

**REVISÃO CRÍTICA DOS CONHECIMENTOS
GEOLÓGICOS SOBRE A FORMAÇÃO (OU GRUPO?)
BARREIRAS DO NEÓGENO E O SEU POSSÍVEL
SIGNIFICADO COMO TESTEMUNHO DE ALGUNS
EVENTOS GEOLÓGICOS MUNDIAIS**

Kenitiro SUGUIO*

Afonso César Rodrigues NOGUEIRA**

- **RESUMO:** A Formação Barreiras é composta de depósitos sedimentares silici-clásticos de origem continental e, localmente, com fácies costeiras na base. Embora o seu estudo tenha sido iniciado na década de 1950, algumas das contribuições mais importantes surgiram somente nas duas décadas subseqüentes, quando ocorreram também tentativas de subdivisão em diferentes formações. Aparentemente, os estudos posteriores tiveram abrangências locais ou regionais. Considerando os seus possíveis significados paleoclimáticos e/ou neotectônicos, de amplitudes continental e quiçá mundial, sugere-se que parte dessas pesquisas deva ser realizada deste ponto de vista mais amplo. Desse modo, é possível que algumas das várias questões polêmicas, relacionadas a estratigrafia, idade, ambiente e mecanismo de sedimentação, paleoclima, neotectônica etc. sejam mais bem solucionadas.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Barreiras; Terciário; sedimentação continental; paleoclima; Neotectônica.

* Departamento de Geociências – Fundação Universidade do Amazonas – 69077-000 – Manaus – AM. Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo – 05422-970 – São Paulo – SP.

** Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo – 05422-970 – São Paulo – SP. Pesquisador do CNPq – Departamento de Geociências – Fundação Universidade do Amazonas – 69077-000 – Manaus – AM.

Introdução

A origem da designação “Barreiras”, atribuída a esta importante unidade litoestratigráfica, deve ser creditada a Pero Vaz de Caminha, que a usou em carta ao Rei de Portugal em abril de 1500.⁴⁵ Na ocasião, consta que ele teria se referido às freqüentes falésias marinhas dessa formação como “barreiras brancas e vermelhas”. Portanto, como nome de unidade litoestratigráfica, o seu estabelecimento foge completamente ao que é preceituado no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica.¹⁷

O pioneiro na descrição dos seus sedimentos, na ocasião chamada impropriamente de Série Barreiras (unidade cronoestratigráfica), teria sido Agassiz (apud Hartt²⁷) que constatou uma grande semelhança com sedimentos aflorantes na Amazônia e nos Estados do Maranhão e Piauí.

Foram Oliveira & Leonardos⁴⁵ que sumariaram os conhecimentos até então disponíveis sobre essa unidade geológica. Caracterizaram-na como sedimentos clásticos de origem continental, afossilíferos e de idade ignorada, embora presumida por alguns pesquisadores como de idade cenozóica.

A Formação Barreiras estende-se ao longo da costa atlântica do Brasil, em faixa praticamente contínua e de largura variável, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro (Figura 1). Até hoje, do mesmo modo que pairam dúvidas sobre a correlação desses depósitos aflorantes com os descritos em sondagens na foz do Rio Amazonas,³ a sua equivalência com os depósitos interiores do Terciário, mesmo no vale do Amazonas, é ainda mais problemática.

Este trabalho versa especificamente sobre a Formação Barreiras aflorante ao longo do litoral brasileiro, constituindo freqüentemente o depósito sedimentar mais recente. Pode repousar sobre o embasamento cristalino pré-cambriano (Espírito Santo, Bahia e Ceará), sobre os depósitos siliciclásticos cretácicos (Recôncavo da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Pará, Maranhão e Rio Grande do Norte) ou, ainda, sobre o parcialmente interdigitado com calcários terciários (formações Maria Farinha e Pirabas, respectivamente, em Pernambuco-Paraíba, Pará e Maranhão).

Não obstante vários trabalhos publicados mais recentemente,^{2, 12, 14, 37, 53} persistem muitas dúvidas quanto ao verdadeiro significado desse importante registro geológico, de dimensões verdadeiramente continentais e, portanto, possivelmente testemunhando eventos geológicos continentais e mesmo mundiais do Neógeno.



FIGURA 1 – Distribuição geográfica da Formação Barreiras, propriamente dita, ao longo da costa atlântica do Brasil.

Questões estratigráficas e cronológicas

Posição estratigráfica

Beurlen¹¹ admitia que, na costa do Pará, a Formação Barreiras ocorria superposta à Formação Pirabas (Mioceno Médio a Superior), estendendo-se continuamente até a Bacia Amazônica. Nessa situação de depósito de cobertura da Formação Pirabas, a Formação Barreiras seria do Mioceno Superior, mais provavelmente do Plioceno.

Desde Moura⁴² até os trabalhos do início da década de 1950 da Petrobrás, os sedimentos considerados cenozóicos da Bacia do Amazonas eram correlacionados aos depósitos Barreiras da costa norte-nordeste brasileira. Essa hipótese foi descartada por serem esses sedimentos mais antigos, datados do Cretáceo, relacionados à Formação Alter do Chão.^{16, 20, 22, 31, 44, 47} Da mesma forma, havia incertezas quanto à correlação dos sedimentos Barreiras em diversas ocorrências na região litorânea,¹¹ de maneira que Andrade⁴ ou Matoso & Robertson³⁸ preferiram usar designações informais como “Terciário Superior indiviso” ou “Formações cenozóicas indiferenciadas”, respectivamente.

Bigarella & Andrade¹⁴ apresentaram, pela primeira vez, uma tentativa de subdivisão litoestratigráfica da Formação Barreiras. Nos arredores

de Recife (PE), esses autores caracterizaram uma discordância separando as formações Guararapes (inferior) e Riacho Morno (superior). Campos & Silva,¹⁵ em estudo sistemático na região de Natal (RN), teriam reconhecido a Formação Macaíba, superposta à Formação Riacho Morno, além da Formação Potengi, em consonância com Jenkins.²⁹ Mabesoone³⁶ adotou a mesma subdivisão de Bigarella & Andrade¹⁴ na descrição das falésias marinhas de Cabo Branco em João Pessoa (PB).

Enquanto a cota máxima da superfície geomorfológica da Formação Barreiras é de aproximadamente 100 m, Beurlen¹¹ menciona a ocorrência da Formação Serra do Martins, no interior do Nordeste, que formaria coberturas sedimentares delgadas entre 690 e 700 m de altitude. Esse autor admitiu também que os sedimentos da Formação Barreiras poderiam resultar do retrabalhamento fluvial da Formação Serra do Martins. Esse evento estaria associado a uma ascensão epirogênica, que originou um amplo abaulamento com o centro mais elevado no atual Planalto da Borborema.

Ainda, segundo Beurlen,¹¹ em Pernambuco ocorre o Conglomerado de Cabo, que antigamente era correlacionado à Formação Barreiras. Trata-se de um conglomerado polimítico, que ocorre ao sul de Recife (PE) acompanhando a costa atlântica, estendendo-se provavelmente até o Estado de Alagoas. Segundo esse pesquisador, um dique de traquito, possivelmente correlacionável ao vulcanismo terciário da Ilha de Fernando de Noronha, corta o Conglomerado de Cabo. Desse modo, esse depósito não seria correlacionável à Formação Barreiras.

Freqüentemente são também descritos prováveis depósitos pós-Barreiras de várias naturezas: areias brancas referidas por Mabesoone et al.³⁷ no Nordeste, que também ocorrem nos Estados do Espírito Santo, Pará e Amapá, além da crosta ferruginosa de provável idade pleistocênica ou paleopavimento rudáceo resultante da fragmentação da crosta descritos por Costa.¹⁹

Talvez, até hoje, o último e mais detalhado trabalho de tentativa de subdivisão estratigráfica da Formação Barreiras no nordeste é o de Mabesoone et al.³⁷ Estes autores incluem no Grupo Barreiras as formações Serra do Martins, Guararapes e Macaíba, separadas entre si por discordâncias. Além disso, essas formações seriam superpostas por unidades edafoestratigráficas de intemperismo laterítico (sem designação formal), de intemperismo Riacho Morno e de intemperismo Potengi, respectivamente, todas de natureza laterítica. Além disso, as formações Serra do Martins, Guararapes e Macaíba seriam sotopostas por embasamento cristalino apresentando intemperismo caulínico e superpostas pelas areias brancas, provavelmente holocênicas e separadas por discordância.

Não houve estudos posteriores de tentativas mais consistentes de subdivisão estratigráfica da Formação Barreiras, tanto no Nordeste, quanto nas Regiões Norte, Leste e Sudeste. Portanto, a subdivisão feita por Mabesoone et al.³⁷ é aceitável no Nordeste, embora essa proposta deva ser adaptada ao Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica.¹⁷ Entretanto, a evolução dos depósitos da Formação Barreiras pode ser mais bem definida pela investigação sistemática de fácies⁶⁶ em associação aos conceitos da Estratigrafia de Seqüências.^{48, 62, 63, 64} A presença de depósitos costeiros, pelo menos na base da Formação Barreiras,⁵³ associada a discordâncias regionais, possibilita este estudo que enfatiza as variações relativas do nível do mar. Da mesma forma, os horizontes lateríticos, considerados como limites de seqüência relacionados a longos períodos de exposição subaérea durante a queda do nível relativo do mar,⁵¹ podem ajudar neste estudo como marcadores de expressivas discordâncias.

Em suma, considerando-se o estado de conhecimento estratigráfico sobre a Formação Barreiras, caracterizado pela quase-ausência de correlação mais consistente com outras áreas,^{32, 65} por precaução a designação Formação Barreiras é ainda preferível em relação ao Grupo Barreiras.

Idade geológica

A determinação de idade geológica em depósitos essencialmente continentais, como a Formação Barreiras, quase sempre referidos como afossilíferos, é bastante problemática.

Provavelmente, a primeira inferência à idade da Formação Barreiras é devida a Krasser (1903, apud Mussa⁴³) que, baseada em espécies de fósseis de dicotiledôneas determinadas em amostra proveniente do município de Alagoinhas (BA), aventou uma idade pliocênica. Tanto Bigarella & Andrade,¹⁴ quanto Mabesoone et al.³⁷ utilizaram critérios geomorfológicos e/ou paleoclimáticos. Entretanto, enquanto as variações paleoclimáticas cenozóicas são relativamente bem conhecidas no hemisfério norte, as pesquisas paleoclimáticas sobre a Era Cenozóica no Brasil são praticamente inexistentes, excetuando-se o período Quaternário.⁵⁹

Algumas idéias aproximadas sobre a sua idade foram aventadas com base na superposição à Formação Pirabas.^{11, 37} Mais tarde, Almaraz¹ constatou que, no Estado do Pará, a Formação Barreiras está, na verdade, parcialmente interdigitada com a Formação Pirabas.

Essa constatação vem de encontro à idéia de que, pelo menos parcialmente, a Formação Barreiras seja contemporânea à Formação Pirabas, hipótese anteriormente admitida por Francisco et al.²⁴ e Arantes et al.⁹ Portanto, a idade da Formação Barreiras seria pelo menos do Mioceno Superior. Além disso, segundo Mabesoone et al.,³⁷ a Formação Barreiras, no Rio Grande do Norte, teria idade mais nova que o vulcanismo basáltico do Pico do Cabugi que, segundo Cordani,¹⁸ teria fornecido idade de $19,7 \pm 0,8$ Ma (Andar Burdigaliano), sendo, portanto, do Mioceno inferior.

Mussa⁴³ estudou restos de paleoflora originários do Estado de Sergipe e sugeriu idade pliocênica. Contudo, Suguio et al.,⁵⁷ por meio de estudos paleomagnéticos realizados em sedimentos da Formação Barreiras no Estado da Bahia, admitem idade pliocênica superior, embora considerem a possibilidade de existência de idades mais antigas e mais jovens na Formação Barreiras.

O primeiro estudo palinológico da Formação Barreiras, no Rio Grande do Norte, foi executado por Salim et al.,⁵⁵ que constataram a ocorrência de *Zonocostites ramonae*. Segundo os autores, essas rizofóreas seriam típicas de manguezais e teriam se tornado dominantes a partir do Mioceno. Porém, de acordo com Regali et al.,⁵⁰ a referida espécie foi abundante desde o Oligoceno, apresentando-se com formas muito semelhantes às atuais. Desse modo, a amplitude de idade admitida por Salim et al.⁵⁵ poderia ser bem maior.

Desde o fim da década de 1980 vêm sendo realizados vários estudos palinológicos na costa nordeste do Estado do Pará.^{7, 8, 33} Desde o primeiro trabalho dessa série, o esporo de *Crassoretitriletes vanraadshoovenii* (fóssil-guia do Mioceno) já possibilitou a datação desses sedimentos. Segundo Leite et al.,³³ o espectro polínico, encontrado na Formação Barreiras, permite situá-la na *Biozona Crassoretitriletes* de Lorente³⁴ do Mesomioceno composta por *Crassoretitriletes vanraadshoovenii*, *Ilexpollenites* sp, *Bombacacidites baculatus* e *Thymelipollis retisculpturius* e ausência de *Grimsdalea magnaclavata*.

Questões ambientais e tectônicas

Paleoambiente sedimentar

Embora a Formação Barreiras tenha sido depositada em ambiente essencialmente continental, Beurlen¹¹ referia-se à presença de foraminíferos retrabalhados, sugestivos de proximidade do ambiente litorâneo.

Entretanto, esse autor afirmava que não havia nenhum indício de sedimentação marinha.

Esse fato seria confirmado pela ocorrência do pólen de *Zonocostites ramonae* (rizoforácea) por Salim et al.⁵⁵ na costa norte-rio-grandense e, segundo Arai et al.,⁸ pelo predomínio de *Psilatricolporites crassus* e *Zonocostites ramonae* em quase todas as amostras do nordeste do Pará.

Arai et al.⁷ e Arai⁶ encontraram cistos de dinoflagelados *Hystrichokolpoma*, *Nematosphaeropsis* e *Spiniferites*, que são gêneros marinhos, além de restos quitinosos de foraminíferos (microforaminíferos). Desse modo, os autores admitiram a possibilidade de que, pelo menos na porção mais marginal (distal), essa formação tivesse recebido influência marinha.

Entre outros registros paleontológicos foram encontrados restos de pelecípodes mal preservados, entre os quais um indivíduo do grupo dos pectinídeos.⁵³ Além disso, Fernandes et al.²³ reconheceram icnofósseis *Ophiomorpha* nas proximidades de Castanhal (PA).

A presença de dinoflagelados e/ou microforaminíferos, ao lado de fósseis indicativos de ambientes litorâneos, além das estruturas sedimentares hidrodinâmicas sugestivas de ambientes com marés e/ou ondas, conduziu Rossetti et al.^{52, 53} à elaboração de um modelo deposicional para a Formação Barreiras no nordeste do Estado do Pará. Esse modelo foi reproduzido com modificações por Arai et al.,⁷ sendo bastante semelhante ao estágio (a) de evolução da sedimentação costeira, durante o fim do Terciário e o Quaternário do Estado da Bahia, apresentado por Suguio et al.⁵⁸ Corresponde, em linhas gerais, a um leque deltáico (*fan delta*), com predominância de sedimentação gravitacional nas fácies proximais, de processos fluviais nas intermediárias e de ambientes costeiros nas distais (Figura 2). Segundo Bigarella,¹² intemperismo originando sedimentos ricos em caulinita deve ter ocorrido sob condições paleoclimáticas úmidas e quentes, mas a deposição ter-se-ia processado em paleoclima semi-árido caracterizado por enchentes-relâmpago (*flash floods*). Esse modelo permite visualizar, com bastante clareza, o cenário paleogeográfico e entender todas as variedades de litofácies e biofácies que constituem a Formação Barreiras. Na região nordeste do Pará, Rossetti et al.⁵² identificaram treze fácies, que foram agrupadas em três associações de acordo com os processos deposicionais. A associação "A" representaria as fácies proximais, das adjacências de frentes montanhosas, com predomínio de processos gravitacionais. Na associação "B", o ambiente seria essencialmente fluvial, com planícies e/ou canais fluviais arenosos. Finalmente, a associação "C" representaria um ambiente misto de planícies de maré e/ou estuarinas, com manguezais.

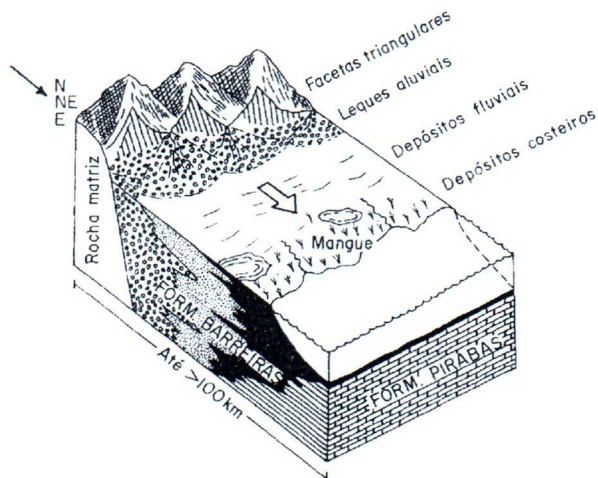


FIGURA 2 – Bloco-diagrama esquemático do modelo deposicional da Formação Barreiras no nordeste do Estado do Pará, mostrando as associações faciológicas “A” (proximal), “B” (intermediária) e “C” (distal), além das relações de contato interdigitado com a Formação Pirabas (modif. de Rossetti et al.⁵² e Arai et al.⁷).

Segundo Shimabukuro & Arai,⁵⁶ a Formação Pirabas representa uma conseqüência direta da subida eustática de nível do mar ocorrida entre os andares Burdigaliano e Serravaliano (fim do Mioceno Inferior ao Médio), conforme a Figura 3. Entretanto, os depósitos correlativos, compostos pelas formações Sabiá (BA) e Serra do Martins (RN), representariam outros registros resultantes do recobrimento expansivo (*onlap*) costeiro sobre o continente. No fim do Mioceno Médio teria havido brusco abaixamento de nível relativo do mar, seguido por erosão generalizada e subsequente sedimentação da Formação Barreiras entre o Mioceno Superior e o Plioceno.

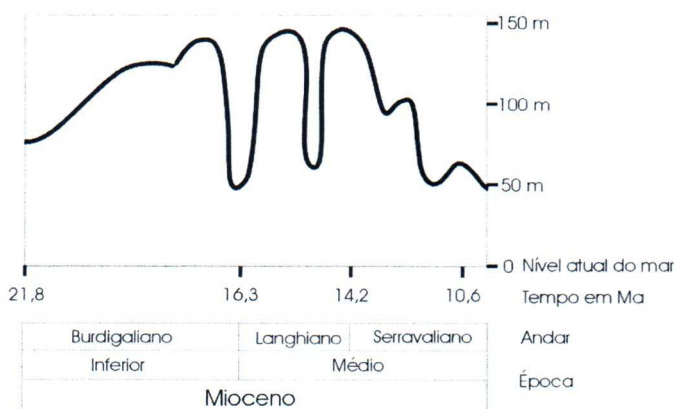


FIGURA 3 – Curva de variações eustáticas mundiais de nível relativo do mar durante o Mioceno (Haq et al.²⁶).

Condições paleoclimáticas

É provável que as condições paleoclimáticas semi-áridas, para a origem dos sedimentos detríticos da Formação Barreiras, tenham sido sugeridas pela primeira vez por King.³⁰ Essa idéia foi corroborada por Bigarella & Ab'Saber¹³ com base em estudos morfoclimáticos, sendo seguida por autores que trataram posteriormente do tema. Porém, causa estranheza o fato de que, embora bastante feldspáticos, esses minerais achem-se intensamente caulinizados. Isso conduziu Beurlen¹¹ a sugerir que o material procederia de uma capa de intemperismo muito intenso, originado sob condições de clima quente e úmido. Outra possibilidade é que a alteração dos feldspatos poderia ser mais recente e não relacionada com a época de deposição. Segundo vários pesquisadores,^{21, 35, 46} esse processo desenvolve-se preferencialmente sob condições de clima úmido e quente, com pH ácido e Eh oxidante, juntamente com óxidos e hidróxidos de Fe e na ausência ou escassez de matéria orgânica.

Entretanto, os estudos de microfósseis (palinórfos, dinoflagelados e microforaminíferos) e de macrofósseis (macrorrestos vegetais e raras conchas de moluscos) conduziram a ilações em torno da continentalidade e/ou oceanicidade, além da idade, da Formação Barreiras. Porém, infelizmente não forneceram informações sobre as condições paleoclimáticas que propiciaram a sedimentação.

Condições tectônicas

Segundo Andrade & Lins,⁵ os sedimentos da Formação Barreiras teriam sido depositados em uma bacia longa e estreita, paralela à linha de costa. Esses autores referem-se a um suave arqueamento para baixo (*downwarping*), que teria produzido uma ampla flexura acompanhando o litoral e propiciando a retenção dos sedimentos depositados.

Esses movimentos crustais devem ter sido muito ativos no Mesozóico e as suas intensidades decresceram substancialmente, mas, segundo Saadi,⁵⁴ continuaram durante o Cenozóico. Entretanto, as atividades vulcânicas prosseguiram pelo Terciário, pelo menos até o Mioceno.¹⁸

O fato da Formação Barreiras ocupar a faixa costeira brasileira por vários milhares de quilômetros é, provavelmente, um testemunho de importantes eventos geológicos, de escalas continentais (abertura do Oceano Atlântico sul, tectonismos hidro e litoisostático e orogênese andina) e, talvez, mundiais.

Os padrões de paleocorrentes deposicionais, baseados em medidas de estratificações cruzadas e orientações de seixos, foram determinados por Bigarella.¹² Eles indicaram paleocorrentes sempre dirigidas para o Oceano Atlântico, talvez sugerindo que a borda da bacia idealizada por Andrade & Lins⁵ não coincida com a linha de costa atual. De fato, na maioria das vezes, o litoral acha-se delimitado por falésias marinhas dessa formação. Em outras palavras, é provável que os depósitos contemporâneos estendam-se mar adentro, pois, segundo Bigarella & Andrade,¹⁴ o nível relativo do mar estava situado bem abaixo do atual (mais de 100 m) durante a sedimentação da Formação Barreiras.

Hasui²⁸ admite que a datação dos eventos neotectônicos, quando teria ocorrido intensificação nos processos de deriva continental com manifestações tectônicas restritas ao ambiente intraplaca, é extremamente complicada. Entretanto, propõe que o início de sedimentação da Formação Barreiras, juntamente com o fecho de deposição nas bacias marginais e praticamente cessação das manifestações magmáticas em território brasileiro, ao redor de 12 Ma, represente o advento das manifestações neotectônicas no Brasil.

- Esses eventos de deformação neotectônicas afetaram a Formação Barreiras durante e após a sua deposição⁶⁰ e são quase sempre relacionados com a reativação de zonas de fraqueza que, segundo Hasui,²⁸ teriam sido originadas do fim do Arqueano ao início do Proterozóico. Portanto, constituem um fenômeno de "tectônica ressurgente", que representa um produto da herança estrutural do embasamento.

Formação barreiras e alguns eventos geológicos mundiais

Flutuações paleoclimáticas neogênicas

Diversas pesquisas geomorfológicas sobre o Cenozóico, envolvendo enfoques morfoclimáticos, foram executadas no Brasil.^{5, 12, 13} No entanto, excetuando-se a constatação quase óbvia de que ocorreram flutuações paleoclimáticas, dados mais consistentes sobre a natureza, ciclicidade e idades absolutas desses eventos são quase inexistentes.

Provavelmente, durante a sedimentação da Formação Barreiras, o paleoclima tornou-se bem mais seco, talvez semi-árido, em relação à época de deposição da Formação Pirabas, quando o paleoclima teria

vido mais úmido e quente. Ademais, os vários níveis de paleossolos reconhecidos na Formação Barreiras por Mabesoone et al.³⁷ sugerem que houve flutuações paleoclimáticas mesmo durante a sua sedimentação, sendo, possivelmente, acompanhadas por mudanças nas intensidades de tectonismo.

Segundo Mörner,⁴¹ o advento da idade do gelo com estádios glaciais e interglaciais, mais conspícuo no período Quaternário do Hemisfério Norte, teria ocorrido entre 2,3 e 2,5 Ma (Figura 4). Essa mudança paleoclimática tem sido atribuída à aceleração no levantamento do platô do Tibet.^{40, 49} Na América do Sul, segundo Mörner,³⁹ a época pleniglacial na Patagônia também estaria situado ao redor de 2,3 Ma, provavelmente em grande parte influenciada pelo soerguimento da Cordilheira dos Andes.



FIGURA 4 – Posição cronoestratigráfica do primeiro resfriamento de clima (ou glaciação), conforme evidências encontradas em várias localidades-chave mundiais (Mörner⁴¹). O tempo é apresentado em milhões de anos (Ma) para o período de 2 a 3 Ma, mostrando a correspondência com a magnetoestratigrafia. Um resfriamento climático, com conseqüente glaciação de escala mundial, foi registrado entre 2,3 e 2,5 Ma. Essa é a primeira idade do gelo do tipo Quaternário, que iniciou logo abaixo do limite Gauss-Matuyama e atingiu a fase pleniglacial entre 2,3 e 2,4 Ma (porção basal da figura).

Admitindo-se que exista uma relação análoga à ocorrida durante o UMG (Último Máximo Glacial), com climas muito frios nas regiões glaciadas e semi-áridas nas não glaciadas, como no Brasil, também há 2,3 Ma no Andar Piacenziano do Plioceno; a Formação Barreiras pode ter sido depositada sob condições climáticas bem mais secas que as previamente sugeridas.

Atividades tectônicas neogênicas

Baseados especialmente em estudos de palinomorfos, Arai et al.⁷ e Leite et al.³³ admitem que a deposição da Formação Barreiras possa ter-se iniciado no Mioceno, que foi uma época caracterizada por quiescência tectônica.

Porém, segundo Mörmér,⁴¹ um soerguimento rápido e acentuado teria ocorrido entre 3 a 2,5 Ma, afetando várias regiões do mundo (Figura 5). Dessa maneira, tanto a origem da bacia costeira alongada, quanto a deposição da própria Formação Barreiras poderiam representar uma consequência da abertura do Oceano Atlântico sul, além da orogênese andina e de tectonismos hidro e/ou litoisostático.

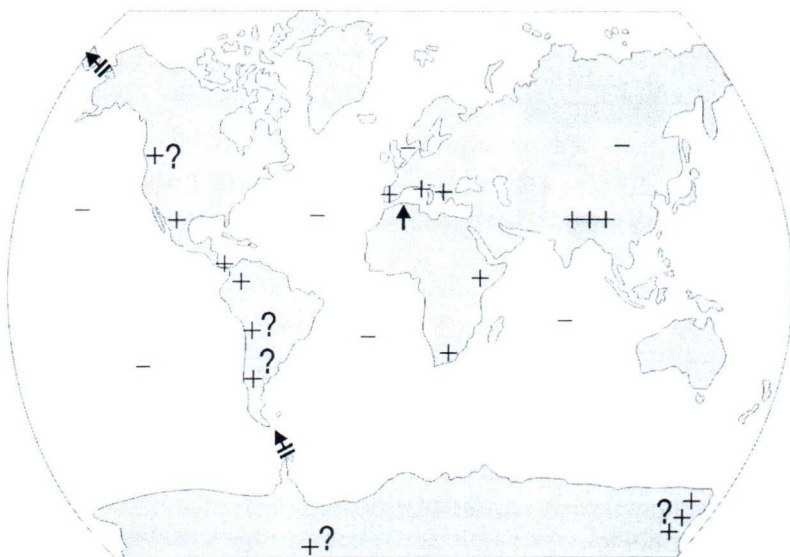


FIGURA 5 – Atividades tectônicas mundiais, com várias áreas de soerguimento e de subsidência, além de movimentos horizontais entre 3 e 2,5 Ma (Mörmér⁴¹), que provavelmente interferiram, pelo menos em parte, na mudança paleoclimática global, contribuindo para o advento da primeira glaciação do tipo Quaternário.

Flutuações dos níveis relativos do mar neogênicos

De acordo com as curvas eustáticas esboçadas por Haq et al.,²⁶ o Neógeno representou um intervalo de tempo com intensas flutuações de níveis relativos do mar (Figura 3). Além disso, a correlação dos dados palinológicos e estratigráficos com as variações de níveis relativos do mar, evidenciados nas formações Pirabas e Barreiras, mostram que elas formam uma única seqüência transgressivo-regressiva no Estado do Pará.²⁵

Os depósitos da Formação Pirabas são costeiros a marinhos e muito ricos em fósseis.^{25, 47} Mas, no fim do Mioceno Médio, houve uma drástica descida de nível relativo do mar (mais de 100 m), acompanhada por erosão generalizada e subsequente deposição da Formação Barreiras. Shimabukuro & Arai⁵⁶ correlacionaram o hiato pós-Pirabas ao "Marco Cinza", ligado à Biozona de *Discoaster kuegleri* (N-620), nanofóssil de idade neoserravaliana da Bacia de Campos. Entretanto, é possível que esse hiato seja de caráter local, devendo ser mais bem avaliada a sua eventual existência em toda a extensão da Formação Barreiras.

Considerações finais e recomendações

Pode-se constatar por essa revisão dos conhecimentos sobre a Formação Barreiras que:

- Apesar da dimensão continental, que se estende por vários milhares de quilômetros ao longo da costa brasileira, representando talvez um testemunho de eventos geológicos globais, raramente os seus depósitos foram investigados sob esse enfoque geológico mais amplo.
- Ressente-se da falta de uma correlação estratigráfica que sistematize os conhecimentos geológicos obtidos em toda a sua área de ocorrência. É provável que uma melhor caracterização faciológica dos sedimentos em conjunto com a aplicação da estratigrafia de seqüências venha a fornecer informações fundamentais na reconstituição paleoambiental e paleogeográfica dessa unidade. Pelo reconhecimento de discordâncias regionais, marcadas ou não por níveis de paleossolos, será possível definir com maior precisão as unidades deposicionais que constituiriam a Seqüência Barreiras.
- Os estudos sedimentológicos e micropaleontológicos, realizados especialmente no nordeste do Estado do Pará, permitiram uma melhor

elucidação da cronoestratigrafia da Formação Barreiras. Entretanto, estudos semelhantes deveriam ser desenvolvidos em outros locais de ocorrência dessa unidade.

As pesquisas adicionais acima sugeridas justificam-se, sobretudo, pela importância científica da Formação Barreiras, que parece constituir um testemunho de eventos geológicos continentais e, provavelmente, mundiais do Neógeno. A erosão de suas falésias fornece sedimentos para as praias adjacentes, e, além disso, depósitos costeiros arenosos de paleopraias e paleodunas, cujos sedimentos foram supridos principalmente pela Formação Barreiras, têm sido explorados para extração de minerais pesados em vários locais ao longo do litoral brasileiro. Os sedimentos da Formação Barreiras, até certo tempo, têm sido considerados como fonte de bauxita; no entanto, essa mineralização é atualmente considerada a mais antiga, sendo atribuída principalmente ao Terciário Inferior.^{10, 61}

SUGUIO, K., NOGUEIRA, A. C. R. Critical review of the geologic information about the Neogenic Barreiras Formation (or Group?) and its possible meaning as record of some worldwide geologic events. *Geociências (São Paulo)*, v.18, n.2, p.461-479, 1999.

- *ABSTRACT: The Barreiras Formation is composed by continental and partially coastal siliciclastic sediments. Although its study had been initiated in the fifties, some of the most important contributions appeared only in the two subsequent decades, when also occurred attempts of subdivision into different formations. The subsequent studies apparently have been done in local or regional scales. Considering its possible paleoclimatic and/or neotectonic significances, with a continental and/or worldwide amplitudes, it is suggested that at least a part of these researches must be done under this wider point of view. Possibly, in this manner some of the various controversial questions related to stratigraphy, age, sedimentation environment and depositional mechanism, paleoclimate, neotectonics, etc. can be better solved.*
- *KEYWORDS: Barreiras; Tertiary; continental sedimentation; paleoclimate; Neotectonics.*

Referências bibliográficas

- 1 ALMARAZ, U. J. S. *Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas*. Porto Alegre, 1977. 272p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- 2 AMADOR, E. S., DIAS, G. T. M. Considerações preliminares sobre depósitos do Terciário Superior do norte do Espírito Santo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.50, p.121-2, 1978.
- 3 AMARAL, S. E. do. Sedimentologia e geologia das camadas perfuradas na região da foz do Rio Amazonas. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo*, n.12, p.1-92, 1955. (Geologia).
- 4 ANDRADE, G. O. de. *Itamaracá: contribuição para o estudo geomorfológico da costa pernambucana*. Recife: Imprensa Oficial, 1955. 84p.
- 5 ANDRADE, G. O. de, LINS, R. C. Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 18, 1963, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1963. p.14.
- 6 ARAI, M. Dinoflagelados (Dinophyceae) miocênicos do Grupo Barreiras do nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Revista da Universidade de Guarulhos*, v.2, n.esp., p.98-106, 1997.
- 7 ARAI, M. et al. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. v.2, p.738-52.
- 8 _____. Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos Sedimentos Barreiras, NE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, 1994, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos*, p.185-7.
- 9 ARANTES, J. L. G., DAMASCENO, B. C., KREBS, A. S. J. *Projeto argila*, v.2, Convênio Departamento Nacional da Produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, (Relatório Final), 40p., 1972.
- 10 BARDOSSY, G., ALEVA, G. J. J. *Lateritic bauxites*. Amsterdam: Elsevier, 1990. 624p.
- 11 BEURLEN, K. *Introdução à estratigrafia geral e comparada*. Recife: Expansão Gráfica, 1964. 440p.
- 12 BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in the Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.47, p.365-93, 1975.
- 13 BIGARELLA, J. J., AB' SABER, A. N. Paläogeographische und paläoklimatische aspekte des Känozoikuns in Südbrasilien. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F.8, p.286-312, 1964a.
- 14 BIGARELLA, J. J., ANDRADE, G. O. de. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, Universidade de Recife*, n.2, p.2-14, 1964b.
- 15 CAMPOS, E., SILVA, A. O Grupo Barreiras na região de Natal. Instituto de Antropologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, *Geologia*, n.1, 4p., 1965.
- 16 CAPUTO, M. V., RODRIGUES, R., VASCONCELOS, D. N. N. *Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas*. (Relatório interno), n.641-A, 99p., 1971.

- 17 COMISSÃO ESPECIAL DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA DA SBG. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica e guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, p.370-415, 1986.
- 18 CORDANI, U. G. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. *Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia*, Universidade de São Paulo, v.1, p.9-75, 1970.
- 19 COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v.21, p.146-60, 1991.
- 20 DAEMON, R. F. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.5, p.58-84, 1975.
- 21 DEGENS, E. T. *Geochemistry of sediments – A brief survey*. Nova Jersey: Prentice Hall Inc., 1962. 342p.
- 22 DINO, R., SILVA, O. B. da, ABRAHÃO, D. Palynological and stratigraphic characterization of the Cretaceous strata from the Alter do Chão Formation, Amazonas Basin. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL e SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 1, 1999, Serra Negra. *Boletim de Resumos Expandidos...* Rio Claro: UNESP, 1999. p.557-65.
- 23 FERNANDES, J. M. G. et al. Considerações sobre a ocorrência de *Ophiomorpha* em sedimentos do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1992, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992. p.497.
- 24 FRANCISCO, B. H. R. et al. Contribuição à geologia da Folha de São Luís (SA-23) no Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Geologia*, v.17, p.1-40, 1971.
- 25 GÓES, A. M. et al. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, v.2, p.3-15, 1990.
- 26 HAQ, B. V., HARDENBOL, J., VAIL, P. R. Chronology of fluctuating sea-levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science*, v.235, p.1156-67, 1987.
- 27 HARTT, C. F. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Boston: Fields Osgood, 1870 (Geologia e Geografia Física do Brasil, 1941. Trad. de E. S. Mendonça, E. Dolianiti, São Paulo: Cia. Ed. Nacional).
- 28 HASUI, Y. *Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil*. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. *Ata...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim, 1990. p.1-31.
- 29 JENKINS, O. P. Geology of the region about Natal, Rio Grande do Norte. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v.5, p.431-66, 1913.
- 30 KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, v.1, p.147-265, 1956.

- 31 KISTLER, P. *Historical resume of the Amazon Basin*. Belém: PETROBRÁS/RENOR, (Relatório Interno inédito), 1954.
- 32 KLEIN, V. C., GOMES, B. S. Mapeamento preliminar da área entre os municípios de Aracruz e Serra, Estado do Espírito Santo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.45, p.667-8, 1973.
- 33 LEITE, F. P. R. et al. Palinoestratigrafia da Formação Pirabas e Grupo Barreiras, Mioceno do nordeste do Estado do Pará, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos, Geociências*, v.2, n.esp., p.141-7, 1997.
- 34 LORENTE, M. A. *Palynology and palynofacies of the Upper Tertiary in Venezuela*. Dissertationes Botanicae 99, Berlin, J. Cramer/Gebrüder Borntraeger Verlagagbuchhandlung, 225p. 1986.
- 35 LOUGHNAN, F. C. *Chemical weathering of the silicate minerals*. Nova York: American Elsevier Publishing Co. Inc., 1969. 154p.
- 36 MABESOONE, J. M. Relief of Northeastern Brazil and its correlated sediments. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F.10, p.419-53, 1966.
- 37 MABESOONE, J. M., CAMPOS E SILVA, A., BEURLEN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*, v.2, p.173-88, 1972.
- 38 MATOSO, S. Q., ROBERTSON, F. S. Uso geológico do termo "Barreiras". *Boletim Técnico da Petrobrás*, v.2, p.37-43, 1959.
- 39 MÖRNER, N. A. The Patagonian glaciations and the onset of general Quaternary-type glaciations on the globe. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, *Boletim IG*, (Publicação Especial), v.8, p.109-15, 1991.
- 40 _____. Tibetan uplift and global climatic-geodynamic changes. *INQUA Neotectonics Commission Bulletin*, n.15, p.64, 1992.
- 41 _____. Neotectonics, the new global tectonic regime during the last 3 Ma and the initiation of ice ages. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.65, supl.2, p.295-301, 1993.
- 42 MOURA, P. *Geologia do Baixo Amazonas*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, Boletim 91, 94p., 1938.
- 43 MUSSA, D. *Dicotiledôneo fóssil da Formação Barreiras, Estado de Sergipe*. Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim, n.181, 1958.
- 44 NOGUEIRA, A. C. R., VIEIRA, L. C., SUGUIO, K. Paleossolos da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas, Regiões de Presidente Figueiredo e Manaus. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5; e SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 1, 1999, Serra Negra. *Boletim de Resumos Expandidos...* Rio Claro: UNESP, 1999. p.261-6.
- 45 OLIVEIRA, A. I., LEONARDOS, O. H. *Geologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: Serviço de Fomento da Agricultura, Ministério da Agricultura, 1943. 782p.
- 46 OLLIER, C. *Weathering*. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1969. 304p.

- 47 PETRI, S., FÚLFARO, V. J. *Geologia do Brasil (Fanerozóico)*. São Paulo: T. A. Queiroz/Edusp, 1983. 631p.
- 48 POSAMENTIER, H. W., JERVEY, M. T., VAIL, P. R. Eustatic controls on clastic deposition I – a conceptual framework. In: C. K. WILGUS, et al. (Ed.) *Sea-level changes: an integrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, v.42, p.109-24, 1988.
- 49 RAYMO, M. E., RUDDIMAN, W. F. Tectonic forcing of the Late Cenozoic climate. *Nature*, v.59, p.117-22, 1992.
- 50 REGALI, M. S. P., UESUGUI, N., SANTOS, A. S. Palinologia dos sedimentos mesocenozóicos do Brasil (I). *Boletim Técnico da Petrobrás*, v.17, p.177-91, 1974.
- 51 ROSSETTI, D. F. de. Facies architecture and sequential evolution of an incised-valley estuarine fill: the Cujupe Formation (Upper Cretaceous to ? Lower Tertiary), São Luís Basin, Northern Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, v.68, p.299-310, 1998.
- 52 ROSSETTI, D. F., GÓES, A. M., TRUCKENBRODT, W. A influência marinha nos sedimentos Barreiras. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, v.2, p.17-29, 1990.
- 53 ROSSETTI, D. F., TRUCKENBRODT, W., GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, v.1, p.25-74, 1989.
- 54 SAADI, A. A neotectônica da plataforma brasileira: Esboço e interpretações preliminares. *Geonomos*, v.1, p.1-15, 1993.
- 55 SALIM, J. et al. Novos subsídios para a elucidação do episódio "Barreiras" no Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 6, 1993, Fortaleza. *Atas...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Geologia, 1975. p.149-58.
- 56 SHIMABUKURO, S., ARAI, M. A transgressão miocênica no Brasil: considerações baseadas no estudo do Grupo Barreiras e da Formação Pirabas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.71, p.144, 1999.
- 57 SUGUIO, K., BIDEGAIN, J. C., MÖRNER, N. A. Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v.1, p.171-5, 1986.
- 58 SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, v.15, p.273-86, 1985.
- 59 _____. The evolution of the Brazilian continental and coastal environments during the last climatic cycle (120 ky BP to present). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, *Boletim IG, Série Científica*, v.24, p.27-41, 1993.
- 60 TORQUATO, J. R., TORQUATO, A. M. P., MORAES, R. M. de. Alguns aspectos neotectônicos da região litorânea compreendida entre o sítio do

Retirinho e Ponta Grossa (Ceará). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1996, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v.5, p.470-3.

- 61 TRUCKENBRODT, W., KOTSCHOUBEY, B., GÓES, A. M. Considerações a respeito da idade das bauxitas na parte leste da região amazônica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, 1982, Belém. *Anais...* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1982. v.1, p.201-9.
- 62 VAIL, P. R. et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: PAYTON, C. E. (Ed.) *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, v.26, p.49-212, 1977.
- 63 VAN WAGONER, J. C. et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: WILGUS, B. S. et al. (Ed.) *Sea-level changes – an integrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, v.42, p.39-46, 1988.
- 64 _____. *Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high resolution correlation of time and facies*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, *Methods in Exploration*, v.7, 55p., 1990.
- 65 VIANA, C. F. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo-Tucano. *Boletim Técnico da Petrobrás*, v.14, p.157-92, 1971.
- 66 WALKER, R. G. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R. G., JAMES, N. P. (Ed.) *Facies models – response to sea level change*. Geological Association of Canada, 1992. p.1-14.