

- LIVELY, J. P. 1975. *Analytical methods manual*. Ottawa, Department of the Environment. 89p.
- MAYER, M. H. 1971. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (41°55' 48°55' W; 22° 33' - 21°55' 5 - Brasil): qualidade da água do rio principal. *Ciênc. Cult.* Rio de Janeiro. 39(2):164-185.
- MASCARENHAS, G. R. 1985. Controle ambiental da atividade de mineração, algumas técnicas adotadas. In: *Trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. Coletânea*. Brasília, DNPM, p.23-39.
- McDOWELL, E. H. & LIKENES, G. E. 1988. Origin, composition, and flux of dissolved organic carbon in the Hubbard Brook Valley. *Ecological Monographs*. New York, 58(3):177-195.
- MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. 1988. *Projeto estudos e preservação de recursos humanos e naturais na área do Projeto Ferro-Carajás*. Relatório final. Belém, 315p.
- PIUCI, J. 1978. *Hidrologia da área piloto Pontas de Pedras, Ilha de Marajó*. Belém, NCGG/UFPa. 193 p. (Tese de Mestrado).
- RODIER, J. 1981 *Análise de las águas naturais, águas residuais e águas del mar*. Barcelona, Omega. 489 p.
- SANTOS, A. 1986. As águas da região. In: *Carajás: desafio político ecológico e desenvolvimento*. São Paulo, Brasiliense. p. 156-207.
- SIOLI, H. 1957. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. *Bol. Téc. Inst. Agron. Norte*. Belém, (24):45-65.
- SIOLI, H. 1975. Amazon tributaries and drainage basins. In: *Coupling land and water systems*. New York, Springer Verlag. p.199-213.
- WIXSON, B. G. 1969. Water quality protection in streams in mining districts. Developments in water quality research. *The Jerusalem international conference on water quality and pollution research*. London, Ann Arbor-Humphrey Science Publishers. p.199-209.

Recebido em 01.8.88
Aprovado em 18.4.89

CDD: 551.7098115

ESTUDO PALEOAMBIENTAL E ESTRATIGRÁFICO DOS SEDIMENTOS BARREIRAS E PÓS-BARREIRAS NA REGIÃO BRAGANTINA, NORDESTE DO PARÁ

Dilce de Fátima Rossetti¹
Werner Truckenbrodt²
Ana Maria Góes²

RESUMO – O Cenozóico da Região Bragantina, nordeste do estado do Pará, acha-se representado por uma seqüência carbonática miocênica (Formação Pirabas), a qual é recoberta por sedimentos Barreiras e pós-Barreiras, correspondentes a depósitos terrígenos continentais terciários e quaternários. Tais depósitos continentais são constituídos por conglomerados polimíticos, em geral sem estruturação (Cm) e com intercalações de sedimentos arenosos e argilosos. Comumente os argilitos apresentam laminações plano-paralelas (Al) ou são totalmente maciços (Am), enquanto que as frações arenosas englobam uma grande diversidade faciológica: arenitos sem estruturação aparente (Sm), arenitos com estratificação cruzada acanalada (Sa), arenitos com estratificação cruzada tabular (St), arenitos com estruturas laminadas cavalgantes (Sc), arenitos argilosos com estruturas wavy e linsen (Sw), arenitos grossos a conglomeráticos (SG), arenitos com estratificação ou laminação sigmoidal (Ss), conglomerados com seixos de argila (CA) e arenitos argilosos geralmente maciços (AA).

Estas fácies, com exceção da AA, pertencem aos sedimentos Barreiras e indicam processos físicos sugestivos de que inundações rápidas, provenientes de regiões mais elevadas, teriam atravessado leques aluviais e se espalhado como fluxos em lençóis (sheet-flow) e/ou como canalizações rasas. Estas teriam atingido as partes mais deprimidas do sistema, havendo intensa deposição de

¹ SCT-PR/CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi – Programa Ciências da Terra.
² Universidade Federal do Pará – UFPa – Instituto de Geociências.

afloramentos encontram-se sob a forma de falésias dispostas ao longo do litoral, sendo comumente necessária a utilização de embarcações para o acesso a esses pontos.

METODOLOGIA

Para a reconstrução do ambiente de deposição foi de vital importância a descrição de campo, a qual objetivou a caracterização e o posicionamento espacial das fácies, bem como o entendimento dos processos de deposição. Desta forma, mediante a elaboração de perfis estratigráficos, procurou-se reunir todos os caracteres presentes nesses sedimentos, enfatizando-se os referentes às suas feições estruturais e texturais.

Simultaneamente foram coletadas amostras representativas das unidades litológicas, que foram submetidas aos seguintes tratamentos: análises granulométricas de minerais pesados transparentes/não micáceos e avaliação do grau de arredondamento.

No tocante à granulometria, as amostras foram analisadas somente em suas frações arenosas, pois a análise de distribuição total apresenta problemas, principalmente no que concerne às partículas finas (frações silte e argila). Provindo, em grande parte, de alteração intempérica, os finos falsificam a composição granulométrica deposicional. Por esta razão, acredita-se que a análise somente da distribuição areia é uma aproximação adequada para a caracterização granulométrica deposicional dos sedimentos. Deste modo foram analisadas um total de 41 amostras utilizando-se peneiras (intervalo de $1/2 \phi$) de acordo com a escala de Udden-Wentworth. Os dados obtidos foram utilizados para a construção de curvas granulométricas acumulativas, em papel de probabilidade aritmética, e para o cálculo de parâmetros texturais, foram usadas as fórmulas propostas por Folk & Ward (1957).

Os minerais pesados transparentes e não micáceos foram separados, com o auxílio de bromofórmio, nas frações 0,250-0,125 milímetros (areia fina) e 0,125-0,062 milímetros (areia muito fina) analisando-se, no mínimo, 100 grãos de cada intervalo granulométrico. Esta análise forneceu subsídios para a interpretação da proveniência, história do transporte e intemperismo dos sedimentos Barreiras.

Os graus de arredondamento dos grãos de quartzo revelam a intensidade de abrasão, auxiliando na elucidação dos fenômenos relacionados à história do transporte. Neste sentido, foram analisados intervalos granulométricos correspondentes a 0,500-0,350 milímetros, com o auxílio de estereomicroscópio. A escolha do intervalo baseou-se no fato deste conter a carga de saltação e rolamento e, portanto, melhor refletir os fenômenos ocorridos durante o transporte. Para cada amostra, procedeu-se à contagem de 100 grãos, utilizando-se o método de comparação visual de Pettijohn *et al.* (1972).

TRABALHOS ANTERIORES

Percorrendo-se a costa brasileira, desde o estado do Rio de Janeiro até o Pará, pode-se observar uma seqüência contínua de sedimentos continentais variando desde argilitos a conglomerados, pouco ou mal consolidados e de estruturação aparentemente indistinta. Sotopostas a esta seqüência ocorrem rochas do embasamento cristalino, sedimentos cretácicos e terciários marinhos.

Desde o século passado tem-se utilizado o termo "Barreiras" para a designação desses sedimentos, a princípio com significado, provavelmente, fisiográfico. Com o desenvolvimento dos trabalhos, este termo passou a assumir conotação estratigráfica, embora não existisse definição ou delimitação, nem mesmo uma localidade-tipo que possibilitasse sua identificação em campo para estudo de correlação. Assim, surgiram as denominações de "Série Barreiras" (Oliveira & Leonardos 1943) e "Formação Barreiras" (Oliveira & Ramos 1956). Andrade (1955), por julgar estes termos impróprios, englobou esses sedimentos sob a designação de "Terciário Superior Indiviso". Do mesmo modo, considerando o uso do termo "Barreiras" pouco desejável por representar unidades litológicas depositadas em bacias sedimentares distintas e não definidas até então, Matoso & Robertson (1959) propuseram a utilização do termo "Formações Cenozóicas Indiferenciadas" ou "Cenozóico Indiviso", a fim de facilitar os estudos futuros sobre o tema.

Mediante estudos comparativos realizados a nordeste do estado do Pará (Região Bragantina), Sá (1969) separa os depósitos terciários e quaternários em duas unidades distintas e utiliza os termos descritivos Barreiras e pós-Barreiras para diferenciar unidades sedimentológicas que se acham em contato erosivo, ressaltado por blocos de arenito ferruginoso.

Procurando redefinir o Grupo Barreiras, tanto na faixa costeira quanto no interior dos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, Mabeoone *et al.* (1972) admitem a existência da Formação Guararapes, no entanto questionam a Formação Riacho Morno como formação autônoma, considerando-a como unidade edafoestratigráfica.

Bigarella (1975a), realizando uma revisão das feições morfológicas e estratigráficas do Grupo Barreiras no Nordeste do Brasil, cita diferenças texturais e estruturais entre as formações Riacho Morno e Guararapes. Quanto à Formação Potengi, Campos & Silva (1965) a considera como unidade resultante da dissipação de uma topografia de dunas eólicas de idade quaternária.

Góes & Truckenbrodt (1980), em estudos no estado do Pará, definem três fácies distintas para os sedimentos terciários continentais: fácies conglomerática, fácies argilo-arenosa e fácies arenosa.

Simultaneamente à realização do presente trabalho, Alheiros *et al.* (1988) estudaram a Formação Barreiras no Nordeste brasileiro e propuseram um modelo deposicional de leques aluviais, fluvial entrelaçado e flúvio-lagunar, bastante similar ao estabelecido nesta publicação.

Além desses trabalhos, vários outros foram publicados, entretanto permanecem muitas dúvidas com relação à subdivisão estratigráfica dos sedimentos Barreiras, sua aplicabilidade a nível regional e, principalmente, sobre a compreensão de seus processos deposicionais. Na região Norte do país, com exceção dos trabalhos acima citados, não existe nenhuma tentativa de subdivisão dos sedimentos encontrados sobrepostos à Formação Pirabas. Da mesma forma, são extremamente vagas as informações sobre as condições de sedimentação desses depósitos.

DESCRIÇÃO FACIOLÓGICA

Dentro dos limites da área estudada, os sedimentos Barreiras e pós-Barreiras compreendem treze fácies descritivas (*basic building blocks*, segundo

Harms *et al.* (1982), definidas principalmente em função da presença ou não de estruturas sedimentares e aspectos texturais, sendo que a codificação apresentada neste texto foi inspirada em Miall (1977). A observação das características estruturais foi grandemente prejudicada pelo intemperismo atual que obliterou e, até mesmo, destruiu as características originais dos sedimentos. Deste modo, procurou-se intensificar o trabalho na porção mais litorânea da Zona Bragantina, favorecida por apresentar falésias que são continuamente afetadas por marés de grande amplitude, nas quais se acham preservadas as estruturas primárias dos sedimentos. Os estratos, em geral, apresentam coloração branco-avermelhada, resultante de alteração, com exceção de alguns argilitos que são cinza-escuros a negros e contém fósseis vegetais em abundância.

Após as fácies terem sido introduzidas, prosseguir-se-á com a descrição de quatro agrupamentos ou associações individualizadas em função das relações de contato vertical e lateral (quando possível), as quais são representativas das variações ocorridas durante a deposição dos sedimentos.

1. Fácies argilosa com laminação plano-paralela (A1):

Como pode ser verificado através dos perfis estratigráficos, encontrados em anexo, esta fácies é finamente laminada e apresenta-se disposta em camadas, por vezes lateralmente contínuas. Ocorre sob a forma de pacotes espessos ou de recobrimentos argilosos (*mud drapes*) associados a superfícies de reativações. Embora apresente coloração branco-avermelhada em falésias localizadas na Ilha do Outeiro, bem como nas localidades de Maracanã e Salinópolis, ocasionalmente observa-se sua coloração original cinza-escuro a negra. Nestes locais mais protegidos do intemperismo, freqüentemente foram encontrados fósseis vegetais (folhas, sementes, troncos e galhos), alguns muito bem preservados. Na localidade de Maracanã puderam ser observadas algumas gretas de contração associada a esta fácies, como mostra a figura 2.

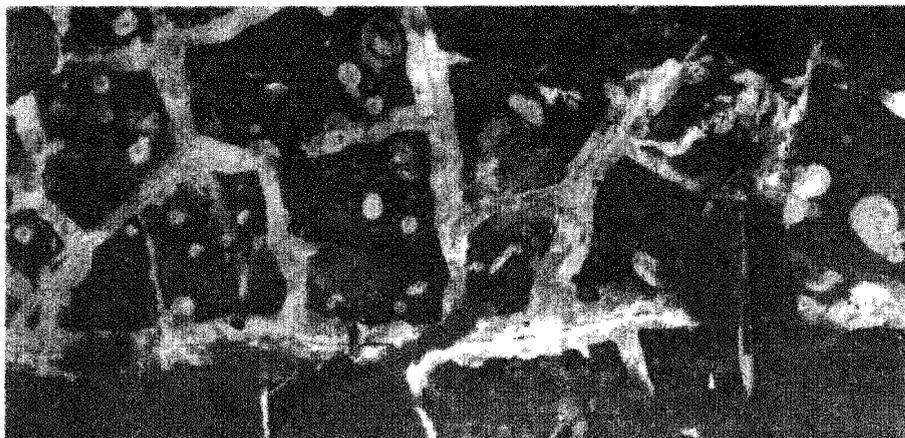


Figura 2 – Gretas de contração observadas na fácies argilosa laminada (A1) da associação C, as quais se acham ressaltadas pela lixiviação de oxi-hidróxidos de ferro. Note que ocorrem desferificações seguindo formas arredondadas, provavelmente devido à influência de raízes (São Tomé).

2. Fácies argilosa maciça (Am):

Embora sendo composta fundamentalmente por argilitos esta fácies, de aspecto maciço, contém certa porcentagem de fração arenosa fina. Apresenta coloração predominantemente esbranquiçada, com manchas avermelhadas. Existem locais, como na Ilha do Outeiro, em que o ferro (elemento responsável pela coloração avermelhada, principalmente sob a forma de hematita) foi totalmente lixiviado, resultando em cor esbranquiçada.

A espessura varia muito de um afloramento para outro e também lateralmente em um mesmo afloramento, chegando a atingir, no máximo, cerca de três metros.

O conteúdo fóssilífero desta fácies restringe-se à ocorrência de raízes vegetais, verificadas particularmente nas falésias localizadas na Ilha do Outeiro (figura 3). Estas raízes apresentam dimensões variando desde milimétricas até

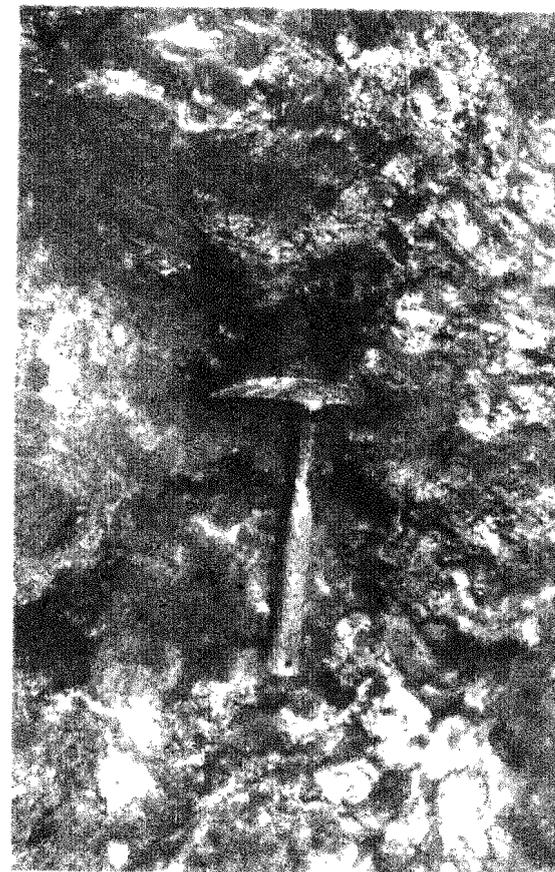


Figura 3 – Raízes fósseis presentes na fácies argilosa maciça (Am) da Associação C (Ilha do Outeiro).

cerca de 5 centímetros de diâmetro e foram preservadas graças à impregnação por oxi-hidróxidos de ferro. Em afloramentos localizados ao norte de São João de Pirabas, ao longo do chamado "Furo das Pretas" (Ilha do Sal), também foram encontradas raízes fósseis em abundância, associadas a esta fácies.

3. Fácies areno-argilosa, geralmente maciça (AA):

Esta fácies é composta por arenitos argilosos mal selecionados, sendo que as frações arenosas apresentam granulometria predominantemente fina. Grânulos e até mesmo pequenos seixos de quartzo podem ser encontrados de maneira dispersa. Raramente se observam fragmentos de areia média a fina cimentados por óxidos de ferro, medindo poucos centímetros de comprimento (figura 4).



Figura 4 – Contato brusco entre as fácies arenosa sem estruturação (Sm) e areno-argilosa (AA) pertencentes às associações B e D, respectivamente (BR-010, próximo a São Miguel do Guamá).

A espessura varia muito de um afloramento para outro chegando a atingir, no máximo, 6 metros. Geralmente não se consegue distinguir qualquer estruturação, no entanto, nas proximidades do litoral pode-se observar alguns afloramentos apresentando estruturas de dissipação de dunas eólicas. Como principal ocorrência destas estruturas pode-se citar a Ilha de Fortaleza, onde se acham especialmente bem preservadas (figuras 5 e 6). Neste caso, o intemperismo contribui para a visualização das mesmas, ressaltando os planos onde ocorreu infiltração de argilas.

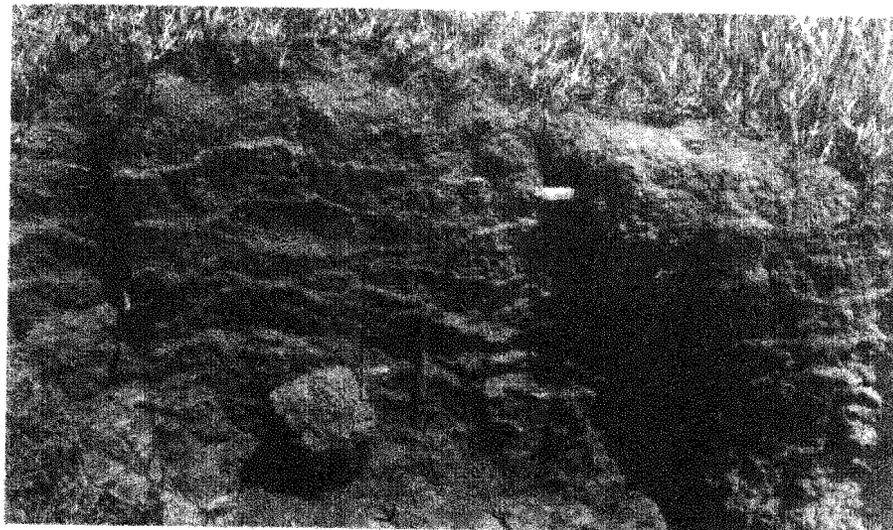


Figura 5 – Sedimentos areno-argilosos (AA) com estruturas de dissipação de dunas eólica (Ilha de Fortaleza).

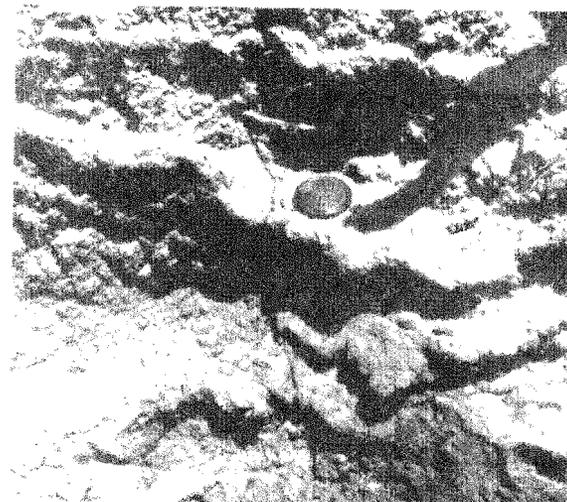


Figura 6 – Detalhe da figura 05. Observe a presença de filmes argilosos depositados ao longo dos planos (Ilha de Fortaleza).

Em alguns locais, como nos pontos P17 e P19, observam-se ocorrências de concentrações residuais de conchas posicionadas nas porções mais superiores desta fácies (figura 7).

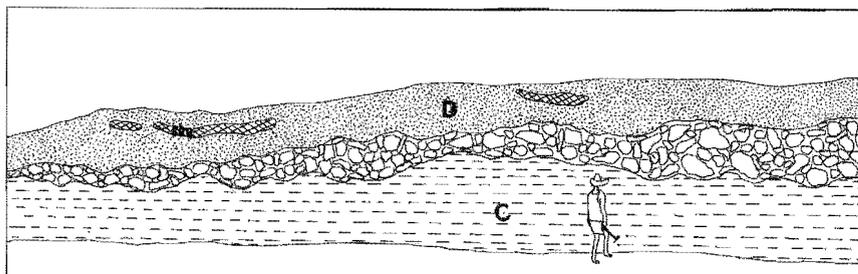


Figura 7 – Comportamento especial dos níveis compostos por blocos de arenito ferruginoso (BS), ressaltando a superfície erosiva que separa, neste caso, as associações C e D. Note a presença de Sambaquis (Sbq) na porção mais superior da falésia (Porto de Pirabas).

4. Fácies arenosa sem estruturação aparente (Sm):

Esta fácies é composta por arenitos de granulação fina a média, moderadamente a mal selecionada contendo freqüentes grânulos e pequenos seixos de quartzo dispersos, alguns angulosos e subangulosos, outros subarredondados. Nas porções onde predomina a granulação média, ocorrem fragmentos de argilitos de pequenas dimensões (1 a 2 centímetros de comprimento) contendo laminação plano-paralela. Nos arenitos mais finos, localmente são observadas palhetas de muscovita e raros grãos de feldspato.

Estes arenitos apresentam, no geral, coloração branco-rosada a branco-amarelada e suas espessuras variam desde poucos centímetros até, aproximadamente, 2 metros.

5. Fácies arenosa com estratificação cruzada acanalada (Sa):

Esta fácies é composta por arenitos mal selecionados, apresentando granulometria fina a média e com estratificação cruzada acanalada, normalmente de pequeno a médio porte. Os sets são, freqüentemente, recobertos ou interrompidos por superfícies que representam a retomada da deposição após breves intervalos de tempo (superfícies de reativações).

Nestes arenitos ocorrem grânulos de quartzo dispersos, subangulosos a subarredondados, bem como alguns fragmentos de argilitos, em geral, apresentando formas alongadas de até 15 centímetros de comprimento. A coloração dos arenitos varia de branca a levemente rosada ou violácea.

6. Fácies arenosa com estratificação cruzada tabular (St):

Esta fácies é composta por arenitos com granulometria média, mal selecionada e apresentando estratificação cruzada tabular de médio a pequeno porte. Os sets ocorrem, em geral, isolados e chegam a alcançar espessuras de até 70 centímetros. São freqüentes os grânulos de quartzo dispersos e fragmentos

argilosos com poucos centímetros de comprimento. Nas melhores exposições pode-se notar estruturas provocadas por fluxos de grãos, reconhecidos através de sua granulometria mais grossa e formato em bolsões alongados de espessuras milimétricas (figura 8). A coloração predominante é branca, sendo freqüentes os manchamentos róseo-avermelhados produzidos por oxi-hidróxidos de ferro.

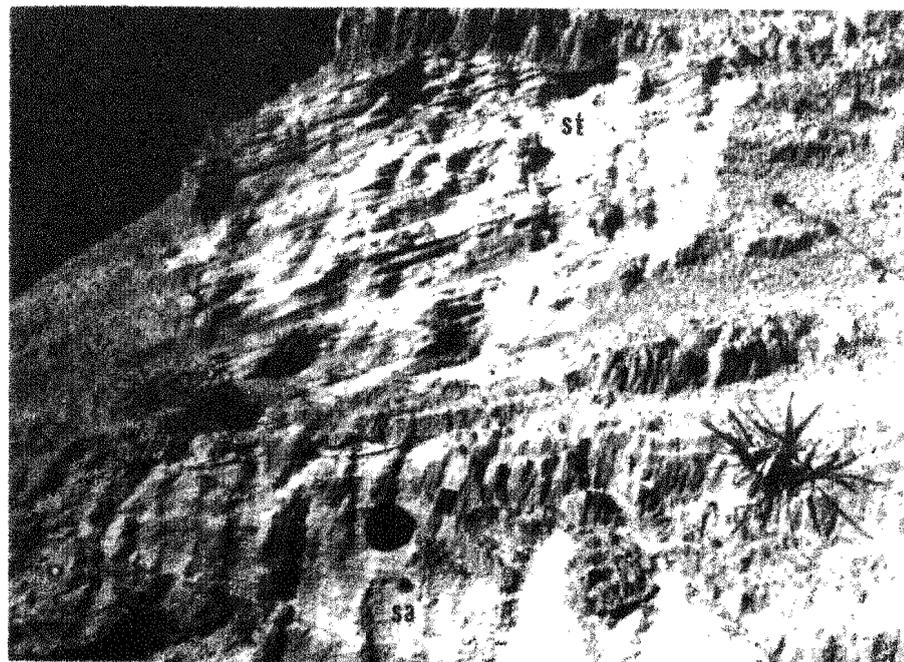


Figura 8 – Porção superior e inferior da figura, respectivamente: estratificação cruzada tabular (St) e acanalada (Sa). A seta indica a presença de fluxos de grãos (São Tomé).

7. Fácies areno-argilosa com estruturas wavy e linsen (Sw):

Esta fácies, verificada na falésia de São Tomé, é constituída por arenitos finos, siltitos e argilitos dispostos em lâminas suavemente onduladas e/ou lentes (estruturas wavy e linsen, figura 9). Nas porções arenosas observa-se laminação cruzada resultante da migração de marcas onduladas de pequena escala. A coloração do material varia de branca, nas partes mais argilosas, a rósea ou violácea, nas partes arenosas. A espessura desta fácies é, em média, de 50 centímetros.

8. Fácies arenosa com ondulas cavalgantes ascendentes (Sc):

Verificada nos afloramentos localizados em São Tomé, esta fácies arenosa fina apresenta-se caracterizada por conter delicadas laminações mergulhando abruptamente. Representam a migração e cavalgamento de marcas onduladas subaquosas, processos que comumente geram feições supercríticas.

Em geral, esta fácies não chega a ultrapassar 50 centímetros de espessura e tem coloração predominantemente branca (figura 10).

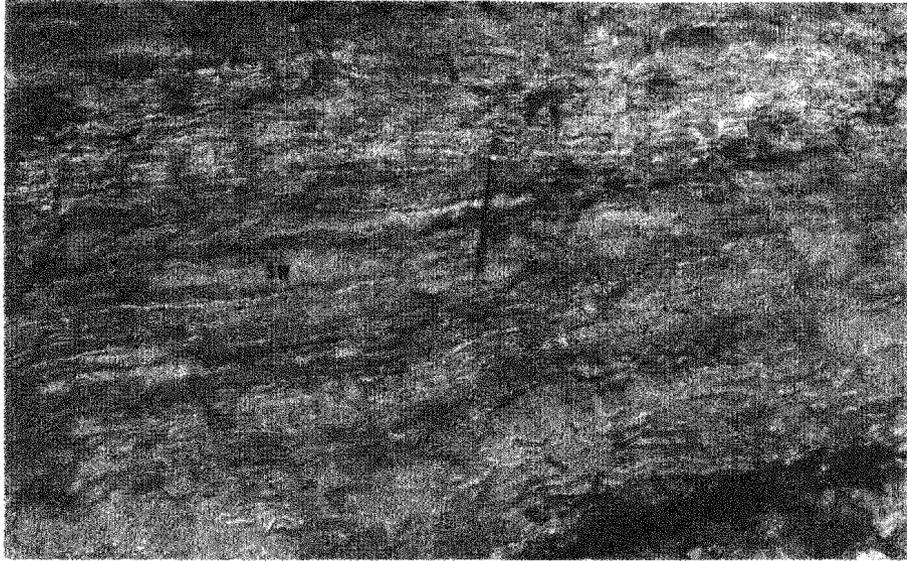


Figura 9 – Estruturas do tipo wavy e linsen (Sw) (São Tome).

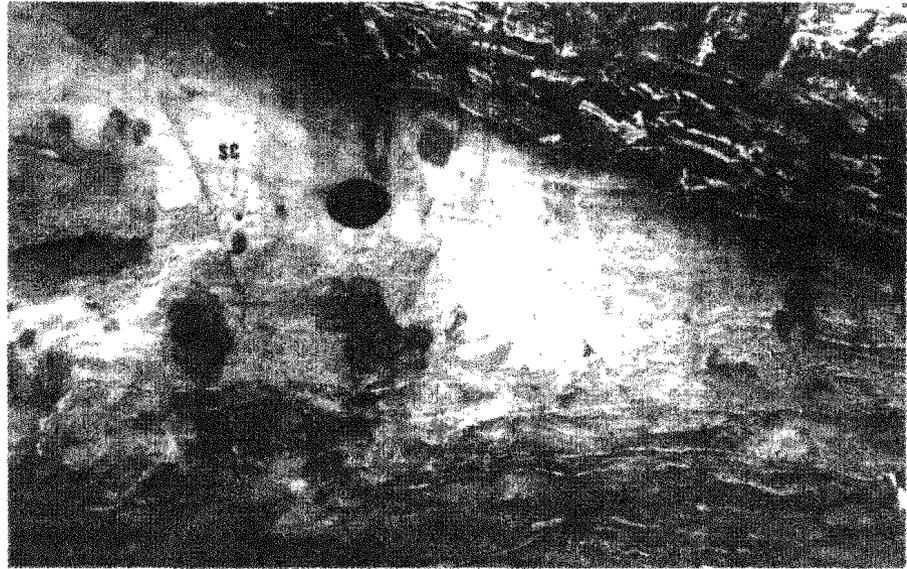


Figura 10 – Laminações cavalgantes ascendentes supercríticas (Sc). Note, na porção superior da figura, a presença de fragmentos e filmes de argila depositados juntamente com os sedimentos arenosos grossos de fundo de canal (São Tomé).

9. Fácies arenosa grossa a conglomerática (SG):

Esta fácies, composta por arenitos grossos e seixos, é muito mal selecionada e apresenta grãos subangulosos a subarredondados. Devido à maior poro-

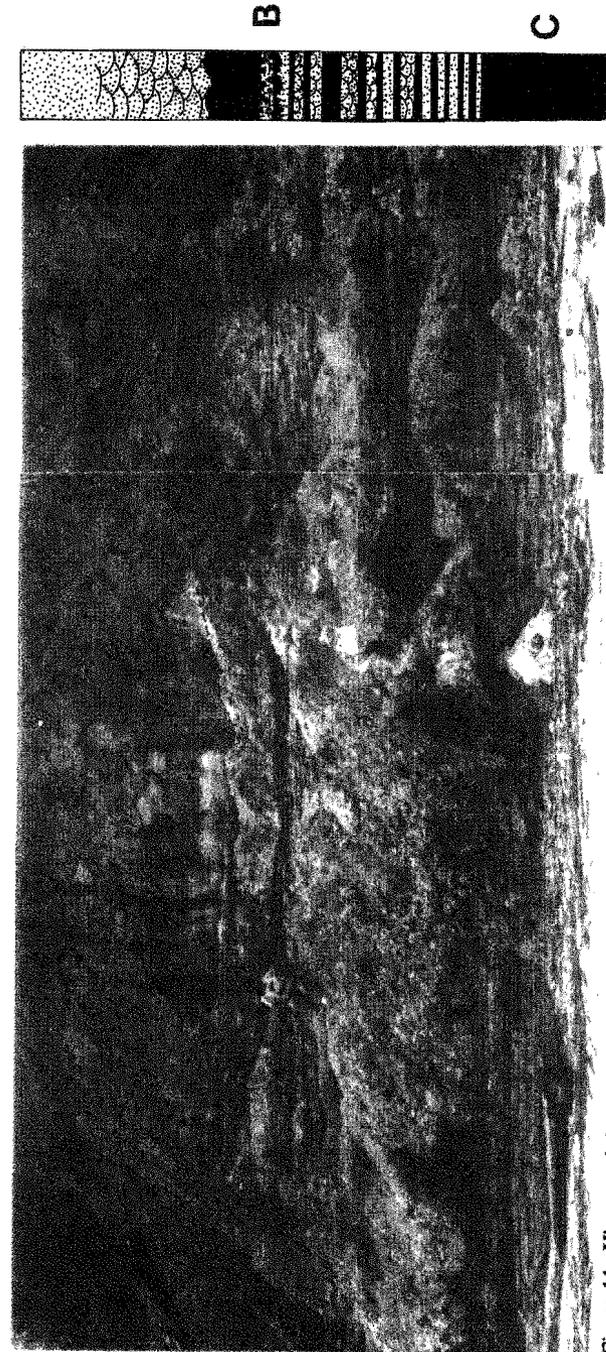


Figura 11 – Vista geral de um canal, cujo contorno se acha ressaltado pelo pontilhado. Observe que houve rápido entulhamento pelos sedimentos argilosos (São Tomé).

sidade, estas camadas são favoráveis à infiltração por soluções ferruginosas, o que as tornou bastante endurecidas e, portanto, relativamente protegidas do intemperismo, sendo destacadas no campo em função de sua textura e tonalidade amarronzada. Em geral, estes arenitos grossos ocorrem como recobrimentos de formas erosivas, localmente apresentando acentuadas concavidades (figura 11). Uma de suas características mais marcantes é a presença de fragmentos e lâminas de argilitos, algumas ressaltando planos de estratificações (figura 12). As espessuras desta fácies variam desde 5 centímetros até cerca de 25 centímetros.



Figura 12 – Um detalhe dos depósitos de fundo de canal (SG), o qual apresenta freqüentes filmes de argila. Note, também, que na porção mais superior da figura, os sedimentos argilosos representativos do entulhamento do canal contém lentes arenosas de granulometria fina (São Tomé).

10. Fácies conglomerática (Cg):

Restrita à porção mais ao sul da área estudada, esta fácies é representada por conglomerados mal selecionados, cujos constituintes são suportados por uma matriz areno-argilosa (figura 13). Os clastos são compostos por quartzo leitoso, rosado e quartzo microcristalino, e têm granulometria variando de seixos a matações, os quais se apresentam, geralmente, subangulosos a subarredondados. Comumente não se observam quaisquer orientações, estando os clastos distri-



Figura 13 – Conglomerados polimíticos sem estruturação da associação A (Entrada de Ourém).

buidos de maneira caótica em meio à matriz. No entanto, em alguns afloramentos onde os clastos são menores e a matriz menos abundante, pode-se verificar estratificação inclinada incipiente e granocrescência ascendente (figura 14). Estes afloramentos, apresentando conglomerados mais finos, tornam-se mais frequentes à medida que se dirige no sentido norte da área, rumo à cidade de Capanema. A espessura real destes sedimentos rudáceos é difícil de se estimar sendo que, só em superfície, ocorrem afloramentos medindo até 6 metros. Nestes casos, também se podem notar ocasionais tendências à granocrescência ascendente e, inclusive, variações para sedimentos onde os seixos são suportados por



Figura 14 – Contato erosivo entre argilito maciço (Am) e sedimentos conglomeráticos (Cm) apresentando estratificação inclinada incipiente (mergulho é indicado pela seta) e tendência a granocrescência ascendente (BR-316, Pt. 8-4).

eles próprios (ortoconglomerados) e não pela matriz (paraconglomerados), como pode ser observado na figura 15.

Em alguns locais verifica-se intensa ferruginização, o que fez com que o material se tornasse bastante endurecido e mais protegido de alteração. A coloração varia de avermelhada a marrom-escuro.

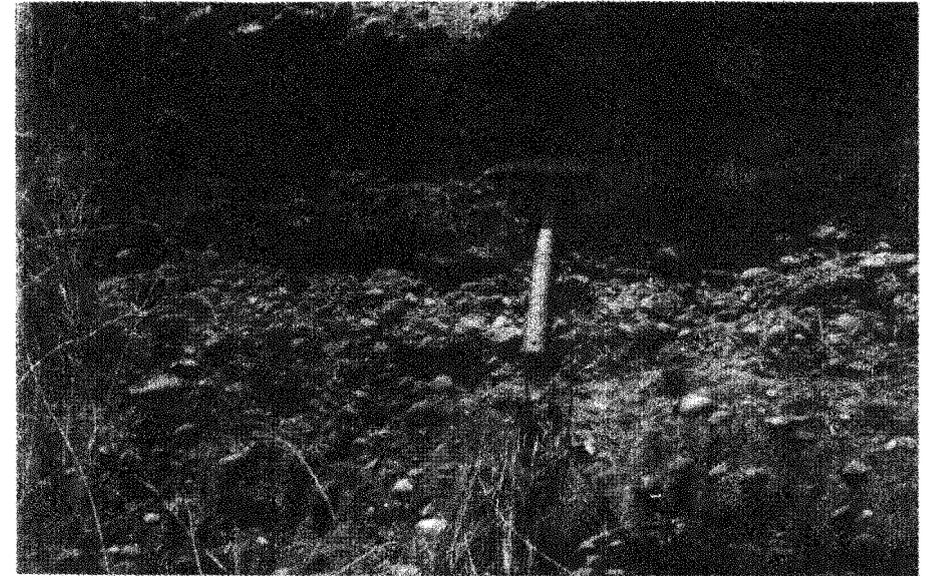


Figura 15 – Conglomerados da associação A, contendo pouca matriz areno-argilosa. Observe a incipiente granocrescência ascendente e a tendência de suporte do tipo grão a grão na porção mais superior da figura (Ourém-Pt 34).

11. *Fácies conglomerática com seixos de argila (CA):*

Apresentando-se mal selecionada, esta fácies contém clastos de argila de 3 centímetros de comprimento médio, podendo atingir até 10 centímetros. Os clastos são, no geral, subarredondados e alongados, ocorrendo alguns com formatos irregulares e subangulosos; internamente estes clastos contém alguma laminação plano-paralela.

Encontram-se presentes ainda nesta fácies, seixos e grânulos de quartzo, os quais se distribuem aleatoriamente em uma matriz arenosa grossa. A espessura é bastante variável, podendo alcançar até 25 centímetros.

12. *Fácies arenosa com estratificação sigmoidal (Ss):*

Esta fácies, verificada nas proximidades de Maracanã, em especial na localidade de São Tomé, é composta por arenitos com granulometria variando de fina a média, sendo mal selecionada. Apresenta-se sob a forma de lentes ou lobos com até 20 centímetros de espessura contendo, internamente, estratificação inclinada duplamente tangencial ou sigmoidal (figura 16).

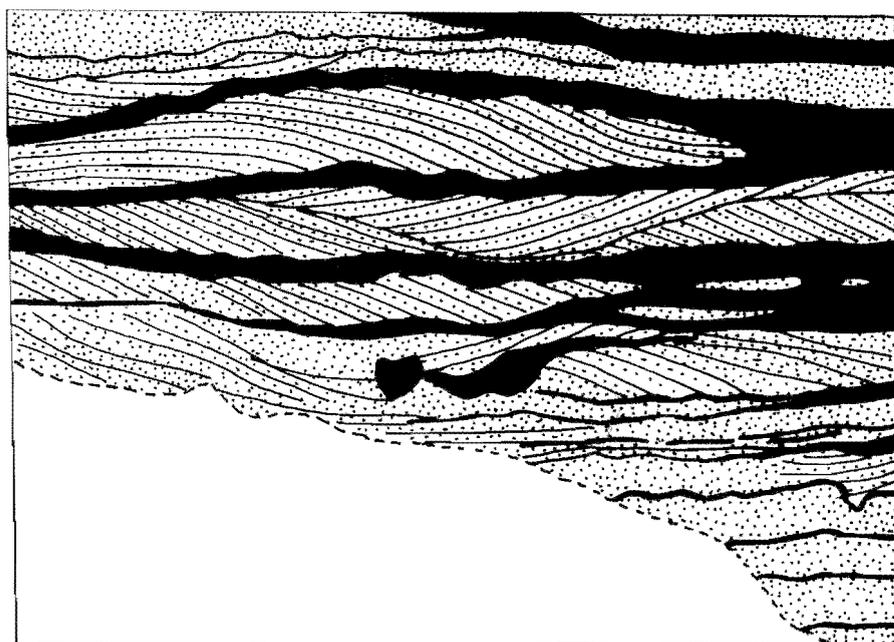
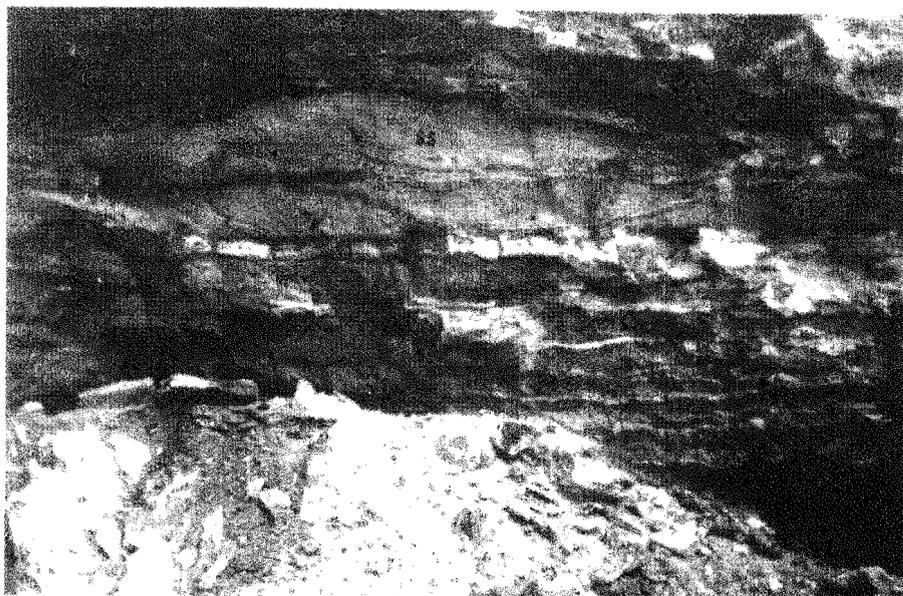


Figura 16 – Lentes arenosas apresentando estratificação interna do tipo sigmoidal (Ss). Observe a presença freqüente de recobrimentos argilosos (*mud-drapes*) (São Tomé).

13. *Fácies composta por blocos de arenito ferruginoso e/ou seixos de quartzo (BS):*

Devido à resistência ao intemperismo, estes níveis detríticos, ocorrendo sob a forma de *stone-lines* e *stone-layers*, são facilmente observáveis na maioria dos afloramentos, mesmo quando intensamente alterados. Ocorrem níveis compostos de blocos de arenito ferruginoso, os quais chegam a medir 40 centímetros de comprimento, embora, no geral, não ultrapassem 20 centímetros. Estes blocos são compostos principalmente por arenitos com granulometria variando de fina a grossa; entretanto, em alguns locais, verificam-se níveis constituídos inteiramente por seixos de quartzo subangulosos a subarredondados. Cimento ferruginoso preencheu os espaços porosos destes sedimentos, o que, em muitos casos, possibilitou a preservação de estruturas primárias, geralmente estratificações cruzadas. Certos blocos arenosos apresentam fragmentos argilosos finamente laminados, sendo que alguns blocos são constituídos inteiramente por este material. Existem níveis que são compostos por seixos de quartzo subangulosos a subarredondados, geralmente medindo 2 a 3 centímetros de comprimento.

Esta fácies distribui-se em superfícies irregulares (figura 17) que podem ser contínuas até 250 metros, apresentando espessuras variando entre 5 a 50 centímetros. Localmente também foram observadas deposições sobre superfícies mais tabulares. Os níveis de seixos de quartzo são lateralmente descontínuos.



Figura 17 – Inconformidade existente entre as fácies argilosa maciça (Am) e areno-argilosa (AA) das associações C e D, respectivamente. Note a intensa desferrificação dos sedimentos argilosos inferiores (Ilha do Outeiro).

AGRUPAMENTO E POSICIONAMENTO ESPACIAL DAS FÁCIES

Associação A:

Embora representem uma única fácies, esta foi designada de “associação” a título de homogeneização das informações possibilitando, assim, uma melhor compreensão das variações ocorridas durante o tempo de deposição. A fácies incluída aqui é a conglomerática (CG), que se encontra restrita à região de Ourém e Capitão Poço, tendo ampla distribuição nesta porção localizada ao sul da área estudada. Sobrepõe-se, em discordância erosiva, aos xistos da Formação Santa Luzia, de idade pré-Cambriana. Esta fácies ocorre ora subjacente a sedimentos arenosos finos, intercalados com argilitos laminados (Sm e Al), ora sobreposta a argilitos aparentemente não estruturados (Am), em contato nitidamente erosivo (anexo 01). Entretanto, predominam os afloramentos onde a fácies conglomerática ocorre isolada, dificultando precisar, somente com dados de superfície, o seu posicionamento em relação às demais fácies.

Associação B:

Esta associação pode ser melhor visualizada especialmente em falésias localizadas nas proximidades de Maracanã, mais precisamente em São Tomé (figuras 8, 9, 10, 12, 16, 18 a 21). Neste local, como pode ser acompanhado pelo anexo 02, chega a atingir espessuras de 4,5 metros em sua porção mais central; entretanto, lateralmente se adelgaça até desaparecer por completo. Além disto, embora na porção central da falésia as estruturas sejam nítidas, lateralmente e para cima tornam-se incipientes ou totalmente obliteradas por agentes intempéricos.

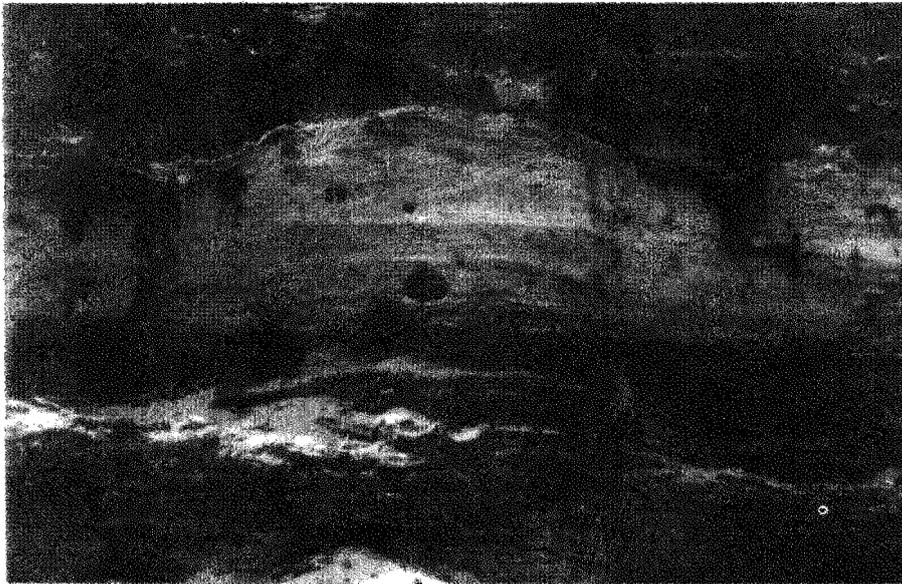


Figura 18 – Estratificação cruzada acanalada (Sa). Observe que o topo do set foi erodido e recoberto por película argilosa (*mud-drapes*) (São Tomé).

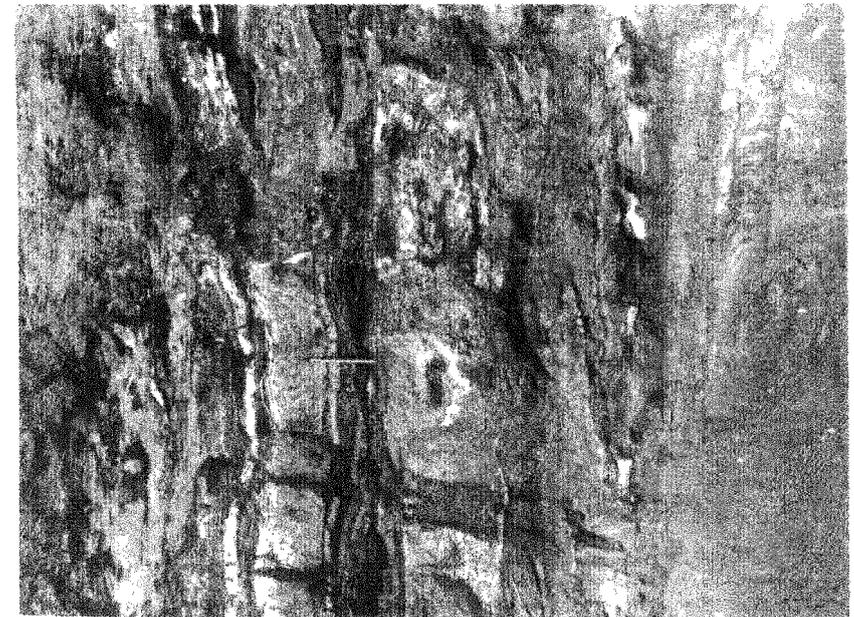
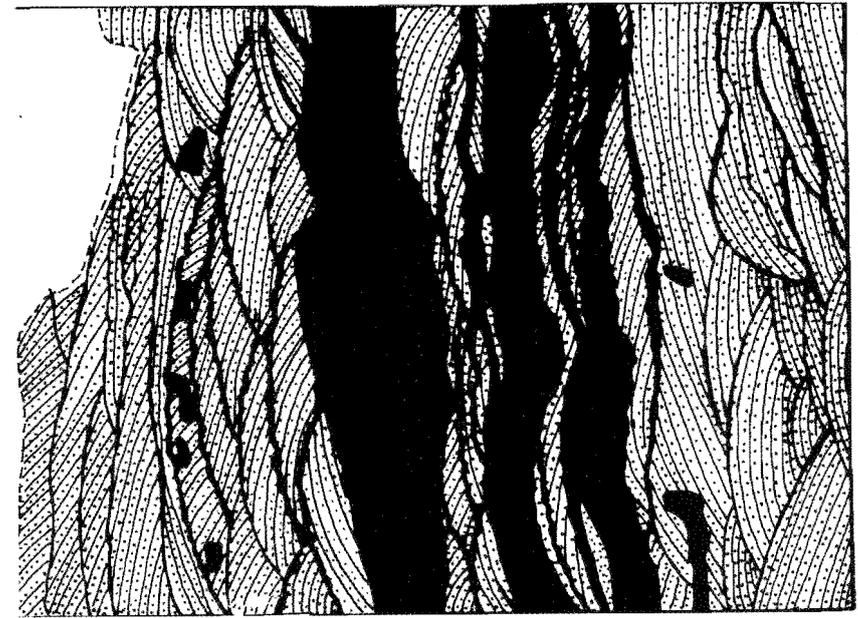


Figura 19 – Fácies argilosa laminada (Al) intercaladas com a fácies arenosa apresentando estratificação acanalada. Observe a presença frequente de filmes argilosos depositados ao longo dos *foresets* e nos limites dos *sets* (São Tomé).

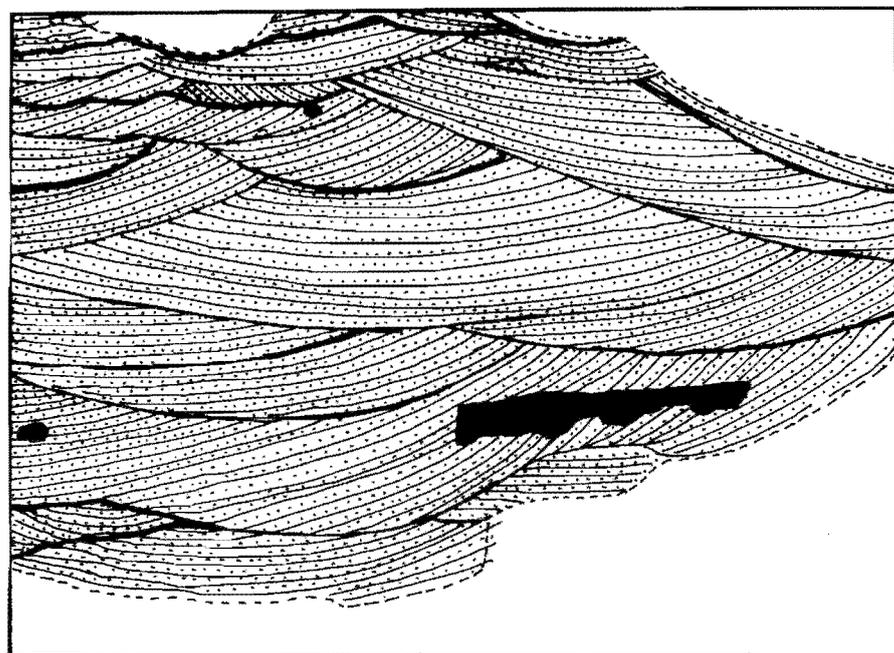


Figura 20 - Detalhe da porção superior da figura 19, onde se pode observar sedimentos arenosos com estratificação cruzada acanalada (Sa) contendo fragmentos de argila dispersos (São Tomé).

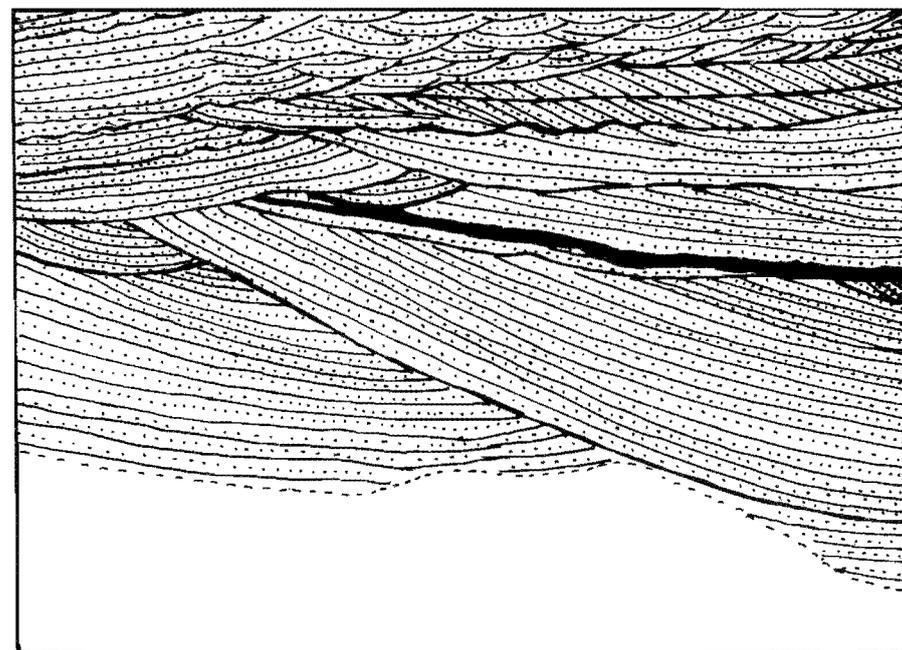
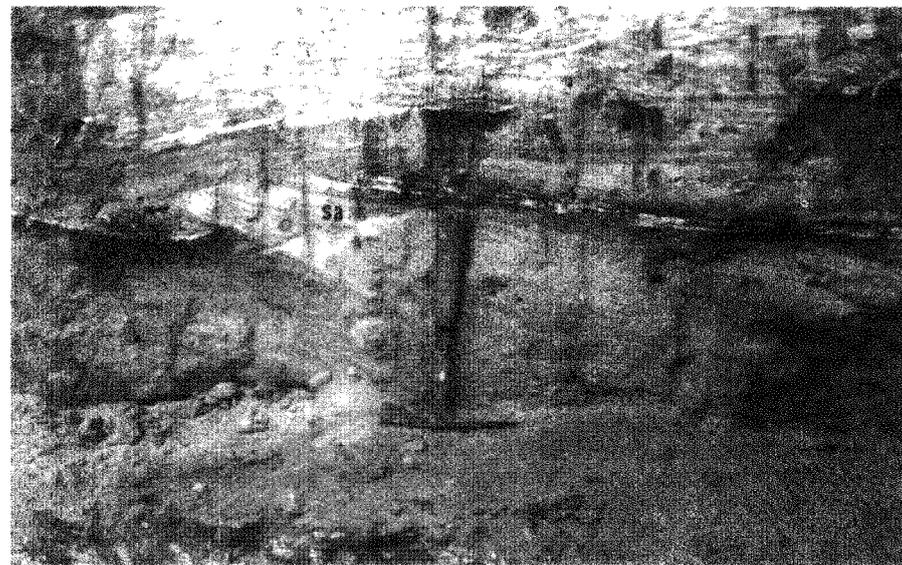


Figura 21 - Estratificação cruzada acanalada (Sa) de médio porte variando, em direção ao topo, para pequeno porte, em função da diminuição da energia do fluxo (São Tomé).

Na parte mais litorânea da área, esta associação faciológica é composta por intercalações de camadas argilosas com laminação plano-paralela (A1) e camadas arenosas com granulometria variando de fina a conglomerática. Muito comumente, as frações arenosas de granulação fina apresentam-se dispostas em forma lenticular ou lobada. Dentre as fácies arenosas estruturadas predominam aquelas com estratificação tabular (St) e acanalada (Sa). Subordinadamente ocorrem estruturas laminadas cavalgantes ascendentes (Sc), em camadas de arenitos finos e estruturas do tipo *wavy* e *linsen* em camadas de arenitos finos intercaladas com pelitos. Além disto, algumas formas lobadas apresentam estratificação interna com comportamento assintótico (sigmoidal). A maioria dos sets arenosos apresenta-se interrompida irregularmente, denotando a atuação de fenômenos erosivos atuantes em curtos intervalos de tempo. Estas superfícies irregulares são, comumente, ressaltadas devido ao seu recobrimento por películas de argila (*mud drapes*).

A fácies arenosa grossa a conglomerática (SG) ocorre disposta em níveis diferentes da falésia, não apresentando grande persistência lateral. Suas espessuras são amplamente variáveis e a deposição ocorreu, geralmente, sobre superfícies irregulares, as quais, ocasionalmente, assumem formas convexas, especialmente no centro da falésia, chegando a atingir 14 metros de comprimento (figura 11).

Em direção ao interior, nas proximidades de Capanema, esta associação apresenta predominância das frações arenosas e, embora com aspecto mais alterado que na zona litorânea, podem ser visualizadas estratificações cruzadas, principalmente do tipo tabular. Nesses locais as camadas arenosas, estruturadas ou não, apresentam finas intercalações de argilito laminado. Nos demais afloramentos, onde o grau de intemperismo foi bastante intenso, notam-se apenas monótonas intercalações de argilito com laminação plano-paralela e arenito com granulometria fina a média (figura 22). Embora, em geral, as camadas arenosas apresentem-se não estruturadas nesses locais, é comum verificar-se, através de um exame mais cuidadoso, muitos vestígios que atestam a presença de estratificação cruzada. Esta estruturação costuma restringir-se a porções específicas dos afloramentos sendo que, nas proximidades, desaparece de forma gradativa.

Na Ilha do Outeiro esta associação apresenta um nível contendo argilitos negros laminados (figura 23) e com abundantes restos vegetais.

Estruturas semelhantes a icnofósseis foram verificadas na localidade de São Tomé, no contato entre esta associação e a associação C (figura 24).

Associação C:

É representada pelo seguinte agrupamento de fácies: argilitos maciços (Am), argilitos com laminação plano-paralela (A1) e arenitos não estruturados (Sm). Predominam nitidamente os sedimentos argilosos, os quais chegam a compor cerca de 95% do conjunto. A fácies arenosa é verificada em suas porções mais finas, ocorrendo como intercalações milimétricas ou contendo poucos centímetros de espessura, sendo também encontrada sob a forma de lentes medindo até 40 centímetros de espessura e comprimento inferior a 30 metros.

Esta seqüência inicia-se sempre por argilitos laminados (A1), normalmente com abundantes fósseis vegetais (figura 25) e passa, gradativamente, a argilitos não estruturados contendo vestígios de raízes fossilizadas. Notou-se que este

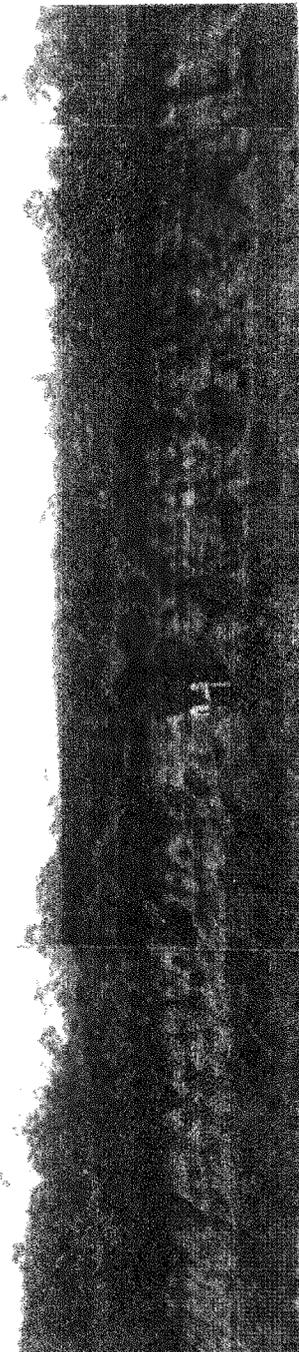


Figura 22 - Intercalações argilosas e arenosas da associação B. Note o paralelismo e continuidade lateral das camadas (Proximidades de Capanema-PT. 12).

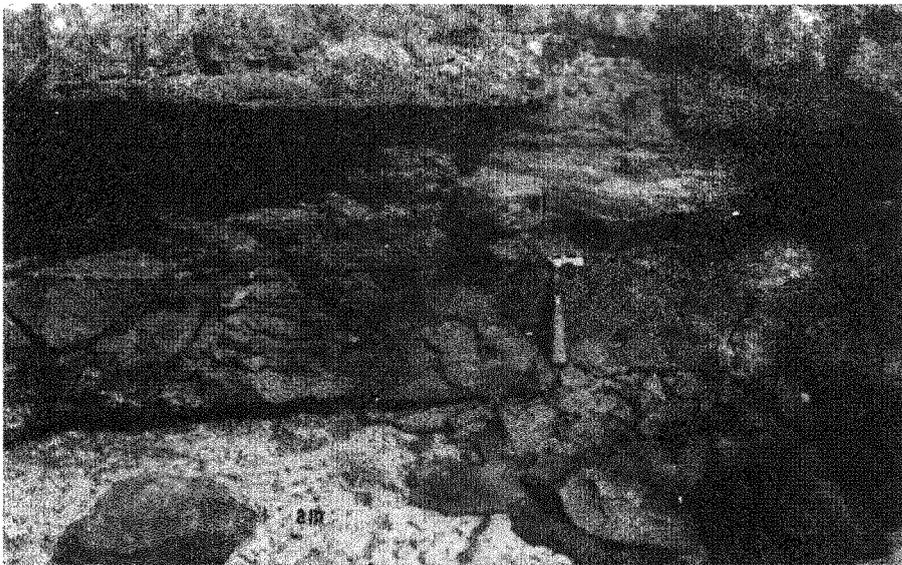


Figura 23 – O pontilhado ressalta argilitos negros fossilíferos da associação B, os quais se acham separados de fácies de argilito maciço (Am) por meio de superfície erosiva bem delimitada (Ilha do Outeiro).

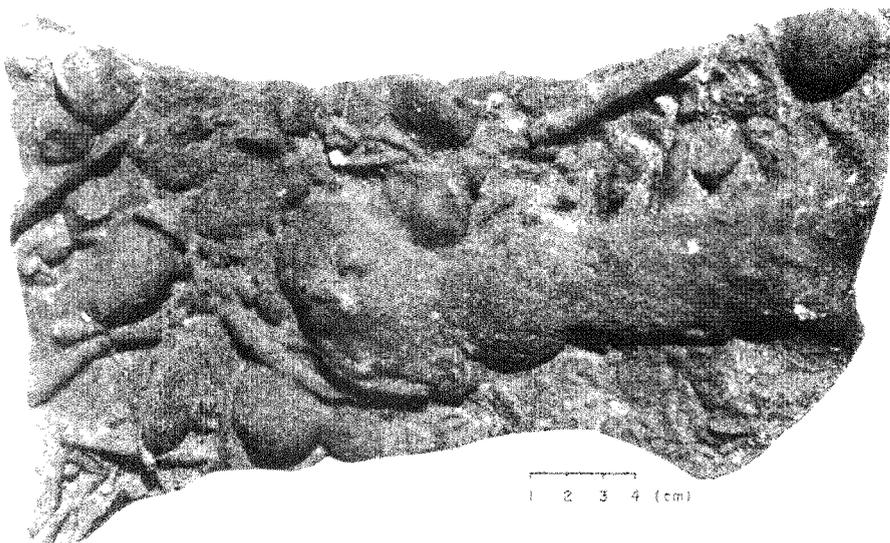


Figura 24 – Estruturas que foram associadas a prováveis bioturbações verificadas na passagem entre as associações B e C (São Tomé).

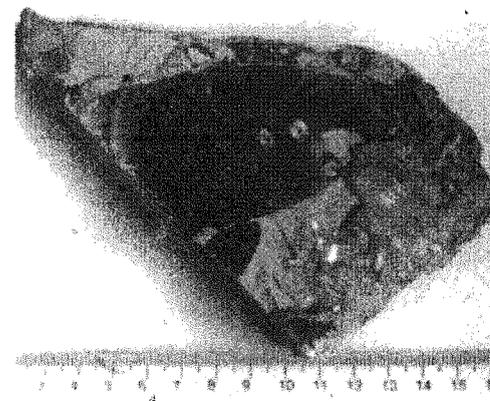


Figura 25 – Folhas fósseis presentes no argilito negro da associação B (Ilha do Outeiro).

pacote de sedimentos tende a tornar-se mais arenoso à medida que se aproxima da sua porção mais superior, quando então se verificam, com maior frequência, as intercalações arenosas.

Os afloramentos mais representativos desse agrupamento estão localizados próximos a Maracanã, São Tomé e Ilha do Outeiro onde apresentam, aproximadamente, 4 metros de espessura. Entretanto, em toda esta região percebe-se que a porção mais superior do depósito foi invariavelmente afetada por fenômenos erosivos, gerando uma superfície bastante irregular, o que torna impossível a apreciação da espessura original desta associação. Esta superfície pode ser seguida em quase todas as falésias próximas ao litoral, auxiliando no trabalho de correlação dos perfis estratigráficos (figuras 17, 26 e 27). Sua ocorrência acha-se ressaltada por ser comumente recoberta por sedimentos apresentando seixos de quartzo e clastos argilosos, acumulados em sua porção basal (CA).

Associação D:

Representada exclusivamente pela fácies areno-argilosa (AA), este pacote sedimentar acha-se separado do anterior quase sempre por meio de blocos de arenitos ferruginosos e seixos de quartzo (BS). Constitui-se na porção mais superficial, sendo incomuns afloramentos que não sejam capeados por esses sedimentos. No perfil de Outeiro (anexo 3) não se pode definir sua presença devido ao intenso processo de alteração laterítica. No entanto, em outras falésias desta localidade, estes sedimentos ocorrem de maneira bastante expressiva (figura 17).

Os principais critérios utilizados para a identificação desses sedimentos, bem como para a sua separação das associações anteriores, foram: (1) aspecto quase sempre homogêneo; (2) granulometria fina; (3) aparência friável; (4) coloração marrom-amarelada; (5) deposição acima de superfícies erosivas

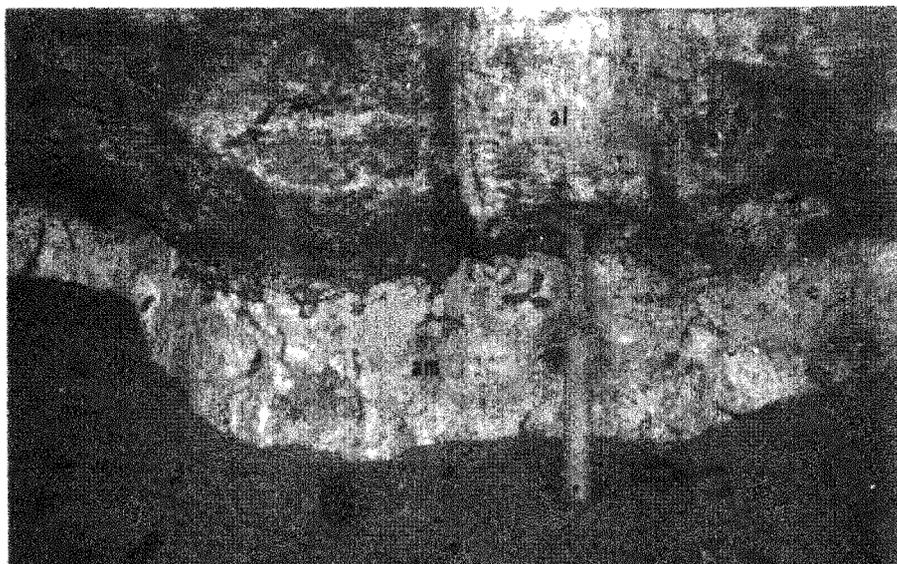


Figura 26 – Detalhe da superfície erosiva que separa sedimentos argilosos maciços (Am) e argilosos laminados (Al) pertencentes às associações C e B, respectivamente.



Figura 27 – Esta figura possibilita a visualização de duas superfícies bem delimitadas, sendo que a inferior separa as associações B e C, e a superior marca o limite entre os sedimentos Barreiras e pós-Barreiras. Observe a intensa desferrificação dos sedimentos da associação C e a presença de paleopavimentos ressaltando a superfície mais superior (Aecuru, proximidades de Maracanã).

lateralmente contínuas; (6) ausência de fragmentos argilosos, os quais são comuns nos sedimentos homogeneizados da associação B. Além do fato de terem sido depositados sobre superfícies bastante irregulares, comumente recobertas por níveis detríticos, em muitos locais estes sedimentos assentam-se diretamente sobre materiais intensamente lixiviados, de coloração branca, mostrando grandes contrastes (figuras 4, 5, 6, 7, 27 e 28).



Figura 28 – Nível detrítico (BS) salientando a superfície erosiva existente entre os sedimentos Barreiras e pós-Barreiras. (Quarenta do Mocooca, proximidades de Maracanã).

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados obtidos a partir da análise de parâmetros granulométricos (Tabela 1) indicam que:

- (1) A associação B apresenta arenitos com granulometria média (48%), fina (35%) e grossa (17%). Predominam arenitos onde o grau de selecionamento é moderado (52%) ocorrendo, também, arenitos bem selecionados a muito bem selecionados (26%) e pobremente selecionados (22%).
- (2) As intercalações arenosas presentes na associação C são caracterizadas por apresentarem predominância de granulação fina (60%) ocorrendo, ainda, areia média (20%) e areia muito fina (20%). Quanto ao selecionamento verificaram-se, preferencialmente, areias muito bem selecionadas (60%) a pobremente selecionadas (40%).
- (3) A associação D contém arenitos com granulometria fina (53%), muito fina (11%) e média (33%). Estes arenitos quase sempre são moderadamente selecionados (53%), ocorrendo populações pobremente selecionadas (27%), moderadamente bem selecionadas (13%) e muito pobremente selecionadas (7%).

Tabela 1 – Parâmetros granulométricos dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras no nordeste do estado do Pará.

Associação	Amostra	ϕMz	σ_i	Ski
B	P4-0	0,43	0,77	0,01
	P4-2	1,06	1,17	0,50
	P7-1	0,87	0,62	0,34
	P7-2	2,02	1,19	0,56
	P7-3	1,07	0,68	-0,05
	P12-1	1,30	0,47	0,19
	P12-3	2,05	0,81	-0,38
	P13-1	1,52	1,00	0,23
	P14-1	1,60	1,05	0,09
	P14-2	1,20	1,40	-0,23
	P14-3	1,38	0,49	0,29
	P24-2	2,60	0,58	-0,14
	P26-3	0,87	0,94	0,02
	P27	1,50	0,29	0,53
	P27-1	2,10	0,80	0,35
	P35-1	2,50	1,14	-0,29
	P37-2	1,35	0,78	0,07
	P37-4	1,97	0,74	-0,17
	P40-3	2,50	0,47	-0,30
	P40-4A	2,80	0,39	0,01
P41-3	2,26	0,54	-0,10	
P41-4	2,60	0,60	-0,17	
P43-6	1,43	1,29	0,05	
C	P22-1A	2,14	1,27	-0,05
	P23-1	1,45	1,06	0,40
	P24-1A	2,42	0,26	0,42
	P26-2	2,50	0,54	-0,14
	P42-0	2,70	1,27	-0,05
	D	P4-4	1,90	1,03
P13-3		2,20	1,58	0,00
P15-2		2,70	0,90	0,09
P21-1		2,40	1,13	-0,02
P23-7		2,37	0,97	-0,24
P25-3		2,34	0,98	0,15
P27-3		2,46	0,98	-0,01
P30-3		1,91	0,93	-0,06
P31		2,09	0,73	-0,14
P35-3		2,50	0,88	-0,66
P37-6		1,85	0,76	-0,11
P38-1		1,70	1,44	-0,14
P38-2		1,96	0,88	0,24
P44	3,10	0,61	-0,23	
P45	2,70	0,62	0,04	

ϕMz = diâmetro médio; σ_i = desvio padrão (selecionamento); Ski = assimetria (segundo Folk & Ward, 1957). B e C = sedimentos Barreiras; D = sedimentos pós-Barreiras.

Esses dados foram obtidos a partir de curvas granulométricas acumulativas, sendo que algumas das mais representativas são mostradas na figura 29. Constatou-se que estes parâmetros puderam ser somente utilizados a título de caracterização dos sedimentos, descartando-se qualquer possibilidade de se fazer interpretações ambientais. Acredita-se que este seria um procedimento bastante inadequado, levando-se em consideração que a fração argilosa não foi analisada. Além disso, as frações arenosas podem apresentar feições texturais não deposicionais (intempéricas e/ou diagenéticas), associado ao fato de ser difícil distinguir entre características herdadas e adquiridas durante os processos de sedimentação.

Os resultados obtidos a partir da distribuição do grau de arredondamento dos grãos de quartzo foram pouco significativos, motivo pelo qual se deixou de apresentá-los neste trabalho. Em geral, os grãos de quartzo das três associações analisadas mostram moda subangular e, menos freqüentemente, subarredondada. Grãos angulosos, arredondados e bem arredondados raramente ultrapassam proporções equivalentes a 10% da população total.

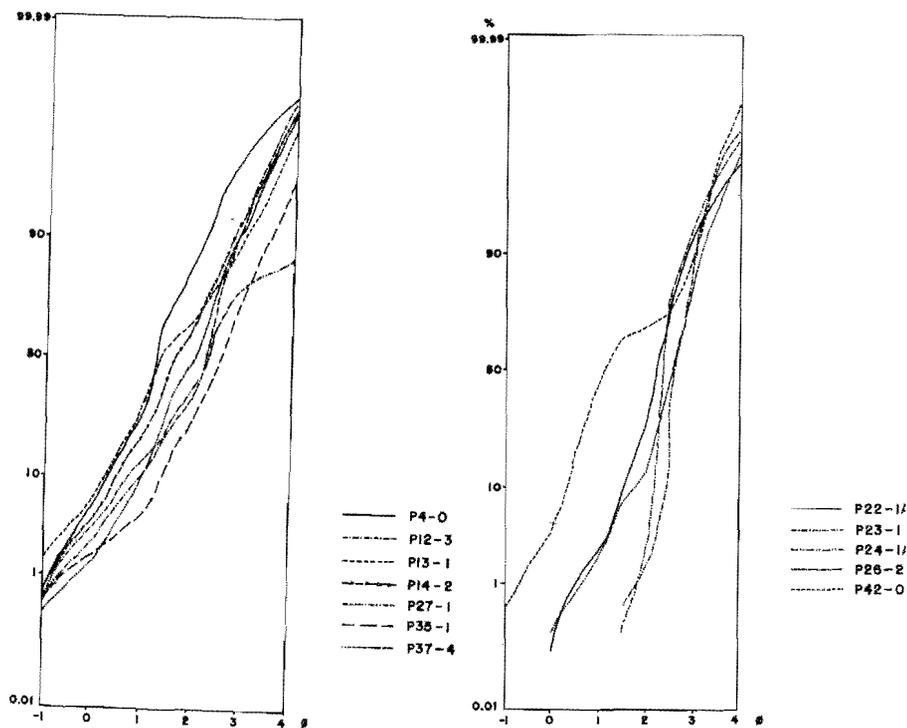


Figura 29a – Curvas granulométricas acumuladas representativas da associação B.

Figura 29b – Curvas granulométricas acumuladas representativas da associação C.

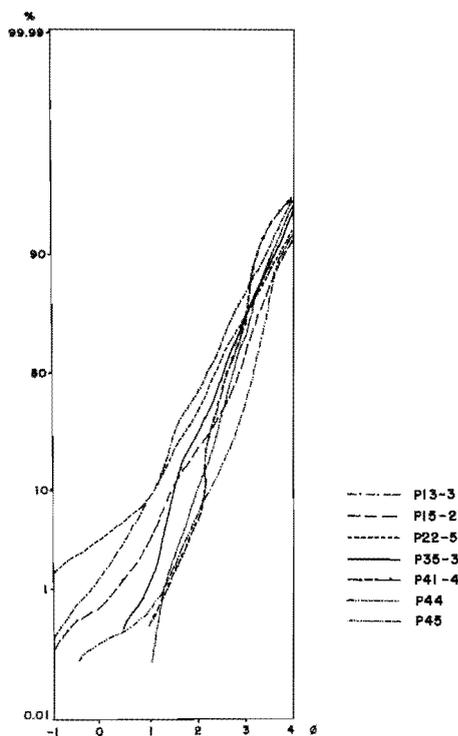


Figura 29c - Curvas granulométricas acumuladas representativas da associação D.

MINERAIS PESADOS TRANSPARENTES E NÃO MICÁCEOS

Com relação aos minerais pesados, verificou-se que não ocorrem variações muito significativas de uma associação para a outra, portanto, os resultados dessas análises serão comentados de uma forma generalizada.

Após o estudo dos concentrados pesados correspondentes a 27 amostras analisadas, chegou-se à verificação de que a mineralogia acessória dos sedimentos é a que segue, em ordem decrescente de importância:

- fração 0,250-0,125 milímetros (areia fina): estauroilita, turmalina, cianita, rutilo, zircão, sillimanita, andaluzita, anatásio, granada, apatita, topázio e brookita;

- fração 0,125-0,062 milímetros (areia muito fina): estauroilita, turmalina, zircão, cianita, rutilo, andaluzita, sillimanita, granada, topázio e titanita.

A associação faciológica C, na fração 0,125-0,062 milímetros, representa uma exceção na ordem dos minerais acima relacionados, pois a cianita prevalece em relação à baixa frequência do zircão. Além disto, na associação D verifica-se traço de dumortierita, mineral não encontrado nas amostras correspondentes às demais associações.

Descrição dos minerais:

Turmalina - predominam os grãos de coloração verde-oliva e marrom ocorrendo, secundariamente, as de tonalidade azul, rósea e incolor. As formas principais são alongadas, sendo que estas mostram-se subarredondadas a arredondadas. Subordinadamente, verificam-se grãos equidimensionais, arredondados e, raramente, prismáticos. São freqüentes as turmalinas apresentando vacúolos e, ocasionalmente, micrólitos. Raros são os grãos com crescimento secundário (principalmente verificado nas lâminas P25-3 e P43-6).

Zircão - os grãos de zircão apresentam-se predominantemente incolores e amarelados, secundariamente com tonalidades rosadas e levemente esverdeadas. Quanto à forma e arredondamento, observam-se grãos alongados e equidimensionais, geralmente arredondados; subordinadamente ocorrem formas prismáticas com bordas arredondadas. São freqüentes os grãos com vacúolos e, mais raramente, com micrólitos, bem como aqueles apresentando zoneamentos.

Estauroilita - predominam as estauroilitas de coloração amarelada ocorrendo, secundariamente, as de tonalidades amarelo-avermelhada. Os grãos são geralmente irregulares, subangulosos a angulosos, sendo raros os contornos arredondados; formas prismáticas são incomuns. Frequentemente, a estauroilita possui vacúolos e micrólitos. Poucos são os grãos que apresentam escamamentos superficiais.

Rutilo - os grãos de rutilo apresentam colorações avermelhadas, amareladas e amarelo-avermelhadas e são, freqüentemente, equidimensionais, subarredondados a angulosos. Formas prismáticas não são raras, assim como a presença de geminações polissintéticas. Menos comuns são os grãos apresentando maclas em "joelho".

Cianita - grãos são incolores, raramente azulados, geralmente prismáticos e contendo partições perpendiculares ao alongamento. São freqüentes as formas angulosas com micrólitos e raras as arredondadas.

Sillimanita - ocorrem em grãos incolores, geralmente prismáticos e angulosos e apresentando aspecto fibroso.

Andalusita - os grãos são incolores e levemente rosados, com formas alongadas subangulosas. Frequentemente observam-se inclusões carbonosas.

Granada - mineral raro, sendo que os grãos mostram-se incolores, róseos e verdes, com formatos irregulares, comumente subangulosos.

Apatita - mineral raro, incolor, com formas alongadas subangulosas.

Brookita - mineral raro, ocorrendo em grãos de coloração marrom-amarelada e apresentando formatos prismáticos e angulosos.

Anatásio - mineral raro, ocorrendo em grãos de coloração amarelada, azulada e incolor, comumente possuindo contornos quadrados. Menos freqüentes são as formas irregulares, as quais se apresentam subarredondadas.

Titanita - mineral raro, ocorrendo como grãos incolores, com formatos irregulares, geralmente subarredondados.

Dumortierita – mineral raro, ocorrendo como grãos de coloração avermelhada, os quais apresentam, geralmente, formatos prismáticos angulosos.

Maturidade mineralógica:

Na fração areia fina existem de dez a treze espécies mineralógicas, enquanto que na fração areia muito fina foram verificadas de dez a quinze espécies, sendo que o maior número acha-se presente na associação D (Tabela 2).

Tabela 2 – Frequência percentual de minerais pesados transparentes e não micáceos dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras no nordeste do estado do Para.

Associação	Amostra	Zi	Tu	Ru	Es	Cl	Ad	Si	Gr	Ap	An	Bk	Du	Tp	Ti	Ot	ZTR	ZTRE	N	
B	P4-2	g	08	32	05	44	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	89	123	
		f	20	34	07	26	13	TR	-	-	-	TR	-	-	-	-	-	61	87	113
	P12-1	g	03	15	07	57	15	TR	03	-	-	-	-	-	-	-	-	25	82	109
		f	21	10	09	40	17	-	02	-	-	TR	-	-	-	-	01	40	80	103
	P12-3	g	TR	28	02	41	28	TR	01	-	-	-	-	-	-	-	-	30	71	111
		f	17	19	10	30	22	TR	01	-	-	TR	-	-	-	-	01	46	76	108
	P13-1	g	01	41	02	40	13	01	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	57	80	128
		f	22	29	06	23	15	01	01	01	01	-	-	-	-	-	-	42	89	120
	P14-1	g	03	34	05	47	08	-	01	01	-	01	-	-	-	-	-	65	86	258
		f	32	16	17	21	13	TR	TR	-	01	TR	-	-	-	-	-	48	77	141
	P24-2	g	TR	42	06	29	21	01	01	-	-	-	-	-	-	-	-	42	72	145
		f	05	26	11	30	23	01	02	-	-	02	-	-	-	-	-	29	81	116
P27	g	03	21	05	52	16	01	02	-	-	-	-	-	-	-	-	59	85	104	
	f	39	12	08	26	14	TR	01	-	-	-	-	-	-	-	-	23	73	139	
P27-1	g	02	19	02	50	24	02	01	-	-	-	-	-	-	-	-	64	81	115	
	f	31	16	17	17	17	01	01	-	-	-	-	-	-	-	-	28	84	102	
P37-4	g	04	23	01	56	16	TR	TR	-	-	-	TR	-	-	-	-	47	79	127	
	f	24	16	07	32	21	TR	TR	-	-	TR	-	-	-	-	-	TR	46	76	103
P40-4A	g	04	42	TR	30	24	-	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	TR	46	76	100
	f	06	47	03	30	13	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	47	83	121	
P41-3	g	TR	45	02	36	15	01	01	-	-	TR	-	-	-	-	-	01	59	81	144
	f	15	26	18	22	13	01	04	-	TR	-	-	-	-	-	-	35	75	119	
P41-4	g	TR	31	04	40	25	TR	TR	-	-	TR	-	-	-	-	-	01	57	86	155
	f	18	26	13	29	12	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	49	81	100	
P43-6	g	02	41	06	32	19	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	49	82	146	
	f	05	34	10	32	17	02	TR	TR	-	TR	-	-	-	-	-	40	72	122	
P23-1	g	02	34	04	32	26	TR	02	-	-	-	-	-	-	-	-	40	80	116	
	f	01	36	03	34	25	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	36	76	128	
P24-1A	g	01	31	04	40	22	TR	02	-	-	-	-	-	-	-	01	40	69	156	
	f	08	21	11	29	23	04	03	-	-	-	-	-	-	-	-	TR	31	69	115
P26-2	g	01	28	02	38	28	02	01	-	-	-	-	-	-	-	-	01	40	68	139
	f	12	19	09	28	22	05	02	-	-	01	-	-	01	-	-	TR	48	78	108
P42-0	g	01	45	02	30	21	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	06	56	81	100
	f	15	36	05	25	11	TR	02	-	-	01	-	-	-	-	-	41	90	107	
P13-3	g	06	30	05	49	09	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	02	53	83	180
	f	28	16	09	30	10	03	02	-	-	-	-	-	-	-	-	01	35	89	109
P15-2	g	01	32	02	54	09	TR	TR	TR	-	TR	-	-	-	01	-	62	86	140	
	f	28	16	15	24	09	-	01	01	02	-	-	-	-	-	-	16	94	101	
P21-1	g	03	09	04	78	05	01	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	51	97	102	
	f	17	26	12	42	01	02	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	41	84	107	
P23-7	g	01	35	05	43	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	84	246	
	f	12	23	10	39	15	-	01	01	-	-	-	-	-	-	-	41	85	176	
P25-3	g	03	35	04	43	14	TR	01	TR	TR	-	-	-	-	-	-	55	84	287	
	f	16	29	10	29	14	TR	02	-	TR	-	-	TR	-	-	-	40	90	118	
P27-3	g	03	32	05	50	10	TR	TR	-	-	TR	-	-	-	-	-	66	92	206	
	f	27	25	14	26	06	01	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	20	92	110	
P33-3	g	01	17	02	72	08	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	93	203	
	f	28	28	08	29	06	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	30	83	113	
P37-6	g	02	21	07	53	16	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	44	78	111	
	f	19	19	06	34	20	TR	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	45	89	139	
P44	g	03	39	03	44	10	01	TR	-	-	-	-	-	-	-	-	61	85	164	
	f	25	31	05	24	13	01	TR	-	-	01	-	-	-	-	-	42	73	108	
P45	g	TR	40	02	31	18	04	02	01	01	-	-	-	01	-	-	TR	58	80	141
	f	20	33	05	22	06	02	04	-	-	04	TR	-	-	-	-	-	-	-	-

Zi = zircão; Tu = turmalina; Ru = rutílio; Es = estauroлита; Cl = clivita; Ad = andaluzita; Si = sillimanita; Gr = granada; Ap = apatita; An = anatásio; Bk = brookita; Du = dumortierita; Tp = topázio; Ti = titanita; TR = traços; Ot = outros minerais não identificados; - = ausentes; N = número de grãos contados/ámina; g = 0,250-0, 125mm; f = 0,125 0,062mm; B e C = sedimentos Barreiras; D = sedimentos pós-Barreiras.

O cálculo do índice ZTR indica que os concentrados apresentam ou frequência equivalente entre minerais instáveis e estáveis ou abundância em instáveis. No entanto, estes resultados acham-se nitidamente mascarados pela grande quantidade de estauroлита. Este é um mineral bastante estável, o que ficou evidenciado pela sua elevada frequência e pelos poucos sinais de corrosão. Assim sendo, o elevado grau de maturidade mineralógica desses depósitos é melhor refletido através do índice ZTRE (Vide Tabela 2).

INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÕES

Quando se procura fazer uma interpretação faciológica leva-se em consideração, principalmente, os aspectos estruturais, os quais refletem os processos atuantes durante o transporte e deposição dos sedimentos. Dentro deste contexto, um dos maiores problemas enfrentados quando do detalhamento estratigráfico dos sedimentos Barreiras é o fato destes apresentarem-se comumente não estruturados ou com estruturação bastante incipiente. Esta aparência característica pode ser considerada como sendo um fenômeno generalizado, segundo a maioria dos trabalhos envolvendo o tema, nos quais se menciona a existência de afloramentos com estruturas cruzada e laminada plano-paralela-mente ocorrendo de forma bastante restrita. No entanto, deve-se levar em consideração que o aspecto não estruturado desses depósitos pode corresponder tanto a um caráter primário, refletindo as condições de sedimentação, quanto pode ser resultante de forte intemperismo. Além disto, a atuação de organismos é um elemento que contribui significativamente para a homogeneização dos sedimentos, fato este bastante observado nos afloramentos estudados.

Na área em questão verificou-se uma variedade considerável em termos de estruturas sedimentares, embora estas sejam mais restritas a afloramentos localizados na faixa litorânea, especialmente nas vizinhanças de Maracanã, onde a ação das marés propicia a formação de falésias. Graças a essas estruturas, pode-se fazer algumas considerações sobre os processos que teriam atuado na Região Bragantina durante o tempo de deposição dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras.

Processos de deposição:

A associação A, representada pela fácies conglomerática (Cm), localizada na parte sul da área, mostra característica de deposição através de fluxos de detritos do tipo viscoso ou coesivo. As evidências que levaram a esta interpretação foram: (1) natureza polimodal, com clastos do tamanho desde seixos até matacões; (2) suporte de clastos por meio de uma matriz areno-argilosa; (3) quase total ausência de estruturação, o que lhes confere aspecto homogêneo. Embora o fluxo de detritos seja um fenômeno bastante comum, independentemente do regime climático, Galloway & Hobbday (1983) comentam que ocorre baixo potencial de preservação destes depósitos em regiões climáticas muito úmidas. De acordo com Bull (1977, *apud* Walker, 1979), os fluxos de detritos estão relacionados com superfícies inclinadas, ausência de vegetação e são iniciados devido à adição de água favorecida por fortes chuvas ocorrendo em um curto intervalo de tempo.

Em geral, o aspecto não estruturado dos afloramentos verificados na porção sul da área estudada é resultante de transporte dos clastos sob alta viscosidade, promovida pelo elevado conteúdo em matriz areno-argilosa. Esta é

uma característica bastante comum dos depósitos gravitacionais. Embora de forma restrita, observam-se afloramentos onde a quantidade de matriz diminui consideravelmente, ocorre granocrescência ascendente e os clastos mostram-se localmente suportados por eles próprios, caracterizando um arcabouço mais fechado (figura 15). Teoricamente, depósitos com estas feições tendem a apresentar os clastos orientados paralelamente, devido ao predomínio de processos intergranulares, especialmente a pressão dispersiva. Porém, o fato de não se ter observado estas orientações pode estar relacionado à quantidade de matriz que, embora subordinada, ainda foi suficiente para produzir "flutuação" aos grãos, dificultando a orientação dos clastos.

Em direção à Capanema, percebe-se que esta fácies varia por apresentar seixos cada vez menores. Nestes locais também pode-se notar gradação inversa e matriz areno-argilosa com estratificação cruzada incipiente. Provalmente, tais sedimentos teriam sido produzidos mediante a deposição por fluxos de correntes (*stream-flow*), processo que comumente se associa a fluxos de detritos com relativa abundância em matriz, ocorrendo em suas porções mais distais.

A associação B, representada por um grande número de fácies apresenta-se variável nos diferentes afloramentos da porção intermediária da área estudada. Em geral, verifica-se a predominância de intercalações de camadas de arenitos com camadas de argilitos laminados ou vice-versa. Mesmo em locais onde o grau de alteração foi considerável, ainda se pode perceber a alternância das camadas, dispostas paralelamente (figura 22). A seguir passar-se-á a se fazer comentários sobre as deposições arenosas e, posteriormente, quando se discutir a associação C se tratará dos processos referentes à deposição dos pelitos.

Texturalmente os arenitos apresentam-se com granulometria fina a média, mal selecionada e, comumente, contém grânulos de quartzo dispersos, sendo que tais características são comuns em transporte subaquoso. O paralelismo das camadas, embora não podendo ser acompanhado por longas distâncias pela descontinuidade dos afloramentos, é uma feição bastante marcante, sugerindo deposição em superfícies relativamente planas. Harms *et al.* (1982) citam que, segundo experiências de laboratório, este tipo de deposição para areias finas e médias, quando transportadas a altas velocidades de fluxo, normalmente geram laminações internas dispostas paralelamente. Entretanto, tais estruturas não foram verificadas no campo, embora não se possa descartar a possibilidade de sua obliteração pelo intemperismo. Por outro lado, mesmo onde o grau de alteração foi intenso, notam-se vestígios de estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, mais comumente tabulares. Estas estruturas podem ser resultantes da migração de ondulações (*ripples*) ou de pequenas dunas arenosas. Tem sido verificado que ondulações nas superfícies arenosas ou nos planos de acamamento ocorrem logo após o fluxo ter iniciado o seu movimento (Collinson & Thompson 1982). Da mesma forma, dunas de areia são formadas a baixa velocidade de fluxo, embora um pouco superior à necessária para a formação de ondulações. Assim sendo, acredita-se que os processos de deposição desses sedimentos tenham envolvido transporte por fluidos apresentando baixas velocidades, sob regime de fluxo inferior. Além disto, estes fluidos teriam-se caracterizado por apresentar alta concentração de carga em suspensão, o que é indicado pela frequência de camadas argilosas intercaladas.

Nas falésias próximas ao litoral, particularmente na localidade de São Tomé, pode-se notar um número considerável de estruturas sedimentares, as quais serão tratadas a seguir. A presença de estratificação cruzada de médio

porte seguida por estratificação cruzada de pequeno porte é indicativa da diminuição de energia do fluxo. Neste local, pode-se perceber que o fluxo se tornou canalizado evidenciado pela presença, na porção central da falésia, de feição côncava recoberta por arenitos grossos a conglomeráticos (SG) e, finalmente, entulhada por sedimentos pelíticos (figura 11). Com relação a esta falésia, um fato que chamou bastante atenção foi a verificação de filmes argilosos dispostos paralelamente em meio ao material conglomerático, bem como de lentes de arenito fino associadas aos sedimentos pelíticos, representantes do entulhamento do canal. Acredita-se que tais feições sejam dificilmente explicáveis através da atuação de fluxos unidirecionais normais. Por outro lado, tais características são bastante coerentes quando relacionadas à flutuação da força de corrente. Associado ao fato acima exposto, também foram observados *foresets* apresentando freqüentes superfícies de reativações, recobertas por sedimentos argilosos (*mud drapes*). Reading (1986) atribui a formação dessas superfícies a movimentos oscilatórios. Para ele, durante o ciclo envolvendo estágios de cheia e vazante ocorre migração de onda de areia, recobrimento argiloso (correspondente à primeira vazante), retomada dos processos por correntes subordinadas e, finalmente, novo recobrimento argiloso (correspondente à segunda vazante). Deste modo, havendo freqüentes oscilações do fluxo, o autor infere a atuação de marés durante a deposição dos sedimentos apresentando tais características.

Por outro lado, Mowbray & Visser (1984) citam que superfícies de reativação podem ser geradas não só em associação com fluxos oscilatórios, como comentado acima, mas também relacionadas a condições de fluxos unidirecionais. Nestas condições, tais superfícies seriam produzidas pelo cavalgamento de uma *megaripple* de maior velocidade sobre outra apresentando migração mais lenta, havendo erosão da área de crista desta última. Para os autores, tais morfologias são mais comumente geradas em fases de corrente dominante do ciclo de maré, sendo possível, porém, sua ocorrência em outros sistemas unidirecionais, tais como em canais fluviais. Entretanto, o fato de apresentarem-se muito constantes e, principalmente relacionadas a recobrimentos argilosos, levam a crer que a ocorrência de tais superfícies na área estudada foi, mais provavelmente, devido a efeitos de maré, aparentemente sob a influência de correntes unidirecionais subordinadas.

As estruturas do tipo *wavy* e *linsen* (Sw) podem ser geradas pela intercalação de lamas e areias, depositadas em função de períodos alternantes de abaixamento/elevação da lâmina de água. Leeder (1982) explica que tais fenômenos ocorrem em regimes influenciados por marés ou onde os processos de suprimento de sedimentos são rítmicos, como verificados em áreas deltaicas ou planícies de inundação.

A presença de ondulações cavalgantes (Sc) requer alta razão de deposição a partir de suspensões, em comparação ao transporte da carga de fundo, resultando em marcas onduladas ou de correntes sendo acrescidas verticalmente e cavalgando umas sobre as outras. Este tipo de estrutura pode estar presente em grande variedade de ambientes (Picard & High Jr. 1973) desde que ocorra a condição acima estabelecida de alta razão de carga em suspensão/carga de fundo (Reineck & Singh 1986).

A presença de estratificação sigmoidal é indicativa de atuação de processos desacelerantes, comumente verificados quando um fluxo do tipo hiperpicnal penetra em um corpo aquoso com energia inferior (Roe, 1987).

A associação C, localizada na parte norte da área é representada, basicamente, por sedimentos argilosos com laminação plano-paralela, secundariamente intercalados com arenitos finos dispostos em camadas milimétricas. As partículas argilosas são carregadas em suspensão pela água e são depositadas quando se verifica redução do nível de turbulência do meio. Um fenômeno comumente utilizado para explicar a deposição de argilas em grandes quantidades, como verificado nesta associação, é a presença de fluxos contendo uma certa proporção de material em suspensão, penetrando em um corpo aquoso de baixa energia. Devido à intercalação de arenitos finos, principalmente na porção mais superior do pacote, acredita-se que os processos responsáveis pela deposição das lâminas argilosas tenham sido flutuantes. Da mesma forma, a presença de ocasionais lentes de arenito fino, com espessuras atingindo até 40 centímetros pode ser resultante de flutuações no suprimento da carga suspensa, porém por períodos de tempo mais longos. A ocorrência de gretas de contração na localidade de São Tomé evidencia que o corpo aquoso apresentou período de diminuição da lâmina d'água, ficando exposto subaereamente por algum tempo.

Em geral, as camadas argilosas laminadas (Al) acham-se sobrepostas por argilitos maciços (Am). A ausência de estruturação em material argiloso pode tanto ser uma característica original como resultar de processos pedogenéticos ou intempéricos. Quando se verifica a falta de acamamento original, pode-se imaginar que a deposição tenha ocorrido, possivelmente, mediante processos muito rápidos. No entanto, segundo Collinson & Thompson (1982), embora a deposição rápida de lama possa ser considerada um processo comum, são raras as evidências de sua ocorrência no registro geológico. Para a área estudada, parece mais provável ter havido a destruição do acamamento original por meio de processos pedogenéticos, sendo que as evidências que levam a tal interpretação são: (1) ocorrência de raízes fósseis ou vestígios delas, tal como a desferrificação localizada seguindo geometrias arredondadas (figuras 2 e 3); (2) passagem gradacional desta fácies maciça para a fácies de argilito laminado situado abaixo; (3) presença de superfície erosiva bem delimitada e ressaltada por sedimentos detriticos (CA), denotando períodos de não deposição em que, provavelmente, desenvolveu-se farta vegetação (figura 23); (4) coloração esbranquiçada a totalmente branca, em decorrência de intensa lixiviação de ferro (figura 17 e 27).

Blocos de arenitos ferruginosos e seixos de quartzo (BS) são encontrados, quase que invariavelmente, recobrimdo a associação B e, em sua ausência, a associação C. Estes níveis têm sua origem a partir dos sedimentos subjacentes que, devido a processos erosivos, foram expostos, fragmentados e submetidos a retrabalhamentos. Isto implica a existência de períodos úmidos, responsáveis pelo enriquecimento relativo em ferro, alternando-se com períodos de condições climáticas mais severas, no mínimo semi-áridas, em que se deu a exposição, fragmentação e o retrabalhamento dos blocos. A presença de camadas arenosas permitiu a percolação de soluções contendo ferro, sendo que a precipitação foi particularmente favorecida pela ocorrência de camadas argilosas, as quais criaram uma barreira de permeabilidade. Deste modo, os oxi-hidróxidos de ferro foram depositados principalmente entre os interstícios dos grãos de areia embora, secundariamente, tenham sido observadas porções pelíticas também ferrificadas. A interpretação de sua origem a partir dos sedimentos imediatamente subjacentes é baseada em semelhanças texturais e estruturais e na observação de sedimentos *in situ* onde houve intensa ferrificação.

Bigarella (1975b) denomina esses níveis de paleopavimentos detriticos e explica que para a sua formação é necessária a presença de uma superfície

exposta a fortes chuvas, responsáveis pela concentração residual de frações mais grossas e lixiviação de frações mais finas. Dependendo da intensidade e duração dos períodos chuvosos, bem como das dimensões dos fragmentos, há maior ou menor transporte dos blocos. A formação de linhas ou camadas compostas por seixos de quartzo resulta do mesmo processo, porém atuando sobre sedimentos não ferrificados. Observando-se a disposição espacial dessas acumulações detriticas na área em questão, pode-se ter uma idéia da paleosuperfície, a qual sempre mostra evidências de fenômenos erosivos intensos, como verificado no anexo 2.

Quanto à associação D, devido ao fato de apresentar-se quase totalmente não estruturada e de constituir-se no recobrimento superficial, torna-se difícil interpretar os processos pelos quais se deu a deposição. O aparente aspecto maciço pode ser relacionado tanto a processos deposicionais, como pode ser resultante de forte alteração. É certo que o intemperismo foi intenso, inclusive modificando a própria composição textural dos sedimentos, como foi verificado em alguns afloramentos em que ocorre diminuição gradativa no conteúdo pelítico para cima, devido à intensa lixiviação.

Caso a homogeneização seja correspondente a uma feição primária significa que, muito provavelmente, houve deposição através de movimentos de massa, sob a ação de forças gravitacionais. Por outro lado, nas proximidades do litoral pode-se perceber estruturas atribuíveis a fenômenos de dissipação de dunas eólicas (figuras 5 e 6), utilizando-se critérios fornecidos em Bigarella (1974). Neste caso, haveria o retrabalhamento de sedimentos subjacentes, os quais se misturariam com areias provenientes de dunas eólicas. Este autor explica que, durante a atuação dos processos de dissipação favorecidos pela precipitação de chuvas, grande número de pequenos leques aluviais coalescem para formar rampas de dissipação destruindo a forma original das dunas. Em planos gerados durante a dissipação, ocorre percolação de soluções contendo argilo-minerais que, posteriormente, são depositados sob a forma de películas. A observação destas estruturas nos sedimentos da associação D constituiu-se em um critério seguro na atribuição das mesmas a processos dissipativos. Embora não tendo sido observadas com frequência na área estudada, tais feições associadas à predominância na fração areia, de granulação fina, levam a considerar que este processo contribuiu, pelo menos em parte, na deposição dos sedimentos superficiais da Região Bragantina.

Ambiente deposicional e proveniência

A partir dos processos físicos expostos acima, pode-se inferir que as associações A a C, muito provavelmente, compõem um mesmo sistema deposicional, enquanto que a associação D representa um evento sedimentar bem mais recente, tendo sido gerada por processos bastante distintos dos atuantes no tempo de deposição do Barreiras.

Após a regressão marinha verificada em fins do Mioceno Inferior, processos continentais tornaram-se dominantes na Região Bragantina. A existência de depósitos gerados por fluxos de detritos implica na presença de regiões elevadas, as quais seriam responsáveis pelo fornecimento dos sedimentos siliciclásticos. Nestes locais a deposição ocorre, mais comumente, através de leques aluviais os quais, sob condições climáticas mais áridas e em porções mais proximais, são gerados basicamente por fluxos de detritos. A ampla distribuição verificada para os depósitos originados por fluxos de massa na área estudada,

sugere a existência de frentes montanhosas, com coalescência de uma série de leques aluviais adjacentes. Esta interpretação acha-se fundamentada em observações similares feitas por Nielsen (1982 *apud* Scholle & Spearing, 1982). Este mesmo autor salienta, ainda, que nas partes mais distais dos leques são comumente verificados depósitos de granulometria mais fina, produtos de correntes de areia e de lama.

Devido à constatação da ampla distribuição de sedimentos arenosos e argilosos intercalados, acredita-se que a Região Bragantina encontrava-se morfologicamente bastante plana no Neógeno, tal como em tempos modernos. Nestas condições, torna-se favorável o estabelecimento de planícies, onde podem ocorrer deposições argilosas e arenosas as quais gradam, em direção às porções de maior altitude, para leques aluviais. As características faciológicas observadas na área, mostram-se bastante similares às encontradas por Hubert & Hyde (1982) na Formação Blomidon, Triássico Superior da Nova Escócia, o que os levou ao estabelecimento de um modelo deposicional do tipo leques aluviais-planície de areia-planície de lama (*alluvial fan-sandflat-playa system*). Neste modelo, rápidas inundações ocorrentes em climas áridos e semi-áridos, fazem com que a água se mova através dos canais ativos de um leque, então se estendendo distalmente sob a forma de fluxos em lençóis (*sheet-flow*), os quais podem atingir até a planície de lama. Na suavização do declive, correspondente à passagem dos leques aluviais para as planícies de areia, ocorre queda da velocidade com conseqüente deposição de sedimentos pelíticos laminados plano-paralelamente. Segundo este modelo, os fluxos desacelerantes tiveram alta concentração de carga em suspensão, como evidenciado pela presença freqüente de camadas argilosas.

Entretanto, apesar de se acreditar na presença de planície de areia na Região Bragantina, observa-se que esta não se encontra muito bem caracterizada, aparentemente ocorrendo de forma bastante restrita. Esta verificação advém do fato de se ter constatado que os afloramentos contendo predominância de frações arenosas, localmente apresentam algum vestígio de estratificação cruzada. Levando-se em consideração a menor preservação dos afloramentos, particularmente em direção ao interior, pode-se aventar a possibilidade de, originalmente, estes sedimentos terem sido estruturados e que, posteriormente, houve mascaramento ou total obliteração das estruturas. Se assim for, acredita-se que a deposição se tenha processado mais significativamente através da migração de dunas subaquosas em fluxos canalizados, do que mediante fluxos em lençóis, comuns em planícies arenosas. Infelizmente, devido à precariedade dos afloramentos, os dados são insuficientes para que se compreenda quais desses processos foi o predominante na área estudada.

Além disto, de acordo com o modelo proposto por Hubert & Hyde (*op. cit.*), o termo *playa* representa a porção mais distal deste sistema deposicional, constituída por sedimentos argilosos contendo intercalações evaporíticas. Como não existem evidências de deposição evaporítica nos sedimentos Barreiras, não deveria ser sugerido uma ambiência *playa-lake* para os sedimentos argilosos da Zona Bragantina.

Hubert & Hyde (1982) citam ainda que a variabilidade local na velocidade de fluxo é responsável pela produção de recobrimentos argilosos, bastante verificados em toda a área estudada, inclusive ressaltando os *sets* das estratificações cruzadas. Entretanto, convém ressaltar que, na localidade de São Tomé verifica-se que repetidamente os *foresets* são interrompidos por superfícies de reativações,

o que leva a crer que os depósitos mais proximais da atual linha de costa foram, provavelmente, gerados sob a influência de marés, como comentado anteriormente. Tal fato, associado à ocorrência de canais contendo filmes de argila dispostos paralelamente e à presença de lentes de areia no material argiloso representando o entulhamento do canal, sugere a instalação do sistema deposicional de leques aluviais-planície de areia-planície de lama em regiões próximas à linha de costa, pelo menos o suficiente para ser influenciado pelas marés. Desta forma, o modelo proposto por Hubert & Hyde (*op. cit.*) é aplicável aos sedimentos Barreiras da Zona Bragantina somente fazendo-se certas adaptações frente às restrições acima relacionadas (figura 30).

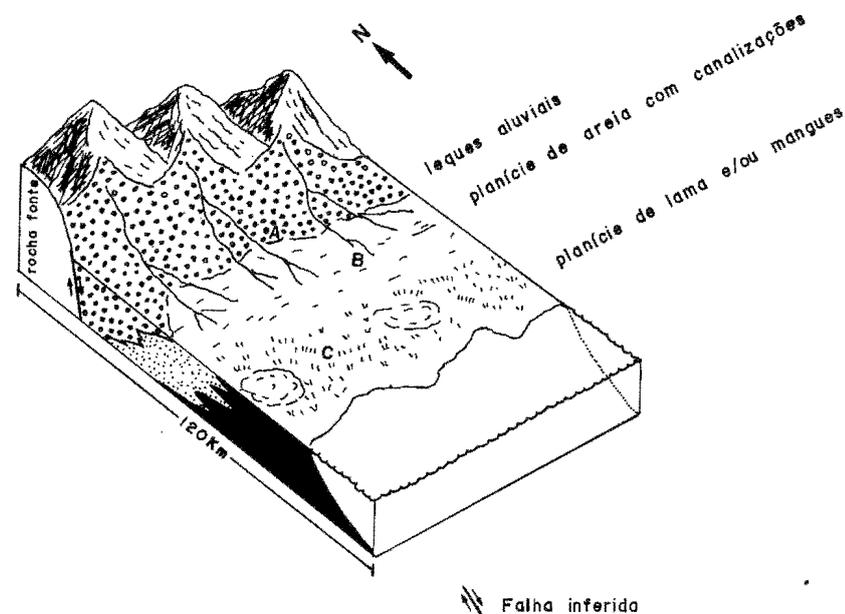


Figura 30 – Modelo deposicional para os sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do estado do Pará (modificação de Hubert & Hyde, 1982). O modelo é representativo do período de tempo anterior à progradação.

Considerando-se estas modificações, deve-se mencionar, ainda, que a ocorrência da associação C, estudada mais detalhadamente na atual zona litorânea, pode ser sugestiva da existência de regiões deprimidas em que ocorreu intensa deposição argilosa. Tal fato poderia estar associado à presença de lagos os quais, devido a alternâncias climáticas, teriam sofrido processos de ressecção com posterior instalação de vegetação, como evidenciado pelo abundante conteúdo em restos vegetais fósseis existentes em locais onde os sedimentos se encontram melhor preservados. Entretanto, esta hipótese é rejeitada neste trabalho, pois acredita-se que a deposição das argilas tenha-se processado em ambiente de mangue, como sugerem os dados palinológicos apresentados em Arai *et al.* (1988).

Períodos de clima mais árido poderiam ter contribuído para que houvesse recuo de vegetação, com simultânea atuação de fenômenos erosivos, como indicado pela presença de uma superfície irregular bem marcada, comumente revestida por clastos argilosos e seixos de quartzo dispostos em uma matriz arenosa. Tal superfície erosiva pode ser facilmente acompanhada ao longo de afloramentos localizados próximos à atual linha de costa, no entanto, afastando-se das falésias litorâneas esta não pode ser mais observada, possivelmente devido a um dos seguintes fatores: (1) mascaramento em função do grau de alteração e intensa bioturbação atual; (2) ocorrência em subsuperfície, não sendo possível a sua constatação através do exame em afloramentos; (3) não se constituir em uma superfície de ampla distribuição espacial. Assim sendo fica prejudicada a sua utilização como um marco estratigráfico significativo, motivo pelo qual se deve tomar cuidado em considerar tal superfície como uma inconformidade regional.

Por outro lado está claro que, independente de sua distribuição por toda a área em questão, a superfície erosiva acima considerada, representa um período de não deposição por um intervalo de tempo suficiente para que houvesse a instalação e recuo de vegetação, com posterior erosão e retrabalhamento de material. Além disto, esta paleosuperfície delimita unidades sedimentares distintas: uma inferior, constituída quase que exclusivamente por argilitos (correspondendo à associação C) e outra superior, composta por arenitos intercalados com argilitos em proporções aproximadamente equivalentes (correspondendo à associação B). Ao se analisar estas duas unidades sedimentares percebe-se que a seqüência mostra tendências nitidamente progradantes.

Considerando-se que, pelo menos em parte, os sedimentos Barreiras tenham sido depositados em região costeira, o aspecto progradante da sedimentação pode estar relacionado a possíveis oscilações do nível do mar. Para se precisar o grau de validade desta interpretação seria necessário se conhecer, com segurança, a idade destes sedimentos, correlacionando-a ao comportamento eustático global. Entretanto, a idade real de deposição dos sedimentos Barreiras ainda é assunto de grande debate, dificultando o nível de compreensão deste tema. Segundo informações palinológicas (Arai *et al.*, 1988), a deposição dessa seqüência pode ter-se iniciado durante o Mioceno Inferior. Analisando-se esta possibilidade, deve-se considerar que, na porção correspondente ao Burdigaliano ocorreram, pelo menos, três fases transgressivas (figura 31), sendo que em uma delas poderia ter-se dado interrupção da drenagem próximo à costa, aprisionando a carga sedimentar e havendo grande deposição do material em suspensão na zona costeira. Do mesmo modo, o material subsequente poderia ter-se depositado em conseqüência de níveis eustáticos mais inferiores. Por outro lado, é possível que a influência das mudanças do nível do mar pode não ser tão significativa quando se leva em consideração os movimentos tectônicos. A presença freqüente de conglomerados ocorrentes nos sedimentos Barreiras encontrados ao longo da costa brasileira corrobora esta idéia.

A hipótese do condicionamento da sedimentação Barreiras em função das oscilações do nível do mar foi aventada, inicialmente, por Grabert (1968) para explicar deposições similares aflorantes no estado do Espírito Santo. No entanto, esta idéia foi rejeitada pelo próprio autor, uma vez que este considerou idade pliocênica, o que coincide com períodos de nível de mar baixo, em função das glaciações. Segundo o autor, a sedimentação Barreiras do Espírito Santo é explicável somente com base em eventos endógenos ocorrentes na margem do escudo brasileiro.

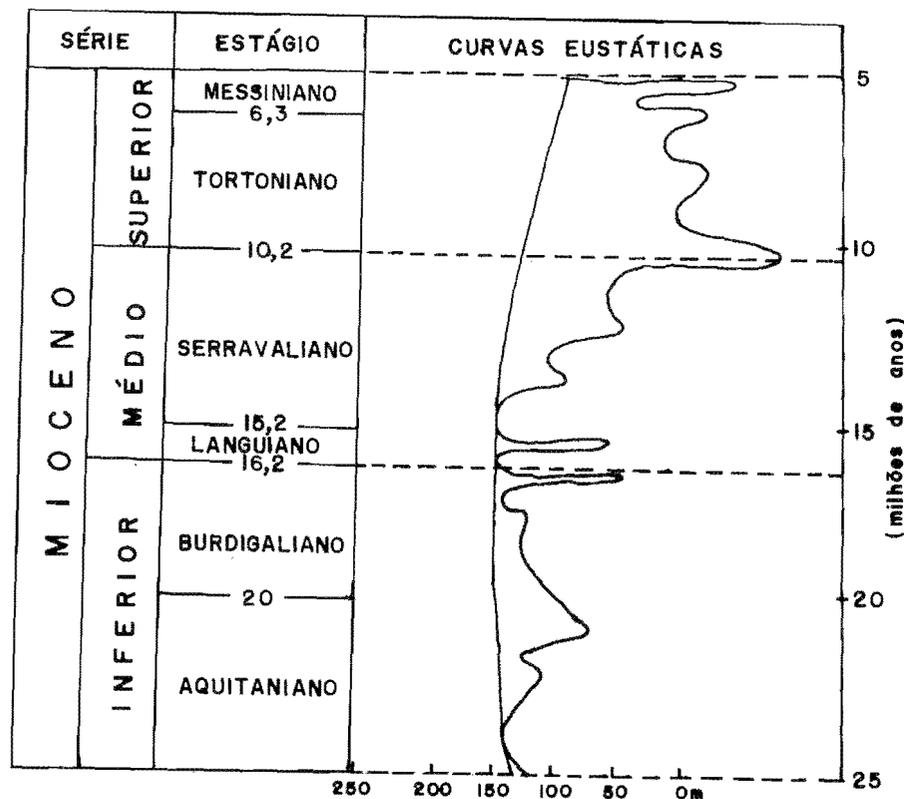


Figura 31 - Curvas da variação do nível do mar durante o Mioceno, através das quais se pode perceber várias fases transgressivas/regressivas ocorrentes ao longo de todo este período. Observe que existe uma tendência geral transgressiva no Mioceno Inferior (Segundo Vail *et al.*, 1977).

A associação D foi sedimentada após um período significativo de não deposição, correspondendo a uma unidade relativamente mais jovem. As concentrações residuais de conchas, verificadas em sua porção mais superior revelam idade absoluta correspondente a aproximadamente 5.200 anos (Simões 1981). Desta forma, pode-se inferir que pelo menos parte desses sedimentos foram depositados em tempos holocênicos tendo a participação de processos dissipativos de dunas eólicas, devendo-se ser destacados definitivamente dos depósitos inferiores (Barreiras). Uma síntese das principais características descritivas e ambientais de todas as associações é apresentada na tabela 3.

De modo geral, os resultados obtidos a partir da análise de minerais pesados favorece a interpretação de que os sedimentos originaram-se, em parte, de fontes metamórficas (fácies anfíbolito) devido à presença de estauroilita em abundância, além de cianita e sillimanita. Estes dados confirmam a provável contribuição da Formação Santa Luzia, do pré-Cambriano, na proveniência dos sedimentos estudados, sustentando idéias anteriores de Góes & Truckenbrodt

(1980). Além disto, a presença de topázio, granada, apatita, dumortierita, titanita e zircão euhedral é indicativa da contribuição de fontes granitóides, possivelmente relacionadas aos corpos aflorantes nas regiões de Tracuateua e Mirasselas. Tentativas de localização de área fonte através do grau de arredondamento dos grãos de quartzo e frequência de minerais pesados mostraram-se infrutíferas.

Tabela 3 - Associações Faciológicas dos Sedimentos Barreiras e pós-Barreiras na Região Nordeste do Estado do Pará (Zona Bragantina).

Associação	Barreiras			pós-Barreiras
	A	B	C	D
Litologia	Sedimentos conglomeráticos polimíticos geralmente maciços. Localmente com estratificação inclinada e granocrescência ascendente.	Sedimentos arenosos, próximo à associação A, variando para intercalações de areia e argila em direção a C. Apresentam diversos tipos de estruturas e, localmente, restos vegetais fósseis.	Sedimentos predominantemente argilosos, com laminação plano-paralela e maciços. Comumente são recobertos por detritos contendo seixos argilosos. Presença de restos vegetais fósseis.	Sedimentos areno-argilosos sem estruturação ou com estruturas de dissipação de dunas eólicas, em direção à porção litorânea da área.
Fácies	Cm.	Sm, Sw, Sc, Sa, St, SG, Al, Am, Ma Ss, Al.		AA, BS
Ambiente	Sistema de leques aluviais - planície de areia (e/ou canais fluviais) - planície de lama (e/ou mangues).			Subaéreo com processos de dissipação de dunas eólicas e fluxos gravitacionais.

CONCLUSÕES

Reunindo-se os dados coletados em campo com os obtidos através das análises de laboratório, pode-se chegar às seguintes conclusões relativas à deposição dos sedimentos pós-Pirabas na Região Bragantina:

(1) A combinação dos processos físicos responsáveis pela deposição dos sedimentos conglomeráticos, bem como pelas intercalações argilosas e arenosas, é bastante compatível com o modelo de leques aluviais-planície de areia-planície de lama proposto por Hubert & Hyde (1982), desde que sejam verificadas as restrições comentadas no texto. Desta forma, inundações rápidas ocorrentes em regiões elevadas teriam fluido através de leques aluviais, alcançando regiões mais planas, quando se espalharam como fluxos em lençóis (*sheet-flow*) e/ou canalizados. Os sedimentos argilosos foram depositados a partir de suspensão, o que é evidenciado pela presença de laminação plano-paralela e restos vegetais fósseis.

(2) A observação de estruturas sugestivas do movimento de marés revela que, pelo menos parte da deposição tenha ocorrido próximo à linha de costa, podendo-se considerar a provável presença de mangues, como sugerido em Salim *et al.* (1975) e Arai *et al.* (1988) através de análises palinológicas, não se descartando possíveis influências estuarinas como foi indicado por Mabeoone (1966) para os sedimentos Barreiras no nordeste do Brasil.

(3) O posicionamento temporal dos sedimentos Barreiras é assunto bastante debatido entre os autores, os quais têm inferido idades desde miocênicas até pleistocênicas. Mediante análises palinológicas, a partir de amostras coletadas

no decorrer deste trabalho, Arai *et al.* (1988) sugerem que a sedimentação Barreiras na Região Bragantina tenha se iniciado ainda no Mioceno Inferior. Na falta de dados mais conclusivos aceita-se, em princípio, esta como sendo a idade máxima dos sedimentos Barreiras no nordeste do estado do Pará.

(4) Em termos gerais, acredita-se que a natureza progradante dos sedimentos Barreiras, verificada na Zona Bragantina através da análise e distribuição espacial das fácies, deverá ser melhor esclarecida após se ter maior segurança com relação a sua idade de deposição. A elucidação efetiva deste problema é de fundamental importância na averiguação dos possíveis fatores que influenciaram na sedimentação os quais se relacionam, mais provavelmente, aos mecanismos endógenos ocorrentes nas margens do escudo brasileiro, do que às mudanças eustáticas globais.

(5) A superfície erosiva presente entre as unidades B e C configura-se como um hiato ou, caso seja constatada a sua continuidade em direção ao interior, como uma discordância regional, sendo de grande importância para fins de correlação.

(6) Os sedimentos areno-argilosos maciços (associação D) foram depositados por processos bastante distintos dos que atuaram na deposição das unidades inferiores (sedimentos Barreiras) e acham-se separados destas por superfície erosiva, acompanhada ou não por níveis detríticos (fácies BS). Estes sedimentos pós-Barreiras apresentam características posicionais sugestivas da atuação de movimentos gravitacionais, além de apresentarem contribuição de processos dissipativos de dunas eólicas, pelo menos na faixa litorânea. A datação de 5.200 anos (Simões 1981), obtida a partir de concentrações residuais de conchas inseridas neste pacote, é sugestiva de que pelo menos parte da deposição ocorreu em tempos holocênicos.

(7) A alternância de climas úmidos com climas semi-áridos foi um fator marcante no controle de deposição dos sedimentos Barreiras e pós-Barreiras, como revelado principalmente pela presença de paleopovimentos, paleossolos, restos vegetais fósseis e pelas características sedimentológicas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro recebido pelo primeiro autor sob a forma de Bolsa de Aperfeiçoamento Científico;

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi, que ofereceu as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho;

À Universidade Federal do Pará, pela utilização do laboratório do Setor de Sedimentologia;

Ao Prof. João José Bigarella pelo acompanhamento inicial no campo e pelas sugestões fornecidas;

Ao Quarto Comando Aéreo Regional, pela concessão de um voo de reconhecimento costeiro;

À Prefeitura de Maracanã, pela colaboração no apoio de campo;

Aos estudantes Afonso César Nogueira, Otávio Sérgio da Conceição Rosendo e Rosângela Gouvêa Pinto, pelo auxílio nos trabalhos de campo e/ou laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHEIROS, M.M.; LIMA FILHO, M.F.; MONTEIRO, F.A.J. & OLIVEIRA FILHO, J.S. 1988. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no nordeste oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, v. 2. p. 753-760.
- ANDRADE, G.O. 1955. Itamaracá. *Contribuição para o estudo geomorfológico da costa pernambucana*. Recife, Imprensa Oficial. p. 84.
- ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D.F. GÓES, A.M. 1988. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG, v. 2. p. 738-752.
- BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. 1964. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arq. Inst. Ciênc. da Terra*. Recife, 2: 2-14.
- BIGARELLA, J.J. 1974. Structures developed by dissipation of dune and beach ridge deposits. *Catena*, Giessn, 2: 107-152.
- BIGARELLA, J.J. 1975a. The Barreiras Group in northeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, 47: 365-393. (Suplemento).
- BIGARELLA, J.J. 1975b. Lagoa Dune Field (State of Santa Catarina), a model of eolian and pluvial activity. *Bol. Parana. Geociênc.*, 33: 133-167.
- CAMPOS e SILVA, A. 1965. O Grupo Barreiras na região de Natal. *Inst. Antrop. Rel. e Comun. Geol.*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, v. 1. p. 1-4.
- COLLINSON, J.D. & TROMPSON, D.B. 1982. *Sedimentary Structures*. London, George Allen & Unwin Ltd. 194p.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Carolina do Norte, 27: 3-16.
- GALLOWAY, W.E. & HOBBDAY, D.K. 1983. *Terrigenous Clastic Depositional Systems*. New York, Springer-Verlag. 423p.
- GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. 1980. Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na Região Bragantina, nordeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG, v. 2. p. 766-771.
- GRABERT, H. 1968. Postmesozoische Entwässerung und Oszillation am Ostrande des brasilianischen Schildes. *Geol. Rundschau*, Berlin, 58(1): 166-190.
- HARMS, J.C.; SOUTHARD, J.B. WALKER, R.G. 1982. *Structures and Sequences in Clastic Rocks*. Oklahoma, S.E.P.M. 250p.
- HUBERT, J.F. & HYDE, M.G. 1982. Sheet-flow deposits of graded beds and mudstones on an alluvial sand flat-playa system: Upper Triassic Blomidon redbeds, St. Mary's Bay, Nova Scotia. *Sedimentology*, Amsterdam, 29: 457-474.
- LEEDER, M.R. 1982. *Sedimentology-process and product*. London, George Allen & Unwin Ltd. 344p.
- MABESOONE, J.M. 1966. Relief of northeastern Brazil and its correlated sediments. *Z. Geomorph.*, Berlin; 10(4): 419-453.
- MABESOONE, J.M.; CAMPOS e SILVA, A. & BEURLIN, K. 1972. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Rev. Bras. Geociên.*, São Paulo, 2: 173-188.
- MATOSO, S.Q. & ROBERTSON, F.S. 1959. Uso geológico do termo Barreiras. *Bol. Técn. Petrobrás.*, Rio de Janeiro, 2(3): 37-43.
- MIALL, A.D. 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, Amsterdam, 13(1): 1-62.

Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras, Bragantina/PA.

- MORAES, L.J. 1924. *Serras e Montanhas do Nordeste*. Rio de Janeiro, Insp. Fed. Obras Contra as Secas. v. 58. (Série 1D).
- MOWBRAY, T. & VISSER, M.J. 1984. Reactivation surfaces in subtidal channel deposits, Oosterschelde, southwest Netherlands. *J. Sedim. Petrol.*, Carolina do Norte; 54: 811-824.
- OLIVEIRA, A.J. & LEONARDOS, O.H. 1943. *Geologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura - Serviço de Informação. 813p. (Série Didática).
- OLIVEIRA, P.E. & RAMOS, J.R.A. 1956. Geologia das quadriculas de Recife e Pontas de Pedra. *Bol. Div. Geol. Mineral. D.N.P.M.*, Rio de Janeiro, (151): 1-60.
- PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E. & SIELVER, R. 1972. *Sand and Sandstone*. New York, Springer-Verlag. 618p.
- PICARD, M.D. & HIGH JR. L.R. 1973. *Sedimentary Structures of Ephemeral Streams*. New York, Elsevier Scientific Publishing Company. 233p.
- READING, H.G. 1986. *Sedimentary Environments and Facies*. Boston, Blackwell Scientific Publications. 615p.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B.. 1986. *Depositional Sedimentary Environments*. New York, Springer-Verlag. 551p.
- ROE, S.L. 1987. Cross strata and bedforms of probable transitional dune to upper plane-bed origin from a Late Pre-Cambrian fluvial sandstone, northern Norway. *Sedimentology*, Amsterdam, 34:89-101.
- SÁ, J.H.S. 1969. Contribuição à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da Região Bragantina. *Bol. Inst. Geol.*, Rio de Janeiro, 3: 21-36.
- SALIM, J.; SOUZA, C.J.; MUNIZ, G.C.B. & LIMA, M.R. 1975. Novos subsídios para a elucidação do episódio "Barreiras" no Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA, 7, Fortaleza, 1975. Atas... Fortaleza. p. 149-158.
- SCHOLLE, P.A. & SPEARING, D. 1982. *Sandstone Depositional Environments*. Tulsa, A.A.F.G. 410p.
- SIMÕES, M.F. 1981. Coletores - Pescadores ceramistas do litoral do salgado (Pernambuco). *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi; Nova sér. Antropol.*, Belém, (78): 1-33.
- VAIL, P.R.; MITCHUM, R.M.JR. & THOMPSON, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part four: global cycle of relative changes of sea level. *Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem.*, 26: 83-98.
- WALKER, R.G. 1979. *Facies Models*. Geosc. Canadá. Reprint. Ontário. 211p. (Série, 1).

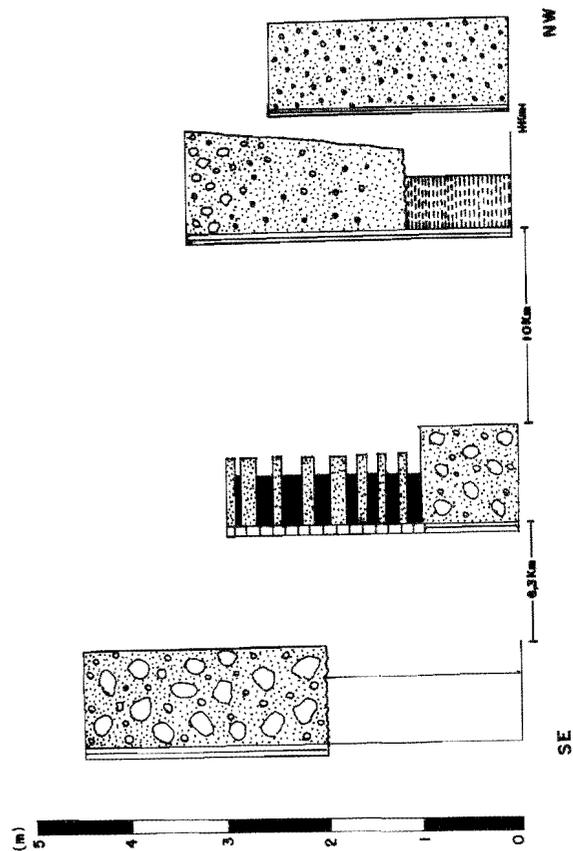
LEGENDA

-  Fácies conglomerática (polimítica), em geral, maciça. Localmente, com estratificação inclinada e granocrescência ascendente (Cm)
-  Fácies arenosa sem estruturação aparente (Sm)
-  Fácies argilosa com laminação plano-paralela (Al)
-  Fácies argilosa maciça (Am)
-  Formação Santa Luzia

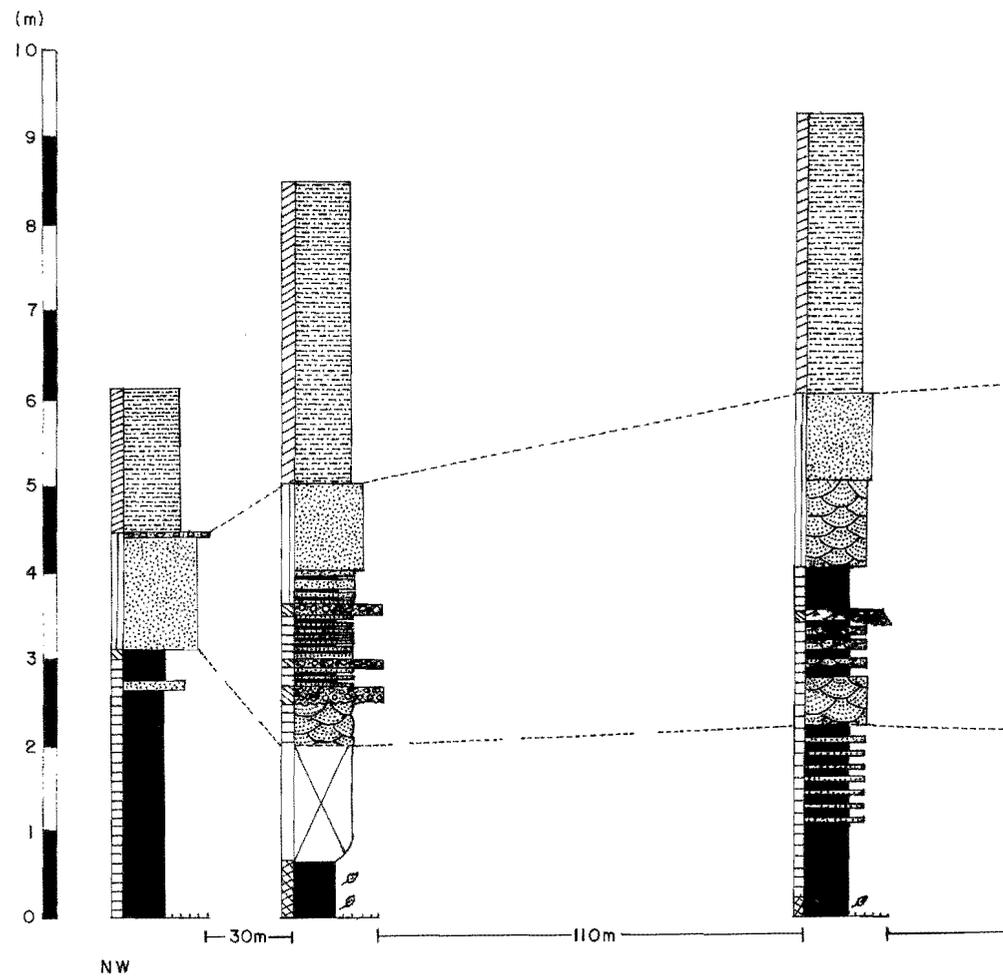
CONTATOS

-  Brusco definido
-  Erosivo
- C O R
-  Branco a avermelhado
-  Vermelho-rosado

Anexo 1: Perfil estrada Santa Luzia-Capanema.



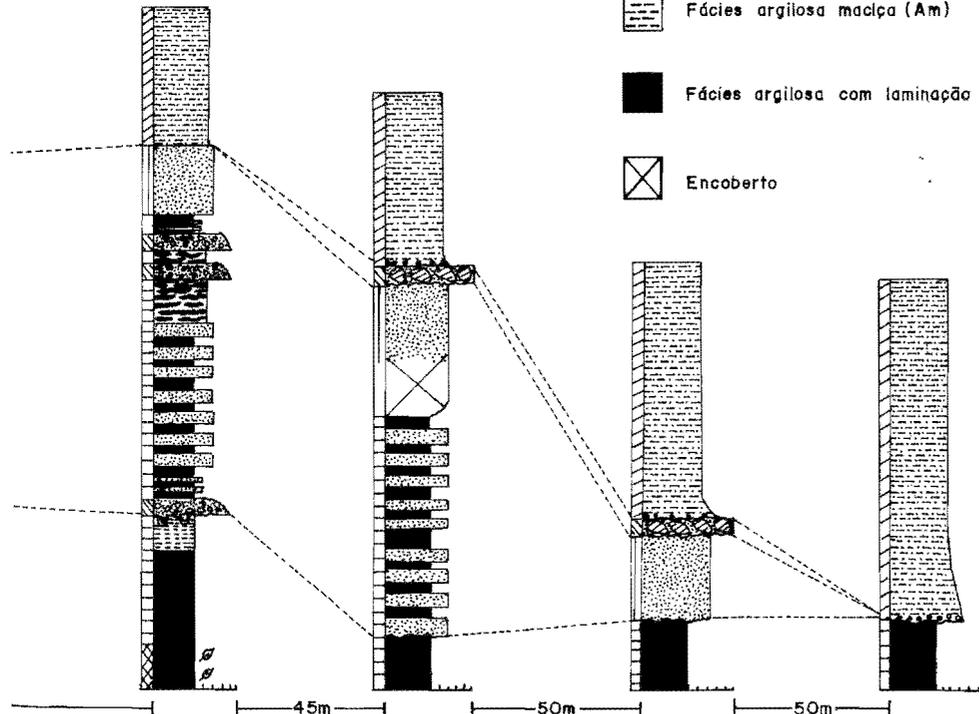
PERFIL FALÉSIA SÃO TOMÉ (ANEXO 2)



L E G E N D A

-  Fácies areno-argilosa, sem estruturação aparente (AA)
-  Fácies composta por blocos de arenito ferruginoso e seixos de quartzo (Bs)
-  Fácies arenosa grosseira a conglomerádica, contendo fragmentos e filmes milimétricos de argila (SG)
-  Fácies arenosa fina a média, sem estruturação aparente e contendo grânulos de quartzo dispersos (Sm)
-  Fácies arenosa com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte (Sa)
-  Fácies arenosa apresentando estruturas "wavy" e "linsen" (Sw)
-  Fácies arenosa apresentando ondulações cavalgante ascendentes super-críticas (Sc)
-  Fácies argilosa maciça (Am)
-  Fácies argilosa com laminação plano-paralela (Al)
-  Encoberto

- CONTATOS
-  Brusco-definido
 -  Erosivo
 -  Aproximado
- COR
-  Marron-amarelado
 -  Vermelho-rosado
 -  Branco a avermelhado
 -  Marron escuro
 -  Cinza a negro
 -  Violáceo
- FÓSSEIS
-  Bioturbação
 -  Folhas e galhos



SE

Anexo 3: Perfil São Tomé (proximidades de Maracanã).

