de inundação máxima (SIM), todas inseridas nas seqüências de menor ordem. O modelo de seqüências deposicionais de menor ordem utilizado foi o de Plint & Numedal (2000); enquanto que o reconhecimento das superfícies estratigráficas regressivas SRs, SRb e SRem foi feita segundo Catuneanu (2003).

A superfície SD, considerada um limite de seqüências de 3^a ordem, é correlacionada à superfície que separa as formações Longá e Poti que, segundo Melo & Loboziak (2000), envolve um hiato do Tournaisiano superior–Viseano inferior. A superfície foi reconhecida como discordante, associada a um rejuvenescimento (incisão) fluvial, pois trunca pelo menos duas seqüências de menor ordem abaixo (Seq.1.2 e Seq1.3). Recobrem-na sucessões de fácies transgressivas (SF3, Seq.2.1).

O contexto de hierárquico das seqüências de menor ordem descritas, as quais implicam em alta definição estratigráfica, é sugerido pela escala física da suas espessuras (4–19,6 m), somado ao fato de o intervalo de estudo estar aproximadamente compreendido no Turnaisiano inferior (Seq1) e Viseano médio (Seq2), em estimativa feita com base em Melo & Loboziak (2000). Muito embora ainda não haja datação para o intervalo de estudo, a expectativa é que pertençam a seqüências de 4^a/5^a ordem ou, no máximo, a de 3^a ordem curta (~1 Ma),

Os limites de seqüência de menor ordem foram identificadas por superfícies de regressão forçada (SRem, SRT e SRs). A superfície regressiva de erosão marinha SRem-1, identificada por um contato brusco, erosivo, entre a SF2-A e SF2-B, é causada por intensa reelaboração por ondas do substrato marinho, registrando o máximo da regressão forçada; o que não ocorre com a SRem-2 (inserida na SF3), que parece indicar apenas o início da regressão. Correlacionam-se à *regressive surface of marine erosion* (RSME) de Catuneanu (2003). As superfícies regressivo–transgressivas (SRT-1, SRT-2 e SRT-3), são superfícies de

regressão máxima (*maximum regressive surface*, MRS) de Catuneanu (2003), amalgamadas com superfícies transgressivas. São reconhecidas no limite entre as sucessões SF2-B e SF2-C, SF-3 e SF4-A, e SF4-A e SF4-B. As superfícies regressivas de discordância subaérea (SRs-1 e SRs-2) são correlativas à *subaerial unconformity* (SU) de Catuneanu (2003) e limitam duas sucessões SF4-A, pela intervenção de camadas da fácies Ac(p) com maior granulometria e intraclastos (aporte fluvial?), e a sucessão SF4-C da SF5, esta caracterizada por depósitos de maior granulometria, fluviais (desembocadura deltaica).

Seqüência deposicional 1.1 (Seq1.1) – Esta é a seqüência basal do intervalo estudado. Seu limite superior é a superfície discordante SRem-1; já seu limite inferior não foi reconhecido adequadamente entre os depósitos glaciogênico da SF1 (Figura 3).

A Seq1.1 pode ser observada nos dois poços estudados, mas no poço 1-UN-24-PI possui uma maior representatividade, com a espessura observada de 76,5 m. Engloba as sucessões de fácies SF1 e SF2-A, inseridas em um sistema glácio-marinho. Apenas a SF2-A pode ser inserida em um trato de sistemas de mar alto (TSMA), com um pequeno registro de um *falling stage system tract* (FSST) de Plint & Nummedal (2000). O padrão de raios-gama é basicamente em caixa, com um pequeno aumento no limites entre a SF1 e SF2-A.

Seqüência deposicional 1.2 (Seq1.2) – Limita-se na base pela superfície SRem-1 e, no topo, pela superfície SD no poço 1-UN-04-PI e pela SRT-1 no poço 1-UN-24-PI, onde é mais representativa, ocorrendo com 11 m de espessura (Figura 3).

A Seq.1.2 contém tratos de sistemas de mar baixo (TSMB), transgressivo (TST) e de mar alto (TSMA), os quais contêm fácies de um sistema costeiro-deltaico dominado por ondas. O TSMB, TST e TSMA são reconhecidos dentro da SF2-B, através da sucessão de paleoambientes de frente deltaica distal (TSMB), prodelta proximal (TST) e frente deltaica distal e proximal (TSMA). Possui um padrão de raio gama em funil.

Seqüência deposicional 1.3 (Seq1.3) – Limita-se na base pela superfície SRT-1 e no topo pela SD, ocorrendo apenas no poço 1-UN-24-PI, com 7 m de espessura (Figura 3).

Corresponde à SF2-C, interpretada como paleoambiente lagunar de um sistema costeiro-deltaico dominado por ondas, inserido em contexto transgressivo (TST) ou já em mar alto (TSMA), em fase de assoreamento da laguna. O padrão de raios-gama mostra um intervalo inferior com radioatividade alta e outro superior com valores baixos.

Seqüência deposicional 2.1 (Seq2.1) – Limita-se na base pela superfície SD e no topo pela SRT-2, ocorrendo nos dois poços estudados, com uma espessura de 19,6 m (Figura 3).

A Seq.2.1 contém tratos de sistemas transgressivos (TST), de mar alto (TSMA) e *falling stage* (FSST), os quais contêm fácies de um sistema marinho raso dominado por ondas.

Corresponde à SF3, onde o paleoambiente de antepraia inferior descreve tanto o TST e quanto o TSMA, que é limitado acima pela superfície SRem-2, a qual o separa de um paleoambiente de antepraia superior, que descreve o FSST. Na base, uma camada decimétrica da fácies Ac(p), se registrando influência fluvial, é sugestiva do registro incipiente de um TSMB.

O padrão da curva de raios-gama é basicamente um caixote, com picos relacionados à presença de abundantes intraclastos de argila, mas apresentando valores um pouco mais baixos no intervalo do FSST.

Seqüência deposicional 2.2 (Seq2.2) – Limita-se na base pela superfície SRT-2 e no topo pela SRs-1, ocorrendo apenas no poço 1-UN-04-PI, com uma espessura de 10,0 m (Figura 3).

A Seq.2.2 contém tratos de sistemas transgressivo (TST) e de mar alto (TSMA), os quais contêm fácies de um sistema flúvio-deltaico dominado por ondas. O TST e TSMA são reconhecidos dentro da SF4-A, através da sucessão de paleoambientes de frente deltaica distal (TST) passando para proximal (TSMA), progradante, em regressão normal. O padrão da curva de raio-gama comporta como um sino no intervalo inferior (TST), podendo ocorrer

picos na base pela presença de intraclastos, seguido por um padrão sutil em funil no superior (TSMA).

Na base, a presença de intraclastos na fácies Am, é sugestiva do registro incipiente de um TSMB.

Seqüência deposicional 2.3 (Seq2.3) – Limita-se na base pela superfície SRs-1 e no topo pela SRT-3, ocorrendo apenas no poço 1-UN-04-PI, com uma espessura de 4,0 m (Figura 3).

A Seq.2.3 contém tratos de sistemas de mar baixo (TSMB) e transgressivo (TST), os quais contêm fácies de um sistema flúvio-deltaico dominado por ondas. O TSMB e TST são reconhecidos dentro da SF4-A, através da sucessão de paleoambientes de frente deltaica proximal, sob influência da desembocadura fluvial (TSMB) passando para influência marinha de antepraia com ondas (TSMA), em transgressão. O padrão da curva de raio-gama comporta como um funil.

Seqüência deposicional 2.4 (Seq2.4) – Limita-se na base pela superfície SRT-3 e no topo pela SRs-2, ocorrendo apenas no poço 1-UN-04-PI, com uma espessura de 8 m (Figura 3).

A Seq.2.4 contém tratos de sistemas transgressivos (TST), de mar alto (TSMA) e *falling stage* (FSST), os quais contêm fácies de um sistema flúvio-deltaico dominado por ondas.

Corresponde às sucessões SF4-B e SF4-C, onde o paleoambiente de frente deltaica distal dominado por ondas identifica o TST, enquanto que a frente deltaica proximal, o TSMA, a qual é limitada no topo pela SRb. A superfície basal de regressão forçada (SRb), correspondente à *basal surface of forced regression* (BSFR) de Catunenanu (2003), limita acima um paleoambiente de barras de desembocadura deltaica retrabalhadas por ondas, que caracteriza o FSST.

O padrão do perfil GR é praticamente em caixa nesta seqüência.

Seqüência deposicional 2.5 (Seq2.5) – Limita-se na base pela superfície SRs-2 e ocorre apenas no poço 1-UN-04-PI com uma espessura de 7,5m (Figura 3). Seu topo não foi observado por corresponder à porção superior do testemunho descrito.

A Seq.2.5 contém tratos de sistemas de mar baixo (TSMB) e transgressivo (TST), os quais contêm fácies de um sistema flúvio-deltacio dominado por ondas. O TSMB e TST são reconhecidos dentro da SF-5, através da sucessão de paleoambientes de barras de desembocadura fluviais (TSMB) passando para influência marinha de antepraia com ondas (TSMA), em transgressão. O padrão do perfil de raio gamma mostra um padrão em caixa com pico relacionado à intraclastos.

3.3 Discussão estratigráfica

Leite *et al.* (1975) posicionaram o limite entre as Formações Longá e Poti nas profundidades de 261,5 m do poço 1-UN-24-PI e de 298 m do poço 1-UN-04-PI, baseando-se provavelmente nos perfis de RG e SP (inflexões das curvas), não considerando as rochas dos testemunhos, quiçá como um critério prático para correlação. Distintamente, em função da análise aqui estabelecida, e com apoio na assinatura da curva de raios-gama, a principal quebra litológica para o posicionamento desse limite litoestratigráfico nos poços é sugerida nas profundidades de 243,2 m do poço 1-UN-24-PI e 307,6 m no poço 1-UN-04-PI. Tal limite refere-se à superfície SD, que trata de um limite de seqüências de 3ª ordem, que envolve pacotes expressivos de arenitos da SF3 (antepraia), que caracterizam a Formação Poti.

Lima & Leite (1978) identificaram a presença de níveis de arenitos grossos a conglomeráticos na faixa de afloramentos da porção superior da Formação Longá. Esses pacotes não foram observados nos poços estudados da borda nordeste, que podem não ter sido

depositadas ou foram erodidas. O poço 1-UN-04-PI, há evidência de erosão mais pronunciada com truncamento das camadas inferiores, fato evidenciado pela presença de abundantes intraclastos nas camadas acima da superfície SD (profundidade 307,6m). No poço 1-UN-24-PI, apesar da ausência de intraclastos, a superfície SD pode envolver forte reelaboração pela ação de ondas, durante a subida relativa do mar (transgressão).

Tal configuração discordante da superfície SD implica em a incisão fluvial que pode ser corroborada pela observação de uma discordância relatada por Lima & Leite (1978) na faixa aflorante próxima às localidades de Itaueiras, Várzea Grande e Cristino Castro (PI), pela presença de arenitos médios a grossos com estratificação cruzada de porte médio diretamente sobre siltitos e folhelhos da Formação Longá.

Assim, o topo da Formação Longá, caracterizada por fácies lamosas, representa a passagem de um sistema glácio-marinho (SF-1 e SF2-A) para outros, costeiro–deltaicos dominado por ondas (SF2-B e SF2-C), em contexto regressivo. Este intervalo parece indicar a transgressão do máximo glacial (“*Glacial Maximum*” de Boulton, 1990), seguida por regressão, provavelmente pelo incremento do aporte sedimentar, liberado ao final do máximo glacial e início da fase glacial tardia (“*Late Glacial*” de Boulton, 1990), pontuado por episódios de regressão forçada (Seq1.2 e Seq1.3). Nesse contexto, a discordância (superfície SD) que trunca o intervalo poderia estar associada a uma expressiva queda do nível relativo do mar ao final da fase glacial tardia.

Já a base da Formação Poti, caracterizada por fácies arenosas, representa sistemas marinhos (SF3), deltaicos dominados por onda (SF4-A–SF4-C) e mesmo flúvio-deltaicos (SF5), que se implantam após a discordância (superfície SD) e que retratam um ciclo transgressivo–regressivo, pós-glacial, pontuado por novos episódios de regressão forçada (Seq2.1–Seq2.5).

Tal contexto estratigráfico aqui tratado faz crer que a evolução do intervalo de estudo seja resultado de *rebound* isostático (q.v. Boulton, 1990), o que permitiria interpretar a gênese da superfície discordante como tectônica. Por outro lado, as superfícies de regressão forçada que limitam as seqüências de menor ordem podem ter sua gênese eustática (pelo menos em parte, glácio-eustática).

Por fim, a sucessão de diamictitos (fácies Dmm(A) e Dmm(L)) e arenitos/lamitos deformados (fácies ALd), descrita pela SF1, apesar de ser aqui identificada como Formação Longá, poderia também sê-lo como Formação Cabeças, por correlação com o poço 1-CL-1-MA (Carolina 1), da Petrobras, na borda Sudoeste da bacia, onde foram descritas camadas de diamictitos atribuídas à Formação Cabeças, abaixo de uma sucessão de folhelhos e fácies heterolíticas da Formação Longá, por Kegel (1953, *apud* Caputo, 1984, p.328). Não obstante, a indisponibilidade de dados bioestratigráficos e o fato de a testemunhagem dos poços aqui descritos não terem avançado abaixo desse intervalo impediram o seu posicionamento estratigráfico preciso, não se podendo afirmar que trate do mesmo episódio glacial tratado.

Ainda apesar de não se disporem de correlações bioestratigráficas, a presença de um intervalo arenoso que ocorre na porção mediana dos folhelhos da Formação Longá, relatada por Caputo (1984), pode estar relacionada a eventos de regressão forçada, como aqueles que limitam a base das seqüências Seq1.2 e Seq1.3.

3 CONCLUSÕES

O modelo estratigráfico aqui aplicado para o intervalo do limite formacional Longá/Poti, permite compreendê-lo dentro de um contexto tectono-eustático causado por isostasia glacial no final do Devoniano ou início do Carbonífero, modulado por variações relativas de nível do mar de menor ordem.

Permite ainda especular hipóteses de existirem situações interessantes de acumulação de arenitos reservatórios ao centro da bacia por mecanismos de regressão forçada, como aqueles que limitam as seqüências deposicionais descritas, os quais podem constituir-se em corpos de arenitos isolados, selados por “folhelhos” de inundação marinha.

Urge que se estendam correlações para o centro da bacia, onde haja disponibilidade de testemunhos, a fim de testar/refinar o modelo proposto, pois as correlações geofísicas não tem poder de definição estratigráfica de alta resolução.

Referências bibliográficas

- Aguiar, G.A., 1971. Revisão Geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 25, São Paulo, 1971. *Anais*, São Paulo, SBG, v.3, p.113-122.
- Albuquerque, O.R. & Dequech, V., 1946. Contribuição para a geologia do Meio-Norte, especialmente Piauí e Maranhão, Brasil: *In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA*, 2, Petrópolis, 1946. *Anais*, Petrópolis, v.3, p.69-109.
- Alencar, B.V., Borges, M.S., Góes, A.M., 1997. Contribuição Estratigráfica para uma nova visão paleomagnética das formações Cabeça, Longá e Potí (bacia do Parnaíba), nas regiões centro-oeste e nordeste do estado do Piauí. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA*, São Paulo, 1997. *Resumos expandidos*, São Paulo, SBGf, v.2, p.991-992.
- Araújo, M.B., 2003. *Plano Decenal – ANP. Planejamento das atividades de estudos geológicos e geofísicos nas bacias sedimentares brasileiras visando a exploração de petróleo e gás natural*. Rio de Janeiro, ANP, disponível em <http://www.brazil-rounds.gov.br/round5/apres_semtec/r5_plano_decenal.pdf> (acessado em 30.9.2003)
- Bann, K.L. & Fielding, C.R. 2005. An integrated ichnological and sedimentological comparison of non-deltaic shoreface and subaqueous delta deposits in Permian reservoir units of Australia. *In: McIlroy, D. (ed.) The application of Ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis*. London, The Geological Society, p.273-310. (Special Publication, n.228)
- Borghi, L., 2000, *Visão geral da análise de fácies sedimentares do ponto de vista da arquitetura deposicional*. Rio de Janeiro, Museu Nacional, 26p. (Boletim, Nova Série, Geologia, n.53)
- Borghi, L., 2002. *Fácies, arquitetura deposicional, tempestitos e o Devoniano da bacia do Paraná*. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 309p.
- Boulton, G.S., 1990. Sedimentary and sea-level changes during glacial cycles and their control in glacial facies architecture. *In: Dowdeswell, J.A. & Scourse, J.D. (eds.) Glacial marine environments: processes and environments*. London, The Geological Society, p.15-32. (Special Publication, n.53)
- Campbell, D.F., Almeida, L.A., Silva, S.O., 1949. *Relatório preliminar sobre a geologia da bacia do Maranhão*. Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo, 160p. (Boletim, n.1)
- Caputo, M.V., 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Santa Barbara, University of California, Doctor of Philosophy Thesis, 583p.
- Carozzi, A.V., Falkenhein, F.U.M., Varneiro, R.G., Esteves, R.E., Contreiras, C.J.A., 1975. *Análise ambiental e evolução tectônico-sedimentar da seção siluro– eocarbonífera da bacia do Maranhão*. Rio de Janeiro, Petrobras, p.1-48. (Ciência–Técnica–Petróleo, Seção Exploração, n.7)

- Catuneanu, O., 2003. *Sequence Stratigraphy of clastic systems*. Toronto, Geological Association of Canada, 248p. (Short Course Notes, n.16)
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2001. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG e mapas na escala 1:2 500 000. Brasília, CPRM. 4 CD-Rom.
- Cruz, W.B., Aboarrage, A.M., Santos, M.E.C.M., 1973. *Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba: relatório de progresso das etapas II e III*. Recife, DNPM/CPRM. 2v. (Relatório interno, inédito)
- Cunha, F.M.B., 1986. *Evolução paleozóica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico*. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 107p.
- Della Fávera, J.C., 1990. *Tempestitos da bacia do Parnaíba*. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 2v.
- Eyles, N., Eyles, C.H., Miall, A.D., 1983. Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictic sequences. *Sedimentology*, 30:393-410
- Figueiredo, M.F. & Gabaglia, G.P.R., 1986. Sistema classificatório aplicado às bacias brasileiras. *Revista Brasileira de Geociências*, 16:351-369.
- Forman, J.M.A., 2002. *Plano Decenal de Estudos e Serviços de Geologia e Geofísica Aplicados à Prospecção de Petróleo e Gás Natural. Prioridades 2002*. Rio de Janeiro, ANP, disponível em <http://www.anp.gov.br/palestras/planodecenal.pdf> (acessado em 12.12.2006).
- Góes, A.M. & Rossetti, D.F., 2001. Gênese da bacia de São Luís–Grajaú, Meio-Norte do Brasil. In: Rossetti, D.F., Góes, A.M., Truckenbrodt, W. (eds.) *O Cretáceo na Bacia de São Luís–Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p.15-30. (Coleção Friedrich Katzer)
- Góes, A.M., 1995. *A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba*. São Paulo, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 171p.
- Góes, A.M.O. & Feijó, F.J., 1994. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8:57-67.
- Góes, A.M.O., Souza, J.M.P., Teixeira, L.B., 1990. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 4:55-64.
- Góes, A.M.O., Travassos, W.A.S., Nunes, K.C., 1993. *Projeto Parnaíba: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias*. Belém, Petrobras, 3v. (Relatório interno, inédito)
- Leite, J.F., Aboarrage, A.M., Daemon, R.F., 1975. *Projeto carvão da bacia do Parnaíba*. Recife, DNPM/CPRM, 5v. (Relatório interno, inédito).
- Lima, E.A.M. & Leite, J.F., 1978. *Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba*. Recife, DNPM/CPRM, 16v. (Relatório interno, inédito).
- Melo, J.H.G. & Loboziak, S., 2000. Visan [*sic*] miospore biostratigraphy and correlation of the Poti Formation (Parnaba [*sic*] basin, Northern Brazil). *Review of Paleobotany and Palynology*, 112:147-165.

- Mesner, J.C. & Wooldridge, L.C., 1964. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous coastal basins North Brazil. *AAPG Bulletin*, 48:1476-1512.
- Mulder, T. & Alexander, J., 2001. The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits. *Sedimentology*, 48:269-299.
- Myrow, P.M., 1992. Bypass-zone tempestite facies model and proximity trends for an ancient muddy shoreline and shelf. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62:99-115.
- Oliveira, C.M., Pinheiro, J.A.D., Faria Jr., L.E.C., Siqueira, N.V.M., 1984. Considerações sobre a mineralogia, a geoquímica e o ambiente de deposição da Formação Longá, Devoniano da bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, v.10, p.4607-4620.
- Ovenshine, A.T., 1970. Observation of iceberg rafting in Glacier Bay, Alaska, and the identification of ancient ice-rafted deposits. *GSA Bulletin*, 81:891-894.
- Plint, A.G. & Nummedal, D., 2000. The falling stage systems tract: recognition and importance in sequence stratigraphic analysis. In: Hunt, D. & Gawthorpe, R.L. (eds.) *Sedimentary response to forced regression*. London, The Geological Society, p.1-17. (Special Publication, n.172)
- Plint, A.G., 1988. Sharp-based shoreface sequences and "offshore bars" in the Cardium Formation of Alberta: their relationship to relative changes in sea level. In: Wilgus, C.K. et al. (eds.) *Sea-level changes: an integrated approach*. Tulsa, SEPM, p.357-370. (Special Publication, n.42)
- Rodrigues, R., 1967. *Estudo sedimentológico e estratigráfico dos depósitos silurianos e devonianos da bacia do Parnaíba*. Belém, Petrobras, 63p. (Relatório interno, inédito)
- Rodrigues, R., 1995. *Geoquímica Orgânica na bacia do Parnaíba*. Porto Alegre, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 225p.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M., Campion, K.M., Rahamanian, V.D., 1990. *Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops*. Tulsa, AAPG, 55p. (Methods in Exploration Series, n.7)
- Walker, R.G., 1984. Shelf and shallow marine sands. In: Walker, R.G. (ed.) *Facies models*. (2.ed.) Toronto, Geological Association of Canada, p.141-170. (Geoscience Canada, Reprint Series, n.1)
- Young, C.K., 2006. *Estratigrafia de alta resolução da Formação Pimenteira (Devoniano da bacia do Parnaíba)*. Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 170p.
- Young, C.K. & Borghi, L., 2006. Isolated sandstone bodies: a new model for petroleum exploration in Brazilian Paleozoic Basins. In: RIO OIL AND GAS 2006 EXPO & CONFERENCE, Rio de Janeiro, 2006. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, IBP, CD-ROM, 6p.

Apêndice A – Caracterização das fácies sedimentares

A.1 Fácies Am – *Arenito maciço*

(Apêndice C, Estampa IV, figuras A, B, C e D; Estampa V, figuras B e C)

Diagnose – Arenitos muito finos a finos com estrutura maciça.

Descrição – Arenitos muito finos a finos com seleção moderada a boa. Ocorrem ainda, bem menos freqüentemente, arenitos médios moderadamente a mal selecionados. Dispõe-se preferencialmente em conjunto de camadas decimétricos a métricos, com base em geral plana, sem erosão pronunciada ou evidente. Bem menos freqüente, dispõem-se em pacotes centimétricos, geralmente abaixo e com o topo gradando para as fácies Ah ou Aot. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), laranja amarronzado claro (10YR-7/2), marrom rosado (10R-7/4), vermelho alaranjado escuro (5R-4/4) e vermelho pálido (5R-6/2).

É comum a presença de intraclastos de argila, em geral angulosos. Por vezes observa-se a presença de laminações horizontais incipientes, além de estruturas de tapetes-de-tração [subfácies Am(t)] (Estampa V, figura A). Pode ocorrer ainda, apresentando textura mal selecionada, podendo conter grânulos e/ou intraclastos de argilitos, em geral arredondados [subfácies Am(m)] (Estampa XIII, figuras A, B e D), em geral ocorrendo na base de estruturas de estratificação cruzada, ou como preenchimento de estruturas *gutter casts*. Raro, embora presente, observa-se a fácies Am com gradações normais milimétricas a centimétricas, geralmente com areia grossa ou média na base, podendo ainda conter intraclastos. Ocorre em geral não bioturbada, ou com isolados icnofósseis do icnogênero *Palaeophycus* em índice de icnotrama ii2.

Interpretação – Depósitos arenosos de fluxos de densidade (gravitacionais) concentrados (*sensu* Mulder & Alexander, 2001).

Discussão – Ocorre predominantemente no poço 1-UN-04-PI (20%) e em menor proporção no poço 1-UN-24-PI (8%).

A baixa concentração de argila deposicional na fácies Am sugere a existência de um fluxo suportado principalmente por grãos, com menor influência de matriz (e.g. fluxo de densidade concentrado de Mulder & Alexander 2001). A alta maturidade textural (principalmente alta seleção granulométrica) do depósito não favorece o desenvolvimento de estruturas típicas da interação entre grãos no fluxo, como tapetes-de-tração ou microgradações normais, esporadicamente observadas. O depósito em geral apresenta apenas uma anisotropia incipiente causada possivelmente por cisalhamento sin-deposicional induzido pela própria carga do fluxo, sendo melhor observada sob microscópio, mesmo assim de forma sutil.

A presença esporádica de concentrações de intraclastos na base destas camadas sugere um caráter erosivo do fluxo, possivelmente associado à discordâncias.

A gênese desse fluxo pode estar relacionada à liquefação do substrato em eventos de tempestade, pela ação cíclica de carga de ondas, como o modelo de Walker (1984). O sedimento liquefeito remobilizaria-se induzido pela ação combinada de onda/corrente e se depositaria não muito distante de sua “fonte” e de forma súbita. Esse sedimento arenoso poderia ainda se liquefazer a ponto de evoluir para um fluxo turbidítico, que, durante processos de evolução de fluxo, pode ter se depositado como uma porção residual. O fluxo turbulento evoluído, não denso, poderia ser facilmente retrabalhado pela ação de ondas, não se depositando como um fluxo desacelerante.

A subfácies Am(t) ocorre quando o fluxo apresenta internamente uma maior interação entre os grãos, se comportando como um fluxo granular (*sand debris*), dando condições para a ocorrência de uma segregação granulométrica.

A fácies Am corresponde à fácies “F8” de Mutti (1992, *apud* Borghi, 2002) e à fácies “C” do trato de corrente de turbidez do plexo tempestítico de Borghi (2002). Em parte corresponde às fácies Am, ACm e APm de Góes (1995).

A subfácies Am(m), quando ocorre preenchendo estruturas em *gutter casts*, corresponde à fácies GC (*gutter cast facies*) de Myrow (1992).

A.2 Fácies Ah – Arenito com laminação horizontal (Apêndice C, Estampa VI, figuras A, B e C)

Diagnose – Arenitos muito finos a finos, moderadamente a bem selecionados, com laminação horizontal (plano–paralela).

Descrição – Caracterizada por um conjunto de lâminas horizontais formadas geralmente por uma alternância de cor. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), laranja amarronzado claro (10YR-7/2), marrom rosado (10R-7/4). Esta fácies ocorre em camadas de poucos centímetros à conjuntos de camadas de até 2,5 metros.

A laminação interna, observada ao microscópio, correndo ainda de forma sutil, é marcada por: (1) variação composicional, podendo estar muitas vezes associada a uma alternância entre lâminas de grãos de minerais pesados com lâminas de grãos de quartzo, lâminas de argila com lâminas de grãos de quartzo ou ainda concentrações de grãos de muscovita alinhadas horizontalmente; (2) presença de cimentação ou “microconcreções” de siderita ou raramente opacos; (3) mudanças granulométricas sutis, por exemplo variando de areia fina inferior para areia fina superior.

As camadas apresentam base em geral plana e nítida. O topo pode ser plano ou truncado, quando retrabalhado por formas de leito sobrepostas.

Eventualmente observa-se estruturas em *carpete-de-tração* em meio a esta fácies.

Pode ocorrer com índice de icnotrama ii3, em geral com a presença do icnogênero *Palaeophycus*.

Interpretação – Depósitos por agradação de leito plano arenoso, gerados em regime de fluxo superior.

Discussão – Ocorre apenas no poço UN-04 (2%). Sua gênese envolve a ação de fluxos trativos subaquosos constantes, unidirecionais (corrente) ou oscilatórios de alta celeridade (ondas de tempestades). Os agentes podem estar relacionados a correntes fluviais, quando relacionada às fácies Ac, fluxos hiperpicnais (inunditos) ou à ação de ondas de tempestades (tempestitos), neste caso quando possui relação com a fácies Aot.

Como a descrição foi feita em testemunhos, em parte, rochas pertencentes à esta fácies podem estar mal interpretadas, na verdade pertencendo à fácies Aot, devido a ausência da observação da geometria do depósito ou até mesmo da continuidade bidimensional da estrutura.

Corresponde em parte à fácies “C2” (apenas à porção basal) do trato de corrente de turbidez do plexo tempestítico de Borghi (2002). Corresponde à divisão P do esquema do “Turbidito-HCS” de Walker *et al.* (1983, *apud* Borghi, 2002) e ao campo PB do modelo de tempestito de Myrow & Southard (1991, *apud* Borghi, 2002) realizado a partir de dados de experimentos em *flumes*.

Engloba as fácies Ap e AMp de Góes (1995).

A.3 Fácies Ar – Arenito com laminação cruzada
(Apêndice C, Estampa XII, figuras A, B e C).

Diagnose – Arenitos finos, moderadamente selecionados, com laminação cruzada (*current-ripple cross-lamination*).

Descrição – Camadas ou conjunto de camadas de até 3m de espessura, nas cores laranja amarronzado claro (10YR-7/2), laranja amarelado (10YR-7/6) e vermelho alaranjado (5R-4/4). O porte das laminações cruzadas chega a uns 3 cm de altura. As bases das camadas são em geral concordantes, ocorrendo raras pequenas erosões, tanto na base quanto internamente. A laminação é marcada principalmente por *drapes* de argila ou por lâminas com concentração de minerais pesados. Podem ocorrer reversões na direção de caimento da face de avalanche, com bipolaridade da paleocorrente, mas facilmente confundida quando a fácies Ao apresenta alguma polaridade preferencial.

Interpretação – Depósitos arenosos por fluxos trativos subaquosos unidirecionais (correntes), por vezes bipolar, gerados em regime de fluxo inferior. Relacionam-se à migração de microformas-de-leito do tipo ondulas assimétricas (*ripples*) com pequeno comprimento de onda.

Discussão – Ocorre nos testemunhos do poço 1-UN-04-PI (< 10%). Esta fácies geralmente ocorre associada à fácies Ao, acima, abaixo ou intercalada a esta, sendo muitas vezes difícil de distinguir desta em testemunho, principalmente quando a fácies Ao ocorre com alguma direção preferencial no caimento da laminação (polaridade incipiente), ocasionada por uma eventual interação onda-corrente.

A.4 Fácies Ac – Arenito com estratificação cruzada
(Apêndice C, Estampa XII, figura D).

Diagnose – Arenitos finos a grossos, moderada a moderadamente bem selecionados com estratificação cruzada (indistinta) de porte pequeno (3cm a 10cm) [subfácies Ac(p)] a médio (10cm a 30cm) [subfácies Ac(m)].

Descrição – A subfácies Ac(m) é predominante. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), vermelho alaranjado fusco (5R-4/4), vermelho alaranjado claro (5R-4/4) e marrom rosado (10R-7/4). É comum a presença de grânulos dispersos em suas laminações internas, assim como intraclastos de argila.

Sua laminação interna é observada com dificuldade devido a uma homogeneidade granulométrica e a ausência de lâminas com composição mineralógica distinta.

É disposta em camadas com contatos basais planos, cruzados e raramente erosivos. As camadas ocorrem em conjuntos formando ciclos de até 8 m de espessura, em geral com padrão de afinamento granulométrico brusco com a quebra granulométrica em geral mais nas porções basais da camada, que são geralmente marcadas por uma maior granulometria e/ou uma menor seleção granulométrica.

Essa fácies não está associada a nenhum icnofóssil observado.

Interpretação – Depósitos arenosos pela migração de mesoformas-de-leito arenosas relacionadas a megaôndulas (*megaripples*) geradas por fluxos trativos subaqosos constantes, não lineares, unidirecionais (correntes) em regime de fluxo inferior.

Discussão – Essa fácies é encontrada apenas no poço 1-UN-24-PI, com baixa frequência.

Corresponde às fácies Ama e AMt descritas na Formação Poti por Góes (1995).

A.5 Fácies Aot – Arenito com estratificação ondulada truncante
(Apêndice C, Estampa VII, figuras A, B, C e D).

Diagnose – Caracterizada por arenitos muito finos a finos com moderadamente a bem selecionados, com estratificação ondulada truncante (*hummocky-cross stratification*, HCS).

Descrição – Dispõe-se em sucessões de lâminas com espessuras de escala decimétrica a métrica (até 2m). Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), laranja amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo rosado claro (5R-7/2) e avermelhado (5R 3/6). A laminação interna é marcada pelos mesmos padrões da fácies Ah, com a diferença de nesta fácies a espessura dos níveis cimentados por siderita, atingirem escala centimétrica, podendo ser observados a olho nu. Podem ocorrer filmes de argila paralelos à laminação interna em acamamento *flaser*, geralmente em escala milimétrica.

O contato basal desta fácies é geralmente ondulado, típico da estrutura gerada por formas-de-leito monticuladas truncadas.

Nesta fácies encontram-se os icnogêneros *Skolithos*, *Arenicolites*, *Palaeophycus* e *Lockeia*.

Interpretação – Corresponde a depósitos arenosos subaquosos relacionados à megaôndulas hummocky. Estas mesoformas-de-leito estão associadas a fluxos oscilatórios (ondas) ou fluxos combinados (ondas e correntes), na interface entre regimes de fluxo superior/inferior. O agente está relacionado à tempestades (ação de ondas com grande comprimento de onda).

Discussão – Sendo uma fácies bem freqüente, ocorre nos poços 1-UN-04-PI (20%) e 1-UN-24-PI (15%). A identificação da estratificação cruzada *hummocky* (HCS) é feita de forma genérica, já que não pode ser distinguida completamente da estrutura estratificação cruzada *swalley* (SCS), devido às limitações impostas pela observação em testemunhos, sendo possível apenas quando existe convexidade claramente observada, típica da estrutura HCS.

Corresponde em parte às fácies “C₁”, “C₂” ou “C₃” do trato de corrente de turbidez do plexo tempestítico de Borghi (2002). Pode corresponder à divisão H do esquema do

“Turbidito-HCS” de Walker *et al.* (1983, *apud* Borghi, 2002). Descritivamente corresponde às fácies Ah e Ax de Góes (1995).

A.6 Fácies Ao – Arenito com laminação cruzada por ondas (Apêndice C, Estampa VIII, figuras A, B, C, D e E).

Diagnose – Caracterizada por arenitos muito finos a finos, moderadamente a moderadamente bem selecionados, com laminação cruzada por ondas (*wave-cross lamination*), e por vezes em acamamento *flaser* (heterolítico).

Descrição – Ocorre nas cores laranja amarronzado claro (10YR-7/2), laranja amarelado (10YR-7/6), avermelhado (5R 3/6) ou marrom rosado (10R-7/4). Possui base ondulada, podendo ainda ser truncante, o topo está muitas vezes truncado ou em contato erosivo, dependendo da fácies sobreposta. O padrão da laminação interna apresenta sucessivos truncamentos, e é marcada similarmente ao padrão das fácies Aot e Ah. Pode apresentar camadas delgadas de argila intercaladas, em proporção menor que 20%, descontínuas, caracterizando um acamamento *flaser*. A estrutura laminação cruzada ocorre preferencialmente simétrica (apolar), apresentando por vezes certa assimetria (polaridade). Em certos casos pode se observar forte relação com a fácies Ar.

Os icnogêneros observados nesta fácies foram *Planolites*, *Arenicolites*, *Gyrolites*, *Bergaueria*, *Lockeia* e *Thalassinoides*.

Interpretação – Depósitos arenosos de micro formas-de-leito do tipo ôndulas simétricas geradas pela ação de ondas. Podem estar presentes processos alternados de decantação de argila, relacionados possivelmente a efeitos de maré.

Discussão – Ocorre nos poços 1-UN-04-PI (15%) e 1-UN-24-PI (5%).

Corresponde a depósitos arenosos subaquosos sob ação de ondas, com eventual contribuição de marés. Observa-se por vezes alguma polaridade preferencial no sentido de

caimento das laminações, sugestivo da ação de fluxos combinados, com interação de ondas com correntes. Nestes casos essa fácies ocorre associada ou intercalada com a fácies Ar, sendo por vezes sutil e difícil a separação clara entre as fácies Ao e Ar.

Descritivamente corresponde à fácies Ao de Góes (1995).

A.7 Fácies Hw – Arenitos e lutitos em acamamento ondulado.
(Apêndice C, Estampa IX, figuras A, B e C).

Diagnose – Fácies heterolítica caracterizada por conjuntos de camadas de arenitos muito finos a finos bem selecionados e siltitos com folhelhos e/ou argilitos em acamamento preferencialmente ondulado (*wavy*). Pode conter gretas de sinerese [subfácies Hw(s)].

Descrição – Ocorre nos testemunhos dos dois poços descritos. As camas e conjuntos de camadas em relação às camadas de finos. As camadas de arenitos e siltitos possuem estrutura maciça, laminação plano-paralela, laminação cruzada ou laminação cruzada por onda e ocorrem em proporções aproximadamente entre 40-80 % em relação às camadas de finos. Ocorrem nas cores laranja amarronzado claro (10YR-7/2), cinza muito claro (N8), verde oliva claro (5R-7/2) e vermelho pálido (5R-6/2). São freqüentes, estruturas do tipo *gutter casts* ou marcas de sola na base das camadas, em escala milimétrica a centimétrica. As camadas de argilitos correm com estrutura maciça ou laminação horizontal e as de folhelhos, menos freqüentes, apresentam fissilidade característica. Os lamitos ocorrem nas cores marrom amarelado fusco (10YR-2/2), cinza escuro (N3) e verde oliva claro (5R-7/2) e com intervalos avermelhados.

As gretas de sinerese, nesta fácies [subfácies Hw(s)] (Apêndice C, Estampa X, figuras A, B, C, D e E), ocorrem principalmente no poço 1-UN-24-PI.

É encontrado comumente o icnogênero *Planolites*.

Interpretação – Depósitos alternados entre processos trativos e decantativos de finos. Pode sofrer variação de salinidade [subfácies Hw(s)].

Discussão – Ocorre nos poços UN-04 (20%) e UN-24 (15%). Descritivamente corresponde em parte às fácies Aw, ASw, FAw e SAw de Góes (1995), mas com interpretações distintas quanto aos processos formadores das duas primeiras.

Corresponde basicamente a depósitos alternados entre processos trativos e os de decantação. Dentre os trativos, podem estar presentes fluxos unidirecionais (correntes) e/ou oscilatórios (ondas), que podem ocorrer em regime de fluxo inferior, gerando respectivamente depósitos arenosos relacionados à migração de microformas de leito do tipo ondulas (*ripples*) e/ou depósitos arenosos relacionados à migração de microformas de leito do tipo ondulações de vórtice 2D. A base destas camadas de areia encontra-se muitas vezes erodida em canalículos (estruturas *guter cast* e marcas-de-sola). Tais feições são produzidas por fluxos contínuos, unidirecionais (corrente) ou oscilatórios (ondas), que escavam o fundo, geram uma região local de *by pass* de sedimentos até desacelerar e gerar o depósito. Em regime de fluxo superior, os processos, unidirecionais ou oscilatórios, geram depósitos relacionados à migração de formas de leito do tipo leito-plano. Dentre os depósitos decantativos, podem estar presentes os de decantação após desaceleração e “queda” da pluma hipopical, gerando depósitos maciços ou com microgradações normais de areia muito fina, silte ou até argila. Depósitos de decantação pelágica do “dia-a-dia” estão relacionados à presença dos folhelhos e argilitos em geral escuros.

A.8 Fácies H1 – Lutitos e arenitos em acamamento lenticular
(Apêndice C, Estampa XI, figuras A e B).

Diagnose – Fácies heterolítica caracterizada por conjuntos de camadas de folhelhos e/ou argilitos com camadas de siltitos ou arenitos em acamamento lenticular (*linsen*).

Descrição – As camadas de argilito possuem estruturas maciças e laminação horizontal, ou apresentam fissilidade, geralmente pouco pronunciada. Ocorrem na core cinza escuro (N3). As camadas de arenitos são muito finos a finos bem selecionados e, junto com siltitos, ocorrem como lentes milimétricas isoladas, raramente centimétricas ou ainda com laminação horizontal (plano-paralela) e ocorrem nas cores: cinza muito claro (N8), laranja amarronzado claro (10YR-7/2), e vermelho pálido (5R-6/2). A base destas camadas comumente apresenta estruturas *gutter cast*, sendo as *linsen* muitas vezes produto apenas do preenchimento dessas estruturas. Pode conter gretas de sinerese

Ocorre com o icogênero *Planolites*. [subfácies H1(s)] (Apêndice C, Estampa XI, figuras C e D).

Interpretação – Depósitos alternados de processos de decantação de finos e processos trativos. Pode sofrer variação de salinidade [subfácies H1(s)].

Discussão – Ocorre nos poços UN-04 (< 5%), UN-24 (20%).

Corresponde à deposição por decantação de finos (argila e silte) em suspensão na lâmina d'água, alternada com areias depositadas por fluxos trativos ou turbulentos em regime de fluxo inferior e/ou superior, por vezes desacelerante (quando microgradações normais estão presentes). A chegada de areias em meio a argilas pode estar relacionada a depósitos distais provenientes de fluxos turbulentos induzidos pela ação de tempestades ou fluxos hiperpicnais gerados por inundações.

Corresponde em parte à fácies FAw de Góes (1995).

A.9 Fácies ALd – *Arenitos e lutitos deformados* (Apêndice C, Estampa III, figuras A, B, C, D, E e F).

Diagnose – Camadas ou conjunto de camadas de arenitos e lutitos com estruturas de deformação.

Descrição – As deformações podem ser reconhecidas nas fácies Aot, Hl, Hw e Am, além de outras, não diagnosticadas. Observam-se diversas estruturas de deformação, como laminação/ estratificação convoluta, dobra recumbente, dobra em “rocambolé”, dobra em bainha, camadas basculadas, fluidização, diques clásticos (injectitos) e feições como *sliken-sides*. (Não se incluem estruturas biogênicas como fatores deformacionais.)

Interpretação – Ressedimentação por processos de escorregamentos ou deslizamentos, nos quais podem estar associados processos de fluidização e injeção clástica.

Discussão – Ocorre caracteristicamente na base dos testemunhos dos poços 1-UN-04-PI (<5%) e 1-UN-24-PI (10%).

As causas das deformações podem estar relacionadas a (1) uma alta taxa de sedimentação e instabilidade geomecânica do substrato, e/ou (2) por efeitos glácio-tectônicos, incluindo arrasto dos depósitos por ação de geleiras ou *icebergs* (q.v. Eyles *et al.*, 1983)

A.10 Fácies Dmm – *Diamictito maciço matriz-suportado* (Eyles *et al.*, 1983)
(Apêndice C, Estampa I, figuras A, B e C; Estampa II, figuras A, B, C, e D).

Diagnose – Mistura clástica muito mal selecionada, matriz suportada, de areia fina até grossa, lama e intraclastos de argilitos e arenitos, predominando areia [subfácies Dmm(A)] ou lama [subfácies Dmm(L)].

Descrição – Ocorre nas cores cinza escuro médio (N4), cinza médio (N5) e vermelho acinzentado (5R-4/2). São rochas argilosas, que, pela variação da porcentagem de argila deposicional, podem ser classificadas segundo como arenitos argilosos [subfácies Dmm(A)] ou lamitos arenosos [subfácies Dmm(L)]. Ocorrem comumente intraclastos angulosos a

arredondados das fácies Hl, Hw e ALd (além de outras não identificadas), com tamanhos centimétricos a decimétricos, que são encontrados dispersos em variadas concentrações. Em geral, os clastos não apresentam nenhuma orientação preferencial; mas, por vezes, quando alongados, podem apresentar-se sub-horizontais aparentando uma certa estratificação.

Na profundidade entorno de 284 m do poço 1-UN-24-PI, ocorre um pacote da fácies Dmm(A) com cores levemente avermelhadas. Trata-se petrograficamente de um arenito grosso intraclástico, muito mal selecionado, no qual se observam feições subcirculares que podem ser associáveis a pelóides de till (*till pellets*) (Apêndice C, Estampa XVIII).

Interpretação – Depósitos de chuva de grãos (*rain-out*) e/ou ressedimentação por processos gravitacionais.

Discussão – Ocorre apenas no poço 1-UN-24-PI (40%), abaixo da profundidade 276,3 m.

As fácies Dmm(A) e Dmm(L) podem ser tanto produto de fluxos gravitacionais quanto de chuva de grãos. Para ambas, é difícil distinguir tais processos, pois tanto a ressedimentação quanto a chuva de grãos têm por característica mais evidente o aspecto “maciço” dos depósitos.

Para a chuva de grãos, em provável contexto glacial subaquoso, o aspecto maciço, sem identificação de microtexturas de fluxo, e a presença local de pelóides de till são argumentos. Pelóides de till (*till pellets*) foram descritos por Ovenshine (1970, p.893), no Glaciar Bay, Alasca (EUA), como grânulos de 2 a 3 mm (até 5 mm), de constituição idêntica à matriz dos depósitos de till locais. Os pelóides de till formam-se durante o degelo, em fendas de ablação na superfície de *icebergs*, quando sedimentos finos, passam a ser coletados e segregados entre cristais de gelo, onde são progressivamente congelados em um processo único de geleiras, sendo depositados por chuva de grãos durante derretimento dos *icebergs*. Os pelóides de till foram reconhecidos ainda em rochas pré-cambrianas da Formação Gowganda, no Canadá

(Ovenshine, 1965, *apud* Ovenshine, 1970), o que indica o potencial de preservação dessas texturas.

Outra possibilidade é que os depósitos de chuva de grãos ainda possam submeter-se a à ressedimentação por escorregamentos e deslizamentos, conforme apontado por Eyles *et al.* (1983); ou mesmo tal ressedimentação pode ainda ocorrer a partir de outros depósitos. Mesmo nesses casos, ainda é difícil a distinção, usualmente baseada em evidências de deformações tais como *flow noses*, estratificação convoluta *etc.*, nem sempre presentes na fácies Dmm descrita. Isoladamente observa-se estratificação convoluta em uma camada da fácies Dmm(A).

Os intraclastos apresentam-se como fragmentos de fácies heterolíticas, incluindo arenitos com laminação cruzada por onda, o que sugere uma origem marinha rasa para os depósitos primários. O intraclasto podem representar relictos não deformados durante os fluxos gravitacionais, ou ainda terem sido gerados como clastos por ação do glaciar e liberados nos depósitos de till por chuva de grãos.

Apêndice B – Caracterização das sucessões de fácies sedimentares

B.1 Sucessão de fácies 1 (SF1) – *Glácio-marinha*

Diagnose – Sucessão das fácies Am, ALd, Dmm(A) e Dmm(L).

Descrição – A sucessão apresenta um grande ciclo de afinamento–engrossamento granulométrico, marcado por um aumento e diminuição na argilosidade, onde as fácies mais grossas são representadas por Am e Dmm(A). Predomina a fácies mais fina, Dmm(L). No meio do ciclo transgressivo–regressivo ocorre um “pacote” de arenito completamente cimentado por anidrita, bem marcado pelo padrão dos perfis geofísicos, e com injeções decimétricas de argila. Esse “pacote” de arenito, de contato irregular, pode representar um injectito, que serviu ainda de duto para fluidos diagenéticos. Outros “pacotes” mais delgados de arenitos, ao longo da sucessão, podem também estar associados a injectitos. A espessura da sucessão é de pelo menos 61 m.

Interpretação – Ressedimentação por deslizamentos e escorregamentos de alta plasticidade, associados a fluxos gravitacionais e/ou depósitos de chuva de clastos (*rain out*), com eventuais injeções de diques clásticos (injectitos), em contexto glaciomarinho raso, em sucessão transgressiva–regressiva (T-R).

Discussão – Ocorre no poço e 1-UN-24-PI (abaixo da profundidade 276,3 m).

Assim, a SF1 retrata uma plataforma glaciomarinha sujeita à ressedimentação, durante avanços glaciares, em contexto regressivo, e à eventos transgressivos, relacionados ao recuo de geleiras por degelo caracterizados por fácies mais lamosas (fácies Dmm(L)).

Todavia, a ressedimentação é um mecanismo mais plausível, devido a relação com a fácies ALd, produto desse mecanismo.

A presença destas feições, pode representar a mais clara evidência da origem glacial para os depósitos da SF1, por serem indicativos de proximidade de geleiras.

Pela descrição do poço 1-CL-1-MA (Carolina 1), perfurado pela Petrobras (Caputo, 1984, fig. 68), a Formação Cabeças apresenta características semelhantes às que vemos nestes poços, com pacotes de diamictitos cinza escuro, maciço e mal selecionado passando acima para folhelhos da Formação Longá. Assim, em termos litoestratigráficos, resta a dúvida em atribuir a SF1 à Formação Longá, conforme Leite *et al.* (1975) apontam nos poços.

No poço 1-UN-04-PI (abaixo da profundidade 283,5 m), ocorrem depósitos deformados, (fácies ALd) muito lamosos, que podem estar relacionados à ressedimentação por processos de escorregamento, mas pode não ter relação genética com os depósitos da SF1, podendo ter mais afinidade genética com os depósitos da SF2-A (descrita a seguir). Devido a essa incerteza, no poço 1-UN-04-PI, os depósitos da Fácies ALd foram nomeados de SF1a.

B.2 Sucessão de fácies 2-A (SF2-A) – Costa afora/prodelta, periglacial

Diagnose – Sucessão das fácies Hl, Hl(s), Hw e Ao.

Descrição – Ocorre como um intervalo com fácies essencialmente argilosas em uma sucessão de engrossamento granulométrico muito próximo ao topo, onde aparecem as fácies Hw e Ao. No terço superior da sucessão, ocorrem gretas de sinerese (fácies Hl(s)). A espessura gira em torno de 16 m.

Interpretação – Depósitos marinhos rasos de costa-afora, com provável contribuição deltaica em região distal (prodelta), em sucessão transgressiva–regressiva (T-R), em contexto periglacial (deglaciação).

Discussão – Ocorre nos poços 1-UN-04-PI (intervalo 311,5 m e 318,6 m) e 1-UN-24-PI (intervalo de 261,3 m e 276,5 m).

Essa sucessão de fácies representa um súbito afogamento marinho, pós-glacial, em contexto transgressivo.

O paleoambiente marinho raso de costa-afora é apontado na abundância de fácies HI, na qual processos predominantemente de decantação pelágica alternam-se com trativos (correntes e ondas) e/ou decantação de plumas hipopícnais, relacionadas à contribuição deltaica. Inicialmente, a influência de águas marinhas, mais salinas é mais sensível, o que diminui em virtude de uma provável entrada de águas doces. Este fato é sugerido pela ocorrência, na sucessão, da fácies HI(s), que se apresenta com gretas de sinerese, indicando flutuação de salinidade.

Juntamente com o aparecimento da fácies HI(s), as fácies Hw e Ao indicam uma fase de rápida regressão próximo ao topo da sucessão, possivelmente relacionados aos depósitos distais de uma regressão forçada (evidenciada pela SREM-1) em rápida progradação deltaica, retrabalhada por ondas.

A presença “aleatória” de delgados pacotes com estruturas deformacionais (laminação convoluta) sugere pequenos escorregamentos atribuídos a uma fase deposicional ainda em processo de estabilização geomecânica, relacionada ao ângulo de inclinação do substrato, formado em região prodeltaica e possivelmente sobre algum paleorelevo gerado pelos processos glaciogênicos anteriores (SF1).

B.3 Sucessão de fácies 2-B (SF2-B) – *Frente deltaica dominada por ondas, distal.*

Diagnose – Sucessão das fácies Am/Aot, Hw(s), Hw, Hl(s), Ao e ALd.

Descrição – Na base ocorre uma intercalação das fácies Am/Aot, Hw e Hw(s); para o topo, sucedem-se fácies Hl(s), Hw e Ao, que ocorre expressivamente (~ 4 m). As fácies Am e ALd ocorrem apenas no poço 1-UN-04-PI. A espessura máxima da sucessão gira entorno de 11 m (1-UN-04-PI).

Interpretação – Depósitos de frente deltaica marinha sob ação de ondas, em sucessão transgressiva–regressiva (T-R).

Discussão – Ocorre nos poços 1-UN-04-PI (intervalo 307,5 m e 311,5 m) e 1-UN-24-PI (intervalo de 250,2 m e 261,5 m).

A base, arenosa, relaciona-se a um paleoambiente de antepraia inferior sob ação de ondas de tempestade e variação de salinidade, o que possivelmente trata da reelaboração de frentes deltaicas (delta dominado por onda). Sob transgressão, sucedem-se fácies lamosas de costa-afora/prodelta, que, por seu turno, são sucedidos em regressão normal por fácies de antepraia inferior e superior sob ação de ondas, porém sem influência de água doce. Caracteriza-se assim um ciclo T–R.

B.4 Sucessão de fácies 2-C (SF2-C) – *Laguna costeira*

Diagnose – Sucessão das fácies Hw(s) e Hw.

Descrição – A fácies Hw(s) ocorre de forma dominante (85%). A espessura gira entorno de 7 m (1-UN-24-PI).

Interpretação – Depósitos lagunares (laguna costeira).

Discussão – Ocorre no poço 1-UN-24-PI (intervalo de 243,2 m a 250,2 m).

A despeito da semelhança com a SF2-B, na qual a fácies Hw(s) está em contexto paleoambiental marinho, esta sucessão é interpretada como lagunar pelo reconhecimento de abundantes palinomorfos típicos de água doce, tal como *Botryococcus* sp. (J.G. Mendonça Filho, inf. verb.). Neste caso, as areias contendo laminações cruzadas poderiam ser interpretadas como leques de *washover*.

B.5 Sucessão de fácies 3 (SF3) – *Antepraia*.

Diagnose – Sucessão das fácies Am, Aot, Ah, Ao, Ar e Ac(p).

Descrição – Ocorre com predominância da fácies Am. A sucessão apresenta uma espessura máxima de 21,5 m (1-UN-04-PI).

A base é marcada por uma delgada camada da fácies Ac(p) e logo acima uma intercalação das fácies Am e Aot com uma marcante presença de intraclastos de argila dispersos e a eventual ocorrência da fácies Ar. O intervalo médio inferior é marcado pelas fácies Am, Ao e Ah e o superior pela exclusiva presença da fácies Am com escassas ocorrências da fácies Aot.

Interpretação – Depósitos arenosos de antepraia superior sob ação de tempestades, em sucessão transgressiva–regressiva (T-R), com um leve predomínio do registro regressivo.

Discussão – Ocorre nos poços 1-UN-24-PI (intervalo de 288,2 m a 307,7 m) e 1-UN-24-PI (intervalo de 228,2 m a 307,7 m).

Essa sucessão de fácies apresenta predominantemente registro de processos em regime de fluxo superior no trato de fácies onda–fluxo de densidade de tempestitos de Borghi (2002).

Com o rebaixamento do nível do mar, instala-se um sistema plataformal raso dominado pela ação de ondas, redistribuindo os sedimentos costeiros, que são redepositados na plataforma.

O intervalo inferior representa depósitos reelaborados por erosão da plataforma, possivelmente em contexto transgressivo, logo após o rebaixamento do nível relativo do mar. Esta hipótese é apoiada pela evidência da grande presença de intraclastos. O intervalo superior representa o contexto regressivo.

B.6 Sucessão de fácies 4-A (SF4-A) – *Frente deltaica dominada por ondas, proximal.*

Diagnose – Sucessão das fácies Am, Ao, Aot, Ar Ah e Ac(p).

Descrição – Caracterizada pela predominância da fácies Ar. Possui uma espessura de 14,2 m.

Na porção inferior, ocorrem as fácies Ao, Am e Aot. Na porção superior, principalmente a fácies Ar, e em menor ocorrência, as fácies Am, Ah, Ac(p) sendo o topo, marcado pelas fácies Ao e Am.

Interpretação – Parte proximal superior da frente deltaica dominada por onda, em ciclo transgressivo–regressivo (T-R).

Discussão – Ocorre apenas no poço 1-UN-24-PI (intervalo de 274,0 m a 288,2 m).

Essa sucessão apresenta uma divisão bem marcada, onde predominam processos de onda na porção inferior e no topo, processos predominantemente trativos unidirecionais, ou ao menos oscilatórios com uma polaridade preferencial.

Essa quebra está sendo interpretada como a passagem do regime transgressivo para regressivo em condições normais (progradacional).

No topo da sucessão ocorrem os icnogêneros *Arenicolites*, *Gyrolites* e *Bergaueria*, que foram interpretados em contexto da icnofácies *Skolithos*.

B.7 Sucessão de fácies 4-B (SF4-B) – *Frente deltaica dominada por ondas, proximal/distal.*

Diagnose – Sucessão das fácies Am, Ah, Hw, Ao, Aot e Ac(p).

Descrição – Na parte inferior da sucessão predomina a fácies Hw; na parte mediana predomina a Ao; enquanto que, para o topo, a Aot. São marcantes os tons avermelhados na parte média, resultante da presença de siderita. Possui uma espessura de 7,8 m.

Interpretação – Parte proximal inferior da frente deltaica dominada por onda, em ciclo transgressivo–regressivo (T-R).

Discussão – Ocorre apenas no poço 1-UN-04-PI (intervalo de 266,2 m a 274,0 m).

B.8 Sucessão de fácies 4-C (SF4-C) – *Desembocadura deltaica reelaborada por onda*

Diagnose – Sucessão das fácies Am, Ah, Am(t) e Aot.

Descrição – Predomina a fácies Am; na base ocorrem as fácies Ah e Am(t), enquanto que, no topo, a Aot. É marcante a presença de pavimentos de areia média e grossa. Possui uma espessura máxima de 7 m.

Interpretação – Barra de desembocadura deltaica intensamente reelaboradas pela ação de ondas, em um aparente ciclo regressivo normal.

Discussão – Ocorre nos poços 1-UN-04-PI (intervalo de 259,2 m a 266,2 m).

Apesar da sucessão de fácies retratar uma antepraia sob ação de ondas, o contexto de desembocadura é sugerido pela maior presença de pavimentos de areia média a grossa para o topo, o que faz supor a proximidade do aporte fluvial.

B.9 Sucessão de fácies 5 (SF5) – *Barra de desembocadura deltaica–canal fluvial.*

Diagnose – Sucessão das fácies Ac(p), Ac(m), Am.

Descrição – Predomina a fácies Ac(m), com estratificações cruzadas de ângulo não muito alto (entre 25° e 35°) e de porte entre 10cm a 30cm. Possui uma espessura de 7,5 m.

Interpretação – Depósitos de barras fluviais de desembocadura deltaica atribuídas em contexto estuarino, passando, sob transgressão para depósitos de antepraia superior.

Discussão – Ocorre no poço 1-UN-04-PI (intervalo de 253,5 m a 259,2 m).

A progradação deltaica pode ter ocorrido em regiões onde se desenvolveram incisões na plataforma, que posteriormente com eventos transgressivos, podem ter sido preenchimentos por depósitos estuarinos rasos.

Apêndice C – Estampas

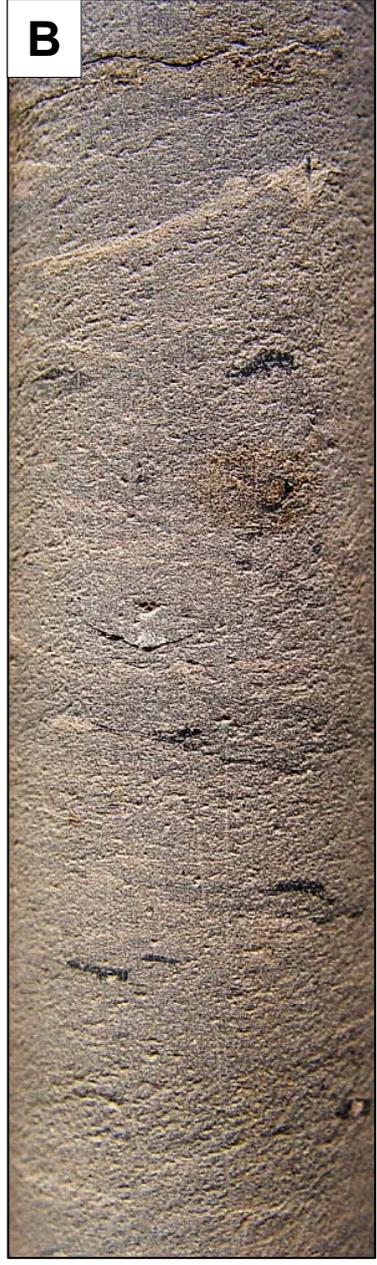
ESTAMPA I

Figura A – Fácies Dmm(A). Notar o aspecto maciço (homogêneo) e a presença de grãos de areia grossa dispersos. Poço 1-UN-24-PI, 335,2 m.

Figura B – Fácies Dmm(A). Observar o aspecto predominantemente maciço, com uma leve lineação, causada possivelmente por deformação. Poço 1-UN-24-PI, 276,9 m.

Figura C – Fácies Dmm(A). Notar a coloração marrom avermelhada, associada a *till pellets* (v. fotomicrografia nas Figuras A, B e C, Estampa XVIII). Notar ainda a presença de um intraclasto em meio à matriz, aparentemente maciça. Poço 1-UN-24-PI, 284,0 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA II

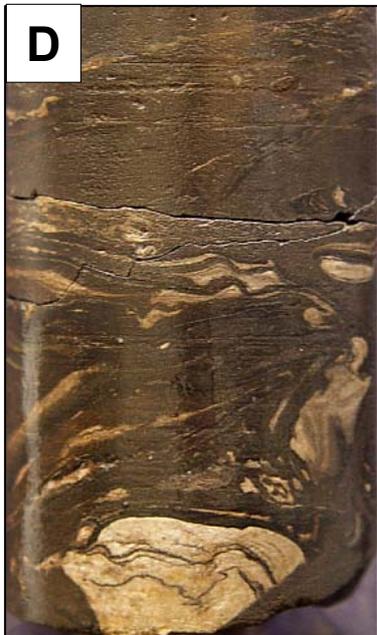
Figura A – Fácies Dmm(L). Observar a presença de intraclastos centimétricos de argilito em meio a uma matriz lamosa maciça. Poço 1-UN-24-PI, 285,1 m.

Figura B – Fácies Dmm(L). Observar intraclastos de arenitos finos angulosos em meio a matriz lamosa maciça. Poço 1-UN-24-PI, 285,9 m.

Figura C – Fácies Dmm(L). Notar o aspecto homogêneo sobre a fácies ALd, que apresenta dobras de caráter “pitigmático”, evidenciado o caráter de alta plasticidade da deformação. O contato entre as fácies ocorre de forma discordante, possivelmente relacionado a uma superfície de escorregamento. Poço 1-UN-24-PI, 332,0 m.

Figura D – Fácies ALd. Observar o caráter predominantemente lamoso, com camadas delgadas de arenitos/siltitos deformados e descontínuos. Poço 1-UN-04-PI, 319,9 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA III

Figura A – Fácies ALd. Observar a presença de uma dobra em bainha, evidenciando o caráter plástico e viscoso da deformação. Poço 1-UN-24-PI, 327,95 m.

Figura B – Fácies ALd. Dobra recumbente formada por ressedimentação e deformação de sedimento lamoso semi-consolidado. Poço 1-UN-24-PI, 293,6 m.

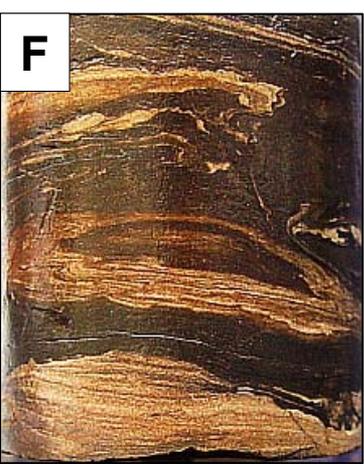
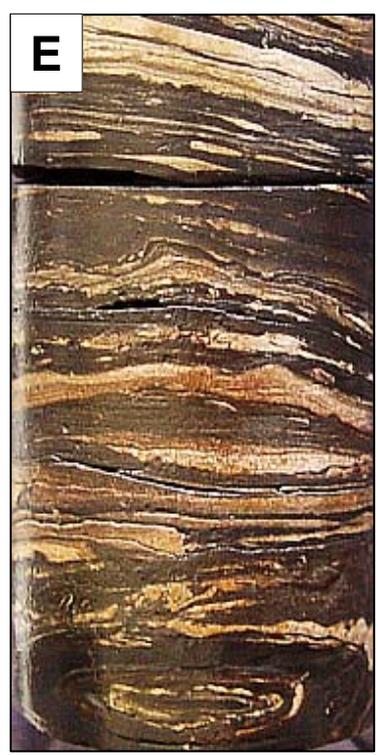
Figura C – Fácies ALd. Notar a presença de dique clástico, como feição deformada da fácies Am. Poço 1-UN-24-PI, 304,45 m.

Figura D – Fácies ALd. Notar a presença de uma dobra em “rocambolé”, evidenciando um aspecto visco-plástico da deformação. 1-UN-24-PI, 285,0 m.

Figura E – Fácies ALd. Observar a deformação da fácies HI. Notar as laminas inclinadas na porção superior da figura e a presença de uma dobra em bainha na base da figura. Poço 1-UN-24-PI, 320,4 m.

Figura F – Fácies ALd. Observar a deformação da fácies HI, com a presença de uma dobra em bainha. Poço 1-UN-04-PI, 320,5 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA IV

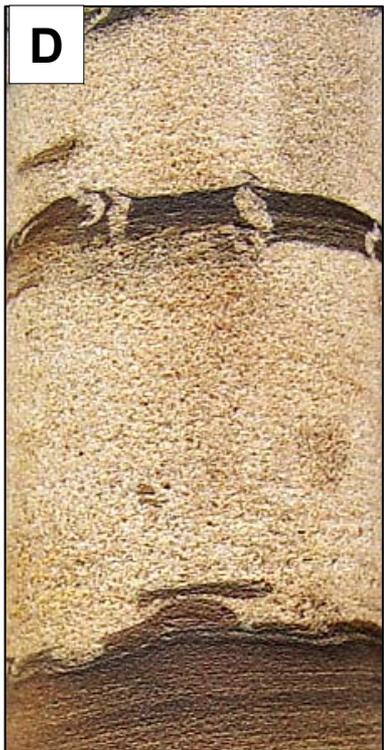
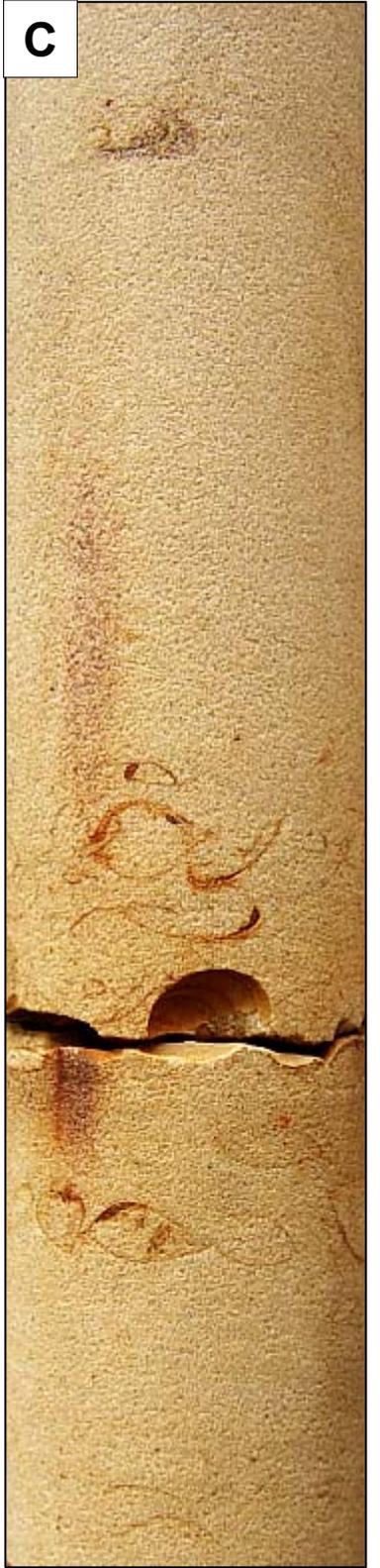
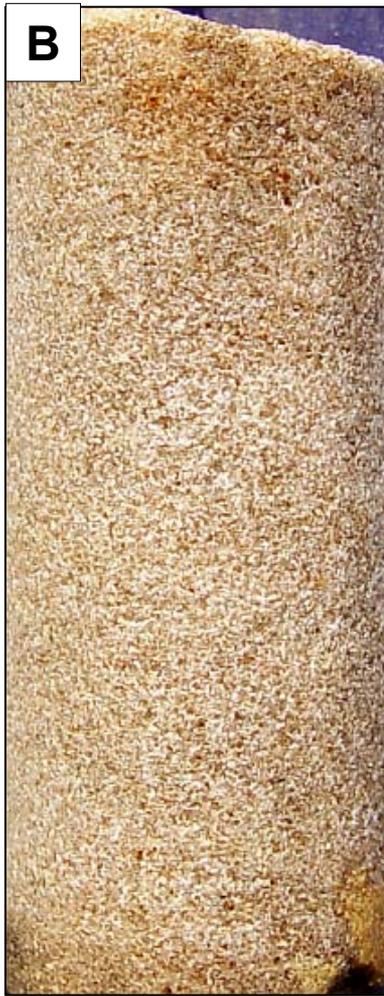
Figura A – Fácies Am. Notar o aspecto homogêneo e visualmente a boa seleção granulométrica. Poço 1-UN-24-PI, 230,4 m.

Figura B – Fácies Am. Notar a homogeneidade textural. Poço 1-UN-04-PI, 311,0 m.

Figura C – Fácies Am. Notar uma delgada camada de coquina. Poço 1-UN-04-PI, 296,1 m.

Figura D – Fácies Am. Notar a intercalação com níveis de granulometria mais fina, com a presença de gretas de sinerese em uma camada delgada de finos acima da fácies Am. Poço 1-UN-04-PI, 285,45 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA V

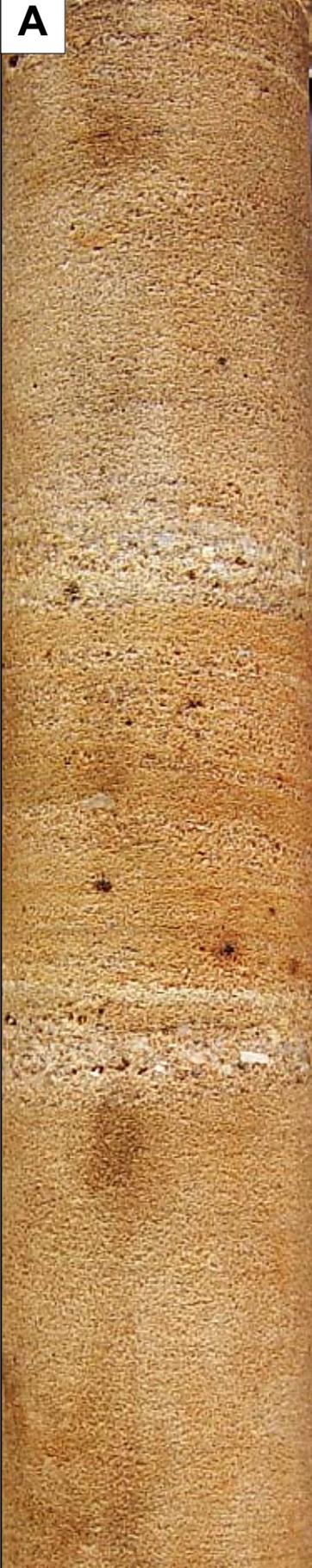
Figura A – Fácies Am(t). Notar o caráter maciço homogêneo, interrompido por estruturas de carpete de tração. Poço 1-UN-04-PI, 260,80m.

Figura B – Fácies Am. Notar a ocorrência desta fácies como preenchimento de estruturas *gutter casts* centimétricas, associada à fácies Aot (acima). Poço 1-UN-04-PI , 266,6 m.

Figura C – Fácies Am. Observar a associação com a fácies Aot (acima), ocorrendo como depósitos basais, acima de uma superfície erosiva. Poço 1-UN-04-PI, 266,5 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)

A



B



C



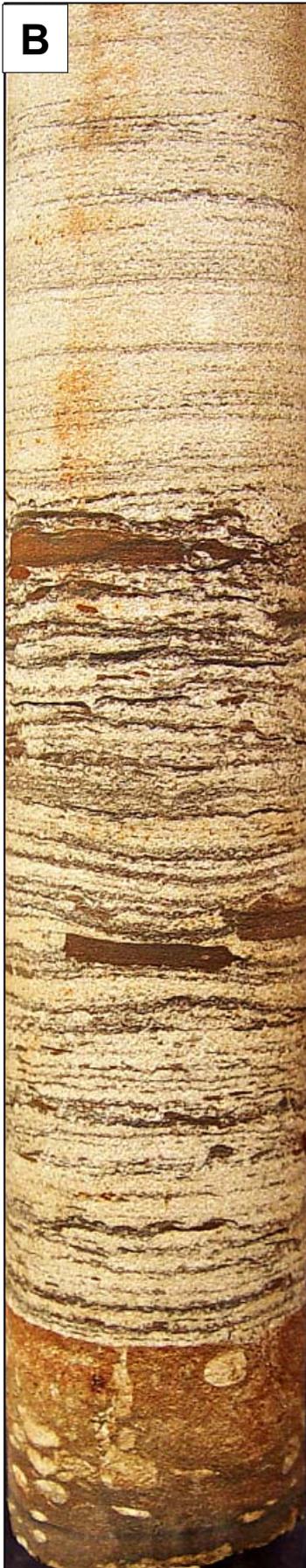
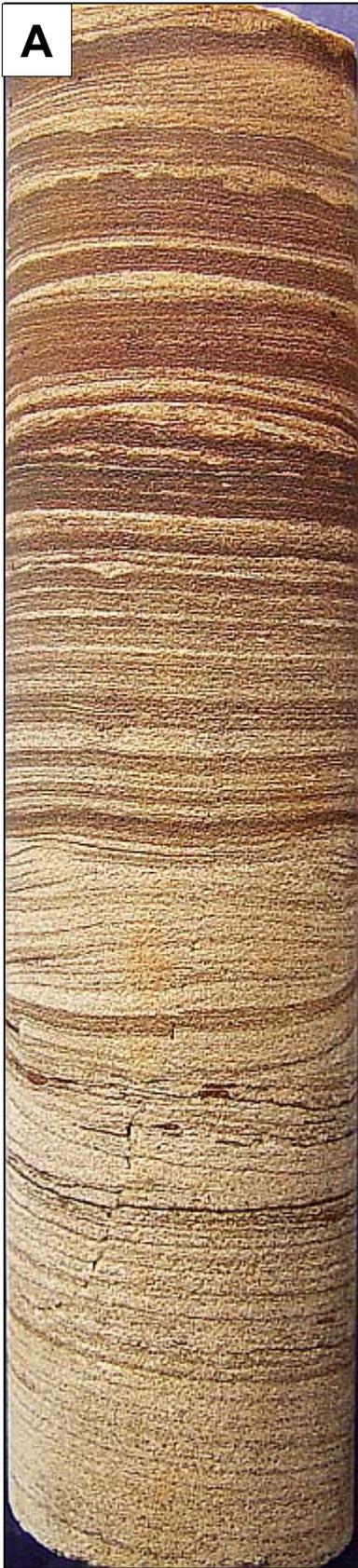
ESTAMPA VI

Figura A – Fácies Ah. Observar a laminação apresentando alternância de cor causada por cimentação de siderita. Notar a presença de laminações cruzadas por onda na parte central da foto. Poço 1-UN-04-PI, 300,45 m.

Figura B – Fácies Ah. Notar a presença abaixo de um intervalo intensamente bioturbado e um intervalo da fácies Ah muito bioturbada, provavelmente por *Palaeophycus* isp. Poço 1-UN-04-PI, 303,0 m

Figura C – Fácies Ah. Notar a associação com a fácies Aot. Poço 1-UN-04-PI, 266,65m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA VII

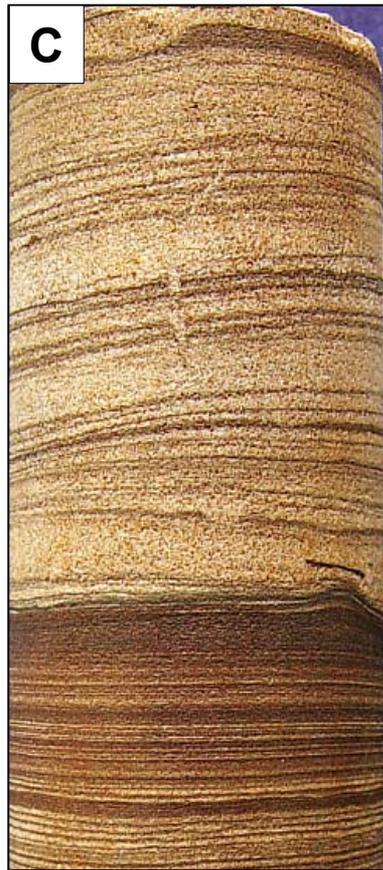
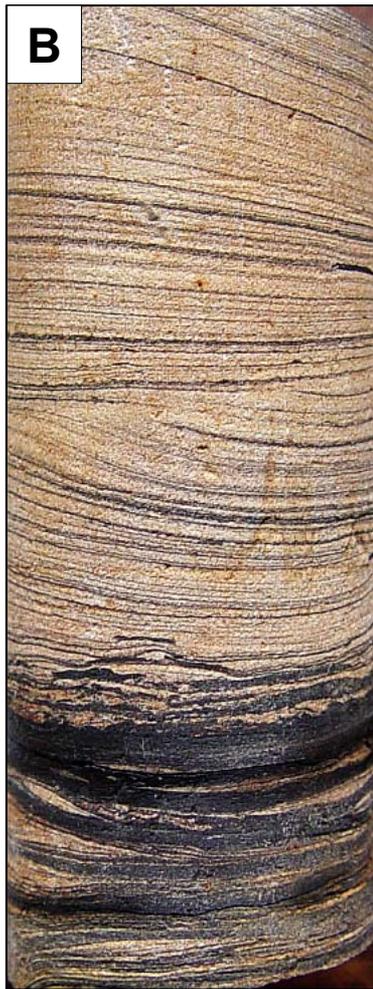
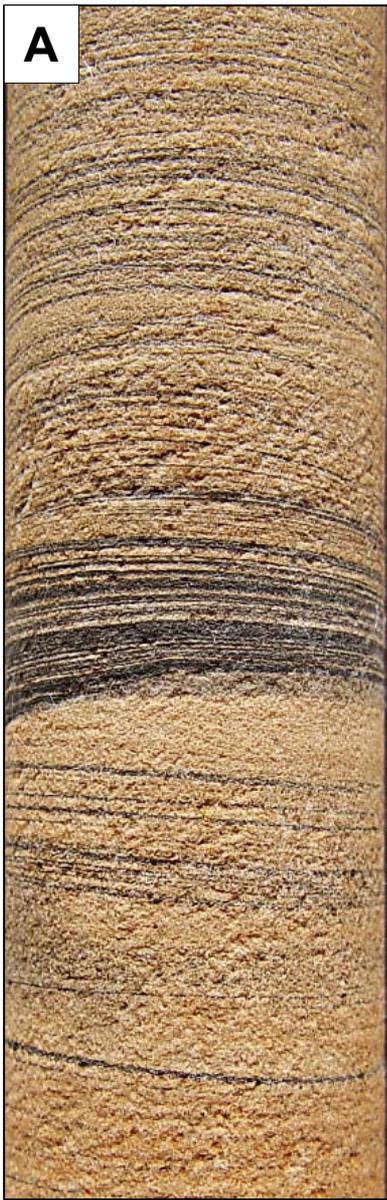
Figura A – Fácies Aot. Notar o truncamento formando convexidades, típico da estrutura de estratificação ondulada truncante (*hummocky-cross stratification*). Poço 1-UN-24-PI, 238,5 m.

Figura B – Fácies Aot. Notar o truncamento das laminações e a presença de lâminas escuras, devido a concentração de intraclastos de argila esmagados. Poço 1-UN-24-PI, 261,55 m.

Figura C – Fácies Aot. Observar os truncamentos. A laminação avermelhada se dá pela presença de cimentação de siderita. Poço 1-UN-04-PI, 304,6 m.

Figura D – Fácies Aot. Notar uma gradação para um pacote de argilito e um truncamento por laminações cruzadas por onda. Poço 1-UN-04-PI, 269,45 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



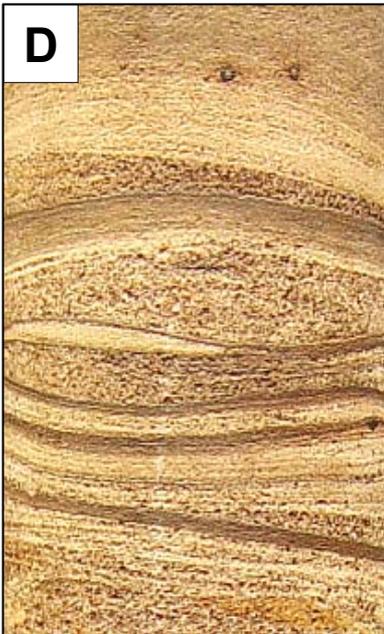
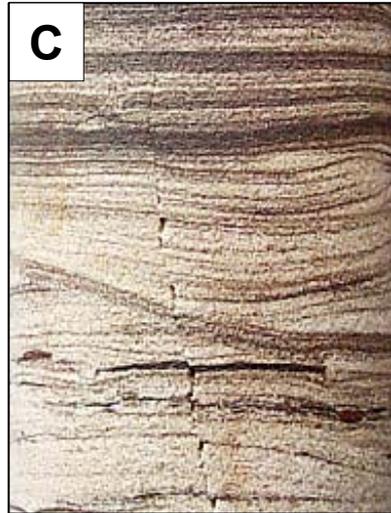
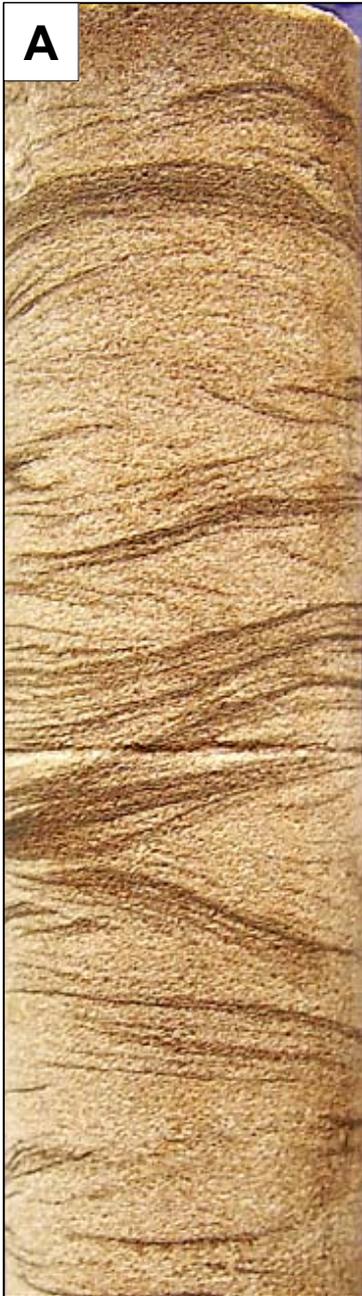
ESTAMPA VIII

Figura A – Fácies Ao. Notar uma amalgamação, com empilhamento de formas-de-leito fora de fase. Notar ainda, a eventual presença da fácies Ar e de uma polaridade preferencial no sentido caimento da laminação cruzada por ondas. Poço 1-UN-04-PI, 283,65m

Figura B – Fácies Ao ocorrendo com delgadas intercalações de argilitos escuros. A cor avermelhada ocorre devido a cimentação de siderita. Poço 1-UN-04-PI, 307,60m.

Figuras C (1-UN-04-PI, 300,45 m), D (1-UN-04-PI, 269,45 m) e E (1-UN-24-PI, 269,8 m) – Fácies Ao. Observar truncamentos internos característicos da estrutura laminação cruzada por ondas.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA IX

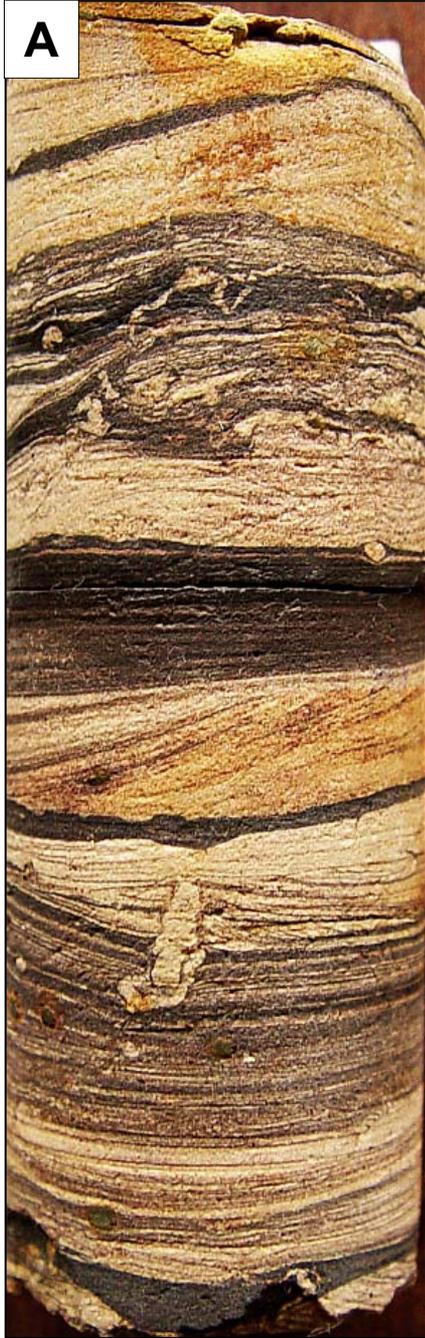
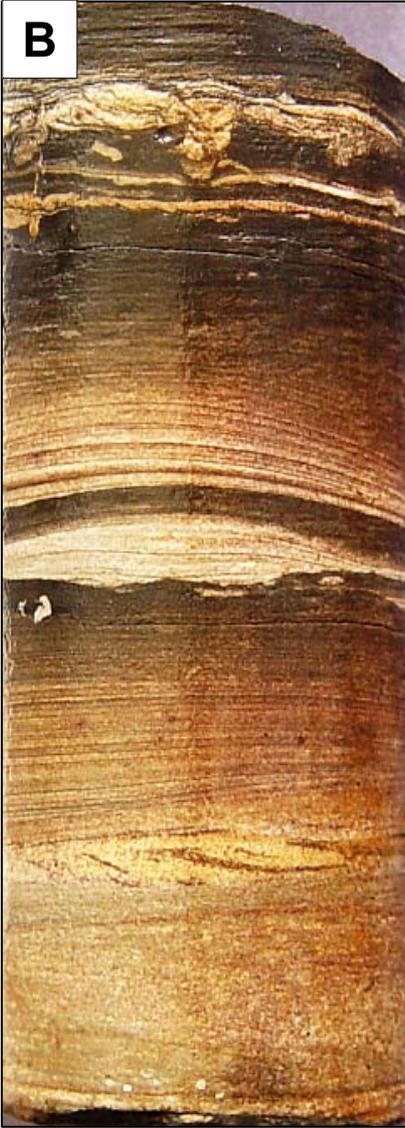
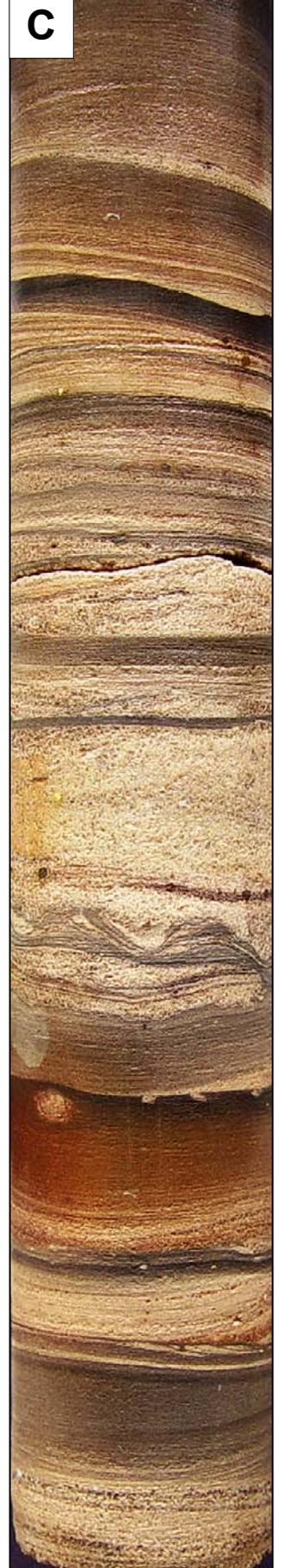
Figura A – Fácies Hw. Notar a ocorrência de estruturas trativas como laminação horizontal, laminação cruzada e laminação cruzada por ondas, ocorrendo intercalada com camadas de finos. Notar ainda, a presença de alguns icnogêneros Planolites. Poço 1-UN-24-PI, 254,5 m.

Figura B – Fácies Hw. Notar laminações cruzadas, laminações horizontais e *hummockys-cross stratification*, além de padrões de gradação normal e zonas sideritizadas. Poço 1-UN-04-PI, 218,4 m.

Figura C – Fácies Hw. Notar o caráter da intercalação complexa de estruturas geradas por processos alternados em regime de fluxo superior e episódios decantativos, possuindo ainda zonas fortemente sideritizadas. Poço 1-UN-04-PI, 269,8 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)

C



ESTAMPA X

Figura A – Fácies Hw(s). Notar a presença de gretas de sinerese de comprimento centimétrico nas camadas de finos e as camadas de arenitos com laminação cruzada por ondas e em lentes milimétricas, além de bioturbações do icnogênero *Planolites*. Poço 1-UN-24-PI, 288,00m.

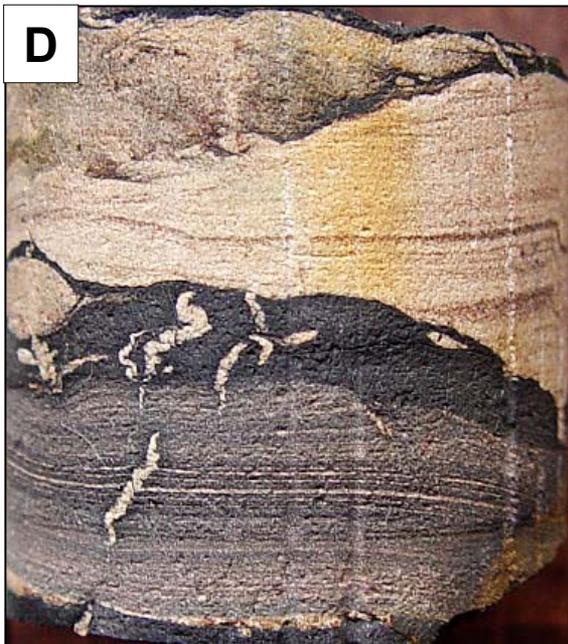
Figura B – Fácies Hw(s). Observar estruturas *gutter casts*, mosqueamento por bioturbação e o icnogênero *Gyrolites*. Poço 1-UN-24-PI , 283,85 m.

Figura C – Fácies Hw(s). Noatar uma alta densidade de gretas de sinerese. Notar ainda presença de manchas circulares milimétricas causadas por alteração de cimentação de siderita. Poço 1-UN-24-PI, 269,65m.

Figura D – Fácies Hw(s). Detalhe de gretas de sinerese entrelaçadas na trama da rocha. Poço 1-UN-24-PI, 257,35m.

Figura E – Fácies Hw(s). Visão em planta de gretas de sinerese. Poço 1-UN-24-PI , 283,85m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XI

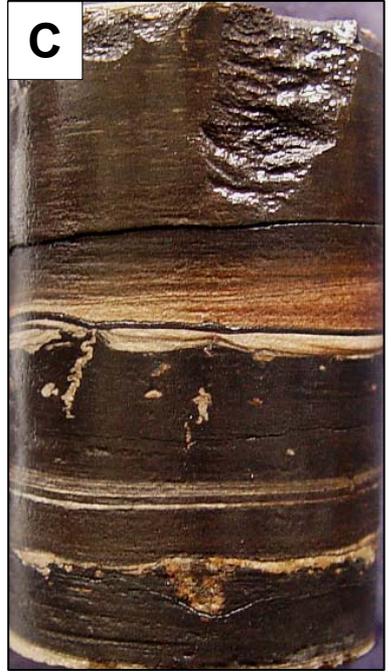
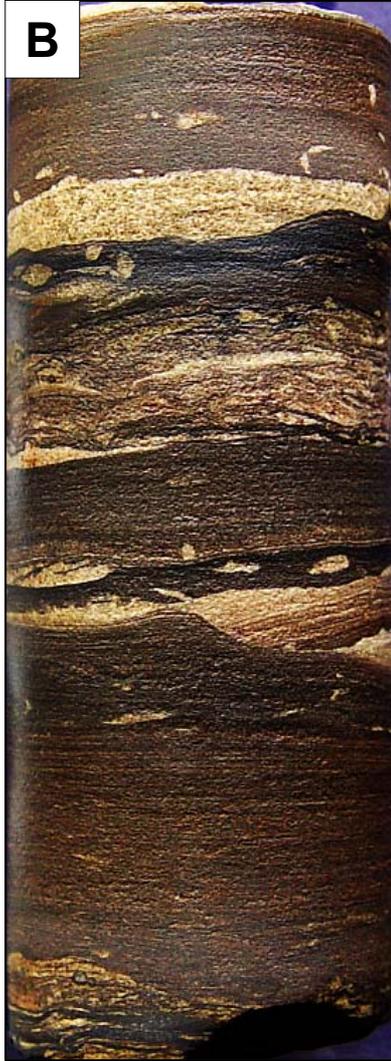
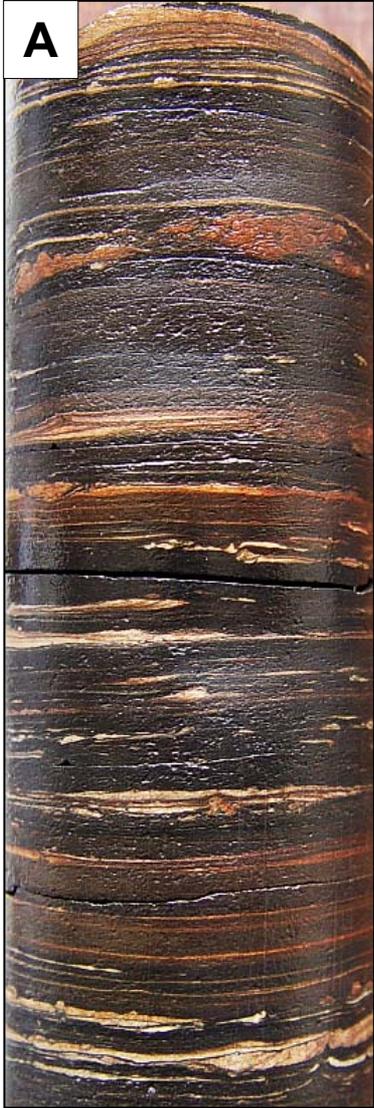
Figura A – Fácies Hl. Notar camadas arenosas e sílticas em delgadas lentes, muitas vezes oxidadas. Poço 1-UN-24-PI, 274,95 m.

Figura B – Fácies Hl. Notar camadas arenosas aparentemente erosivas, mosqueadas por bioturbação e em estruturas do tipo *gutter casts*. Poço 1-UN-04-PI, 314,2 m.

Figura C – Fácies Hl(s). Notar gretas de sinerese. Poço 1-UN-04-PI, 317,8 m.

Figura D – Fácies Hl(s). Notar gretas de sinerese milimétricas. Poço 1-UN-24-PI, 266,27 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XII

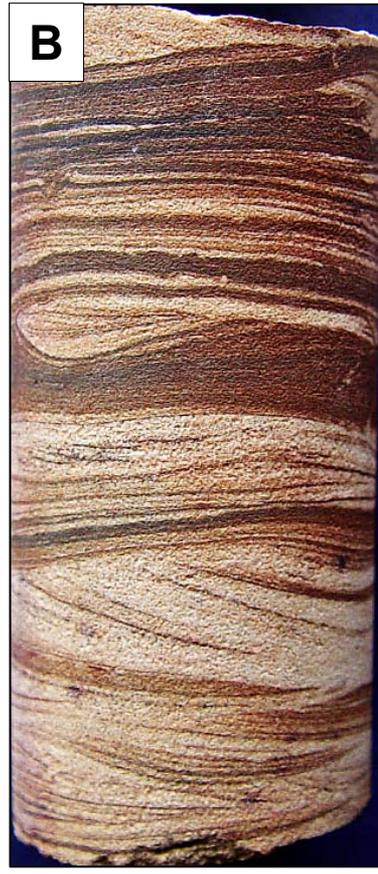
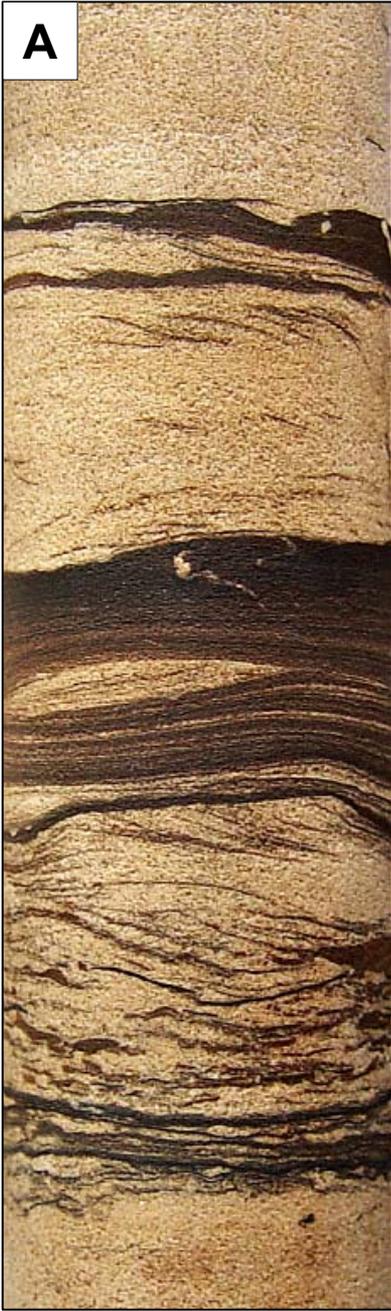
Figura A – Fácies Ar. Observar a intercalação de laminações cruzadas com laminações cruzadas por onda. Notar o “congelamento” de uma *ripple* fadinta na região centro inferior da figura e a forte bioturbação na parte inferior. Poço 1-UN-04-PI , 304,2 m.

Figura B – Fácies Ar. Observar a intercalação de laminações cruzadas com laminações horizontais e incipientes laminações cruzadas por onda. Poço 1-UN-04-PI, 300,0 m.

Figura C – Fácies Ar. Observar levemente cavalgamento. Poço 1-UN-04-PI, 283,75 m.

Figura D – Fácies Ac(p). Observar intraclastos milimétricos. Notar a estratificação marcada por lâminas de concentração de intraclastos de argila esmagados. Poço 1-UN-04-PI , 277,85 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XIII

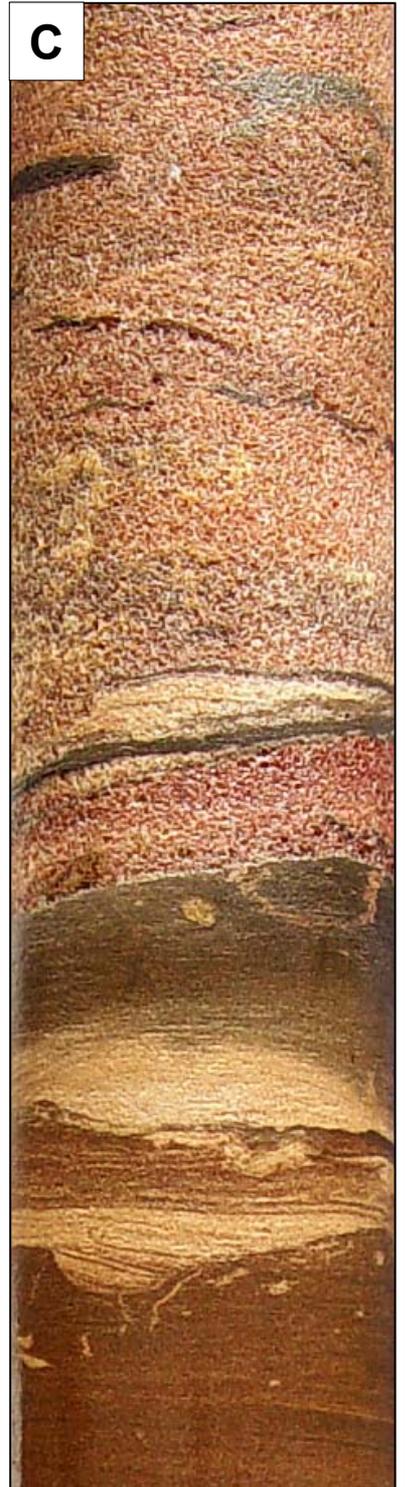
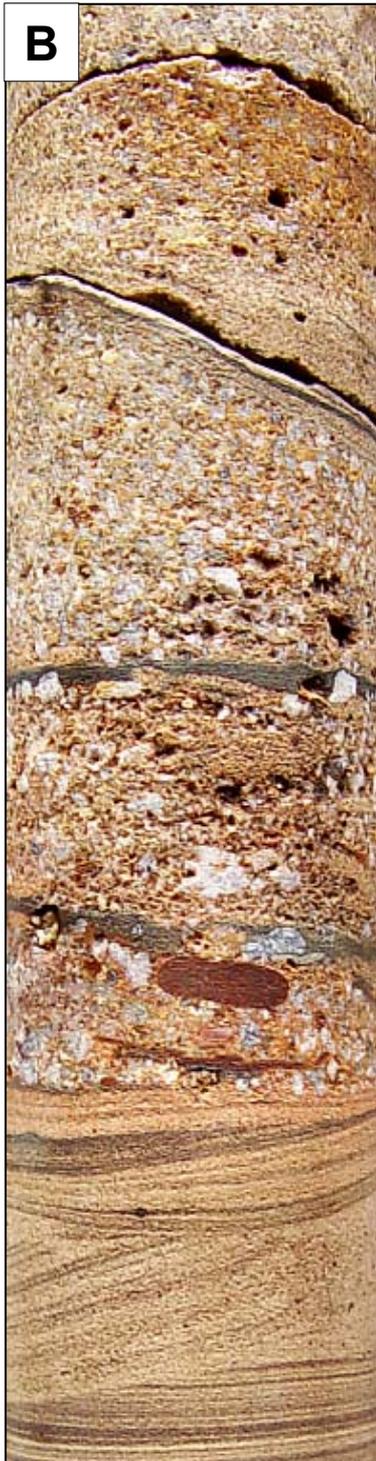
Figuras A – Fácies Am(m). Observar a má seleção e a estrutura maciça; na base, estratificações cruzadas da fácies Ac(m). Notar a presença de intraclastos centimétricos e grânulos dispersos. Poço 1-UN-04-PI, 256,65 m.

Figura B – Fácies Am(m). Observar a má seleção e a estrutura maciça; na base, estratificações cruzadas da fácies Ac(p) truncando rochas da fácies Ao. Notar a presença de um intraclastos centimétricos avermelhado e arredondados, e grânulos dispersos. Poço 1-UN-4-PI, 270,25 m.

Figura C – Fácies Ac(p). Observar, além da estratificação cruzada, a cor avermelhada e intraclastos de argilitos alongados. Detalhe do contato discordante erosivo entre as Formações Longá (abaixo, fácies Hw) e a Formação Poti (acima, fácies Ac(p)). Poço 1-UN-04-PI, 207,1 m.

Figura D – Fácies Am(m). Observar, além do aspecto maciço, o preenchimento de estruturas *gutter cast*, correspondendo à fácies *Corresponde a fácies GC (gutter cast facies)* de Myrow (1992, apud Borghi, 2002). Poço 1-UN-04-PI, 273,9 m.

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XIV

Figura A – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 292,5 m

Figura B – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 288,0 m

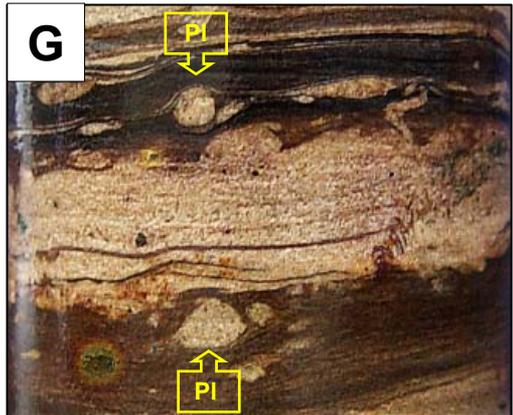
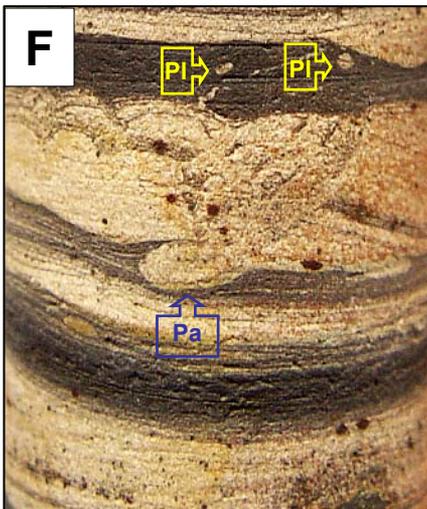
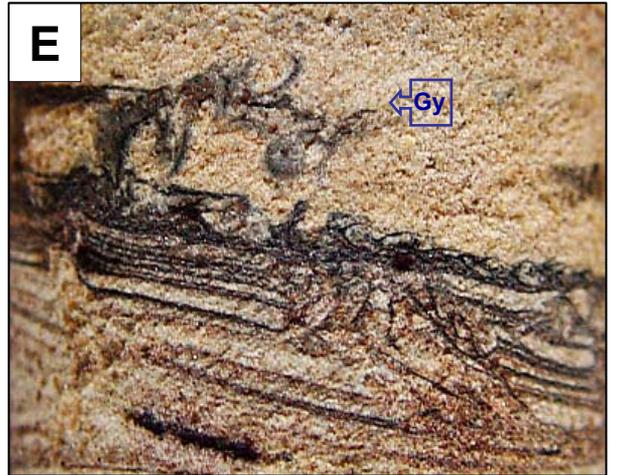
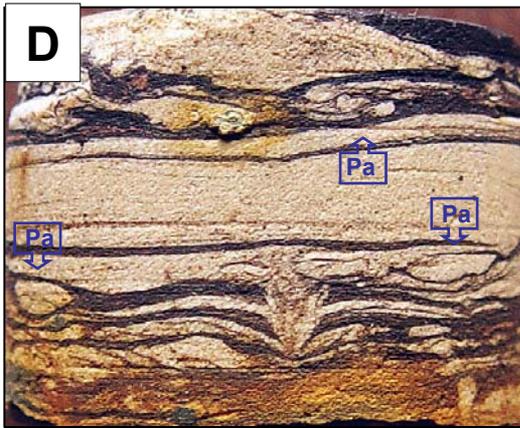
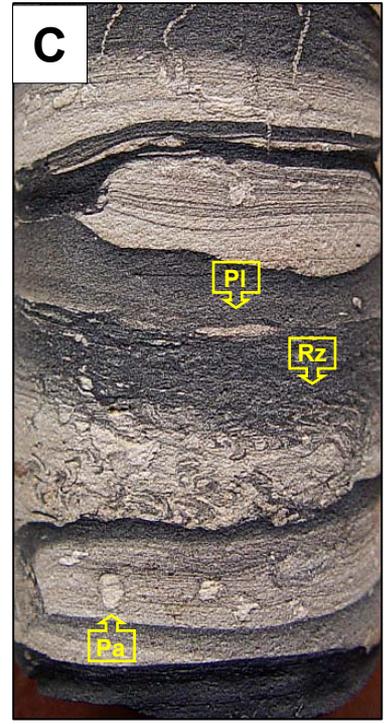
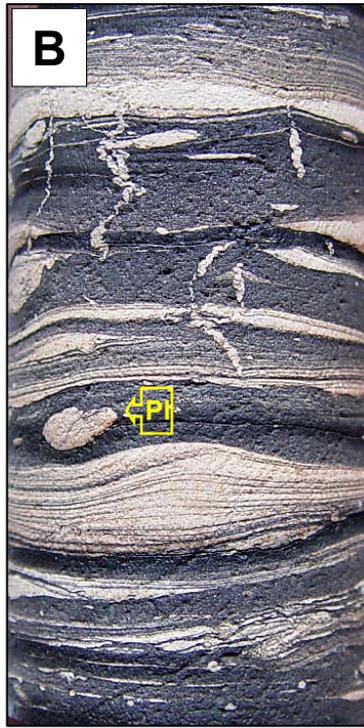
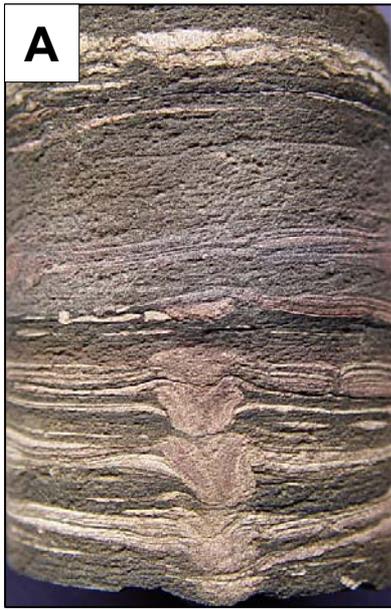
Figura C – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 283,85 m

Figura D – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 273,9 m

Figura E – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 269,8 m

Figura F – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-24-PI 269,45 m

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XV

Figura A – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 307,60m

Figura B – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 305,20m

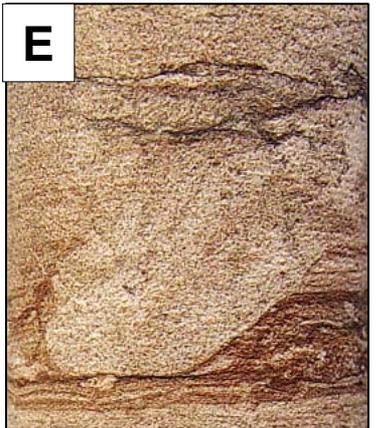
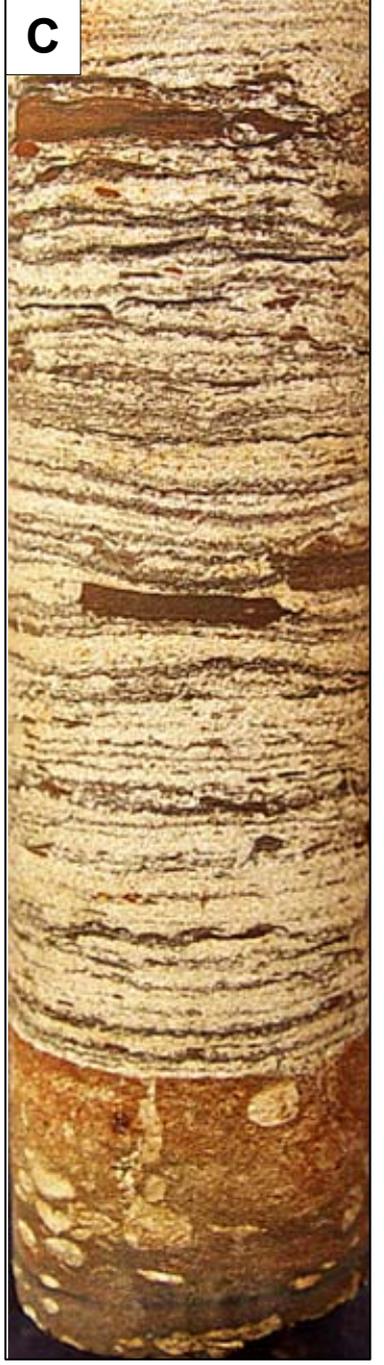
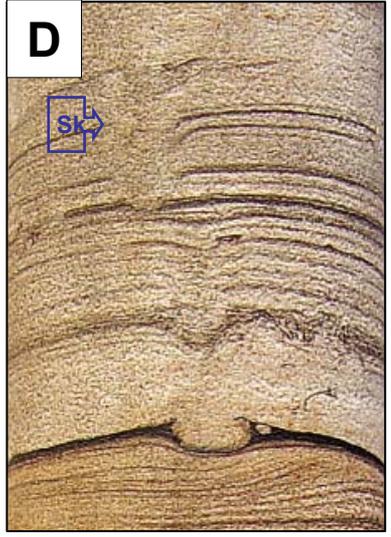
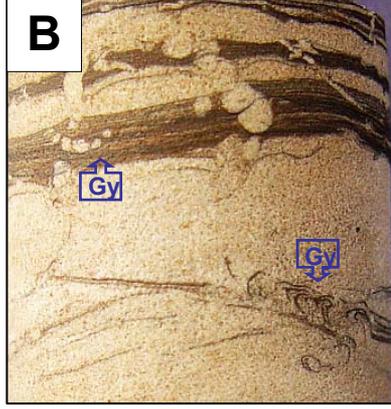
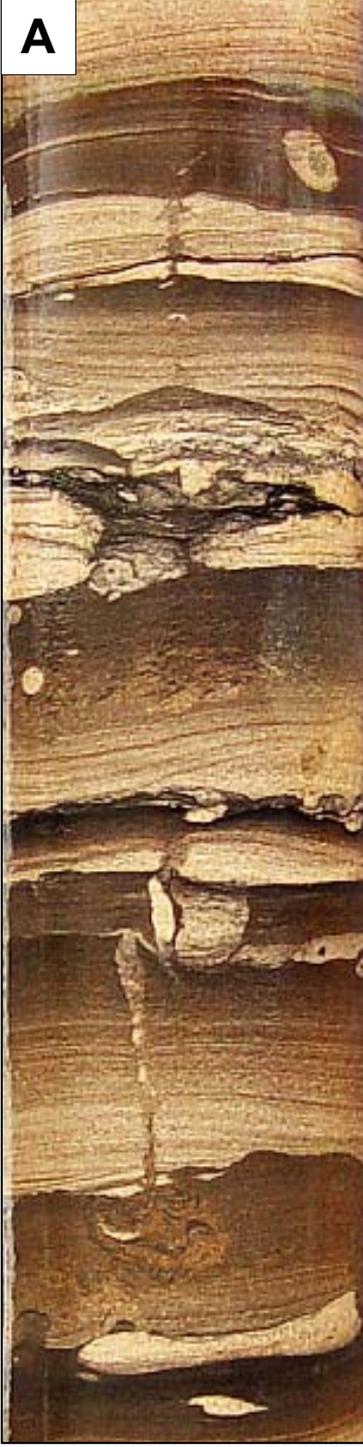
Figura C – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 303,00m

Figura D – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 300,00m

Figura E – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 299,70m

Figura F – Icnofácies CZe . Poço 1-UN-04-PI 275,40m

(Largura do testemunho ~ 4,2 cm.)



ESTAMPA XVI

Figuras das caixas 56 e 39 respectivamente dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-24-PI, na borda Nordeste da bacia do Parnaíba. As setas indicam a superfície discordante (SD), limite de seqüências de 3ª ordem, separando as Formações Longá (abaixo) e Poti (acima).

(Altura da caixa = 1 m)

1-UN-04-PI

1-UN-24-PI



prof.
307,6 m



cx 56



prof.
243,20



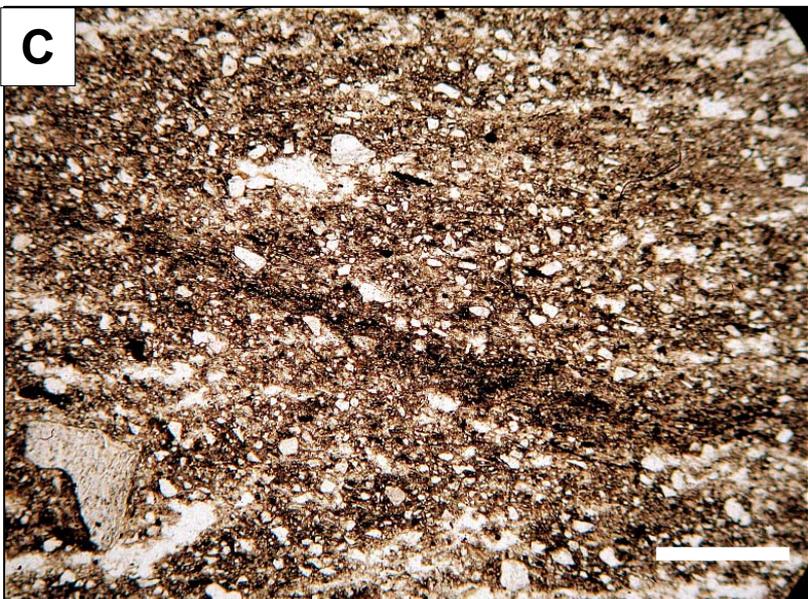
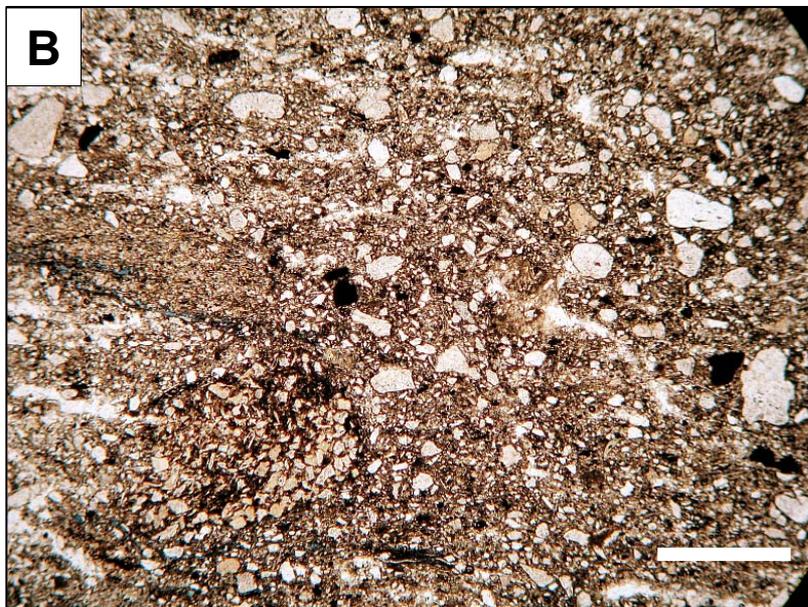
cx 39

ESTAMPA XVII

Figuras A – Fotomicrografia da fácies Dmm(A). Notar a baixa maturidade textural, a presença de grânulos e a ausência de alguma orientação preferencial da trama. Nicóis paralelos. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-24-PI, 335,4 m.

Figura B – Fotomicrografia da fácies Dmm(L). Notar a baixa maturidade textural e um “intraclasto” possivelmente relacionado à pelóis de till (*till pellets*) no cando inferior esquerdo. Nicóis paralelos. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-24-PI, 327,7 m.

Figura C – Fotomicrografia da fácies Dmm(L). Notar a presença de um grão de areia grossa em meio à matriz lamosa e uma faixa alongada de concentração de argila possivelmente relacionada à um relicto de laminação da rocha. Nicóis paralelos. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-24-PI, 317,75 m.

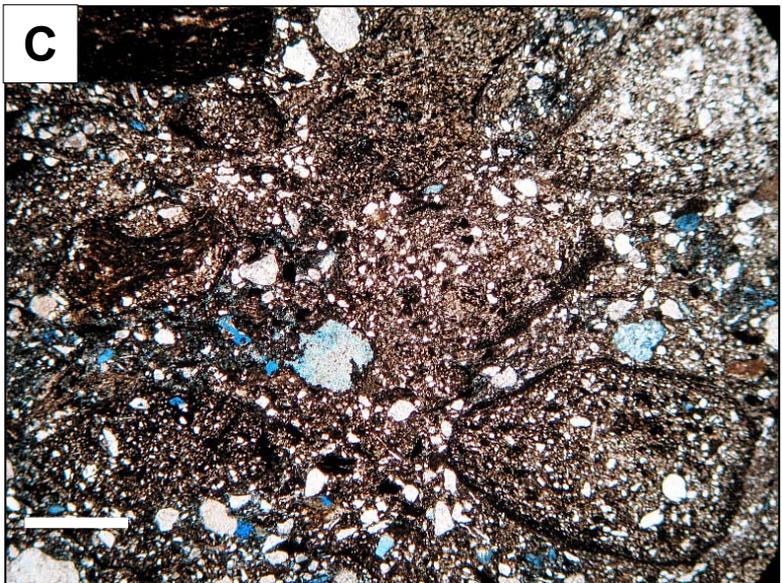
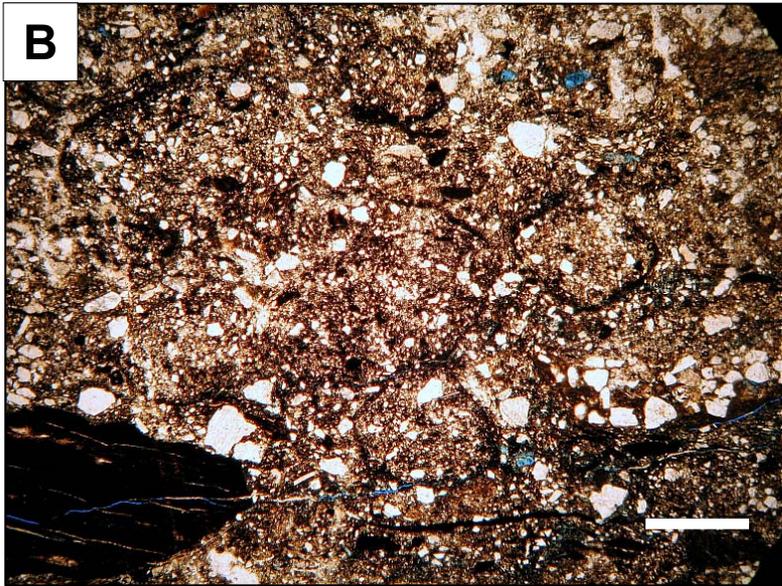
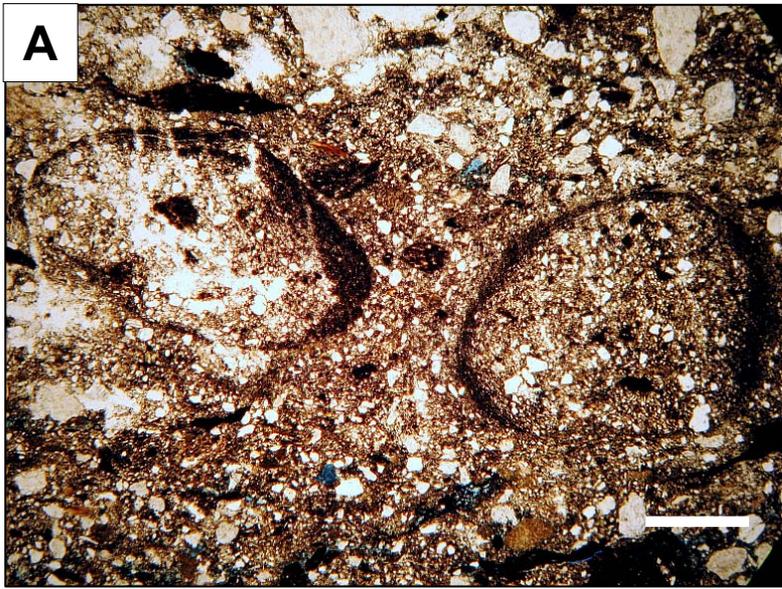


ESTAMPA XVIII

Figuras A – Fotomicrografia da fácies Dmm(A). Ocorrência de pelóides de till (*till pellets*) arredondados, com aproximadamente 2 mm de diâmetro, em meio à matriz de diamictito. Nicóis paralelos. Escala: 1mm. Poço 1-UN-24-PI, 283,8 m.

Figura B – Fotomicrografia da fácies Dmm(A) com ocorrência de pelóides de till (*till pellets*) de aproximadamente 1 mm de diâmetro, subarredondados e em algumas regiões amalgamadas. Nicóis paralelos. Escala: 1mm. Poço 1-UN-24-PI, 283,8 m.

Figura C – Fotomicrografia da fácies Dmm(A) com ocorrência de pelóides de till (*till pellets*) de 2 a 3 mm de diâmetro, ocorrendo arredondados e angulosos. A presença de pelóides de till de forma elíptica possivelmente é associada a efeitos da compactação. Nicóis paralelos. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-24-PI, 283,8 m.

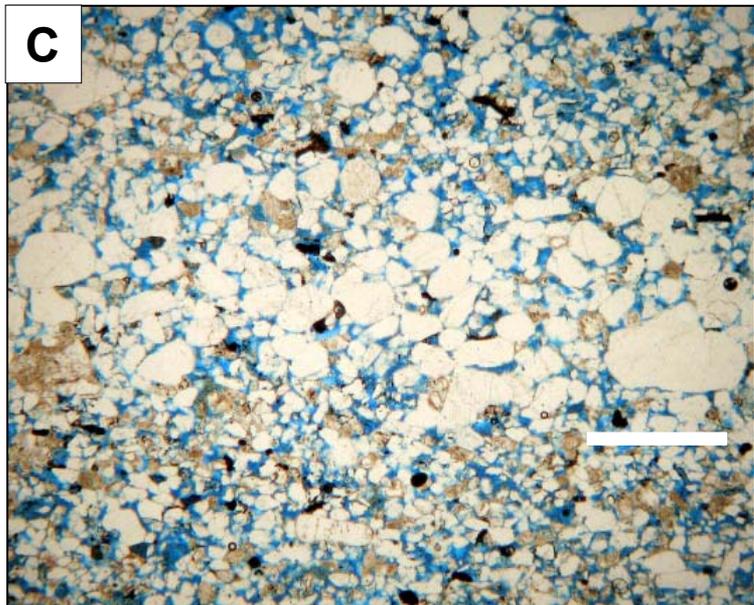
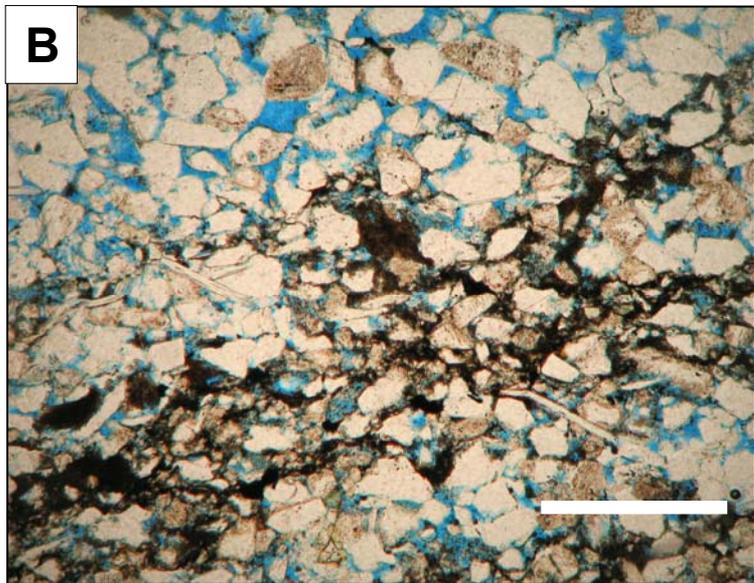
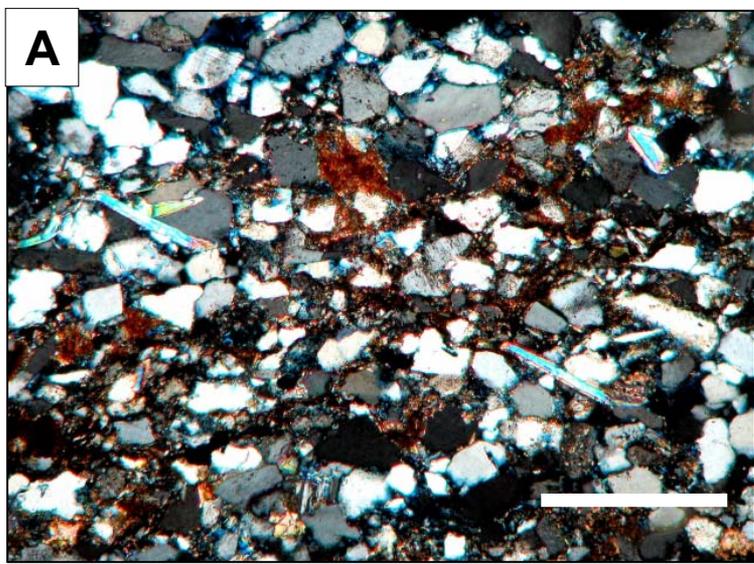


ESTAMPA XIX

Figuras A – Fotomicrografia da fácies Aot. Notar a presença de cimento de siderita junto às lâminas de intraclastos esmagados. Nicóis cruzados. Escala: 0,5 mm. Poço 1-UN-04-PI, 280,6 m.

Figura B – Fotomicrografia da fácies Aot. Detalhe de uma laminação causada pela presença de microintraclastos esmagados. A amostra possui porosidade (visual) de 23% e permeabilidade (vertical) de 91 mD, possivelmente devido a presença de lâminas com concentração de intraclastos esmagados. Nicóis cruzados. Escala: 0,5 mm. Poço 1-UN-04-PI, 280,60 m.

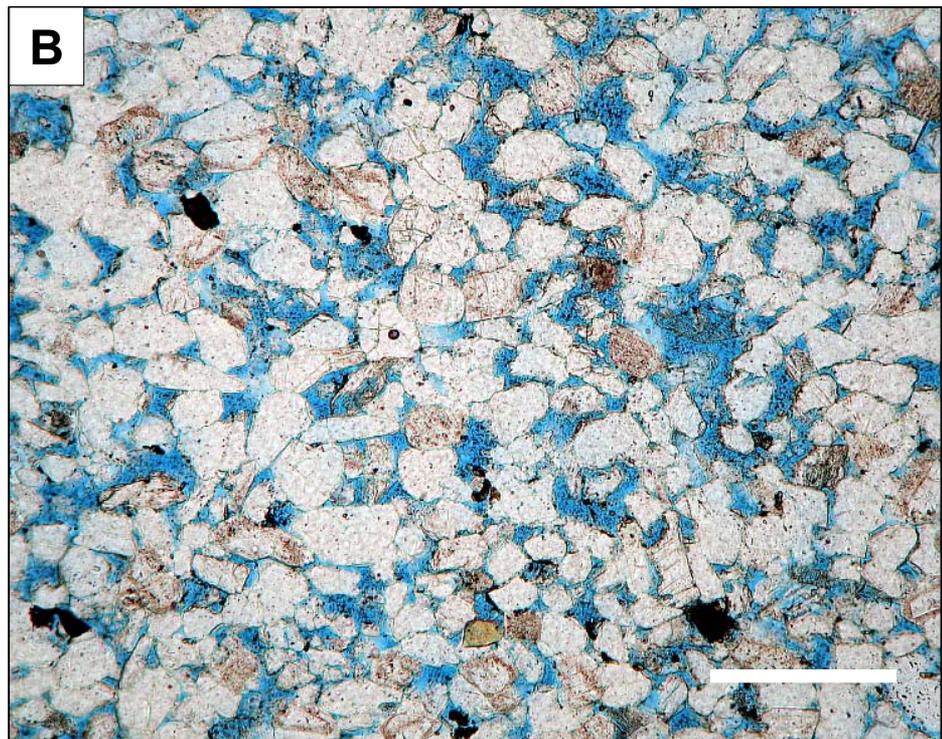
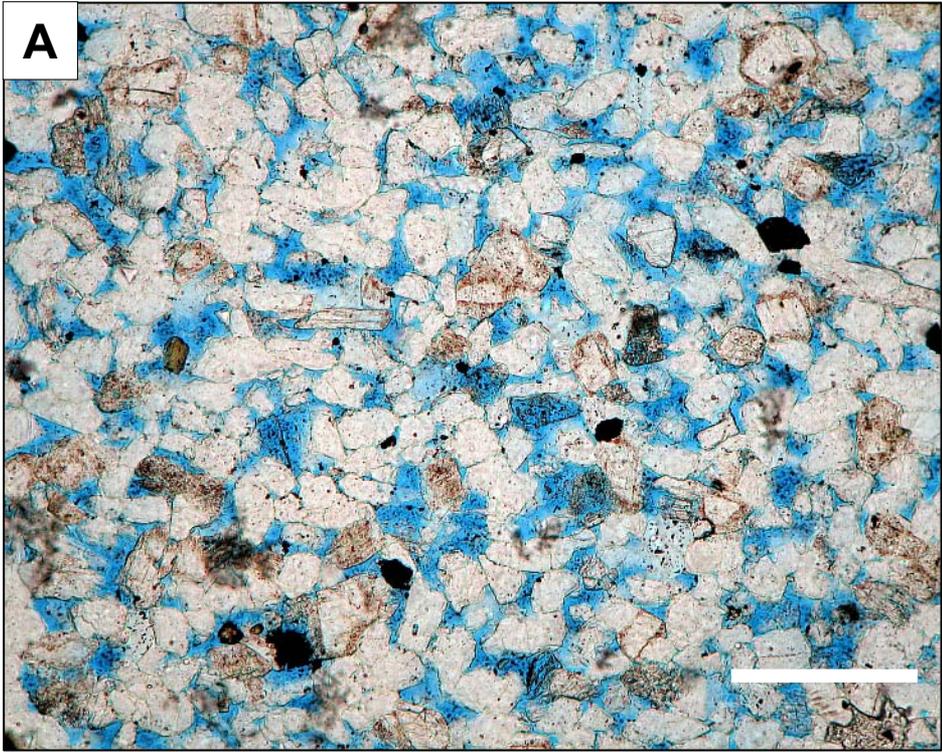
Figura C – Fotomicrografia da fácies Am(t), mostrando a concentração de grãos de areia grossa e média formando uma laminação horizontal, analogamente à formação de tapetes de tração. A amostra possui porosidade (visual) de 18% e permeabilidade (vertical) de 400 mD. Nicóis paralelos. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-04-PI, 256,30 m



ESTAMPA XX

Figura A – Fotomicrografia da fácies Am. Notar a presença de porosidade intergranular, intragranular, intracristalina e móldica, por dissolução de feldspatos. A amostra possui porosidade (visual) é de 25%, e permeabilidade (vertical) de 426 mD. Nicóis paralelos. Escala: 0,5 mm. Poço 1-UN-04-PI, 293,0 m.

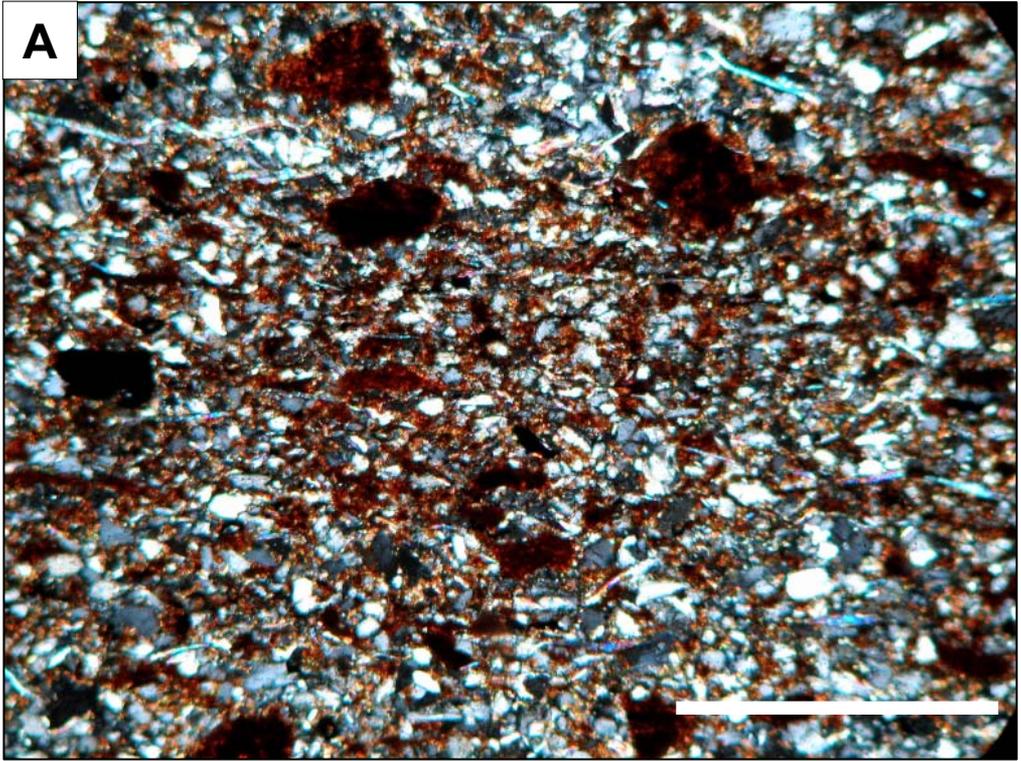
Figura B – Fotomicrografia da fácies Am. Notar a presença de porosidade intergranular, intragranular, intracristalina e móldica, por dissolução de feldspatos. A amostra possui porosidade (visual) é de 22%, e permeabilidade (vertical) de 323 mD. Nicóis paralelos. Escala: 0,5 mm. Poço 1-UN-04-PI, 304,0 m.



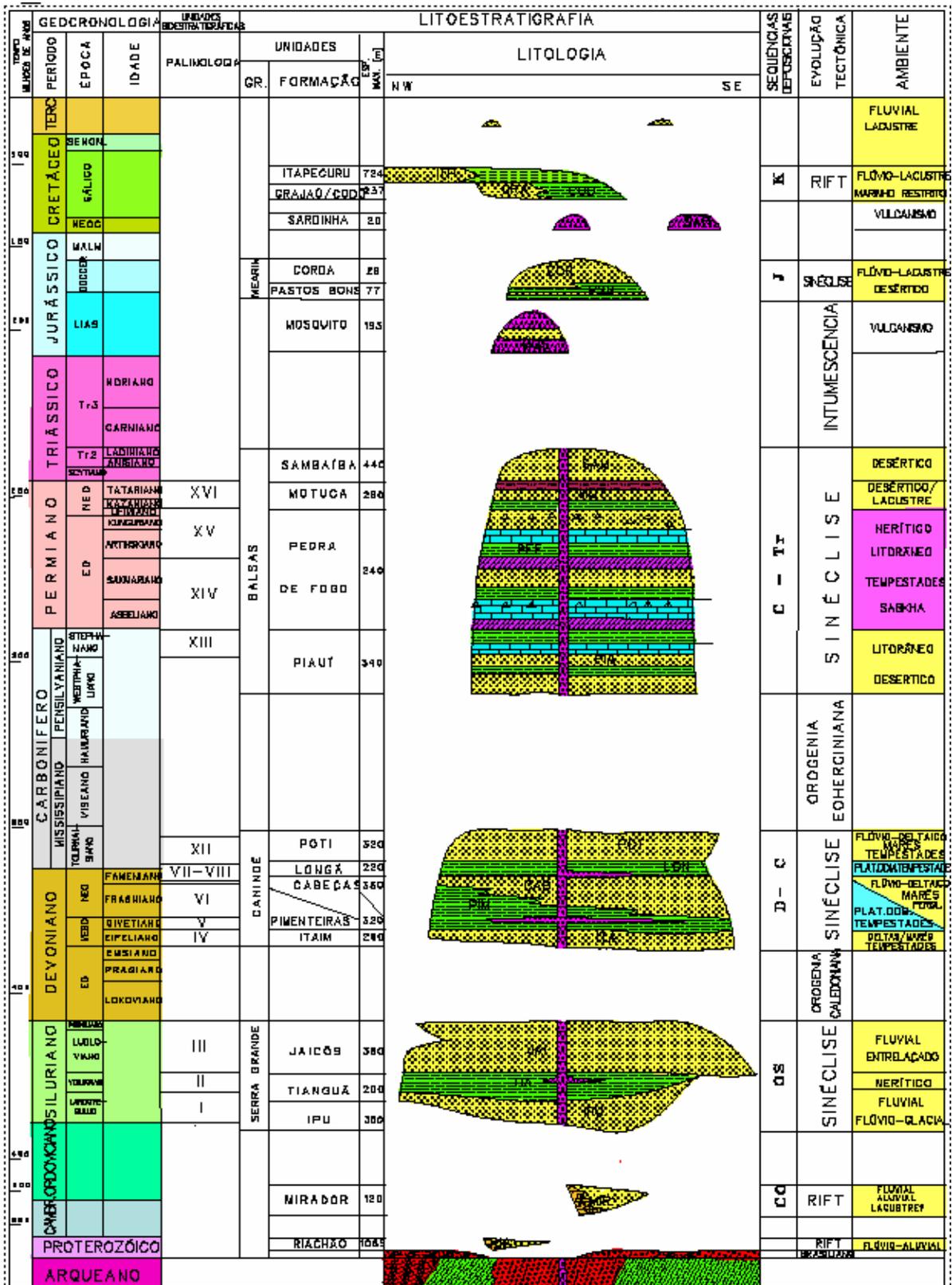
ESTAMPA XXI

Figura A – Fotomicrografia da fácies Ao cimentada por siderita. Notar abundante cimentação e a presença de “microconcreções” de siderita. Localmente observa-se cimento de calcita e anquerita. Nicóis cruzados. Escala: 0,5 mm. Poço 1-UN-04-PI, 287,9 m.

Figura B – Fotomicrografia de um pacote de arenito com injeções de argila e cimentado por anidrita, além de ocorrer cimentação de quartzo e gipsita. Notar a presença de gipsita em uma região com injeção de argila. Nicóis cruzados. Escala: 1 mm. Poço 1-UN-24-PI, 304,3 m.



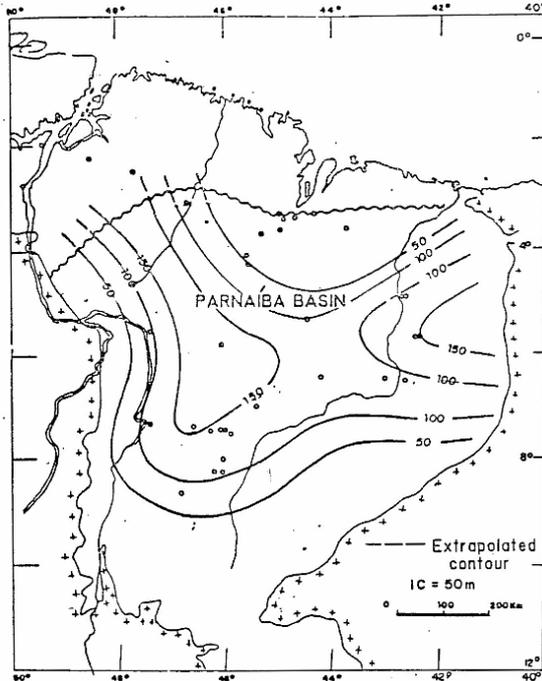
Anexo A – Diagrama estratigráfico da bacia do Parnaíba



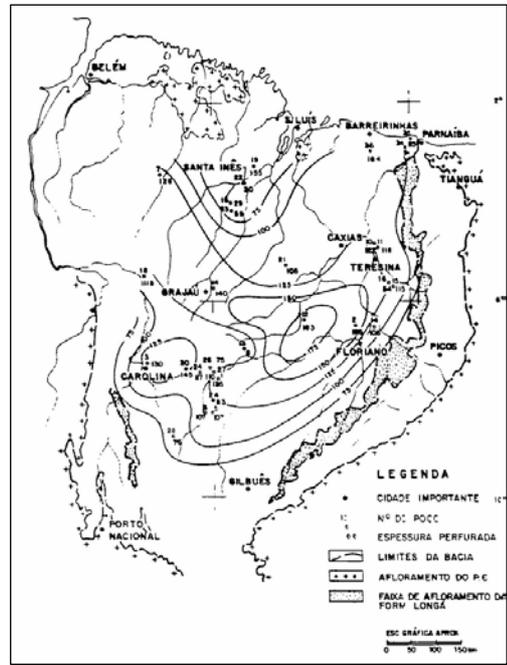
(Fonte: Góes & Feijó, 1994, *apud* ANP, via <http://www.anp.gov.br>)

Anexo B – Mapas de isópacas das formações Longá e Poti

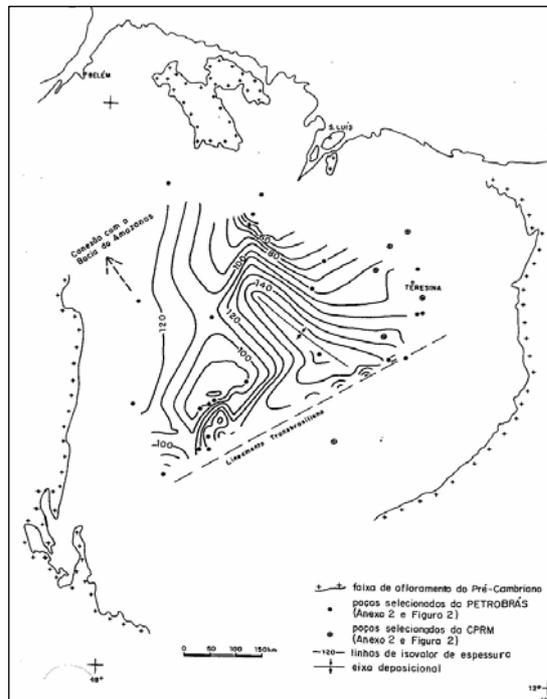
B.1 Mapas da Formação Longá segundo Caputo (1984), Cunha (1986) e Góes (1995)



Caputo (1984)

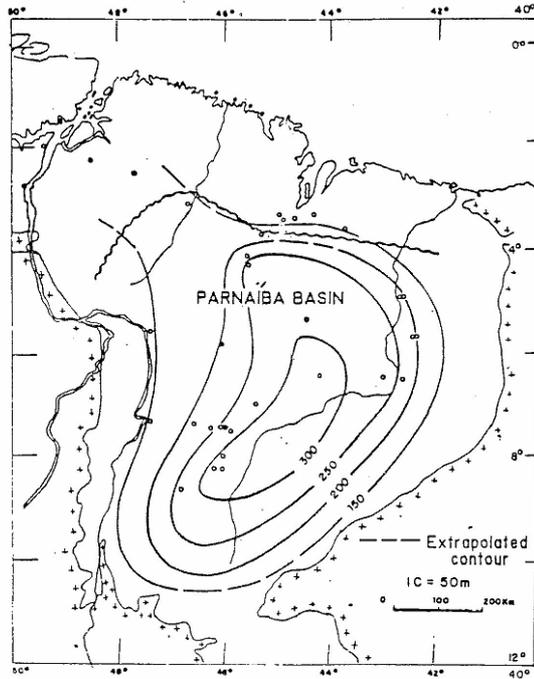


Cunha (1986)

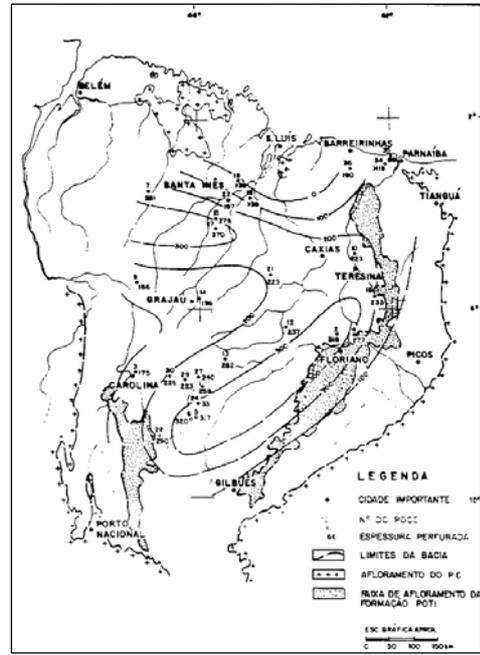


Góes (1995)

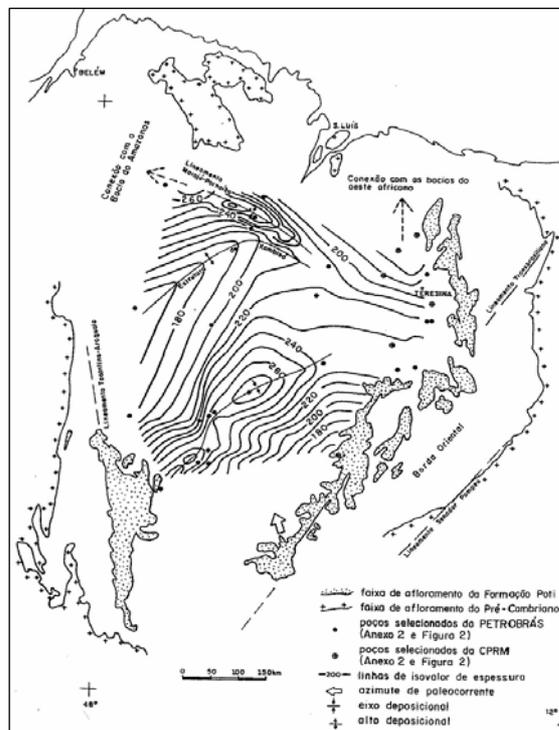
B.1 Mapas da Formação Poti segundo Caputo (1984), Cunha (1986) e Góes (1995)



Caputo (1984)



Cunha (1986)



Góes (1995)