

Artigo de Pesquisa

Superfície de erosão e Inselbergs pré-Cretáceos da borda da Bacia Potiguar – nordeste do Brasil

Erosion Surface and Pre-Cretaceous Inselbergs of the Western Margin of the Potiguar Basin – Northeastern Brazil

Thiago Rodrigues Sousa Lima¹, Jader de Oliveira Santos², Rubson Pinheiro Maia³

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Ceará, Brasil trsousalima@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7219-0008>

² Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Ceará, Brasil jadersantos@ufc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2977-7086>

³ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, Ceará, Brasil. rubsonpinheiro@yahoo.com.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1688-5187>

Recebido: 23/12/2023; Aceito: 26/10/2024; Publicado: 02/04/2025

Resumo: A circundenudação da Bacia Potiguar tem revelado morfologias até então soterradas pela sedimentação cretácea. Essas, constituem inselbergs graníticos que estiveram sob as rochas sedimentares do Grupo Apodi (Formação Açu e Jandaíra). O presente artigo tem como objetivo compreender se inselbergs exumados da borda oeste da Bacia Potiguar podem constituir marcos da evolução geomorfológica pré-cretácea na área estudada. Hipóteses elencadas foram testadas partindo de dados morfométricos atrelados a coletas de campo para interpretação da paisagem. Resultados indicam que no Cenozoico, a erosão da borda oeste da Bacia, foi intensificada pela formação do Rio Jaguaribe, que abriu o vale e originou o escarpamento. Com a migração do canal principal para E, a escarpa foi retroagindo lateralmente e revelando inselbergs, que hoje, estão dispostos dentro do vale, sendo possível encontrar até dentro leito fluvial do Rio Jaguaribe. Esses inselbergs, provavelmente compõem os relevos graníticos mais antigos da Terra, no que diz respeito ao conjunto da morfologia granítica. Pois sua recente exumação revela uma superfície de erosão pré-cretácea, atualmente soterrada pelas aluviões do Rio Jaguaribe. Essa superfície, assim como os inselbergs estiveram preservados desde o jurássico, uma vez que no cretáceo, a abertura do atlântico e o rifteamento continental, originaram a Bacia Potiguar.

Palavras-chave: Paisagens graníticas; Evolução Geomorfológica; Rio Jaguaribe.

Abstract: The exhumation of inselbergs in the Potiguar Basin has revealed morphologies previously buried by Cretaceous sedimentation. These constitute granitic inselbergs that were beneath the sedimentary rocks of the Apodi Group (Açu and Jandaíra Formations). This article aims to understand whether exhumed inselbergs from the western margin of the Potiguar Basin may serve as markers for pre-Cretaceous geomorphological evolution in the studied area. Hypotheses were tested based on morphometric data linked to field collections for landscape interpretation. Results indicate that in the Cenozoic era, erosion of the western margin of the Basin was intensified by the formation of the Jaguaribe River, which carved the valley and gave rise to the escarpment. With the migration of the main channel to the east, the escarpment laterally regressed, revealing inselbergs that are now situated within the valley, some even within the riverbed of the Jaguaribe River. These inselbergs likely constitute the oldest granitic reliefs on Earth in terms of overall granitic morphology. Their recent exhumation exposes a pre-Cretaceous erosion surface currently buried by the alluvium of the Jaguaribe River. This surface, along with the inselbergs, has been preserved since the Jurassic, as during the Cretaceous, the opening of the Atlantic and continental rifting gave rise to the Potiguar Basin.

Keywords: Granite Landscapes; Geomorphological Evolution; Jaguaribe River;

1. Introdução

A paisagem do nordeste setentrional brasileiro exibe um relevo marcado por eventos tectônicos de magnitudes continentais com sua gênese relacionada à orogenia brasileira e a abertura do Oceano Atlântico, resultante dos processos divergentes e transcorrentes que sucederam. Assim, a Província Borborema dada suas características e a privilegiada posição na América do Sul (Ab'saber, 1969; 1998; Ross, 2016), guarda registros capazes de remontar diversos períodos geológicos, inclusive com terrenos proterozóicos (Sá et al. 1992).

O momento geocronológico no presente artigo inicia-se na junção do Gondwana entre 650 Ma e 540 Ma, no neoproterozoico (Brito Neves, 1999) responsável pela orogênese brasileira resultando na formação de uma cadeia de montanhas do tipo himalaiana no seio da Província Borborema, incluindo os terrenos associados ao que hoje representam o Nordeste setentrional (Caby et al. 1995; Claudino-Sales, 2007; 2016). Essa formação foi em seguida desgastada por erosão atrelada a recessão das atividades tectônicas no período de plataformização, que havendo terminado no jurássico foi procedido pela reativação decorrente do rifteamento cretáceo, continuada pelos eventos pulsáteis do cenozóico.

Em tese, Claudino-Sales (2016), considera que as paisagens dominantes do supercontinente Gondwana, incluindo o segmento da Província Borborema, devem ter sido do tipo superfícies aplainadas, dada a prolongada aquiescência tectônica, durante a qual provavelmente não ocorrem episódios importantes de reativação do relevo.

Assim, após a Orogênese Brasileira, a Província Borborema foi submetida a um longo período de calmaria tectônica o qual durou até o Mesozoico (≈ 200 Ma AP), quando iniciaram os processos responsáveis pela separação do continente Gondwana, entre 200 e 180 Ma AP na Era Jurássica (Matos, 2000), pela formação e abertura do Oceano Atlântico, pela individualização dos continentes Sulamericano, Africano e pela formação da margem continental do Nordeste brasileiro em geral.

Nesse momento surgem as forças distensivas da fase *pré-rifte*, que dão origem aos lineamentos orientados no sentido NE-SW (Bezerra et al. 2001). A fase do *rifte*, especificamente o *rifte* potiguar, permitiu o avanço do mar cretácico ao continente e na sequência do processo de separação ocasionou a re-orientação dos esforços de divisão continental, interrompendo os *rifts* e gerando 19 bacias sedimentares cretáceas como as bacias do Araripe e Apodi, além de outras menores (Matos, 2000).

As principais bacias sedimentares foram acometidas pelo processo de subsidência térmica, propiciando a deposição das coberturas do topo entre o Cenomaniano e o Campaniano (100-83.6 Ma AP), representadas pelas Formações Açu e Jandaíra na Bacia Potiguar. O soerguimento promovido pela epirogênese pós-cretácica alçou o antigo fundo marinho ao nível do topo dessas chapadas sendo, posteriormente, removidas pela erosão ao longo do Cenozoico (Dantas et al. 2008).

A tectônica cretácea que culminou com a abertura do continente é considerada por muitos como um dos eventos mais importantes do ponto de vista geológico-geomorfológico do nordeste brasileiro (Maia e Bezerra, 2014). Sendo o Cretáceo um divisor temporal importantíssimo para se desvendar os enigmas da morfogênese do relevo sul-americano (Ross, 2016). Após o fim do período Cretáceo, variações climáticas e do nível do mar com a ocorrência de uma transgressão e regressão holocênica modelaram as formas litorâneas e os vales fluviais, (Maia et al. 2010), sendo os últimos episódios eustáticos a modelarem o relevo costeiro da região.

Dado esse resgate geocronológico, diversas são as formas resultantes na paisagem que instigam a aplicação de teorias geomorfológicas buscando reconstituir os eventos e processos da tectônica global no nordeste setentrional.

Localizado no semiárido brasileiro, extremo leste do estado do Ceará, a área de estudo se encontra inserida na extensa planície do Rio Jaguaribe, que em seu baixo curso margeia a escarpa da Chapada do Apodi, planalto sedimentar cretácico da Bacia Potiguar. Entre as duas unidades sedimentares, afloramentos graníticos com a morfologia de inselbergues compõem e destoam na paisagem evidenciando um sistema de evolução complexo e dinâmico (Peulvast e Claudino-Sales, 2004; Maia et al. 2010; Claudino-Sales, 2016).

Buscou-se discutir como esses inselbergs evoluíram no contexto geomorfocronológico regional e quais suas influências enquanto elemento da paisagem atual, tendo como objetivo principal, caracterizar e propor um modelo de evolução geomorfológica para a área em evidência.

A metodologia adotada baseou-se no mapeamento geomorfológico e estabelecimento de macro-correlações estratigráficas mediadas por procedimentos digitais gestados em ambientes SIG (Sistema de Informação Geográfica), atreladas a interpretações teóricas da evolução do relevo local. Foram utilizados perfis topográficos extraídos dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), complementadas com os blocos diagramas ilustrativos.

Considerando desde eventos da megageomorfologia à origem de microfeições resultantes de intensos processos erosivos quaternários, levando em conta fatores decorrentes da interação entre as unidades ao longo do tempo geológico e das alternâncias climáticas, buscou-se caracterizar as feições resultantes da relação entre as diversas unidades geomorfológicas presentes na área.

2. Revisão de literatura

Buscou-se o entendimento das superfícies de aplainamento, a exemplo, da formulação entre forças endógenas e exógenas de Penck (1924), as teorias de pediplanação e nível de base de King (1953), a evolução das vertentes a partir da pedogênese e morfogênese com Bigarella (1965), a etchplanação de Budel (1982), entre outros. Dessa forma, para a elaboração da proposta de evolução geomorfológica adota-se o entendimento sobre os conceitos de nível de base em várias escalas, erosão diferencial por diferenciação litológica (Maia, 2017), recuo lateral (Marent e Valadão, 2019), Knickpoints e duplo aplainamento (Budel, 1982).

Concordando com Bigarella et al. (1965), e baseados na farta documentação existente acerca da grande instabilidade climática que caracterizou principalmente o Quaternário, consideramos as formas, na sua maioria, como paleoformas que respondem como resquícios, muitas vezes dissecados e herdados de paleoclimas com predominância de morfogênese mecânica e erosão em lençol. Assim, adota-se a influência climática sobre o relevo como peça fundamental ao entendimento.

Salgado (2007) considera ainda a que relevo é poligenético ao pontuar que todas as teorias necessitam de complementações e entendimentos específicos ao aplicadas, ou seja, a justaposição de teorias é possível. Maia et al. (2018) por sua vez pontua a necessidade de se analisar a evolução dos relevos do ponto de vista de macroescala temporal a partir de teorias fundamentadas nos sistemas de referência em Geomorfologia (Etchplanação e Pediplanação).

Neste sentido, a geomorfologia em granito tem sido importante na geomorfologia climática, inferindo-se que as paisagens graníticas podem fornecer informações importantes sobre a evolução geomorfológica dos terrenos em que ocorrem.

Ross et al (2019), pontua que o desafio para entender a morfogênese e a morfocronologia do relevo da América do Sul como um todo, está sempre em se considerar em primeiro momento a tectônica antiga e os arranjos estruturais decorrentes dela, seguidos pelos processos denudacionais que ocorreram por centenas de milhões de anos atuando nos crátons e nos cinturões orogenéticos do pré-Cambriano. Portanto, dependendo da litologia local, da configuração tectônica e da história ambiental, o processo de etching a longo prazo, pode transformar uma paisagem, desenvolvendo diferentes topografias, desde planícies até relevos montanhosos (Migón, 2006).

Assim, é importante pontuar que a resistência aos processos endógenos e exógenos varia de acordo com o material que sustenta a forma de relevo, podendo cada litologia responder de maneira diferente aos mesmos processos que atuam sobre uma área. Vitte (2005), alerta que deve-se destacar que na análise geomorfológica, a teoria da Etchplanação deve ser avaliada em um quadro de referência maior, ou seja, pela noção de geomorfologia climatogenética e pela evolução do relevo inserida na noção de poligenia, na qual o relevo é o produto de um ciclo de etchplanação-pediplanação.

Maia e Nascimento (2018) pontuam que comumente esse tipo de relevo tem sua origem e evolução em dois estágios: O primeiro envolvendo intempéries subterrâneas estruturalmente controladas, ocorrendo um progressivo aprofundamento diferencial da frente de intemperismo e o segundo associado à remoção do regolito pela erosão superficial, expondo setores da frente de intemperismo que não sofreram alteração, a exemplo dos inselbergs.

Entretanto, no caso específico dos inselbergs Quixeré dada sua localização, os processos como rifteamento, gênese da bacia sedimentar, processos lineares, erosão fluvial e retração lateral da escarpa ganham ênfase na constituição do relevo. Não se pode, portanto, separar o papel do intemperismo físico do intemperismo químico, pois ambos desempenham importante função na elaboração das diversas feições graníticas, mesmo que em momentos distintos de sua evolução morfogenética.

Diante da evolução regional e do destaque dos relevos na paisagem ao evidenciar a morfologia serrilhada dos inselbergs frente ao topo plano do Planalto do Apodi, é importante tratar da gênese e evolução desses afloramentos, correlacionando o comportamento das formas com as litologias e os padrões morfométricos.

Diversos trabalhos tomam como base a compartimentação topográfica do relevo para orientar a delimitação das formas e unidades, principalmente os estudos de megageomorfologia e de geomorfologia estrutural que, com

grande frequência, tem análises baseadas em interpretações sobre MDE como é o caso de Neves et al. (2003), Corrêa et al. (2010), Guadagnin e Trentin (2014), Maia e Bezerra (2014), Claudino-Sales (2016); Ross et al. (2019), entre outros.

3. Área de estudo

A área de estudo pode ser compartimentada em duas unidades morfoestruturais (Souza, 1988), sendo a Chapada do Apodi e a Planície Fluvial do Rio Jaguaribe. Na primeira, localiza-se na escarpa sudoeste do planalto sedimentar onde afloram as camadas mais superficiais da bacia potiguar, formada nas margens continentais tipo *rift*, denominadas por formações Jandaíra (Turoniano – Campaniano 93.9 Ma AP) e Açu (113 – 100.5 Ma AP).

Na Formação Jandaíra predomina o calcário e sedimentos siltico-argilosos, com aspecto estratificado, parte dos domínios das sequências sedimentares mesozoicas clastocarbonáticas, na formação Açu, por sua vez, predomina sedimentos quartzoarenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos ou calcíferos, compõe o domínio dos sedimentos mesozoicos pouco a moderadamente consolidados.

Na planície fluvial do Rio Jaguaribe predomina os Depósitos Aluvionares Recentes composto por areia, cascalho, silte e argila; e entre a escarpa do planalto do Apodi e o atual canal fluvial do Rio Jaguaribe ocorre o afloramento da Suíte Intrusiva Itaporanga, com composição que granitos alcalinos (CPRM, 2014). O canal fluvial onde aflora as feições graníticas, localiza-se na sub-bacia do Baixo Jaguaribe, precisamente no canal direito do rio Jaguaribe denominado por Rio Quixeré (De Sousa Coelho e Andrade, 2020; Cavalcante et al. 2014). O afloramento principal sustenta a forma de inselbergs, com uma extensão de aproximadamente 4,5 km e cotas que atingem aproximadamente 130m, em processo de exumação com idade cretácica, cenomaniense denominados por Inselbergs de Quixeré de acordo com Peulvast e Claudino-Sales (2006) e Claudino-Sales (2016).

Com base em Morais (2005), a profundidade dos aluviões variam até 30 m, enquanto as formações da bacia potiguar aflorantes vão de 80m para o calcário Jandaíra e de 80m a 180m para a arenito Açu.

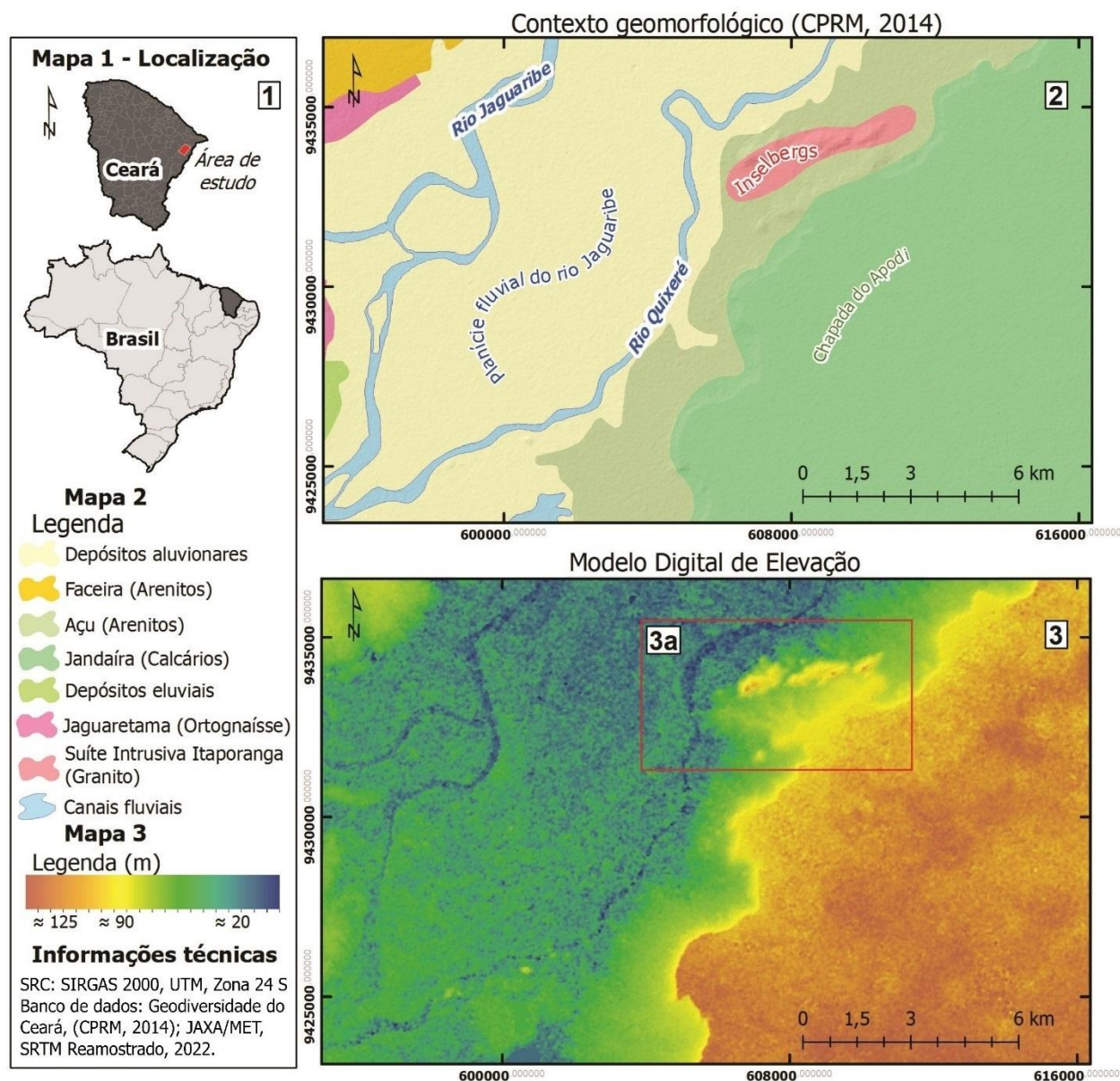
Sobre a evolução da área de estudo, Maia (2005) caracteriza como resultante de uma complexa interação entre tectônica, sedimentação, processos lineares e areolares, ainda, Peulvast e Claudino Sales (2006) indicam a ocorrência de paleo-inselbergs, onde a gênese e evolução desse relevo está diretamente ligada com a evolução da margem continental atlântica.

Este rebordo erosivo denuncia um episódio moderno de erosão regressiva, exumando uma antiga superfície de aplainamento mais antiga que as rochas sedimentares sobrepostas sendo, portanto, de idade cretácica, supostamente, pré-Albiana (Claudino-Sales e Peulvast, 2007; Peulvast et al. 2008, Miranda et al. 2012).

Sobre esses corpos graníticos, em análises geodinâmicas do sistema jaguaribeano, Cavalcante, 1999 descreve os afloramentos como projeções numa área quase literalmente encoberta por sedimentos meso-cenozóicos sendo modelados com uma $\rho = 2.67 \text{ g/cm}^3$, devendo responder por biotita, granitos ricos em pórfiros de k-feldspato, aflorantes a norte e noroeste de limoeiro (granito Quixeré), já que os corpos sedimentares nesse setor são de pequenas profundidades.

No contexto regional dos afloramentos graníticos e suas formas, o presente artigo toma como base Maia et al. (2015) e Maia e Nascimento (2018), ao considerar as potencialidades para estudos morfogenéticos e de geodiversidade dessas paisagens no nordeste brasileiro.

Em síntese, a **Figura 1** traz informações que caracterizam a área de estudo, como localização, contexto geológico-geomorfológico e hipsometria.



3a - Bloco diagrama ilustrativo da área de estudo

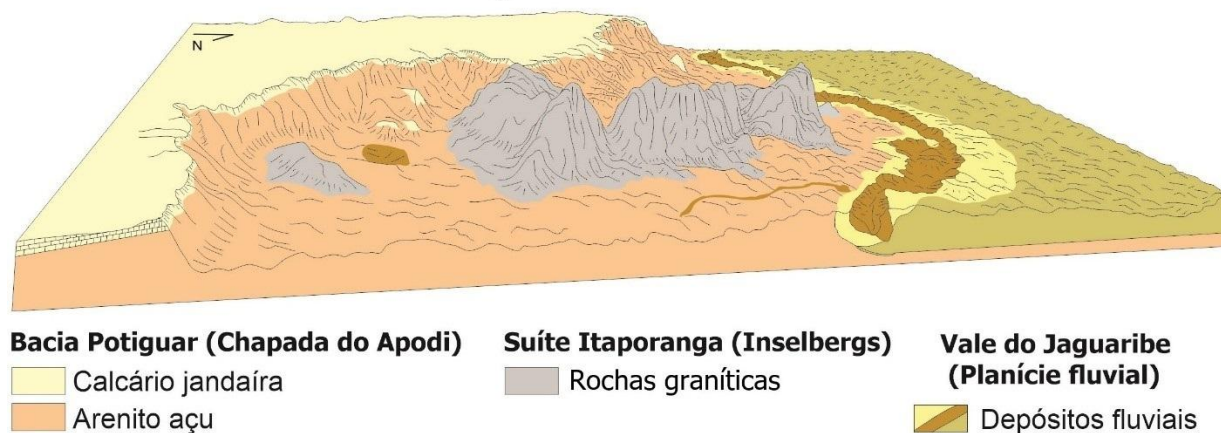


Figura 1. Caracterização da área de estudo onde no momento 1 aparece o mapa da localização, 2 contexto geomorfológico, 3 o Modelo Digital de Elevação e 3a a representação tridimensional do inselberg e demais feições.

No contexto da evolução geomorfológica os inselbergs constituem um remanescente de erosão que fornecem importantes informações à evolução geomorfológica dos terrenos em que ocorrem (Matmon et al., 2013). Dada a durabilidade e sua capacidade de suportar altos esforços de compressão e de tração, os granitos se destacam na sustentação das formas de relevo, mesmo formadas em condições ambientais distintas, podem sobreviver a muitas mudanças ambientais subsequentes (Migón, 2006).

No caso da porção setentrional do Nordeste brasileiro, as paisagens graníticas se destacam de maneira espetacular, constituindo setores de elevado potencial turístico e científico, apresentando nítidas evidências da história geomorfológica da região, sendo comum encontrar formas de relevo saprolíticos nas áreas interioranas do embasamento cristalino (Maia et al. 2015; Maia e Nascimento, 2018).

Na atualidade a concepção de duplo aplainamento é a mais aceita para explicar a exumação e o desenvolvimento dessas formas de relevo no contexto regional, o que para Twidale (1982; 2002) se justifica devido ao reconhecimento, cada vez mais aceito, de que os componentes que regem a evolução dos campos de inselbergs estão relacionados a processos que ocorrem na base do regolito e não apenas em superfície.

Partindo dessa conceituação, vale pontuar que as bases estruturais para o presente trabalho intercalam entre a megageomorfologia e microfeições pontuais em um determinado tipo de forma de relevo. Equivalendo as importâncias e considerando os acontecimentos geocronológicos, para o entendimento da paisagem em estudo, diversas são as áreas da geomorfologia aqui abordadas por se tratar de um setor onde ocorre em um curto espaço territorial planície fluvial, relevos graníticos, bacia sedimentar com as microfeições e processos derivadas de cada unidade de relevo.

Na área em evidência, o afloramento de rochas pré-cambrianas ocorre em meio aos depósitos sedimentares da bacia potiguar e do vale do rio Jaguaribe, onde, essa interação permite na interpretação da paisagem, o entendimento da variabilidade climática pós-cretácea, com fases de pedogênese e morfogênese culminando nos processos de dissecação do relevo.

Podendo ser observados na retração lateral da escarpa da Chapada do Apodi e na deposição e erosão dos canais fluviais sobre a planície, o que ainda se diferencia de parte dos afloramentos com vistas ao sertão, onde a drenagem em grande parte se dá sobre o embasamento ou em solos rasos. A **Figura 2** exhibe as formas graníticas resultantes sobre a superfície do afloramento, com destaque a escarpa da chapada do Apodi à esquerda (sul) e a planície do rio Jaguaribe na direita.



Figura 2. Superfície elevada do afloramento granítico com vegetação rupícola, ao fundo a Chapada do Apodi e planície fluvial do Rio Jaguaribe.

4. Materiais e métodos

Dessa forma, o destaque topográfico na paisagem fez com que o objeto de estudo fosse inserido nas seguintes etapas metodológicas:

- 1) revisão conceitual e bibliográfica com o resgate dos trabalhos clássicos e publicações mais recentes envolvendo a temática e o recorte espacial (área de estudo), correlacionando informações sobre os afloramentos graníticos e evolução de relevo.
- 2) coleta e processamento de dados secundários utilizando softwares com o Sistema de Informações Geográficas (SIG), subsidiando a confecção produtos que permitiram a interpretação de elementos da paisagem e orientaram as campanhas de campo.
- 3) atividades de campo para o levantamento de dados primários, validação dos dados da obtidos em SIG e a interpretação dos resultados.

A coleta e processamento de dados com o uso de tecnologias da geoinformação, é parte essencial em trabalhos geomorfológicos, uma vez que a elaboração do banco de dados e o processamento digital são fundantes e permitem a análise integrada dos estudos ambientais.

Foram exploradas no software *Global Mapper*, os dados do SRTM reamostrado (12,5 m), disponibilizadas pela ASF – *Alaska Satellite Facility* da Missão *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), submetidas aos processos de *generator watershed*, o qual possibilitou a extração e classificação da drenagem em escala local e ao *custom shader*. Com isso foi possível extrair e caracterizar a superfície do Modelo Digital de Elevação (MDE) o que permitiu realçar as várias formas que ocorrem na área, além de viabilizar o traçado de perfis de elevação e a demarcação de curvas de nível. Esses processos promoveram uma melhor visualização de feições e permitiu pela correlação com as teorias, a evolução das paleofeições do relevo que conseguinte puderam ser analisadas e mapeadas (Figura 3).

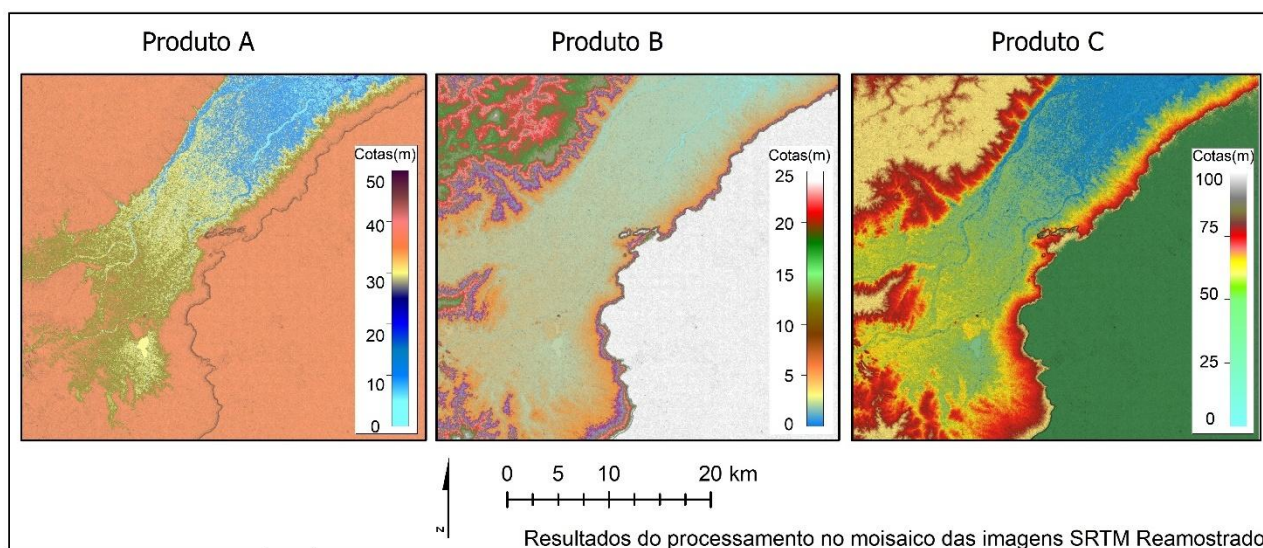


Figura 3. Produtos da etapa da compartimentação topográfica processada no software *Global Mapper* 17. Onde o produto A traz o enfoque nas feições da planície, B na dissecção da superfície cretácea da bacia potiguar e C no contexto geral da área de estudo.

Com os resultados do processamento, as etapas de campo foram direcionadas à verificação, identificação e cruzamento das formas evidenciadas após a manipulação do MDE com os dados de domínio público disponibilizados pelos órgãos (Serviço Geológico do Brasil – SGB, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará - IPECE), suficientes para a caracterização geomorfológica. Na etapa posterior, o levantamento topográfico teve como objetivo a coleta de pontos cotados com a utilização de receptores do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) operando na faixa L1, L2 com correção RTK e a validação dos resultados do processamento e o levantamento de fotografias aéreas a partir de um veículo aéreo não tripulado (VANT).

Dada a diversidade de feições geológicas e ambientais na área, as idas a campo foram direcionadas também em etapas que possibilitaram a análise setorizada das unidades, sendo destinado momentos em campo voltado a escarpa e a chapada do Apodi, o segundo aos inselbergs e o último à análise da planície fluvial do entorno.

Por fim, os produtos e os resultados foram adquiridos, onde, correlacionados foram capazes de gerar elementos suficientes para a caracterização da evolução geomorfológica da área de estudo, considerando como elementos principais o Rio Quixeré (canal do Rio Jaguaribe), os afloramentos graníticos e a escarpa oeste da Chapada do Apodi.

5. Resultados

Como resultados, foram identificadas feições do processo da geomorfologia fluvial, evolução de vertentes, superfícies de aplainamento e padrões de drenagens, além das feições graníticas com sobressalto na paisagem, descritas nos polígonos 1, 2 e 3 na Figura 4.

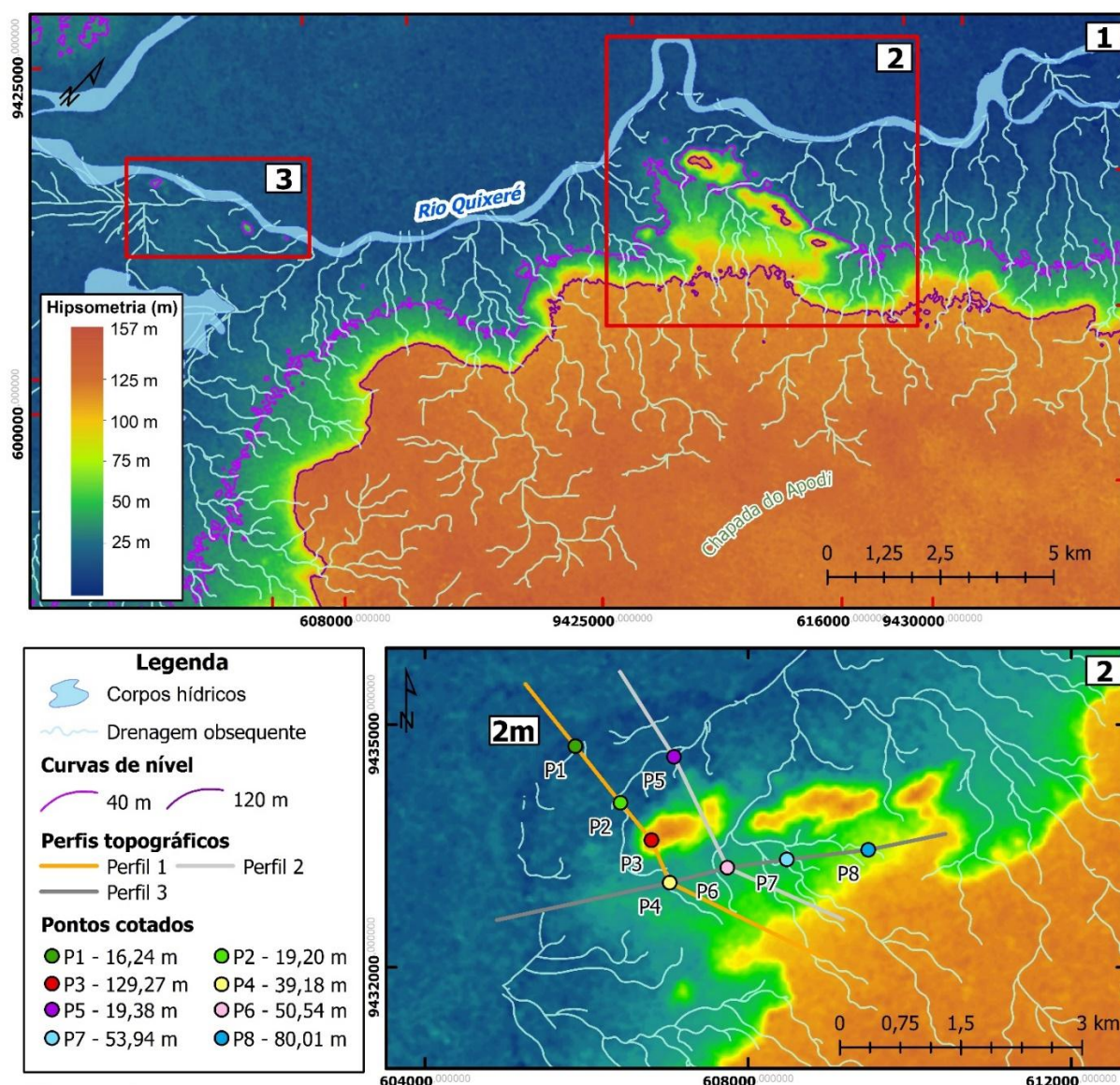


Figura 4. Identificação de feições geomorfológicas pelo processamento do MDE, rede de drenagem obsequente, espacialização dos pontos cotados coletados em campo e o traçado de perfis topográficos. O retângulo 1 apresenta o contexto geral, no retângulo 2, em destaque, os inselbergs e sua correlação com o canal fluvial e a escarpa e no 3 os afloramentos identificados dentro do canal fluvial.

No polígono 1, principal área de interação das formas, ocorre o afloramento granítico em contato direto com a escarpa da chapada do Apodi desempenhando influência sobre a drenagem do atual canal do Rio Quixeré. Nesse setor podem ser identificadas paleocanais, morros testemunho e macroformas graníticas como inselbergs e lajedos, associados à saprolitização, ainda microformas graníticas caos de blocos, *boulders*, *polygonal cracking* e *split rock* (Maia e Nascimento, 2018).

No retângulo 2, as feições oriundas da drenagem se sobressaem em relação as demais. A presença de paleodrenagem em formas de meandro (indicado na targeta 2m) guardam respostas fundamentais para o entendimento da migração do canal fluvial e sua relação com os inselbergs, além de bancos de areia, barras e ilhas fluviais são algumas das feições encontradas nesse trecho.

Por fim, no recorte 3, os afloramentos dentro do atual canal fluvial são identificados evidenciando a superfície de erosão, onde, trata-se de um conjunto de relevos graníticos com variadas feições interagindo diretamente com o canal fluvial, resultando em feições pontuais que representam um estágio de formação inicial das microformas graníticas como os *castle koppies*, *tors* e *boulders*.

Os inselbergs, estão localizados na comunidade de Sítio Saquinho, no limite entre os municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, onde o pico mais elevado é popularmente conhecido por Pedra da Bandeira. Nesse setor, o afloramento desempenha categoricamente a função de um obstáculo a migração do canal uma vez que ao se aproximar da base dos afloramentos a drenagem muda de sentido em um fluxo diferente da direção preferencial. Desencadeando um maior acúmulo de sedimentos no trecho fluvial a montante da elevação, devido a drástica mudança na topografia local.

Pelo fato desses inselbergs alcançarem cotas de 130m, os efeitos sobre a paisagem são mais abruptos e expressivos, considerando que o canal não se superimpõe às rochas cristalinas. Pelo contrário, se distancia fazendo surgir um grande depósito de sedimentos fluviais em seu leito no entorno imediato dos granitos (2m na figura 4).

O enfoque nessas áreas permite o maior detalhamento das feições bem como a visualização das interações na dinâmica do canal com as litologias presentes e das unidades geomorfológicas no que diz respeito a evolução da área. A relação entre os inselbergs e os processos decorrentes da Chapada do Apodi e do canal fluvial foram delineados a partir do traçado de perfis topográficos orientados pelos pontos cotados coletados em campo (**Figura 5**).

O perfil 1 (P1, P2, P3 E P4) na **Figura 5**, traz a diferença das cotas da superfície aplainada conservada em que aflora a formação Açu e acumulam os demais sedimentos trazidos da chapada pela drenagem, configurando a escarpa. Sendo de aproximadamente 80m no setor entre os inselbergs e a chapada do Apodi, enquanto na zona entre os inselbergs a planície fluvial, os arenitos dividem a paisagem com o canal fluvial e seus sedimentos na cota 25m. Esse desnível na topografia (P4 e P2) se explica pelo acúmulo de material transportado pelas drenagens obsequentes que não conseguem chegar ao nível de base local por conta dos afloramentos graníticos, constituindo uma superfície que preserva formas do recuo lateral da chapada do Apodi com afloramentos do arenito Açu em cotas elevadas. Ao passo em que esses relevos graníticos se projetam como obstáculo para a migração do canal ao leste, contribuem para que os sedimentos oriundos do recuo lateral da escarpa sejam acumulados nesse setor.

Ainda na análise do perfil 1, entre o P1, onde se encontra atual canal fluvial e estão os bancos de areia do depósito fluvial, para o P2, já na transição entre os terraços fluviais, afloramentos graníticos e a ocorrência do arenito açu, identifica-se na paisagem vegetação ribeirinha decorrente da influência da planície nas demais formas de relevo.

Por vez, o perfil 2 aponta cotas mais rebaixadas em um dos inselbergs do afloramento Quixeré, resultante de dissecação decorrente dos fraturamentos estruturais. Esse perfil salienta que os relevos graníticos estão sofrendo denudação, pós-exumação da cobertura cretácea, e consequentemente expostos aos processos intempéricos responsáveis por modelar as microfeições em relevos graníticos.

O sistema de drenagem obsequente proveniente da escarpa ao buscar o nível de base local seccionou os inselbergs fazendo surgir os intervalos entre os graníticos que estavam preenchidos pelos sedimentos cretácicos da bacia potiguar, assim, configurando o conjunto de inselbergs.

De acordo com Migón (2006), as fraturas se formam em resposta ao estresse imposto sobre uma massa rochosa e indicam que a força do material era insuficiente para suportar o estresse. Sendo presente ainda nesse setor, a esfoliação, processo lento e contínuo que proporciona instabilidade, ocorrendo o desprendimento de placas rochosas que colapsam e originam depósitos residuais grosseiros do tipo caos de blocos (Campbell, 1997; Migón, 2006).

Para além disso, esse trecho preserva o contato entre os relevos graníticos e os vestígios da escarpa da chapada do Apodi. A presença de cotas ainda mais elevadas permite identificar a manutenção das formas de morro testemunho da escarpa do Apodi, relevo incomum no setor da escarpa sudoeste por conta dos intensos processos erosivos presentes na planície fluvial do vale do Jaguaribe.

O perfil 3 evidencia o percurso preferido pela drenagem obsequente. A drenagem oriunda da escarpa embora atravesse os inselbergs, prefere um trajeto de declividade mais suave em direção a planície, como o retratado nas cotas topográficas. O escoamento superficial nesse setor produz incisivas drenagens sobre o afloramento dos arenitos da formação Açu, refletindo acentuado desnível representado pelas cotas dos pontos p4, p6, p7 e p8.

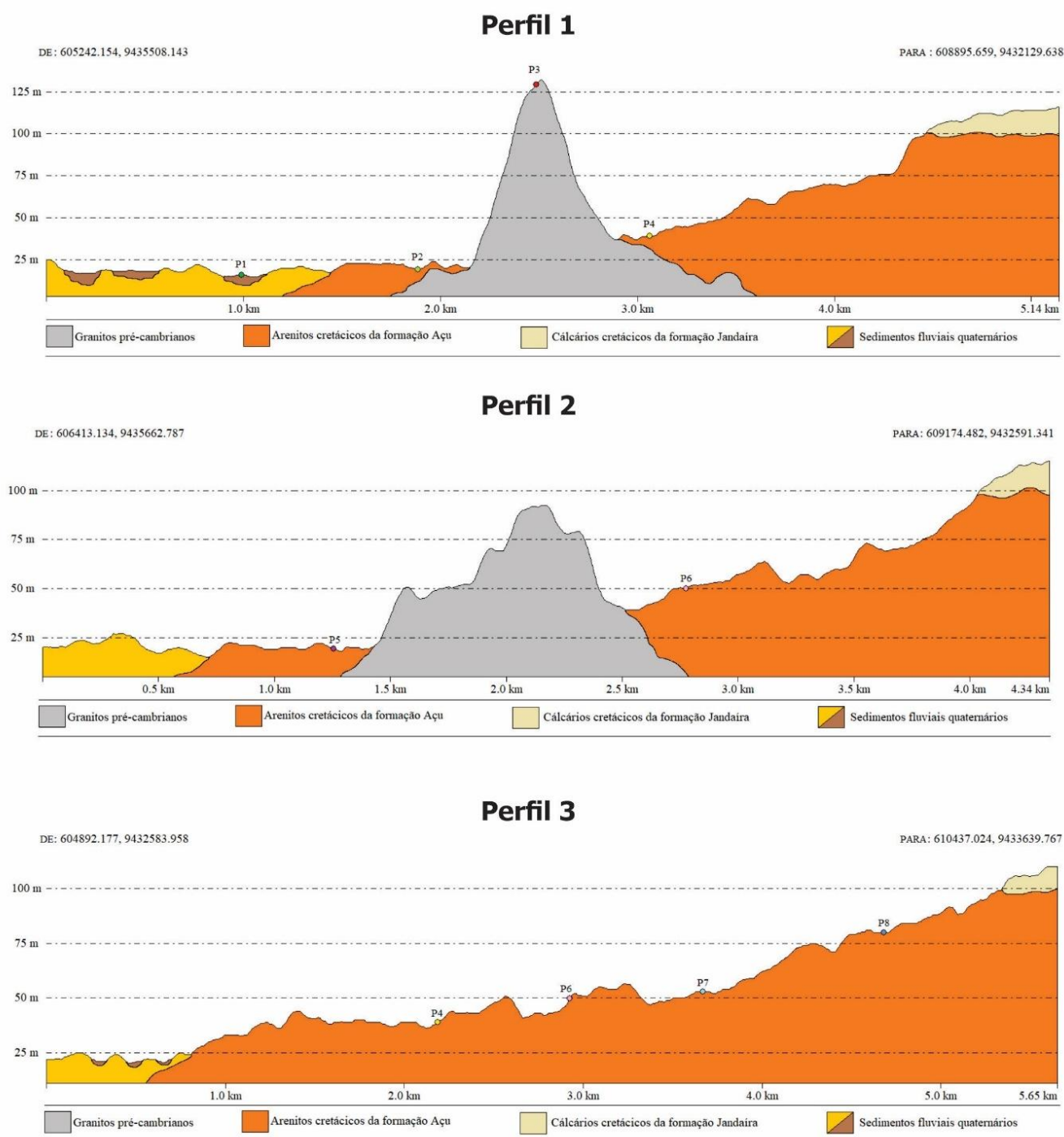


Figura 5. Perfis topográficos obtidos através do processamento em ambiente SIG com pontos cotados coletados em campo.

Enquanto o setor planície-inselbergs é caracterizado pelo acúmulo de sedimentos fluviais e as feições expressivas da vegetação ribeirinha, em sua outra vertente, o setor inselbergs-planalto é marcado por uma elevada superfície sedimentar de litologia cretácica com significativa representação da vegetação caducifólia de porte arbóreo.

Os inselbergs promovem uma marcante distinção na paisagem a partir de suas cotas topográficas. Dessa forma, não há feições que apontem uma paleodrenagem do rio entre os relevos graníticos e a escarpa da Chapada do Apodi, todavia, exibe uma área com efeitos da dissecação sobre o arenito Açu como observado na **Figura 6**.



Figura 6. Afloramento granítico em formas de inselbergs entre a Chapada do Apodi com predomínio de afloramentos do arenito Açu e a planície fluvial. No recorte A, apresenta o afloramento do arenito Açu na parte oposta a planície fluvial.

Dessa forma, conseguinte as etapas ocorridas e considerando as informações coletadas no levantamento da bibliografia (Françolin e Szatmari, 1987; Brito Neves, 1999; Peulvast e Claudino-Sales, 2006; Maia, 2005, 2010) na observação em campo e análise do MDE, propõe-se uma sequência da evolução geomorfológica com enfoque geocronológico, morfoestrutural e morfogenético.

Iniciando no Mesozoico, no limiar entre o triássico e jurássico ≈ 200 Ma AP, frente ao início do estiramento crustal sofrido pela Gondwana, que levaria a abertura do oceano atlântico, os afloramentos graníticos já exumados de sua rocha encaixante são submetidos aos processos intempéricos configurando uma superfície pré-cretácica responsável pela modelagem inicial da forma como representado no momento 1 da **Figura 7**.

Em sequência o momento 2, fruto das forças distensivas atuantes da separação Brasil/África ocorre o arcabouço estrutural do Jaguaribe e a abertura do rifte potiguar. O adentrar do mar cretácico promove a deposição sedimentar em torno da superfície granítica outrora exposta. Desse momento em diante, inicia-se a deposição das

camadas sedimentares responsáveis pelo entulhamento do rifte, formação da bacia potiguar e preservação da forma de relevo granítico.

Ao fim do Cretáceo, no Maastrichiano ≈ 62 Ma AP, pós recuo do mar cretácico, ocorre a subsidência térmica da bacia potiguar e soerguimento das bordas resultando na formação da chapada. Ainda nesse período, inicia a calma tectônica divergente na margem atlântica da placa sul americana seguido pelo encaixe da rede de drenagem na falha Jaguaribe como observado no momento 3.

Os processos intempéricos e erosivos sobressaem a partir dessa etapa. As diversas alternâncias climáticas entre climas úmidos e secos são responsáveis pelo alargamento do vale, pelo recuo lateral da escarpa e pela nova dissecação dos granitos. Nesse momento, mesmo envolvidos nas camadas sedimentares, os relevos graníticos sofrem processos de intemperismo em subsuperfície resultando em formas saprolíticas. A Chapada do Apodi e a planície fluvial são os elementos mais afetados nessa etapa, dada sua constituição sedimentar e o caráter friável de seus componentes litológicos. Estima-se que esse processo ocorra do Paleoceno ≈ 66 Ma AP até o início do Quaternário $\approx 2,5$ Ma AP, representado pelo momento 4.

Por fim, resultando na paisagem atual como ilustra o momento 5, fruto dos processos climáticos do Cenozoico, os relevos graníticos são novamente exumados expondo a morfologia de inselbergs, a planície fluvial se alarga dada à contínua migração do canal e a chapada do Apodi recebe fortes impactos intempéricos em suas vertentes, tendo sua escarpa cada vez mais retraída no sentido do centro da bacia potiguar. O predomínio de processos climáticos, intempéricos e erosivos, é comum em todas as formas de relevos presentes na margem passiva da placa sul-americana, sem desconsiderar os fatores neotectônicos.

Teoriza-se que a sequência do estágio atual, dada a continuidade da calma tectônica e as alternâncias climáticas, ocorra do ponto de vista morfológico a continuação da retração lateral do planalto do Apodi, configurando uma extensa superfície aplainada. As formas são resultantes de processos de aplainamento e dissecação do relevo, distintas pelas propriedades litológicas, mas homogêneas quanto seus processos originadores.

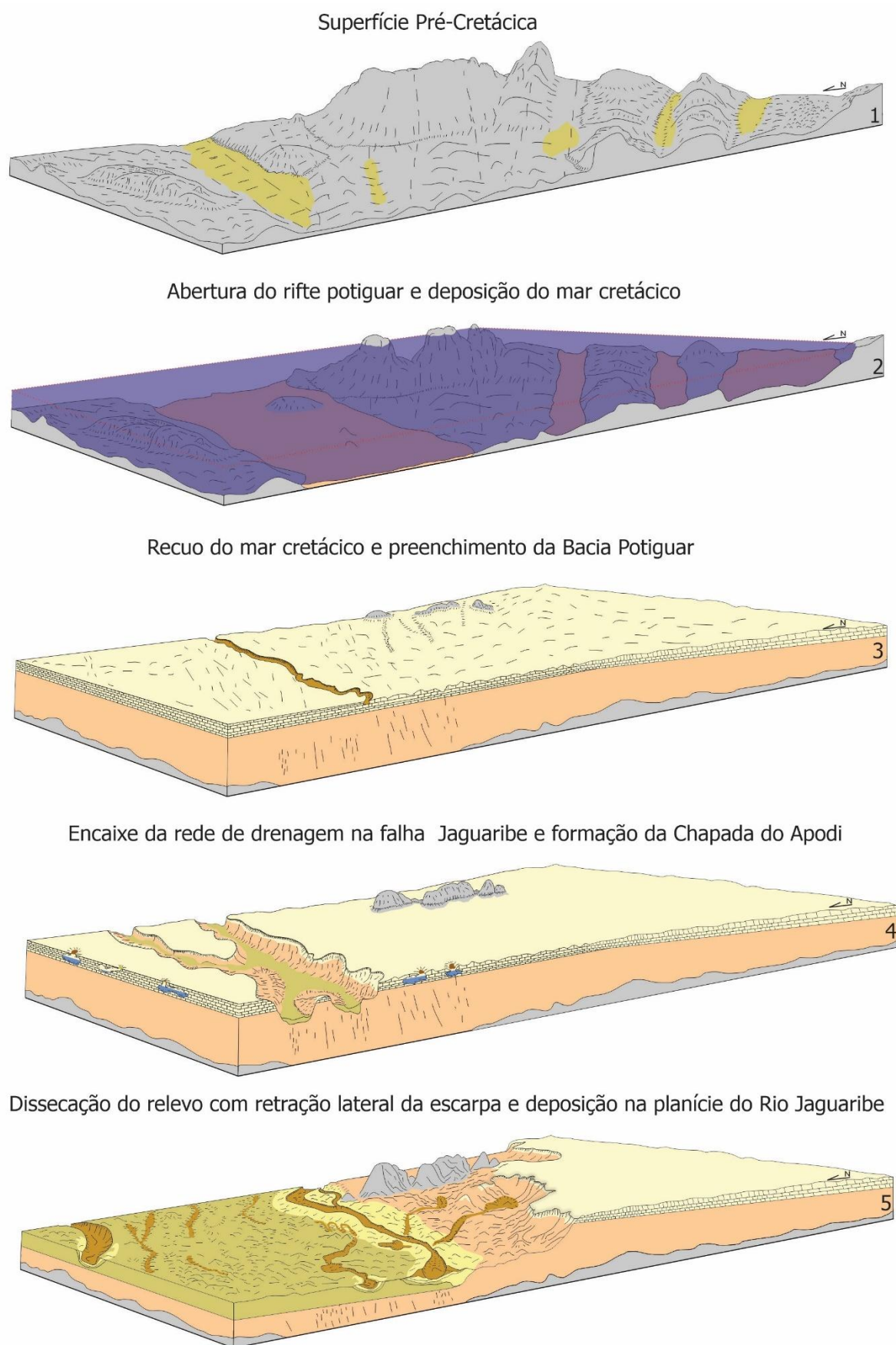


Figura 7. Bloco diagrama ilustrativo da evolução geomorfológica.

No setor mais elevado dos inselbergs, predominam formas de intemperismo físico e epigênico, os fraturamentos estão presentes e preenchidos pelo regolito desenvolvendo típica vegetação rupícola entre as microformas graníticas. Para além das evidências da exumação dos sedimentos cretáceos que fizeram reaparecer os inselbergs registradas ao longo desse trabalho, a presença das formas dos relevos graníticos ainda com menores parte como *grus*, consequências dos processos intempéricos na base do afloramento, além do estágio inicial da esfoliação esferoidal são indicadores na paisagem que remetem ao moderno processo erosivo sobre essa litologia.

Por outro lado, feições decorrentes do alívio de pressão litostática como fraturamentos e esfoliação esferoidal são bem significativas nos inselbergs. Diversificando o tamanho e a forma, matacões ocorrem no sopé dos relevos enquanto *boulders* estão presentes em toda a superfície mais elevada reafirmando o caráter epigênico das feições graníticas. Algumas superfícies de *boulders* e afloramentos rochosos exibem redes de rachaduras (*cracking*) rasas que descrevem polígonos de geometria variável (Migon, 2006), originando *polygonal cracking* também presentes no afloramento em evidência.

A **Figura 8** traz as microformas graníticas identificadas no topo do afloramento. Onde é possível perceber o relevo saprolítico de lajedos com presença do regolito, com a ocorrência de boulders, tors, polygonal cracking, entre outras feições.



Figura 8. Microfeições graníticas sobre o inselberg Quixeré. O quadro 1 registra a ocorrência de tors graníticos sobre o lajedado cristalino; quadro 2 traz feições de esfoliação, caos de blocos e bromélias sobre os fraturamentos; quadro 3 representa a ocorrência de polygonal crackings; por fim, o quadro 4 traz boulders graníticos, fruto de esfoliação esferoidal.

5.1. Os relevos graníticos e o canal fluvial

A relação entre os relevos graníticos e o canal fluvial sobre a planície se dá em uma complexa interação dos fluxos de matéria e energia. Isso acontece como resposta para a migração a leste do canal fluvial, evidenciada no tópico anterior, que ao se aproximar das camadas basais da escarpa da chapada do Apodi, se depara com afloramentos do embasamento cristalino.

Esses afloramentos foram identificados na margem direita do canal (ver item 3 da Figura 4) e caracterizados em ocorrências com morfologias distintas dos inselbergs. Embora as litologias sejam semelhantes, a forma dos afloramentos permite uma diferenciação a partir dos processos e implicações atuantes desencadeadas de sua localização em cada um dos afloramentos. A Figura 9 traz uma carta-imagem para espacialização georreferenciada dos afloramentos Morros, feições graníticas em contato com o atual canal fluvial do Rio Quixeré.

Os relevos graníticos do afloramento Morros, situados entre Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte, expõem rochas dentro do canal fluvial e ao redor com cotas de aproximadamente 70 m. São relativamente baixos se comparados aos do afloramento Quixeré que chegam aos 130 m, contudo, expressivamente significativos no contexto local da planície fluvial, uma vez que se comportam em elevação topográfica na paisagem.

Os afloramentos se projetam como obstáculo ao curso atual do Rio Quixeré, fazendo com que a drenagem ao se deparar com a elevação proveniente dos afloramentos, perca energia em seu fluxo hídrico, acumulando sedimentos e alargando o canal, podendo desencadear o surgimento de barras e ilhas fluviais.

A jusante dos relevos graníticos, o canal se estreita ao superar os obstáculos topográficos, retomando um fluxo de alta energia, escavando um talvegue de aproximadamente 8 m de profundidade, onde nesses setores as rochas cristalinas afloram dentro e nas margens do canal como pode ser observado nos momentos A e B da Figura 9.

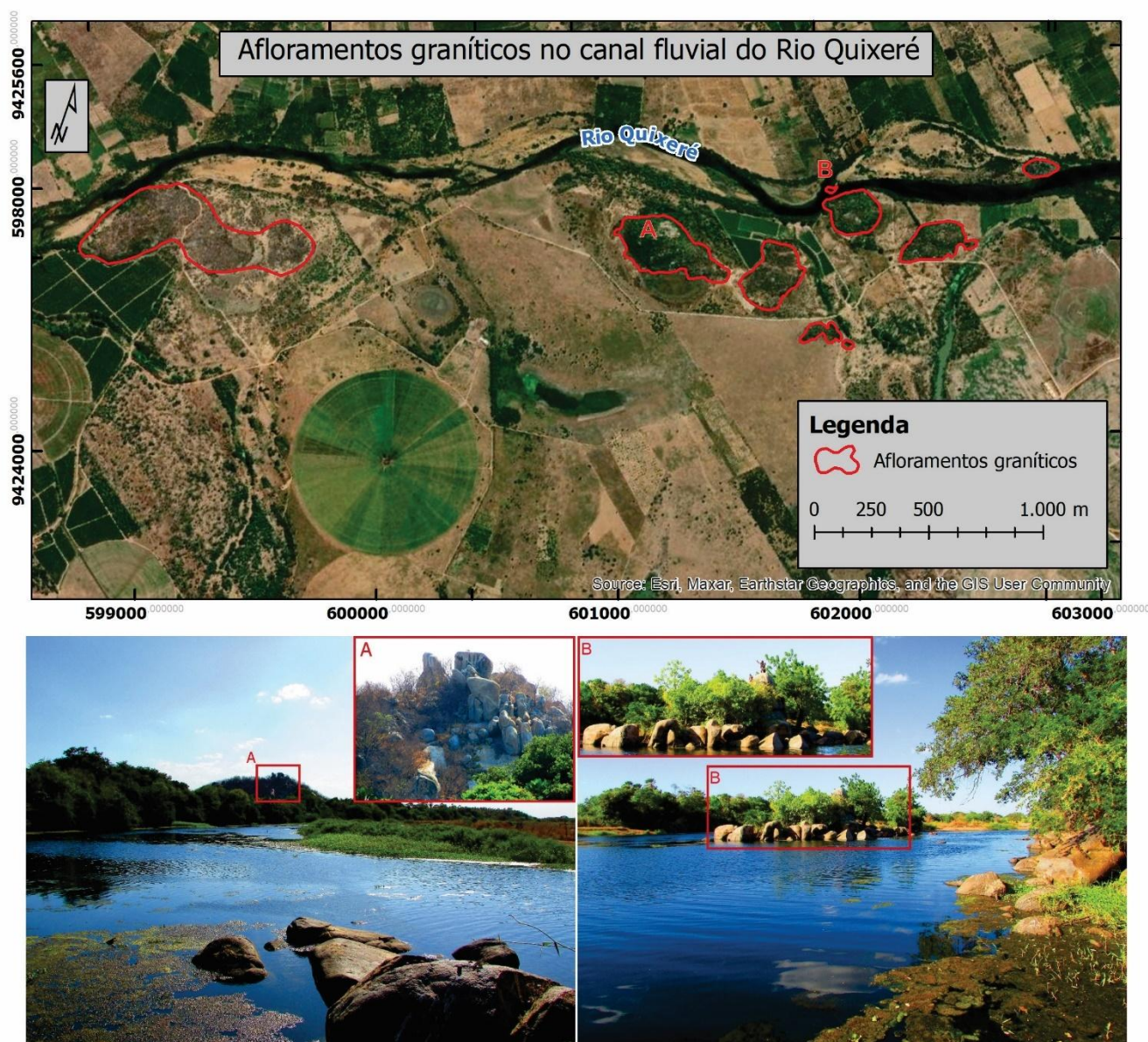


Figura 9. Afloramentos Morros, relevos graníticos em contato com o canal fluvial exibindo feições de *boulders split rock*(A) e *tors* (B).

Os relevos com as cotas mais elevadas apresentam formas resultantes de processos epigenéticos como *tors*, *castle koppies* e *boulders*, oriundas da esfoliação esferoidal. A presença dos blocos de granito (*boulders*) e *split rock* dividem a paisagem nos afloramentos de cotas menos elevadas, afetadas pela erosão fluvial e sem exposição do regolito, com os sedimentos quaternários da planície fluvial. No derredor do canal, por conta da ruptura topográfica ocorre *knickpoints* no curso fluvial, podendo surgir também nos locais de rochas mais resistentes à erosão linear em consequência de alterações importantes no processo erosivo de uma área, devido a mudanças climáticas marcantes (Bigarella, 1965).

6. Discussão

A partir das abordagens aqui direcionadas, pode-se considerar a possibilidade de que esses relevos graníticos estavam postos na paisagem cretácica e que estão sendo submetidos a uma segunda exumação. A primeira ocorreu ao longo do Paleozóico limiar com Mesozóico 541-251 Ma AP, encerrando na fase inicial da distensão crustal durante a separação do Gondwana, onde os falhamentos estruturais auxiliaram na exumação do embasamento.

Da abertura ao abortamento do rifte potiguar que proporcionou o adentramento do mar cretáceo ao continente, o embasamento cristalino teve seus afloramentos encobertos pelos sedimentos do que viera originar a bacia potiguar. Esses sedimentos preservaram a forma de inselbergs do granito exumados que, ao soerguimento da bacia e novos processos erosivos atuando na escarpa, submeteram a massa rochosa à segunda exumação.

Nessa segunda fase, o escoamento superficial através de processos laterais e lineares, remodelou e exibiu as feições graníticas até então identificados, apresentando inselbergs. Suas formas e feições, atreladas as etapas geocronológicas faz com que seja um objeto de grande potencial para análise e evolução de paisagens graníticas, uma vez que os processos se diferem da grande maioria dos inselbergs do Nordeste, onde se encaixam em um contexto de superfícies antigas e desgastadas, os relevos graníticos na planície do baixo curso rio Jaguaribe ainda preservam feições de uma exumação recente, sobre uma superfície recente.

A metodologia e processamento proposto apresentam limitações dado as seguintes questões: a) As imagens do SRTM reamostrado podem apresentar deficiências quando utilizadas para trabalhar com grandes escalas, sendo mais eficaz para mapeamentos e identificação de microfeições nos levantamentos aerofotogramétricos. b) A dinâmica fluvial da planície do Jaguaribe se torna complexa dado controle da vazão e drenagem dos rios pela açudagem, assim, limitando possíveis estágios de migração do canal. c) O recuo lateral da escarpa pode ser melhor estimado com o avanço de dados climáticos relacionados a datação de depósito correlatos ou da superfície aplainada, capazes de quantificar as taxas de intemperismo e erosão que atuaram desde a formação da escarpa Chapada do Apodi.

É importante pontuar a ocorrência desses relevos cristalinos fora da depressão sertaneja, onde comumente se encontram as formas resultantes do processo de evolução padrão. Ainda na região do baixo Jaguaribe, há o registro de relevos graníticos no limiar dos tabuleiros interioranos no distrito da Tapera, município de Russas. Em Jaguaruana no limite com Aracati, ocorrem afloramentos em contextos semelhantes ao descrito no presente trabalho, contudo com litologia quartizítica. Em Limoeiro do Norte, há outras ocorrências de afloramentos graníticos em contato com corpos hídricos da planície fluvial na prainha do Bixopá, no distrito homônimo. Fora dessa região, um afloramento que também merece destaque por sua singularidade, contexto ambiental e morfogênese, localiza-se no litoral do município de Chaval (Cordeiro, et al. 2023), extremo oeste do Ceará. São essas algumas ocorrências de relevos da margem atlântica que apresentam processos de gênese e formação com peculiaridades que podem render informações ao debate geomorfológico.

7. Conclusões

Os dados gerados por esse trabalho permitiram concluir que os inselbergs da borda Oeste da Bacia Potiguar, encontram-se em atual fase de exumação pela circudenudação da bacia. Esses inselbergs estiveram desde o cretáceo superior, cobertos pelas rochas sedimentares do grupo apodi (Formação Jandaíra e Açú). Nesse contexto, vários indicadores de atividade neotectônica já publicados para o vale do Rio Jaguaribe, (Maia, 2005; Gomes Neto, 2007), atestam os efeitos da migração do canal principal do rio Jaguaribe na direção E, deixando seus paleodepósitos exclusivamente do lado W (Formação Faceira). Essa migração para E, fez o Rio Jaguaribe avançar sobre a borda da Bacia Potiguar promovendo sua retrogradação lateral revelando assim os inselbergs. Atualmente há inselbergs aflorando dentro do canal do Rio Jaguaribe e na sua planície de inundação sazonal. Esses inselbergs comprovam a existência de uma paleosuperfície de aplainamento anterior a abertura do rifteamento cretáceo que culminou na abertura da bacia e posteriormente na formação do oceano atlântico.

Esses inselbergs podem fornecer informações importantes acerca da evolução geomorfológica de áreas graníticas, comuns no NE brasileiro. Essas informações incluem grau e velocidade de desenvolvimento de feições de fraturamento e dissolução pós exumação quando comparadas a outros campos de inselbergs. Assim, torna-se fundamental a incorporação dos inselbergs do vale do Jaguaribe na cartografia de áreas graníticas com elevado potencial de pesquisa e geoconservação.

Dada a complexidade da gênese e a diversidade de feições, as discussões aqui apresentadas, estruturam uma caracterização capaz de subsidiar problemáticas que contribuam para o avanço do estudo na evolução das paisagens da margem atlântica do continente sul-americano.

Os dados e informações geradas suscitam o entendimento que os inselbergs exumados da Borda W da Bacia Potiguar constituem importantes marcos da evolução geomorfológica pré-cretácea na interação entre a bacia e a planície Rio do Jaguaribe, constituindo uma barreira na erosão de parte da escarpa e tendo papel preponderante na evolução da região, de acordo com o modelo de evolução apresentado.

É fato que se trata de uma área restrita se comparada ao contexto regional, contudo as teorias e processos utilizados podem ser aplicadas em áreas semelhantes. Os relatos e informações no presente trabalho indicam potencialidades para estudos voltados a evolução da paisagem com o viés geomorfológico no Baixo Jaguaribe, como a datação dos depósitos no sopé da escarpa ou dos inselbergs, a espeleologia das cavidades naturais resultantes do processo de recuo lateral, além do potencial geoturístico da área com foco na conservação e valoração científica dos relevos descritos.

Contribuição dos autores: T.R.S.L.: Investigação, Metodologia, Redação - Versão Inicial. J.O.S.: Validação, Recursos, Redação - revisão e edição, Visualização. R.P.M.: Concepção, Validação, Redação - revisão e edição.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Financiamento: O(s) autor(es) agradecem ao financiamento do Chamada Universal CNPQ, processo n. 423927/2021-3 e ainda a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo financiamento.

Referências

1. AB'SÁBER, A. N. A.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.
2. AB'SÁBER, A. N. A. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **IGEO, Bol. Geomorfologia**, São Paulo, SP, n. 19, p. 38, 1969.
3. BEZERRA, F. H. R. et al. Pliocene Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 61-75, abr. 2001. Elsevier BV. DOI: 10.1016/s0895-9811(01)000098
4. BIGARELLA, J. J. et al. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Espaço Aberto: PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro**, v. 11, n. 2, p. 181-209, ago. 2021. Trabalho publicado originalmente no Boletim Paranaense de Geografia, n. 16/17, em julho de 1965, p. 85-116. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto>. Acesso em: 17 jan. 2022.
5. BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrecionário andino. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, p. 379-392, 1999.
6. BÜDEL, J. Climatic geomorphologie. Tradução de L. Fischer e D. Busche. New Jersey: **Princeton University Press**, 1982.
7. CABY, R.; ARTHAUD, M. H.; ARCHANJO, C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamics implications. In: SILVA FILHO, A. F.; LIMA, E. S. (eds.). **Geology of The Borborema Province. Journal of South America Earth Science**, v. 9, p. 235-246, 1995.
8. CAMPBELL, E. M. Granite landform. **Journal of the Royal Society of Western Australia**, v. 80, n. 3, September, 1997.
9. CAVALCANTE, A. A. et al. Estudo das passagens molhadas à jusante da barragem do Castanhão-CE e possíveis alterações na dinâmica fluvial. **Revista GeoNorte**, v. 5, n. 20, p. 291-297, 2014.
10. CAVALCANTE, J. C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, província Borborema, Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica., Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999. 194 f
11. CHRISTOFOLETTI, A. O desenvolvimento teórico-analítico em geomorfologia: do ciclo de erosão aos sistemas dissipativos. **Geografia**, Rio Claro, v. 14, n. 28, p. 15-30, out. 1989.
12. CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. EVOLUÇÃO MORFOESTRUTURAL DO RELEVO DA MARGEM CONTINENTAL DO ESTADO DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 20, p. 1-21, fev 2007.
13. CLAUDINO SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará**. [S. L.]: Novas Edições Acadêmicas, 2016. 59 p.
14. CORDEIRO, A. M. N. et al. Geomorfologia do Campo de Inselbergs de Chaval, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2247>
15. CORRÊA, A. C. B. et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010. Instituto Geológico. DOI: 10.5935/0100-929x.20100003.
16. CPRM. CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL **Mapa Geodiversidade do Estado do Ceará**. ESCALA 1:750.000. Brasília: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14692>. Acesso: 11 dez 2021.
17. DANTAS, M. E. et al. Origem das paisagens. In: SILVA, C. R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 1-268. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1210>. Acesso em: 20 ago. 2020.
18. DAVIS, W. M. The geographical cycle. **Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899

19. DE SOUSA COELHO, G. K.; ANDRADE, J. H. R. Caracterização de feições morfológicas no canal do Rio Jaguaribe: trecho Limoeiro do Norte-Quixeré. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i2.1531. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1531>. Acesso em: 4 jul. 2023
20. FRANÇOLIN J.B.L., SZATMARI P. Mecanismo de rifteamento na porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 17(2):195-207. 1987.
21. GOMES NETO, Antonio de Oliveira. **Neotectônica do baixo vale do rio Jaguaribe - Ceará**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. 194 f.
22. GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do Arroio Caverá - RS. **Geo Uerj**, v. 1, n. 25, p. 183-199, 4 jun. 2014. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. DOI: 10.12957/geouerj.2014.10030
23. KING, Lester Charles. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geological Society of America**, Washington DC, v. 64, n. 7, p. 721-732, 1953.
24. MAIA, R. P. **Planície fluvial do rio Jaguaribe-Ce: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental**. Dissertação de Mestrado. UFC, 2005. 160 f.
25. MAIA, R. P. et al. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia: VIII SINAGEO**, v. 1, n. 1, p. 1-14, set. 2010. Especial.
26. MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional Brasileiro. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 127-141, jan./abr. 2014.
27. MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M.A.L.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, H.S.; MEIRELES, A.J.A.; ROTHIS, L.M. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá – NE do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, N16, Vol.2, 2015.
28. MAIA, R. P. Erosão diferencial e propriedades geomorfológicas das rochas – exemplos do NE Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1–15, 2017. DOI: 10.21680/2447-3359.2017v3n1ID11107. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/11107>.
29. MAIA, R. P. **Paisagens graníticas do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2018. 104 p.
30. MAIA, R. P.; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, p. 373-389, 1 abr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1295>. Acesso em: 22 jun. 2020.
31. MARENT, B. R.; VALADÃO, R. C. Contribuição aos estudos da evolução da escarpa entre as bacias hidrográficas dos rios Doce e Paraíba do Sul, na Serra da Mantiqueira-MG-Brasil. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 23, n. 2, p. 417-434, ago. 2019. ISSN 2179-0892.
32. MATMON, A. et al. Erosion of a granite inselberg, Gross Spitzkoppe, Namib Desert. **Geomorphology**, v. 201, p. 52-59, 2013.
33. MATOS, R. M. D. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic. **American Geophysical Union**, Geophysical Monograph 115, 2000. p. 331-354.
34. MIGNÓN, P. Etching, etchplain and etchplanation. In: GOUDIE, A. S. (ed.). **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis, p. 345-347, 2006.
35. MIGNÓN, P. Granite geomorphology. In: GOUDIE, A. S. (ed.). **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis, p. 490-493, 2006.
36. MIRANDA, T. S. et al. Estudo do comportamento geológico-estrutural dos depósitos cretácicos do sistema aquífero Apodi, Bacia Potiguar, NE do Brasil. **Estudos geológicos**, v. 22, n. 1, p. 3-19, 2012.
37. MORAIS, S. et al. Análise das águas subterrâneas nos municípios do Médio e Baixo Jaguaribe: mapeamento e estimativa da disponibilidade atual. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 36, núm. 1, janeiro-abril, 2005, pp. 34-43, Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil.
38. NEVES, M. A. et al. Compartimentação morfotectônica da região de Jundiá (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 2, n. 33, p. 167-176, jun. 2003.
39. PENCK, Walther. Morphological analysis of landforms: a contribution to physical geology. London: MacMillan, 1953. First edition ©1924.
40. PEULVAST, J. P.; SALES, V. C. Reconstituindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste Brasileiro. In: SILVA, J. B.; LIMA, L. C.; ELIAS, D. (Org.). **Panorama da Geografia Brasileira**. São Paulo: Annablume, 2006. p. 277-318.
41. PEULVAST, J.P.; SALES, V. Claudino. Stepped surfaces and paleolandforms in the northeastern Brazilian constraints on models of morphotectonic evolution. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 62, p. 89-122, 2004.
42. PEULVAST, J.P.; et al. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian northeast: implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. **Global and Planetary Change**, Amsterdam, v. 62, n. 1-2, p. 39–60, 2008

43. ROSS, J. L. S. et al. Macroformas do Relevo da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 58-69, 2019. DOI: doi.org/10.11606/rdg.v38i1.158561
44. ROSS, J. L. S. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. 1, p. 21-58, jun. 2016. IBGE. DOI: 10.21579/issn.2526-0375_2016_n1_art_2.
45. SÁ, E. F. J. et al. Terrenos proterozóicos na província Borborema e a margem norte do Gráton São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, p. 742-780, 1 mar. 1992. Sociedade Brasileira de Geologia. <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.1991472480>.
46. SALGADO, A. A. R. Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 1, n. 03, p. 64-78, jun. 2007.
47. SOUZA, M. J. N. et al. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, 1988.
48. TWIDALE, C. R. Granite Landforms. **Amsterdam: Elsevier**, 1982.
49. TWIDALE, C. R. The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: origin, development and implications of an idea. **Earth Science Reviews**, v. 57, p. 37-74, 2002.
50. VITTE, Antonio Carlos. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 105-118, jun. 2005.
51. WEGENER, Alfred. Die Entstehung der Kontinente. **Geologische Rundschau**, v. 3, n. 4, p. 276-292, jul. 1912. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02202896>.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.