

EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL CRETÁCICA DA IBIAPABA SETENTRIONAL, REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO CEARÁ

CRETACEOUS MORPHOSTRUCTURAL EVOLUTION OF NORTHERN IBIAPABA, NORTHWESTERN REGION OF THE STATE OF CEARÁ

Marcelo Martins de Moura-Fé¹

¹ Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato, CE, Brasil

Correspondência para: Marcelo Martins de Moura-Fé (marcelo.mourafe@urca.br)

doi: 10.12957/geouerj.2017.28327

Recebido em: 14 abr. 2017 | Aceito em: 19 jul. 2017



RESUMO

A Ibiapaba apresenta lacunas em sua história natural e, por conseguinte, há a necessidade de um maior conhecimento sobre sua evolução geomorfológica. Uma etapa importante para o preenchimento dessa lacuna passa pelo conhecimento da estruturação geológica-tectônica da região e dos processos morfoestruturais registrados durante o Cretáceo, fundamentais para o contexto geomorfológico atual. Sendo assim, o objetivo principal desse trabalho é analisar os processos associados à evolução morfoestrutural regional de idade pré-cretácica na geomorfologia da Ibiapaba em sua porção setentrional, região noroeste do estado do Ceará. Metodologicamente foram utilizados os pressupostos teóricos da ciência geomorfológica, com ênfase na análise morfoestrutural. Tecnicamente, o contingente metodológico se apoiou nas etapas de gabinete, com detalhados e criteriosos levantamentos bibliográfico e cartográfico, na realização de levantamentos de campo e na análise integrada de todos os dados na etapa de laboratório, com ênfase nos mapeamentos temáticos da Ibiapaba e região.

Palavras-chave: Evolução Geomorfológica. Geomorfologia Estrutural. Morfoestruturas. Geodiversidade. Patrimônio Geomorfológico.

ABSTRACT

The Ibiapaba has gaps in its natural history and, therefore, there is a need for greater knowledge about its geomorphological evolution. An important step to fill this gap is the knowledge of the geological-tectonic structuring of the region and the morphostructural processes recorded during the Cretaceous, which are fundamental to the current geomorphological context. Thus, the main objective of this work is to analyze the processes associated with the pre-Cretaceous regional morphostructural evolution in the Ibiapaba geomorphology in its northern portion of the state of Ceará. Methodologically, the theoretical assumptions of geomorphological science were used, with emphasis on morphostructural analysis. Technically, the methodological contingent relied on the cabinet stages, with detailed and careful bibliographical and cartographic surveys, in the field surveys and in the integrated analysis of all the data in the laboratory stage, with emphasis on the thematic mappings of Ibiapaba and region.

Keywords: Geomorphological evolution. Structural Geomorphology. Morphostructures. Geodiversity. Geomorphological Heritage.

INTRODUÇÃO

Pertencente ao grupo das serras úmidas do semiárido nordestino, feições geomorfológicas importantes para o estado do Ceará e para a região Nordeste do Brasil, a Ibiapaba apresenta lacunas em sua história natural e, por conseguinte, a necessidade de um maior conhecimento. Uma etapa importante

para o preenchimento dessa lacuna passa pelo conhecimento da estruturação dos relevos que compõem a paisagem da Ibiapaba e suas áreas adjacentes, na região noroeste do estado do Ceará, mormente, no período de intensa atividade tectônica registrada durante o Cretácico.

Mais do que influenciar, os aspectos litológicos, tectônicos e cronoestratigráficos herdados dos processos morfoestruturais desse período, mesmo antigos, influenciam e, por vezes, até condicionam o arranjo geomorfológico em escala regional do noroeste do Ceará e na Ibiapaba setentrional (MOURA-FÉ, 2015).

Sendo assim, o objetivo principal desse trabalho é analisar os processos associados à evolução morfoestrutural regional de idade pré-cretácica na geomorfologia da Ibiapaba em sua porção setentrional, região noroeste do estado do Ceará, a partir do contexto mais amplo da região Nordeste do Brasil.

A determinação específica da área setentrional para este estudo, dentro dos 380 km de extensão da Ibiapaba, não se deu por acaso. As suas dimensões regionais e a dificuldade em se trabalhar todo o modelado no período de vigência do doutorado, determinaram a escolha de um fragmento para a realização do estudo.

Além do limite temporal para o desenvolvimento do trabalho de elaboração da tese, da qual deriva este trabalho, foram considerados de forma criteriosa e com base no conhecimento prévio da região, os elementos logísticos e, sobremaneira, as características geográficas e geomorfológicas mais significativas, as quais pudessem dar respostas mais rápidas e satisfatórias às questões feitas e aos objetivos propostos.

Com base nesses critérios, realizou-se um recorte espacial do modelado, privilegiando os setores centro-norte e norte da Ibiapaba, bem como os respectivos entornos setentrional e oriental, as quais compõem a região noroeste do estado do Ceará, fundamentais para analisar, a partir dos

condicionantes morfoestruturais, a diferenciação morfológica que se estabeleceu entre os setores norte e leste e para o entendimento evolutivo da região. A área de estudo é apresentada na Figura 1.

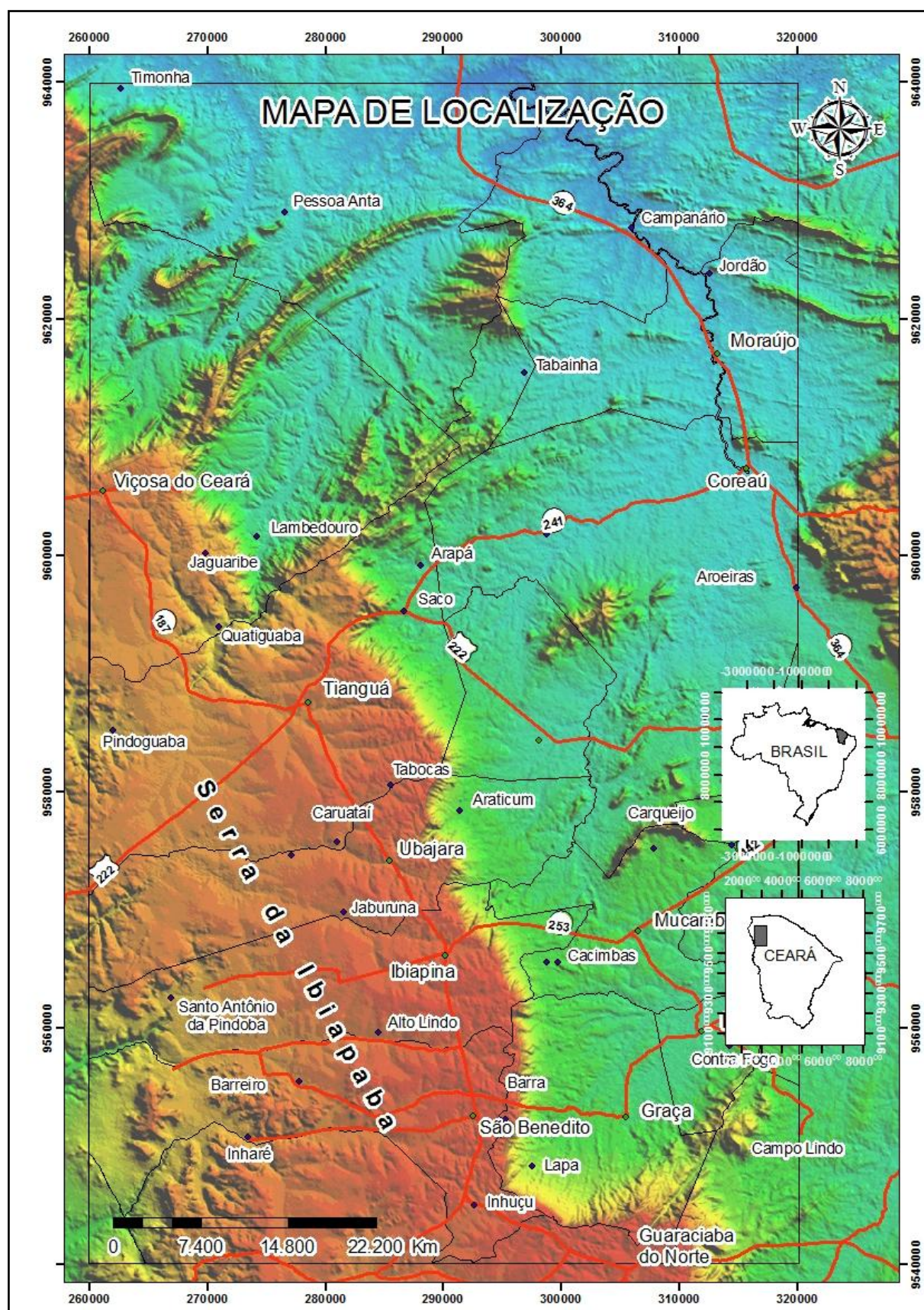


Figura 1. Mapa de localização da Ibiapaba setentrional. Fonte: Moura-Fé (2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

O itinerário metodológico percorrido foi compartimentado em duas linhas: no embasamento teórico, centrado na abordagem morfoestrutural da geomorfologia, a qual passa pela caracterização geológica em seus aspectos estruturais e litológicos, e na utilização de um contingente técnico associado, o qual foi compartimentado nas etapas de gabinete, campo e laboratório, ambientes clássicos onde se desenvolvem os trabalhos de geomorfologia.

A etapa de gabinete, inicialmente, referiu-se ao levantamento de materiais, dividida em dois grupos distintos: bibliográfico e cartográfico. O levantamento bibliográfico abordou a produção científica associada aos temas de pesquisa propostos. A busca se deu, sobremaneira, por meio do portal de periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), objetivando a seleção e download de artigos científicos relevantes e atuais.

O levantamento cartográfico se constituiu em diversos mapas temáticos, imagens de satélite, arquivos shapes e imagens de radar, cartas topográficas e imagem SRTM – Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica de Radar Transportado), da National Aeronautics and Space Administration (NASA), escala 1:250.000 (1998).

Já os levantamentos de campo foram realizados em diferentes momentos ao longo do trabalho de elaboração da tese, feitos em dias consecutivos e programados antecipadamente, com percurso, datas e objetivos pré-determinados. Os levantamentos foram concentrados em segmentos distintos da região, visando dar maior celeridade à realização das atividades. Em todas foram feitos registros fotográficos, das características topográficas, morfométricas, morfoestruturais e morfoestratigráficas dos relevos e seus contatos, além da determinação das coordenadas UTM de todos os elementos abordados.

Por fim, as atividades de laboratório consistiram inicialmente em análises detalhadas, tanto de material impresso quanto digital de diversos mapas e cartas: Mapa geológico do estado do Ceará, na escala 1:500.000; Mapa morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e Paraíba (CPRM, 2003), cartas topográficas da SUDENE (1977), escala de 1: 100.000, dentre outras.

Análises de Imagens do satélite disponíveis no software Google Earth permitiram a interpretação sistemática da área em diversas escalas, em modelo 3-D, além de permitir a elaboração de perfis topográficos, os quais também foram elaborados por meio de software Global Mapper. Todo o mapeamento foi elaborado através do software ArcGIS, aplicativo ArcMap, módulo central onde são confeccionados / manipulados os mapas, realizada a edição e a exportação dos dados georreferenciados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Heranças pré-cretácicas

Como não poderia deixar de ser, o “palco” onde se deram os processos associados à evolução morfoestrutural da região Noroeste do Ceará e na Ibiapaba durante o Cretácico, não se estabeleceram sem influências e condições pretéritas. Assim, é importante frisar que as etapas de evolução proterozoica e paleozoica foram caracterizadas pela ocorrência de ciclos orogênicos: Transamazônico e, sobretudo, Brasileiro, os quais, conforme Moura-Fé (2015), ensejaram:

- a) O desenvolvimento de zonas de cisalhamento e do *trend* NE-SO, e a **estruturação do embasamento cristalino**;
- b) A abertura de grabens e a formação, metamorfismo e deformação dos grupos Martinópolis, Ubajara, Jaibaras e Riacho Sairi (NO do Ceará), litologias importantes no contexto da superfície sertaneja, principal feição geomorfológica de contato com a Ibiapaba;

- c) A instalação de bacias molássicas em duas fases nos grabens relacionados aos grupos Jaibaras, Sairi e Ubajara (NO do Ceará), no início e no final do Ciclo Brasileiro;
- d) A ocorrência de intrusões granitoides (Mucambo) e de fases magmáticas diacrônicas - vulcanismo proterozoico Saquinho e vulcanismo paleozoico Parapuí (NO do Ceará);
- e) Desenvolvimento da sinéclise que evoluiu para a **bacia intracratônica do Parnaíba**, que por sua vez, teve sua origem, formação e evolução se dando em duas fases, com a deposição de 5 supersequências, do Silúrico ao Cretácico.

Após esses processos, a evolução geomorfológica da Ibiapaba e suas áreas adjacentes chega a uma etapa fundamental que se inicia no Mesozoico e ganha maior representatividade no Cretácico, derivada do processo de fissão do Pangeia e de sua porção meridional, o Gondwana, mais precisamente dos continentes da África e da América do Sul, a qual estabeleceu no Brasil um novo estágio tectônico, o “Estágio de Ativação”¹ que levaria à abertura do oceano Atlântico e que originou a margem equatorial brasileira.

Foram eventos distensionais, remobilização de falhas antigas, surgimento de fraturas e intenso magmatismo, além da criação de uma “nova geração” de bacias sedimentares, principalmente ao longo da margem continental do Atlântico, que caracterizaram essa etapa mesozoica (ALMEIDA et al., 1981; ALMEIDA e CARNEIRO, 2004; MABESSONE, 2002; ZALÁN, 2004) e foram fundamentais para a configuração morfoestrutural atual da região noroeste do Ceará.

Nesse contexto, a margem equatorial brasileira desenvolveu-se como uma margem continental do tipo transformante, com uma evolução tectônica dominada por distensão oblíqua (transtensão) e movimentos transcorrentes puros, ambos de caráter dextral. A ruptura continental deu-se na direção leste-oeste, criando margens continentais alongadas na mesma direção (ZALÁN, 2012).

¹ O processo de separação mesozoica do Pangeia em continentes menores é também conhecido como o “Estágio de Ativação da Plataforma Sul-Americana”, o qual engloba três estágios de rifteamento reconhecidos: 1) ao norte da América do Sul, com a abertura do Atlântico Equatorial; 2) no sul da América do Sul, com a abertura do Atlântico Sul – onde se deu o início da separação entre América do Sul e África, e; 3) estágio que marca a separação definitiva do continente sul-americano em relação à África (CARNEIRO et al., 2012).

As primeiras manifestações da separação ocorreram no Jurássico Superior e já nessa época a tendência de movimentação divergente leste-oeste estava estabelecida. No início da separação o movimento divergente a sul era maior que a norte, imprimindo uma rotação de sentido horário na placa sul-americana em relação à África (FRANÇOLIN e SZATMARI, 1987).

O polo dessa rotação esteve localizado durante o Cretácico Inferior no Nordeste brasileiro, ao sul da atual cidade de Fortaleza (capital do Ceará) e ao norte da bacia do Tucano (Figura 2), cuja permanência durante todo o Neocomiano (145-124 Ma; primeira metade do Cretácico Inferior) foi condicionada pela complexidade estrutural da área, compartilhada pelas zonas de cisalhamento pré-cambrianas de Patos e Pernambuco, orientadas na mesma direção L-O (FRANÇOLIN e SZATMARI, 1987).

A rotação horária do continente ao redor desse polo causou na atual margem equatorial brasileira uma compressão a oeste e uma distensão a leste do polo. Assim, a Província Borborema sofreu durante o Neocomiano uma compressão de direção L-O e uma distensão N-S. Esse regime de esforços ocasionou a formação de falhas normais de direção aproximada L-O (próximas da atual linha de costa) e a reativação de numerosas falhas de direção NE-SO, preexistentes, por movimentos transcorrentes dextrais (FRANÇOLIN e SZATMARI, 1987).

Esse arranjo estrutural foi herdado, em parte, dos ciclos Transamazônico e Brasileiro (sobretudo, supracitados), mas as complicações estruturais foram introduzidas posteriormente pela instalação de zonas de cisalhamento, predominantemente dextrais, com direções NE-SO e L-O, exatamente nessa importante etapa de estruturação cretácica, estabelecendo definitivamente o trend atual das zonas de cisalhamento da Província Borborema (SAADI e TORQUATO, 1992), as quais perfazem o embasamento sobre o qual a bacia do Parnaíba (e, por conseguinte, a Ibiapaba) evoluíram e toda a sua adjacência norte e leste.

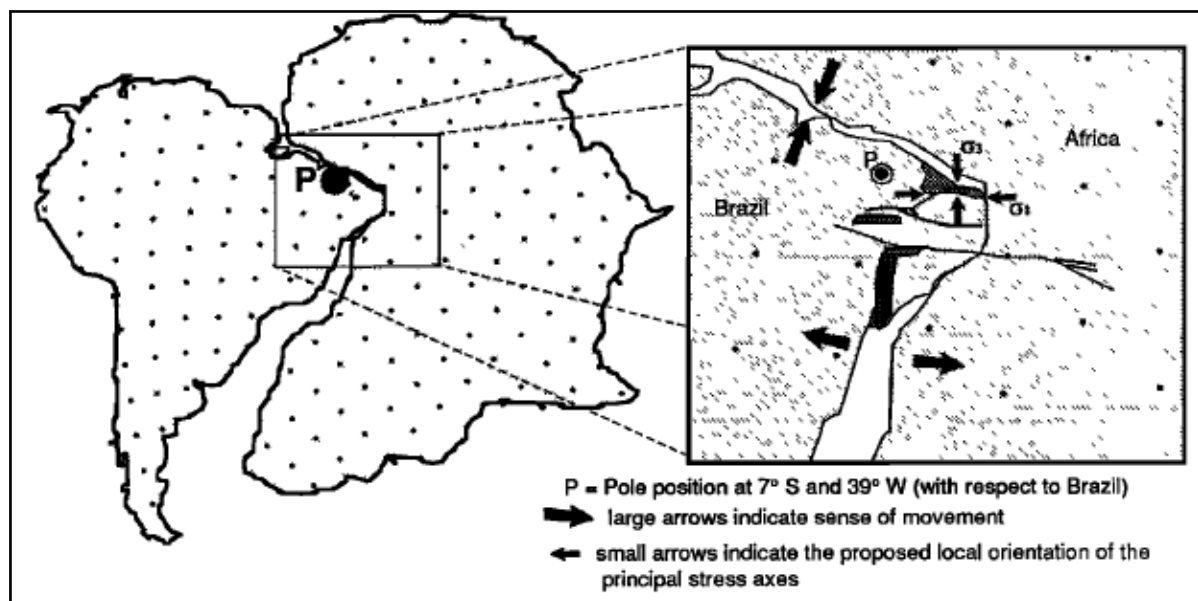


Figura 2. Modelo de rifte pré-aptiano / Cretácico Inferior. Fonte: Françolin e Szatmari (1987) adaptado por Matos (1992). Modelo considerando a rotação horária da América do Sul em relação à África.

De idade cretácica, sobremaneira, esse significativo rearranjo morfoestrutural pode ser subdividido em 3 etapas que não se sucederam simplesmente, antes disso, se apresentam como processos complexos e imbricados, são os estágios pré, sin e pós-rifte, os quais serão apresentados a seguir em ordem cronológica, cada um com sua importância para a evolução morfoestrutural da região noroeste do Ceará.

Rifteamento Intracontinental - Estágio Pré-Rifte

O estágio pré-rifte tem ocorrência inicial estimada há cerca de 140 Ma, entre o Berriasiano e o Valanginiano (início do Cretácico Inferior), através de uma distensão da placa litosférica na parte central do Gondwana que conduziu a diminuição de sua espessura pela ascensão da astenosfera ou pela atuação de hot spots (MARTINS e CARNEIRO, 2012).

O soerguimento da crosta induzido por esses processos térmicos auxiliou no enfraquecimento crustal, originando os processos tectônicos que levaram à posterior ruptura entre as placas Sul-Americana e Africana (MARTINS e CARNEIRO, 2012; THOMAZ-FILHO et al., 2008). Na sequência, ao curso do Neocomiano, a abertura se propagou axialmente em direção a norte (Figura 3) (MATOS, 1992).

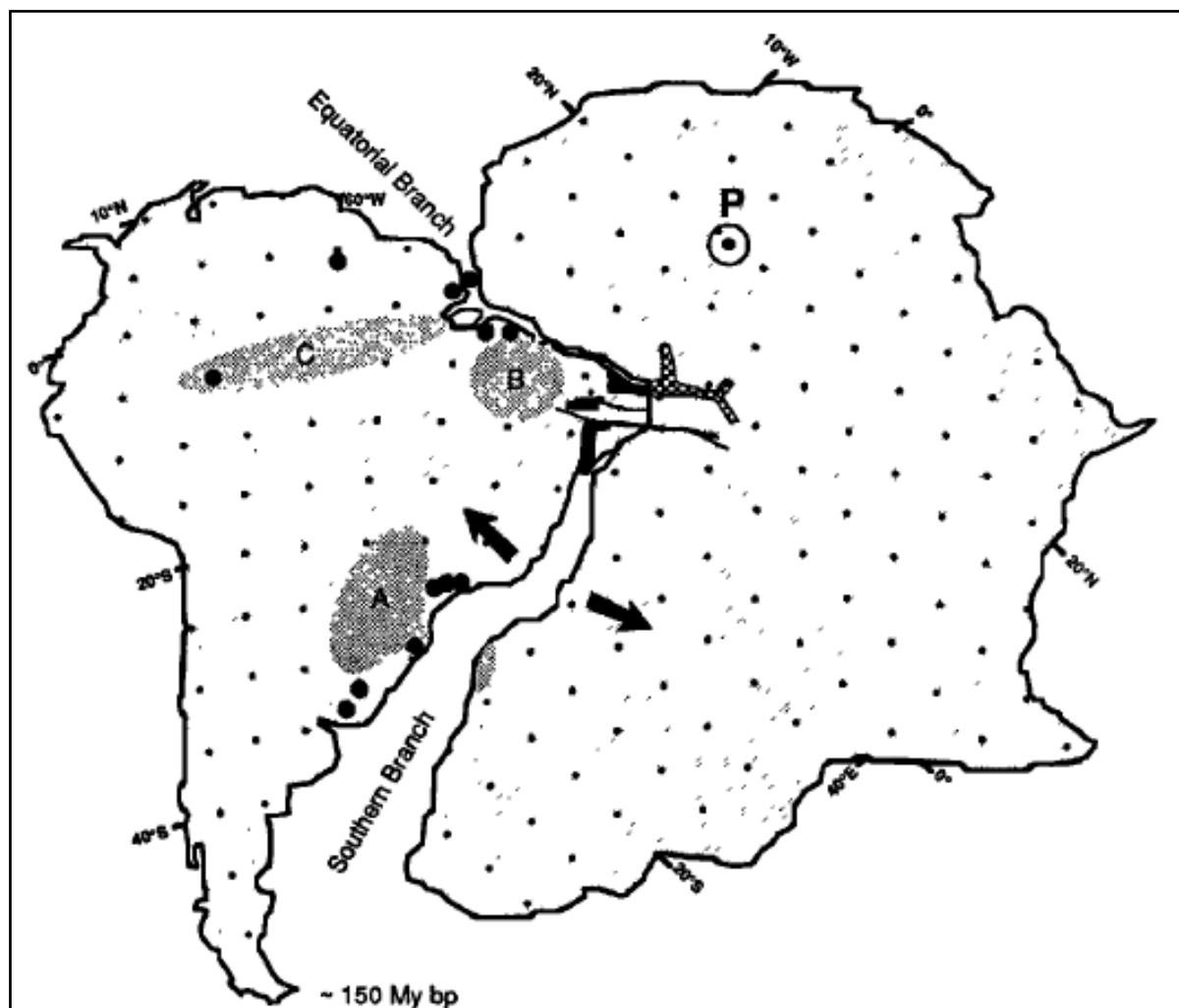


Figura 3. Esboço da divisão da América do Sul no Cretáceo Inferior. Legenda: P - Eixo de rotação. A, B, C - Atividade magmática entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior. Pontos pretos - Sítios de atividade tectônica intracontinental desde o Triássico Superior. Cinza escuro - Bacias intracratônicas das fases riftes. A América do Sul acha-se representada na sua posição atual (Fonte: MATOS, 1992).

O processo de separação entre América do Sul e África ensejou inicialmente um rifteamento intracontinental que ocorreu por todo o Cretáceo Inferior, do início do Berriasiano (145 Ma) ao final do Albiano (100,5 Ma – concomitante ao final da fase seguinte, a fase rifte), o qual deu origem ao soerguimento de volumes montanhosos significativos ao longo de estruturas de riftes abortados, de orientação SE-NO (BÉTARD e PEULVAST, 2011; CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006; HASUI, 2012; MATOS, 1992).

Por conta desse longo período de ocorrência, Matos (2000) subdivide o rifteamento intracontinental em 2 momentos, a partir da predominância dinâmica cinemática: (a) Pré-transtensão (prétranstension), de idade pré-Barremiana, constituindo uma fase de pré-alongamento, onde

ocorreram riftes no Atlântico Central e Sul (grabens Marajó e Potiguar, respectivamente); (b) Sinranstensão (syn-transtension), de idade barremiana a aptiana, constituindo a fase inicial de alongamento.

Durante a fase pré-transtensão, o rifteamento ocasionou deformações extensionais distribuídas em 3 principais eixos: os trends Gabão-Sergipe-Alagoas (GSA); Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ) e Cariri-Potiguar (CP) (MATOS, 1994; 1992), os quais resultaram nas bacias interiores do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe, Rio do Peixe, Iguatu e as bacias costeiras da margem Atlântica (Ceará, Potiguar, Pernambuco, Paraíba e Sergipe-Alagoas) (MATOS, 1992).

Um importante evento associado à essa 1ª fase foi o soerguimento das áreas laterais dos riftes na forma de “ombros de rifte”, que atingiu tanto litologias sedimentares quanto terrenos cristalinos, formando blocos compactos de rochas soerguidas, posteriormente erodidas, mas ainda relacionadas às atuais altimetrias da ordem de 900m no Nordeste brasileiro, nos topos mais elevados (CLAUDINO-SALES, 2002). Porém, vale frisar, esse processo de soerguimento não foi resultado apenas dessa etapa da tectônica cretácica, mas também, de outra etapa de soerguimento cenozoico (PEULVAST et al., 2008).

O estágio pré-rifte engloba o desenvolvimento de diversos riftes e se iniciou pelo sul do Atlântico Sul. Contudo, a separação da América do Sul e África foi retardada em relação à da América do Norte e África e os riftes deixaram de evoluir pela existência de uma porção de litosfera espessa resultante da longa união do Gondwana durante o Paleozoico (SZATMARI et al., 1987), sendo abortados.

Este setor mais espesso da litosfera correspondia aos resquícios de uma cadeia de montanhas do tipo “himalaiana”, a “Cadeia Brasileira” que existiu entre cerca de 500 e 400 Ma entre o Brasil e a África (CABY et al., 1995), resultante da colagem do Pannotia - Ciclo Brasileiro (BRITO NEVES, 1999). Com aproximadamente 2.500 km de extensão (ARAUJO et al., 2014), os limites dessa Cadeia Brasileira seriam a Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (ZCS) à oeste, e a Zona de Cisalhamento

de Senador Pompeu (ZCSP) à leste (CABY et al., 1995), ou seja, a cadeia se situava imediatamente à leste da atual vertente oriental da Ibiapaba.

Em um intervalo de tempo de aproximadamente 100 Ma, considerado para a duração de cadeias de montanhas (BOILLOT, 1996), a Cadeia Brasileira foi erodida e sofreu colapso tectônico, tendo no seu lugar evoluído e ocupando as áreas laterais a oeste, a bacia do Parnaíba (CLAUDINO-SALES e LIRA, 2011). Todavia, resquícios crustais desse imenso modelado persistiram e não permitiram o desenvolvimento do rifteamento intracontinental (ARAÚJO et al., 2014).

O abortamento desses riftes ocorreu no Barremiano (129,4-125 Ma) e originou a formação das bacias sedimentares do Araripe (extremo sul do Ceará) e Apodi (limite NE cearense) nas fossas abortadas. Seus ombros de rifte foram submetidos a uma rápida erosão ao longo do período sin-rifte. Os resquícios do ombro oeste do rifte abortado Cariri-Potiguar são o maciço de Baturité e as serras da Aratanha e Maranguape (BÉTARD e PEULVAST, 2011; CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006), situados ao sul da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Na Figura 4 observam-se mapas paleogeográficos dos períodos pré-rifte (A) e de Rifteamento Intracontinental (B), percussores da formação da margem equatorial brasileira, com a espacialização pretérita da bacia sedimentar do Parnaíba.

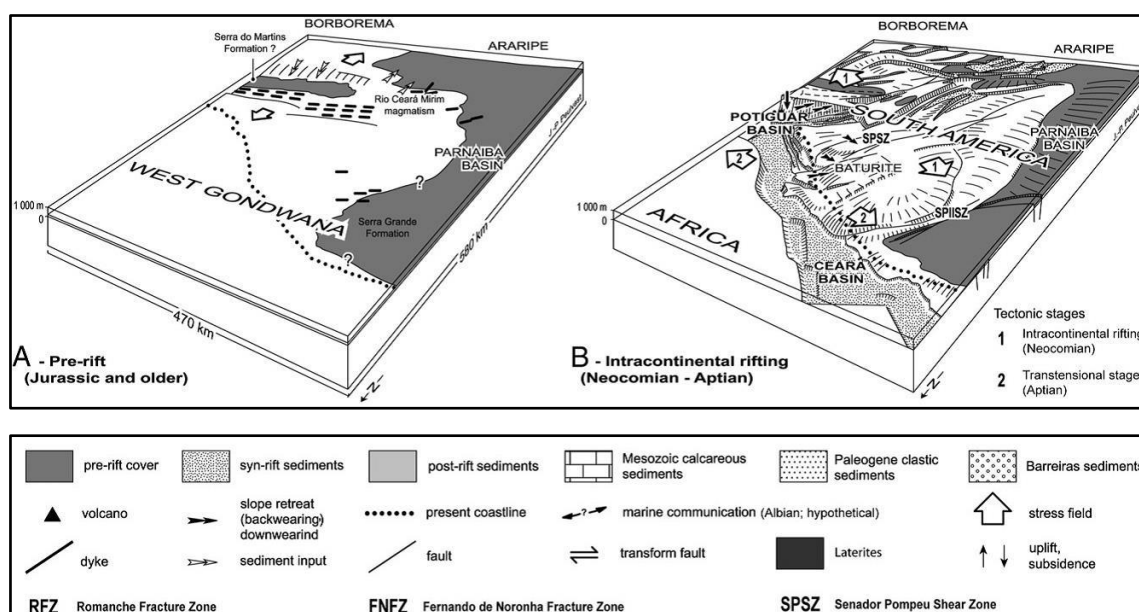


Figura 4. Paleografia pré-rifte e do Rifteamento Intracontinental da região noroeste do Ceará, incluindo a borda da bacia sedimentar do Parnaíba. Fonte: Peulvast et al., 2008.

Após o abortamento dos riftes que compunham esta etapa de rifteamento intracontinental (pré-rifte), os quais não evoluíram para uma abertura oceânica, mas sim, originaram a formação de bacias sedimentares e de relevos elevados nas suas laterais, tem-se o estágio seguinte, o estágio rifte, que ensejou definitivamente a atual separação entre a América do Sul e a África a partir do final do Neóalbio / Cenomaniense, processo que levou à formação do oceano Atlântico Equatorial (MATOS, 2000) e alterou profundamente a configuração morfoestrutural da região noroeste do Ceará.

Abertura Oceânica - Estágio Rifte

No estágio rifte a distensão atingiu o limite elástico da crosta e, finalmente, conduziu à separação das placas litosféricas. Contudo, é importante ressaltar que a evolução da ruptura continental esteve condicionada às direções estruturais impostas pelo arcabouço dos crátons que serviram de embasamento às bacias, bem como pelos principais lineamentos e falhas existentes na região (MARTINS e CARNEIRO, 2012), decorrentes da estruturação pré-cretácica e do rearranjo morfoestrutural iniciado no rifteamento intracontinental.

Por exemplo, vale frisar o papel das zonas de fraqueza situadas na parte superior da crosta, como as grandes zonas de cisalhamento pré-cambrianas (proterozoicas) que foram produzidas durante o Ciclo Brasileiro, as quais controlaram o desenvolvimento das bacias de rifte, dominadas por falhamentos de direção NE-SO e L-O (MATOS, 1992; 1994).

Sobre este quadro, entre 125 e 100,5 Ma (Aptiano-Albiano, final do Cretácico inferior), ocorreu o processo de Abertura Oceânica, o qual se desenvolveu transversalmente à área do processo anterior de rifteamento intracontinental (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006; PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004; PEULVAST et al., 2008).

Basicamente, a margem atlântica equatorial se formou a partir de 3 frentes distensivas: (1) no Neotriássico, onde o Pangeia passou por esforços distensivos em partes do seu interior, onde estes

eventos na América do Sul foram materializados por soerguimentos com magmatismo associado e instalação de junções tríplices, resultando na formação do oceano Atlântico Central e na bacia da Foz do Amazonas; (2) no Eocretáceo (Valanginiano) ocorreu novo rifteamento que resultou na ampliação dessa bacia e a formação de outras (Marajó e Grajaú) e do sistema de grabens do Gurupi; e (3) no Eocretáceo (Albiano) com o avanço para NO do rifteamento, que gerou as bacias Potiguar, Ceará, Barreirinhas e Pará-Maranhão e ampliou a Bacia da Foz do Amazonas, evoluindo para fragmentação continental (SOARES JÚNIOR et al., 2008; 2011).

Todavia, apesar de se caracterizar como um processo com diversos estágios de alongamento, foi no Aptiano que se deu o momento mais significativo da fratura generalizada do Atlântico Equatorial (MATOS, 2000), cuja reconstrução pode ser visualizada na Figura 5, bem como a distribuição das bacias sedimentares no período (MATOS, 1992).

Do Albiano ao Cenomaniano tem-se o período sin-transformante, caracterizado como uma etapa eminentemente de distensão das placas, onde a dinâmica cinemática passou de transtensão para transpressão até se configurar como uma margem transformante passiva (MATOS, 2000). À medida que a América do Sul e a África se separavam e o oceano Atlântico Equatorial era formado, a deriva continental processou-se também na direção L-O (ZALÁN, 2012).

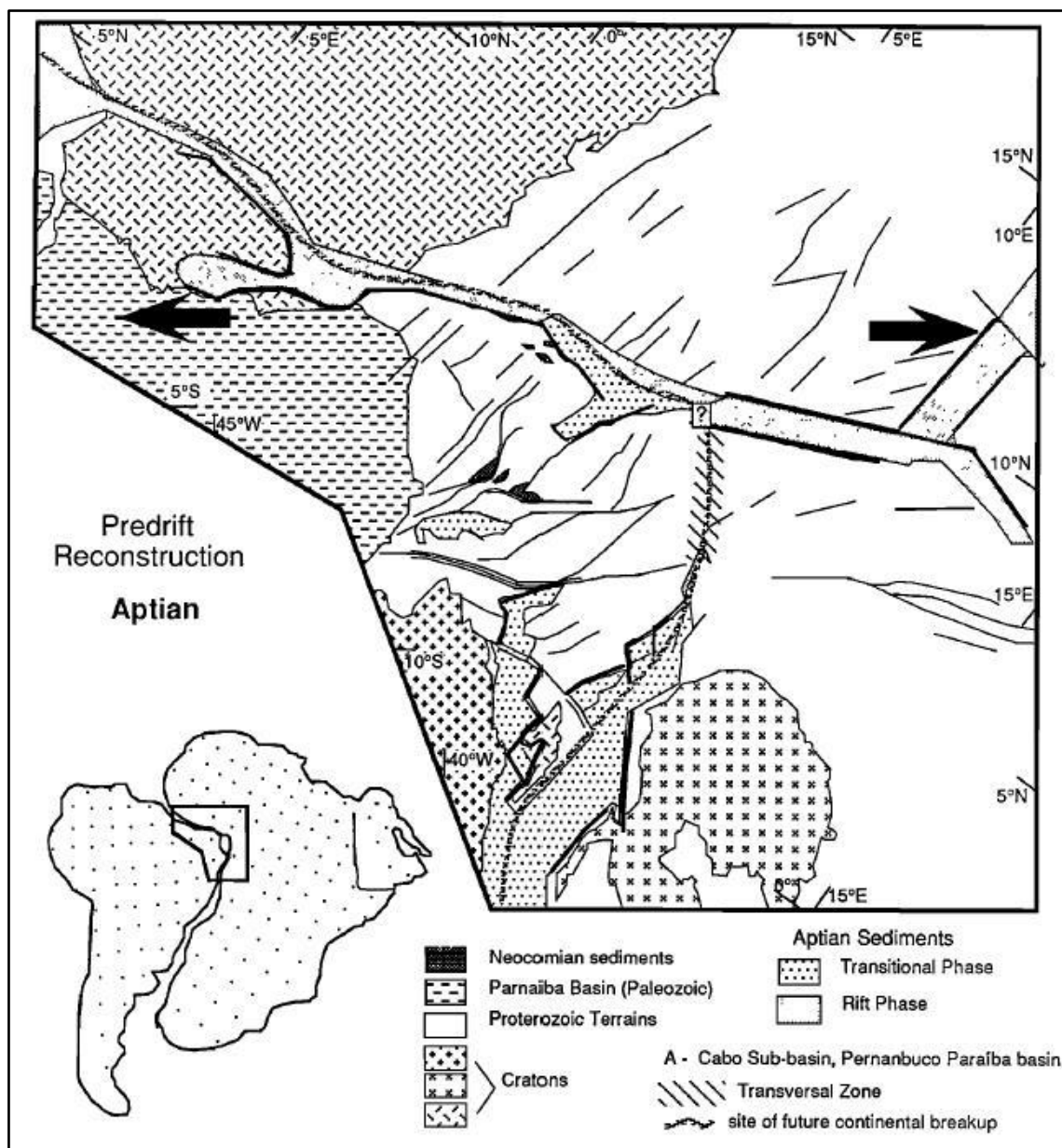


Figura 5. Reconstrução Pré-Drifte no Aptiano. **Fonte:** Matos, 1992. A figura apresenta uma reconstrução do quadro tectônico durante o Aptiano no segmento entre a fachada equatorial do Nordeste brasileiro e a fossa do Benuê (África). As setas largas na cor preta indicam a direção da extensão principal do rifte.

Durante o processo foram criadas as zonas de fraturas que deram origem ao oceano Atlântico no Nordeste equatorial brasileiro, por volta de 100 Ma (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2006). Desde então continua a migração para oeste do continente sul-americano, invadindo o oceano Pacífico e sobrepondo-se à crosta subduzida deste oceano (SZATIMARI et al., 1987).

Os principais indicativos desse processo evolutivo do relevo e da destruição parcial de importantes volumes montanhosos ao longo do período sin-rifte, conforme Bétard e Peulvast (2011), são:

- a) Presença de sedimentos clásticos nas bacias sedimentares on e offshore, depositados entre 135-113 Ma e separados por uma discordância de sedimentos pós-rifte (113-90 Ma), sobrepostos, refletindo uma erosão significativa associada à destruição de importantes volumes topográficos em torno das proximidades da zona de rifte;
- b) Traços de Fissão (TF) sobre Apatita. No nível da falha de Senador Pompeu, Cavalcante (2006) verificou um significativo episódio de resfriamento entre 130 e 90 Ma, representando aproximadamente a duração do rifteamento intracontinental, o qual pode estar correlacionado com o soerguimento crustal e a erosão seguida do ombro NO do rifte Potiguar durante o período sin-rifte;
- c) Aumento das Taxas de Denudação. Esse terceiro argumento geomorfológico sugere igualmente a permanência de vestígios de ombros de rifte e de blocos soerguidos contemporâneos do rifteamento cretáceo nas paisagens.

O fato de ter sido a última parte da placa a se separar do continente africano, findando o processo de abertura oceânica, fez com que a região Nordeste do Brasil adquirisse algumas características importantes: margem continental estreita, feições peculiares de estrutura e magmatismo, sobretudo terciário, e grande diversidade de registros associados, com destaque para as bacias sedimentares interiores (CARNEIRO et al., 1989), cujo quadro morfoestrutural passará por mais uma etapa fundamental na sua história evolutiva no estágio pós-rifte.

Flexura Marginal - Estágio Pós-Rifte

O estágio pós-rifte, pós-transformante ou de deriva (drifte - drift) começou no início do Cretácico Superior, no Cenomaniano (100,5-93,9 Ma) e, atuando até o presente, é marcado pela presença de

uma margem passiva (MARTINS e CARNEIRO, 2012; MATOS, 2000), cuja reconstrução na transição santoniana / campaniana pode ser observada na Figura 6.

Após a formação da margem passiva transformante no Aptiano, à medida em que o oceano Atlântico sofria a sua expansão inicial, a margem continental recém-formada foi resfriando e, em função do aumento de densidade, afundando. O resultado dessa subsidência térmica foi o suave soerguimento do interior do continente, cuja crista estava situada a cerca de 300 km da atual zona costeira e de amplitude moderada (600 m, no máximo, no sul do Ceará) (BÉTARD e PEULVAST, 2011; CLAUDINO-SALES, 2005; PEULVAST et al., 2008).

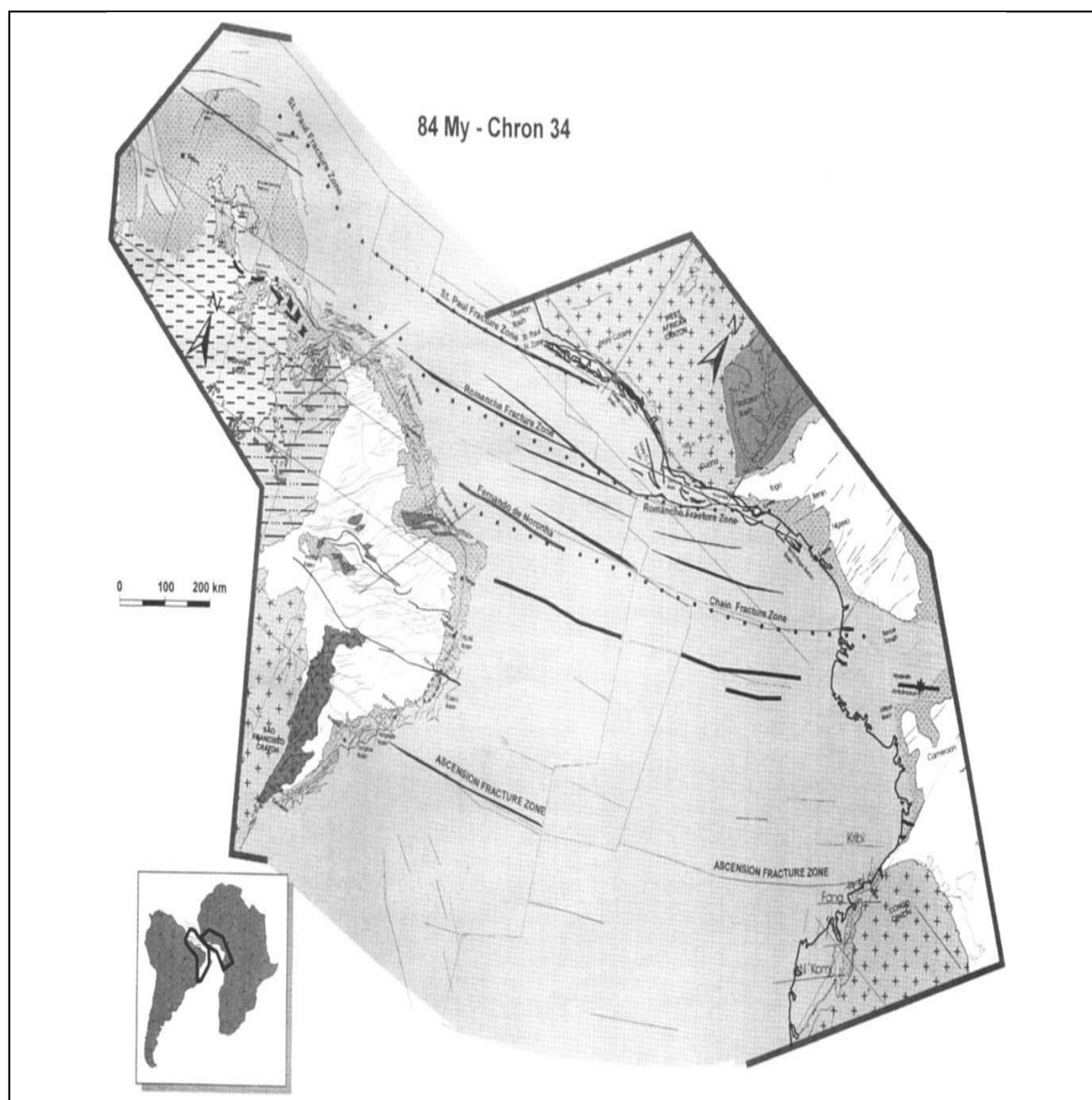


Figura 6: Reconstrução Pré-Drifte no Santoniano/Campaniano. Fonte: Matos, 2000. Reconstrução Pré-Drifte do quadro tectônico das bacias sedimentares entre o Nordeste Equatorial e a África a 84 Ma (Santoniano/Campaniano).

Esse processo é conhecido como Flexura Marginal (BOILLOT, 1996; PEULVAST e VANNEY, 2001) e tornou o interior do continente suavemente montanhoso e nivelou o segmento costeiro com a superfície do oceano, permitindo assim que uma zona litorânea fosse criada (CLAUDINO-SALES, 2005).

Assim, depois do rifteamento intracontinental, da subsidência pós-rifte, da abertura oceânica transformante e da formação da margem continental passiva, a evolução morfotectônica da parte on shore da margem foi o resultado de um soerguimento flexural iniciado no Cretácico Superior, provavelmente relacionado ao soerguimento da margem leste do Brasil, seguido por movimentos verticais posteriores (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004; 2006).

Na Figura 7 observam-se mapas paleogeográficos dos períodos pós-rifte e de Abertura Oceânica (C) e o estágio drifte, com o soerguimento da margem recém-formada pela Flexura Marginal (D), responsáveis pela formação e conformação fundamentais da margem equatorial brasileira, com a espacialização pretérita da bacia do Parnaíba e, principalmente, com a indicação do processo de soerguimento da sua borda, originando a Ibiapaba.

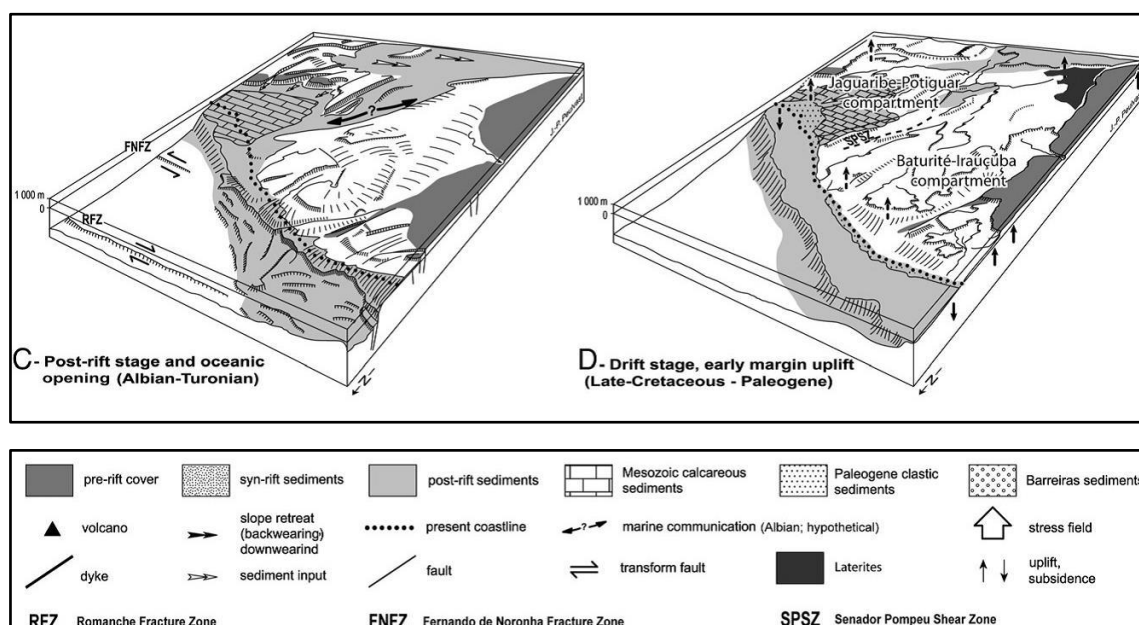


Figura 7. Paleografia pós-rifte – Abertura Oceânica e Flexura Marginal, da região Noroeste do Ceará, incluindo a borda oriental da bacia sedimentar do Parnaíba. Fonte: Peulvast et al., 2008.

Conforme visto nos mapas apresentados, os reflexos desse importante processo foram significativos na bacia do Parnaíba, bem como em toda a porção NO do Ceará, submetidos a um acelerado processo de soerguimento atribuído a todo o Aptiano-Eoceno (Cretácico-Paleogenico Médio) (PEULVAST et al., 2008). Esse soerguimento incidiu numa inclinação maior de toda a borda leste da bacia, que passou a apresentar mergulhos mais acentuados para oeste (ANGELI et al., 1983), dando a configuração cuestiforme da Ibiapaba.

Além disso, esse soerguimento pós-cenomaniano causou uma inversão de relevo nas bacias cretácicas, gerando paisagens em que o relevo mais elevado não corresponde à resistência das rochas capeadoras mesozoicas, ou aos picos erodidos das lapas dos planaltos sin-rifte cretácicos. Aliás, a profundidade máxima da denudação pós-rifte é fornecida pelo valor máximo de inversão topográfica observada ao longo do norte da Ibiapaba e do leste da Chapada do Araripe, onde a taxa de erosão correspondente (7-10 m. My⁻¹) é similar ao de movimentos verticais (PEULVAST et al., 2008).

Também correlatos ao soerguimento flexural, a partir do Coniaciano (89,9-86,3 Ma) houve repetidos pulsos de compressão ao longo da margem equatorial e sua continuação oriental, a Fossa do Benuê, os quais reativaram o movimento transcorrente ao longo da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II. Esses pulsos compressionais culminaram no fim do Neocretáceo, mas continuaram no Eopaleogenico. A esses movimentos se atribui o soerguimento e a erosão da sequência paleozoica na extremidade NE da bacia do Parnaíba (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2007; SZATIMARI et al., 1987).

O reflexo geomorfológico desse soerguimento da porção NE da borda da bacia do Parnaíba é a Ibiapaba e sua configuração morfoestrutural praticamente nas mesmas condições que verificamos atualmente (Figura 8).

As altitudes elevadas e os contornos curvos da extremidade norte da Ibiapaba, bem como o mergulho SO das suas camadas de arenito, sugerem significativamente que a parte oeste da Província

Borborema e a borda leste da bacia do Parnaíba foram soerguidos e inclinados para dentro, a partir de sua crista, na direção do seu reverso de uma forma monoclinal - na ausência de qualquer linha L-O de falhas identificadas em terra - acima da plataforma Parnaíba, ao sul da sub-bacia Camocim (PEULVAST e BÉTARD, 2015).

Vale frisar que reativação da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II parece poder ser associada somente ao soerguimento da parte setentrional da bacia do Parnaíba, pois o escarpamento que caracteriza sua borda, se estende do norte ao sul por mais de 300 km. Parece provável então que no sul do Ceará a bacia tenha sido soerguida solidariamente com a bacia cretácica do Araripe e os maciços centrais do Ceará (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2007).

Tem-se, portanto, duas fases de soerguimento e de erosão distintas, fundamentais na evolução morfoestrutural da Ibiapaba: a 1ª fase de soerguimento regional por falhas e de denudação sin-rifte, ligada ao episódio de rifteamento cretáceo (estágio rifte); e uma 2ª fase de soerguimento flexural e de denudação pós-rifte, principalmente cenozoica, que ocorreu sem ligação direta com os processos de rifteamento intracontinental e de abertura oceânica (BÉTARD e PEULVAST, 2011).

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos eventos e processos relacionados à história morfoestrutural mesozoica e cenozoica da Ibiapaba e seu entorno.

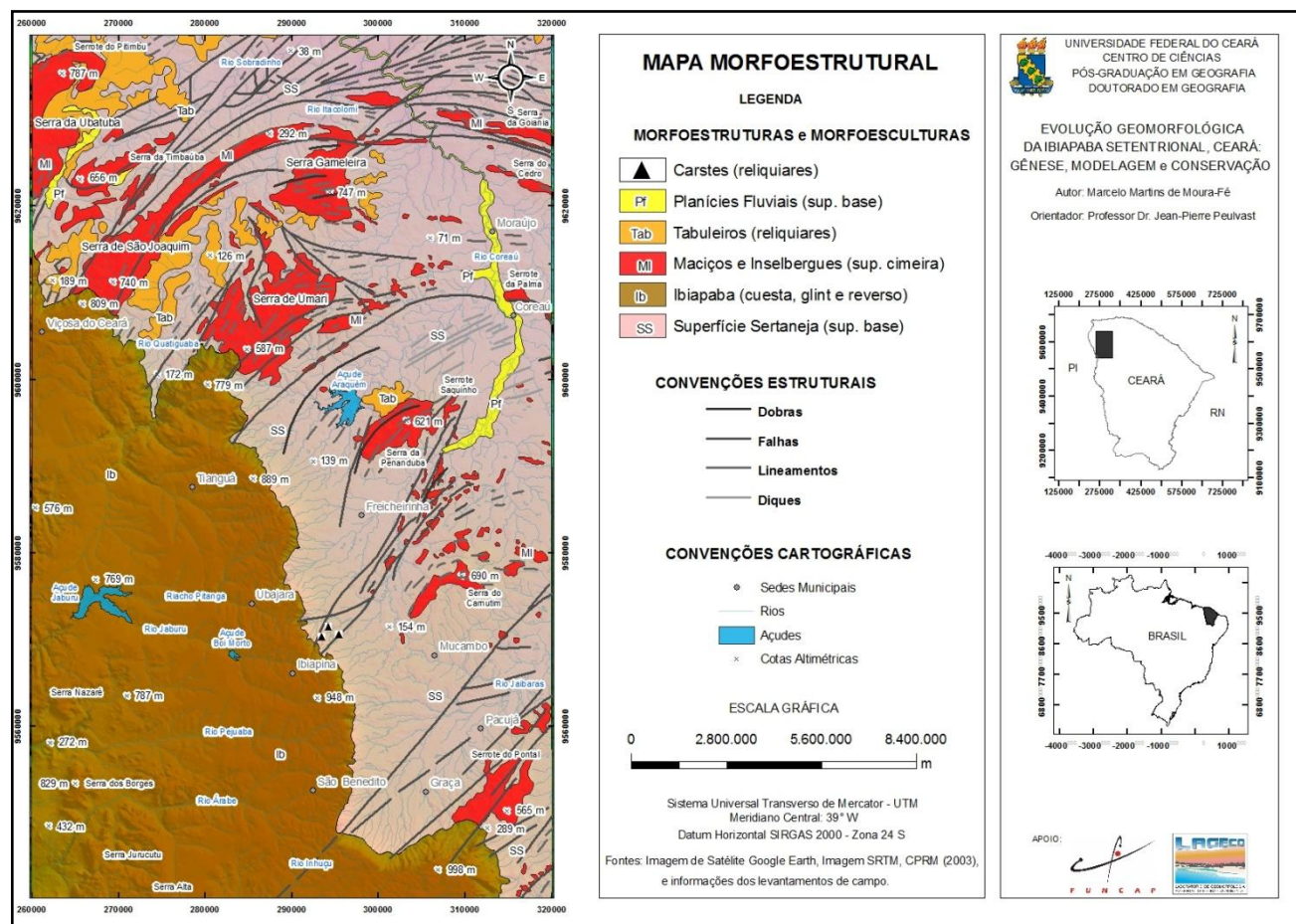


Figura 8. Mapa morfoestrutural da Ibiapaba setentrional, região noroeste do estado do Ceará.

EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL MESOZOICA/CENOZOICA DA BACIA DO PARNAÍBA E DA IBIAPABA							
Éon	Era	Período	Época	Andar	Idade (Ma)	Evento Tectônico	Reflexo Geológico-Geomorfológico
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Holocenico		0,011		- Deposição aluvial pretérita e atual
			Pleistocenico		2,58		
		Neogenico	Pliocenico		5,33		- Deposição das Coberturas Sedimentares de Espraimento Aluvial
			Miocenico		23,03		- Deposição do Grupo Barreiras / Indiviso e Formação Camocim
		Paleogenico	Oligocenico		33,9		
			Eocenico		56,0	Flexura Marginal (estágio pós-rifte)	- Final do processo de soerguimento da região NO do Ceará (SDMC e Ibiapaba); - Inclinação da borda L da bacia do Parnaíba e mergulho das camadas sedimentares do Grupo Serra Grande para O (assimetria cuestiforme da Ibiapaba).
			Paleocenico		66,0		- Ação dos pontos quentes (40-60 Ma) quando o continente Sul-Americano passou a derivar rumo oeste.
	Mesozoico	Cretácico	Superior	Maastrichtiano	72,1		- Intrusões magmáticas (80-90 Ma) relativas à separação definitiva entre América do Sul e África.
				Campaniano	83,6		
				Santoniano	86,3		
				Coniaciano	89,8		
				Turoniano	93,9		
				Cenomaniano	100,5	- Estágio pós-rifte 2ª fase de soerguimento (pós-Cenomaniano). - Final da fissão do	- Início do soerguimento da Ibiapaba pela flexura marginal; - Soerguimento das bordas leste e oeste dos riftes intracratônicos; - Resfriamento e subsidência térmica da margem continental recém-formada e soerguimento do interior do continente – Flexura Marginal (principal

			Inferior			Pangeia (? Ma); - Período sin-transformante.	processo morfotectônico pós-rifte); - Depocentros da Bacia do Parnaíba migram da região central para os setores N e NO.
				Albiano	113	- Final do estágio rifte - Abertura Oceânica. - Período sin-transformante.	- Processo de drifte na direção L-O; - Distensão máxima das placas litosféricas até a formação da margem transformante passiva.
				Aptiano	125	- Início do estágio rifte Abertura Oceânica (1ª fase de soerguimento). - Rifteamento intracontinental / etapa sin-transtensão	- Início da formação da margem passiva transformante; - Início do processo de soerguimento da região NO do Ceará (SDMC e Ibiapaba); - Processo de Abertura Oceânica desenvolvido transversalmente ao Rifteamento Intracontinental; - Distensão no limite elástico da crosta e início da separação entre América do Sul e África, condicionada estruturalmente ao arcabouço herdado dos processos anteriores, sobretudo o Ciclo Brasileiro; - Fase final de alongamento.
				Barremiano	129,4	Rifteamento intracontinental / etapa sin-transtensão	- Abortamento dos riftes e origem das bacias do Araripe e Potiguar nas fossas abortadas – Rifte Cariri-Potiguar (resquícios do ombro oeste desse rifte – serras da Aratanha, Maranguape e o Maciço de Baturité); - Separação da América do Sul e África foi retardada em relação à da América do Norte e África, riftes deixaram de evoluir pela existência de uma litosfera espessa resultante da longa união do Gondwana durante o Paleozoico, resquício da Cadeia Brasileira (formada no Ciclo Brasileiro); - Fase inicial de alongamento.
				Hauteriviano	132,9	Rifteamento	- Evento magmático – Derrames e diques de composição toleítica e

				Valanginiano	139,8	intracontinental / Etapa pré- transtensão	intermediária (130 Ma) na Bacia do Parnaíba; - Deformações extensionais em 3 eixos: Gabão-Sergipe-Alagoas (GSA), Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ) e Cariri-Potiguar (CP); - Fase de pré-alongamento, onde ocorreram riftes no Atlântico Central e Sul (grabens Marajó e Potiguar, respectivamente).
--	--	--	--	--------------	-------	---	--

Quadro 1. Síntese da evolução morfoestrutural mesozoica/cenozóica

Fonte: vários autores. Org. Moura-Fé (2015). Idades: IUGS (2013).

EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL MESOZOICA/CENOZOICA DA BACIA DO PARNAÍBA E DA IBIAPABA							
Éon	Era	Período	Época	Andar	Idade (Ma)	Evento Tectônico	Reflexo Geológico-Geomorfológico
Fanerozoico	Mesozoico	Cretácico	Inferior	Berriasiano	145	Rifteamento intracontinental / etapa pré-transtensão – 1ª fase de soerguimento;	- Soerguimento de volumes montanhosos nas laterais dos riftes abortados (SE-NO) na forma de ombros de rifte, formados por rochas sedimentares e cristalinas; - Deformações extensionais em 3 eixos: Gabão-Sergipe-Alagoas (GSA), Recôncavo-Tucano-Jatobá (RTJ) e Cariri-Potiguar (CP); - Fase de pré-alongamento, onde ocorreram riftes no Atlântico Central e Sul (grabens Marajó e Potiguar, respectivamente); - Início do estágio pré-rifte pelo sul do Atlântico Sul.
						- Início do estágio pré-rifte (até o Valanginiano)	- Distensão e diminuição da espessura da placa litosférica.
						- Formação da bacia do Parnaíba	- Deposição da 5ª supersequência da bacia (Cretácica – Formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru).

		Jurássico			201,3	- Formação da bacia do Parnaíba	- Deposição da 4ª supersequência da bacia (Jurássica – Formação Pastos Bons); - Depocentros deslocaram-se para a parte central da bacia; sedimentação passou a ter um padrão concêntrico e a forma externa da bacia tornou-se ovalada, típica de uma sinéclise interior; - Evento magmático de composição toleítica (180 Ma – Jurássico Inferior) na bacia do Parnaíba;
		Triássico	Superior		237	- Início da fissão Pangeia (? Ma)	- Evento magmático de composição toleítica (215 Ma) na bacia do Parnaíba, demarcando o início do processo de quebra continental entre América do Sul e África; - Ocorrência de eventos distensionais, remobilização de falhas antigas, surgimento de fraturas e magmatismo básico.
			Médio		247,2		
			Inferior		252,1	- Formação da Bacia do Parnaíba / fase Geocrática (Neocarbônico-Triássico; 350-250 Ma) - Fusão do 4º megacontinente Pangeia (250 Ma)	- Evolução da bacia caracterizada por deposição continental e episódicas ingressões marinhas; - Deposição da 3ª supersequência da bacia (Neocarbônica-Eotriássica – Grupo Balsas).
							- Sem influência estrutural na região Nordeste do Brasil. Permaneceram as condições estruturais derivadas do Ciclo Brasileiro.

Quadro 1. cont

Fonte: vários autores. Org. Moura-Fé (2015). Idades: IUGS (2013).

CONCLUSÃO

A evolução morfoestrutural da Ibiapaba e da região noroeste do estado do Ceará tem uma etapa considerável nas etapas de estruturação proterozoica-paleozoica, caracterizadas pela ocorrência dos ciclos orogênicos Transamazônico e, sobretudo, Brasileiro, os quais, ensejaram o desenvolvimento de zonas de cisalhamento e do trend NE-SO, e a estruturação do embasamento cristalino, abertura de grabens, instalação de bacias molássicas, a ocorrência de intrusões granitoides, de fases magmáticas diacrônicas e, por fim, o desenvolvimento da sinéclise que evoluiu para a bacia do Parnaíba.

Todavia, o quadro resultante dessas etapas de evolução proterozoica e paleozoica encontrou no Cretácico um período de profundas mudanças, com um significativo rearranjo morfoestrutural que pode ser subdividido em 3 etapas, os estágios pré, sin e pós-rifte, associados ao processo de fissão do Pangeia e de sua porção meridional (Gondwana), que levaria à abertura do oceano Atlântico e que originou a margem equatorial brasileira. Uma significativa evolução morfoestrutural, cujas heranças são as vistas atualmente na região.

No período pré-rifte, eventos distensionais, remobilização de falhas antigas, surgimento de fraturas e eventos magmáticos diacrônicos, deformações extensionais e o soerguimento de volumes montanhosos nas laterais dos riftes abortados demarcaram o início do processo de quebra continental entre América do Sul e África, ao passo que a bacia intracratônica do Parnaíba passava por suas diferentes sequências de deposição, até o início do estágio pré-rifte pelo sul do Atlântico Sul.

Na etapa de rifteamento e abertura oceânica a configuração morfoestrutural da região ganha novos e importantes capítulos, com o início da separação entre América do Sul e África, condicionada estruturalmente ao arcabouço herdado dos processos anteriores, sobretudo o Ciclo Brasileiro, onde houve o fundamental início do processo de soerguimento da região NO do Ceará, que deu origem à Ibiapaba como um modelado elevado.

No período pós-rifte, com o resfriamento e subsidência térmica da margem continental recém-formada e soerguimento do interior do continente – Flexura Marginal, tem-se o principal processo morfotectônico pós-rifte e um novo pulso de soerguimento na região noroeste do Ceará, dando a configuração morfoestrutural que ao longo do Cenozoico foi sendo retrabalhada pelos processos intempérico-erosivos, mas que, vale frisar, são heranças cretácicas, em sua maior parte, presentes ainda na paisagem como as morfoestruturas identificadas em Moura-Fé (2015).

Por fim, vale frisar, novos estudos de cunho evolutivo precisam ser realizados na região, incorporados ao contexto evolutivo global, para que o processo de conhecimento genético, não apenas da Ibiapaba, mas de outros modelados do estado do Ceará e da região Nordeste do Brasil, tenha continuidade e, assim, possamos entender a história natural do nosso patrimônio geomorfológico.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa uma parte da tese de doutorado defendida pelo autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (PPGG-UFC), sob orientação do prof. Jean-Pierre Peulvast, com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), através da concessão da bolsa de estudo. A todos quero agradecer.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. e CARNEIRO, C. D. R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org). Geologia do continente sul-americano, p. 43-58. São Paulo: Beca, 2004.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. e FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth-Science Reviews, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.
- ANGELI, N.; NOGUEIRA NETO, J. A.; SOUZA, J. V.; RIBEIRO FILHO, E. e MORENO, R. Minerais de minério e paragênese da jazida de cobre de Pedra Verde – Viçosa do Ceará. Revista de Geologia, v. 06, p. 05-32, 1993.
- ARAUJO, C. E. G.; RUBATTO, D.; HERMANN, J.; CORDANI, U. G.; CABY, R. e BASEI, M. A. S. Ediacaran 2,500-km-long synchronous deep continental subduction in the West Gondwana Orogen. Nature Communications, 5:5198, 2014.
- BÉTARD, F. e PEULVAST, J-P. Evolução morfoestrutural e morfo-pedológica do maciço de Baturité e de seu piemont: do Cretáceo ao presente. In: BASTOS, F. H. (Org.). Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

- BOILLOT, G. Dynamique de la lithosphère. Une introduction à la Géologie. Paris: Masson, 1996.
- BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, n. 3, p. 379-392, 1999.
- CABY, R.; ARTHAUD, M. H. e ARCHANJO, C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustals units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamics implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 3-4, p. 235-246, 1995.
- CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; ZALÁN, P. V. e TEIXEIRA, J. B. G. Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozóico. In: HASUI, Y. et al. (Org). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012.
- CARNEIRO, C. D. R.; HAMZA, V. M. e ALMEIDA, F. F. M. Ativação tectônica, fluxo geotérmico e sismicidade no Nordeste oriental brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 19, n. 3, p. 310-322, 1989.
- CLAUDINO-SALES, V. Os Litorais Cearenses. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). *Ceará: um novo olhar geográfico*. Fortaleza: edições Demócrito Rocha, 2005.
- _____. Les littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará, Brésil – du long terme au court terme. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p. 2002.
- CLAUDINO-SALES, V. e LIRA, M. C. Megageomorfologia do Noroeste do estado do Ceará, Brasil. *Caminhos de Geografia*, v. 12, n 38, p. 200-209, 2011.
- CLAUDINO-SALES, V. e PEULVAST, J-P. Evolução Morfoestrutural do Relevo da Margem Continental do Estado Do Ceará, Nordeste do Brasil. *Caminhos de Geografia*, v. 7, n. 20, p. 1-21, 2007.
- _____. Geomorfologia da Zona Costeira do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). *Litoral e Sertão. Natureza e Sociedade no Nordeste brasileiro*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico do estado do Ceará. Escala 1:500.000. CD-ROM. 2003.
- HASUI, Y. Compartimentação Geológica do Brasil. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. e BARTORELLI, A. (Org). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012.
- FRANÇOLIN, J. B. L. e SZATMARI, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 196-207, 1987.
- IUGS. International Commission of Stratigraphy. Tabela cronoestratigráfica internacional. 2013. Disponível em: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01Portuguese_PT.pdf>. Acesso em: 1º/ abr. 2017.
- MABESSONE, J. M. História Geológica da Província Borborema (NE Brasil). *Revista de Geologia*, v. 15, p. 119-129, 2002.
- MATOS, R. M. D. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic. In: *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Geophysical Monograph, American Geophysical Union, n. 115, p.331-354, 2000.
- _____. Exploração sísmica profunda, geometria de bacia e evolução tectônica de bacias intracontinentais rift do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 8, n. 2/4, p. 401-427, 1994.
- _____. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, n. 11, p. 766-791, 1992.
- MARTINS, J. R. S. e CARNEIRO, C. D. R. Fisiografia da Margem Continental. In: HASUI, Y. et al. (Org). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012.

- MOURA-FÉ, M. M. Evolução Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: Gênese, Modelagem e Conservação. Tese de Doutorado (PPGG – UFC), Fortaleza-CE, 2015. 307 p.
- PEULVAST, J-P. e BÉTARD, F. Landforms and landscape evolution of the Equatorial margin of Northeast Brazil: an overview. (Springer Earth System Sciences). New York: Springer International Publishing, 2015. 186 p.
- PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B. et al. (Org). Panorama da Geografia Brasileira I. São Paulo: Annablume, 2006.
- PEULVAST, J. P. e CLAUDINO SALES, V. Stepped Surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian “Nordeste”: constraints on models of morphotectonic evolution. *Geomorphology*, n. 62, p. 89-122, 2004.
- PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V.; BÉTARD, F. e GUNNEL, Y. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. *Global and Planetary Change*, n. 62, p. 39-60, 2008.
- PEULVAST, J. P. e VANNEY, J. R. *Géomorphologie Structurale*. V. 2. Paris: EBGEM, 2001. 480 p.
- SAADI, A. e TORQUATO, J. R. Contribuição à neotectônica do estado do Ceará. *Revista de Geologia*, v. 5, p. 5-38, 1992.
- SOARES JÚNIOR, A. V.; COSTA, J. B. S. e HASUI, Y. Evolução da Margem Atlântica Equatorial do Brasil: três fases distensivas. *Geociências*, v. 27, n. 4, p. 427-437, 2008.
- SOARES JÚNIOR, A. V.; HASUI, Y.; COSTA, J. B. S. e MACHADO, F. B. Evolução do rifteamento e paleogeografia da margem atlântica equatorial do Brasil: triássico ao holoceno. *Geociências*, v. 30, n. 4, p. 669-692, 2011.
- SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O. e WOLFF, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 2, p. 180-188, 1987.
- THOMAZ-FILHO, A.; MIZUSAKI, A. M. P. e ANTONIOLI, L. Magmatismo nas bacias sedimentares brasileiras e sua influência na geologia do petróleo. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 2 – suplemento, p. 128-137, 2008.
- ZALÁN, P. V. Bacias sedimentares da margem equatorial. In: HASUI, Y. et al. (Org). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, 2012.
- _____. Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (Org). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 595-612. São Paulo: Beca, 2004.