

**Valério Picorelli Ladeira Dutra**

**ANÁLISE FACIOLÓGICA E PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO POTI  
(MISSISSIPIANO, BACIA DO PARNAÍBA) EM TESTEMUNHOS DE  
SONDAGEM**

**Trabalho Final de Curso**

**(Geologia)**

**Valério Picorelli Ladeira Dutra**

**ANÁLISE FACIOLÓGICA E PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO POTI (MISSISSIPIANO,  
BACIA DO PARNAÍBA) EM TESTEMUNHOS DE SONDAGEM**

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

Orientador:

Leonardo Borghi

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2011

DUTRA, Valério P. L.

**Análise Faciológica e Petrográfica da Formação Poti (Mississipiano, Bacia do Parnaíba) Em Testemunhos De Sondagem** / Valério Picorelli Ladeira Dutra - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2011.

xv, 32 p. : il.; 30cm

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

Orientador: Leonardo Fonseca Borghi de Almeida

1. Geologia. 2. Setor da Graduação – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Valério Picorelli Ladeira Dutra

ANÁLISE FACIOLÓGICA E PETROGRÁFICA DA FORMAÇÃO POTI  
(MISSISSIPIANO, BACIA DO PARNAÍBA) EM TESTEMUNHOS DE SONDAGEM

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

Orientador:

Leonardo Borghi

Aprovada em: 16.dez.2011

Por:

---

Orientador: Dr. Leonardo Borghi (UFRJ)

---

Dr. Claudio Bettini (UFRJ)

---

Ms. Charles George K. Young (BG Brasil)

UFRJ

Rio de Janeiro

2011

À minha família

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2011

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo (convênio PFRH-ANP/MCT no 18) da UFRJ pela bolsa de estudos.

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

À Petra Energia pelo apoio na atividade de aquisição dos dados.

Ao professor Leonardo Borghi pelos conselhos, conversas e amizade, fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos lagesedianos pela companhia, paciência e amizade.

## Resumo

DUTRA, Valério P. L. **Análise faciológica e petrográfica da Formação Poti (Mississipiano, bacia do Parnaíba) em testemunhos de sondagem.** 2011. xv, 32 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente estudo tem como objetivo a análise detalhada de fácies do intervalo que compreende a Formação Poti (Mississipiano), em testemunhos de sondagem na bacia do Parnaíba, com a finalidade de contribuir para estudos estratigráficos de alta resolução do intervalo, bem como os de caracterização geológica de reservatórios desde micro- até megaescala. O estudo se baseou na descrição de 238,85 m dos testemunhos de sondagem dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-27-PI do projeto “Carvão da Bacia do Parnaíba” (DNPM/CPRM). Foram reconhecidas quatorze fácies sedimentares (litofácies), as quais foram agrupadas em 6 sucessões de fácies, a partir das quais foram interpretados os paleoambientes frente deltaica dominada por ondas distal/antepraia distal, frente deltaica dominada por ondas mediana/antepraia proximal, frente deltaica dominada por ondas proximal/praias, pró-delta dominado por rio, fluvial entrelaçado e leque aluvial. Foram identificados os ambientes continentais como predominantes no poço 1-UN-27-PI, mais a SW na bacia, e um predomínio de ambientes deltaicos a marinhos no poço 1-UN-04-PI, mais a NE na bacia. Com a análise e interpretação dos dados, pode-se supor que a fonte sedimentar apresentava-se a W-SW na bacia, coincidindo com o lineamento Transbrasiliiano, que provavelmente controlava a deposição no Carbonífero. A análise petrográfica identificou as fácies com melhor potencial reservatório no poço 1-UN-27-PI, com porosidades intergranular (principal) e intragranular visuais de até 21,6%. Os melhores potenciais reservatórios do poço 1-UN-04-PI apresentam porosidade visual de até 18,9%.

Palavras-chave: Formação Poti; bacia do Parnaíba; reservatórios.

## Abstract

DUTRA, Valério. **Análise faciológica da Formação Poti (Carbonífero da bacia do Parnaíba) em testemunhos de sondagem [ Facies analysis of the Poti Formation (Mississippian, Parnaíba basin) in well cores.** 2011. xv, 32 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study aims at detailed facies analysis of the range that includes the Poti Formation (Mississippian), in well cores of Parnaíba basin, in order to contribute to high resolution stratigraphic studies of the interval, as well as the geological reservoir characterization from micro- to megascale. The study was based on the description of 238.85 m of well cores 1-UN-04-1-PI and 1-UN-27-PI of the "Carvão da Bacia do Parnaíba" project (DNPM / CPRM). Fourteen sedimentary facies (lithofacies) were recognized, which were grouped into 6 facies successions, from which we interpreted distal delta front wave dominated/distal shoreface, media delta front wave dominated/superior shoreface, proximal delta front wave dominated/foreshore, pro-delta river dominated, fluvial bradded and alluvial fan paleoenvironments. Continental environments were identified as predominant in well 1-UN-27-PI, the most southwestern in the basin and a predominance of the marine/deltaic environments in well 1-UN-04-PI, more northeastern in the basin. With the analysis and interpretation of data, we can assume that the sedimentary source in the basin was at W-SW, coinciding with the Transbrasilian lineament, which probably controlled the deposition in the Carboniferous.

The petrography analysis identified the Best potencial reservoir fácies in the 1-UN-27-PI well core, with intergranular (major) and intragranular porosity up to 21.6% visual. The best potencial reservoir of the well 1-UN-04-PI has a porosity around 18.9% visual.

Key-Words: Poti Formation; Parnaíba basin; reservoir.

## Lista de figuras

**Figura 1** – Mapa de localização dos poços (adaptado de Santos e Carvalho, 2004) [p.3]

**Figura 2** – Diagrama estratigráfico da bacia do Parnaíba. Formação Poti destacada em vermelho. (Fonte: VAZ et al., 2007) [p.6]

**Figura 3** – Mapa estrutural do embasamento da bacia do Parnaíba (Fonte: CUNHA, 1986). Observar os poços UN-04 e UN-27 localizados ao longo do lineamento Transbrasiliano [p.8]

**Figura 4** – Mapa de isópacas da Formação Poti (Fonte: GÓES, 1995). Observar o eixo das maiores espessuras NE-SW, concordantes (paralelos) ao lineamento Transbrasiliano (q. v. Figura 3). Os poços envolvidos no estudo (UN-04 e UN-27) encontram-se plotados. [p.10]

**Figura 5** - Gráfico de composição de Folk no poço UN-27. Observar que tratam-se de subarcósios em geral. Legenda: Q = Quartzo; F = Feldspato; L = Líticos; 1 – Quartzo arenito; 2 – Arenito subarcósio; 3 – Arenito sublítico; 4 – Arenito arcósio; 5 – Arenito feldspatolítico; 6 – Arenito litofeldspático; 7 – Arenito lítico. Quadrados marcados em vermelho referentes às formações Longá (maiores profundidades) e Piauí (menores profundidades). [p.11]

**Figura 6** - Gráfico de composição de Folk no poço UN-04. Observar que tratam-se de subarcósios em geral. Legenda: Q = Quartzo; F = Feldspato; L = Líticos; 1 – Quartzo arenito; 2 – Arenito subarcósio; 3 – Arenito sublítico; 4 – Arenito arcósio; 5 – Arenito feldspatolítico; 6 – Arenito litofeldspático; 7 – Arenito lítico. Quadrados marcados em vermelho referentes as Formação Longá [p. 12]

**Figura 7** – Fotomicrografias exemplificando fragmentos líticos típicos. Todas em nicois cruzados. A: Clastos metamórficos de filito no poço UN-27, profundidade 192,0m. Observar que podem estar sendo esmagados (pseudomatriz). B: Clastos metamórficos de filito no poço UN-27, profundidade 177,0m. C: Clastos metamórficos de quartzito no poço UN-27, profundidade 187,8m. [p.13]

**Figura 8:** A: Alta razão k-feldspatos/plagioclásios no poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicois cruzados. Observar a grande quantidade de geminações do tipo *tartan*, exclusivas de microclina. B: Presença de turmalina detrítica no poço UN-04, profundidade 280,6m, em nicois paralelos. C: Areias finas como tamanho principal dos grãos no poço UN-04, profundidade 214,0m, em nicois paralelos. Observar também a boa seleção e os grãos subarredondados. D: Presença de zircão detrítico no poço UN-27, profundidade 157,4m, em nicois cruzados. [p.14]

**Figura 9** – Fotomicrografias exemplificando alterações que ocorreram durante a diagênese. A: Esmagamento de grãos (clastos de filito) moles (pseudomatriz) no poço UN-27, profundidade 177,0m, em nicois paralelos. B: Cimentação de calcita no poço UN-27, profundidade 148,5m, em nicois cruzados. C: Sobrecrecimento de k-feldspato no poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicois cruzados. D: Precipitação de siderita no poço UN-04, profundidade 214,0m, em nicois cruzados. [p.15]

**Figura 10** – Fotomicrografias exemplificando cimentações e precipitações típicas do poço UN-04. A: Precipitação de piritita nas camadas mais argilosas da Formação Poti no poço UN-04, profundidade 180,0m. Luz refletida. B: Mesma imagem, porém em luz transmitida e nicol paralelo. C: Observar a cimentação de siderita diminuindo a porosidade no poço UN-04, profundidade 187,8,0m, em nicois cruzados.. D: Observar o hábito de romboedros pequenos da siderita no poço UN-04, profundidade 202,0m, em nicois cruzados. [p.16]

**Figura 11** – Fotomicrografias exemplificando cimentações, neoformações e dissoluções típicas do poço UN-27. A: Observar a presença de caulinita, na fácies Ac, apresentando-se no formato “livrinho”. No poço UN-27, profundidade 177,0m, em nicois cruzados. B: Observar a presença de óxido/hidróxido de ferro diminuindo consideravelmente a porosidade da fácies Ar (subfácies Ar(o)). No poço UN-27, profundidade 261,8m, em nicois paralelos. C: Observar a ampla presença de calcita na fácies Ar(c), diminuindo consideravelmente sua porosidade. No poço UN-27, profundidade 208,0m, em nicois cruzados. D: Observar a presença de grãos esqueléticos, que ampliam a porosidade (secundária). No poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicois paralelos. [p.17]

**Figura 12** – Sucessão de fácies SF1a, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica mediana/marinho raso de antepraia superior (ver Apêndice B) [p.23]

**Figura 13** – Sucessão de fácies SF1b, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica distal/marinho raso de antepraia inferior (ver Apêndice B) [p.24]

**Figura 14** – Sucessão de fácies SF1c, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica proximal/praias (ver Apêndice B) [p. 25]

**Figura 15** – Sucessão de fácies SF2, no poço UN-27, interpretados como fluvial entrelaçado. Observar a constante presença das subfácies carbonatadas (c) no topo dos ciclos fluviais (ver Apêndice B) [p.26]

**Figura 16** – Sucessão de fácies SF3, no poço UN-04, interpretados como pró-delta dominado por rio (ver Apêndice B) [p.27]

**Figura 17** – Sucessão de fácies SF4, no poço UN-27, interpretados como leque aluvial (ver Apêndice B) [p.28]

## **Lista de quadros**

**Quadro 1** – Quadro síntese das fácies sedimentares [p.20]

**Quadro 2** – Quadro síntese das sucessões de fácies sedimentares [p.22]

## Lista de tabelas

**Tabela 1** – Tabela com as profundidades, fácies e porosidade do poço UN-27 [p.18]

**Tabela 2** – Tabela com as profundidades, fácies e porosidade do poço UN-04 [p.19]



## Sumário

Agradecimentos .....	vi
Resumo .....	vii
Abstract .....	viii
Lista de figuras .....	ix
Lista de quadros.....	xi
Lista de tabelas.....	xii
Lista de símbolos/abreviaturas.....	xiii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 MATERIAL E MÉTODO.....	2
3 CONTEXTO GEOLÓGICO .....	5
3.1 Bacia do Parnaíba .....	5
3.2 Formação Poti.....	7
4 RESULTADOS .....	11
4.1 Análise petrográfica .....	11
4.2 Caracterização das fácies sedimentares.....	20
4.3 Sucessão de fácies.....	22
4.4 Discussão.....	29
5 CONCLUSÕES.....	30
Referências bibliográficas.....	31
Apêndice A – Caracterização das fácies sedimentares.....	1

Apêndice B – Perfis estratigráficos.....	14
Apêndice B.1 – Perfil estratigráfico do poço UN-27.....	15
Apêndice B.2 – Perfil estratigráfico do poço UN-04.....	19
Apêndice C – Estampas.....	22

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia do Parnaíba é uma grande bacia de interior cratônico, composta principalmente de rochas paleozóicas; entretanto é uma das bacias brasileiras menos conhecidas do ponto de vista geológico exploratório.

Os indícios de hidrocarbonetos presentes em poços perfurados pela Petrobrás nas décadas de 1970 e 1980 (GÓES et al, 1990) e, mais recentemente, as descobertas comerciais de gás, pelas empresas OGX e Petra, em arenitos das formações Cabeças e Poti reacenderam o interesse exploratório da bacia, principalmente nessas formações.

O presente estudo objetiva, assim, a caracterização faciológica e petrográfica da Formação Poti, sua interpretação paleoambiental, com a finalidade de contribuir para estudos estratigráficos de alta resolução do intervalo, bem como os de caracterização geológica de reservatórios desde micro- até megaescala.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

O estudo é baseado na descrição de 238,85 m de testemunhos de sondagem com diâmetro BX (42,04 mm), dos poços 1-UN-04-PI e 1-UN-27-PI, do *Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba* (q.v. LEITE et al., 1975), além da incorporação de 165,15 m da descrição da parte inferior dos mesmos, elaborados por Lobato (2007, 2010), totalizando 404,00 m de testemunhos estudados. Doravante, esses poços serão designados apenas pelas siglas UN-04 e UN-27.

O poço 1-UN-04-PI localiza-se na porção E da bacia, próximo à Cidade de Teresina (PI), enquanto que o poço 1-UN-27-PI localiza-se a SW da bacia, próximo à Cidade de Pilões (TO), distando, entre si, aproximadamente 700 km (Figura 1).

A descrição estratigráfica dos testemunhos foi realizada em planilha própria, em escala de detalhe (1:40), na qual foram discriminadas litologia, granulometria, seleção, estruturas sedimentares, índice de icnotrama (cf. DROSER e BOTTJER, 1991) e cor (escala de Munsell). Os perfis foram digitalizados no programa *AppleCORE v. 9.4d* para Macintosh.

Foram coletadas 81 amostras de rochas, das quais cinco são da Formação Piauí; oito, da Formação Longá; e o restante, da Formação Poti. Foram separadas 28 amostras para laminação (uma da Formação Piauí, quatro da Formação Longá e 23 da Formação Poti), para caracterização petrográfica e aspectos diagenéticos, a fim de auxiliar a caracterização de fácies (aspectos composicionais) e a interpretação paleoambiental, esta em seus aspectos diagenéticos. Para a descrição das lâminas, foi utilizado o microscópio petrográfico ZEISS Axioimager A.2, com o apoio do programa Petroledge® para quantificação visual da porosidade e composição, através da contagem de 300 pontos por lâmina.



Figura 1 - Mapa de localização dos poços (adaptado de SANTOS e CARVALHO, 2004)

Paralelamente à análise petrográfica, foram caracterizadas fácies sedimentares, seguindo o conceito de “*uma massa de sedimento ou de rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela litologia, geometria estratal, estruturas sedimentares, petrotrama, cores, fósseis e por atributos direcionais*” (cf. BORGHI, 2000, modif. SELLEY, 1970). Para cada fácies sedimentar, foi atribuído um processo deposicional (cf. BORGHI, 2000). Em seguida, determinaram-se sucessões de fácies sedimentares, as quais foram utilizadas para interpretar paleoambientes deposicionais.

### 3 CONTEXTO GEOLÓGICO

#### 3.1 Bacia do Parnaíba

A bacia do Parnaíba é uma bacia paleozoica localizada no Nordeste brasileiro, com aproximadamente 600 000 km<sup>2</sup> de área. A bacia abrange os estados do Piauí, Maranhão e Tocantins e, subordinadamente, os estados da Bahia, Ceará e Pará. Apresenta forma elipsoidal arredondada com maior alongação de aproximadamente 1 000 km, orientada NE-SW. O seu depocentro apresenta mais de 3 000 m de coluna de rochas, incluindo sedimentares e vulcânicas intrusivas, estas relacionadas a dois eventos distintos (CUNHA, 1986).

A bacia é considerada do tipo *sag* de interior cratônico por ter sofrido subsidência termal/flexural de forma lenta a partir do Ordoviciano (VAZ et al, 2007) . Seus limites são o Arco Ferrer-Urbano Santos, ao Norte, que a separa das bacias de São Luís e Barreirinhas; o Arco de Tocantins a Noroeste, da Fossa de Marajó; e por extensões da Bacia de São Francisco e “Bacia dos Lençóis” a Sul e Sudeste (CUNHA, 1986). Cunha (1986) identificou que estruturas do ciclo Brasileiro atuaram na compartimentação da bacia no paleozoico, tais como Lineamento Transbrasiliano (NE-SW), o Lineamento Picos-Santa Inês e o Lineamento Tocantins-Araguaia (Figura 3).

Estratigraficamente, a bacia é subdividida, segundo Vaz et al. (2007), em cinco supersequências, sendo estas, a Siluriana, correspondente ao Grupo Serra Grande (formações Ipu, Tianguá e Jaicós); Mesodevoniana-Eocarbonífera, correspondente ao Grupo Canindé (formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti); Neocarbonífera–Eotriássica, correspondente ao Grupo Balsas (formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba); Jurássica, correspondente às formações Pastos Bons, e Cretácea, às formações Corda, Grajaú, Codó e Itapecuru. Estas supersequências são delimitadas por discordâncias em escala bacial (Figura 2).

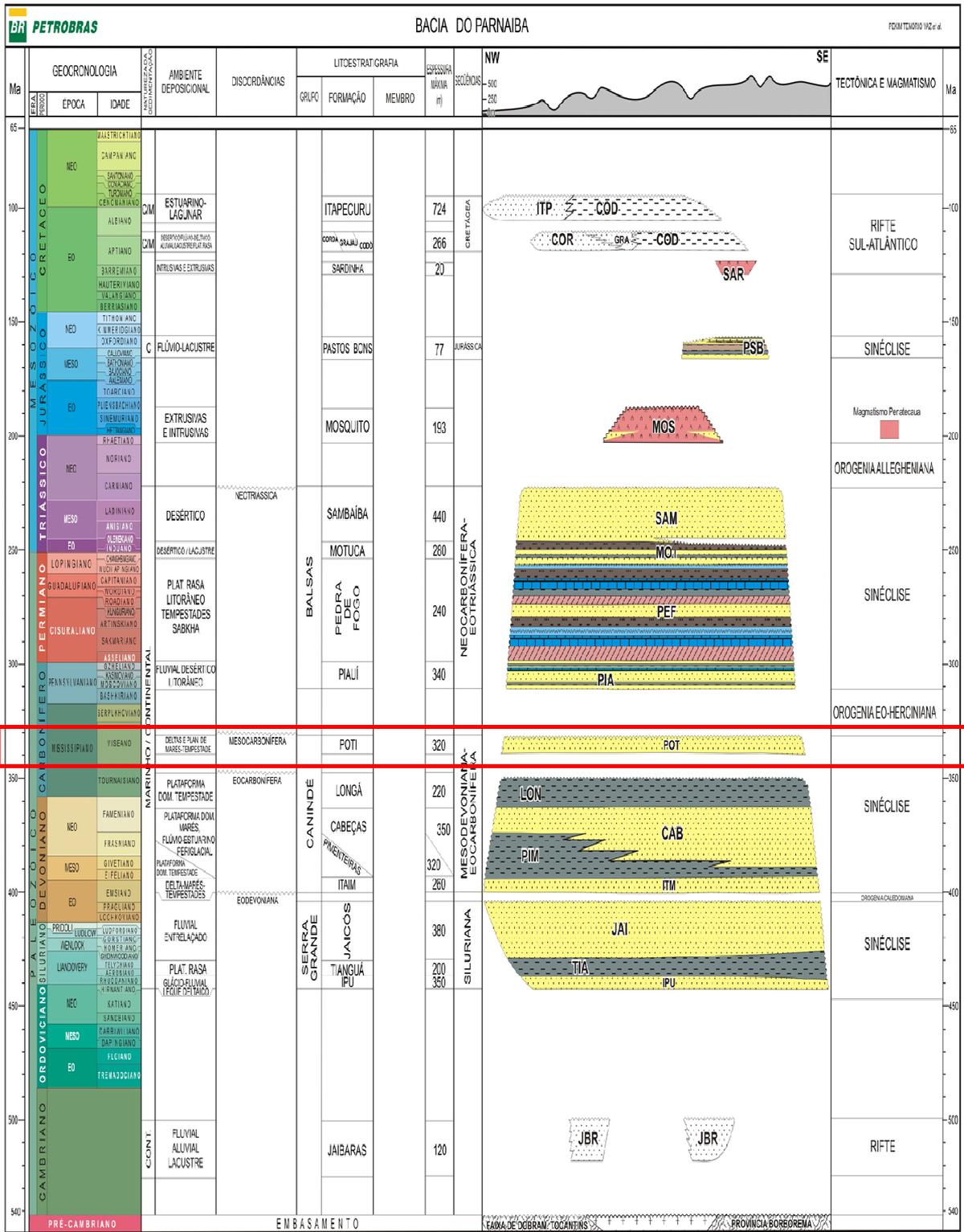


Figura 2: Diagrama estratigráfico da bacia do Parnaíba. Formação Poti destacada em vermelho. (Fonte: VAZ et al., 2007).

### 3.2 Formação Poti

A Formação Poti, de idade Mississipiano (LIMA e LEITE, 1978), é composta por arenitos cinza esbranquiçados intercalados com raros siltitos e folhelhos. Apresenta coluna de rocha média 150 m de e máxima de 320 m (GÓES e FEIJÓ, 1994). Os depósitos inferiores da Formação Poti são interpretados como um registro de um paleoambiente marinho raso, sujeito à ação de tempestades. Já os depósitos superiores são interpretados como flúvio-deltaico-estuarinos (LIMA e LEITE, 1978).

A Formação Poti tem contato superior discordante com os arenitos da Formação Piauí, limitando as sequências Mesodevoniana–Eocarbonífera e Neocarbonífera–Eotriássica de Vaz et al. (2007). Apresenta contanto inferior, com a Formação Longá, concordante (LIMA e LEITE, 1978), podendo ocorrer de forma gradacional ou com brusca mudança litológica (CAPUTO, 1984). Lobato (2007, 2010) interpretou o contato inferior como discordante, associado a um limite de sequências deposicionais de 3ª ordem.

A Formação Longá, sotoposta, de idade Fameniano, é composta por argilitos e folhelhos escuros bem laminados, geralmente bioturbados, intercalados com arenitos e siltitos (DELLA FÁVERA, 1990). Foi interpretado um ambiente plataformal dominado por tempestades (GÓES e FEIJÓ, 1994).

A Formação Piauí, de idade Westfaliano (MELLO et al., 1998), é composta por arenitos cinza-esbranquiçados a avermelhados, folhelhos vermelhos, calcários e lentes de siltitos e conglomerados (GÓES e FEIJÓ, 1994). Foi interpretado um ambiente fluvial com contribuições eólicas e breves incursões marinhas (LIMA e LEITE, 1978). Souza et al. (2010) apontaram uma idade do final do Moscoviano, num estudo do poço 1-UN-09-PI.

Os fósseis da Formação Poti são, tipicamente, esporomorfos, encontrados em toda a extensão da formação. Há também registros em sua porção inferior de uma fauna fóssil marinha pouco diversificada, composta por bivalvíos, braquiópodes inarticulados e peixes (condrictes); já a porção superior, de uma flora fóssil composta por detritos vegetais (CARVALHO e SANTOS, 2004) e estudada a fundo por Iannuzzi (1994).

Melo e Loboziak (2000), em trabalho mais recente, dataram a formação com palinomorfos e atribuíram a idade Viséano (Mississipiano médio), ao identificar espécies diagnósticas dessa idade tanto no paleocontinente Gondwana quanto com o Euroamericano.

Estruturalmente, o lineamento Transbrasiliano parece controlar a deposição no Mississippiano (Figura 3). Relatórios da CPRM (CRUZ et al., 1973; LEITE et al., 1975) indicam que a fonte situava-se no Sul, encontrando-se ao sul as fácies mais grossas (fluviais) e, ao norte, as fácies mais finas (marinho).

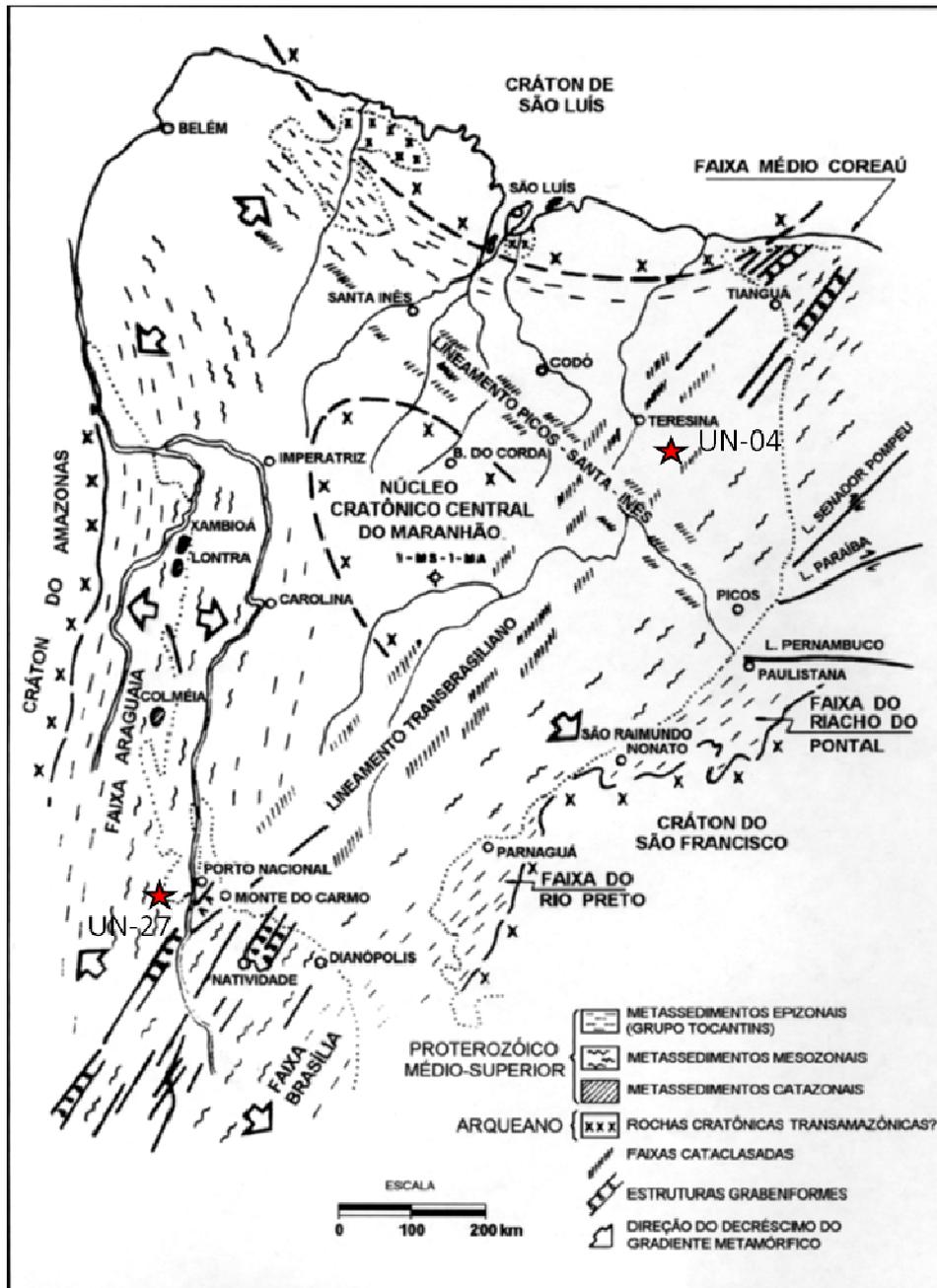


Figura 3- Mapa estrutural do embasamento da bacia do Parnaíba (Fonte: CUNHA, 1986). Observar os poços UN04 e UN-27 localizados ao longo do lineamento Transbrasiliano.

Góes (1995) apresentou uma análise faciológica, em escala regional, com base em dados de superfície (afloramentos) e subsuperfície (testemunhos de sondagem), caracterizando 45 litofácies. Foram feitas associações com essas fácies e identificados paleoambientes plataformais, litorâneos e fluviais. Com o auxílio dos dados de subsuperfície, foram, ainda, identificados sistemas deltaicos (dominados por ondas e por marés) que evoluíram para sistemas estuarinos. Seus resultados apontaram para as formações Longá e Poti como sendo representantes de uma única sequência deposicional, sendo as fácies da Formação Longá mais distais e as da Formação Poti mais proximais. O trabalho sugeriu um clima temperado com alta taxa de evaporação, pela presença de barita e estruturas do tipo tepees, e ainda identificou duas áreas fontes: uma a S-SE, atuante desde o início de sedimentação da bacia, e outra a SW, atuante a partir do Emsiano, Eodevoniano (Figura 4). O término da sedimentação estaria associado ao soerguimento provocado pelo reflexo da orogenia Eoherciniana (VAZ et al, 2007).

Lobato (2007, 2010) estudou a formação de forma detalhada em seu intervalo inferior (limite formacional Longá/Poti), identificando 13 fácies sedimentares (dentre as quais se encontram trativas unidirecionais, trativas bidirecionais, heterolíticas e com estruturas de deformação), além dos sistemas deposicionais glácio-marinhos (Formação Longá) e marinho raso/flúvio-deltaico dominado por ondas. O trabalho ainda identificou duas sequências deposicionais de 3ª ordem, limitadas por uma superfície discordante (contato das formações Longá e Poti). Foram identificadas superfícies de menor ordem (4ª e 5ª ordens) dentro das sequências deposicionais, sendo uma superfície basal discordante (regressão forçada), uma superfície regressiva de erosão marinha, além de, superfícies de inundação máxima e transgressivas.

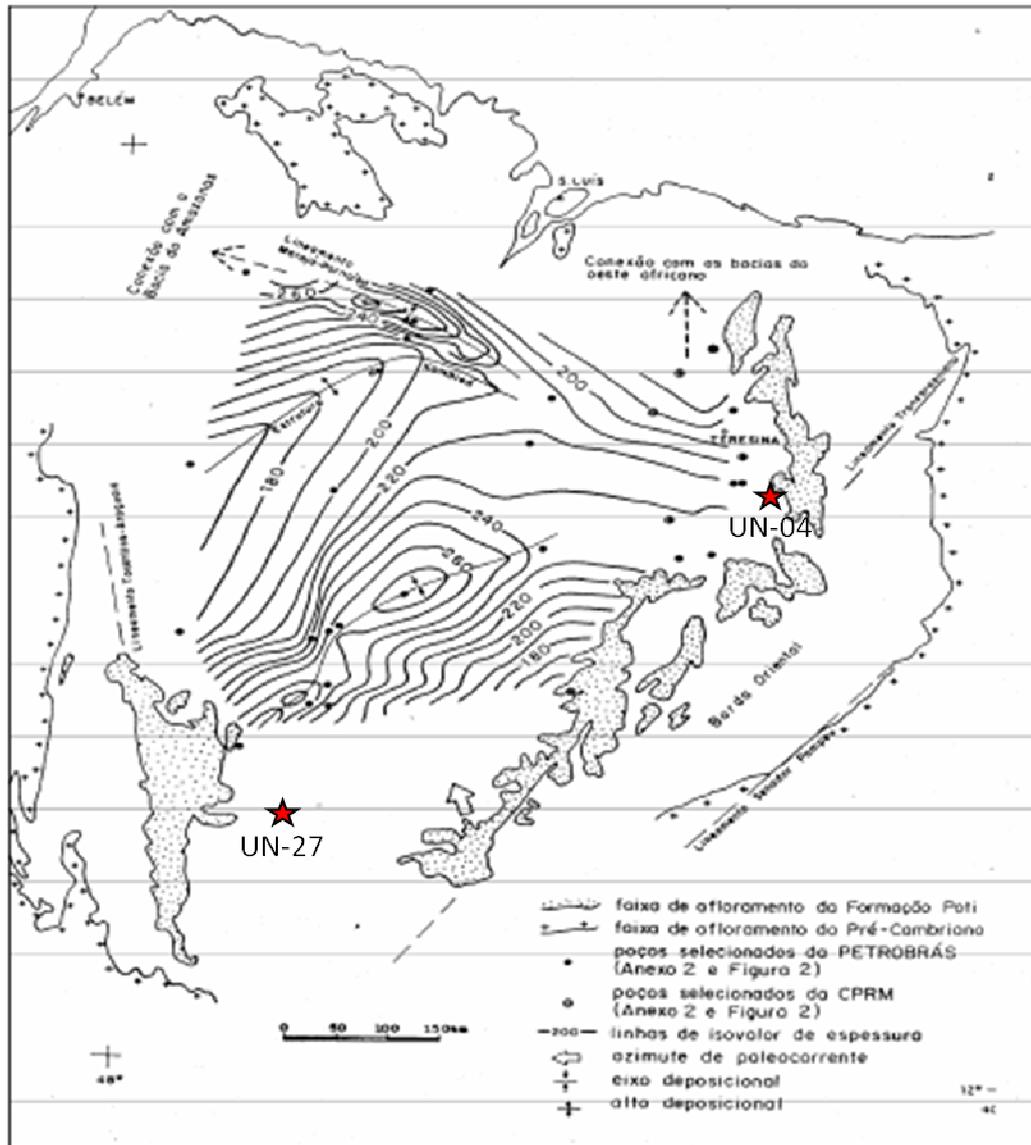


Figura 4 - Mapa de isópacas da Formação Poti (Fonte: GÓES, 1995). Observar o eixo das maiores espessuras NE-SW, concordantes (paralelos) ao lineamento Transbrasiliano (q.v. Figura 3). Os poços envolvidos no estudo (UN-04 e UN-27) encontram-se plotados.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise petrográfica

De modo geral, a *análise petrográfica composicional* mostrou que se tratam de subarcósios ( $Q_{80} F_{15} L_5$ ), que representam bem a totalidade das amostras estudadas (figuras 5 e 6). Os quartzos são, em sua maioria, monocristalinos com extinção abrupta, sendo a presença de quartzos monocristalinos com extinção ondulante e policristalinos raras. Os litoclastos predominam no poço UN-27 e são, em sua maioria, clastos metamórficos de quartzito e filito, podendo estar parcialmente dissolvidos (figuras 5, A, B e C). Os feldspatos ocorrem em ambos os poços, apresentando-se como plagioclásios e k-feldspatos, e predominando os k-feldspatos (80%). Dentre os k-feldspatos ocorrem microclinas (70%) e, subordinadamente, ortoclásios (30%) (Figura 6A). Os minerais acessórios encontrados foram turmalinas (Figura 6B), zircões (Figura 6D) e rutilos. Não se observou daí, nenhuma relação entre as litofácies e a composição petrográfica, nem tampouco estratigráfica. Em termos *petrográficos texturais*, os arenitos tendem a serem finos, moderadamente selecionados e subarredondados (Figura 6C).

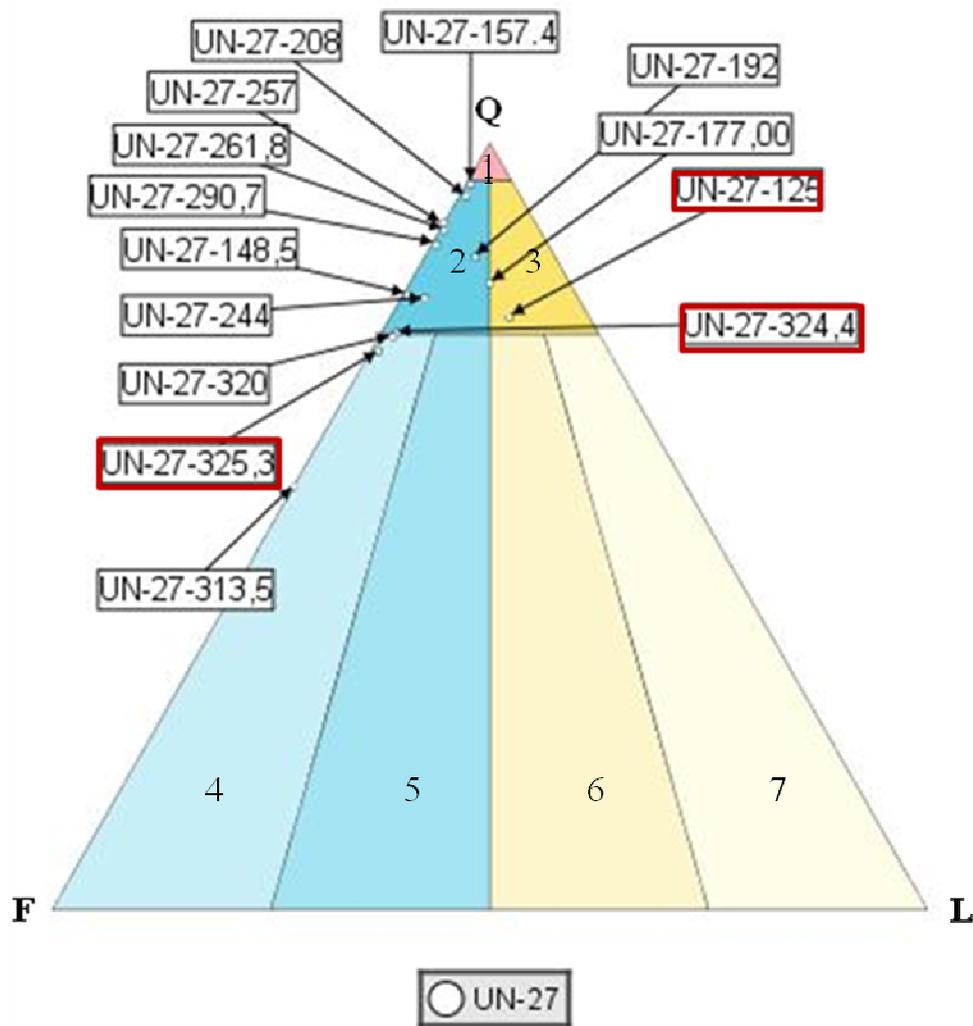


Figura 5: Gráfico de composição de Folk no poço UN-27. Observar que tratam-se de subarcósios em geral. Legenda: Q = Quartzo; F = Feldspato; L = Líticos; 1 – Quartzo arenito; 2 – Arenito subarcósio; 3 – Arenito sublítico; 4 – Arenito arcósio; 5 – Arenito feldspatolítico; 6 – Arenito litofeldspático; 7 – Arenito lítico. Quadrados marcados em vermelho referentes às formações Longá (maiores profundidades) e Piauí (menores profundidades).

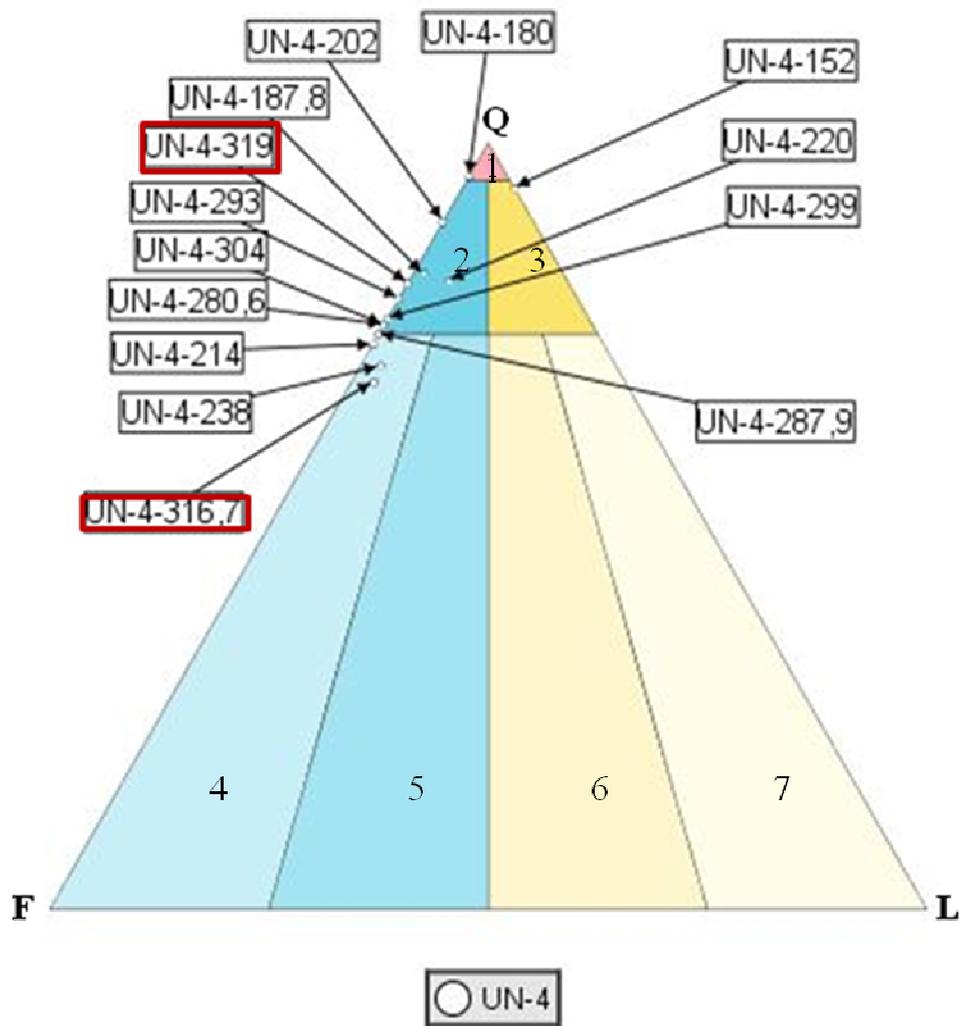


Figura 6: Gráfico de composição de Folk no poço UN-04. Observar que tratam-se de subarcósios em geral. Legenda: Q = Quartzo; F = Feldspato; L = Líticos; 1 – Quartzo arenito; 2 – Arenito subarcósio; 3 – Arenito sublítico; 4 – Arenito arcósio; 5 – Arenito feldspatolítico; 6 – Arenito litofeldspático; 7 – Arenito lítico. Quadrados marcados em vermelho referentes as Formação Longá.

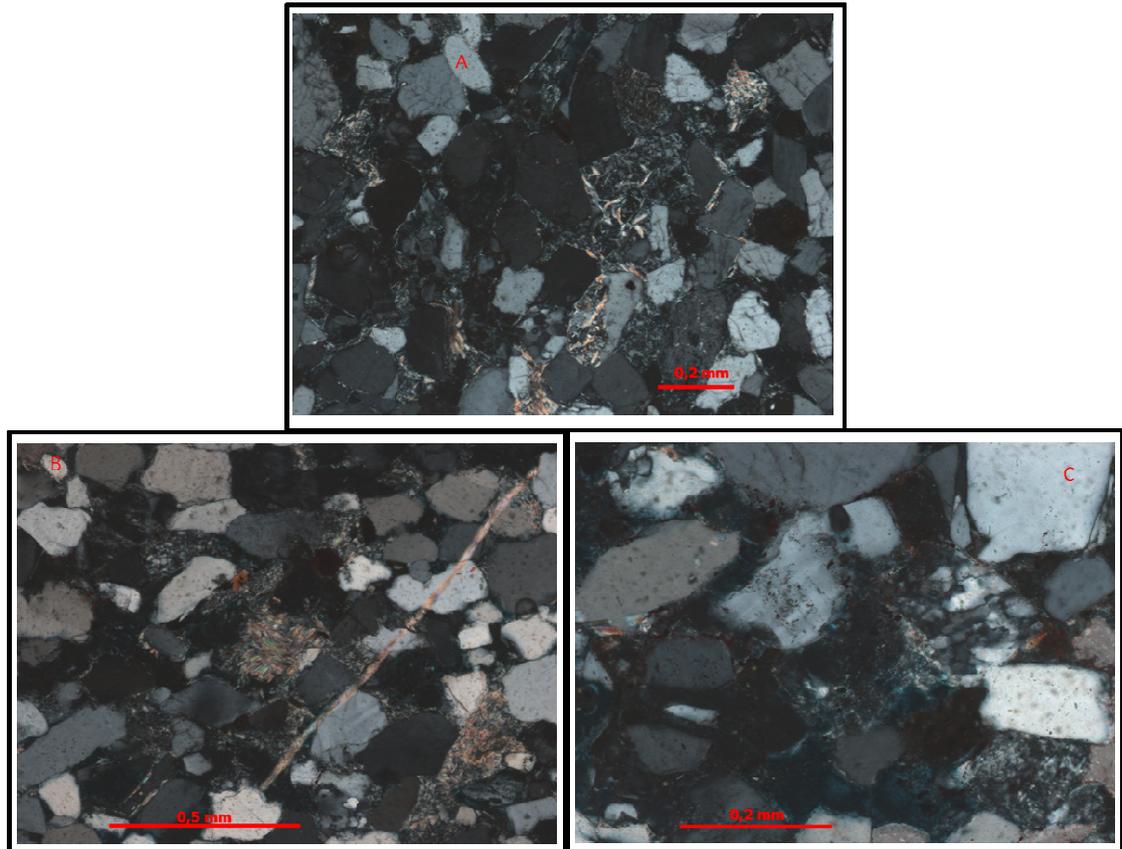


Figura 7: Fotomicrografias exemplificando fragmentos líticos típicos. Todas em nicois cruzados. A: Clastos metamórficos de filito no poço UN-27, profundidade 192,0m. Observar que podem estar sendo esmagados (pseudomatriz). B: Clastos metamórficos de filito no poço UN-27, profundidade 177,0m. C: Clastos metamórficos de quartzito no poço UN-27, profundidade 187,8m.

Na *análise petrográfica diagenética*, observaram-se diversos tipos de cimento e alterações diagenéticas como sobrecrecimento de quartzo, precipitação de pirita, esmagamento de grãos moles (que constituem pseudomatriz) (Figura 7A), neoformação de caulinita, cimentação de calcita (Figura 7B), cimentação de óxido/hidróxido de ferro, sobrecrecimento de k-feldspatos (Figura 7C), dissolução de grãos instáveis e cimentação de siderita (Figura 7D).

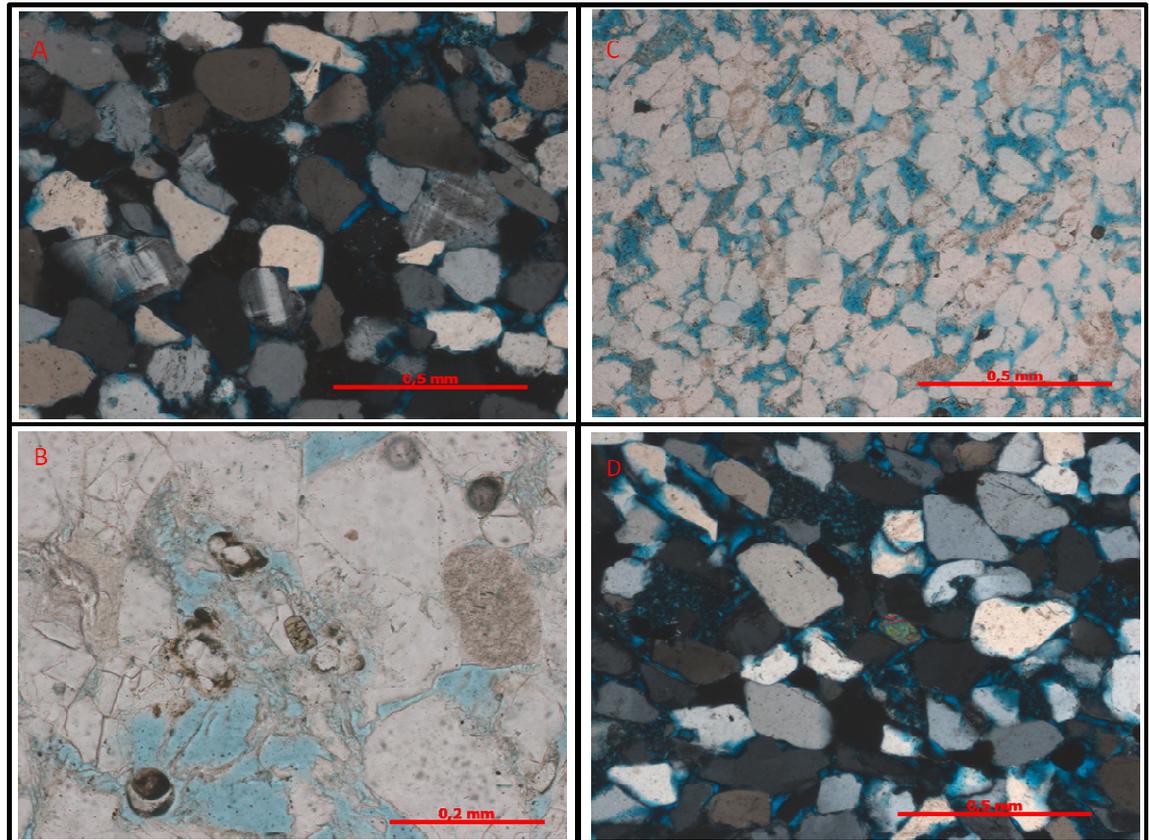


Figura 8: A: Alta razão k-feldspatos/plagioclásios no poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicois cruzados. Observar a grande quantidade de geminações do tipo *tartan*, exclusivas de microclina. B: Presença de turmalina detrítica no poço UN-04, profundidade 280,6m, em nicois paralelos. C: Areias finas como tamanho principal dos grãos no poço UN-04, profundidade 214,0m, em nicois paralelos. Observar também a boa seleção e os grãos subarredondados. D: Presença de zircão detrítico no poço UN-27, profundidade 157,4m, em nicois cruzados.

A dissolução de grãos atuou, preferencialmente, em clastos metamórficos, sendo os de filito os mais propícios a se dissolverem e, conseqüentemente, gerar porosidade secundária. A cimentação de siderita e a precipitação de pirita ocorreram, tipicamente, em argilas. A neoformação de caulinita ocorreu, predominantemente, em muscovitas e, subordinadamente, em feldspatos.

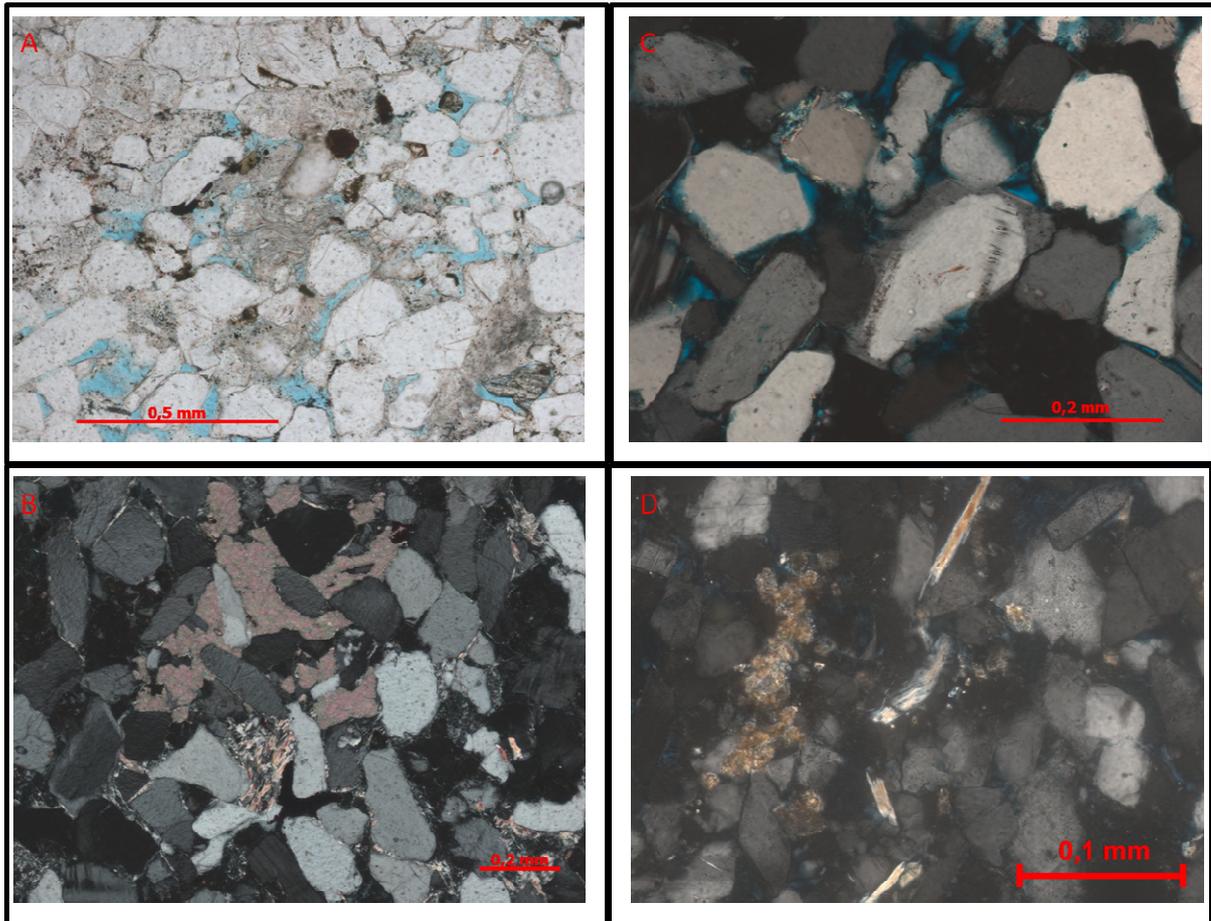


Figura 9: Fotomicrografias exemplificando alterações que ocorreram durante a diagênese. A: Esmagamento de grãos (clastos de filito) moles (pseudomatriz) no poço UN-27, profundidade 177,0m, em nicois paralelos. B: Cimentação de calcita no poço UN-27, profundidade 148,5m, em nicois cruzados. C: Sobrecrescimento de k-feldspato no poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicois cruzados. D: Precipitação de siderita no poço UN-04, profundidade 214,0m, em nicois cruzados.

No poço UN-04 a cimentação típica é a de siderita (figuras 8C e 8D), o que pode ser interpretado como resultante de um paleoambiente subóxico (cf. MORAD, 1998); ou seja, com menor aporte sedimentar e de menor energia em águas salinas, sob influência de águas continentais (meteóricas). Junto com a precipitação de siderita, pode ocorrer a precipitação de pirita em argilas (figuras 8<sup>a</sup> e 8B), o que pode ser interpretada como resultante de um paleoambiente marinho anóxico (cf. MORAD, 1998).

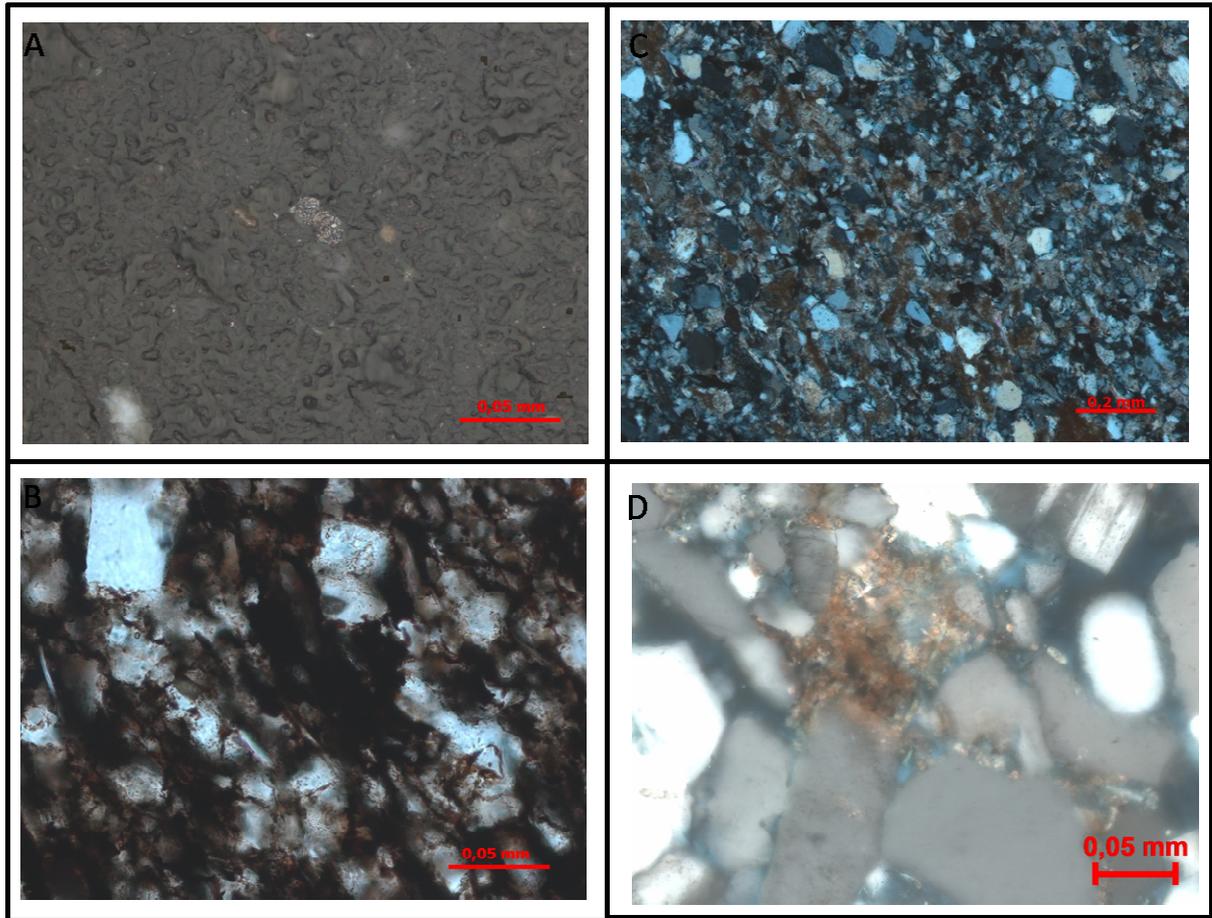


Figura 10: Fotomicrografias exemplificando cimentações e precipitações típicas do poço UN-04. A: Precipitação de pirita nas camadas mais argilosas da Formação Poti no poço UN-04, profundidade 180,0m. Luz refletida. B: Mesma imagem, porém em luz transmitida e nicol paralelo. C: Observar a cimentação de siderita diminuindo a porosidade no poço UN-04, profundidade 187,8,0m, em nicóis cruzados.. D: Observar o hábito de romboedros pequenos da siderita no poço UN-04, profundidade 202,0m, em nicóis cruzados.

No poço UN-27, os cimentos predominantes são de hematita e calcita, que indicam um contexto paleoambiental continental (água meteórica) (cf. MORAD, 2000). A neoformação de caulinita sobre muscovitas e feldspatos (Figura 9) corrobora o contexto paleoambiental (cf. MORAD, 2000). Concreções carbonáticas em estratos das fácies Ar e Ac foram interpretadas como resultado de percolação de águas carbonatadas logo acima do nível paleofreático (zona vadosa) (q. v. PIMENTEL, 2006). Minerais e feições identificadas por Góes (1995), como por exemplo, barita e estruturas do tipo teepees, que indicariam um clima temperado com alta taxa de evaporação não foram observadas no presente trabalho. As precipitações e neoformações dos minerais descritos anteriormente sugerem que um clima semiárido atuou durante a deposição dos sedimentos na Formação Poti; porém não necessariamente com altas taxas de evaporação.

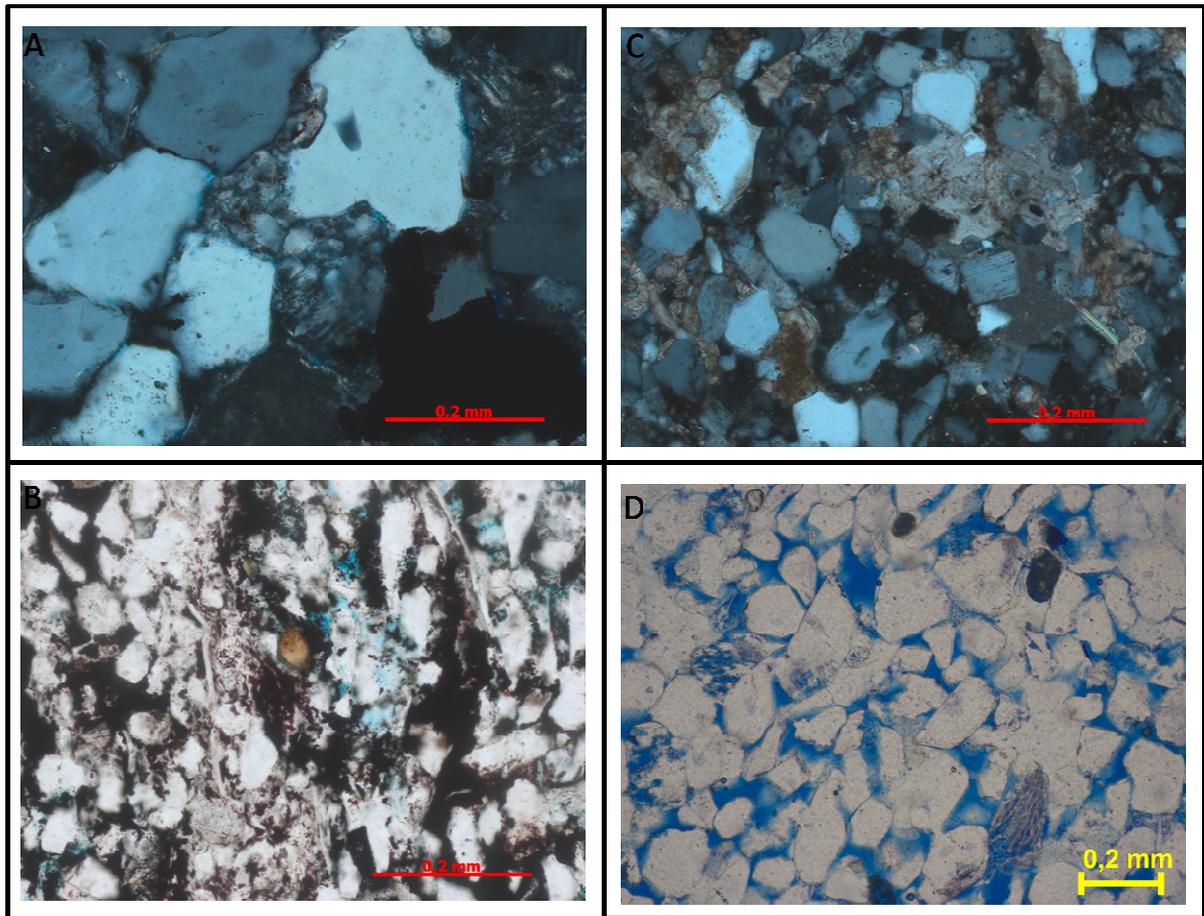


Figura 11: Fotomicrografias exemplificando cimentações, neoformações e dissoluções típicas do poço UN-27. A: Observar a presença de caulinita, na fácies Ac, apresentando-se no formato “livrinho”. Poço UN-27, profundidade 177,0m, em nicóis cruzados. B: Observar a presença de óxido/hidróxido de ferro diminuindo consideravelmente a porosidade da fácies Ar (subfácies Ar(o)). Poço UN-27, profundidade 261,8m, em nicóis paralelos. C: Observar a ampla presença de calcita na fácies Ar(c), diminuindo consideravelmente sua porosidade. Poço UN-27, profundidade 208,0m, em nicóis cruzados. D: Observar a presença de grãos esqueletais, que ampliam a porosidade (secundária). Poço UN-27, profundidade 290,7m, em nicóis paralelos.

A oxidação de certas fácies (Ah, Am, Ar e Ac) apresenta grande valor estratigráfico, sendo interpretadas como exposição subaérea, com precipitação de óxidos/hidróxidos de ferro.

As maiores porosidades (Apêndice D) foram encontradas no poço UN-27, em torno de 22%, onde a porosidade primária responde por cerca de 16%, enquanto que, a secundária, por dissolução de grãos, de cerca de 6% (Tabela 1). A porosidade secundária dá-se principalmente por dissolução de grãos metamórficos e, subordinadamente, feldspáticos. A ampliação

secundária da porosidade está relacionada à diagênese meteórica (cf. BLOCH, 1994) constatada no poço, contrastando com uma diagênese marinha no poço UN-04 (tabela 2).

Tabela 1: Tabela com as profundidades, fácies e porosidade visual do poço UN-27

Profundidade (m)	Fácies	Porosidade visual (%)
125,0	Ac (Piauí)	11,0
148,5	Ar(c)	0,3
157,4	ALd	0,0
177,0	Ac	21,6
192,0	Ag	21,3
208,0	Ar(c)	10,0
244,0	Ab	8,6
257,0	Ao	10,3
261,8	Ar(o)	15,0
290,7	Ar	20,0
313,5	Am(o)	0,0
320,0	Ah	7,6
324,4	Hw (Longá)	7,6
325,3	Hw (Longá)	7,6

Tabela 2: Tabela com as profundidades, fácies e porosidade visual do poço UN-04

Profundidade (m)	Fácies	Porosidade visual (%)
152,2	Ac	1,0
180,0	Hw	0,0
187,8	Hw	0,3
202,0	Hf	6,3
214,0	Aot	8,3
220,0	Aot	12,6
238,0	Am	11,3
280,5	Ar	18,9
287,9	Ao	4,9
293,0	Aot	17,6
299,0	Ao	13,0
304,0	Aot	18,3
316,7	Hw (Longá)	0,0
319,0	Ald (Longá)	0,0

#### 4.2 Caracterização das fácies sedimentares

Foram caracterizadas 14 litofácies sedimentares (Apêndice A), sendo uma rudítica, 11 areníticas e uma pelítica, sintetizadas no Quadro 1. Dentre estas, duas foram diagnosticadas exclusivamente na Formação Piauí (Cp e Fr) e seis ocorrem tanto na Formação Longá quanto na Formação Poti (Hl, Hw, ALd, Ab, Am e Ao). Das fácies caracterizadas, oito (Ah, Am, Aot, Ar, Ac, Hw, Hl e ALd) foram diagnosticadas como correspondentes às fácies homônimas de Lobato (2007, 2010), duas (Ao e Hf) correspondem parcialmente à fácies Ao de Lobato (2007, 2010) e as quatro restantes (Ag, Ab, Cp e Fr) são inéditas quando comparadas com o trabalho de Lobato (2007, 2010).

O poço UN-27 apresenta um predomínio de fácies trativas unidirecionais (fácies Ac e Ar) correspondendo a 55% do intervalo da Formação Poti descrita no poço. As fácies trativas unidirecionais apresentam texturalmente grãos de areia com um arredondamento bem maior do que o esperado para tais.

O poço UN-04 apresenta um predomínio de fácies trativas bidirecionais (fácies Ao e Aot, 41%) e fácies heterolíticas (*fláser*, ondulado e lenticular, 16%) e totalizando 57% do intervalo da Formação Poti descrito no poço.

Quadro 1: Quadro síntese das fácies sedimentares

Código	Diagnose	Interpretação	Frequência no Intervalo	
			UN-04	UN-27
<b>Ah*</b>	Arenitos muito finos a médios com laminação horizontal	Depósitos arenosos subaquosos por agradação de leito plano, gerados em regime de fluxo superior	6%	6%
<b>Am*</b>	Arenitos muito finos a médios com estrutura maciça	Depósitos arenosos de fluxos de densidade concentrados	7%	3%
<b>Aot*</b>	Arenitos muito finos a finos com estratificação cruzada truncante	Depósitos arenosos subaquosos por fluxos oscilatórios (ondas) ou a uma ação combinada de fluxos oscilatórios e trativos (onda mais corrente), na interface entre os regimes de fluxo inferior e superior.	22%	2%
<b>Ao</b>	Arenitos muito finos a finos com laminação cruzada por ondas	Depósitos arenosos de microformas de leito do tipo ôndulas simétricas, geradas pela ação de ondas	19%	3%
<b>Ab</b>	Arenitos com aspecto mosqueado, bioturbados	Intensa reelaboração do substrato por organismos invertebrados, associados a ambientes marinhos com alta atividade biológica	13%	15%
<b>Ar*</b>	Arenitos com laminação cruzada de corrente	Depósitos arenosos por fluxos trativos, hidrodinâmico, em regime de fluxo inferior unidirecional (corrente), pela migração e cavalgamento subcrítico de microformas de leito do tipo ôndulas assimétricas (ripples) de comprimento de onda pequeno	10%	20%
<b>Ac*</b>	Arenito com estratificação cruzada	Depósitos arenosos por fluxos trativos, unidirecionais, em regime de fluxo inferior subaquosos (correntes), pela migração de macroformas de leito complexas, de crista reta ou sinuosa	2%	35%
<b>Hf</b>	Arenitos com acamamento fláser	Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há uma predominância dos processos trativos sobre os de decantação	8%	5%
<b>Hw*</b>	Arenitos e pelitos com acamamento ondulado	Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há um equilíbrio na influência de ambos	6%	4%
<b>HI*</b>	Arenitos e pelitos com acamamento lenticular	Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há uma predominância dos processos de decantação sobre os trativos	2%	2%
<b>Ag</b>	Arenitos muito finos a grossos com clastos que variam de grânulos a seixos	Depósitos arenosos subaquosos por agradação de leito plano, gerados em regime de fluxo superior ou inferior	1%	3%
<b>Cp</b>	Paraconglomerados polimíticos	Depósitos de fluxos de detritos	0%	1%
<b>Fr</b>	Camadas delgadas alternando-se de forma rítmica (argilitos e siltitos)	Deposição por conjunção de processos: (1) decantação em ambiente subaquoso de baixa energia ; (2) tração hidrodinâmica, em regime inferior, de silte grosso	2%	0%
<b>ALd*</b>	Arenitos e/ou pelitos com estruturas de deformação	Representa depósitos de ressedimentação por processos de escorregamento ou deslizamentos, nos quais podem estar associados processos de fluidização	2%	1%

Observação: \* fácies de Lobato (2007, 2010)

### 4.3 Sucessão de fácies

Foram descritas cinco sucessões de fácies distintas (Quadro 2), que representam paleoambientes deposicionais delta dominado por rio (SF3), delta dominado por ondas/marinho raso de antepraia (*shoreface*) (SF1a, b) e praia (*foreshore*) (SF1c), fluvial entrelaçado (SF2) e leque aluvial (SF4). O último (SF4) é considerado parte da Formação Piauí.

As sucessões de fácies da Formação Longá não foram interpretadas, embora algumas das fácies caracterizadas na Formação Poti estejam presente na Formação Longá. Lobato (2007, 2010) caracterizou os paleoambientes deposicionais glácio-marinho, costa afora/pró-delta periglacial, frente deltaica dominada por ondas distal, frente deltaica dominada por ondas distal/proximal, frente deltaica dominada por ondas proximal, laguna costeira, antepraiam desembocadura deltaica dominada por ondas, barra de desembocadura deltaica-canal fluvial.

A fácies Fr, presente no poço UN-04 e compreendida como parte da Formação Piauí, também não foi analisada, embora os trabalhos de Abelha (2008, 2010) tenham-na identificado como pertencente a uma sucessão de fácies interpretada como planícies costeiras estuarinas.

**Quadro 2: Quadro síntese das sucessões de fácies sedimentares**

<b>Código</b>	<b>Diagnose</b>	<b>Interpretação paleoambiental</b>
SF1a	Am, Ao, Aot, Ah, Ar, Ag e Hf	Frente deltaica mediana/antepraia ( <i>shoreface</i> ) superior
SF1b	Hf, Am, Hw, Ab, Hl, e subordinadamente, ALd	Frente deltaica distal/antepraia ( <i>shoreface</i> ) inferior
SF1c	Aot, Am, Ac, Ah, Ar e Ao	Frente deltaica proximal/praias ( <i>foreshore</i> )
SF2	Ag, Am, Ah, Ac, Ar, e subordinadamente, ALd	Fluvial entrelaçado
SF3	Ar, Ac, Ab e Am	Pró-delta dominado por rio
SF4	Ag e Cp	Leque aluvial

**Sucessão de fácies SF1:**

A sucessão de fácies SF1 é composta pela predominância de fácies trativas bidirecionais (Ao e Aot) e fácies heterolíticas (Hf, Hw e Hl), variando assim seu percentual de argila; porém com predomínio de processos de ação de ondas. A presença típica de cimento de siderita associado a essas fácies, além da presença de fácies trativas unidirecionais (Ar), permitem a interpretação de um paleoambiente de delta dominado por ondas, mais especificamente uma frente deltaica dominada por ondas. Nesse contexto, foram subdivididas porções desse paleoambiente, variando de proximal, com alta concentração de *lags* litorâneos, à distal, onde se concentram as fácies com maior porcentagem de lama (Hw e Hl).

**Sucessão de fácies SF1a:**

Sucessão de fácies Am → Ao → Aot → Ah → Ar → Ag → Hf. Apresenta-se nos poços UN-04 (de 307,7m a 288,2m e 226,9 a 202,5m) e UN-27 (de 321,2m a 313,0m e 137,0m a 132,5m), com espessura máxima de 19,5m no poço UN-04 (Figura 12).

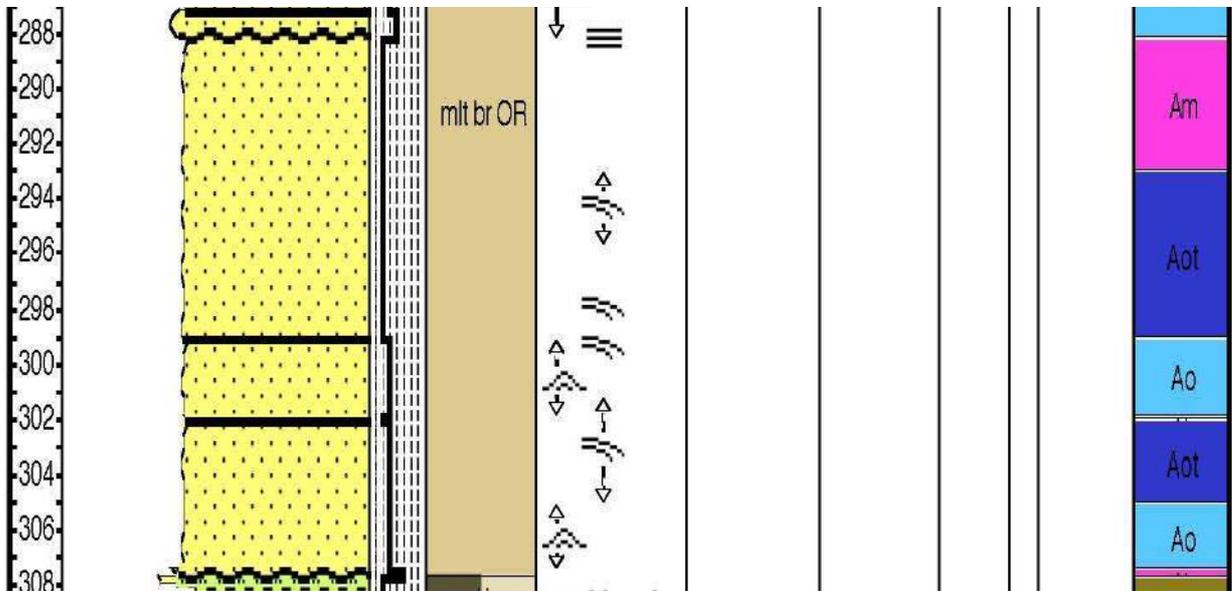


Figura 12 – Sucessão de fácies SF1a, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica mediana/marinho raso de antepraia superior (ver Apêndice B).

O paleoambiente marinho raso de antepraia apresenta marcante atuação de ondas de tempo bom. A mesma foi subdividida em proximal, onde há um predomínio de arenitos “limpos”, pouco argilosos (fácies Ao e Aot), e distal, onde a presença de argila é bem mais acentuada (fácies Hw e Hl). Há uma grande quantidade de cimento de siderita associado a esse paleoambiente deposicional, o que pode indicar contribuição de água meteórica. Nesse contexto, esse paleoambiente seria, na verdade, um ambiente deltaico dominado por onda, mais especificamente uma frente deltaica mediana a distal. As fácies trativas (Ag e Ac) presentes nessa sucessão são *lags* reelaborados pela ação de ondas. O contexto paleoambiental frente deltaica mediana/marinho raso de antepraia superior é sugerido pelas fácies típicas Ah e Ao, indicativa da ação de ondas, além da ausência de lama e menor/nula bioturbação.

Corresponderia, parcialmente, às sucessão de fácies SF4-A de Lobato (2007, 2010), interpretado como uma frente deltaica dominada por ondas proximal, e sE10 de Góes (1995), interpretadas como barras sigmoidais amalgamadas, retrabalhadas por ondas normais no *shoreface*.

### Sucessão de fácies SF1b:

Sucessão das fácies Ao → Aot → Hf → Am → Hw → Ab, e subordinadamente, ALd e Hl, no topo da sucessão. Encontra-se nos poços UN-04-PI (167,2m a 177,9m, 177,9m a 183,8m e 183,8m a 202,5m) e UN-27 (313,0m a 301,4m e 259,6m a 223,7m) com espessura máxima de 35,9m (Figura 13)

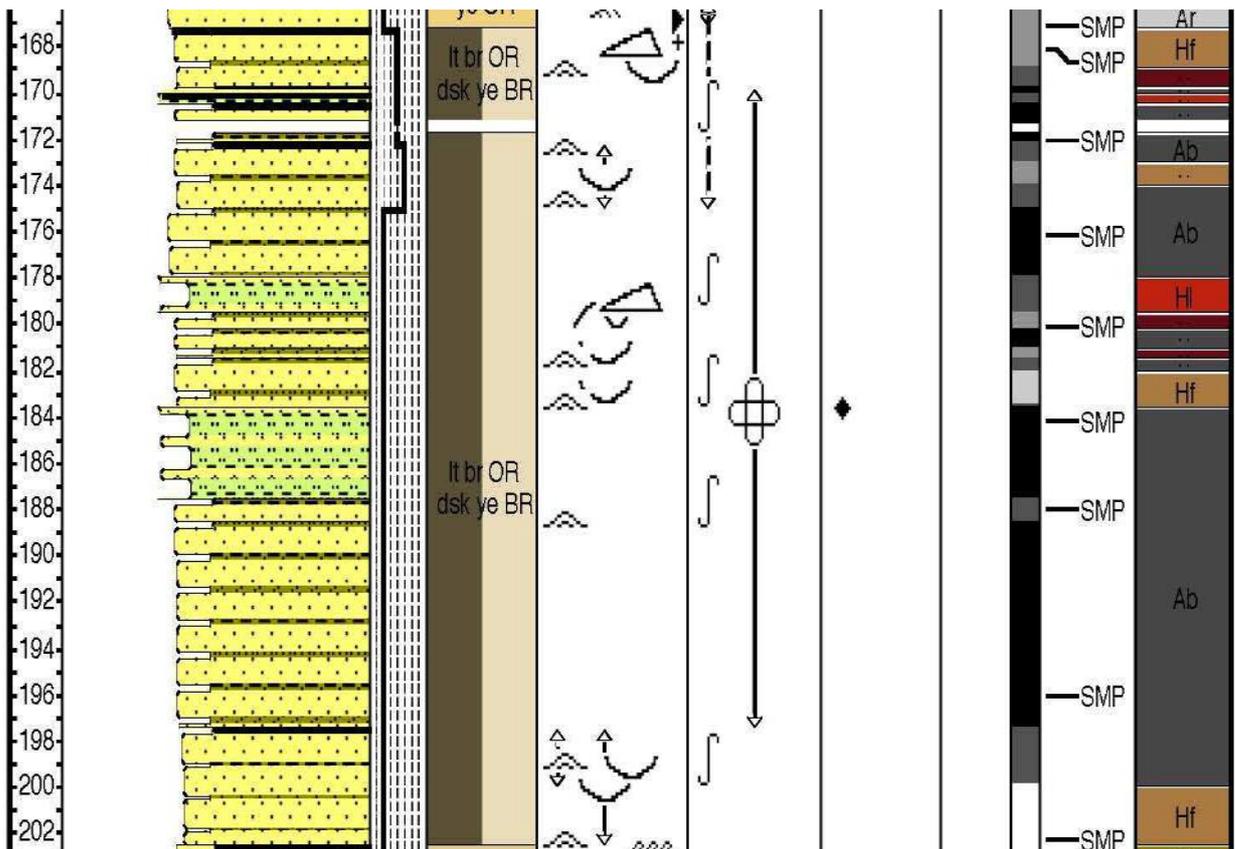


Figura 13 – Sucessão de fácies SF1b, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica distal/marinho raso de antepiraia inferior (ver Apêndice B).

O paleoambiente marinho raso de antepiraia apresenta marcante atuação de ondas de tempo bom. A mesma foi subdividida em proximal, onde há um predomínio de arenitos “limpos”, pouco argilosos, e distal, onde a presença de argila é bem mais acentuada. Há uma grande quantidade de cimento de siderita associado a esse sistema deposicional, o que pode indicar contribuição de água meteórica. Nesse contexto, esse sistema seria, na verdade, um ambiente deltaico dominado por onda, mais especificamente uma frente deltaica mediana a distal. O contexto paleoambiental frente deltaica distal/marinho raso de antepiraia inferior é sugerido pelas fácies típicas Ao, Hf, Hw e Ab.

Corresponderia, parcialmente, à sucessão de fácies SF2-B de Lobato (2007, 2010), interpretado como uma frente deltaica dominada por ondas distal.

### Sucessão de fácies SF-1c:

Sucessão de fácies Aot → Am → Ac → Ah → Ar → Ao. Ocorre exclusivamente no poço UN-04 nas profundidades entre 270,1m a 226,9m. As fácies trativas (Ar e Ac) presentes nessa sucessão são, na verdade, *lags* retrabalhados pela ação de ondas de tempestade (Figura 14).

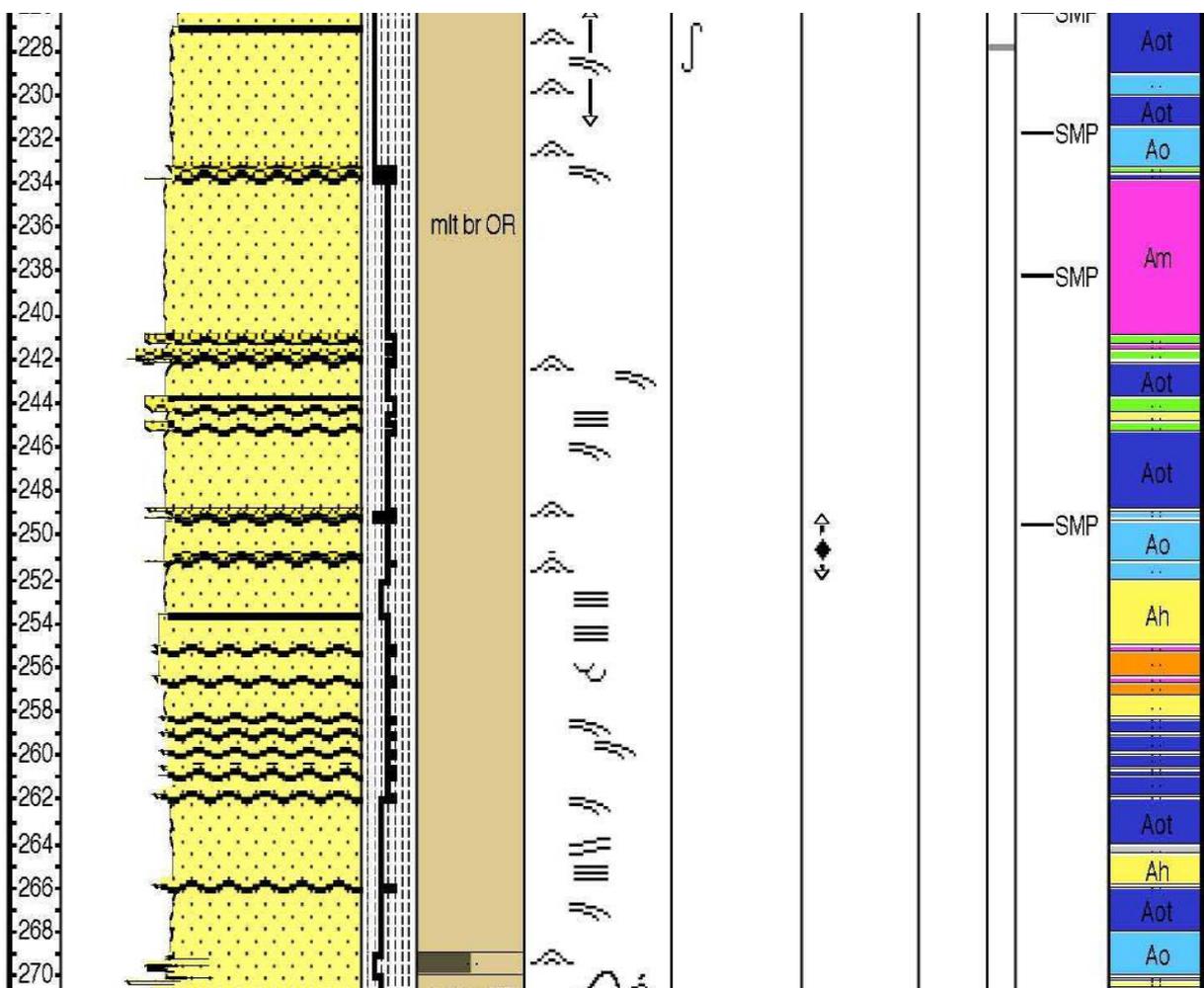


Figura 14 – Sucessão de fácies SF1c, no poço UN-04, interpretados como paleoambiente de frente deltaica proximal/praiá (ver Apêndice B).

O paleoambiente praiá apresenta marcante atuação de ondas de tempestade (Aot), estratificações plano-paralelas e de baixo ângulo (Ah). Há uma grande quantidade de *lags*

(Ag) associado a esse sistema deposicional, o que indica que um sistema fluvial estava constantemente introduzindo sedimentos mais grossos nesse ambiente, que posteriormente era retrabalhado por ondas de tempestade. Nesse contexto, este sistema seria, na verdade, um ambiente deltaico dominado por onda, mais especificamente uma frente deltaica proximal.

### Sucessão de fácies SF-2:

Sucessão de fácies  $Ag \rightarrow Ac \rightarrow Ar$ , e subordinadamente, Am, Ah e ALd. Ocorre frequente e exclusivamente no poço UN-27, sendo característico na profundidade de 193,2m a 187m (Figura 15).

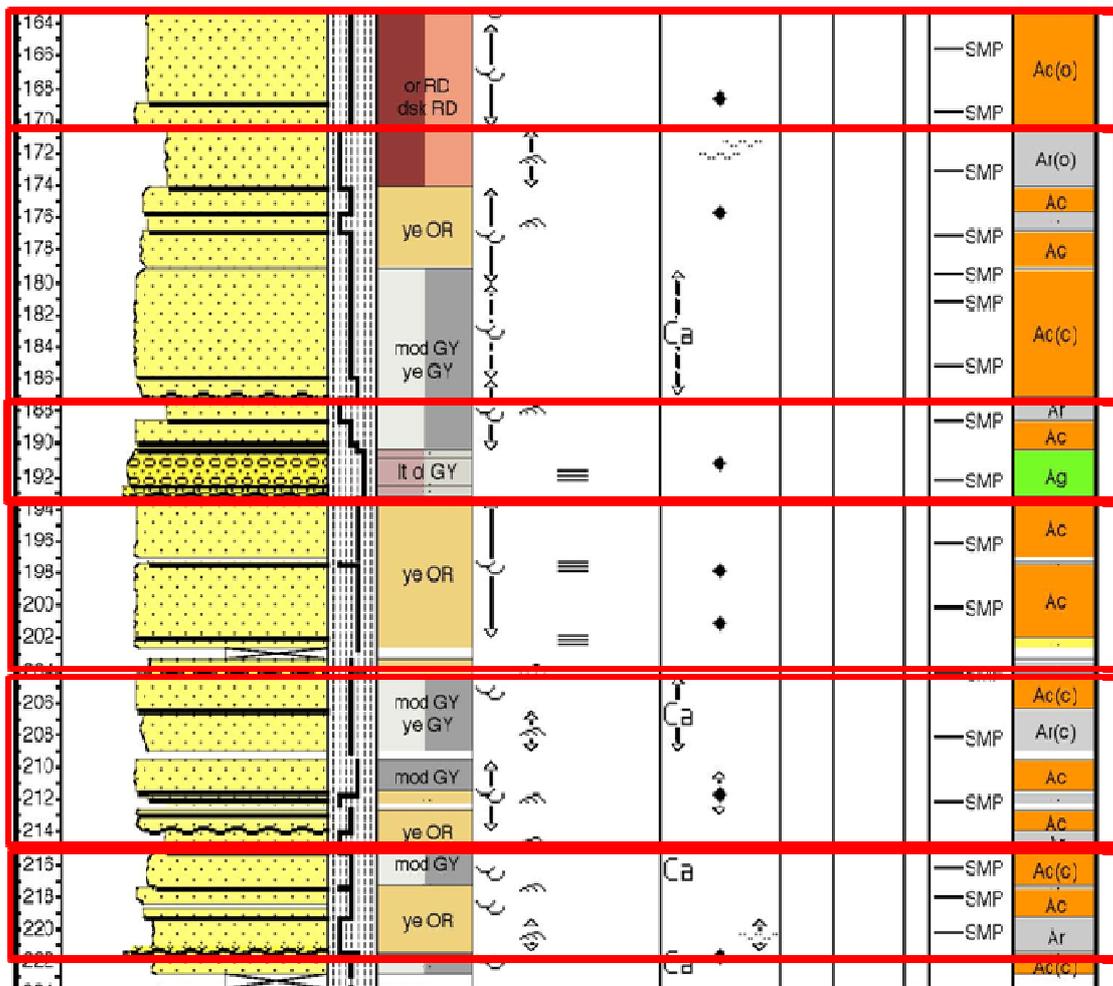


Figura 15 – Sucessão de fácies SF2, no poço UN-27, interpretados como fluvial entrelaçado. Observar a constante presença das subfácies carbonatadas (c) no topo dos ciclos fluviais (ver Apêndice B).

Interpretado como migração de barras e dunas subaquosas em sistema do tipo entrelaçado pela predominância das fácies Ag, Ac e Ar e seu padrão em forma de caixote. O paleoambiente fluvial entrelaçado foi determinante na produção de fases autigênicas e fases de dissolução de grãos instáveis durante a eodiagênese, pois facilitou a percolação de águas meteóricas nos sedimentos. Miall (1978) considerou as concreções carbonáticas (Ar(c) e Ac(c)) como sendo típicas do topo de ciclos fluviais (Figura 9).

Corresponderia a sucessão de fácies sE5 de Góes (1995), interpretada como barras de canais.

### Sucessão de fácies SF3:

Sucessão de fácies Ar → Ac → Ab → Am, com predominância das fácies Ar. Ocorre exclusivamente no poço UN-04 nas profundidades de 144,3m a 167,2m, com espessura de 22,9m (Figura 16).

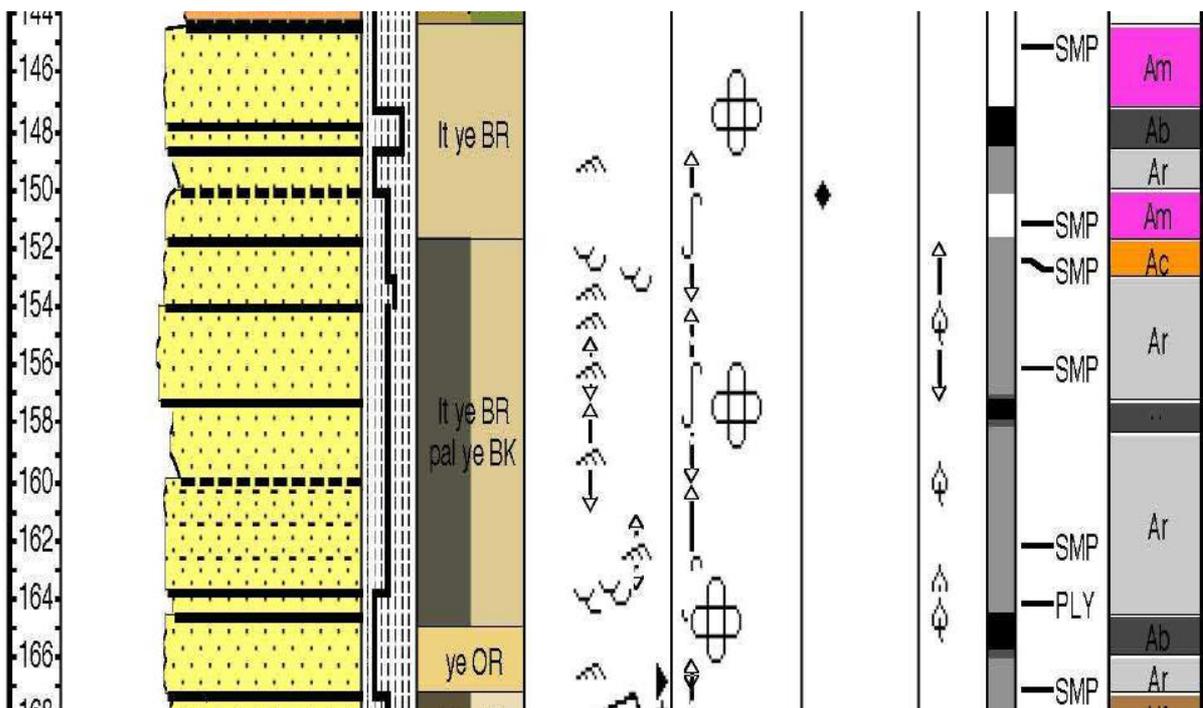


Figura 16 – Sucessão de fácies SF3, no poço UN-04, interpretados como pródelta dominado por rio (ver Apêndice B).

O paleoambiente delta dominado por rio apresenta grande quantidade de detritos vegetais e intensa bioturbação (localmente mosqueados). O mesmo foi diferenciado do sistema delta dominado por ondas por concentrar estruturas trativas unidirecionais

(principalmente fácies Ar), além de tratar-se de um pródelta pela intensa bioturbação e alta argiliosidade. A ocorrência dessa sucessão de fácies apenas no poço UN-04 (a E) corrobora a informação de Carvalho e Santos (2004) de que, a maior parte das ocorrências da flora estão registradas na borda E da bacia.

#### Sucessão de fácies SF-4:

Sucessão de fácies Ag → Cp encontrado, no que se imagina ser a base da Formação Piauí. Ocorre exclusivamente no poço 1-UN-27-PI, nas profundidades de 131,5m a 128,6m, com espessura de 2,7m (Figura 17).

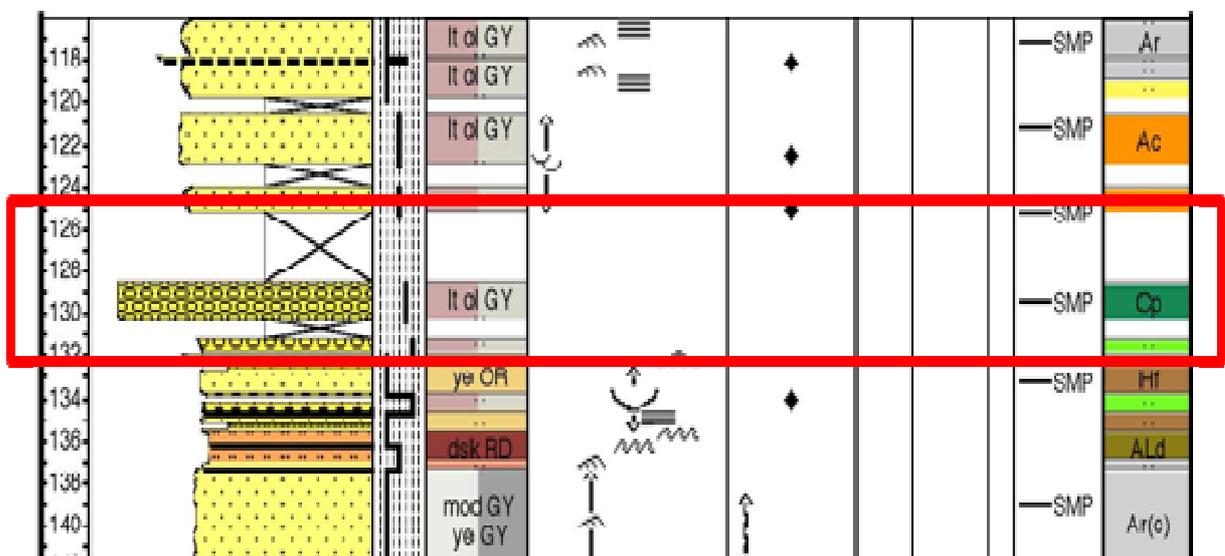


Figura 17 – Sucessão de fácies SF4, no poço UN-27, interpretados como leque aluvial (ver Apêndice B).

Interpretado como leques aluviais distais, com alternância de paraconglomerados e arenitos conglomeráticos. Corresponderia a sucessão de fácies sE3 de Góes (1995), interpretada como a parte distal, não confinada, de um leque aluvial.

#### 4.4 Discussão

Sugere-se aqui, para a parte basal da Formação Poti, um paleoambiente frente deltaica dominado por ondas/marinho raso, constantemente sujeito a ação de ondas de tempestade. Na parte central dos poços, as sucessões de fácies diferem em ambos, indicando um paleoambiente tipicamente deltaico/marinho no poço UN-04 (mais a E) e um paleoambiente tipicamente continental (fluvial) no poço UN-27 (mais a SW). Em ambos os poços é evidenciado um afinamento granulométrico/aumento na porcentagem de argila ascendente, que irá resultar na interpretação de um paleoambiente de pró-delta no poço UN-04 e um paleoambiente marinho raso no poço UN-27 que até então vinha apresentando sucessões de fácies tipicamente fluviais.

A interpretação de ambientes continentais a SW e marinhos a E corrobora os estudos de Góes (1995), que indicam que o aporte sedimentar se deu de sul para norte. A presença de uma área fonte a SW a partir do Emsiano (Devoniano Inferior), na região do lineamento Tocantins-Araguaia (cf. GÓES, 1995), associado com o alto grau de arredondamento para fácies fluviais, pode evidenciar o retrabalhamento da Formação Itaim, ou mesmo da Formação Cabeças, deram origem à Formação Poti. Também nesse âmbito, pode-se identificar fácies mais grossas mais a SW (fácies Ag e Ac), quando comparadas às mais orientais (Hf, Hw e Hl), como sugeria os primeiros relatórios da CPRM (CRUZ et al., 1973; LEITE et al., 1975).

As análises macro- e microscópicas da Formação Poti apontam para existência de arenitos em espessuras apreciáveis nas sucessões de fácies SF (fluvial) no poço UN-27. Essas areias, referentes principalmente as fácies Ac e Ar, apresentam boas porosidades, devidas principalmente a boa seleção e alto grau de dissolução de grãos instáveis. A boa seleção e arredondamento, principalmente quanto às esperadas em ambientes fluviais, podem indicar um retrabalhamento de fontes sedimentares (Formação Cabeças?). A alta dissolução de instáveis (até 6%) está diretamente ligada a uma diagênese meteórica, evidenciada claramente no poço UN-27. Essas águas têm caráter relativamente ácido e ajudam a dissolver grãos feldspáticos e metamórficos, portanto, os melhores reservatórios se encontram no poço UN-27, nas fácies trativas unidirecionais Ac e Ar.

## 5 CONCLUSÕES

As fácies e sucessões de fácies criaram as condições necessárias para um estudo estratigráfico de alta resolução para a Formação Poti. Mesmo não apresentando os mesmos paleoambientes, devido principalmente à grande distância entre os poços, pode-se observar ciclos de engrossamento granulométrico ascendentes, seguidos de ciclos de afinamento granulométrico ascendentes até culminar com o limite (discordância) com a Formação Piauí.

Sugere-se aqui, pelo boa seleção e alto arredondamento quanto aos esperados em deposições fluviais do tipo entrelaçado, que uma fonte sedimentar madura (Formação Itaim , Cabeças?) possa ter sido retrabalhada pela Formação Poti.

Pode-se concluir que a Formação Poti apresenta excelentes fácies reservatórios, com porosidades visuais superiores a 20%. Conforme sugerido nesse trabalho, as mesmas tendem a estar a W, pelo caráter mais continental identificado no poço UN-27, que possibilitou a percolação de águas meteóricas (mais ácidas) pelos sedimentos/rochas aumentando consideravelmente a dissolução de grãos instáveis (acima de 5%) e, conseqüentemente, a porosidade secundária.

## Referências bibliográficas

- ABELHA, M., 2008. *Análise faciológica da Formação Piauí e da porção basal da Formação Pedra de Fogo (bacia do Parnaíba) no testemunho de sondagem I-UN-09-PI*. Rio de Janeiro, graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de graduação, 68p.
- ABELHA, M. 2010. *Análise estratigráfica do intervalo Carbonífero/Permiano da bacia do Parnaíba em testemunhos de sondagem*, Rio de Janeiro, – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Mestrado, 119p.
- 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.
- 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).
- BLOCH, S., 1994. Secondary porosity in sandstones: significance, origin, relationship to subaerial unconformities, and effect on predrill reservoir quality prediction. In: *Reservoir Quality Assessment and Prediction in Clastic Rocks*, Society for Economic Paleontologists and Mineralogists (Short Course 30) (Ed. by M.D. Wilson), Tulsa, OK, p. 137–161.
- 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.
- 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.
- DROSER, M. L. & BOTTJER, D. J. 1991. Trace fossils and ichnofabric in Leg 119 cores. *Ocean drilling program., Sci. Results*, ed. J. Barron, J. Anderson, J.G. Baldouf, B.Larsen, 119: 635-41. College Station, TX: Ocean Drilling Prog.
- 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.

- IANNUZZI, R. 1994. *Reavaliação da flora carbonífera da Formação Poti, Bacia do Parnaíba*. São Paulo, pós graduação em Geociências. Universidade de São Paulo, Tese de Mestrado, 233p.
- KETZER, J.M., HOLZ, M., S. MORAD, AL-AASM, I., 2003a. Sequence stratigraphic distribution of diagenetic alterations in coal-bearing, paralic sandstones: evidence from the Rio Bonito Formation (Early Permian), southern Brazil. *Sedimentology*, v. 50, p. 855-877.
- MELO, J.H.G., LOBOZIAK, S., STREEL M., 1998. Latest Devonian to early Late Carboniferous biostratigraphy of northern Brazil: na update. *Bull. Centr. Rech. Expl.-Prod. Elf Aquitaine* 20 (1), p. 13-33.
- MELO, J.H.G. & LOBOZIAK, S., 2000. Visan miospore biostratigraphy and correlation of the Poti Formation (Parnaba basin, Northern Brazil). *Review of Paleobotany and Palynology*, 112:147-165.
- MIALL, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Mial, A.D. (ed.). *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, p. 597-604. (Memoir 5).
- MORAD, S., DE ROS, L.F., NYSTUEN, J.P. & BERGAN, M., 1998. Carbonate diagenesis and porosity evolution in sheetflood sandstones: evidence from the Middle and Lower Lunde Members (Triassic) in the Snorre Field, Norwegian North Sea. In: *Carbonate Cementation in Sandstones*, International Association of Sedimentologists Special Publication 26 (Ed. by S. Morad), Blackwell Science, Oxford, p. 53–85.
- MORAD, S., KETZER, J.M. and DE ROS, L.F., 2000. Spatial and temporal distribution of diagenetic alterations in siliciclastic rocks: implications for mass transfer in sedimentary basins. *Sedimentology*, 47 (Suppl. 1), p. 95–120.
- 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.
- LOBATO, G., 2007. *Estratigrafia de Alta Resolução no Intervalo do Limite Formacional Longá/Poti (Neodevoniano/Eocarbonífero) Em testemunhos de Sondagem da Bacia do Parnaíba*. Rio de Janeiro, graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de graduação, 111p.
- LOBATO, G. e BORGHI, L. 2010. *Estratigrafia de sequencias de alta resolução no intervalo do limite formacional Longá/Poti (Carbonífero Inferior) em testemunhos de sondagem da bacia do Parnaíba*, Rio de Janeiro, – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Mestrado, 100p.
- PIMENTEL, N., 2006. Paleossolos E Paleoalterações: Uma Ferramenta Na Análise Estratigráfica De Sistemas Aluviais. In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Sergipe: Sociedade Brasileira de Geologia

SANTOS, M.E.C.M., CARVALHO, M.S.S., 2004. Paleontologia das bacias do Parnaíba, São Luís e Grajaú. Reconstituições paleobiológicas. Rio de Janeiro: v. 1. 212 p.

SELLEY, R. C., 1970. Ancient sedimentary environments. 04.ed. Londres: Chapman e Hall, 300p.

SOUZA, A. P.; *et al.*, 2010. Palinologia da Formação Piauí, Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba: biogeocronoestratigrafia de intervalo selecionado do poço 1-UN-09-PI (Caxias, MA). Revista brasileira de Paleontologia, Porto Alegre, v.13, n.1, p.57-66.

VAZ, P. T.; *et al.*, 2007. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.253-263.

## **Apêndice A – Caracterização das fácies sedimentares**

### **A.1 Fácies Ah** – Arenitos com laminação horizontal (Estampa I, figura 1)

**Diagnose** – Arenitos muito finos a médios com laminação horizontal.

**Interpretação** – Depósitos arenosos subaquosos por agradiação de leito plano, gerados em regime de fluxo superior.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina, podendo conter silte e areia média; a seleção dos grãos é desde moderada a boa.

A laminação interna, ao microscópio, pode estar associada a: (1) cimentação de siderita; (2) concentração de minerais pesados; (3) lâminas milimétricas de argila; (4) concentração de muscovitas; (5) mudanças sutis de granulometria; ou (6) Cimentação de hematita.

Encontra-se em ambos os poços (UN-04 e UN-27) com baixa frequência (6%). Ocorre nas cores cinza oliva claro (5Y-5/2), vermelho pálido (5R-6/2), laranja amarelado (10YR-7/6), amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2), laranja rosado (5Y-8/4) e vermelho escuro (5R-3/4).

**Discussão** – A fácies ocorre nas formações Piauí e Poti, ocorrendo ao longo de toda a Formação Poti em ambos os poços. A mesma se apresenta de maneira característica em ambos os poços, nas profundidades de 275 m e 300 m, respectivamente, nos poços UN-04 e UN-27.

Ressalta-se que a identificação da estratificação cruzada *hummocky*, em escala de testemunho, pode ser confundida com a laminação plano-paralela devido ao pequeno diâmetro do poço e a não visualização completa da forma do corpo, principalmente quando apresentadas no poço UN-04, por estarem quase exclusivamente intercaladas com as fácies Aot.

A ocorrência nas cores laranja rosado e vermelho escuro é devido a grande cimentação de óxidos/hidróxidos de ferro, interpretado como exposição subaérea da fácies. Ainda dentro desse contexto, vale ressaltar, que a coloração vermelha escuro apresenta-se mais oxidada que a laranja rosada

Engloba as fácies Ap e AMp de Goes (1995) e corresponde à fácies Ah de Lobato (2007, 2010).

## **A.2 Fácies Am** – Arenitos maciços

**Diagnose** – Arenitos muito finos a finos, moderadamente a bem selecionados ou arenitos médios moderadamente a mal selecionados, apresentando ambos estrutura maciça.

**Interpretação** – Depósitos arenosos de fluxos de densidade concentrados.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina com a seleção desde moderada a boa, podendo ainda ocorrer, menos frequentemente, como arenitos de granulometria média e moderadamente a mal selecionado.

Apresenta maior expressividade no poço UN-04 (7%) e menor no poço UN-27 (3%). Ocorre nas cores cinza oliva claro (5Y-5/2), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), laranja amarelado (10YR-7/6), laranja rosado (5Y-8/4) e vermelho escuro (5R-3/4).

**Discussão** – A fácies ocorre nas formações Piauí, Poti e Longá, apresentando-se de maneira característica na Formação Poti; mais especificamente, no poço UN-04 nas profundidades de 235 m e 290 m.

A alternância dessa fácies, observada no poço UN-27, com a fácies Ab pode indicar fluxos hiperpicnais em um paleoambiente marinho raso ou ainda a alta taxa de atividade biológica que veio a obliterar completamente as estruturas hidrodinâmicas.

A ocorrência nas cores laranja rosado e vermelho escuro é devido à grande cimentação de óxidos/hidróxidos de ferro, interpretada como exposição subaérea da fácies. Ainda dentro desse contexto, vale ressaltar que a coloração vermelha escuro indica maior oxidação que a laranja rosada.

Corresponde à fácies Ah de Lobato (2007, 2010) e, em parte, às fácies Am, ACm e APm de Góes (1995).

## **A.3 Fácies Aot** – Arenito com estratificação ondulada cruzada truncante

**Diagnose** – Arenitos muito finos a finos bem selecionados com estratificação cruzada truncante (*hummocky cross stratification*, HCS).

**Interpretação** – Depósitos arenosos subaquosos relacionados a megaondulas hummocky. Estas mesoformas de leito estão associadas a fluxos oscilatórios (ondas) ou a uma ação combinada de fluxos oscilatórios e trativos (onda mais corrente), na interface entre os regimes de fluxo inferior e superior. O agente são ondas de tempestade (as quais possuem maior comprimento de onda e conseqüentemente maior profundidade de “ação” do que as ondas de tempo bom).

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina, mas pode apresentar grãos no tamanho silte. A seleção dos grãos é desde moderada a boa. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de muito fraca a fraca (ii1 – ii2).

A laminação interna é marcada pela presença de argilas ou cimentação de siderita (que pode estar associada às argilas).

Apresenta-se de forma muito mais expressiva no poço UN-4, com participação em 22% do perfil, enquanto com apenas 2% no poço UN-27. Ocorre nas cores amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6) e laranja amarelado (10YR-7/6).

**Discussão** – A fácies ocorre exclusivamente na Formação Poti, ocorrendo de maneira característica no poço UN-04, nas profundidades de 260 m. A fácies foi uma das que apresentou melhores porosidades visuais no poço UN-4, o que pode estar relacionado às altas energias aplicadas durante a deposição das fácies.

Ressalta-se que a identificação da estratificação cruzada *hummocky* foi feita de forma genérica uma vez que não é possível diferenciá-la da estratificação cruzada *swalley* em escala de testemunho. Ainda quanto a geometria do corpo, é de difícil distinção a estratificação cruzada *hummocky* das estratificações plano-paralelas e cruzadas de baixo ângulo em escala de testemunho.

Corresponde à fácies Aot de Lobato (2007, 2010) e, descritivamente, às fácies Ah e Ax de Góes (1995)

#### **A.4 Fácies Ao** – Arenito com laminação cruzada por ondas

**Diagnose** – Arenitos muito finos a finos bem selecionados com laminação cruzada por ondas

**Interpretação** – Depósitos arenosos de microformas de leito do tipo ondulas simétricas, geradas pela ação de ondas. Podem estar presentes processos alternados de decantação de argila.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina e a seleção dos grãos, desde moderada a boa. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de muito fraca a moderada (ii1 – ii3). A laminação interna, ao microscópio, geralmente está associada à cimentação de siderita.

Apresenta-se de forma muito mais expressiva no poço UN-4, com participação em 19% do perfil, enquanto que em apenas 3% no poço UN-27. Ocorre nas cores amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), laranja amarelado (10YR-7/6)m, cinza oliva claro (5Y-5/2) e amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2).

**Discussão** – A fácies ocorre nos intervalos estudados das formações Poti e Longá, apresentando-se de maneira característica no poço UN-04, nas profundidades de 205 m. Representa a deposição trativa de sedimentos finos por fluxos trativos bidirecionais por ação de ondas normais.

A presença de argila ocorre em volume menor do que 5%, maior que isto caracteriza a fácies Hf.

Corresponde à fácies Ao de Góes (1995) e, parcialmente a de Lobato (2007, 2010).

#### **A.5 Fácies Ab** – Arenitos com aspecto mosqueado, bioturbados

**Diagnose** – Arenitos muito finos a finos argilosos muito bioturbados/mosqueados (bioturbação ii4 e ii5)

**Interpretação** – Intensa reelaboração do substrato por organismos invertebrados, associados a ambientes marinhos com alta atividade biológica (bioturbação).

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina, contendo argila. Apresenta-se moderadamente a mal selecionados. As camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de forte a mosqueados (ii4 – ii5), com a trama primária encontrando-se totalmente obliterada.

Ocorre nos poços UN-04 e UN-27 com expressividades de 13% e 15%, respectivamente. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), cinza oliva claro (5Y-5/2), amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), vermelho pálido (5R-6/2), laranja rosado (5Y-8/4), cinza escuro (N3), amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2) e preto oliva (5GY-2/1).

**Discussão** – A fácies ocorre nos intervalos estudados das formações Poti e Longá. A mesma apresenta-se de maneira característica em ambos os poços, nas profundidades de 195 m e 310 m, respectivamente, nos poços UN-04 e UN-27.

A bioturbação reelaborou o arenito a ponto de não serem identificadas estruturas sedimentares hidrodinâmicas. Uma icnotrama tão desenvolvida exige uma baixa taxa de acumulação sedimentar. Nenhum icnogênero foi reconhecido.

Corresponde, em parte, às fácies Ab e ASb de Góes (1995)

#### **A.6 Fácies Ar** – Arenitos com laminação cruzada

**Diagnose** – Arenitos muito finos a médios moderadamente a bem selecionados, com laminação cruzada (*current ripple cross lamination*).

**Interpretação** – Depósitos arenosos por fluxos trativos, hidrodinâmico, em regime de fluxo inferior unidirecional (corrente), pela migração e cavalgamento subcrítico de microformas de leito do tipo ôndulas assimétricas (*ripples*) de comprimento de onda pequeno.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a médios e a seleção dos grãos, desde moderada a boa. Os grãos se encontram, em geral, subarredondados. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos fraca (ii2).

A laminação pode ser marcada por: (1) *drapes* de argila; (2) concentração de minerais pesados (3) cimentação por óxidos, hidróxidos ou carbonatos.

Apresenta-se de forma muito mais expressiva no poço UN-27, com participação em 20% do perfil, enquanto com 10% no poço UN-04. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), preto oliva (5GY-2/1), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), cinza oliva claro (5Y-5/2), vermelho pálido (5R-6/2), laranja rosado (5Y-8/4),

vermelho claro (5R-6/6), vermelho escuro (5R-3/4), cinza claro (N7) e amarelo acinzentado (5Y-8/1).

**Discussão** – A fácies ocorre nas formações Piauí e Poti. A mesma ocorre em ambos os poços (na Formação Piauí, exclusivamente no poço UN-27), se apresentando maneira característica no poço UN-27, na profundidade de 230 m. A fácies apresentou altas porosidades tanto no poço UN-04 quanto no poço UN-27, sendo mais importante no último pela sua maior expressividade. O problema da mesma é que, frequentemente, encontra-se bastante cimentada, tanto com concreções carbonáticas quanto com óxidos/hidróxidos de ferro.

A ocorrência nas cores laranja rosado, vermelho claro e vermelho escuro é devido à grande cimentação de óxidos/hidróxidos de ferro, interpretado como exposição subaérea da fácies. Ainda dentro desse contexto, vale ressaltar, que a coloração vermelha escuro apresenta-se mais oxidada que a laranja rosada, que por sua vez, apresenta-se mais oxidada que a vermelho claro.

A ocorrência nas cores cinza claro e amarelo acinzentado esta, comumente, associada a presença de concreções carbonáticas na fácies. As concreções foram interpretadas como resultado de percolação de águas carbonatadas logo acima do nível paleofreático.

Corresponde à fácies Ar de Lobato (2007, 2010).

#### **A.7 Fácies Ac** – Arenito com estratificação cruzada.

**Diagnose** – Arenitos finos a grossos, mal a bem selecionados, com estratificação cruzada indistinta.

**Interpretação** – Depósitos arenosos por fluxos trativos, unidirecionais, em regime de fluxo inferior subaquosos (correntes), pela migração de macroformas de leito complexas, de crista reta ou sinuosa.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente fina a grossa e a seleção dos grãos, desde mal a boa. Os grãos se encontram, em geral, subarredondados. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos fraca (ii2).

Apresenta-se de forma muito mais expressiva no poço UN-27, com participação em 35% do perfil, enquanto com apenas 2% no poço UN-04. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-

7/6), cinza oliva claro (5Y-5/2), vermelho pálido (5R-6/2), preto oliva (5GY-2/1), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6), laranja rosado (5Y-8/4), vermelho claro (5R-6/6), vermelho escuro (5R-3/4), cinza claro (N7) e amarelo acinzentado (5Y-8/1).

**Discussão** – Ocorre quase que exclusivamente no poço UN-27, se apresentando de maneira característica na profundidade de 280 m.

Foi a fácies que apresentou a maior porosidade, sendo essa porosidade, em termos de reservatório, de grande valia por estar contida na fácies mais frequente do poço. O problema da mesma é que pode encontrar-se bastante cimentada, tanto com concreções carbonáticas quanto com óxidos/hidróxidos de ferro.

A ocorrência nas cores laranja rosado, vermelho claro e vermelho escuro é devido à grande cimentação de óxidos/hidróxidos de ferro, interpretado como exposição subaérea da fácies. Ainda dentro desse contexto, vale ressaltar, que a coloração vermelha escuro apresenta-se mais oxidada que a laranja rosada, que por sua vez, apresenta-se mais oxidada que a vermelho claro.

A ocorrência nas cores cinza claro e amarelo acinzentado esta, comumente, associada a presença de concreções carbonáticas na fácies. As concreções foram interpretadas como resultado de percolação de águas carbonatadas logo acima do nível paleofreático.

Corresponde às fácies Ama e AMt de Góes (1995) e à fácies Ac de Lobato (2007, 2010).

#### **A.8 Fácies Hf** – Arenitos com acamamento fláser

**Diagnose** – Fácies heterolíticas caracterizada por conjuntos de camadas de arenitos muito finos a finos, bem selecionados com camadas de argilitos em acamamento, preferencialmente, fláser, com mais de 70 % de arenito.

**Interpretação** – Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há uma predominância dos processos trativos sobre os de decantação.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina com camadas de argilito e a seleção dos grãos boa. Apresenta-se em acamamento fláser com mais de 70 % de

arenito. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de fraca a moderada (ii2 – ii3).

Apresenta-se nos poços UN-04 e UN-27 com expressividades de 8% e 5%, respectivamente. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2) e amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6)

**Discussão** – A fácies ocorre exclusivamente na Formação Poti, ocorrendo de maneira característica no poço UN-04, nas profundidades de 200 m. Essa fácies heterolítica apresentou uma das piores porosidades, devido a alta taxa de cimentação de siderita e matriz deposicional. A presença de argila ocorre em volume maior do que 5% e menor do que 30%.

Corresponde, em parte, à fácies Ao de Lobato (2007, 2010).

#### **A.9 Fácies Hw** – Arenitos e pelitos com acamamento ondulado (*wavy*)

**Diagnose** – Fácies heterolíticas caracterizada por conjuntos de camadas de arenitos muito finos a finos bem selecionados e siltitos e/ou argilitos em acamamento, preferencialmente, ondulado (*wavy*), com proporções aproximadamente iguais de arenito e argilito.

**Interpretação** – Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há um equilíbrio na influência de ambos.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina com camadas de argilito e a seleção dos grãos boa. Apresenta-se em acamamento ondulado (*wavy*), com proporções aparentemente iguais de arenito e argilito. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de muito fraca a moderada (ii1 – ii3).

Encontra-se em ambos os poços, com expressividade de 6% no poço UN-04 e 4% no UN-27. Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), cinza oliva claro (5Y-5/2), cinza escuro (N3), amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2) e amarelo amarronzado claro

**Discussão** – A fácies ocorre nas formações Poti e Longá, ocorrendo de maneira característica na Formação Longá do poço UN-04, na profundidade de 315 m. Essa fácies heterolítica

apresentou uma das piores porosidades, devido a alta taxa de cimentação de siderita, precipitação de pirita e matriz deposicional.

A cimentação de siderita na Formação Poti, típica no poço UN-04, indica uma contribuição de água meteórica, o que pode sugerir um paleoambiente deltaico, embora, a precipitação de pirita indique um paleoambiente marinho.

Corresponde a fácies Hw de Lobato (2007, 2010).

#### **A.10 Fácies HI** – Arenitos e lamitos com acamamento lenticular (*linsen*)

**Diagnose** – Fácies heterolíticas caracterizada por conjuntos de camadas de argilitos com camadas de arenitos muito finos a finos bem selecionados em acamamento, preferencialmente, lenticular (*linsen*), com mais de 70 % de argilito.

**Interpretação** – Depósitos alternados entre processos de decantação e tração, em que há uma predominância dos processos de decantação sobre os trativos.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria é tipicamente muito fina a fina com camadas de argilito e a seleção dos grãos boa. Apresenta-se em acamamento lenticular (*linsen*), com mais de 70 % de lamito. Eventualmente as camadas ocorrem bioturbadas, com intensidade de relaboração dos substratos variando de muito fraca a moderada (ii1 – ii3).

Encontra-se em ambos os poços com expressividade de 2% no poço UN-04 e 2% no UN-27. Ocorre nas cores amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2), amarelo amarronzado claro (10YR-7/2) e cinza escuro (N3).

**Discussão** – A fácies ocorre nas formações Poti e Longá, ocorrendo de maneira característica na Formação Longá do poço UN-27, na profundidade de 337 m. Essa fácies heterolítica apresentou uma das piores porosidades, devido a alta taxa de cimentação de siderita, precipitação de pirita e matriz deposicional.

A expressividade não pode ser interpretada como uma quantidade igual da fácies em ambos os poços já que sua ocorrência no poço UN-27 está exclusivamente relacionada à Formação Longá, enquanto no poço UN-04 a Formação Poti.

A cimentação de siderita, típica no poço UN-04, indica uma contribuição de água meteórica, o que pode sugerir um paleoambiente deltaico, embora, a precipitação de pirita indique um paleoambiente marinho.

Corresponde à fácies Hl de Lobato (2007, 2010)

#### **A.11 Fácies Ag – Arenitos conglomeráticos**

**Diagnose** – Arenitos muito finos a grossos mal selecionados com clastos que variam de grânulos a seixos (até 6cm)

**Interpretação** – Depósitos arenosos subaquosos por agradação de leito plano, gerados em regime de fluxo superior ou inferior.

**Descrição** – Arenitos cuja granulometria varia de muito fina a grossa, contendo grânulos e seixos, e a seleção dos grãos, pobre. Os depósitos podem apresentar laminação plano-paralela, estratificação cruzada ou estrutura maciça.

Apresenta-se em ambos os poços com baixa expressividade, maior no poço UN-27 (3%) e menor no UN-04 (1%). Ocorre nas cores laranja amarelado (10YR-7/6), cinza oliva claro (5Y-5/2), vermelho pálido (5R-6/2), laranja rosado (5Y-8/4) e amarelo alaranjado escuro (10YR-6/6)

**Discussão** – A presença em ambos os poços apresenta diferentes interpretações. Quando no poço UN-04, corresponde a *lags* em um contexto paleoambiental litorâneo, enquanto no poço UN-27, corresponde a um depósito arenoso de barra longitudinal, em contexto fluvial entrelaçado.

A grande presença de intraclastos nessa fácies, no poço UN-27, reforça o aspecto erosivo da mesma, que normalmente está associada a superfícies regressivas.

Correspondem parcialmente às fácies ACm e Ama de Góes (1995). Pode corresponder a parte basal das fácies Ah e Ax de Góes (1995) num contexto de *lag* litorâneo.

#### **A.12 Fácies Cp – Conglomerados polimíticos**

**Diagnose** – Paraconglomerados polimíticos

### **Interpretação** – Depósitos de fluxos de detritos

**Descrição** – Paraconglomerados polimíticos suportados por matriz de areia grossa, com clastos metamórficos, ígneos e sedimentares de até 10 cm, sem estrutura observada.. Apresenta-se mal a muito mal selecionados.

Apresenta-se exclusivamente no topo do poço UN-27 (Formação Piauí) com expressividade de 1%. Ocorre nas cores cinza oliva claro (5Y-5/2) e vermelho pálido (5R-6/2).

**Discussão** – A ocorrência, exclusiva, no poço UN-27 foi caracterizada como pertencendo à Formação Piauí em um contexto de leque aluvial.

Os clastos metamórficos, ígneos e sedimentares indicam a atuação de mais de uma fonte sedimentar em um determinado espaço temporal, correspondendo, texturalmente, à fácies B de Góes (1995).

### **A.13 Fácies Fr** – Ritmito

**Diagnose** – Conjunto de camadas delgadas que se alternam de forma rítmica em argilitos (escuros) e siltitos (claros)

**Interpretação** – Deposição por conjunção de processos: (1) decantação em ambiente subaquoso de baixa energia; (2) tração hidrodinâmica, em regime inferior, de silte grosso.

**Descrição** – Apresenta aproximadamente 70% de argilito e 30% de siltitos.

Apresenta-se exclusivamente no poço UN-04 com expressividade de 2%. Camadas delgadas se alternam nas cores amarelo amarronzado (10YR-6/2) e marrom oliva (5Y-4/4).

**Discussão** – Essa fácies só ocorre no poço UN-04, no topo do perfil, sendo interpretada como fazendo parte da Formação Piauí, em contato direto com a Formação Poti. Uma fácies apresentando ritmicidade também foi descrita por Abelha (2008) num estudo mais focado na Formação Piauí, o que corrobora com a mesma ser pertencente a Formação Piauí.

A ritmicidade foi interpretada como alternância de processos trativos e de decantação. Corresponde a fácies Fr de Abelha (2008).

#### **A.14 Fácies ALd – Arenitos/Lamitos deformados**

**Diagnose** – Camadas ou conjunto de camadas de arenitos e/ou lamitos com estruturas de deformação

**Interpretação** – Representa depósitos de ressedimentação por processos de escorregamento ou deslizamentos, nos quais podem estar associados processos de fluidização

**Descrição** – Arenitos e/ou lutitos com estruturas de deformação.

Apresenta-se em ambos os poços com a expressividade de 2% no UN-04 e de 1% no UN-27. Ocorre nas cores amarelo amarronzado claro (10YR-7/2), amarelo amarronzado escuro (10YR-2/2), laranja rosado (5Y-8/4), vermelho claro (5R-6/6) e vermelho escuro (5R-3/4).

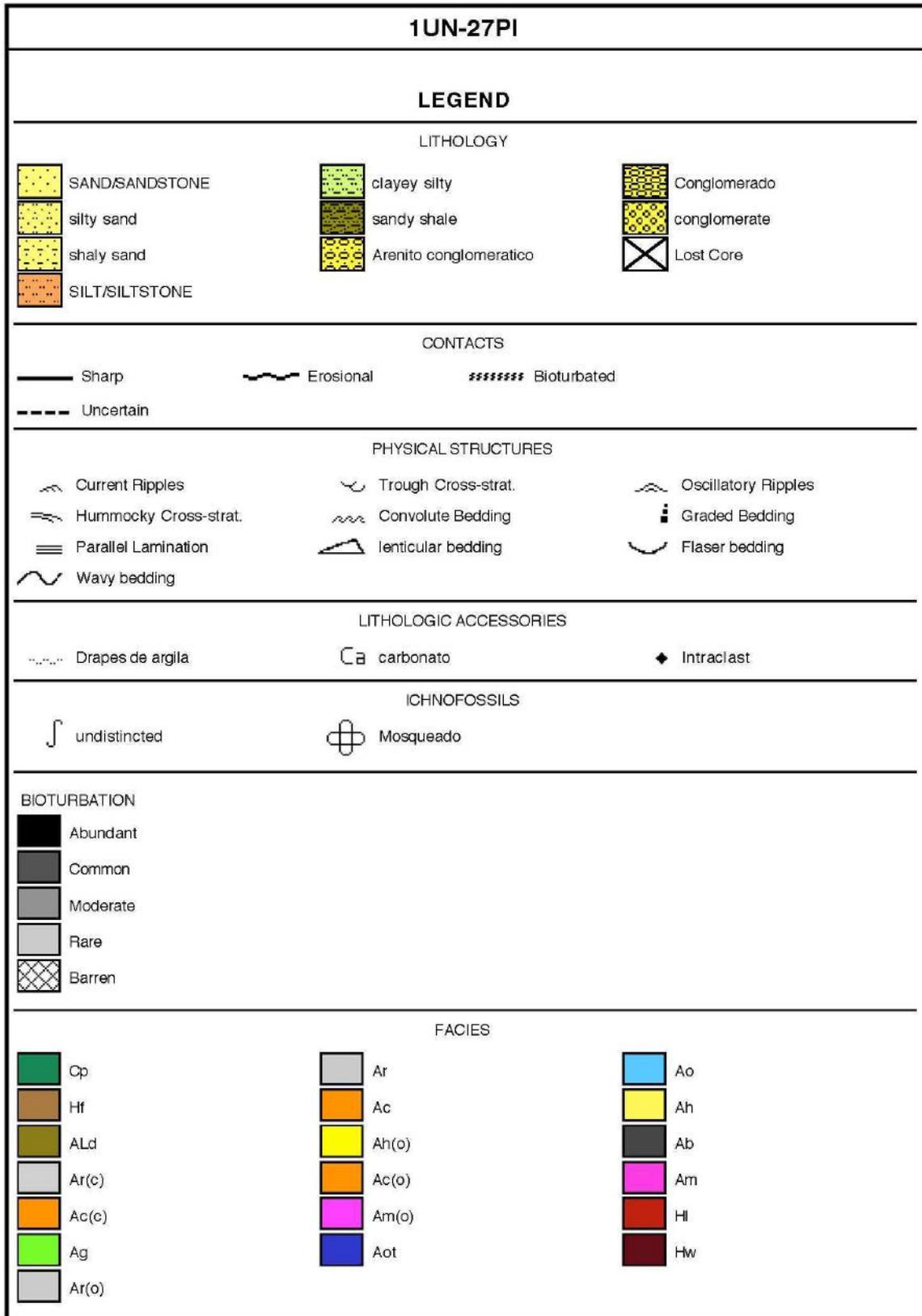
**Discussão** – A deformação presente nessa fácies pode estar associada à (1) alta taxa de sedimentação e instabilidade geomecânica; ou (2) escape de fluidos.

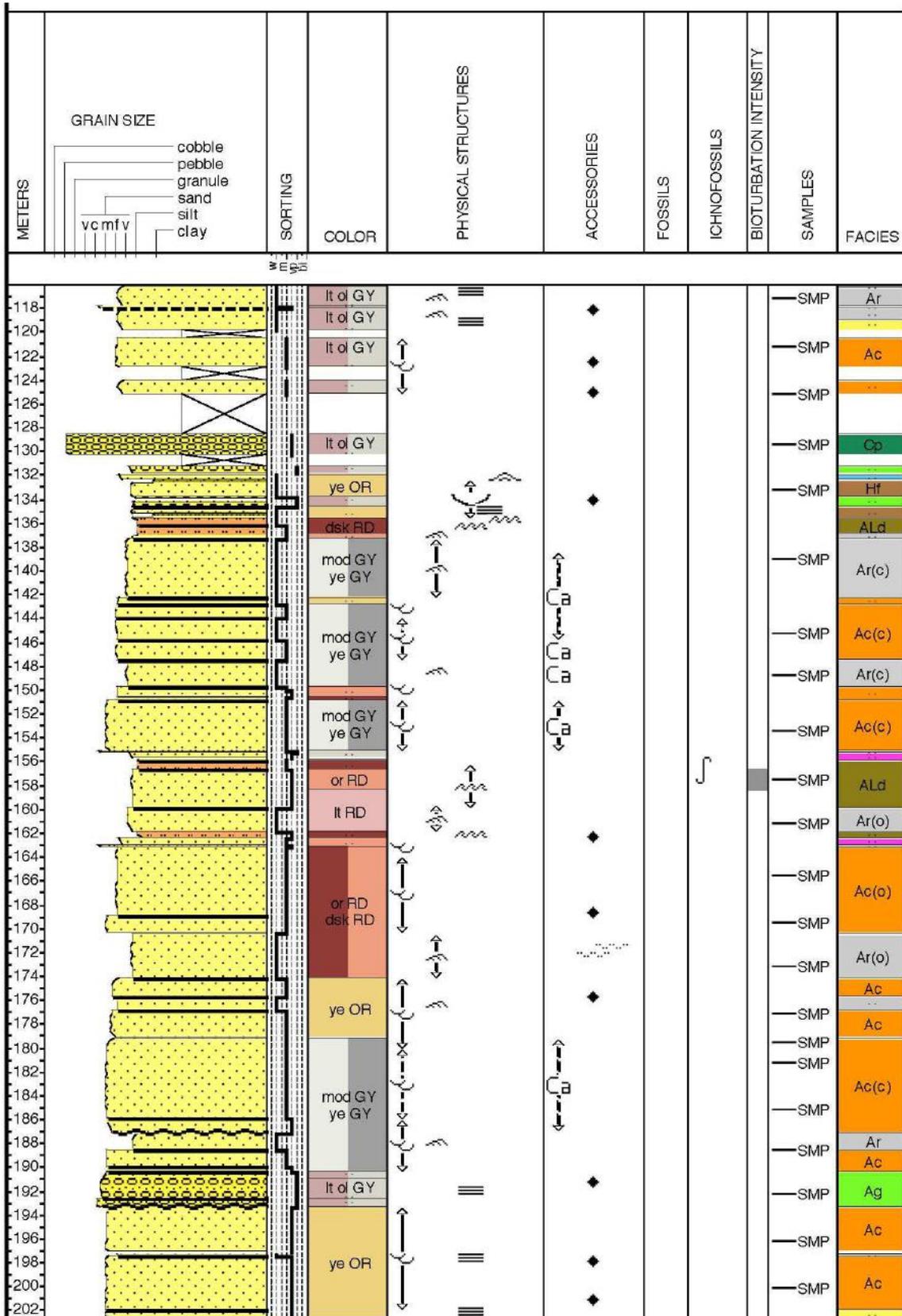
No poço UN-04 as fácies ocorrem tanto na Formação Longá quanto na Formação Poti. No poço UN-27 os siltitos ocorrem exclusivamente na Formação Poti, além de apresentarem-se oxidados, sendo chamados de subfácies ALd(o) e interpretados como exposição subaérea da fácies.

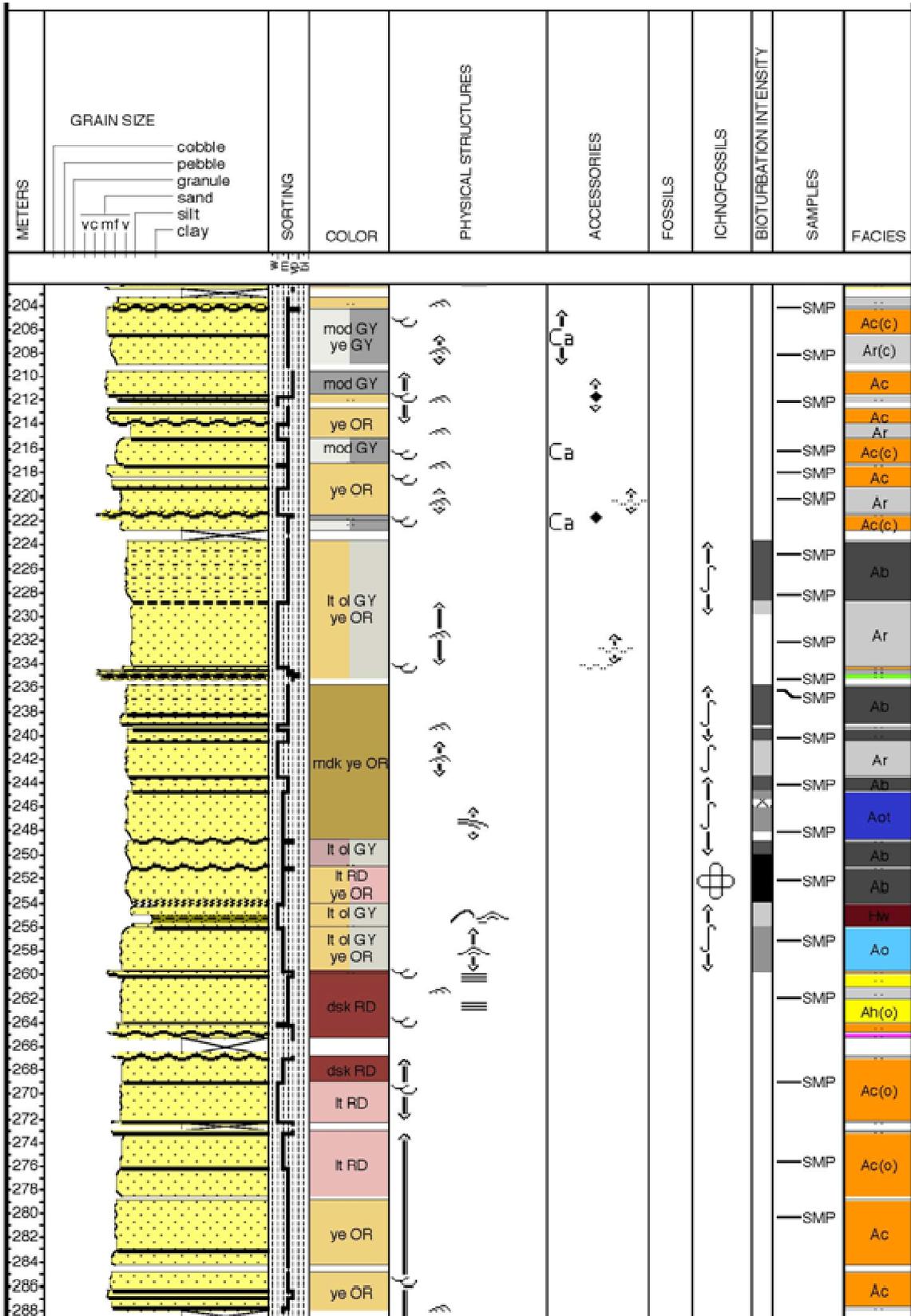
Correspondem as fácies ALd de Lobato (2007, 2010) e parcialmente as fácies Am de Góes (1995).

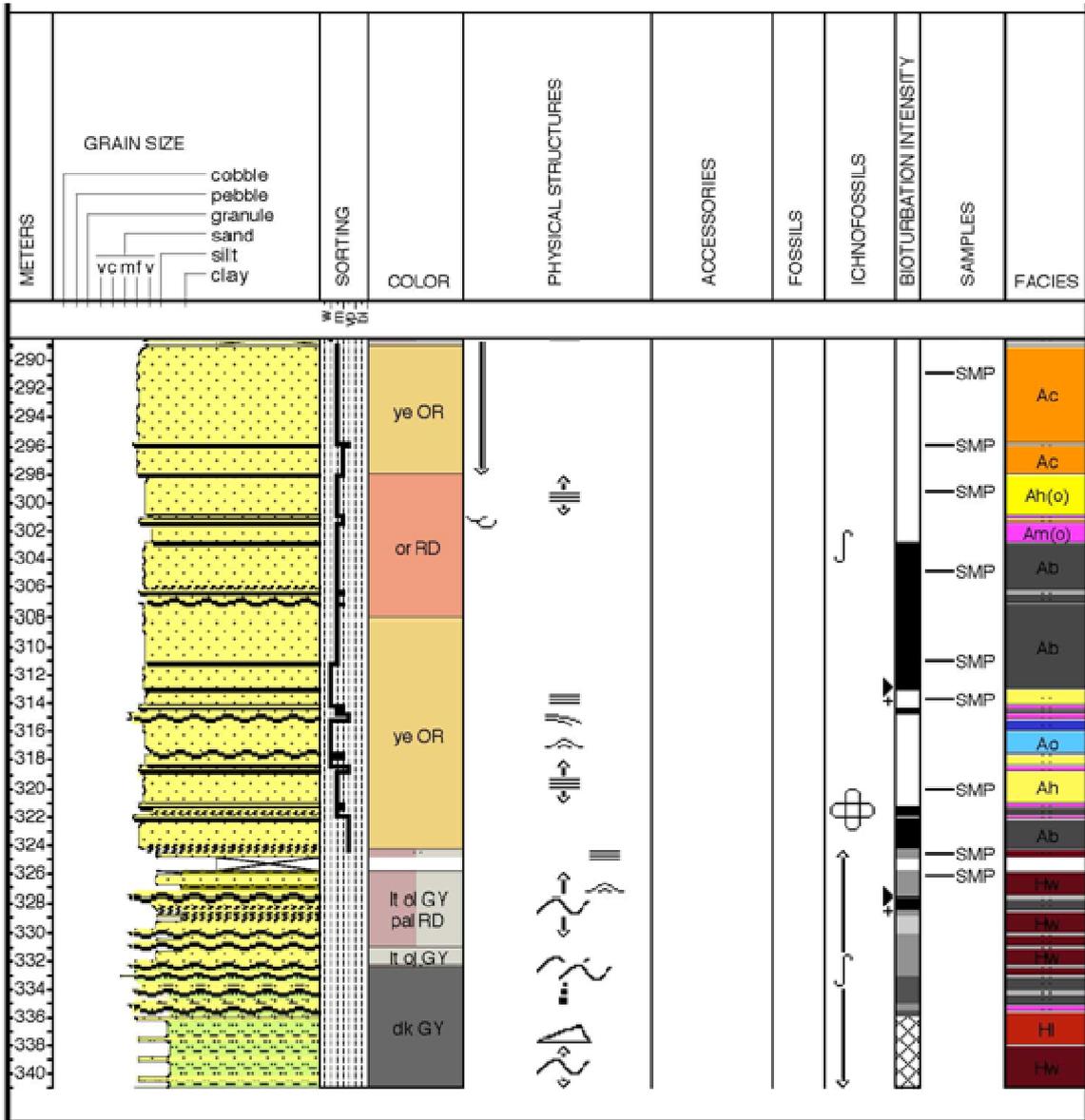
## **Apêndice B: Perfis Estratigráficos**

APÊNDICE B.1: Perfil estratigráfico do poço UN-27

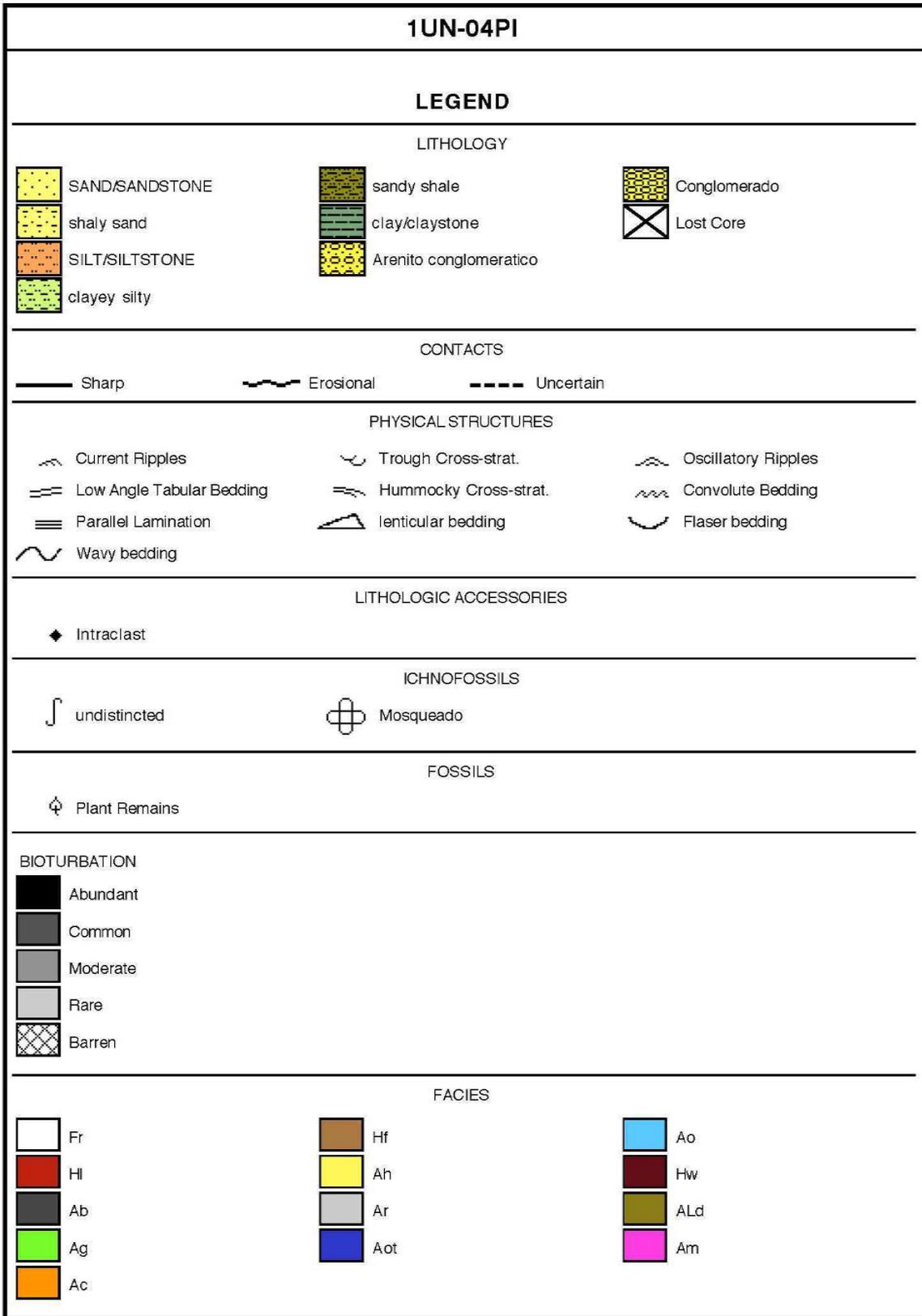


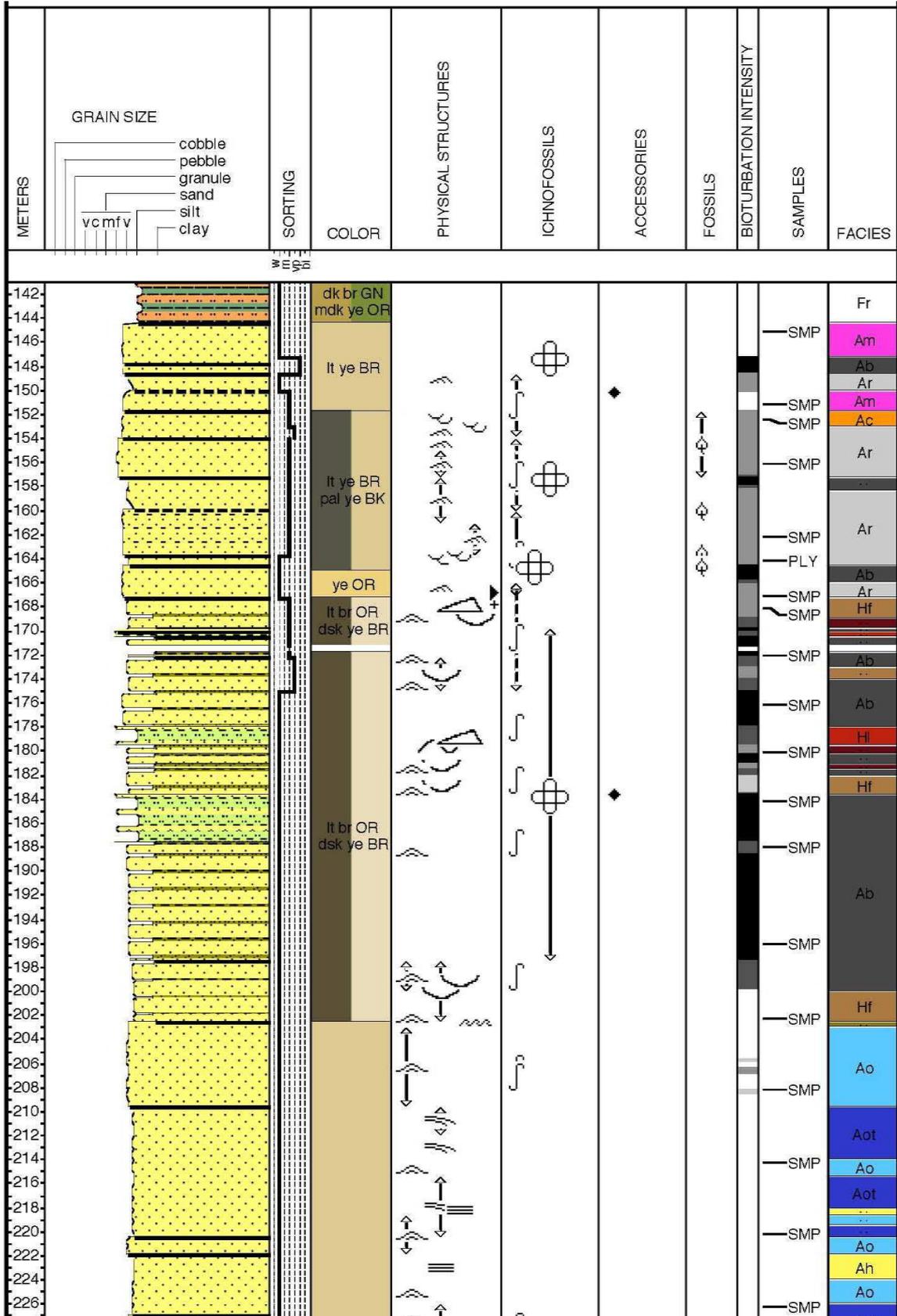


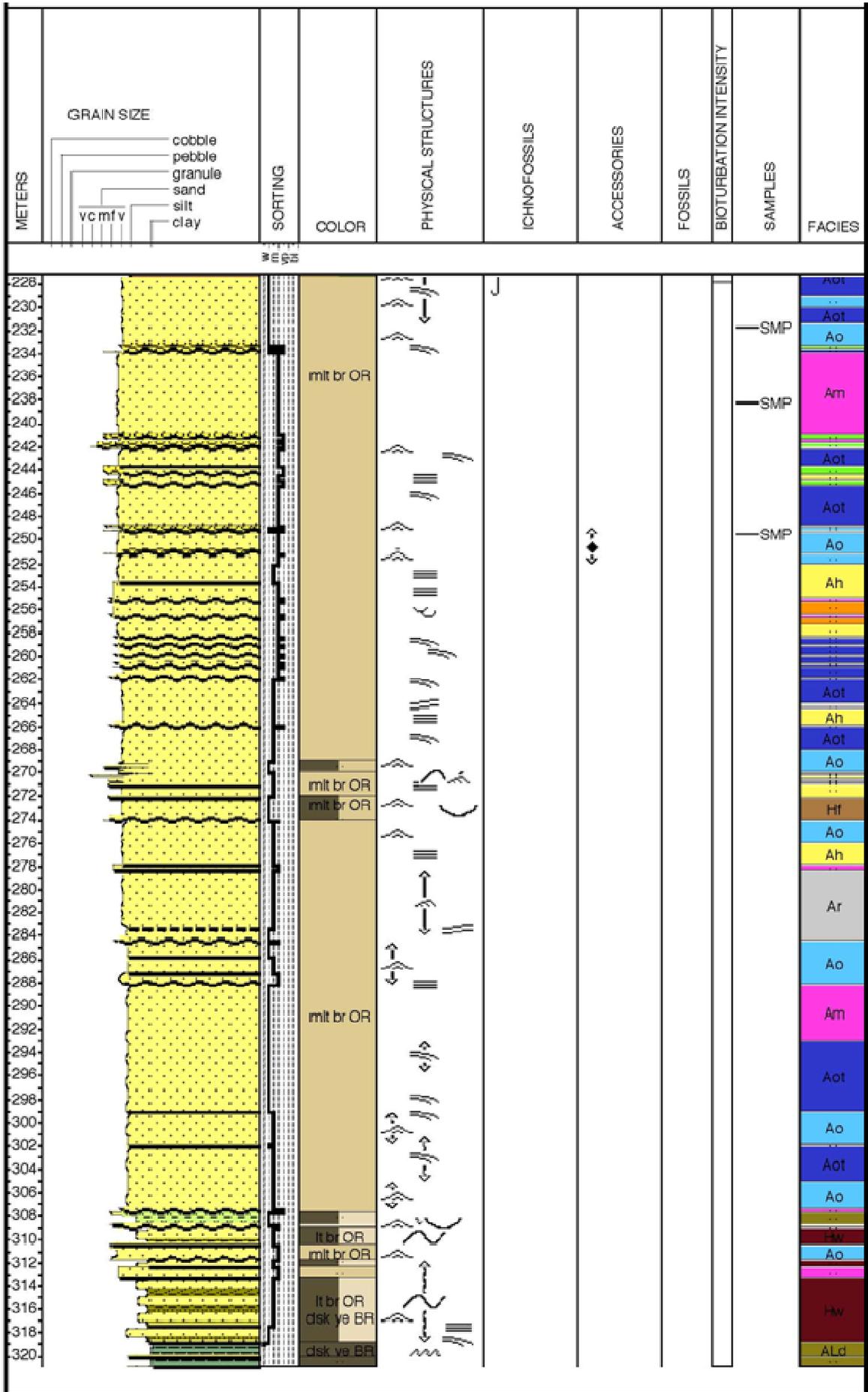




APÊNDICE B.2: Perfil estratigráfico do poço UN-04







APÊNDICE C: Estampas

## ESTAMPA I

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

Figura A – Fácies Am (arenitos maciços). Notar uma delgada camada de coquina. Poço UN-04, 293,2 m.

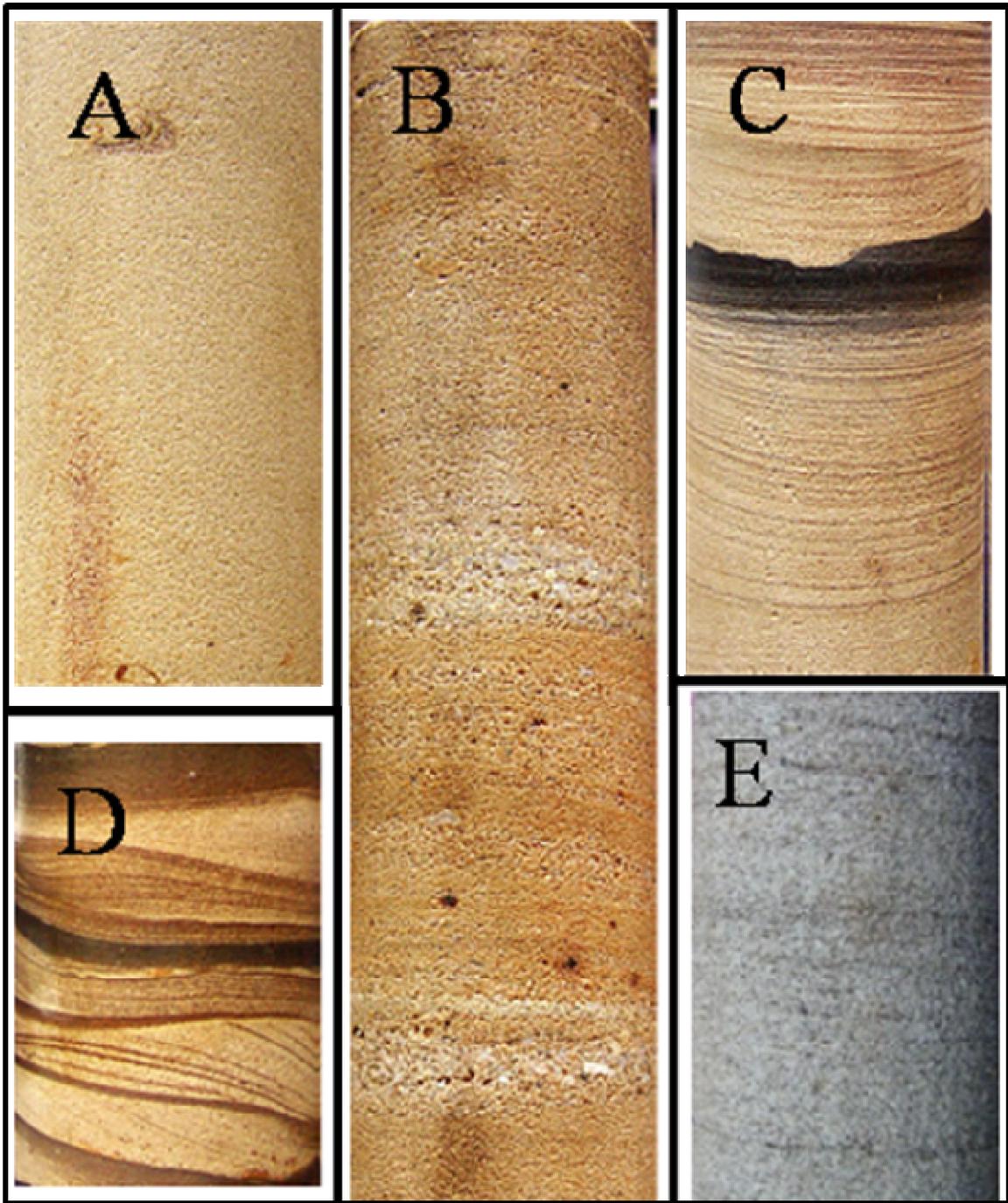
Figura B – Fácies Am (arenitos maciços). Notar o caráter maciço homogêneo, alternado com a fácies Aot. Poço UN-04, 260,80m.

Figura C – Fácies Ah (arenitos com laminação plano-paralela). Notar a associação com a fácies Aot. Poço UN-04, 266,65 m.

Figura D – Fácies Hf (fácies heterolíticas fláser). Poço UN-04, 307,60 m.

Figura E – Fácies Ah (arenitos com laminação plano-paralela). Poço UN-27, 120,4 m

ESTAMPA I



## Estampa II

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

Figura A – Fácies Hf (fácies heterolíticas fláser). Poço UN-04. 167,8 m.

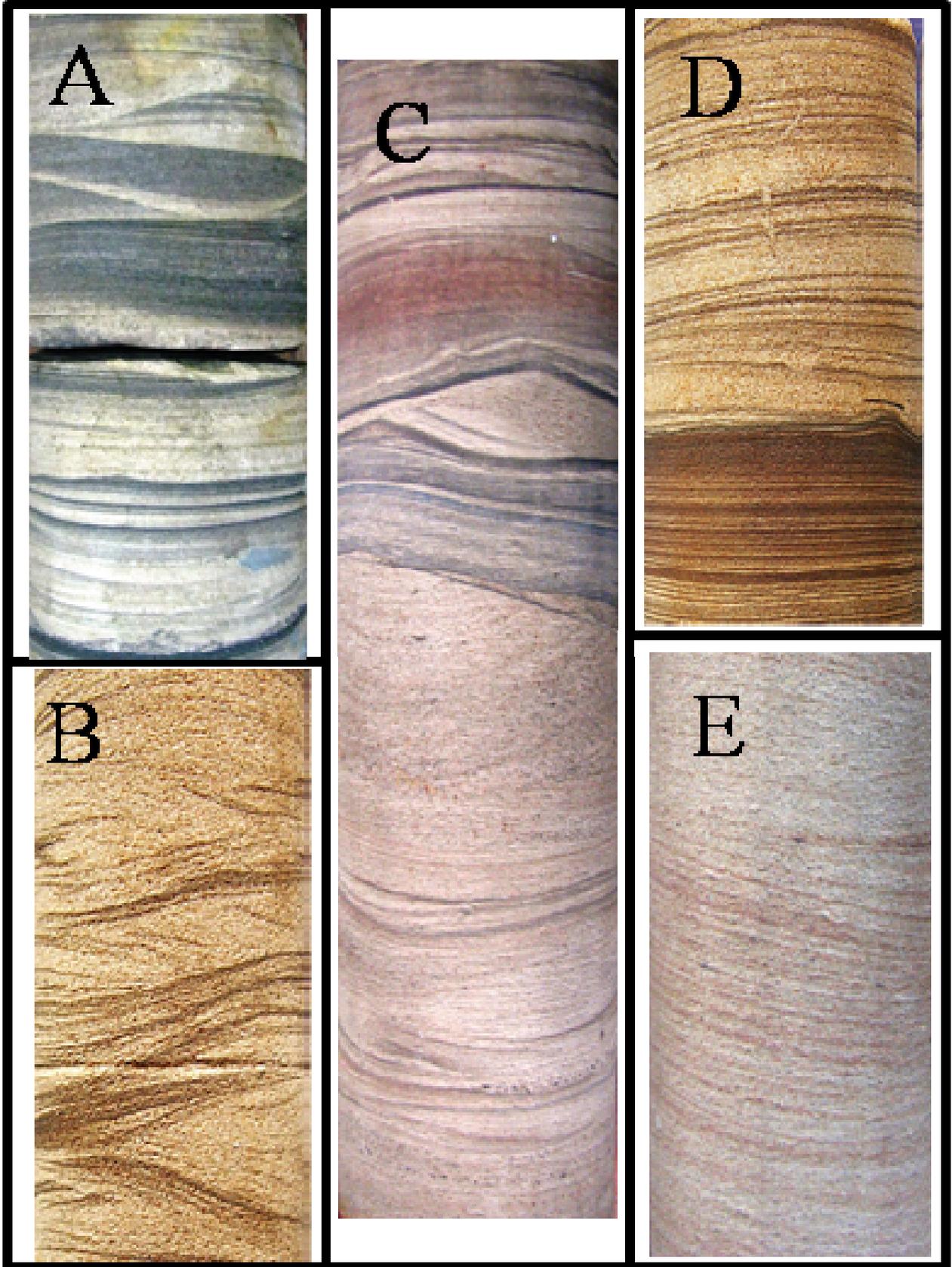
Figura B – Fácies Ao (arenitos com laminação cruzada de onda). Poço UN-04, 283,65 m.

Figura C – Fácies Ao (arenitos com laminação cruzada de onda). Poço UN-04, 229,7 m.

Figura D – Fácies Aot (arenitos com estratificação ondulada cruzada truncante). Observar os truncamentos. A laminação avermelhada se dá pela presença de cimentação de siderita. Poço UN-04, 304,6 m.

Figura E – Fácies Aot (arenitos com estratificação ondulada cruzada truncante). Poço UN-04, 211,0 m

ESTAMPA II



### Estampa III

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

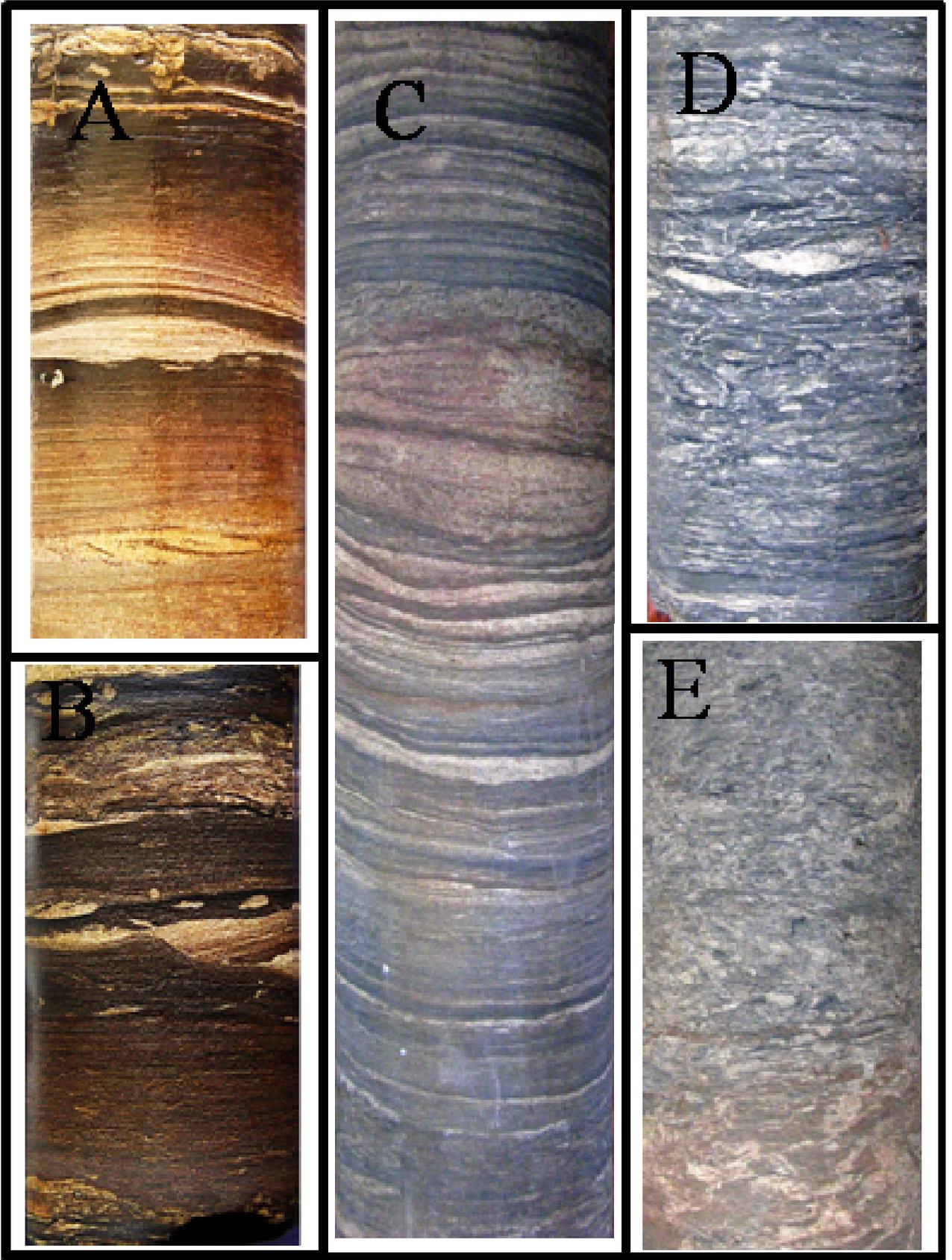
Figura A – Fácies Hw (fácies heterolíticas *wavy*). Notar laminações cruzadas, laminações horizontais e *hummockscross stratification*. Poço UN-04, 218,4 m.

Figura B – Fácies Hl (fácies heterolíticas *linsen*). Poço UN-04, 314,2 m.

Figura C – Fácies Hw (fácies heterolíticas *wavy*). Poço UN-04, 180,1 m.

Figura D – Fácies Ab (arenitos bioturbados). Observar aspecto mosqueado de uma possível fácies heterolíticas. Poço UN-04, 171,0 m.

Figura E – Fácies Ab (arenitos bioturbados). Observar aspecto mosqueado de uma possível fácies heterolíticas. Poço UN-04, 183,2 m.



## Estampa IV

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

Figura A – Fácies Ar(o) (arenito oxidado com laminação cruzada). Observar a acentuada oxidação. Poço UN-27, 160,0 m.

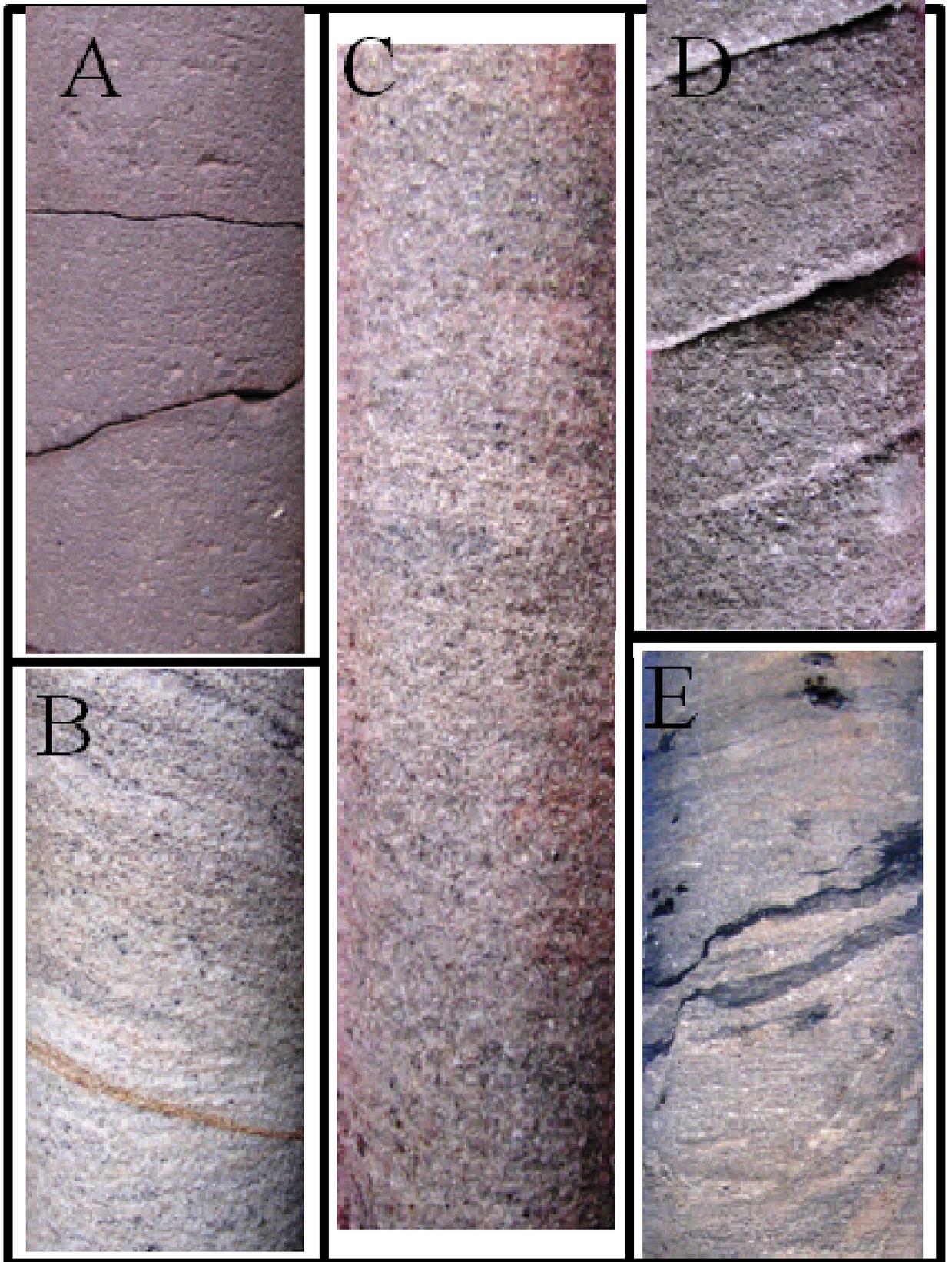
Figura B – Fácies Ar (arenito com laminação cruzada). Poço UN-27, 141,5 m.

Figura C – Fácies Ar (arenito com laminação cruzada). Poço UN-27, 189,2 m.

Figura D – Fácies Ar(c) (arenito carbonatado com laminação cruzada). Observar as concreções carbonáticas (partes esbranquiçadas circulares). Poço UN-27, 217,2 m.

Figura E – Fácies Ar (arenito com laminação cruzada). Observar os detritos vegetais (partes escuras). Poço UN-04, 160,2 m.

ESTAMPA IV



## Estampa V

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

Figura A – Fácies Ag. Observar a má seleção e a estrutura maciça; na base, estratificações cruzadas da fácies Ac no topo. Poço UN-4, 270,2 m.

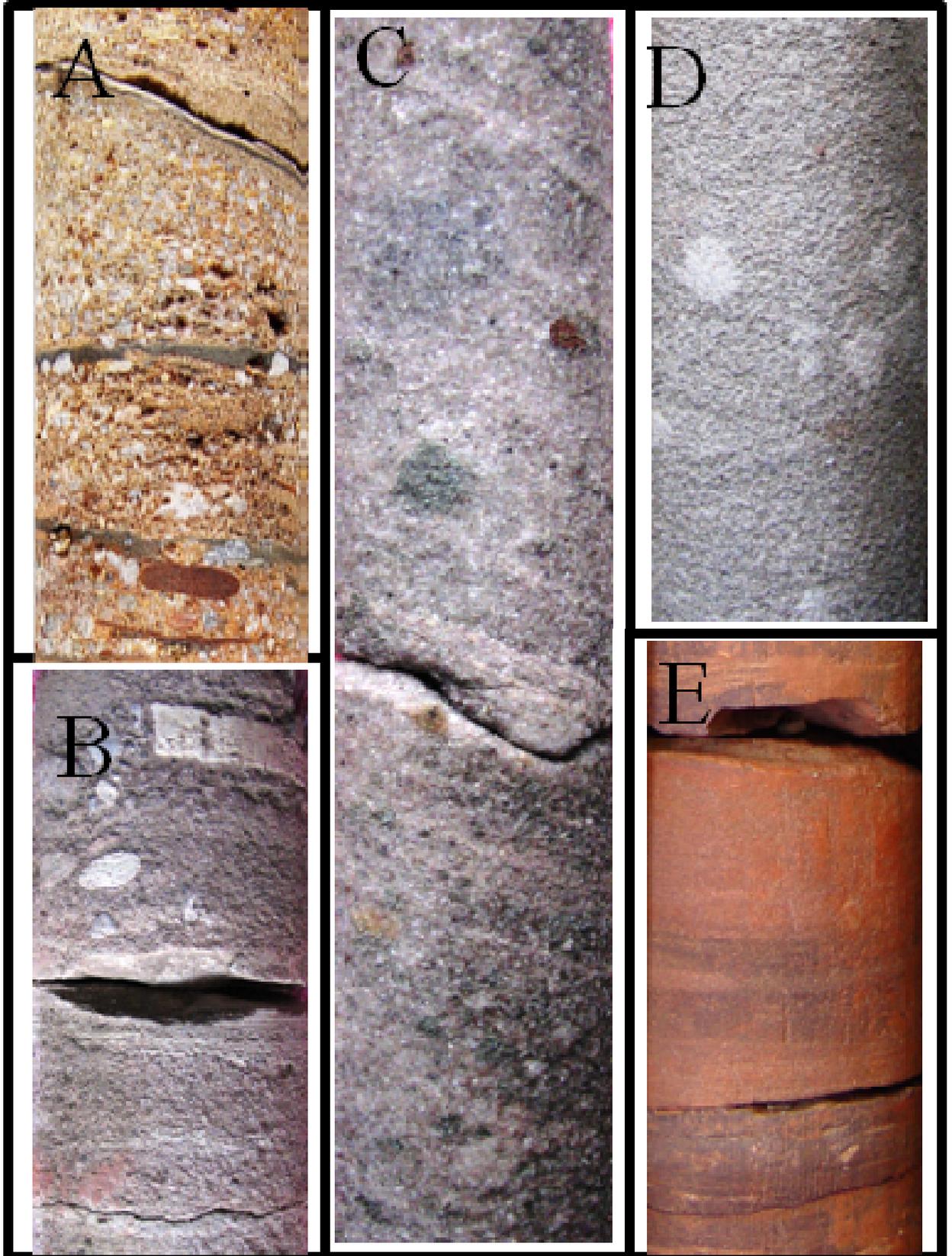
Figura B – Fácies Ag (arenito conglomerático). Poço UN-27, 221,6 m.

Figura C – Fácies Ag (arenito conglomerático). Poço UN-27, 193,0 m.

Figura D – Fácies Ac(c) (arenito carbonatado com estratificação cruzada). Poço UN-27, 152,7 m.

Figura E – Fácies Ac(o) (arenito oxidado com estratificação cruzada). Poço UN-27, 267,7 m.

ESTAMPA V



## Estampa VI

(Largura dos testemunhos ~ 4,2 cm)

Figura A – Fácies Cp (Paraconglomerado polimíco). Poço UN-27, 129,3 m.

Figura B – Fácies ALd (Arenitos/Lamitos deformados). Observar a deformação da fácies HI, com a presença de uma dobra em bainha. Poço UN-04, 320,5 m.

Figura C – Fácies Fr (Ritmito). Poço UN-04, 143,0 m

Figura D – Fácies ALd (Arenitos/Lamitos deformados). Poço UN-27, 136,8 m

ESTAMPA VI

