



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

DIEGO OLIVEIRA LEMOS

**ANÁLISE DE FÁCIES DA FORMAÇÃO
BARREIRAS, NAS REGIÕES DE APEÚ-
CASTANHAL E OUTEIRO-BELÉM (PA)".**

BELÉM – PA

ABRIL - 2013

DIEGO OLIVEIRA LEMOS

**ANÁLISE DE FÁCIES DA FORMAÇÃO BARREIRAS,
NAS REGIÕES DE APEÚ-CASTANHAL E OUTEIRO-
BELÉM (PA)”.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará –
UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Joelson Lima Soares.

BELÉM – PA

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

-
- L557a Lemos, Diego Oliveira
Análise de fácies da Formação Barreiras, nas regiões de
Apeú-Castanhal e Outeiro-Belém (PA) / Diego Oliveira
Lemos; Orientador: Joelson Lima Soares – 2013
86 f. : il.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em
geologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2013.
1. Geologia estratigráfica (Mioceno) – Pará. 2. Fácies
sedimentares. 3. Formação Barreiras. 4. Mapa Faciológico. 5.
Paleoambiente. I. Soares, Joelson Lima, *orient.* II.
Universidade Federal do Pará. III. Título.
CDD 22^a ed.: 551.7098115
-

DIEGO OLIVEIRA LEMOS

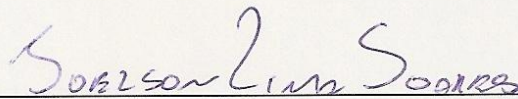
ANÁLISE DE FÁCIES DA FORMAÇÃO BARREIRAS, NAS REGIÕES DE APEÚ-CASTANHAL E OUTEIRO- BELÉM (PA)".

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Geologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará –
UFPA, em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

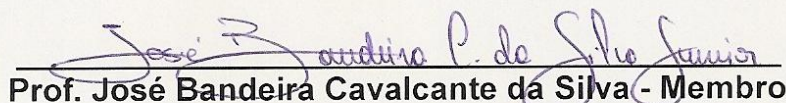
Banca examinadora:



Prof. Joelson Lima Soares – Orientador

Doutor em Geologia

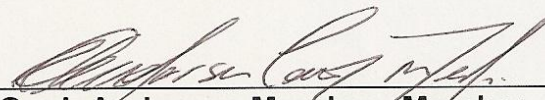
Universidade Federal do Pará



Prof. José Bandeira Cavalcante da Silva - Membro

Doutor em Geologia

Universidade Federal do Pará



Geol. Anderson Mendes - Membro

Mestre em Geologia

Universidade Federal do Pará

Dedico esta conquista aos meus pais, Carlos Gutembergue Gusmão e Tânia Maria de Oliveira Lemos, que mais do que me proporcionarem uma boa infância e vida acadêmica, estiveram ao meu lado pelos caminhos da vida, me acompanhando, apoiando e principalmente acreditando em mim. Amo muito vocês.

AGRADECIMENTOS

Desejo externar os mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que me ajudaram e me incentivaram no desenvolvimento desse trabalho. Seja através da orientação técnica, seja através do apoio e da amizade, muitas pessoas tiveram fundamental importância para que esse trabalho fosse realizado.

Meu muitíssimo obrigado aos meus pais (Carlos Gutembergue Gusmão e Tânia Maria de Oliveira Lemos), que me apoiaram e me incentivaram durante todos esses anos de curso, não medindo esforços para a minha formação acadêmica. Você são meus amores. Agradeço também as minhas irmãs Vanessa Oliveira Lemos, minha eterna “amarela” e em especial a Emanuelle Oliveira Lemos (companheira de quarto e menina dos meus olhos), por diversos momentos de alegria e descontração.

Ao Prof. Dr. Joelson Soares pela orientação, oportunidades e apoio durante todo o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos Lilian Silva, Walnei Batista, Abner, Walmir e Daniel Sullivan pela excelente e gostosa convivência durante toda a graduação. Vocês são fantásticos.

Ao casal sensacional, Elielson e Mara, pelos momentos de farras e descontrações.

Agradeço a Aline Sousa e Priscila Amaral, que gentilmente cederam algumas fotos da área de estudo (Apeú-Castanhal). Aos camaradas Almir Costa e Jefferson Souza que me ajudaram na elaboração dos mapas de fácies. Ao Dr. José Tasso Felix Guimarães e Lucas Noronha, pela ajuda nos dias campo.

À todos meu muito obrigado.

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.”

Albert Einstein

RESUMO

Os depósitos da Formação Barreiras, de idade Mioceno, apresentam uma ampla distribuição na costa brasileira. No Estado do Pará algumas das melhores exposições desta unidade encontram-se nas localidades de Vila de Apeú (Castanhal) e ilha de Outeiro (Belém). Nestes locais foram realizados estudos faciológicos e a correlação estratigráfica entre os afloramentos da Formação Barreiras o que permitiu compreender e interpretar através de diferentes litofácies, o provável ambiente deposicional da Formação Barreiras no nordeste paraense. Foram descritas 10 fácies sedimentares compostas de rochas siliciclásticas como: argilitos, arenitos e conglomerados. Estas fácies foram agrupadas em duas associações de fácies que representam ambientes deposicionais de canal fluvial e planície de maré. Os depósitos de canais de maré tem uma distribuição mais restrita, quando comparados aos de planície de maré. Os depósitos de planície de maré são compostos predominantemente por fácies argilosas. Localmente estes depósitos argilosos apresentam gretas de contração e bioturbação. Arenitos com estratificação cruzada plano-paralela são encontrados intercalados com estes depósitos argilosos. Camadas heterolíticas com acamamentos de maré (*wavy*) passam verticalmente para depósitos de paleossolos que ocorrem localmente, e são caracterizados por aspecto mosqueado devido à bioturbação por marcas de raízes e tubos de vermes. Os depósitos de canal fluvial são caracterizados pela predominância de fácies arenosas e conglomeráticas. Arenitos com estratificação cruzada acanalada e *lags* conglomeráticos são as fácies mais comuns. Estes depósitos erodem parcialmente os depósitos de planície de maré, como é evidenciado pela presença de truncamentos erosivos, blocos de terras caídas e *lags* conglomeráticos no limite entre as duas associações de fácies. Icnofósseis de *Ophiomorpha* são abundantes nos depósitos de canal fluvial e mais raros nas planícies de maré. Este icnofóssil geralmente representa construções de moradia de crustáceos decápodes de *Callinassa* em ambientes influenciados por águas marinhas semelhantes a estuários. Os depósitos estudados neste trabalho representam o registro de ambientes transicionais caracterizados pela influência de maré e influxos continentais realizados por canais fluviais.

Palavras – chave: Geologia estratigráfica (Mioceno) – Pará. Fácies sedimentares. Formação Barreiras. Mapa Faciológico. Paleoambiente.

ABSTRACT

The Barreiras Formation deposits, Miocene age, have a wide distribution in the Brazilian coast. In the state of Pará some of the best exposures of this unit are located in the localities of Vila de Apeú (Castanhal) and Outeiro island (Belem). In these area its was realized facies studies and the stratigraphic correlation between the Barreiras Formation outcrops allowing to understand and interpret, through different lithofacies, the likely depositional environment of the Barreiras Formation on the northeastern Pará. Ten sedimentary facies was described composed predominantly of siliciclastic rocks such as: claystone, sandstones and conglomerates. These facies were grouped into two facies associations which represent depositional environments of the fluvial channel and tidal flats. The deposits of fluvial channels have a more restricted distribution compared to the tidal flats. The tidal flats deposits are composed predominantly of clay facies. Locally these clay deposits present mud cracks and bioturbation. Sandstones with cross-bedding and plane-parallel stratification are found intercalated with these clay deposits. Heterolitics layers with tidal beddings (wavy) pass vertically to paleosoil deposits that occur locally, and they are characterized by mottled appearance due to bioturbation caused by root marks and worm tubes. The fluvial channel deposits are characterized by the predominance of sandy and conglomeratic facies. Trough cross-bedding sandstone lags are the most common facies. These deposits partially erode the tidal flat deposits, as evidenced by the presence of erosive truncations, fallen land blocks and conglomeratic lags at the boundary between the two facies associations. *Ophiomorpha* ichnofossils are abundant in fluvial channel deposits and rarer in tidal flats. This ichnofossil usually represent dwelling builds of the *Callianassa* decapod crustaceans in environments influenced by marine waters similar to estuaries. The deposits studied in this work represent the record of transitional environments characterized by tidal influences and continental influxes made by fluvial channels.

Keywords: Stratigraphic geology (Miocene) - Pará, Sedimentary facies, Faciological map, Paleoenvironment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo com localização da área estudada.....	18
Figura 2 - Exemplo de mapa litofaciológico para depósitos cambrianos dos Estados Unidos.	21
Figura 3 - Bacias fanerozóicas e proterozóicas do estado do Pará. Com destaque para a Plataforma Bragantina (sigla PBR no mapa).....	24
Figura 4 – Bloco diagrama representativo para os sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará.....	27
Figura 5 - Esquema de evolução da Formação Barreiras lato sensu na costa do Norte do Brasil. A. Sistema transgressivo do intervalo Aquitaniano – Burdigaliano e sistema de mar alto do intervalo Langhiano – Serravaliano. B. Sistema de mar baixo do Tortoniano; formação da Discordância Tortoniana. C. Sistemas transgressivo e de mar alto do Zancleano (Plioceno).D. Fase erosiva do máximo da regressão do Pleistoceno. E. Erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras no Holoceno; sedimentação quaternária em forma de depósitos de praia e aluvião; as ocorrências residuais do Grupo Barreiras formam falésias e tabuleiros costeiros. Sem escala.	28
Figura 6 - Representação esquemática de um estuário, apresentando os limites faciológicos entre corpos arenosos estuarinos e sedimentos marinhos e o limite entre sedimentos com influencia marinha e sedimentos fluviais.	33
Figura 7 - Distribuição esquemática dos processos físicos existentes nos estuários. Na parte externa apresenta um domínio marinho, na parte interna domínio fluvial e na parte central a presença de uma energia mista.	34
Figura 8 - Zoneamento tripartido (marinho, marinho-fluvial e fluvial) de sedimentação.	34
Figura 9 - Classificação dos estuários mostrando as características morfológicas, oceanográficas e sedimentológicas.....	35
Figura 10 - Ilustração do modelo deposicional de uma sucessão de ambiente estuarino.....	36
Figura 11 - Resumo esquemático dos critérios utilizados para a descrição e o reconhecimento de paleossolos em campo e em laboratório.....	37

Figura 12 - Perfil geológico de lateritos maduros autóctones na Amazônia.	39
Figura 13 - Perfil geológico de lateritos imaturos autóctones na Amazônia.	40
Figura 14 - Perfis estratigráficos na área de trabalho (Apeú-Castanhal), e os ambientes associados.	43
Figura 15 - Crosta laterítica desmantelada, de aproximadamente 1,5 m de altura, e os subambientes da área de estudo. Localização: Vila de Apeú.	45
Figura 16 - Perfis estratigráficos na área de trabalho localizados na ilha de Outeiro, na Praia Grande, e seus ambientes deposicionais.	47
Figura 17 - Litofácies Aa: Arenito médio de coloração vermelha escuro, aspecto ferruginizado, apresentando estratificação cruzada acanalada, clastos de argila pertencentes à fácies C são observados na porção inferior da foto. Localização: Vila de Apeú.	49
Figura 18 - Litofácies Aa: Arenito médio, de coloração vermelha amarelado, apresentando estratificação cruzada acanalada, vista de forma longitudinal. Localização: Vila de Apeú.	50
Figura 19 - Litofácies Aa: Arenito médio, de coloração amarelo avermelhado, apresentando icnofósseis de <i>Ophiomorpha</i> , com aspecto nodoso e de aproximadamente 12 cm de comprimento. Localização: Vila de Apeú. ...	51
Figura 200 - Litofácies Am: Arenito fino a médio maciço, apresentando lentes descontinuas compostas de clastos de argila e seixos de quartzo dispersos, note o aspecto alongados dos clásticos. Localização: Vila de Apeú.	53
Figura 21 - Litofácies App: Arenito com estratificação plano-paralela, de coloração esbranquiçada, apresentando estratificação plano paralela que recobre os argilitos maciços com <i>Ophiomorpha</i> . No topo ocorrem os depósitos de canal. Localidade: Ilha de Outeiro.	54
Figura 22 - Litofácies App: Presença de icnofósseis de <i>Planolites</i> , preenchido por material de granulometria grossa. Localização: Outeiro – Belém.	55
Figura 23 - Litofácies Amo – Arenito grosso a muito grosso, de coloração vermelha escura com marcas onduladas, sendo que a base da camada apresenta caráter erosiva sob a fácies App e icnofósseis de <i>Planolites</i> . Localização: Ilha de Outeiro.	56

Figura 24 - Litofácies Af: Arenito de granulometria fino a médio com acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i> , as argilas estão dispostas lateralmente de forma irregular. Localização: Vila de Apeú.	57
Figura 25 - Litofácies Af: Arenito de granulometria fina a média com acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i> . Localização: Vila de Apeú.	58
Figura 26 – Litofácies Agl: Argilito em acamamento heterolítico do tipo <i>linsen</i> . Localização: Vila de Apeú.	59
Figura 27 - Litofácies Rw: Ritmito composto por intercalações de argila e arenito fino, com acamamento heterolítico do tipo <i>wavy</i> . Localização: Vila de Apeú...	60
Figura 28 Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração esbranquiçada avermelhada com bioturbação de tubos de vermes. Localização: Ilha de Outeiro.	62
Figura 29 - Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração esbranquiçada avermelhada, com a presença de icnofósseis <i>Ophiomorpha</i> , preenchido por um material de granulometria grossa. Localização: Ilha de Outeiro...	63
Figura 30 - Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração branco avermelhado, aspecto mosqueado e colunar, presença de bioturbações e marcas de raízes. Localização: Vila de Apeú.....	64
Figura 31 - Litofácies Aglp: Argilito laminado, de coloração amarelo esbranquiçado com laminação plano-paralela. Localização: Ilha de Outeiro.	65
Figura 32 - Gretas de contração métricas que ocorrem no topo da fácies Aglp na Praia Grande, note o padrão poligonal das gretas. Localização: Ilha de Outeiro.....	66
Figura 33 - Presença de icnofóssil <i>Ophiomorpha nodosa</i> preenchido por uma areia grossa, na fácies Aglp. Localização: Ilha de Outeiro.	67
Figura 34 - Litofácies C - Arenito grosso a conglomerático, composto de clastos de argila e blocos da fácies Agm. Localização: Vila de Apeú.....	68
Figura 35 - Litofácies C: Arenito grosso a conglomerático, composto de clastos de argila e <i>lags</i> de quartzo na base. Localização: Vila de Apeú.	69
Figura 36 - Afloramento que apresenta os dois sub-ambientes, na base a Planície de Inundação e no topo o Canal fluvial. Localização: Apeú - Castanhal.....	72
Figura 37 - Mapa de fácies do afloramento localizado na Vila Apeú. Estão representados os corpos do depósito fluvial, planície de maré, depósitos lateríticos, sedimentos recentes e Pós Barreiras.....	75

Figura 38 - Mapa de fácies do afloramento localizado em Outeiro. Estão representados os corpos do depósito fluvial e planície de maré. Os depósitos fluviais apresentam-se lenticulares, já os corpos da planície de maré apresentam uma continuidade lateral.	76
Figura 39 - Modelo deposicional da Formação Barreiras, proposta para a área de trabalho.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As fácies da Formação Barreiras e Pós-Barreiras.	26
Tabela 2 - Sumário das litofácies da Formação Barreiras. Identificação, descrição e interpretação dos processos sedimentares.	70
Tabela 3 - Sumário das associações de fácies com suas respectivas interpretações.	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	APRESENTAÇÃO.....	16
1.2	LOCALIZAÇÃO	17
1.3	OBJETIVOS E FINALIDADES	18
1.4	MÉTODOS.....	19
1.4.1	Análise de fácies e estratigráfica.....	19
1.4.2	Mapa de fácies.....	19
2	GEOLOGIA REGIONAL.....	22
2.1	ASPECTOS GEOTECTÔNICOS.....	22
2.2	PLATAFORMA BRAGANTINA.....	22
2.3.	FORMAÇÃO BARREIRAS.....	25
2.3.1	Histórico do uso estratigráfico do termo	25
2.3.2	Litologias	25
2.3.3	Paleoambiente de sedimentação	27
2.3.4	Idade.....	29
3	FUNDAMENTOS CONCEITUAIS	31
3.1	FÁCIES SEDIMENTARES	31
3.2	DEPÓSITOS SEDIMENTARES DE AMBIENTE ESTUARINO.....	32
3.3	PALEOSSOLO.....	37
3.4	LATERITO.....	38
3.5	ICNOFÓSSEIS.....	40
4	FORMAÇÃO BARREIRAS (APÉU – CASTANHAL e OUTEIRO – BELÉM)	42
4.1	ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS.....	42
4.2	ANÁLISE DE FÁCIES.....	48
4.2.1	Litofácies Aa – Arenito com estratificação cruzada acanalada	48
4.2.2	Litofácies Am – Arenito maciço com clastos de argila e <i>lags</i> seixosos de quartzo.....	52
4.2.3	Litofácies App – Arenito com estratificação plano-paralela.....	53
4.2.4	Litofácies Amo – Arenito com marcas onduladas	55
4.2.5	Litofácies Af – Arenito com acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i>.....	56

4.2.6	Litofácies Agl – Argilito em acamamento heterolítico do tipo <i>linsen</i>.....	58
4.2.7	Litofácies Rw – Ritmito com acamamento tipo <i>wavy</i>.	59
4.2.8	Litofácies Agm – Argilito maciço.....	60
4.2.9	Litofácies Aglp – Argilito com laminação plano-paralela.	64
4.3	ASSOCIAÇÃO FACIOLÓGICA	69
4.3.1	Canal Fluvial (AF1)	72
4.3.2	Planície de Maré (AF2)	73
5	MODELO DEPOSICIONAL	77
6	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A primeira unidade estratigráfica documentada no Brasil foi a Formação Barreiras, nas cartas de Pero Vaz de Caminha ao Rei de Portugal, D. Manoel I (ARAI, 2006). Desde a sua primeira caracterização, diversos trabalhos relacionados a geologia sedimentar e paleontologia tem sido realizados no intuito de entender os diferentes ambientes deposicionais que esta unidade representa. Esta tentativa tem levado a um grande número de correlações e trabalhos de estratigrafia em algumas bacias brasileiras (Bacia Potiguar, Marajó, Campos entre outras). Porém, pouco se sabe sobre a idade e proveniência destas rochas.

Os depósitos da Formação Barreiras apresentam uma ampla distribuição na costa brasileira (desde a costa do Estado do Pará até o Rio de Janeiro), recobrendo depósitos sedimentares Mesozóicos de diversas bacias costeiras. Oliveira e Leonardo (1943 apud SUGUIO; NOGUEIRA, 1999), resumiram os conhecimentos disponíveis para esta formação, onde os mesmos caracterizaram a como sedimentos clásticos de origem continental, afossilíferos e de idade ignorada.

A Formação Barreiras por muito tempo foi considerada essencialmente continental, porém os trabalhos mais recentes têm indicado a influência de oscilações eustáticas na sua origem e deposição até em ambientes transicional e marinho raso (ARAI, 2006; ROSSETTI, 2006).

Boas exposições desta unidade ocorrem na ilha de Outeiro e na vila de Apeú, nos municípios de Belém e Castanhal, respectivamente, Estado do Pará. Ambos os afloramentos apresentam feições sedimentares bem preservadas e extensão lateral de algumas dezenas de metros, o que possibilita uma interpretação paleoambiental. Apesar da distancia entre as duas localidades (75 km) a aplicação de estudos estratigráficos possibilita a correlação entre elas.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo o estudo de afloramentos da Formação Barreiras nas localidades citadas acima, utilizando a análise de fácies e correlação estratigráfica. O produto final são dois mapas de

fácies das localidades de Outeiro e Apeú, além de blocos diagramas que possibilitaram o entendimento do paleoambiente.

1.2. LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi desenvolvido em duas áreas distintas localizadas nos municípios de Belém e Castanhal, região nordeste do Estado do Pará. No município de Castanhal a área de estudo localiza-se no distrito de Apeú. Está área inserida na Folha Castanhal (SA. 23-V-C), é limitada pelos paralelos 01°00'12" e 02°00'34" S e pelos meridianos 46°30'28" e 48°00' W, abrangendo uma área de 18.480km². O acesso ao distrito é efetuado predominantemente por via terrestre, através da Rodovia Federal BR-316 e Rodovia Estadual PA-136, além de inúmeras estradas vicinais (Figura 1). Os afloramentos estão localizados na antiga área de extração de areia e brita localizada no centro do distrito.

A ilha de Outeiro (também conhecida como Ilha Caratateua) está situada a 18 km do centro de Belém (Figura 1). A ilha é banhada pela Baía do Guajará, que apresenta águas doces e turvas e as melhores exposições da unidade estudada ocorre em afloramentos localizados na Praia Grande, porção noroeste da ilha.

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo com localização da área estudada.



Fonte: Modificado de Google Earth (2012).

1.3. OBJETIVOS E FINALIDADES

O principal objetivo desta monografia foi o de analisar estratigraficamente e faciologicamente a Formação Barreiras, localizada no nordeste do Estado do Pará, a partir de dados coletados em afloramentos na ilha de Outeiro e vila de Apeú. Como objetivo secundário, buscou-se confeccionar um mapa faciológico da Formação Barreiras nas áreas estudadas, possibilitando verificar o comportamento que os corpos apresentam.

1.4. MÉTODOS

1.4.1. Análise de fácies e estratigráfica

Foi aplicada a técnica de modelamento de fácies proposta por Walker (1992, 2006) e Miall (1991, 1994). O modelamento de fácies envolve: *i)* a individualização e descrição de fácies, que procura caracterizar a composição, geometria, texturas, estruturas sedimentares, conteúdo fossilífero e padrões de paleocorrente; *ii)* a compreensão dos processos sedimentares, que revela como a fácies foi gerada; e *iii)* a associação de fácies, que agrupa fácies contemporâneas e cogenéticas, que refletem os diferentes ambientes e sistemas deposicionais. A descrição de fácies, na escala dos diferentes litotipos e de afloramentos, será auxiliada por perfis colunares .

Estas informações permitem construir um arcabouço deposicional esboçado na forma de blocos diagramas. As informações obtidas através da análise de fácies e dos sistemas deposicionais auxiliarão na descrição e controle estratigráfico durante o mapeamento das unidades, associações de fácies e através da identificação de superfícies estratigráficas (CHRISTIE-BLICK; DYSON; VON DE BORCH, 1995; VAIL, 1987; VAN WAGONER et al., 1988). As seções levantadas serão integralizadas em mapas faciológico/geológicos adicionados por informações de mapas disponíveis para a região.

1.4.2. Mapa de fácies

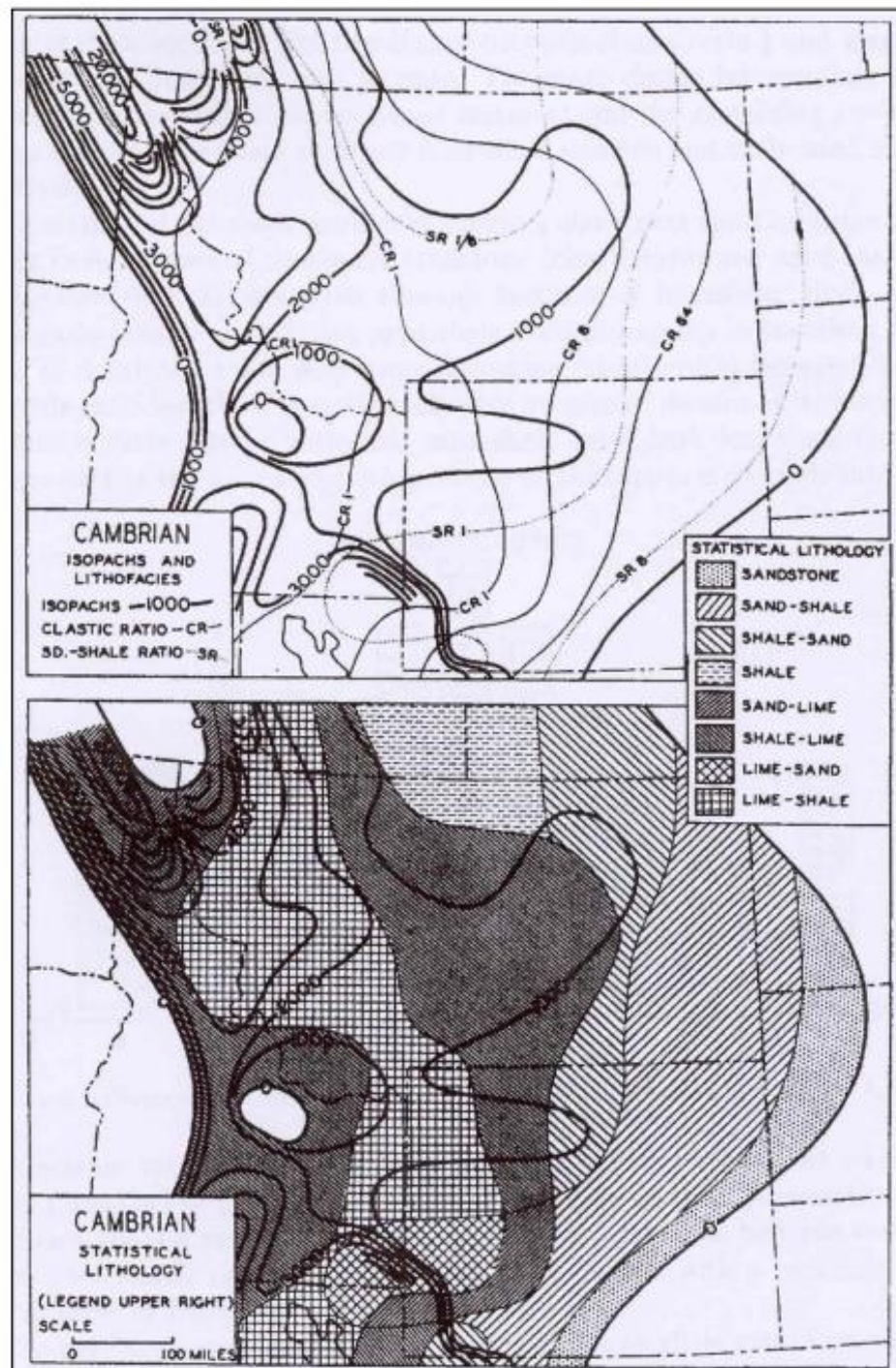
Um mapa de fácies mostra a variação de algum aspecto de determinada unidade estratigráfica. Essas variações podem ser de aspectos litológicos e estruturas que são mostrados por mapas de litofácies; variações em aspectos da fauna que são mostrados por mapas de biofácies; implicação tectônica que são mostrados em mapas de tectofácies e inferir o ambiente de deposição que são mostrados em mapas de padrão ambiental. Desses mapas o mais comum é o de litofácies devido à disponibilidade de dados litológicos (Figura 2) (KRUMBEIN, 1984).

Segundo Krumbein (1984), os mapas de fácies podem mostrar a espessura de um único componente de uma unidade, como por exemplo, a espessura de arenito em uma formação. Um mapa de isópacas de um único componente de rocha

em uma unidade é chamado de mapa de isólitais. A espessura real de um componente pode ser convertida para sua porcentagem da espessura de toda a unidade estratigráfica produzindo um mapa percentual. Mais de um componente pode ser mostrado em um mapa litofácies, por exemplo, as proporções de dois componentes podem ser calculadas e comparadas. Tal mapa relação dá uma boa ideia de onde uma unidade está mudando de tamanho de grão ou de vários ambientes onde são encontrados. Se os três componentes são representados, os cerca de algum tipo de diagrama triangular para as relações dos três componentes deve ser usado como uma chave. O resultado triângulo mapa fácies é um pouco mais difícil de ler, mas muitas vezes dá uma boa noção da distribuição dos ambientes sedimentares e fácies mudanças. Além disso, o grau de mistura dos três componentes pode ser calculado matematicamente, e do tipo de mapa é um bom indicador de como misto ou homogêneo a unidade de uma rocha é. Muitos outros tipos de mapas de litofácies foram criados para fins específicos, mas são menos utilizados.

A maioria dos mapas de fácies é baseada em representações bidimensionais de elementos em três dimensões. No entanto, a informática tem feito projeções isométricas de isópacas, isólitais, e outros dados de fácies assim sendo muito mais fácil de traçar (KRUMBEIN, op. cit.).

Figura 2 - Exemplo de mapa litofaciológico para depósitos cambrianos dos Estados Unidos.



Fonte: Krumbein (1984).

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1. ASPECTOS GEOTECTÔNICOS

A evolução da margem continental brasileira esta diretamente inserida no processo de tectônica de placas que formou o Atlântico Sul, iniciado no Jurássico. Segundo Urdininea (1977), o arcabouço tectônico do Mioceno para a região NE do Pará pode-se individualizar os seguintes ambientes tectônicos: Arcos do Gurupi e Miraselvas, Plataforma Bragantina e Fossa Vigia-Castanhal. Assim esse mesmo autor, afirma que a Plataforma Bragantina teria funcionado como uma zona relativamente mais estável do que os outros ambientes tectônicos adjacentes, devido à sedimentação carbonática nesta plataforma ocasionada pela transgressão oligo-miocênica, que originou a Formação Pirabas (FERREIRA, 1982 apud TAVÓRA; PONTES; MESQUITA, 2005).

2.2. PLATAFORMA BRAGANTINA

A Plataforma Bragantina corresponde à área continental emersa que se manteve estável durante a evolução das bacias meso-cenozóicas da Província Borborema (VASQUEZ et al., 2008).

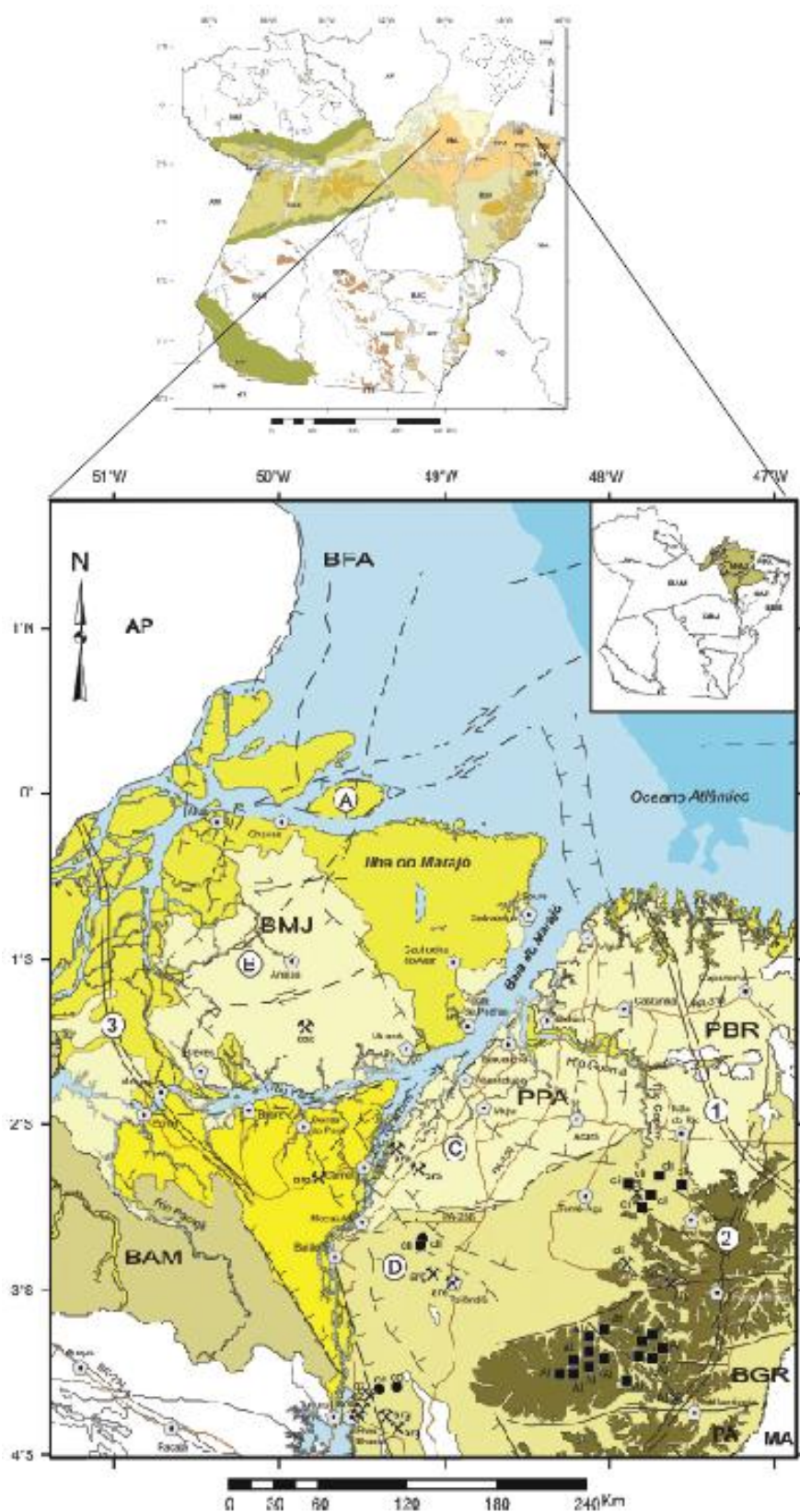
Localizada no norte do Brasil, a Plataforma Bragantina (PBR) possui como limites a Plataforma do Pará a oeste, Bacia Bragança-Viseu a leste e Bacia do Parnaíba a Sul (VASQUEZ et al., op.cit.). A plataforma Bragantina corresponde a área do embasamento que permaneceu relativamente estável entre as bacias sedimentares que compõem o Sistema de *Graben* do Marajó, ao oeste, a Bacia de Bragança-Viseu, ao leste, a Bacia do Pará-Maranhão, ao norte, e as bacias do Amazonas e Grajaú, ao sul (TATUMI et al., 2008) (Figura 3).

No nordeste do Pará a Plataforma Bragantina é uma área continental emersa que se limita a norte com a Plataforma do Pará (VASQUEZ et al., op.cit.). As sequências mio-pleistocênicas na Plataforma Bragantina, que definem a Cobertura Plataformal Cenozóica apresentam espessuras inferiores a 60 m, mas pontualmente atingem cerca de 400 m, e tende a se adelgaçar da linha de costa ao interior do

continente (ROSSETTI; GÓES, 2004), que se manteve estável durante a evolução das bacias meso-cenozóicas (ROSSETTI, 2006).

Na região da Plataforma Bragantina ocorreu uma sucessão de eventos deposicionais ao longo dos últimos 25 milhões de anos, onde se observa uma sequência de mudanças entre depósitos marinhos e ambientes transicionais costeiros, representados pelas Formações Pirabas e Barreiras (VIEIRA; TOLEDO; ALMEIDA, 2007). Nesse cenário evolutivo, sob o domínio de um sistema climático preponderantemente tropical, desenvolveram-se sucessivas transformações de ecossistemas, principalmente influenciadas por mudanças climáticas e por eventos geológicos; estes últimos responsáveis por rearranjos sucessivos de leitos de rios e deslocamentos de blocos continentais (VIEIRA; TOLEDO; ALMEIDA, op.cit.).

Figura 3 - Bacias fanerozóicas e proterozóicas do estado do Pará. Com destaque para a Plataforma Bragantina (sigla PBR no mapa).



Fonte: Vasquez *et al.* (2008).

2.3. FORMAÇÃO BARREIRAS

2.3.1. Histórico do uso estratigráfico do termo

No século passado, o termo Barreiras foi utilizado inicialmente para definir os sedimentos que constituem as falésias que ocorrem ao longo da região litorânea do país (VILAS BÔAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001). Moura (1938 apud GÓES, 1981), pioneiro na classificação dos sedimentos sobrepostos à Formação Pirabas, sendo o mesmo denominado de Formação Barreiras, considerou-os de idade pliocênica. Já Bigarella e Andrade (1964 apud GÓES, op. cit.), adotam a designação Grupo Barreiras, argumentando sobre o uso do termo série ou formação, devido à falta de uma seção-tipo ou localidade-tipo, para descrever e definir esta unidade.

Segundo Rossetti (2006) as pioneiras referências sobre os depósitos miocênicos na região norte do Brasil, datam do final do século XIX. A determinação precisa da relação entre as unidades litoestratigráficas determinadas de Barreiras e Pirabas, por muitos anos foi impossível ser individualizadas devido à falta de estudos sedimentológicos e estratigráficos detalhados. Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989), realizaram um estudo estratigráfico e paleoambiental nos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras, na região Bragantina, nordeste do Pará, determinando e caracterizando 13 fácies. No presente trabalho, é preservada a denominação Formação Barreiras para os clásticos do nordeste do Pará.

2.3.2. Litologias

Góes (op. cit.) propõem a subdivisão da Formação Barreiras, no Nordeste do Pará, em três litofácies: conglomerática, argilo-arenosa e arenosa. A fácies conglomerática é caracterizada por conglomerados oligomíticos com clastos predominantemente de composição quartzosa e sustentados por matriz de areno-argilosa. A fácies argilo-arenosa é representada por camadas argilosas, argilo-arenosas, areno-argilosas e arenosas limpas. A fácies arenosa geralmente capeia a argilo-arenosa.

Araújo et. al., (2006), na região litorânea do Rio Grande do Norte, identificaram três litofácies principais denominadas de Gt, St e Fl, onde Gt reúne os

conglomerados sustentados por matriz arenosa. A fácies St é caracterizada por arenitos de granulometria grossa a média. E a fácies FI compreende lamitos com diferentes proporções de argila, silte e areia. Fica claro que os autores concordam em um aspecto é que a Formação Barreiras apresenta fácies siliciclásticas que compreendem de argilitos, arenitos e conglomerados. Tanto as fácies argilosas quanto as arenosas em vários afloramentos apresentam registro de influência de maré. Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989) subdividem os litotipos da Formação Barreiras e Pós-Barreiras do nordeste paraense, em treze fácies definidas conforme a presença e/ou ausência de estruturas sedimentares e aspectos texturais, a seguir segue uma abordagem simplificada de todas as fácies (Tabela 1):

Tabela 1 – As fácies da Formação Barreiras e Pós-Barreiras.

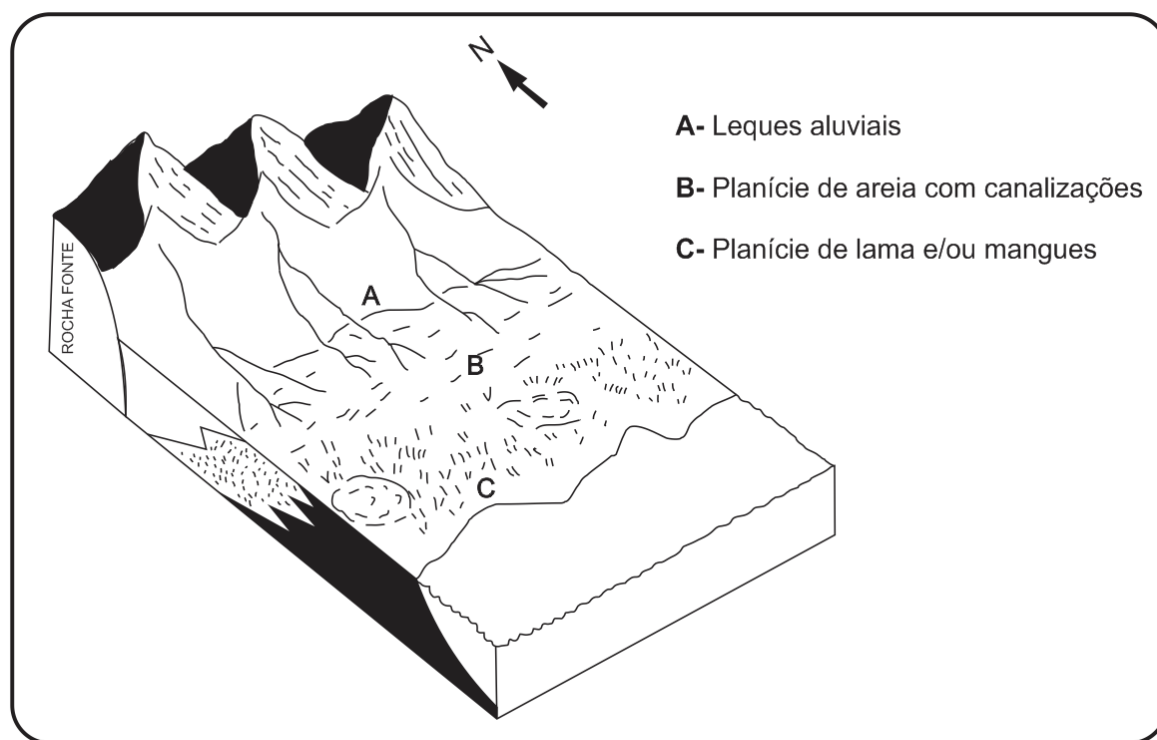
Nº	Fácies	Descrição
01	Fácies argilosas com laminação plano-paralela	Formada por argilitos laminados, coloração avermelhada.
02	Fácies argilosa maciça	Composta por argilitos maciço apresenta conteúdo fóssilífero.
03	Fácies arenosa sem estruturação aparente	Apresenta granulação fina a média, mal selecionada e contém grânulos e pequenos seixos de quartzo dispersos.
05	Fácies arenosa com estratíf. Cruzada acanalada	Constituída por arenitos mal selecionados, de granulação fina a média e com estratificação cruzada acanalada.
04	Fácies areno-argilosa maciça ou estratíf. Incipiente	Composto por arenitos argilosos, mal selecionados, sendo que as frações arenosas apresentam granulometria fina.
06	Fácies arenosa com estratificação cruzada tabular	Composto por arenitos com granulometria média, mal selecionado e apresenta estratificação cruzada tabular de médio a pequeno porte. Apresentam grânulos de quartzo dispersos e fragmentos argilosos.
07	Fácies areno-argilosa com estruturas wavy e <i>linsen</i>	Composto por arenitos finos e argilitos em lâminas onduladas.
08	Fácies arenosa com ndulas cavalgantes ascendentes	Apresenta granulação fina, caracteriza-se por apresentar delicadas laminações mergulhando abruptamente.
09	Fácies arenosa grossa a conglomerática	Arenitos grossos a seixos, mal selecionados e apresenta grãos subangulosos a subarredondados.
10	Fácies conglomerática	Apresenta conglomerados mal selecionados, seixos alongados, e o arcabouço é sustentado por uma matriz areno-argilosa.
11	Fácies conglomerática com seixos de argila	Formada por conglomerados de seixos de argila maciça e laminada. Os clastos são, no geral, subarredondados e alongados.
12	Fácies arenosa com estrat. Cruzada sigmoidal	Apresenta arenitos de granulação fina e média, mal selecionados, internamente apresenta estratificação inclinada.
13	Fácies composto por blocos de arenito ferruginosos e/ou seixos de quartzo.	Contém blocos e fragmentos de arenitos e argilitos ferruginizados.

Fonte: Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989).

2.3.3. Paleoambiente de sedimentação

Depositada em ambiente basicamente continental, a Formação Barreiras apresenta registro paleontológicos como, por exemplo, dinoflagelados e microforaminíferos típicos de ambiente marinho ao lado de fósseis indicativos de ambientes litorâneos (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999). Rossetti, Góes e Truckenbrodt (1989) elaboraram um modelo deposicional para a Formação Barreiras no Pará (Figura 4). No qual é possível visualizar o cenário paleogeográfico e entender todas as variedades de litofácies que constituem a Formação Barreiras.

Figura 4 – Bloco diagrama representativo para os sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará.

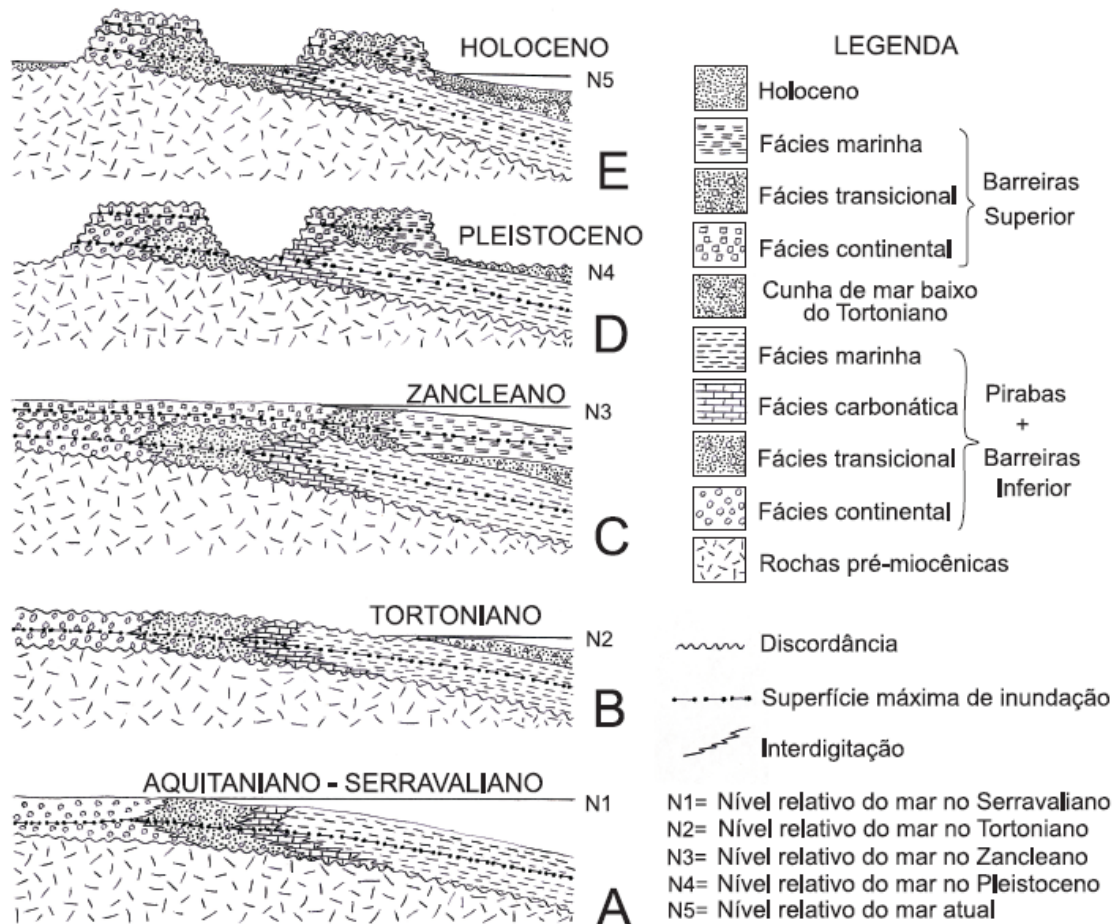


Fonte: Rossetti, Góes e Truckenbrodt (1989).

No período que equivale do Eomioceno ao Mesomioceno, houve uma intensa transgressão marinha, que foi responsável pela acumulação de uma grande quantidade de sedimentos nas áreas hoje emersas do continente (ARAI, 2006). No Brasil estes depósitos apresentam-se em grandes extensões, principalmente na costa brasileira que vai da Foz do Amazonas ao estado do Rio de Janeiro, isso

ocorre por causa, que a área não apresenta relevos acentuados, assim propiciando o avanço do *onlap* para continente adentro, porém sua ocorrência é restrita devido à erosão ocasionada no Tortoniano (Figura 5) (ARAI, 2006). Segundo Haq, Hardenbol e Vail (1987, apud ARAI, op. cit.) uma nova transgressão ocorreu, baseado nas curvas eustáticas, assim muitas áreas erodidas receberam uma nova cobertura sedimentar durante o Plioceno (Figura 5).

Figura 5 - Esquema de evolução da Formação Barreiras lato sensu na costa do Norte do Brasil. A. Sistema transgressivo do intervalo Aquitaniano – Burdigaliano e sistema de mar alto do intervalo Langhiano – Serravaliano. B. Sistema de mar baixo do Tortoniano; formação da Discordância Tortoniana. C. Sistemas transgressivo e de mar alto do Zancleano (Plioceno). D. Fase erosiva do máximo da regressão do Pleistoceno. E. Erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras no Holoceno; sedimentação quaternária em forma de depósitos de praia e aluvião; as ocorrências residuais do Grupo Barreiras formam falésias e tabuleiros costeiros. Sem escala.



Fonte: Arai (2006).

Esta transgressão não se limitou apenas as áreas costeiras do nosso país. Imensas regiões do continente teriam sido cobertas por um mar continental, este fato

acontecera no Eomioceno Tardio (ARAI, 2006). Segundo Rossetti, Truckenbrodt e Góes (1989), na área de estudo no final do Mioceno Inferior, os processos continentais foram dominantes na região nordeste do Estado do Pará (Região Bragantina), isso se deu devido à regressão marinha ocorrido nessa época. A presença de depósitos originados por fluxos de detritos salienta a presença de regiões elevadas, sendo as mesmas responsáveis pelo abastecimento dos sedimentos siliciclásticos (ROSSETTI; TRUCKENBRODT; GÓES, op. cit.). Os depósitos originados por fluxos de detritos apresentam uma ampla distribuição, assim podendo sugerir a presença de frentes montanhosas, com a aglutinação de vários leques aluviais adjacentes (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999).

No Neógeno acredita-se que a Região Bragantina, apresentava-se morfologicamente plana, isso é possível determinar devido a grande distribuição de sedimentos arenosos e argilosos intercalados (ROSSETTI; GÓES, 2004). Devido a esta morfologia, é possível o estabelecimento de planícies, assim ocorrendo deposições arenosas e argilosas, as quais vale ressaltar que esta sucessão miocênica depositou-se sob condições de forte controle tectônico, com o desenvolvimento de vales incisos que se encaixam ao longo de zonas de falhas (ROSSETTI; GÓES, op. cit.).

2.3.4. Idade

Determinar a idade da Formação Barreiras é, desde a sua formalização, motivo de muitas controvérsias, principalmente pelo seu caráter siliciclástico que torna a sua assembleia fossilífera extremamente pobre. Na literatura mais antiga, a idade variava de Oligoceno – Mioceno a Plioceno (ARAI, 2006; SUGUIO; NOGUEIRA, op. cit.). A primeira tentativa de determinar a idade da Formação Barreiras foi a partir de fósseis de dicotiledôneas provenientes do município de Alagoinhas (BA), onde Mussa (1958 apud SUGUIO; NOGUEIRA, op. cit.) sugeriu uma idade pliocênica para a unidade. Mais tarde foram sugeridas idades com base na superposição à Formação Pirabas, porém Almaraz (1977 apud SUGUIO; NOGUEIRA, op. cit.) verificou que a Formação Barreiras está parcialmente interdigitada com a Formação Pirabas, assim a Formação Barreiras seria pelo menos do Mioceno Superior. Mais recentemente, estudos palinológicos efetuados

por Arai et. al. (1994 apud ARAI, 2006.) e Leite et. al. (1997 apud SUGUIO; NOGUEIRA, 1999) têm posicionado a parte inferior da Formação Barreiras no Mioceno inferior a médio.

3. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

3.1. FÁCIES SEDIMENTARES

O conceito de fácies é muito antigo e foi introduzido em geologia por Nicholas Steno em 1669, devido à necessidade de padronizar e simplificar as informações obtidas nas descrições de campo, tendo como principal objetivo permitir a comunicação entre os geólogos (FERREIRA; CASTRO, 2001). O uso moderno desse conceito implica a soma dos aspectos litológicos, químicos e paleontológicos de uma unidade estratigráfica (CROSS; HOMEWOOD, 1997 apud FERREIRA; CASTRO, op. cit.), assim possibilitando a distinção de unidades rochosas vizinhas. O principal objetivo para a interpretação de fácies é combinar observações feitas sobre as suas relações espaciais e características internas (litologias, cor, fósseis e estruturas sedimentares) com informações comparativas de outras unidades estratigráficas. O termo fácies pode ser usado tanto em um sentido descritivo quanto interpretativo (WALKER, 2006).

A definição de fácies sedimentar escolhida neste trabalho é a de Walker (op. cit.), que parte de um conceito subjetivo utilizado para determinar corpos rochosos em diferentes níveis de descrição e interpretação e em diferentes escalas. Modelagem de fácies, como hoje é compreendido, engloba uma síntese de informações de ambientes deposicionais recentes e antigos com o objetivo de compreender os processos físicos, a natureza e a heterogeneidade de cada ambiente. Sendo que o principal objetivo é identificar as feições evidentes em rochas antigas e sedimentos recentes, assim caracterizando um determinado ambiente (WALKER, op. cit.).

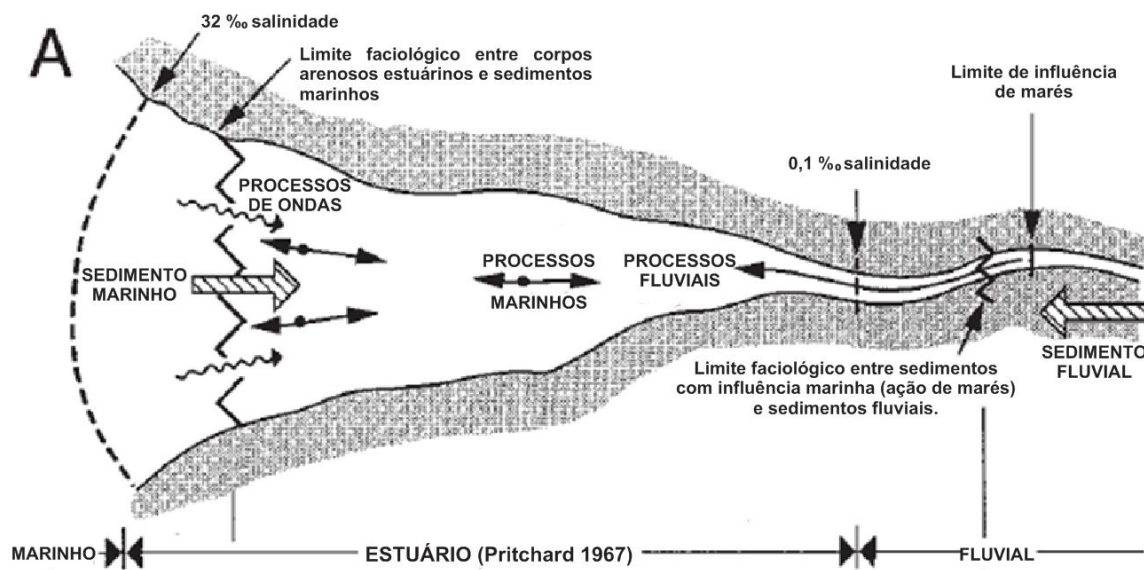
Um modelo de fácies pode ser definido como um resumo geral de um determinado ambiente deposicional. O modelo de fácies objetiva-se também a feições identificadas que podem ser agrupadas e repassadas para modelos que caracterizem um ambiente particular. Uma sucessão de fácies significa que determinadas propriedades (granulometria, estrutura, conteúdo fóssilífero) mudam progressivamente de maneira vertical ou horizontal. Assim contribuindo positivamente com informações que as fácies separadamente não contém (WALKER, op. cit.).

Segundo Walker (2006), a subdivisão da sucessão litológica em associações de fácies viabiliza o estudo do preenchimento sedimentar a partir do empilhamento das diversas litofácies e da relação vertical e horizontal entre elas. A associação de fácies, é uma combinação de fácies geneticamente relacionadas entre si. São de fundamentais importância para a construção de modelos de fácies. As associações podem ser diferenciadas por conteúdo fóssilífero, estruturas sedimentares e litologias. Além disso, o uso do conceito de associação de fácies no sentido de uma assembléia tridimensional de fácies e de blocos elementares construtores de determinado sistema deposicional, é similar ao conceito de elemento arquitetural aplicado a sistemas turbidíticos (BASILIC, 2006; JONHSON *et al.*, 2001; MIAL, 1985; STOW; MAYALL, 2000 apud WALKER, *op. cit.*). Nesse sentido, as associações de fácies fornecem importantes informações com relação à geometria, distribuição e arranjo dos corpos sedimentares.

3.2. DEPÓSITOS SEDIMENTARES DE AMBIENTE ESTUARINO.

Segundo Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992), estuário deve ser definido como a porção em direção ao mar de um sistema de vales afogados na qual recebe sedimentos tanto de fontes marinhas quanto de fontes fluviais (Figura 6), assim originando fácies influenciadas por ondas, marés e processos fluviais. Estes ambientes apresentam uma taxa de fornecimento de sedimento inferior à sua capacidade de retrabalhamento por processos baciais (DALRYMPLE; ZAITLIN; BOYD, 1992; ROSSETTI, 2008).

Figura 6 - Representação esquemática de um estuário, apresentando os limites faciográficos entre corpos arenosos estuarinos e sedimentos marinhos e o limite entre sedimentos com influência marinha e sedimentos fluviais.

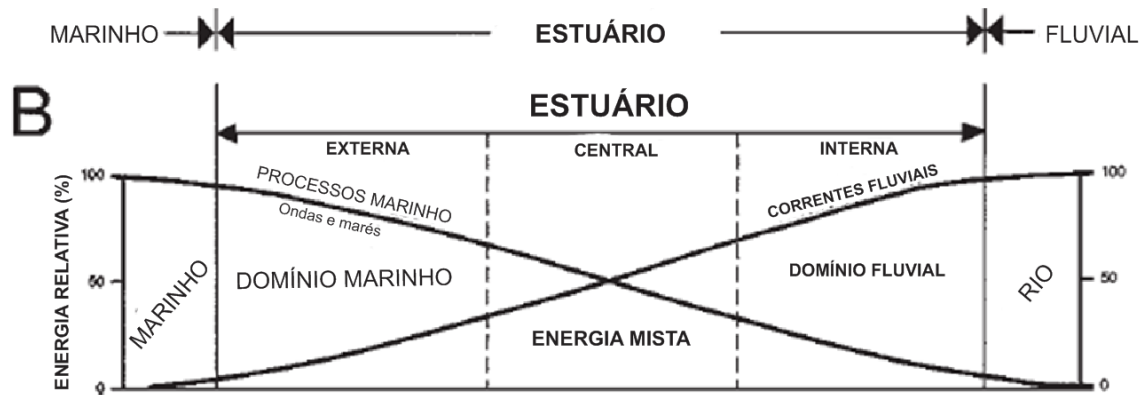


Fonte: Modificado de Pritchard (1967) por Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992).

Segundo Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992), estuário consistem em feições alongadas e estreitas planície costeira que apresentam desenvolvimento em direção a um vale fluvial até o limite superior da maré.

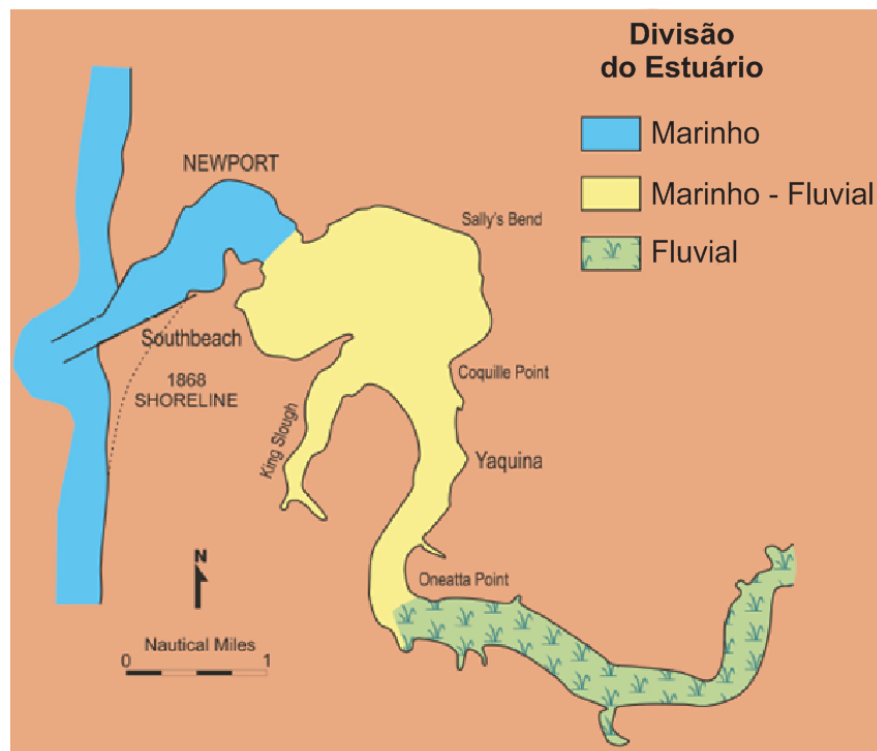
Os estuários apresentam um padrão zonal (BOYD; DARYMPLE; ZAITILIN, 2006), conforme as características próprias referentes ao regime de energia, tipo de sedimento e morfologia, que pode ser dividido em três partes (Figuras 7 e 8): I- região mais externa, que apresenta alta energia, prevalecendo processos marinhos, em que os sedimentos são derivados do mar e o transporte de fundo líquido é em direção ao continente; II- região mais interna dominada por processos fluviais, porém apresentando uma certa influência marinha, em que o transporte líquido é em direção ao mar; III- uma região central, que apresenta baixa energia, sendo que a energia dos processos marinhos se equivale as dos processos fluviais —é onde ocorre uma convergência de sedimentos marinhos finos (BOYD; DARYMPLE; ZAITILIN, op. cit.).

Figura 7 - Distribuição esquemática dos processos físicos existentes nos estuários. Na parte externa apresenta um domínio marinho, na parte interna domínio fluvial e na parte central a presença de uma energia mista.



Fonte: Boyd, Dalrymple, Zaitlin (2006).

Figura 8 - Zoneamento tripartido (marinho, marinho-fluvial e fluvial) de sedimentação.



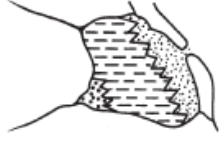
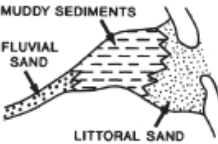
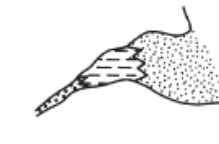
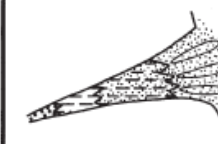
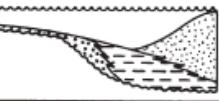
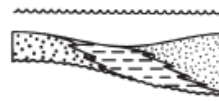
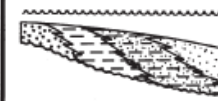
Fonte: Boyd, Dalrymple, Zaitlin (2006).

Segundo Donaldson et. al. (1970), em termos de depósitos sedimentares, a zona central do ambiente apresenta as granulometrias mais finas, devido a sua menor energia. Nas zonas interna e externa apresentam granulometrias mais

grossas que a zona central, devido estas zonas apresentarem uma maior energia. É perceptível que os efeitos de ondas são praticamente restritos às margens costeiras da zona externa. Já os processos fluviais dominam na parte superior do estuário e passa por uma significativa redução em direção à foz do estuário, onde a importância dos processos marinhos passa a prevalecer. As zonas externa e interna são as mais energéticas e predominam taxas de transferência de sedimentos (MASSELINK; HUGHES, 2003).

Segundo Davis (1985), os sedimentos estuarinos são provenientes de diversas fontes, incluindo bacia hidrográfica, erosão das margens e do fundo dos estuários, a plataforma continental, entre outros. Sendo que a dominância de uma determinada fonte de sedimento é relativo a magnitude de todas as outras fontes e a dinâmica de erosão, transporte e processos de deposição. Os estuários são ambientes extremamente dinâmicos e complexos, assim havendo uma grande dificuldade para sua classificação. As possíveis classificações são baseadas em diversos aspectos desses ambientes deposicionais, sendo citados alguns: princípios hidrodinâmicos, geomorfologia e estratificação salina (Figura 9).

Figura 9 - Classificação dos estuários mostrando as características morfológicas, oceanográficas e sedimentológicas.

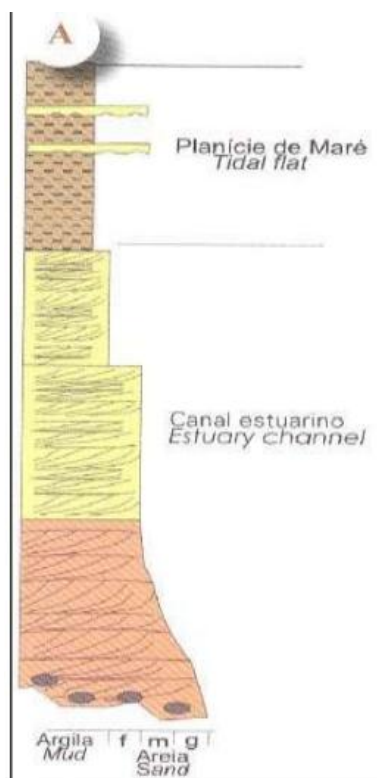
	← WAVE DOMINATED →			← TIDE DOMINATED →
	LAGOONAL	PARTIALLY-CLOSED	OPEN-ENDED	TIDAL
MORPHOLOGICAL CONFIGURATION	CLOSED, PARTIALLY OPEN, SHORE-PARALLEL 	SHORE-PARALLEL TO SHORE-NORMAL 	SHORE-NORMAL 	SHORE-NORMAL 
TIDAL RANGE	MICROTIDAL	MICROTIDAL TO MESOTIDAL	MESOTIDAL TO LOW MACROTIDAL	HIGH MACROTIDAL (EXTREME TIDAL RANGES)
CIRCULATION PATTERN	PARTIALLY MIXED	PARTIALLY MIXED TO WELL STRATIFIED (DEPENDENT ON RIVER DISCHARGE)		HOMOGENEOUS (VERTICALLY AND laterally)
SEDIMENT DISTRIBUTION PATTERN		MUDDY SEDIMENTS FLUVIAL SAND LITTORAL SAND 		
AXIAL SECTION		SEA LEVEL 		
EXAMPLE :	GREAT SOUND, NEW JERSEY	MIRAMICHI, NEW BRUNSWICK	GIRONDE	BROAD SOUND, AUSTRALIA

Fonte: Dalrymple, Zaitlin e Boyd (1992).

Um perfil de ambientes estuarinos ideal é geralmente representado na base por superfícies de erosão que registram escavamento na desembocadura do canal fluvial marcadas por depósitos grossos (grânulos e seixos). Para o topo passam para arenitos médios a grossos, com estratificação cruzada acanalada. Camadas de arenito com padrão retrogradante estratificação cruzada tangencial são relacionadas a depósitos de canal estuarino. Camadas argilosas com lentes de areia sobrepõem os depósitos de canal estuarino e são interpretados como depósitos de um ambiente de planície de maré (Figura 10).

Durante a transgressão os vales incisos, formados durante o rebaixamento do nível do mar, são afogados sendo depositadas sobre as superfícies basais erosivas sucessões sedimentares retrogradantes e agradacionais (DALRYMPLE; ZAITLIN; BOYD, 1992; ROSSETTI 2008). Observa-se o padrão geométrico em sino do perfil de raio gama que gradam para cima, diferenciando dos deltas que são representados por corpos de sedimentos com característica predominantemente progradacionais (DALRYMPLE; ZAITLIN; BOYD, op. cit.).

Figura 10 - Ilustração do modelo deposicional de uma sucessão de ambiente estuarino.

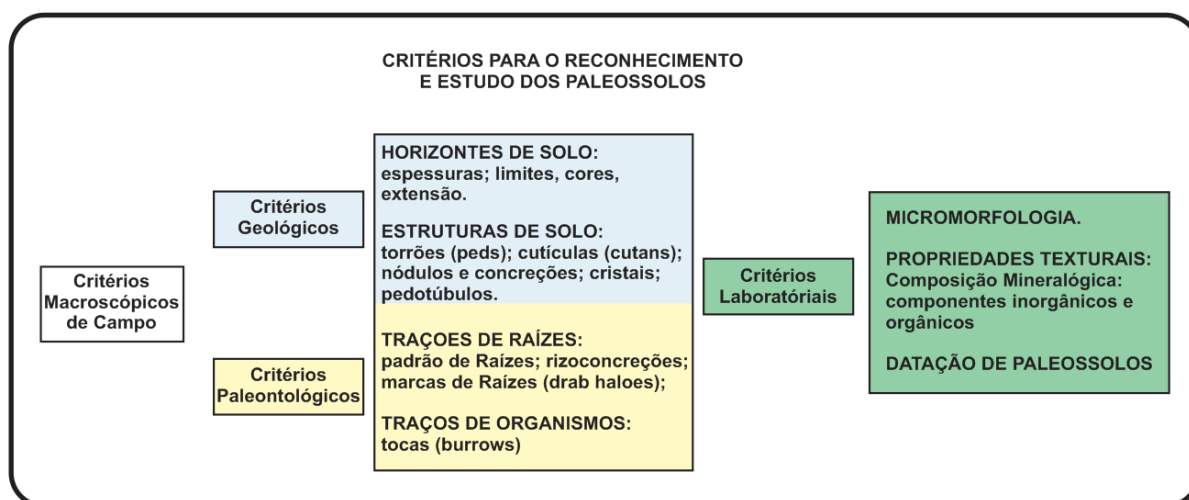


Fonte: Rossetti (2008).

3.3. PALEOSSOLO.

Segundo Andreis (1981 apud PIERINI, 2006), os paleossolos são solos antigos que apresentam-se preservados no registro geológico. O reconhecimento do mesmo é feito através da determinação e descrição de propriedades macroscópicas e microscópicas (Figura 11). Assim, pode-se afirmar que: (a) as descrições e propriedades macroscópicas são essenciais para a determinação de um paleossolo no campo; (b) é obrigatório a combinação de informações de campo com a aplicação de métodos de laboratório, com o objetivo de uma caracterização mais completa; (c) para um estrato ser considerado um paleossolo, mais de uma característica pedogênica ou horizonte distintivo, tem que está presente; (d) as características macroscópicas e microscópicas semelhantes as que podem ser encontradas em solos atuais, sendo que estes não tenham sofrido modificações diagenéticas ou metamórficas (ANDREIS, 1981 apud PIERINI, op. cit.).

Figura 11 - Resumo esquemático dos critérios utilizados para a descrição e o reconhecimento de paleossolos em campo e em laboratório.



Fonte: Andreis (1981) apud Pierini (2006) –modificado–

Segundo Retallack (1990, 1997a apud LADEIRA, 2010), as feições diagnósticas de paleossolos são três: marcas de raízes, horizontes de solo e estruturas pedogenéticas, devendo-se encontrar ao menos duas dessas feições para caracterizar um paleossolo. Essas feições são consideradas diagnósticas em razão de não poderem ser produzidas por processos diagenéticos. Outras feições

ou características comuns em solos, como nódulos e concreções, concentrações de acumulação de argila, carbonatos ou Fe, bioturbação, zonas de perda de bases, podem ser geradas em diversos ambientes deposicionais ou mesmo por processos diagenéticos. Essas características ou feições somente poderão ser utilizadas (com restrições) se as feições diagnósticas forem encontradas no material.

3.4. LATERITO

Os lateritos são principalmente rochas ferrosas e/ou aluminosas que expressam diferentes estágios do processo conhecido como laterização ou lateritização em solos situados em regiões de clima predominantemente tropical, subtropical e equatorial (BOTELHO, 1979).

As expressões laterita/laterito são termos usados para classificar determinados depósitos residuais da crosta terrestre gerados a partir de constituintes resistentes à intemperização. (ESPINDOLA; DANIEL, 2008). Atualmente duas definições são consideradas, uma classifica lateritos como resultado de intemperismo geralmente formado em condições tropicais, ricos em ferro e alumínio, e duro ou sujeito ao endurecimento sob exposição alternada entre umidade e ressecamento. Já a segunda definição apresentada por Schellmann (1982 apud FERRARI, 1996), define laterita como “acumulações superficiais ou subsuperficiais de produtos provenientes do intenso intemperismo de rochas, desenvolvidos em condições favoráveis a uma maior mobilidade dos elementos alcalinos, alcalinos terrosos e sílica e imobilização de ferro e alumínio” (FERRARI, op. cit.).

Segundo Costa (1991) o termo laterito é usado para classificar rochas formadas ou em fase de formação por meio de intenso intemperismo químico de rochas preexistentes, inclusive de lateritos antigos, em condições tropicais, ou equivalentes. Estas rochas são extremamente ricas em Fe e Al, porém apresenta baixos teores de Si, K e Mg, esta abundância ou déficit em alguns minerais é relativo a comparação a rocha-mãe.

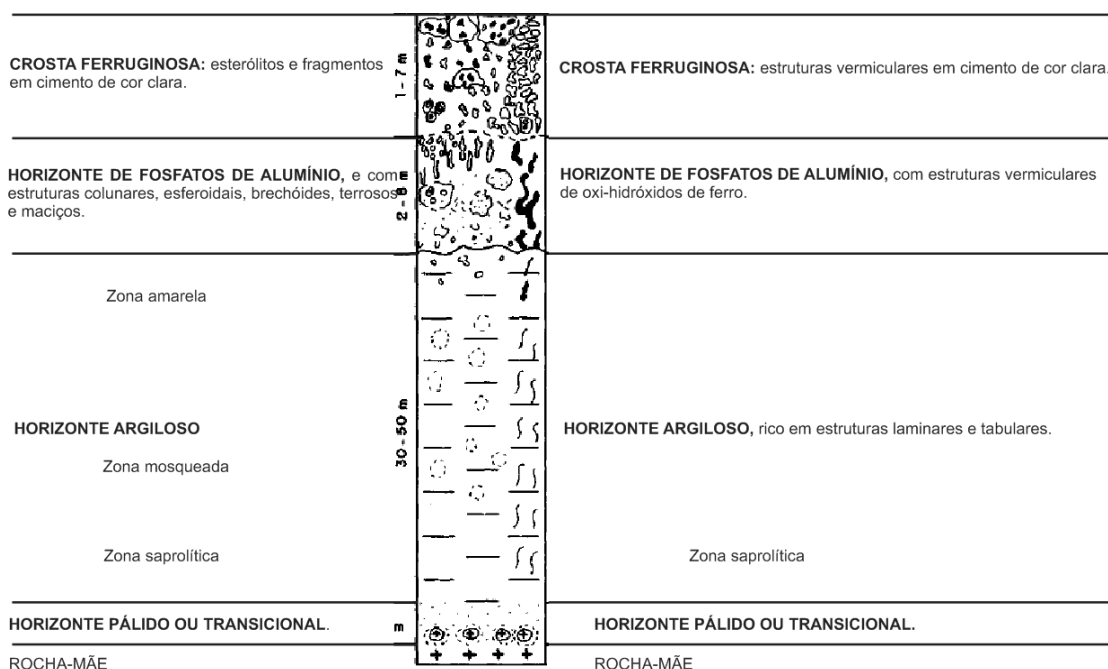
A composição mineralógica desses perfis lateríticos envolve principalmente oxi-hidróxidos de ferro e alumínio. Segundo a estrutura física, os lateritos classificam-se em: compactos, maciços, coesos e incoesos, terrosos ou argilosos.

Com coloração variando entre vermelho, violeta, amarelo, marrom e branco (COSTA, 1991).

A região norte do Brasil apresenta dois tipos de lateritos, os quais são: maduro e imaturo. O maduro é de idade do Eoceno – Oligoceno, cujos perfis são mais profundos e evoluídos, encontrados sobre relevo mais elevado (platôs e morros). Por outro lado, o laterito imaturo apresenta idade do Terciário Superior/Quaternário (Plio-Pleistoceno), forma o relevo mais jovem dominante na região Amazônica, possuindo um grau de evolução baixa e uma concentração de óxido de ferro em seu horizonte (COSTA, 1991).

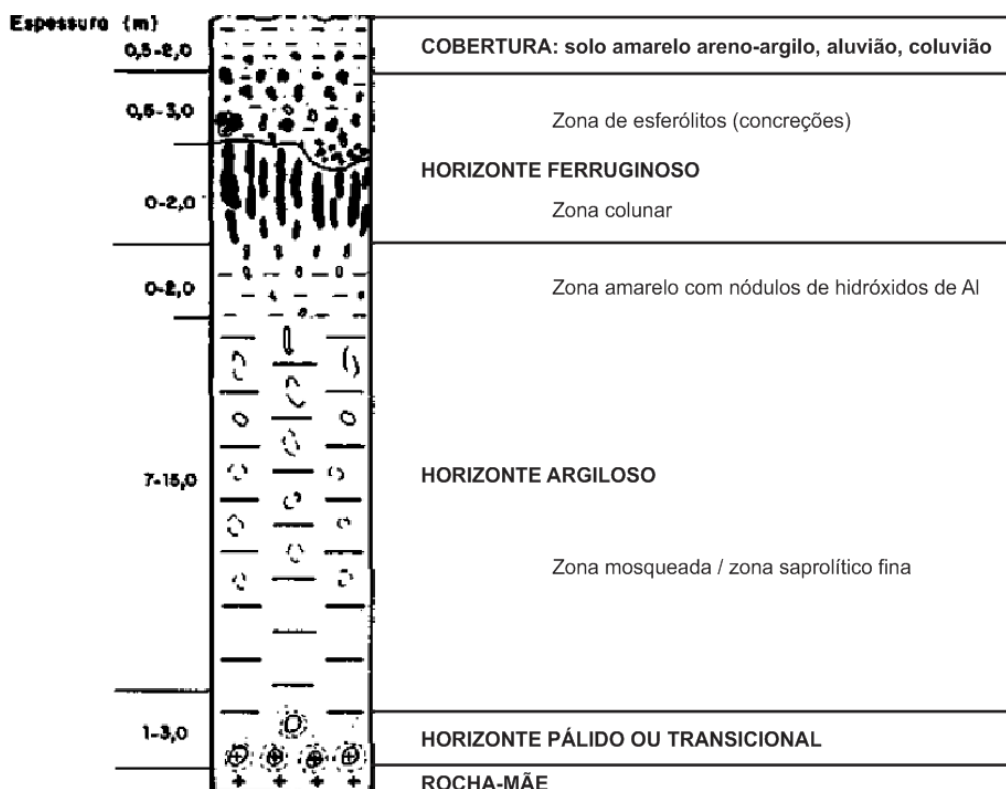
Segundo Costa (op. cit.) os lateritos maduros, cujos perfis apresentam-se mais desenvolvidos, com grande variedade de texturas e estruturas singenéticas, e amplo espectro de espécies minerais. Os perfis são sempre compostos horizontalmente por: crosta ferruginosa, horizonte bauxítico e/ou de fosfatos de alumínio, horizonte argiloso e o pálido ou transicional (Figura 12). Já os lateritos imaturos apresentam três horizontes característicos (Figura 13).

Figura 12 - Perfil geológico de lateritos maduros autóctones na Amazônia.



Fonte: Costa (1991).

Figura 13 - Perfil geológico de lateritos imaturos autóctones na Amazônia.



Fonte: Costa (1991).

3.5. ICNOFÓSSEIS

Os icnofósseis são estruturas biogênicas diversas que refletem funções comportamentais relacionadas mais ou menos diretamente à morfologia dos organismos que as produziram – pistas, escavações entre outros (CARVALHO; FERNANDES, 2000). Segundo Fernandes et al., (2002), os icnofósseis apresentam vantagens sobre os fósseis corporais, por serem representantes diretos de uma biocenose, já que ocorrem *in situ*. Além disso, por se tratarem de estruturas físicas, ocorrem em rochas onde a preservação das partes duras dos fósseis corporais não se preserva. Os icnofósseis, do ponto de vista paleobiológico, são as únicas evidências da existência de um grande número de organismos desprovidos de partes duras.

Além disso, os icnofósseis são também a única evidência direta dos modelos de comportamento (etologia) dos organismos do passado em estudos paleoecológicos (SEILACHER, 1967). Podem também auxiliar na documentação de

taxas de sedimentação, servir como indicadores de profundidade, oxigenação e salinidade, permitindo o conhecimento sobre paleoambientes de sedimentação (NETTO, 1995, 2001). Refletem atividades orgânicas, tais como alimento, locomoção, reprodução ou habitação (FREY; PEMBERTON, 1984).

Os icnofósseis representam entidades sedimentares e paleontológicas com grande potencial de indicação de ambiente no registro estratigráfico (FREY; PEMBERTON, op. cit.). Na área da Estratigrafia os icnofósseis auxiliam na identificação de superfícies estratigráficas-chaves, através de reconhecimento de icnofácies controladas pelo substrato e pela análise das sucessões icnológicas verticais. (WALKER; JAMES, 1992).

A análise de icnofóssil é utilizada para determinar o caráter geral da configuração paleodeposicional e apurar o conhecimento de seus parâmetros sedimentológicos e químicos. Para esta determinação duas abordagens são usadas: a) análise de icnofácies, que agrupam fósseis relacionados temporalmente e espacialmente, que apresentam determinadas condições deposicionais. As icnofácies podem definir-se como um conjunto de pistas e marcas associadas num dado sedimento e susceptível de fornecer informação de aspecto paleoambiental, as quais são classificadas de acordo com o icnofóssil mais frequente e característico; b) a análise de icnofábrica refere-se a todo aspecto da textura e da estrutura interna de um sedimento, resultante da bioturbação ocorrida em qualquer escala (BROMLEY, 1996).

4. FORMAÇÃO BARREIRAS (APÉU – CASTANHAL e OUTEIRO – BELÉM)

4.1. ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS

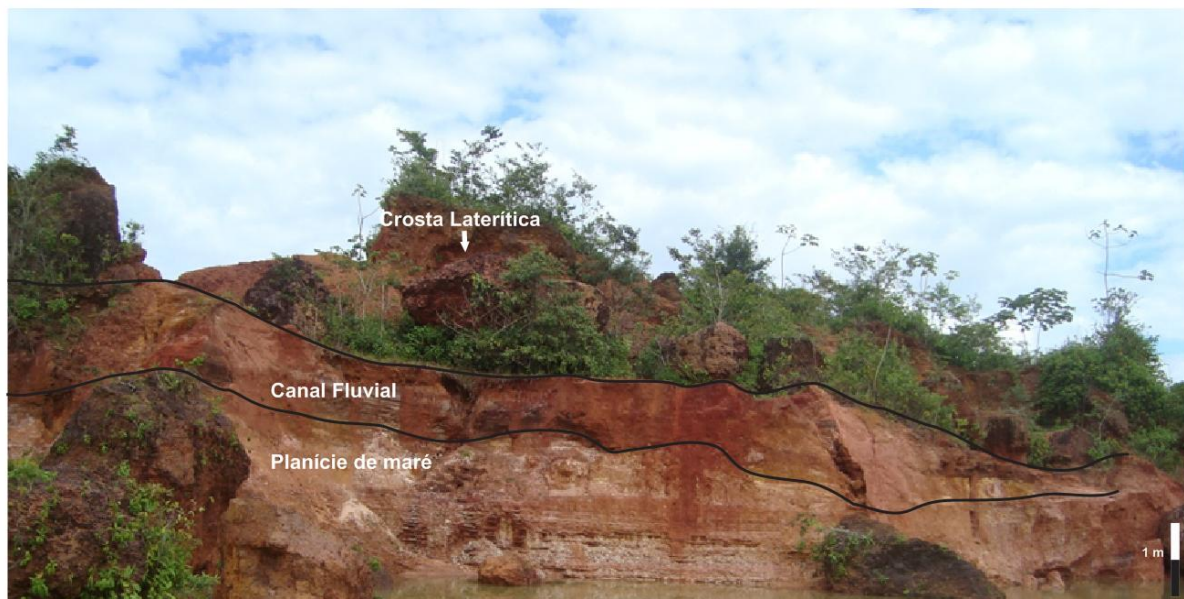
Devido a distancia entre as duas áreas e visando uma melhor compreensão da distribuição dos depósitos sedimentares em cada uma das áreas estudadas a descrição dos aspectos estratigráficos será realizada separadamente.

Na vila de Apeú os afloramentos têm aproximadamente 300 metros de extensão, 8 m de altura e de coloração predominantemente vermelha a marrom. Foram elaborados quatro perfis estratigráficos que representam as fácies e associações de fácies descritas neste trabalho (Figura 14). A sucessão é composta predominantemente de rochas siliciclásticas, de granulometria variando de fina a grossa e de coloração vermelha, amarela e marrom. A base da sucessão siliciclástica é caracterizada por camadas de 1,5 m com acamamento heterolítico com características ascendentes de *wavy*, *linsen* e *flaser*. Localmente, ocorrem depósitos argilosos mosqueados e bioturbados (paleossolos) que se sobrepõem de forma brusca as camadas heterolíticas. As bioturbações são semelhantes a marcas de raízes e tubos cilíndricos verticais e horizontais produzidos por organismos em forma de vermes. Os tubos e marcas de raízes são geralmente preenchidos por areia muito fina.

Lateralmente e verticalmente os depósitos heterolíticos são truncados bruscamente por depósitos arenosos e seixosos (conglomerados), maciços e com estratificação cruzada acanalada e tangencial. A superfície tem caráter erosivo com base escavada e localmente conglomerática. Os depósitos arenosos apresentam granulometria fina a muito fina e se estendem lateralmente por dezenas de metros. Icnofósseis caracterizados por tubos verticais e horizontais com paredes rugosas, descritos como pertencentes ao icnogênero *Ophiomorpha* são comuns nos depósitos arenosos. As camadas conglomeráticas são lateralmente descontínuas e pouco espessas (< 25 cm). Os clastos são compostos de fragmentos angulosos de argila e seixos arredondados de quartzo. Depósitos de *lags* seixosos são comuns. Localmente, ocorrem blocos métricos e centimétricos de composição argilosa e bioturbado, semelhante aos encontrados nos paleossolos. Em direção ao topo da sucessão sedimentar ocorrem camadas de arenitos grossos a muito grossos, ferruginizados e com estratificações cruzadas acanaladas e tangenciais e estratificação plano-paralela, e localmente maciça.

O topo da sucessão é marcado pela ocorrência de uma crosta laterítica de aproximadamente 1,5 m. A crosta laterítica apresenta distribuição lateral irregular nos afloramentos estudados só ocorrendo nas porções mais elevadas dos afloramentos. Estes depósitos apresentam camadas de formas irregulares e são cobertos por sedimentos finos recentes. A crosta laterítica desmantelada (Figura 15) representa uma importante superfície de exposição subaérea e sua forma lateralmente irregular sugere a morfologia do terreno na época de deposição dos clastos ferruginosos.

Figura 15 - Crosta laterítica dismantelada, de aproximadamente 1,5 m de altura, e os subambientes da área de estudo. Localização: Vila de Apeú.



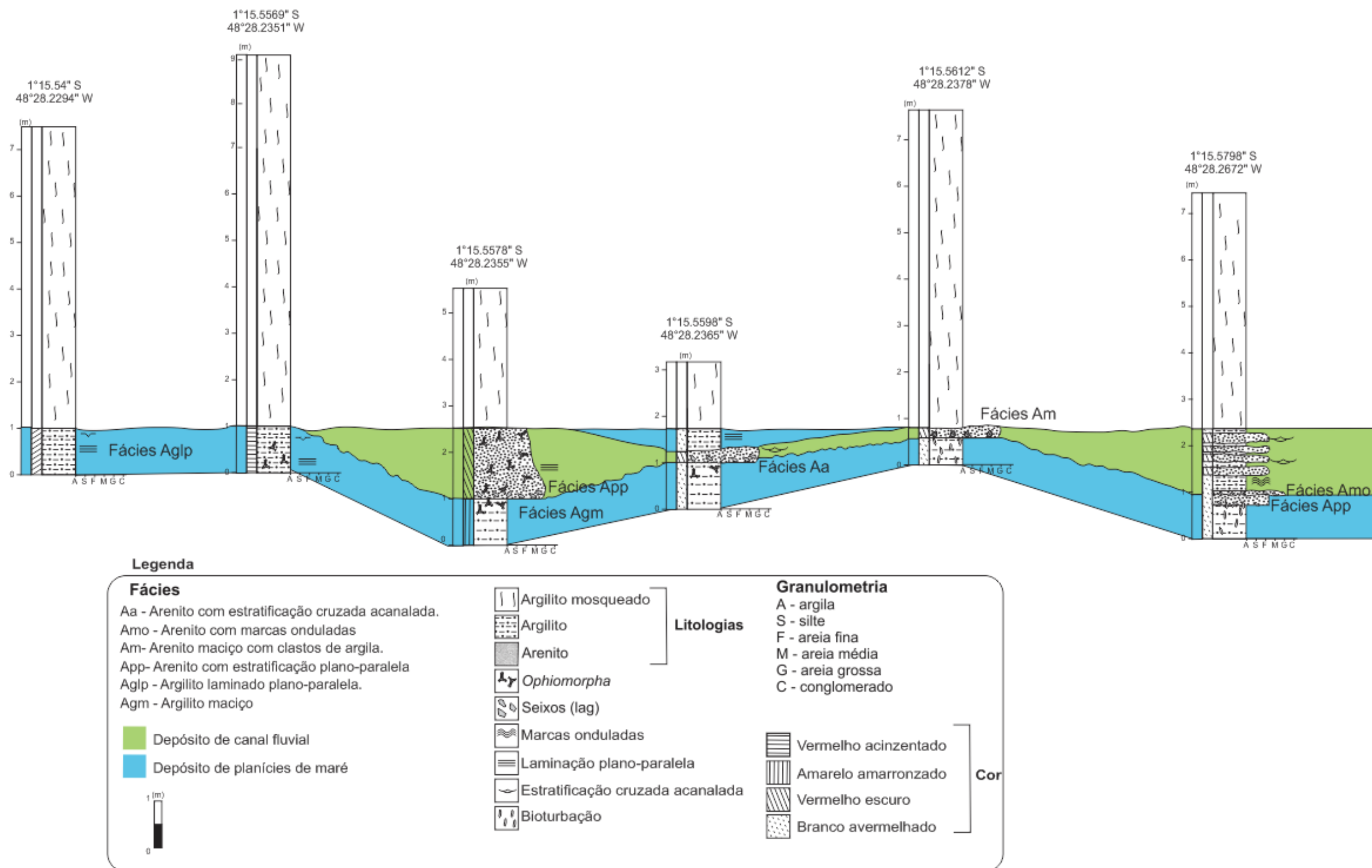
Na ilha de Outeiro, os perfis estratigráficos (Figura 16) foram obtidos em escarpas e falésias de aproximadamente nove metros de altura situados da Praia Grande, que apresenta uma extensão de aproximadamente 1600 metros. A sucessão é composta predominantemente de rochas siliciclásticas, de granulometria variando de areia fina a grossa e argilosa, localmente conglomerática. As rochas apresentam diversas tonalidades, que variam de vermelha, amarela e branca. No total foram elaborados seis perfis estratigráficos distanciados entre si cerca de aproximadamente 100 metros.

A base da sucessão siliciclástica é caracterizada por camadas de argila maciça localmente com laminação plano-paralela. Gretas de contração preenchidas por areia são observadas no topo das camadas de argila. Icnofósseis de *Ophiomorpha* são comuns principalmente próximos ao topo dos depósitos argilosos. Estes traços formam galerias contínuas com disposições horizontais e verticais. Outros icnofósseis são pouco comuns e se restringem a tubos horizontais e verticais retilíneos. Lateralmente as camadas argilosas são truncadas por depósitos arenosos e conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada que se acunham lateralmente. A base da superfície de truncamento é de caráter erosivo e apresentando *lags* conglomeráticos. Icnofósseis de *Ophiomorpha* são comuns

também nestes depósitos. Localmente, ocorrem arenitos grossos com estratificação plano-paralela e marcas onduladas.

Em direção ao topo estes depósitos passam para camadas heterolíticas com estratificação plano-paralela e cruzada acanalada que se estendem por dezenas de metros. Localmente, estas camadas apresentam *lags* conglomeráticos argilosos na base. Lentes de arenitos finos ferruginizados e com marcas onduladas ocorrem no topo das camadas de heterolíticas com estratificação plano-paralela. Camadas argilosas de cor cinza esbranquiçada ocorrem de forma restrita abaixo das camadas heterolíticas. O topo da sucessão siliciclástica é caracterizado por um espesso horizonte mosquedo com fraturas, aspecto colunar e gretas de contração. Na praia ocorrem irregularmente distribuídos blocos métricos de camadas ferruginosas endurecidas que se apresentam estratificados.

Figura 16 - Perfis estratigráficos na área de trabalho localizados na ilha de Outeiro, na Praia Grande, e seus ambientes deposicionais.



4.2. ANÁLISE DE FÁCIES.

Na Formação Barreiras foram identificadas em 10 fácies sedimentares agrupadas em duas associações de fácies. As fácies sedimentares são caracterizadas por rochas siliciclásticas finas e grossas com predominância de arenitos finos a grossos, argilitos, camadas heterolíticas e conglomerados. A designação destas levou em consideração o código de Miall (1977), utilizando letras maiúsculas para identificar a litologia principal, ao lado de letras minúsculas para indicar a estrutura principal da fácies.

4.2.1. Litofácies Aa – Arenito com estratificação cruzada acanalada.

Esta fácies é constituída por arenito fino a médio de coloração vermelha escuro, apresentando granocrescência ascendente, grãos moderadamente selecionados, sub-angulosos a arredondados com baixa esfericidade baixa. Estes arenitos são caracterizados pela presença de estratificação cruzada acanalada (Figuras 17 e 18) e icnofósseis de *Ophiomorpha* (Figura 19). Os depósitos ocorrem na forma de corpos descontínuos lateralmente, com espessura média de 3 m. Os icnofósseis de *Ophiomorpha* representam galerias tubulares dispostas de forma predominantemente vertical, e localmente horizontal. As paredes dos tubos são caracterizadas por aspecto rugoso, composta de pelotas de composição argilosa e o tubo é preenchido por grãos de areia média. Estas características classificam estes icnitos como pertencentes à icnoespécie *Ophiomorpha nodosa* Lundgren.

Os arenitos com estratificação cruzada acanalada são interpretados como depósitos gerados através da migração de formas de leito de cristas sinuosas (3D) em canal fluvial com fluxo unidirecional em regime de fluxo inferior (HARMS; SOUTHARD; WALKER, 1982). Os icnofósseis de *Ophiomorpha* são interpretados como escavações de *Callianassa* em depósitos com influência marinha.

Figura 17 - Litofácies Aa: Arenito médio de coloração vermelha escuro, aspecto ferruginizado, apresentando estratificação cruzada acanalada, clastos de argila pertencentes à fácies C são observados na porção inferior da foto. Localização: Vila de Apeú.



Figura 18 - Litofácies Aa: Arenito médio, de coloração vermelha amarelado, apresentando estratificação cruzada acanalada, vista de forma longitudinal. Localização: Vila de Apeú.



Figura 19 - Litofácies Aa: Arenito médio, de coloração amarelo avermelhado, apresentando icnofósseis de *Ophiomorpha*, com aspecto nodoso e de aproximadamente 12 cm de comprimento. Localização: Vila de Apeú.

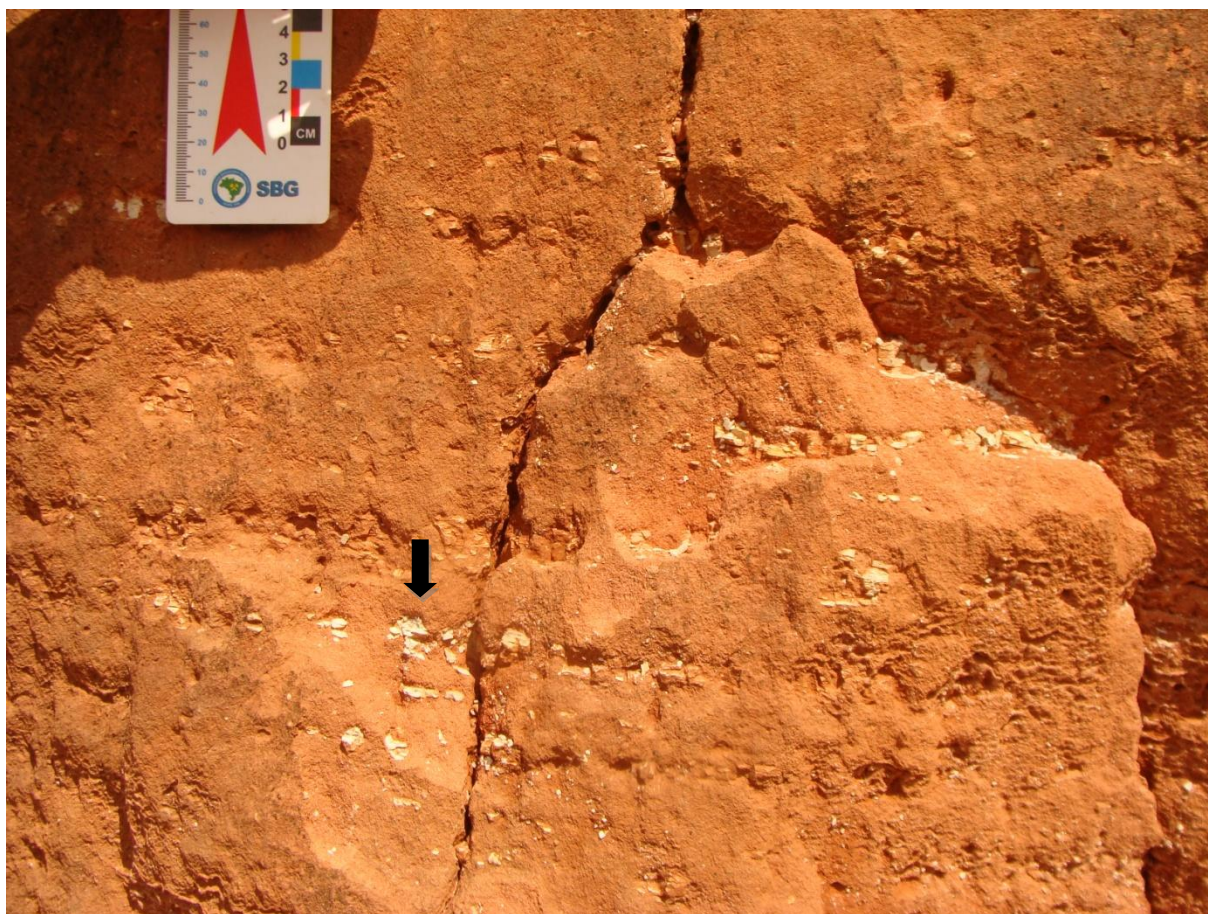


4.2.2. Litofácies Am – Arenito maciço com clastos de argila e *lags* seixosos de quartzo.

Esta fácies é constituída por arenito fino a médio, maciço de coloração vermelha, grãos moderadamente selecionados, sub-angulosos a arredondados. Lentes descontínuas compostas por clastos de argila e seixos de quartzo dispersos, ocorrem distribuídas irregularmente na fácies. Os clastos de argila são alongados, enquanto que os seixos de quartzo são oblatos. As camadas apresentam geralmente uma espessura média de 1,5 m (Figura 20).

Arenitos maciços podem ser formados por diferentes processos deposicionais e pós-deposicionais, entre eles: fluxos de alta viscosidade, rápida deposição, liquefação, bioturbação, alteração diagenética e intemperismos. As duas primeiras não formam estratificações evidentes, enquanto que as quatro últimas destruiriam as estruturas sedimentares primárias. Liquefação e rápida deposição podem ser descartadas, pois mesmo maciço a fácies apresenta ainda certa organização das lentes de *lags*. A hipótese de intensa alteração diagenética pode ser descartada pelo fato das rochas serem pós-cretáceas para passarem por extenso soterramento. Bioturbação pode ser descartada, pois não existem evidências de icnofósseis nesta fácies. O intemperismo químico, que atua de forma intensa na região, poderia ser um dos fatores para a homogeneização da areia destruindo as estratificações mais preservando os depósitos de *lag*. Outra possibilidade, talvez a mais próxima da realidade, seria fluxos de alta viscosidade e alta energia, que não permitiriam a formação de estratificações, mas possibilitariam a formação dos depósitos de *lags* de argila. Os *lags* de argila e quartzo são depósitos residuais deixados depois que as partículas finas são transportadas por fluxos que não tem competência para transportar o material grosso.

Figura 200 - Litofácies Am: Arenito fino a médio maciço, apresentando lentes descontínuas compostas de clastos de argila e seixos de quartzo dispersos, note o aspecto alongados dos clásticos. Localização: Vila de Apeú.



4.2.3. Litofácies App – Arenito com estratificação plano-paralela

Esta fácies é caracterizada por camadas tabulares que se estendem por algumas dezenas de metros composta de arenitos finos a médios, esbranquiçados, com estratificação plano-paralela (Figura 22) e icnofósseis de *Planolites* (Figura 23). Na base desta litofácies é possível observar delgadas lentes descontínuas composta de clastos arredondados de argila. Os icnofósseis de *Planolites* são tubos horizontais, elípticos à esféricos em visão transversal e preenchidos por areia grossa. Esta fácies passa bruscamente para arenitos grossos a muito grossos com marcas onduladas da fácies Amo.

Estratificação plano-paralela foi formada por transporte em leito plano em fluxos de alta velocidade que caracterizam o regime de fluxo superior. A presença de

icnofósseis de *Planolites* indica proliferação de organismos vermeformes sedimentófagos em substrato ainda inconsolidado.

Figura 21 - Litofácies App: Arenito com estratificação plano-paralela, de coloração esbranquiçada, apresentando estratificação plano paralela que recobre os argilitos maciços com *Ophiomorpha*. No topo ocorrem os depósitos de canal. Localidade: Ilha de Outeiro.



Figura 22 - Litofácies App: Presença de icnofósseis de *Planolites*, preenchido por material de granulometria grossa. Localização: Outeiro – Belém.

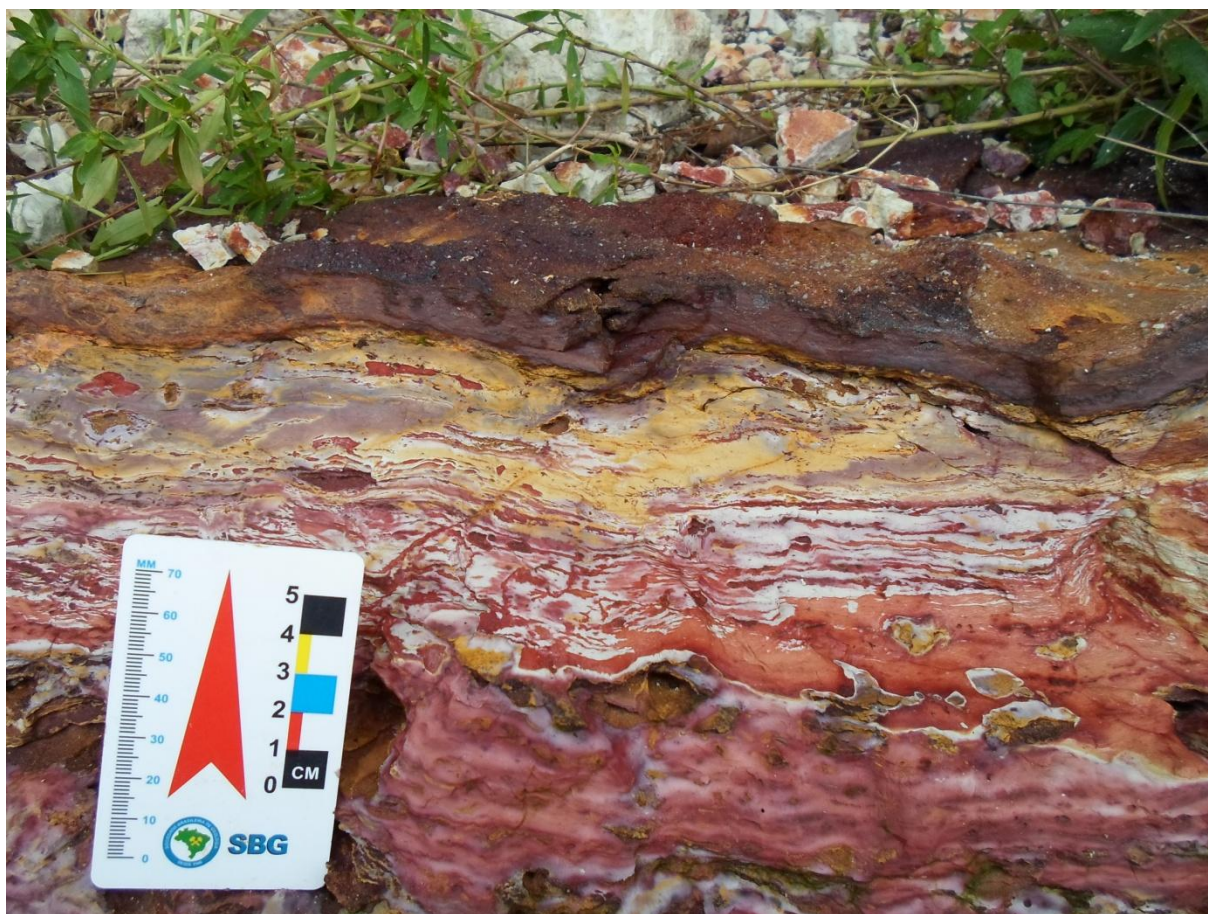


4.2.4. Litofácies Amo – Arenito com marcas onduladas.

Esta fácies é caracterizada por camadas delgadas de arenitos grossos a muito grossos de cor vermelha escura e com marcas onduladas. A base das camadas é irregular e erosiva (Figura 24). As cristas são irregulares e descontínuas semelhantes a marcas onduladas de crista sinuosa.

Marcas onduladas de crista sinuosa em arenitos grossos são produzidas em regime de fluxo inferior. A base irregular das camadas de arenitos sugere fluxos de alta velocidade que causaram a erosão da camada inferior caracterizada por arenitos da fácies App.

Figura 23 - Litofácies Amo – Arenito grosso a muito grosso, de coloração vermelha escura com marcas onduladas, sendo que a base da camada apresenta caráter erosivo sob a fácies App e icnofósseis de *Planolites*. Localização: Ilha de Outeiro.



4.2.5. Litofácies Af – Arenito com acamamento heterolítico do tipo *flaser*.

Esta fácies é composta por material de granulometria que varia de argila a areia fina à média, tendo como estrutura principal o acamamento heterolítico do tipo *flaser*, onde a quantidade de areia é bem maior que de argila. As lentes de argila se encontram descontínuas e preenchendo as cavas de laminações onduladas. A disposição desta fácies é na forma de camadas que atingem até 1 m de espessura (Figuras 25 e 26).

A estrutura sedimentar do tipo *flaser* é caracterizada por uma fina camada de lama depositada sobre marcas onduladas. A lama é mais espessa na cava do que nas cristas, onde pode ser erodida com o aumento da energia das correntes associado ao aumento da altura das marés (REINECK; SINGH, 1973):

Figura 24 - Litofácies Af: Arenito de granulometria fino a médio com acamamento heterolítico do tipo *flaser*, as argilas estão dispostas lateralmente de forma irregular. Localização: Vila de Apeú.



Figura 25 - Litofácies Af: Arenito de granulometria fina a média com acamamento heterolítico do tipo *flaser*. Localização: Vila de Apeú.



4.2.6. Litofácies Agl – Argilito em acamamento heterolítico do tipo *linsen*.

Esta fácies é composta por material de granulometria que varia de argila a areia fina, tendo como estrutura principal o acamamento heterolítico do tipo *linsen*. A disposição desta fácies é na forma de camadas contínuas lateralmente por algumas dezenas de metros e que atingem até 70 cm de espessura (Figura 27).

Segundo Reineck e Singh (1980), no acamamento heterolítico do tipo *linsen* ou camada lenticular, ondulações de areia ou lentes são descontínuas e isoladas, não só na vertical, mas também no sentido horizontal. Assim, ondulações são produzidas sob a forma de corpos lenticulares isolados sobre um substrato lamoso. A camada lenticular é produzida quando as ondulações de areia incompletas são formadas em substrato lamoso e preservadas como um resultado da deposição da camada de lama que será depositada acima. O fornecimento de areia é escasso, de

modo que apenas ondulações incompletas são produzidas (REINECK; SINGH, 1980).

Figura 26 – Litofácies Agl: Argilito em acamamento heterolítico do tipo *linsen*. Localização: Vila de Apeú.



4.2.7. Litofácies Rw – Ritmito com acamamento tipo wavy.

Esta fácies é composta por lentes de granulometria areia e argila que se intercalam de forma regular. Ambas as lentes apresentam espessuras aproximadas de não mais que 5 cm. As lentes de areia são levemente onduladas o que caracteriza um acamamento heterolítico do tipo wavy. A disposição desta fácies é na forma de camadas tabulares com distribuição lateral por algumas dezenas de metros e espessuras que atingem até 1 m (Figura 28).

Ao acamamento heterolítico do tipo wavy, segundo Reineck e Singh (1980), correspondem a camadas onduladas de areia alternadas com camadas de lama de forma contínua. As camadas de lama quase enchem por completamente a crista

ondulada, de modo que a superfície da camada de lama apenas ligeiramente segue a concavidade e convexidade da superfície subjacente das areias onduladas. Intercalações rítmicas de areia e argila são formadas durante as variações das marés, em canais de maré ou planícies de maré.

Figura 27 - Litofácies Rw: Ritmito composto por intercalações de argila e arenito fino, com acamamento heterolítico do tipo wavy. Localização: Vila de Apeú.



4.2.8. Litofácies Agm – Argilito maciço.

Esta fácies é composta basicamente por material de granulometria argila. Apresenta coloração predominantemente esbranquiçada com manchas avermelhadas (devido à presença de hematita), localmente apresenta diferentes cores (cinza esverdeada, amarelo amarronzado, vermelho escuro) (Figura 29). A espessura não é muito variada, apresenta em torno de 1 m de altura. O conteúdo fóssilífero desta fácies, está relacionado a presença irregular de icnofósseis de *Ophiomorpha* e tubos de verme (Figura 30 e 31). Os icnofósseis de *Ophiomorpha*

apresentam predominantemente formas horizontais, com poucos exemplares na posição vertical. Os tubos são geralmente preenchidos por areia média a grossa de cor amarelada e avermelhada. Próximas ao topo da fácies no contato com a fácies Aa os tubos se tornam mais verticalizados. Os tubos de verme são retilíneos e variam de verticais a inclinados; o preenchimento é geralmente composto de areia média a grossa e as paredes são irregulares.

Esta litofácies foi observada nos dois pontos estudados, apresentam características similares, espessura de ambas é de aproximadamente 1 metro, porém apenas em Outeiro foi possível observar *Ophiomorpha* nesta litofácies, sendo que em Apeú o conteúdo fossilífero para esta litofácies é a presença de bioturbações pequenas e marcas de raízes. Em Apeú esta fácies apresenta-se de forma mais restrita, com aspecto mosqueado e colunar.

O aspecto maciço desta litofácies está relacionado a deposição por decantação em águas calmas. A ausência de estrutura sedimentar pode também estar associada à falta de contraste granulométrico, impossibilitando a formação de planos de fissilidade ou a intensa bioturbação que é encontrada nesta fácies. Em Apeú a presença de marcas de raízes e o padrão de mosqueamento sugerem que este depósito podia se tratar de um paleossolo. A presença de icnofósseis de *Ophiomorpha* sugere influencia marinha nestes depósitos.

Figura 28 Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração esbranquiçada avermelhada com bioturbação de tubos de vermes. Localização: Ilha de Outeiro.



Figura 29 - Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração esbranquiçada avermelhada, com a presença de icnofósseis *Ophiomorpha*, preenchido por um material de granulometria grossa. Localização: Ilha de Outeiro.

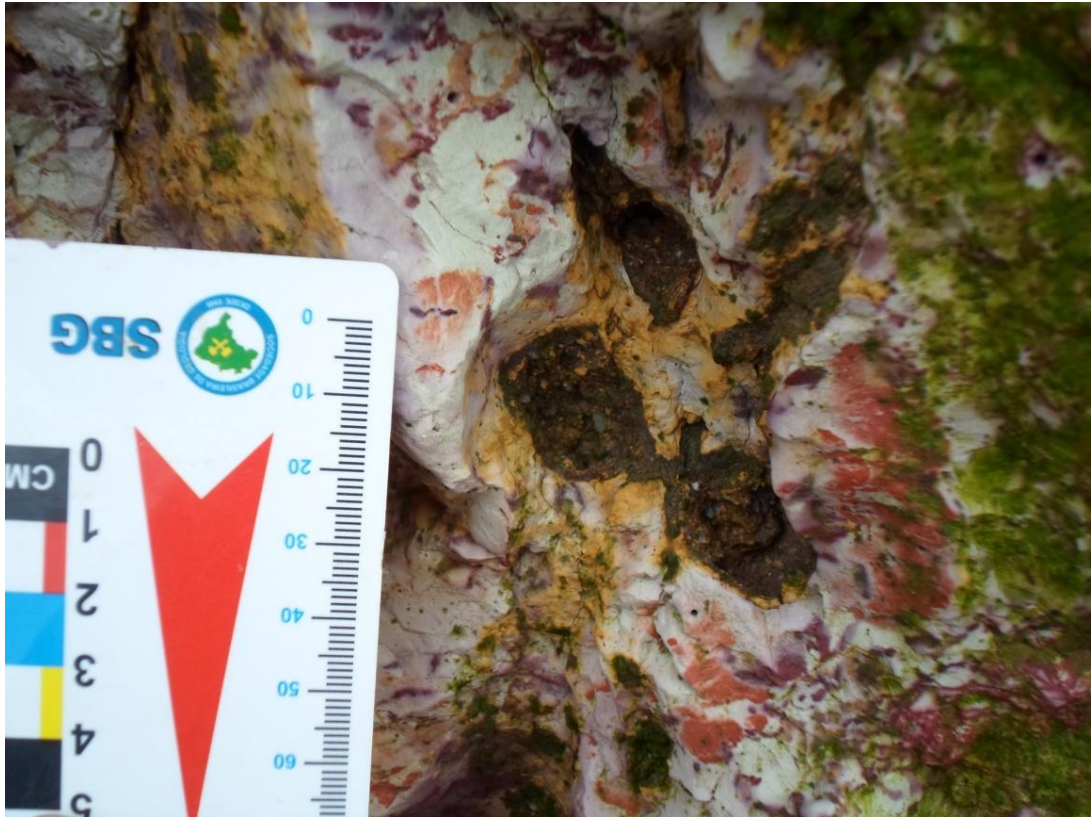


Figura 30 - Litofácies Agm: Argilito maciço, de coloração branco avermelhado, aspecto mosqueado e colunar, presença de bioturbações e marcas de raízes. Localização: Vila de Apeú.



4.2.9. Litofácies Aglp – Argilito com laminação plano-paralela.

Esta fácies é composta basicamente por material de granulometria argila de coloração predominantemente amarela esbranquiçada com manchas avermelhadas (devido à presença de hematita), laminação plano-paralela (Figura 32) e gretas de contração de tamanhos variados (Figura 33). Nesta fácies também ocorrem icnofósseis de *Ophiomorpha* (Figura 34), com predominância de icnitos verticais e com distribuição irregular. Os tubos são preenchidos por areia média e as paredes são caracterizadas por pelotas de argila. A espessura desta fácies não é muito variada, apresenta em torno de 1 m de altura. Gretas de contração foram observadas em dois pontos da Praia Grande na ilha de Outeiro. No primeiro elas apresentam padrões poligonais de formas irregulares de tamanhos métricos, internamente pequenas gretas ocorrem próximas as bordas das gretas maiores. O preenchimento das gretas é de areia ferruginizada.

O aspecto laminado desta litofácies está relacionado a deposição por suspensão em condições de baixa energia. A presença de grandes gretas de contração sugere exposição subárea de áreas planas e extensas. A superfície de exposição onde as gretas se formaram foi posteriormente coberta de areias finas que preencheram as fissuras. A presença escassa de *Ophiomorpha* é possivelmente devido ao início da colonização por crustáceos decápodes *Callianassas* do substrato, já que para o topo, nas fácies superiores eles são abundantes.

Figura 31 - Litofácies Aglp: Argilito laminado, de coloração amarelo esbranquiçado com laminação plano-paralela. Localização: Ilha de Outeiro.

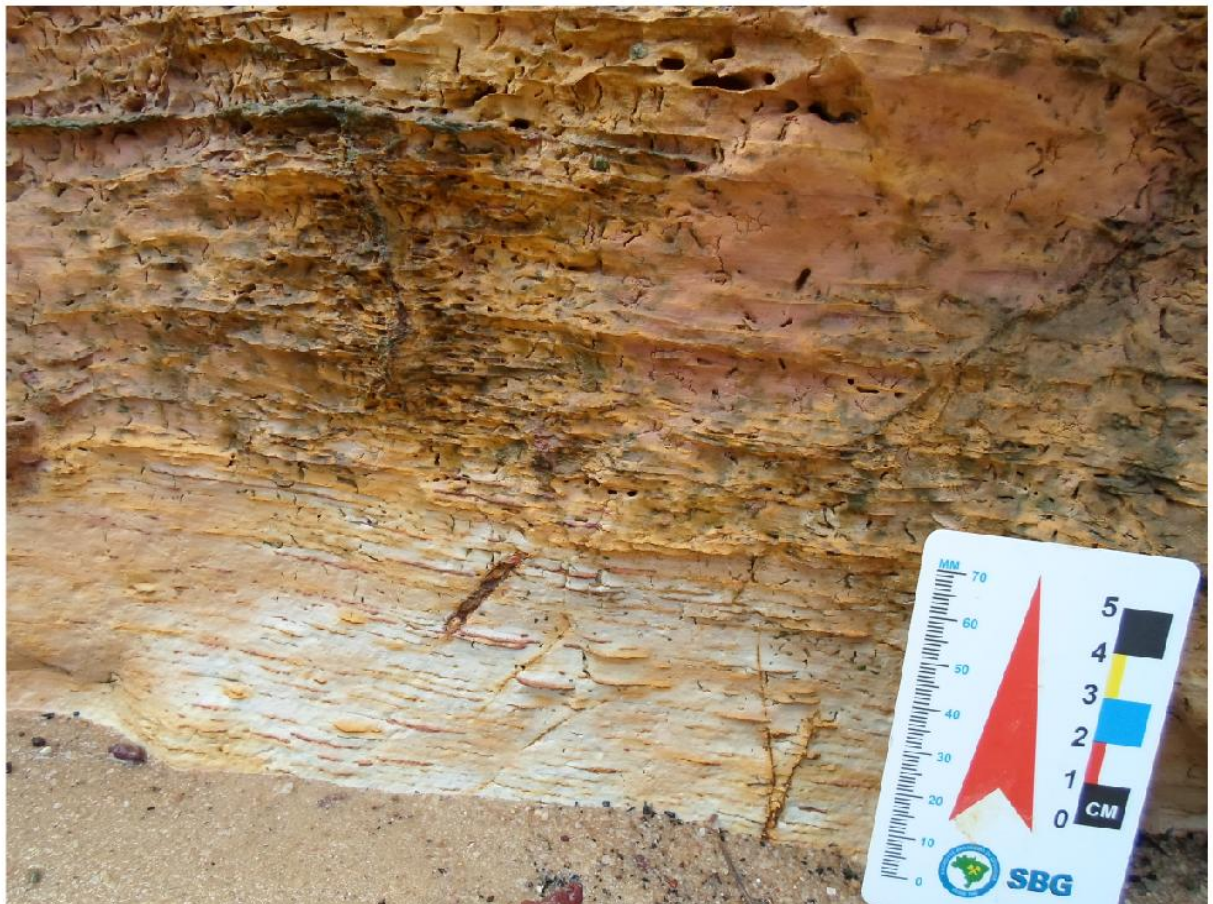


Figura 32 - Gretas de contração métricas que ocorrem no topo da fácies Aglp na Praia Grande, note o padrão poligonal das gretas. Localização: Ilha de Outeiro.

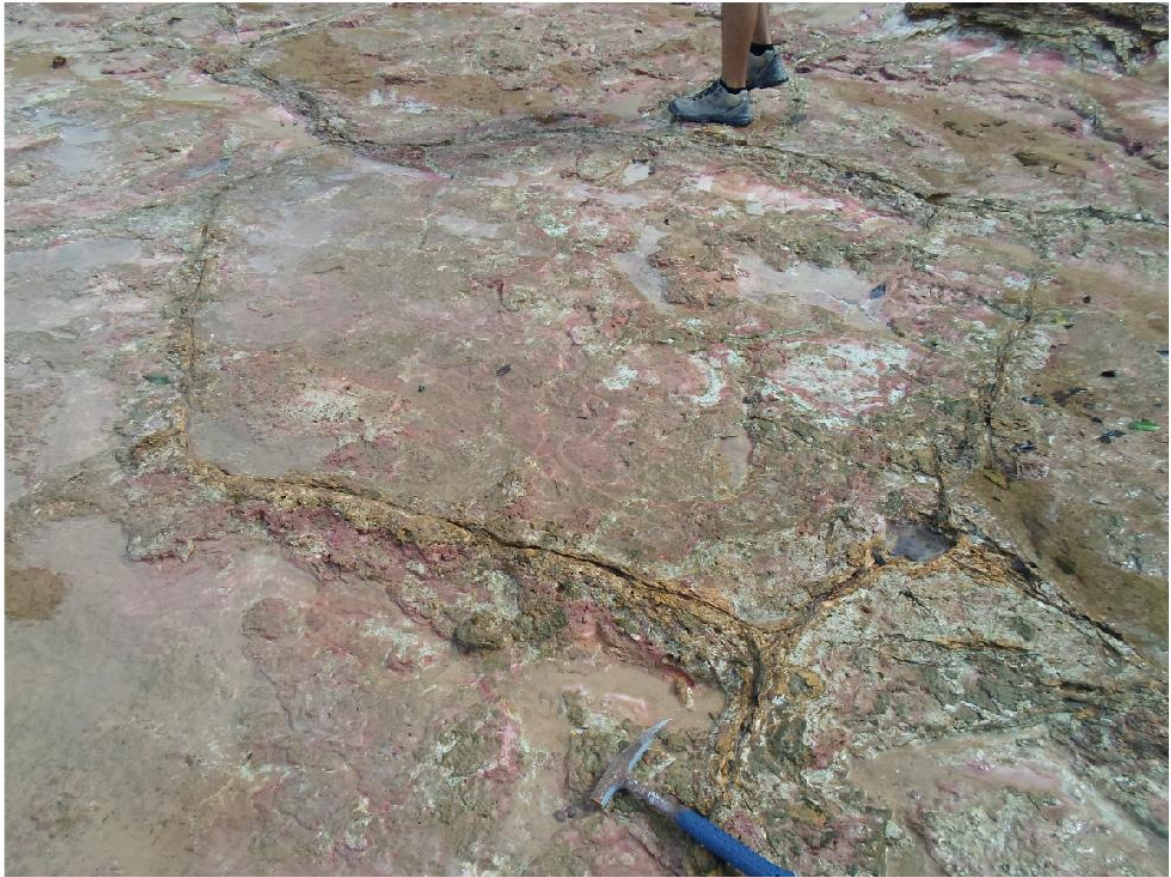
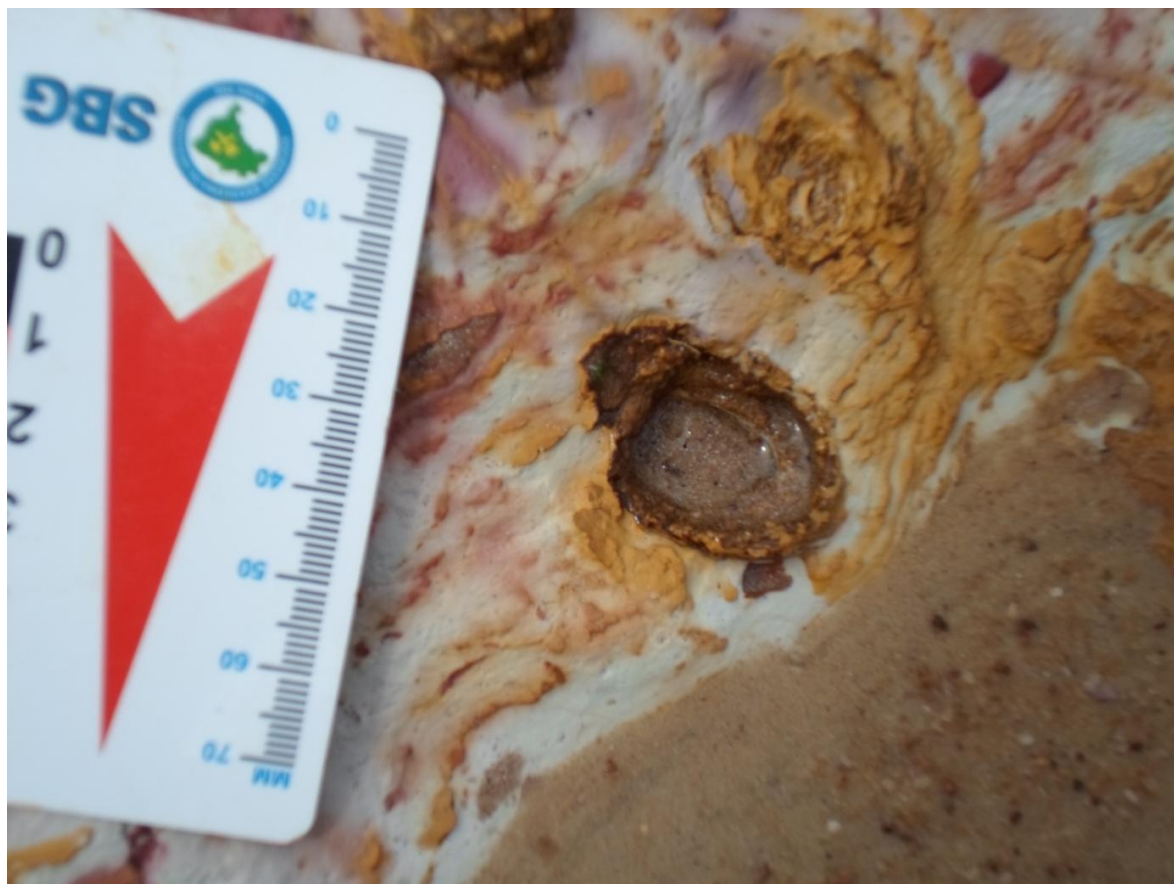


Figura 33 - Presença de icnofóssil *Ophiomorpha nodosa* preenchido por uma areia grossa, na fácies Aglp. Localização: Ilha de Outeiro.



4.2.10. Litofácies C – Conglomerado

Esta fácies é constituída por arenito grosso a conglomerático, mal selecionado, de coloração vermelha. A matriz é caracterizada por grãos tamanho areia grossa, moderadamente selecionados, sub-angulosos e os clastos apresentam composição argilosa e tamanho médio de 5 cm, porém localmente é possível observar blocos de argila de até 1 m de tamanho. Localmente ocorrem seixos alongados e achatados de quartzo. Os blocos de argila apresentam bioturbados por marcas de raízes e tubos simples, todos preenchidos por areia fina. Estes blocos ocorrem somente na vila de Apeú em depósitos que apresentam uma espessura média de 2 m e geralmente associada à fácies Aa (Figuras 35 e 36).

Esta litofácies é resultado de fluxo de detritos, fluxo viscoso e baixa coesão interna. A composição dos blocos é semelhante ao da fácies Agm, com padrão mosqueado, bioturbação e marcas de raízes. A presença desses blocos maiores

semelhantes aos da fácies Agm, associado aos arenitos da fácies Aa é possivelmente originado pelo colapso das margens de rios durante a migração. Este processo erode as porções próximas ao nível de água do rio deixando o topo das margens que gravitacionalmente caem para dentro do rio. Este fenômeno é chamado de terras-caídas.

Figura 34 - Litofácies C - Arenito grosso a conglomerático, composto de clastos de argila e blocos da fácies Agm. Localização: Vila de Apeú.

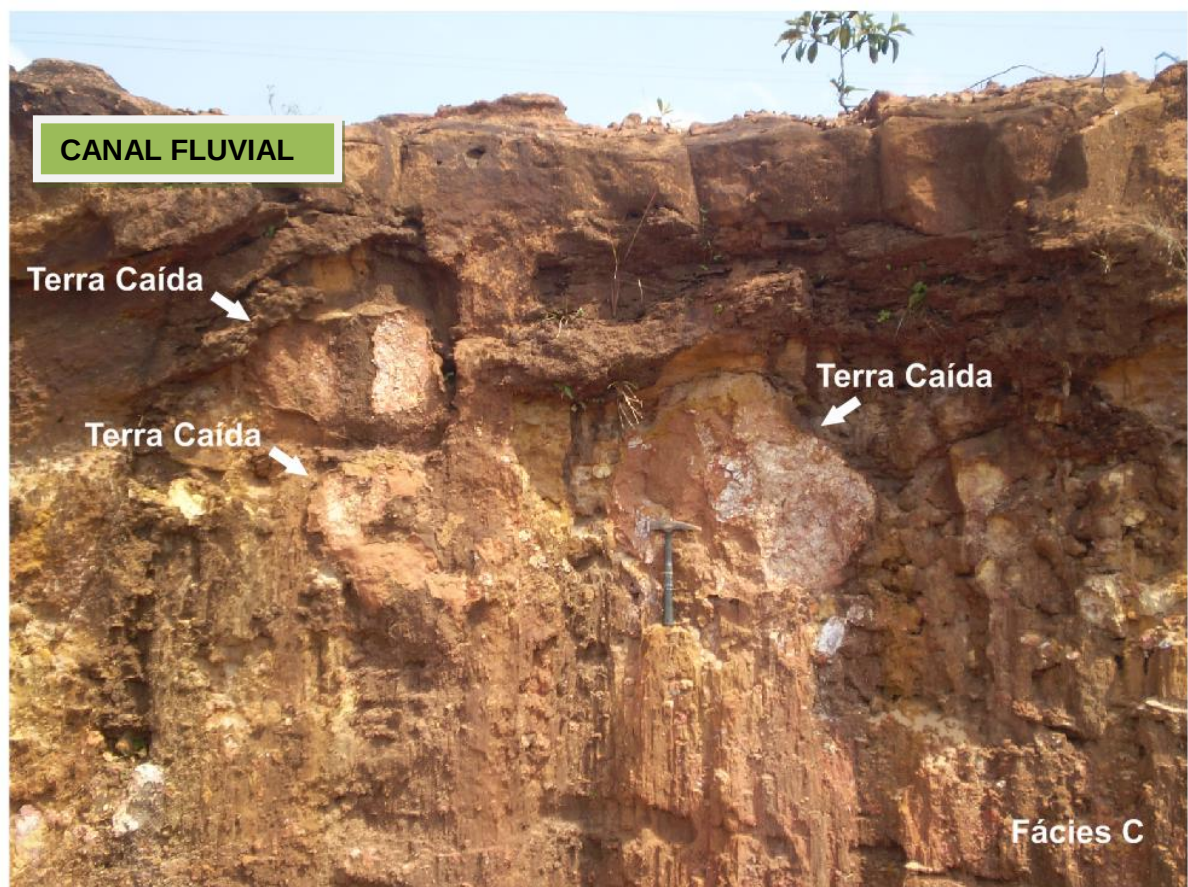


Figura 35 - Litofácies C: Arenito grosso a conglomerático, composto de clastos de argila e *lags* de quartzo na base. Localização: Vila de Apeú.



4.3. ASSOCIAÇÃO FACIOLÓGICA

As fácies sedimentares descritas para a Formação Barreiras estão sintetizadas na Tabela 2, já na Tabela 3 estas fácies foram agrupadas em duas associações de fácies que representam respectivamente: (1) Canal fluvial e (2) Planície de maré.

Tabela 2 - Sumário das litofácies da Formação Barreiras. Identificação, descrição e interpretação dos processos sedimentares.

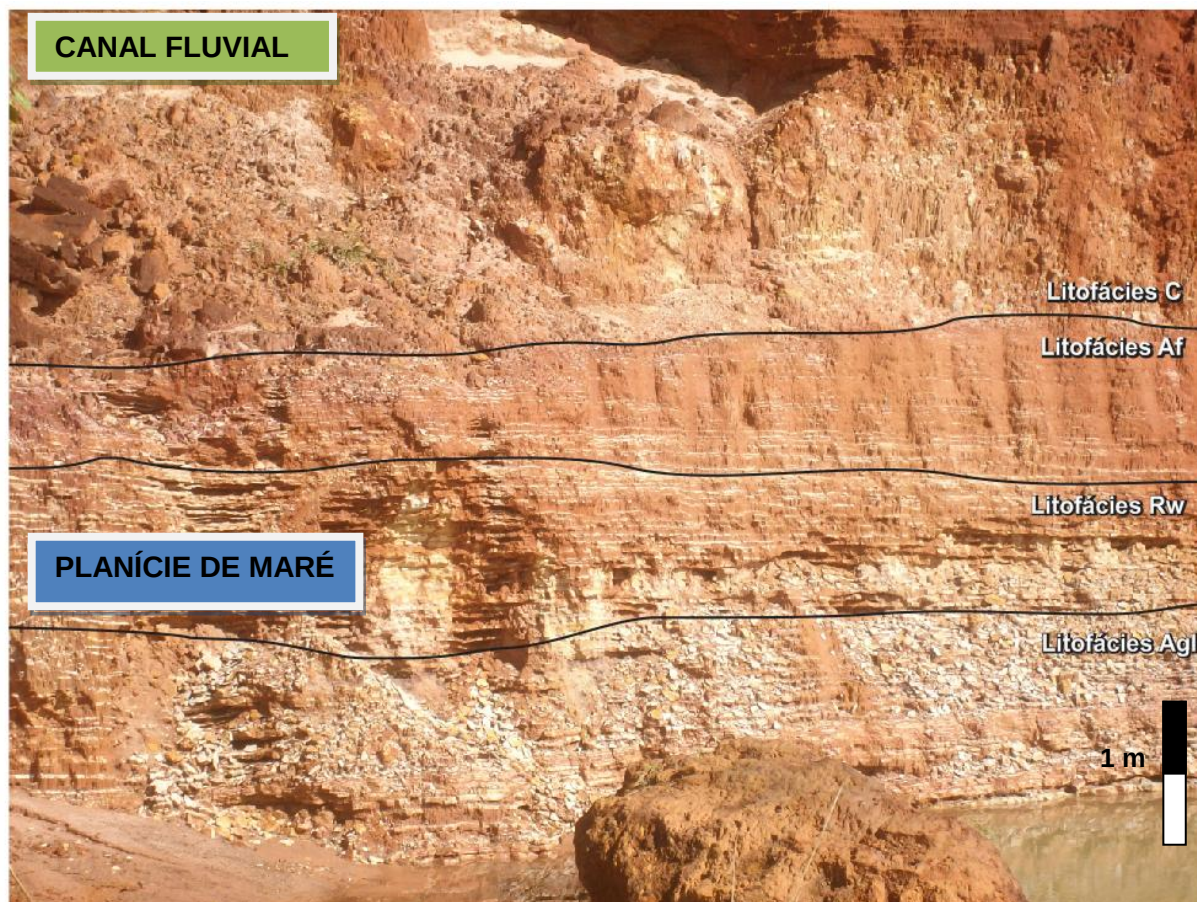
Nº	Fácies	Estruturas	Processo
1	Aa - Arenito com estratificação cruzada acanalada	Estratificação cruzada acanalada e icnofósseis de <i>Ophiomorpha nodosa</i> .	Migração de formas de leito (3D) de cristais sinuosas em canal fluvial com fluxo unidirecional em regime de fluxo inferior.
2	Am - Arenito maciço com clastos de argila e <i>lags</i> seixosos de quartzo.	Sem estrutura	Fluxos de alta velocidade e densidade. Deposição de material grosso no fundo de canais.
3	App – Arenito com estratificação plano-paralela	Estratificação plano-paralela. Presença de icnofósseis <i>Planolites</i> .	Transporte em leito plano em fluxos de alta velocidade que caracterizam o regime de fluxo superior
4	Amo – Arenito com marcas onduladas	Marcas onduladas	Migração de pequenas marcas onduladas em regime de fluxo inferior produzida por ação de correntes.
5	Af – Arenito com acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i>	Acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i> .	Predominância de tração e migração de marcas onduladas durante a ação de ondas e deposição de lama por suspensão na maré estufa.
6	Agl - Argilito em acamamento heterolítico do tipo <i>linsen</i> .	Acamamento heterolítico do tipo <i>linsen</i> .	Predomínio de deposição por suspensão e esporádicos influxos de grãos terrígenos grossos.
7	Rw – Ritmito com acamamento heterolítico wavy.	Acamamento heterolítico do tipo <i>wave</i> .	Alternância de tração e suspensão durante a ação de correntes de maré.
8	Agm – Argilito maciço	Maciço, marcas de raízes, tubos de verme e <i>icnitos</i> <i>Ophiomorpha</i>	Depósitos de decantação em águas calmas, por suspensão. Bioturbação por crustáceos decápodes e processos pedogenéticos.
9	Aglp - Argilito laminado plano-paralela.	Laminação planar, gretas de contração, <i>Ophimorpha</i> .	Deposição por suspensão em condições de baixa energia e exposição subaérea e bioturbação.
10	C– Conglomerados	Clastos de argila e <i>lags</i> de seixos de quartzo	Fluxo de detritos, fluxo viscoso, baixa coesão interna.

Tabela 3 - Sumário das associações de fácies com suas respectivas interpretações.

Associação de fácies	Fácies	Interpretação
AF1	Aa	Canal fluvial
	Am	
	App	
	Amo	
	C	
AF2	Af	Planície de maré
	Agl	
	Rw	
	Aglp	
	Agm	

Nas duas áreas de estudos, foi possível observar afloramentos que se representa a interação destes dois subambientes, na base encontra-se a Planície de maré, representada pelas fácies Rw, Agf, Agl e já no topo deste afloramento encontra-se o Canal fluvial, representado pela Fácies Aa, como pode ser verificado abaixo (Figura 37).

Figura 36 - Afloramento que apresenta os dois sub-ambientes, na base a Planície de Inundação e no topo o Canal fluvial. Localização: Apeú - Castanhal.



4.3.1. Canal Fluvial (AF1)

A Associação AF1 é composta por predominantemente por arenitos finos a grossos, moderadamente selecionados e de cor vermelha a amarelada. Localmente ocorrem *lags* de argila e arenitos muito grossos na base das camadas. Os depósitos são geralmente descontínuos lateralmente, com tendência a se adelgaçar. Através do mapa de fácies do Apeú (Figura 38) pode-se observar que a espessura desta associação varia conforme a posição nos afloramentos, as porções mais centrais do depósito podem chegar as mais de 5 metros de espessura, porém em alguns locais não chegam a 1 m, já no mapa de fácies de Outeiro (Figura 39) pode-se observar que a espessura desta associação não apresenta muita variação, e são lenticulares, não apresentando uma continuidade. O contato com a associação AF2 é caracterizado por truncamentos erosivos formando superfícies irregulares e marcada pela concentração de depósitos de *lags* conglomeráticos. Através do mapa de fácies

de Apeú é possível perceber que os corpos sedimentares associados ao Canal Fluvial, na parte SW cortam as isópacas perpendicularmente, na porção central a nordeste esses corpos apresentam-se quase que paralelamente as isópacas (Figura 36). No mapa de fácies de Outeiro, esta Associação ocorre não paralela as isópacas, a mesma apresenta camadas descontínua lateralmente, por este mapa de fácies é possível observar que em apenas alguns pontos é possível observar os arenitos e conglomerados (Figura 39).

Os arenitos apresentam estratificação cruzada acanalada que é produzida pela migração de formas de leito de crista sinuosa por correntes unidirecionais em regime de fluxo inferior. Este tipo de fácies é comum em canais fluviais e a sua extensão lateralmente está associada à competência de erosão do rio durante a sua migração por sobre os depósitos planície de inundação. Durante este processo são formados os *lags*, que são depósitos residuais de material retrabalhado da planície de inundação, por isso a predominância de clastos de argila. Blocos métricos com características dos depósitos de planície de inundação foram produzidos pelo fenômeno de terras caídas. Icnofósseis de *Ophiomorpha* são comuns nesta associação, principalmente quando associados a arenitos finos. *Ophiomorpha* são traços fósseis de habitação de crustáceos decápodes semelhantes à *Callianassa*, que habitam geralmente ambientes estuarinos ou influenciados por incursões marinhas.

4.3.2. Planície de Maré (AF2)

A Associação AF2 é composta predominantemente por argilitos de cor esbranquiçada, vermelha e amarela. Localmente podem ocorrer fácies de arenitos. Os depósitos são geralmente contínuos por dezenas de metros só sendo interrompidos quando truncados por depósitos da associação AF1 e apresentam espessuras variadas entre 4 m e 2 m, como pode ser observado (Figura 38 e 39). Em Apeú as fácies que representam os depósitos de planície de maré compreendem intercalações de areia e argila formando ciclos granocrescentes ascendentes. Na base ocorre predominância de material argiloso com finas lentes de areia (acamamentos *linsen*) que caracterizam esporádicas deposições de areias em ambientes calmos. Gradualmente esta fácies passa para depósitos de ritmitos com

acumamento *wavy* que sugerem uma maior influência de maré. Os ritmos gradualmente passam para arenitos finos com acumamentos *flaser* no topo que sugerem deposição de mais areia relacionada a um aumento na energia do ambiente. Estes depósitos são lateralmente truncados por depósitos de canais fluviais. Localmente, estes depósitos foram bioturbados por organismos como plantas e vermes, o que caracteriza um possível paleossolo. Através do mapa de fácies do Apeú (Figura 36), é possível perceber que os corpos desta associação AF2, apresenta uma geometria muito semelhante aos corpos da associação AF1, sendo que em ambas na porção SW, no caso da AF2 na porção SSW, os corpos eles são perpendiculares as isópacas, na porção central e NE torna-se razoavelmente paralelas. Através do mapa de fácies de Outeiro – Belém, observa-se que esta associação AF2 apresenta uma continuidade lateral e acompanha as isópacas (Figura 39).

Na ilha de Outeiro esta associação é caracterizada por depósitos argilosos, bioturbados e localmente apresentando gretas de contração. Os afloramentos desta associação na Praia Grande estão dispostos em camadas lateralmente contínuas por dezenas de metros, porém apresentam pouca espessura. Esses depósitos são formados durante os períodos de cheia, quando a maré cobre a planície costeira. A presença de gretas de contração sugere exposição subaérea dos depósitos argilosos da planície de inundação quando o nível do mar desce. A presença intensa de bioturbação de *Ophiomorpha*, *Planolites* e tubos de verme, além da presença de argilas ricas em matéria orgânica sugerem que a planície de inundação foi propícia a vida, influenciada por águas marinhas e passou longos períodos submersos. Assim caracterizando que a deposição se deu em ambiente mais profundo (inframaré), assim sendo o espaço de acomodação foi suficientemente amplo para permitir a deposição de espessas camadas.

Figura 37 - Mapa de fácies do afloramento localizado na Vila Apeú. Estão representados os corpos do depósito fluvial, planície de maré, depósitos lateríticos, sedimentos recentes e Pós Barreiras.

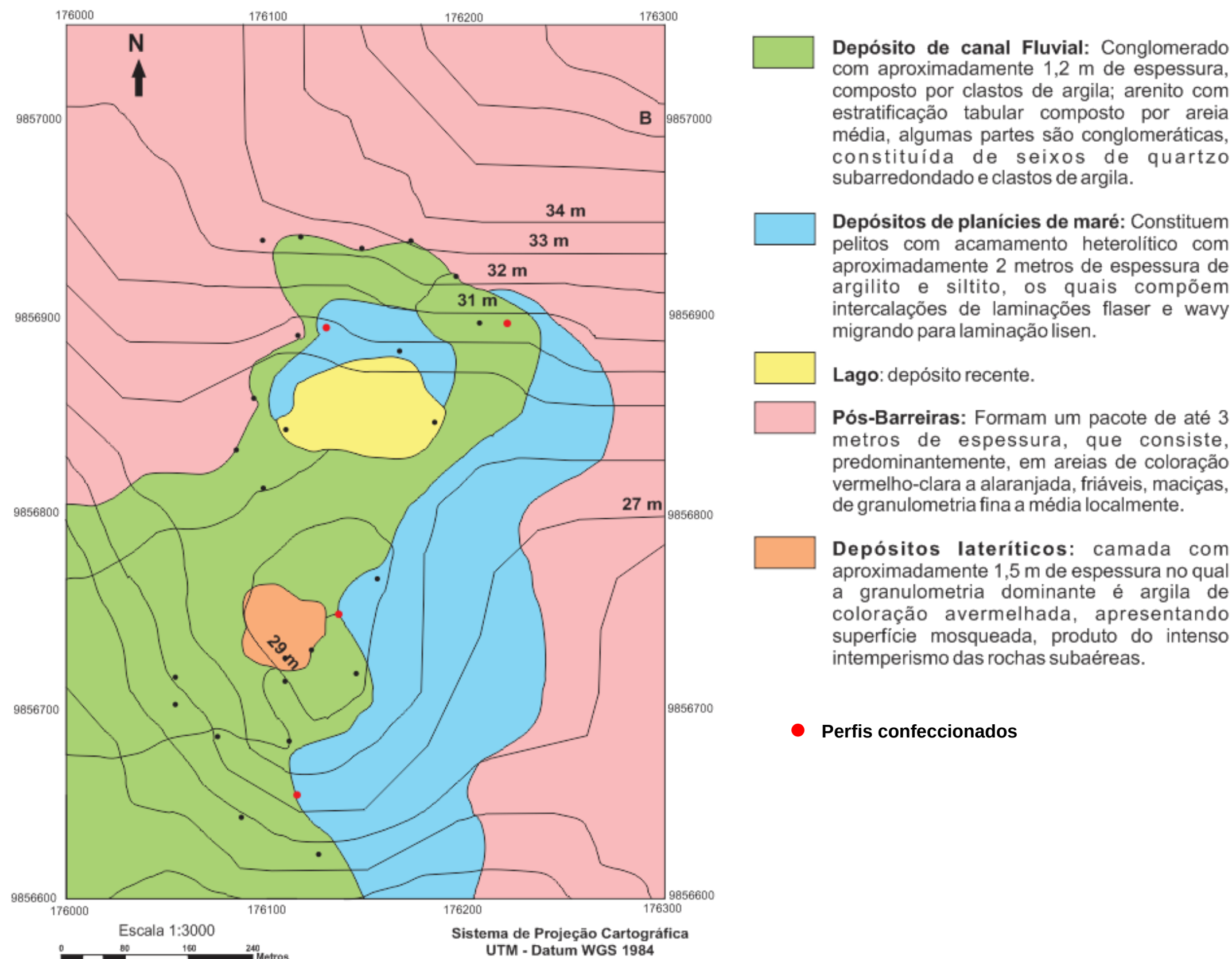
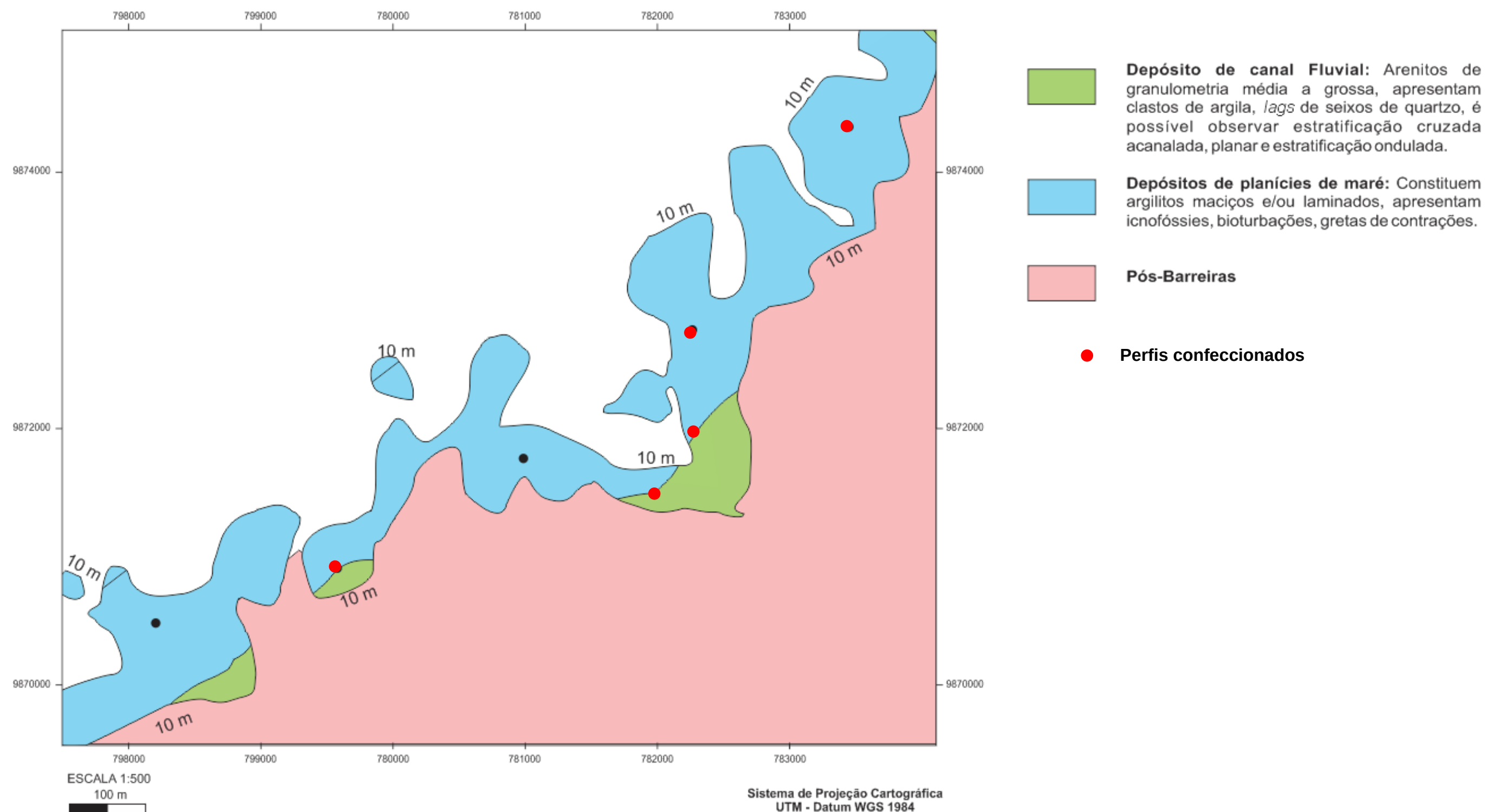


Figura 38 - Mapa de fácies do afloramento localizado em Outeiro. Estão representados os corpos do depósito fluvial e planície de maré. Os depósitos fluviais apresentam-se lenticulares, já os corpos da planície de maré apresentam uma continuidade lateral.



5. MODELO DEPOSICIONAL

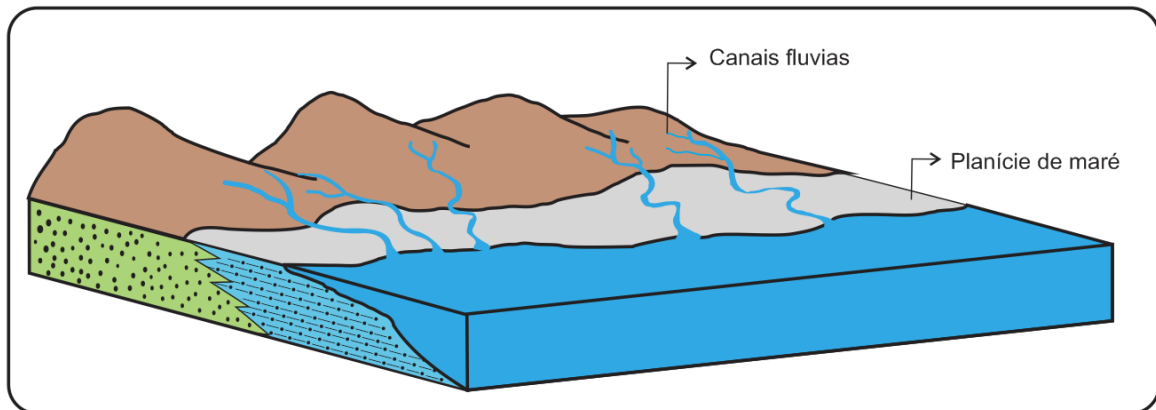
O modelo deposicional da Formação Barreiras (Figura 40) na área de estudo pode ser dividido em dois ambientes: canais fluviais e planície de maré. Estes ambientes representam deposição em sistema costeiro com a presença de rios fluviais, que se desenvolviam desde a parte mais alta da costa até as planícies mais baixas, sob forte influência das marés.

Os depósitos com intercalações de areia e argila, como os ritmitos e a presença de icnofósseis produzidos por crustáceos decápodes são evidências da influência de maré no início da deposição da Formação Barreiras nos afloramentos estudados. A presença de gretas de contração e marcas de raízes de forma muito local sugere que exposições subaéreas foram raras, porém de longa duração no período de deposição e pode estar relacionado a esporádicos rebaixamentos do nível d'água em ambientes de intermaré. A ocorrência de icnitos de *Ophiomorpha* sugere que os depósitos argilosos ficaram constantemente inundados ou parcialmente inundados, típicos da zona de inframaré. A cor cinza escuro que alguns depósitos argilosos ainda apresentam associados à presença abundante de tubos de vermes sugere que o ambiente era abundante em nutrientes. A origem litorânea é atestada pela presença de icnofósseis de *Ophiomorpha*, um crustáceo decápode marinho que vive na parte inferior da zona intermarés.

A predominância de arenitos e conglomerados que truncam e erodem os depósitos de planície de maré podem estar relacionados a um rejuvenescimento da drenagem, causado possivelmente, durante um período de regressão. A ação das drenagens retrabalhou os depósitos de planície de inundação como atestado pela presença de conglomerados com clastos de argila e blocos de terras caídas com características dos paleossolos da planície de inundação.

A presença de uma crosta laterítica observado nas duas áreas, porém mapeável apenas no afloramento em Apeú sugere que o NE paraense possuía um provável paleoclima tropical que possibilitou a formação de uma crosta laterítica. As características desta crosta são semelhantes aos lateritos imaturos descritos por Costa (1991) originados durante o Plio-Pleistoceno. Evidenciando eventos de soerguimento eustático que expôs os depósitos da Formação Barreiras as condições de intemperismo químico.

Figura 39 - Modelo deposicional da Formação Barreiras, proposta para a área de trabalho.



Fonte: Rossetti, Góes e Truckenbrodt (1989); Souza (2010) –modificado-.

6. CONCLUSÃO

O trabalho abordado teve como principal foco a análise faciológica e estratigráfica da Formação Barreiras na região NE do Pará, nos municípios de Belém (Ilha de Outeiro) e Castanhal (Vila de Apeú), o presente trabalho permitiu caracterizar 10 litofácies agrupadas em 2 associações de fácies (AF1): Canal Fluvial; (AF2) Planície de Maré.

No afloramento em Apeú foi possível individualizar 7 litofácies (Aa, Am, C, Agm, Rw, Agl, Af), estruturas com acamamentos heterolíticas do tipo *flaser*, *wavy* e *linsen*, está presente apenas neste afloramento. Já no afloramento localizado na Ilha de Outeiro na Praia Grande, está presente as seguintes fácies (Aa, Amo, Am, App, Aglp e Agm), neste afloramento foi possível observar argilitos maciços e laminados, e corpos arenosos com marcas onduladas. Em ambos os afloramentos a presença de icnofósseis *Ophiomorpha*, *lags* de seixos quartzosos e clastos de argila, estratificação cruzada acanalada.

Os depósitos de canais de maré tem uma distribuição mais restrita, quando comparados aos de planície de maré. Os depósitos de planície de maré são compostos predominantemente por fácies argilosas e localmente podem apresentar gretas de contração e bioturbação. Camadas heterolíticas com acamamentos de maré (*wavy*) passam verticalmente para depósitos de paleossolos que ocorrem localmente, é são caracterizados por aspecto mosqueado devido à bioturbação por marcas de raízes e tubos de vermes.

Os depósitos de canal fluvial são caracterizados pela predominância de fácies arenosas e conglomeráticas. Arenitos com estratificação cruzada acanalada e *lags* conglomeráticos são as fácies mais comuns. Estes depósitos erodem parcialmente os depósitos de planície de maré, como é evidenciado pela presença de truncamentos erosivos, *lags* conglomeráticos e blocos de terras caídas com características das fácies de planície de inundação, que ocorrem no limite entre as duas associações de fácies. Icnofósseis de *Ophiomorpha* são abundantes nos depósitos de canal fluvial e mais raros nas planícies de maré. Este icnofóssil geralmente representa construções de moradia de crustáceos decápodes de *Callianassa* em ambientes influenciados por águas marinhas semelhantes a estuários ou ambientes litorâneos. A partir dos dados estratigráficos e faciológicos,

concluiu-se que os depósitos estudados da Formação Barreiras apresenta influência tanto continental quanto costeira, e provavelmente estariam posicionados em um ambiente transicional caracterizado pela influencia de maré e influxos continentais realizados por canais fluviais. A presença de gretas de contração e marcas de raízes indica exposição subárea. Quando o nível do mar abaixou, assim tornou-se predominante a influência das drenagens fluviais que depositaram os sedimentos arenosos e conglomeráticos que retrabalham os depósitos de planície de inundação. O rebaixamento do nível do mar ocasionou a formação de um perfil laterítico imaturo durante o Plio-Pleistoceno.

REFERÊNCIAS

- ALMARAZ, U. J. S. *Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas*. 1977. 272 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977 apud SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. De Geociências*, São Paulo, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.
- ANDREIES, R. R. *Identificación e importância geológica do lós Paleosuelos*. 1981. 67p. Porto Alegre: UFRGS- Editora da Universidade. apud PIERINI, C. *Caracterização de paleossolos aluviais em Bacias Sedimentares Mesozóicas: Determinação dos controles edimentares e implicações paleoambientais*. 2006. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 2006.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 6, n. 2, p.1-6. 2006.
- _____, M. et al. Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos Sedimentos Barreiras, NE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, 1994, Belém. Anais.... Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. p. 185-7 apud SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. De Geociências*, São Paulo, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.
- ARAÚJO, V. D. et al. Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, litoral Oriental do Rio Grande do Norte. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 6, n. 2, p.43-49. 2006.
- ARNOT, M. J.; GOOD, T. R.; LEWIS, J. J. M. Photogeological and image-analysis techniques for collection of large-scale outcrop data. *Journal of Sedimentary Research*, v.67, n.5, p.984-987. 1997.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. D. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozoicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Univ. Recife, *Arq. Inst. Ciênc. Terra*, Recife, n.2, p.2-14. 1964. apud GÓES, A. M. *Estudo sedimentológico dos sedimentos barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão*. Belém, 1981. 62f. Dissertação (Mestrado Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 1981.
- BOTELHO, J. *Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico*. 5ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979. 196p.
- BOYD, R; DALRYMPLE, W.R; ZAITLIN, A.B. Esturine and incised-valley facies models. In: POSAMENTIER, H. W; WALKER, G. R. *Facies models revisited*. Oklahoma: SEPM, p.171-235. 2006.

BROMLEY, R. G. *Trace fossils-biology, taphonoy and applications*. 2. Ed. London: Chapman & Hall, 1996.

CARVALHO, I. de S.; ERNANDES, A.C.S. Icnofósseis. In: CARVALHO, I. de S. (ed.), *Paleontologia*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2000. p. 95-118.

CHRISTIE-BLICK, N.; DYSON, L.A.; VON DER BORCH, C.C. *Sequence stratigraphy and the interpretation of Neoproterozoic Earth history*. *Precam. Research*, v.73, n.1-4, p. 3-26. 1995.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 146-160. 1991.

CROSS, T. A.; HOMEWOOD, P. W. Amanz Gressly's role fouding modern stratigraphy. *Geological Society of America Bulletin*, 1997. 109, n.12, p. 1617-1630 apud FERREIRA, P. D.; CASTRO, P. T. A. Associação vertical de fácies e análise de elementos arquiteturais: concepções concorrentes e complementares na caracterização de ambientes aluviais. *Revista Eletrônica de Ciências da Terra Geociência On-line Journal*, 2001 v. 1, n° 1. Disponível em: <<http://e-terra.geopor.pt/artigos/pfjr/pfjr.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2012.

Dalrymple R.W., Zaitlin B.A., Boyd R. *Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications*. *J. Sed. Pet*, n 62, p.1130-1146. 1992.

ESPINDOLA, C. R.; DANIEL, L. A. Laterita e solos lateríticos no Brasil. *Boletim Técnico da FATEC-SP - BT/24*, p. 21-24. 2008.

FERNANDES, A.C.S., BORGUI, L., CARVALHO, I. de S., ABREU C.J. de. Guia dos Icnofósseis de Invertebrados do Brasil. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2002. 255p.

FERRARI, J. A. *Deriva continental e sucessão paleoclimática: simulação da evolução das paisagens lateríticas da América do Sul e da África*. São Paulo, 1996. 129f. Tese (Doutorado em Geofísica) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1996.

FERREIRA, C. S. Notas estratigráficas sobre o Cenozóico do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. *Anais..* Belém: SBG, 1982. v. 1, p. 84-88 apud TAVORA, V. A.; PONTES, KGA; MESQUITA, NILSON. Sistemática e Tafonomia dos cirrípedes balanomorfos da Formação Pirabas (Eomioceno), estado do Pará, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, v. 63, n. 3, p. 459-470. 2005.

FREY, R. W.; PEMBERTON, S. G. Trace fossil fácies models. In: WALKER, R. G. (org) *Fácies models*. Toronto, Geoscience Cana, 1984. p. 189-209.

GINGRAS, M.K., MACEACHERN, J.A., AND DASHTGARD, S.E. Process ichnology and the elucidation of physico-chemical stress. *Sedimentary Geology*, v. 237, p. 115-134. 2011.

GÓES, A. M. *Estudo Sedimentológico dos Sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão*. Belém, 1981. 62f. Dissertação (Mestrado Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 1981.

HAQ, B. U.; HARDENBOL, J.; VAIL, P. R. The chronology of Fluctuating Sea Level since the Triassic. *Science*, Washington, v. 235, p. 1156-1167. 1987 apud ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia-USP Ser.Cient. São Paulo* v.6, n.2, p.1-6. 2006.

HARMS, J. C.; SOUTHARD, J. B.; WALKER, R. G. *Structures and sequences in clastic rocks*. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, 1982. (Short Couser, 9).

FERREIRA, P. D.; CASTRO, P. T. A. Associação vertical de fácies e análise de elementos arquiteturais: concepções concorrentes e complementares na caracterização de ambientes aluviais. *Revista Eletrônica de Ciências da Terra Geosciences On-line Journal*, 2001. v. 1, nº 1, Disponível em: <<http://e-terra.geopor.pt/artigos/pfjr/pfjr.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2012.

GOOGLE Earth. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em 22 de agosto de 2012

KRUMBEIN, W. C. Lithofacies maps and regional sedimentary stratigraphic analysis. *Bulletin of The American Association of Petroleum Geologists*, v.32, n.10, p.1.909-1.923. 1984.

LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, n.34, p.1773-1786. 2010.

LEITE, F. P. R. et al. Palinoestratigrafia da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, Mioceno no nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos, Geociências*, 1997. v.2, n. esp., p.141-147. apud SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. de Geociências*, São Paulo, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.

MIALL, A. D. A Review of the braided river depositional environment. *Earth Science Reviews*, n.13, p.1-62. 1977.

MIALL, A. D. Hierarchies of architectural units in terrigenous clastic rocks and their relationship to sedimentation rate. In: MIALL, A.D. & TYLER, N. eds. The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *Society for Sedimentary Geology/SEPM*, p. 6 - 12 (Concepts in Sedimentology and Paleontology, 3). 1991.

_____, A. D. Reconstructing fluvial macroform architecture from two-dimensional outcrops: examples from the Castlegate Sandstone, Book Cliffs, Utah. *Journal of Sedimentary Research*, v. 64, p. 146 - 158. 1994.

MOURA, P. . Reconhecimento geológico no Vale do Tapajós. *Bol. Serv. Geol. E Mineral*, Rio de Janeiro. 1932. 67:1-53, apud GÓES, A. M. *Estudo Sedimentológico dos Sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão*. Belém, 1981. 62f. Dissertação (Mestrado Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 1981.

MUSSA, D. Dicotiledôneo fossil da Formação Barreiras, Estado de Sergipe. *Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia*, Boletim, nº 181, 1958 apud SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. De Geociências*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 439-460. 1999.

NETTO, R. G. *A Paleoicnologia como ferramenta de trabalho na sequência sedimentary Rio Bonito/Palermo*. Porto Alegre, 1995. 272 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

_____, R. G. Icnologia e estratigrafia de sequências. In: RIBEIRO, H. J. P. S. (Org.) *Estratigrafia de sequencias: fundamentos e aplicações*. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, p. 219-259, 2001.

OLIVEIRA, A. I.; LEONARDOS, O. H. *Geologia do Brasil*. 2 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Fomento da Agricultura, Ministério da Agricultura, p. 782. 1943. apud SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. De Geociências*, São Paulo, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.

REINECK, H. E. e SINGH, I. B. *Depositional Sedimentary Environments*. New York, Springer-Verlag, 549p. 1990.

RETALLACK, G. J. A colour guide to paleosols. Chichester, Wiley, 1997a. 175p. apud LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 34, p. 1773-1786, 2010.

_____, G. J. Soils of the past – An introduction to paleopedology. London, Unwin Hyman, 1990. 520p. apud LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 34, p. 1773-1786, 2010.

ROSSETTI, D. F. Evolução Sedimentar Miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 6, n. 2, p.7-18, outubro 2006.

ROSSETTI, D. F., GÓES, A. M., TRUCKENBRODT, W. A influência marinha nos sedimentos Barreiras. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série Ciências da Terra, v.2. p. 17-29, 1990.

ROSSETTI, D. F., TRUCKENBRODT, W. GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série Ciências da Terra, v.1, p.25-74, 1989..

ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M. O Neogeno da Amazonia Oriental. Belém: *Museu Paraense Emilio Goeldi*, 2004.

ROSSETTI, F.D. Ambientes Estuarinos. in: PEDREIRA, A.J; ARAGÃO, M.A.N.F., MAGALHÃES, A.J.C. (orgs): *Ambientes de sedimentação siliclástica do Brasil*. São Paulo, p. 195-206, 2008.

SCHELLMANN, W. *Considerations on the definition and classification of laterites*. Proc. Int. Seminar on Lateritisation Processes (Trivandrum, 1979). Oxford IBH Publish, p. 1-10, 1982 apud FERRARI, J. A. *Deriva continental e sucessão paleoclimática: simulação da evolução das paisagens lateríticas da América do Sul e da África*. São Paulo, 1996. 129f. Tese (Doutorado em Geofísica) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1996.

SEILACHER, A.; Biogenic sedimentary structures. In: J. IMBRIE; N.D. NEWELL (Eds.), *Approaches to Paleocology*, New York, John Wiley & Sons, p. 296-316, 1964..

_____, A. *Bathymetry of trace fossils*. *Marine Geology*, v. 5, p. 413-428, 1967..

SOUZA, E. J. Geologia da região costeira do Amapá com ênfase na estratigrafia, morfotectônica e geomorfologia. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Rev. Bras. De Geociências*, São Paulo, v.18, n.2, p. 439-460. 1999.

TATUMI, S. H. et al. Datação de Sedimentos Pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. *Rev. bras. de Geociências*, São Paulo, v. 38, n. 3, set 2008..

URDINÍNEA J.S.A. *Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas – PA*. Tese de Doutorado, UFRGS, p. 198, 1977.

VAIL, P. R. Seismic stratigraphy interpretation procedure. In: BALLEY, B. (Ed.). *Seismic Stratigraphy Atlas, Studies in Geology*, Tulsa, AAPG, v. 27, p. 1-10, 1987.

VAN WAGONER J.C. et al., An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus B.S. et al. (Eds.). *Sea-level Changes – An Integrated Approach*. Tulsa, Special Publication, SEPM, v. 42, p. 39-46. 1988

VASQUEZ, M. L. et al. *Geologia e recursos minerais do Estado do Pará: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Pará*. CPRM, 2008.

VIEIRA, I. C. G.; TOLEDO, P. M.; ALMEIDA, A. Análise das modificações da paisagem da região bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo. *Cienc. Cult.* V. 59 n°3, 2007..

VILAS BÔAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the Northeastern coast of State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. *An. Acad. Bras. Ciênc.* v. 73 n° 3, Rio de Janeiro, 2001.

WALKER, R. G.; JAMES, N. P. Facies models: response to sea level change. Geological Assn of Canada, p. 1-14, 1992.

_____. R.G. Facies models revisited: Introduction. *In*: Posamentier H.W. & Walker R.G. (Eds.). *Facies Models Revisited*. Tulsa, Oklahoma, Special Publications SEPM Special Publication, v. 84, p.527p, 2006

WIZEVICH, M.C. Photomosaics of Outcrops: Useful Photographic Techniques. *In*: Miall, A.D. & Tyler, N. (Eds.). *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery*. Tulsa Oklahoma, SEPM, p. 22-24, 1991. (Conc. Sedim. and Paleont., 3).