



MAGMATISMO OLIGOCÊNICO E MORFOGÊNESE NO RIO GRANDE DO NORTE.

Silvana Praxedes de Paiva Gurgel ¹

Antônio Carlos de Barros Corrêa ²

George Pereira de Oliveira ³

O magmatismo intraplaca está intrinsecamente relacionado à tectônica, manifesta na paisagem por meio de processos morfotectônicos que alteram a configuração da drenagem, os tipos de rocha e os níveis de base locais. No Nordeste do Brasil, destaca-se o Magmatismo Macau (MM), de idade oligocênica, expresso ao longo de um alinhamento norte-sul que percorre o Rio Grande do Norte, desde a Bacia Potiguar até áreas do alto estrutural da Serra de Santana, incluindo registros como o Serrote do Saco do Inferninho, na Paraíba. O presente estudo investiga a morfotectônica e a evolução da paisagem em áreas de ocorrência do MM (Magmatismo Macau), com base em mapeamento geomorfológico, análise morfométrica e estrutural, e uso de ferramentas de geoprocessamento. A pesquisa incorpora os dados do recente estudo de Souza, et al. (2025), que aponta o alinhamento Macau–Queimadas (MQA), com cerca de 350 km de extensão, como possível remanescente de uma cadeia abortada, paralela à Cadeia Mesoatlântica. Essa estrutura, que nunca evoluiu até o estágio oceânico, apresenta-se como uma zona de ascensão de magmas ao longo de fraquezas litosféricas reativadas, gerando uma diversidade de feições subvulcânicas e extrusivas (plugs, diques, derrames e diatremas). Os dados geoquímicos e isotópicos (Sr–Nd–Pb) indicam a contribuição de fontes mantélicas astenosféricas e litosféricas metasomatizadas, e as evidências morfotectônicas incluem áreas de relevo elevado sustentadas por rochas de diferentes idades e resistências, drenagens discordantes com as estruturas regionais e encostas íngremes não dissecadas, sugerindo soerguimentos sub-recentes. Destacam-se como áreas de estudo o Pico do Cabugi, em Angicos (RN), originalmente descrito por Sial (1976) como um neck subvulcânico, mas hoje reinterpretado como produto de magmatismo intraplaca, desfazendo a concepção de vulcão extinto, e a Serra do Feiticeiro, em Lajes (RN), com indícios de reativação tectônica. Ao longo do MQA, observa-se ainda a Serra da Casa de Pedra (Santana do Matos), o plug da Serra Preta e o Vale Vulcânico, este último situado no território do Seridó Geoparque Mundial da UNESCO, entre os municípios de Bodó e Cerro Corá. As análises morfotectônicas dessas áreas revelam padrões estruturais alinhados com a orientação do MQA, ressaltando o papel de forças térmicas profundas e da herança tectônica na morfogênese atual. Este estudo contribui para o entendimento dos processos geomorfológicos associados ao magmatismo intraplaca na margem continental passiva brasileira e pode subsidiar futuras investigações integradas em outras regiões afetadas por magmatismo cenozoico no Nordeste do Brasil.

¹ Professora do Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - PPGEIO da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte- UERN, silvanapraxedes@uern.br;

² Professor do Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - PPGEIO da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, dbiase@terra.com.br;

³ Doutorando do Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - PPGEIO da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, george.oliveira@ufpe.br;



INTRODUÇÃO

O magmatismo intraplaca, geralmente associado a zonas de instabilidade térmica no manto terrestre, tem se manifestado em diferentes contextos geotectônicos e constitui importante objeto de estudo nas ciências geológicas por sua relação com a reativação de estruturas profundas da litosfera e sua influência na morfogênese regional. No contexto da margem continental passiva do Brasil, especialmente no Nordeste, ocorrem feições magmáticas expressivas, associadas a zonas de fraqueza na crosta e ao soerguimento de blocos crustais. Dentre essas feições, destaca-se o alinhamento Macau–Queimadas (MQA), no estado do Rio Grande do Norte, que representa uma cadeia de magmatismo básico e alcalino, em parte subvulcânico, com idade compreendida entre o Cretáceo Superior e o Mioceno, revelando uma complexa história evolutiva.

Pesquisas recentes (Souza et al., 2025) apontam que o MQA pode representar o remanescente de uma cadeia abortada paralela à Cadeia Mesoatlântica, cuja evolução tectonomagmática não se completou até o estágio de rifteamento oceânico. A associação dessa feição com uma anomalia positiva do geóide, seu paralelismo com a Dorsal Mesoatlântica e a presença de fontes mantélicas heterogêneas (astenosféricas e litosféricas) evidenciam um contexto geodinâmico peculiar. Além disso, o magmatismo associado ao MQA reativou estruturas crustais pré-existentes, elevando blocos estruturais e promovendo alterações significativas na morfologia da superfície, com impacto direto sobre a rede de drenagem, os níveis de base locais e a compartimentação do relevo.

Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução morfotectônica e a gênese da paisagem ao longo do eixo do Magmatismo Macau, entre os municípios de Angicos, Lajes, Santana do Matos, Bodó e Cerro Corá, no Rio Grande do Norte, buscando compreender os efeitos da tectônica intraplaca associada ao magmatismo cenozoico sobre a paisagem atual. A pesquisa insere-se no campo da geomorfologia estrutural e da geodinâmica das paisagens, articulando conceitos de tectônica ativa, análise morfoestrutural e geocronologia isotópica.

A metodologia adotada compreende mapeamento geomorfológico, análises morfométricas e estruturais da paisagem com o uso de dados orbitais (modelos digitais



de elevação, imagens de satélite ópticas e radar), revisão da literatura geológica e integração com dados geoquímicos e geocronológicos do MQA (Souza et al., 2025). A análise dos compartimentos morfológicos permitiu identificar áreas com relevo elevado e compartimentado, drenagem discordante com a estrutura regional e presença de escarpas abruptas não dissecadas, sugerindo rejuvenescimento do relevo por processos endógenos recentes.

Como resultados preliminares pode-se citar que o soerguimento diferencial de blocos ao longo do MQA, especialmente nas regiões do Pico do Cabugi (Angicos), Serra do Feiticeiro (Lajes), Serra da Casa de Pedra (Santana do Matos) e do geossítio Vale Vulcânico (Cerro Corá), está intimamente ligado à ascensão de magmas por zonas de fraqueza tectônica, com expressões morfotectônicas associadas à atividade magmática. O Pico do Cabugi, por exemplo, anteriormente interpretado como um neck subvulcânico isolado (Sial, 1976), hoje é reconhecido como uma feição intrusiva complexa, reveladora de magmatismo intraplaca com evidências de reativação tectônica pós-oligocênica.

Assim podemos inferir que os eventos magmáticos e tectônicos cenozoicos, apesar de ocorrerem em ambiente intraplaca, podem ter produzido efeitos morfogenéticos expressivos, contribuindo para o soerguimento e compartimentação da paisagem atual. Este estudo, quando concluído, poderá fornecer subsídios para a reinterpretção da evolução geomorfológica de algumas áreas no Nordeste do Brasil, ampliando o debate sobre os processos endógenos em áreas intraplaca e reforçando a importância da integração entre geologia, geomorfologia e geotecnologias para o entendimento da gênese das paisagens tropicais.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A abordagem metodológica deste estudo fundamenta-se na integração de técnicas da geomorfologia estrutural, análise morfotectônica e geologia aplicada ao magmatismo intraplaca, com o objetivo de compreender as relações entre estruturas geológicas profundas, processos magmáticos e a evolução do relevo. Essa integração é recomendada por autores como Summerfield (1991) e Burbank & Anderson (2011), que destacam a importância da análise multiescalar e intertemporal dos processos endógenos na modelagem da paisagem.



A primeira etapa (presente) consistiu em uma revisão bibliográfica e cartográfica, com base em publicações científicas, mapas geológicos e artigos técnicos relacionados à Província Borborema, ao magmatismo cenozoico no Nordeste brasileiro e à tectônica intraplaca. Foram priorizados estudos que tratam do alinhamento Macau–Queimadas (Souza et al., 2025; Souza et al., 2003; Silveira, 2006), bem como contribuições clássicas sobre subsidência e doming térmico (Sial, 1976; Almeida et al., 1981). Esta etapa foi essencial para contextualizar a área de estudo no cenário tectônico e geodinâmico do Atlântico Sul e justificar o recorte geográfico da pesquisa.

O mapeamento geomorfológico das áreas de estudo seguiu as recomendações básicas de Demek (1972), conforme adaptações para o contexto do Nordeste Oriental brasileiro (TAVARES et al., 2014; LIMA; CORRÊA, 2016; FONSÊCA; CORRÊA; SILVA, 2016). A escala de trabalho foi de 1:100.000.

Num primeiro nível, identificaram-se os grandes compartimentos morfoestruturais, os quais herdam uma herança tectonoestrutural comum relacionada aos principais eventos de reativação Pré-cambriana e Cretácea, bem como de deformações pós-rifte. Estes, por sua vez, foram subdivididos em unidades geomorfológicas. A identificação destas seguiu o princípio da homogeneidade interna, isto é, a partir de análise consorciada de diferentes elementos (litologia, solos, altimetria, rugosidade, declividade etc.) e se o que é visualizado constitui alguma forma de relevo recorrentemente citada na literatura regional (TAVARES et al., 2014).

Foram utilizados dados orbitais do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução de 30 m e imagens ópticas dos satélites Sentinel-2 e Landsat 8/9. O uso desses dados em análises geomorfológicas é consolidado na literatura por pesquisadores como Rudorff et al. (2005) e Grohmann (2015), que demonstram sua eficácia para modelagem do terreno, geração de perfis altimétricos e extração automática de parâmetros morfométricos. O tratamento dos dados foi realizado em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), utilizando o software QGIS, amplamente adotado por sua flexibilidade e capacidade de manipular grandes volumes de dados raster e vetoriais (Sherman, 2008).

A análise morfométrica incluirá os seguintes parâmetros: hipsometria, amplitude altimétrica, declividade e orientação de vertentes. Estes parâmetros foram selecionados com base em metodologias propostas por Pike et al. (1975), Montgomery & Foufoula-Georgiou (1993) e Grohmann (2004), que relacionam métricas do relevo à detecção de



tectonismo recente e à compartimentação de blocos. A análise de drenagens e redes de escoamento também seguiu os princípios de Hack (1973) e Silva et al. (2009), com o intuito de identificar drenagens discordantes, alinhadas a zonas de fraqueza ou truncadas por falhas geológicas.

Para a análise estrutural realizar-se-á a extração e vetorização de lineamentos em imagens ópticas e MDEs realçados, aplicando filtros direcionais (sobel e roberts) e a técnica de roseiras de frequências para determinar os principais azimutes estruturais. Essa etapa segue metodologias clássicas como Howard (1967) e Koch et al. (2009), e tem sido aplicada com êxito em estudos da morfotectônica do Nordeste (Oliveira et al., 2017; Rodrigues et al., 2021).

Na presente etapa foram selecionadas cinco áreas-piloto com base na expressividade das feições geomorfológicas e na ocorrência de corpos magmáticos representativos: (i) Pico do Cabugi (Angicos), (ii) Serra do Feiticeiro (Lajes), (iii) Serra da Casa de Pedra (Santana do Matos), (iv) Plug da Serra Preta (Bodó), e (v) Vale Vulcânico (Cerro Corá). Nessas áreas, foram realizados trabalhos de campo com registro fotográfico, análise de padrões estruturais, ainda superficiais, e observação de relações geomorfológicas e litológicas in situ, conforme recomendações metodológicas de Ribeiro et al. (2005) para estudos de geomorfologia aplicada.

A metodologia também incorporou a integração com dados geoquímicos e geocronológicos do MQA, apresentados por Souza et al. (2025), que forneceram idades Ar-Ar e K-Ar entre 93 e 7 Ma, além de dados isotópicos (Sr–Nd–Pb) que permitiram inferir as fontes mantélicas e as fases magmáticas responsáveis pelo soerguimento e reativação tectônica. Essa integração entre dados geocronológicos e a análise geomorfológica é defendida por autores como Burbank & Anderson (2011) e Twidale (2004) como fundamental para compreender a evolução da paisagem em escalas geológicas.

A etapa final consistirá na síntese interpretativa, integrando os dados geomorfológicos, morfoestruturais e geológicos em mapas temáticos, perfis esquemáticos e esquemas conceituais que representam a evolução tectonomagmática da paisagem ao longo do MQA. Essa abordagem integradora segue a linha de trabalhos como os de Fairbridge (1968) e Christofolletti (1980), voltados à interpretação sistêmica da paisagem com base em evidências morfotectônicas.



Todo o tratamento de dados ocorrerá com o uso do geoprocessamento pelo uso de scripts para automatização parcial das análises morfométricas, inspirado nas práticas metodológicas de Florinsky (2016), contribuindo para a reprodutibilidade e a consistência dos resultados obtidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A geotectônica global da separação de Gondwana deixou registros na crosta como as zonas de cisalhamento. Um dos últimos trechos a serem separados na abertura do Atlântico, correspondendo a fachada Atlântica oriental que vai do RN até o litoral pernambucano. No Cretáceo ocorreram reativações destas zonas de cisalhamento herdadas do Pré-Cambriano e posteriormente, a atuação do magmatismo no Oligoceno redinamizou essas zonas de fraqueza. Os eventos geotectônicos de escala global deixaram registros, sobretudo no continente, traduzidos em suturas, zonas de cisalhamento e rifteamento e magmatismo encontrados na Província Borborema (Figura 1). Essa província pode ser definida como uma junção de vários terrenos geológicos, formando compartimentos tectônicos de grande complexidade estrutural, onde estão localizadas grandes zonas de cisalhamento do Nordeste, estudadas por vários autores: Brito Neves (1975,1983), Santos e Brito Neves (1984) e Vauchez et al. (1995).

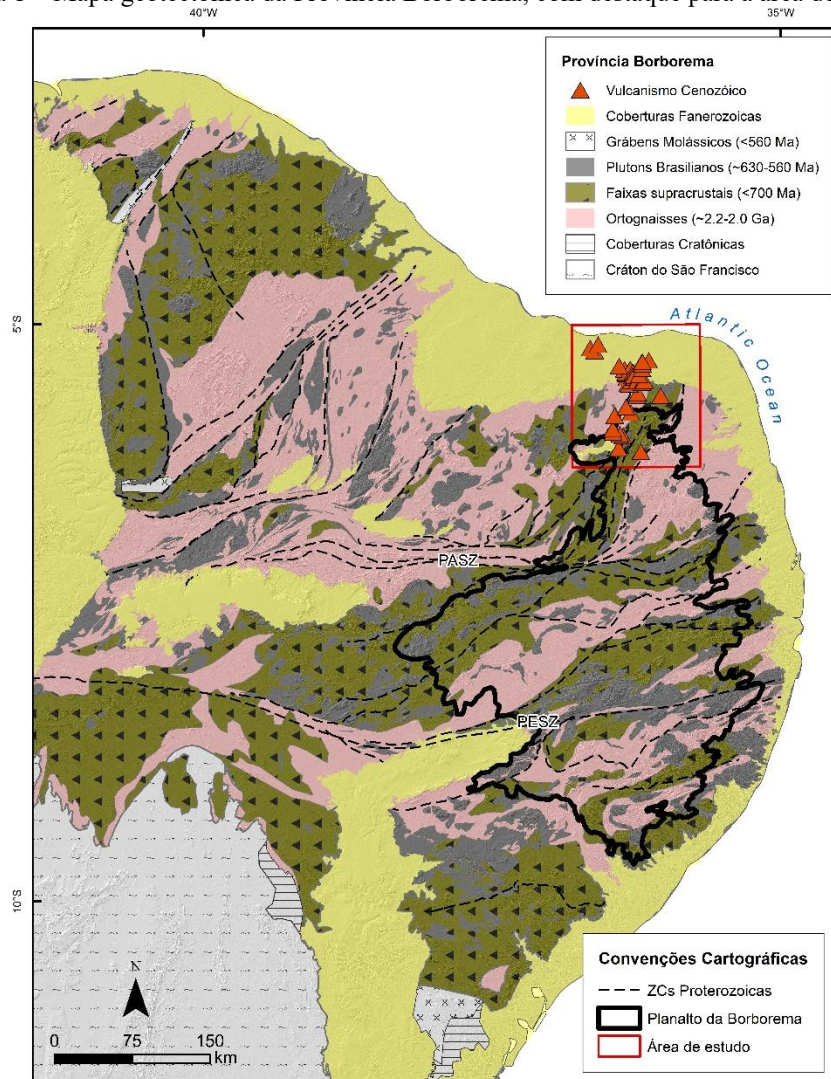
Os processos de magmatismo ativos são típicos sobretudo em áreas de margem continentais ativas, entretanto o magmatismo oligocênico ocorrente na Província Borborema, deixou suas marcas em áreas hoje intraplaca, a exemplo do Magmatismo Macau que tem sua ocorrência em uma alinhamento norte-sul, na região central do Rio Grande do Norte e pontualmente na Paraíba e em Pernambuco.

Cada um desses eventos tem relação direta ou indireta com a evolução geotectônica no Nordeste Setentrional, dentre os quais se destaca a Orogênese Brasileira, responsável pela organização geológica do território brasileiro, sobretudo do Nordeste, com a construção nos seus limites de colagens (Brito Neves et al., 2000) e um complexo conjunto de zonas de cisalhamento de trend NE-SW e E-W, reativadas durante a ruptura do Gondwana, no início Cretáceo (Matos, 1992).

O artigo de Gurgel et. al. (2013), trouxe a discussão sobre a relação entre as estruturas e a gênese e evolução das grandes feições do relevo, as morfoestruturas e mais recentemente com a morfotectônica na porção setentrional do Nordeste.

Apesar de pontual, o magmatismo expressa-se na paisagem tanto em afloramentos de rochas vulcânicas, em picos, morros testemunhos e inselbergs, feições importantes para a análise da evolução da paisagem. Essa condição é reforçada pelos estudos de Oliveira et al (2023) quando verificou a reativação dos setores elevados associados ao contexto da Serra de Santana, Serra do Feiticeiro e estruturas vulcânicas cenozóicas. Essas condições sugerem mecanismos endógenos na reativação dessas zonas de fraqueza e atuação na manutenção desses setores elevados e reajustes na geometria desses modelados e na drenagem, estas adaptadas ao controle das falhas que ocorrem nesse contexto do nordeste setentrional.

Figura 1 – Mapa geotectônico da Província Borborema, com destaque para a área de estudo.



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2014, 2021).



A maior expressão deste magmatismo, é o neck subvulcânico de rocha alcalina máfica, o Pico do Cabugi, Angicos (RN). Uma morfologia que pode ter uma forte influência deste processo é a Serra do Feiticeiro, Lajes (RN), uma escarpa de falha, que possui em sua cimeira cornijas de origem quartzíticas da Formação Equador, que se distancia do maciço vulcânico cerca de 20 km a sudeste, uma crista de direção NE-SW, concordante com as direções principais das zonas de cisalhamento regionais, ladeada por duas zonas de cisalhamento de importância regional como a Zona de Cisalhamento Frei Martinho.

O maciço magmático do Cabugi, que apresenta aproximadamente 370 m de altura, é constituído principalmente pelo Ortognaisse Caicó, onde o volume da rocha alcalina máfica é 0,056 km³, e ocupa 14% do maciço (Ferreira e Sial, 1993), oriundo do magmatismo oligocênico do evento Macau.

A morfologia do maciço Pico do Cabugi é fortemente convexa com o MCI (Índice de Macro Concavidade) de -2.3, o neck é constituído por álcali microgabro rico em olivina no centro e por álcali dolerito na zona de contato. Rochas de idades e resistências diferentes sustentam estes relevos a uma mesma cota regional, apresentando entalhes fluviais em profundidade constantes, comandadas pelo nível de base regional, representada pela superfície geomorfológica mais baixa. O topo do Pico do Cabugi que está no basalto atua como a rocha menos resistente frente as encaixantes, e está na mesma cota das cristas quartzíticas, da Formação Equador, estas, mais antigas (Motoki et al., 2012).

Motoki et al. (2012) aborda a geologia, petrografia e geomorfologia do neck subvulcânico do Pico do Cabugi, no estado do Rio Grande do Norte, apresentando avanços significativos no entendimento dos processos relacionados ao magmatismo intraplaca. O Pico do Cabugi é caracterizado como um neck subvulcânico de rochas alcalinas máficas, composto principalmente por microgabro rico em olivina no núcleo e dolerito alcalino na borda. Sua geomorfologia revela uma elevação cônica, com 370 metros de altura relativa, formada por erosão diferencial, contrariando a ideia de um vulcão extinto. Análises geomorfológicas baseadas em modelos digitais de elevação (ASTER GDEM) indicam uma forma fortemente convexa, corroborando a hipótese de erosão diferencial, enquanto estudos petrográficos avançados revelam contrastes texturais que reforçam a interpretação do corpo rochoso como uma intrusão rasa. A formação do



Pico do Cabugi remonta ao Oligoceno, com a elevação atual sendo atribuída à denudação regional após um soerguimento tectônico.

O neck do Cabugi insere-se no contexto do magmatismo alcalino máfico do Magmatismo Macau, sendo um exemplo crucial para a compreensão dos processos tectono-magmáticos do Nordeste Brasileiro. A ausência de depósitos vulcânicos na superfície plana da região reforça a tese de que a erosão regional expôs as estruturas internas da câmara magmática. Estudos complementares, como os de Knesel et al. (2011), contribuem para a caracterização do magmatismo intraplaca na Província Borborema, com basaltos alcalinos datados do Mioceno Superior e composição isotópica variada (HIMU, EM1, EM2), enquanto Leroy et al. (2008) destacam o papel das margens passivas vulcânicas em soerguimentos associados ao reequilíbrio térmico após a ruptura continental.

O entendimento dos processos tectônicos e erosivos na região é ampliado pelos modelos térmicos desenvolvidos por Leroy et al. (2008), que indicam soerguimentos de até 250 metros na fase pós-rifte, enquanto Knesel et al. (2011) propõem que a convecção de borda, resultante de diferenças na espessura da litosfera, gerou fluxos térmicos e soerguimentos tectônicos locais. Essas contribuições são complementadas pelos avanços metodológicos, como o uso de modelos digitais de elevação por Motoki et al. (2012) para interpretar padrões geomorfológicos e análises isotópicas de Knesel et al. (2011) para ajustar idades de eventos magmáticos.

O Pico do Cabugi, como o maior exemplo morfológico de magmatismo intraplaca no Rio Grande do Norte, é um marco para estudos de magmatismo intraplaca e evolução paisagística. Pesquisas recentes apontam indícios de um soerguimento sub-regional associado à reativação de zonas de fraqueza tectônica em seu entorno, como observado na Serra do Feiticeiro (Lajes, RN) e na Serra da Casa de Pedra (Santana do Matos, RN). A continuidade desse alinhamento abrange o plug da Serra Preta e o geossítio Vale Vulcânico, no Seridó Geoparque Mundial UNESCO- SGMU. Esse panorama reforça a relevância regional e global do magmatismo intraplaca, como evidenciado por Knesel et al. (2011) e Leroy et al. (2008), que destacam a importância de compreender a interação entre calor do manto, ruptura continental e evolução da paisagem em margens vulcânicas. Esses estudos oferecem subsídios fundamentais para investigações futuras sobre os impactos geomorfológicos do magmatismo intraplaca e sua relação com a evolução tectônica e paisagística no Nordeste Brasileiro. Essas interpretações são reforçadas pelos

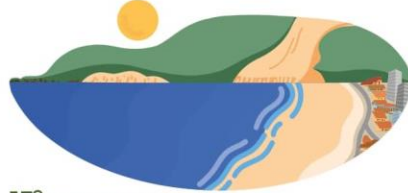


dados apresentados por Souza et al. (2025), que propõem que o alinhamento Macau–Queimadas representa o remanescente de uma cadeia abortada paralela à Cadeia Mesoatlântica, cuja evolução tectonomagmática foi interrompida antes de atingir o estágio oceânico. O estudo revela que esse alinhamento se associa a uma anomalia positiva do geóide e apresenta evidências de atividade magmática persistente por mais de 90 milhões de anos, com rochas máficas alcalinas e subalcalinas geradas por fusão parcial de diferentes domínios mantélicos (asthenosfera e litosfera metasomatizada). Tais características sustentam a hipótese de que o MQA é uma feição intraplaca de origem profunda, cuja ascensão magmática foi facilitada pela reativação de zonas de fraqueza na crosta, provocando soerguimentos localizados e influenciando diretamente a morfogênese regional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados até aqui sistematizados, a partir da revisão bibliográfica, análise cartográfica e interpretação de Modelos Digitais de Elevação (MDE) em ambiente SIG, permitiram estruturar as primeiras categorias analíticas para interpretação da evolução morfotectônica associada ao Magmatismo Macau, em particular ao longo do alinhamento Macau–Queimadas (MQA), no setor central do estado do Rio Grande do Norte.

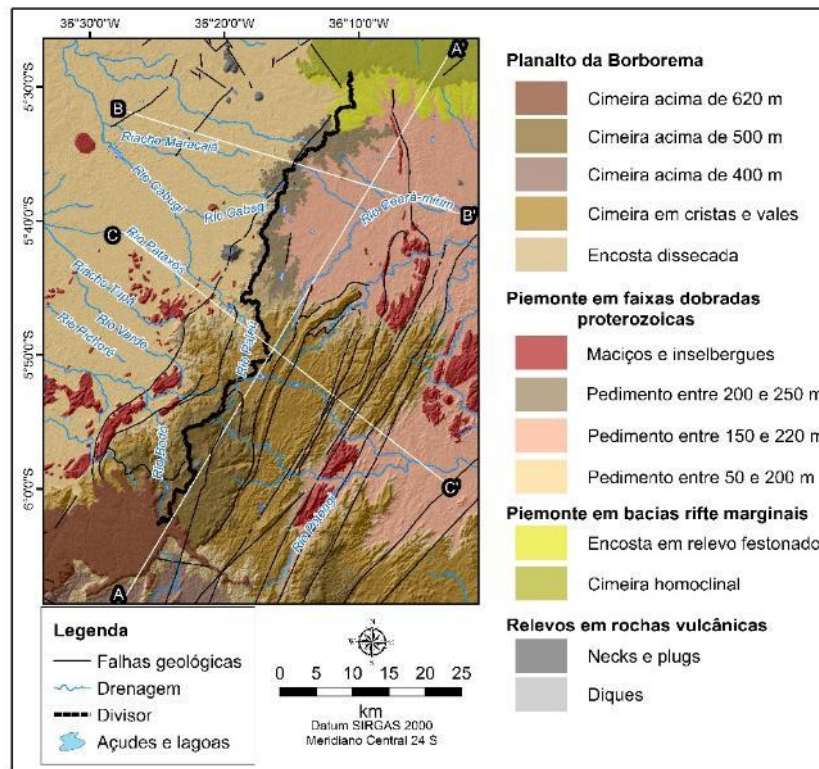
As análises iniciais revelam a presença de feições geomorfológicas de destaque (Figura 2 e Figura 3), com forte controle estrutural (Figura 4), distribuídas em três categorias principais: (1) *Maciços subvulcânicos e necks*, como o Pico do Cabugi, com morfologia convexa, elevadas declividades e contraste litológico entre rochas alcalinas máficas e ortognaisses encaixantes; (2) *Escarpas e cristas estruturais*, exemplificadas pela Serra do Feiticeiro e pela Serra da Casa de Pedra, alinhadas aos principais trends estruturais NE–SW e NW–SE, que podem ter relação com os soerguimentos regionais; e



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

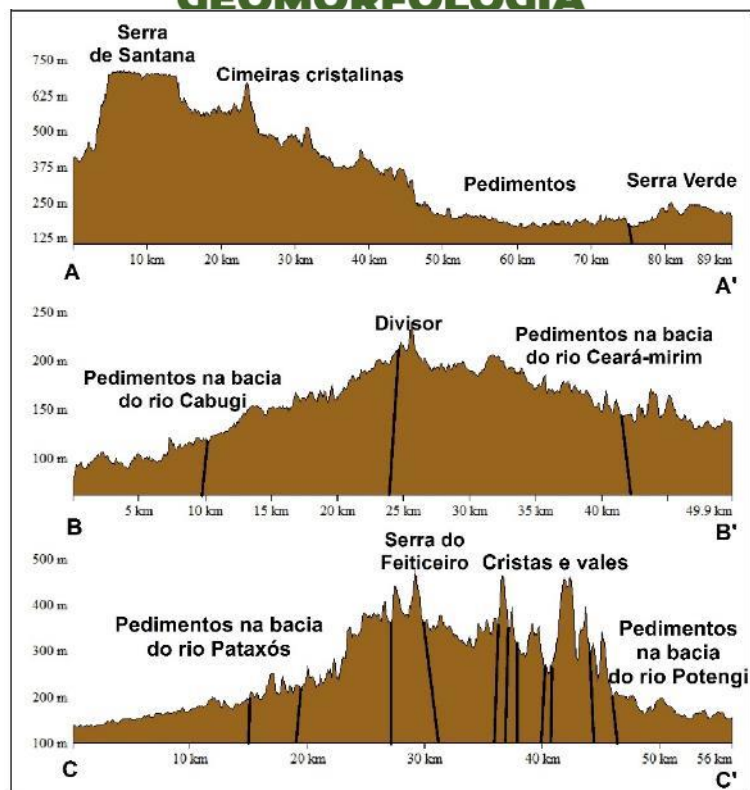
(3) *Superfícies de cimeira e drenagens truncadas*, que podem indicar soerguimentos tectônicos recentes não acompanhados por dissecação fluvial proporcional.

Figura 2 – Mapa geomorfológico.



Fonte: Os autores.

Figura 3 – Perfis topográficos. O traçado dos perfis está indicado na Figura 2.



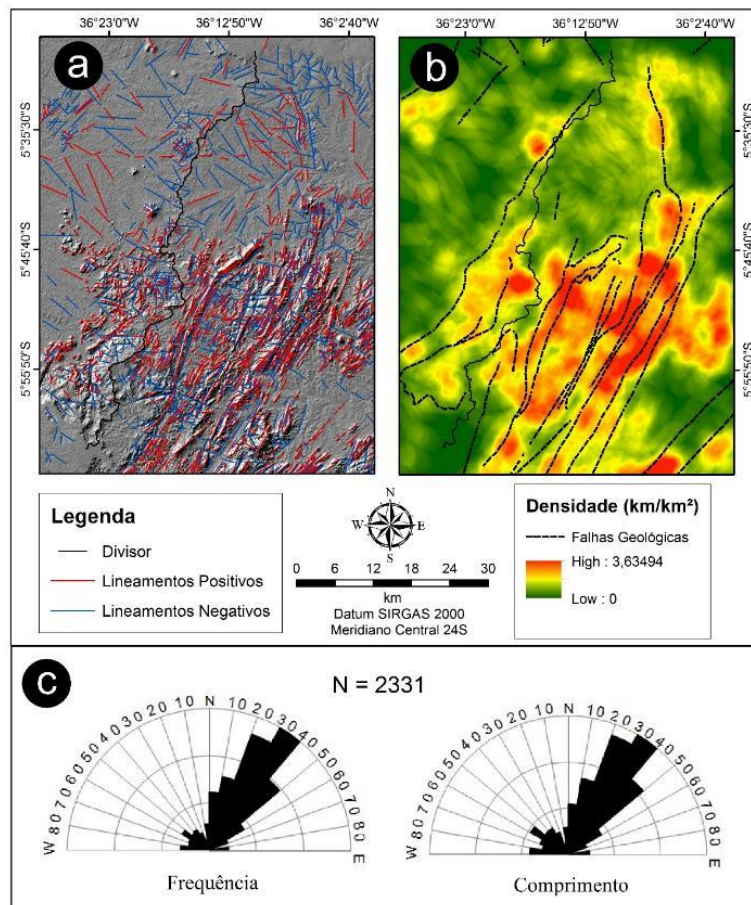
Fonte: Os autores.

Em ambiente SIG, as análises morfométricas (Figura 5) demonstraram valores expressivos de declividade, amplitude altimétrica e índice de convexidade nas áreas magmáticas, especialmente no entorno do Cabugi, onde o MCI (Índice de Macro Concavidade) de -2,3 sugere erosão diferencial intensa em rochas menos resistentes (Motoki et al., 2012). A comparação entre cristas quartzíticas (Formação Equador) e os necks máficos, sustentando relevo em cotas similares, reforça a hipótese de controle estrutural e isostático na manutenção dos patamares topográficos.

A relação entre feições estruturais e padrões de drenagem também começou a ser delineada. Em especial, notou-se a presença de drenagens retificadas, angularizadas e, em alguns trechos, interrompidas, como nos interflúvios entre Lajes e Santana do Matos. Tais características dialogam com o modelo de reativação de zonas de fraqueza proposto por

Matos (1992) e sugerem rejuvenescimento morfológico recente, possivelmente vinculado a pulsos de soerguimento relacionados ao magmatismo intraplaca (Souza et al., 2025).

Figura 4 – Lineamentos Estruturais. a) – Distribuição espacial. b) Densidade. c) Diagramas de roseta..

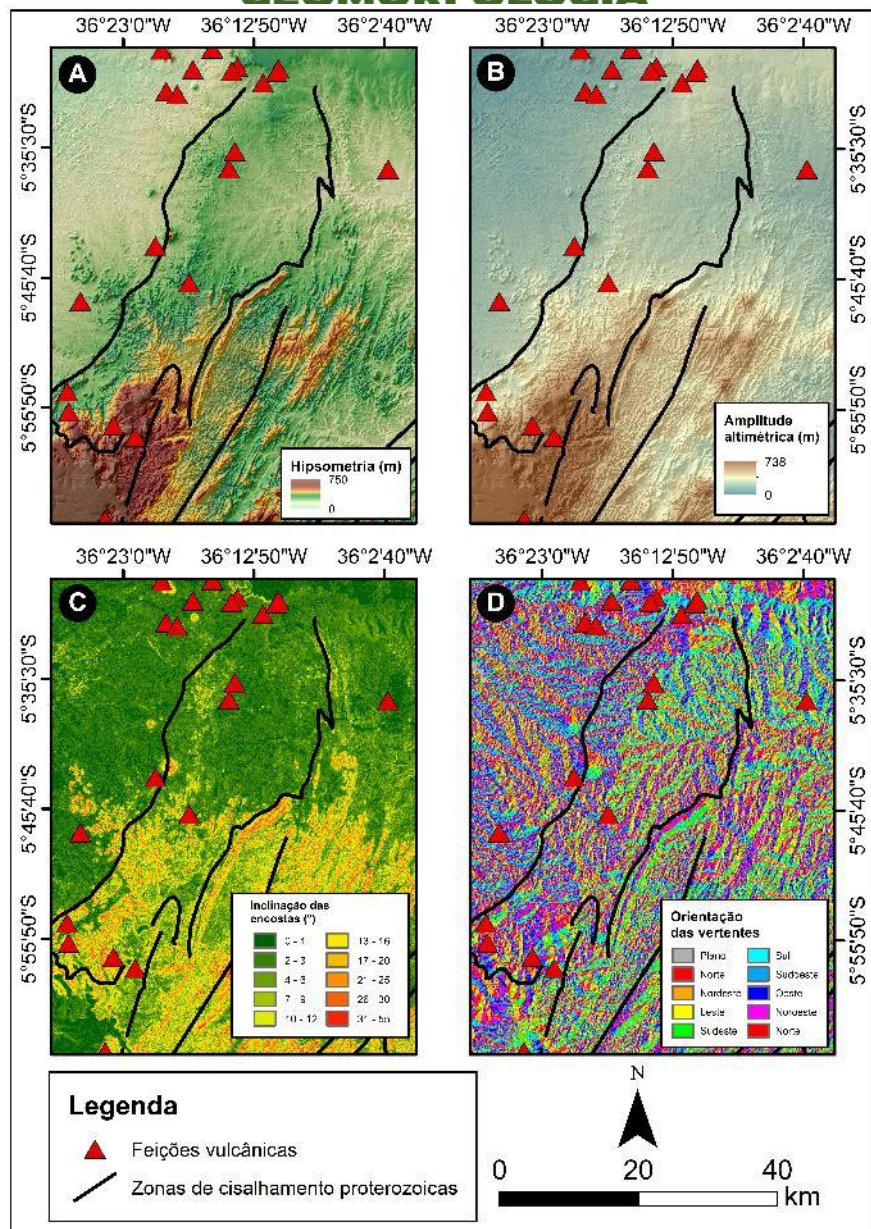


Fonte: Os autores.

Figura 5 – Morfometria da área de estudo. A – Hipsometria. B – Amplitude altimétrica. C – Inclinação das encostas. D – Orientação das vertentes.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA



Fonte: Os autores.

A partir desses indícios, o estudo propõe, de forma inovadora, a aplicação do modelo de cadeia abortada intraplaca ao MQA, como discutido por Souza et al. (2025). Essa hipótese abre espaço para uma releitura da evolução geomorfológica do Nordeste Setentrional, ao considerar a ação conjunta de doming térmico, ascensão magmática



prolongada e reativação tectônica em margem continental passiva, conforme também discutido por Leroy et al. (2008) e Knesel et al. (2011).

A integração entre os dados obtidos até o momento permite sistematizar os achados em três grandes eixos interpretativos:

- I. Morfotectônica associada a pulsos magmáticos cenozoicos: revelada pela compartimentação do relevo, presença de escarpas ativas e disfunções na drenagem.
- II. Reativação de estruturas crustais pré-cambrianas: expressas em alinhamentos topográficos e orientação das principais feições geomorfológicas.
- III. Erosão seletiva e exposição de corpos subvulcânicos: evidenciada na morfologia do Cabugi, nas serras residuais e nas formas testemunhas associadas a litologias resistentes.

Embora preliminares, esses resultados oferecem indícios significativos para aprofundar a hipótese de que o MQA não apenas registra a memória da ruptura do Gondwana, mas também expressa mecanismos intraplaca ainda pouco compreendidos. O aprofundamento dessas análises, com o cruzamento de dados geocronológicos, estruturais e geofísicos, deverá refinar o modelo interpretativo e contribuir com os debates científicos nacionais sobre morfogênese no Nordeste Setentrional, assim como contribuir para os estudos da tectônica ativa em margens passivas e geodiversidade do semiárido nordestino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados preliminares desta pesquisa permitem afirmar que o alinhamento Macau–Queimadas (MQA), no Rio Grande do Norte, constitui uma importante feição morfotectônica vinculada ao magmatismo intraplaca cenozoico, com forte controle estrutural exercido por zonas de cisalhamento reativadas desde o Pré-Cambriano. A partir da análise de dados morfométricos em ambiente SIG, revisão bibliográfica e mapeamentos geomorfológicos, foi possível identificar padrões relevantes na paisagem, como escarpas abruptas, drenagens retificadas e necks subvulcânicos, que reforçam a hipótese de soerguimento sub-regional recente. Esses achados dialogam com o modelo geodinâmico de Matos (1992) sobre a influência de estruturas herdadas na ruptura do Gondwana, e ganham consistência à luz da proposta de Souza et al. (2025), que sugere que o MQA é o remanescente de uma cadeia abortada paralela à Cadeia Mesoatlântica.



A pesquisa ainda se encontra em fase de desenvolvimento, mas já aponta para a necessidade de revisão dos modelos clássicos de evolução da paisagem do semiárido nordestino, historicamente centrados em processos exógenos e climáticos. As evidências reunidas até aqui indicam que forças endógenas — como o magmatismo intraplaca e a reativação tectônica — também desempenharam papel crucial na compartimentação do relevo, na elevação de blocos crustais e na reorganização da rede de drenagem. Feições como o Pico do Cabugi, a Serra do Feiticeiro e o Vale Vulcânico, integrados por uma morfologia alinhada e sustentada por litologias contrastantes, representam elementos-chave para compreender a morfogênese atual e passada da Província Borborema.

A prospecção empírica desse estudo é ampla. Do ponto de vista científico, a caracterização morfotectônica de áreas intraplaca pode subsidiar novas abordagens sobre a dinâmica do relevo em margens continentais passivas, além de contribuir para o mapeamento geodiverso em geoparques e territórios de conservação. Também há potencial para aplicações no ensino de geociências, no planejamento ambiental e na valorização de patrimônios geomorfológicos, como os existentes no Seridó Geoparque Mundial da UNESCO. A integração entre dados geocronológicos, isotópicos, morfométricos e estruturais poderá futuramente consolidar um modelo regional de evolução tectono-geomorfológica aplicável a outras regiões do Nordeste brasileiro.

Por fim, destaca-se este texto carece de novas pesquisas de campo, e a aplicação da metodologia completa da pesquisa com uso de técnicas de datação, termocronologia e modelagem numérica da crosta, que possam quantificar as taxas de soerguimento, calibrar os dados morfométricos e refinar a compreensão sobre o papel do magmatismo cenozoico na configuração atual do relevo. O diálogo entre os achados deste estudo e as discussões teóricas sobre margens vulcânicas, tectônica ativa em áreas intraplaca e dinâmica mantélica contribuirá para fortalecer o campo da geomorfologia estrutural no Brasil, em sintonia com os desafios científicos e ambientais contemporâneos.

Palavras-chave: Morfogênese; Morfotectônica, Magmatismo Intraplaca,.

REFERÊNCIAS

1. BEZERRA, F. H. R.; NASCIMENTO, A. F.; FERREIRA, J. M.; NOGUEIRA, F. C.; FUCK, R. A.; BRITO NEVES, B. B.; SOUSA, M. O. L.



- Review of active faults in the Borborema Province, intraplate South America: integration of seismological and paleoseismological data. *Tectonophysics*, v. 510, p. 269-290, 2011. DOI: 10.1016/j.tecto.2011.08.005.
2. BRITO NEVES, B. B. B.; RICCOMINI, C.; FERNANDES, T. M. G.; SANTANA, L. G. O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino: um legado proterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, p. 127-134, 2004.
 3. BRITO NEVES, B. B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In: CORDANI, U.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds.). *Tectonic Evolution of South America, Proceedings of the 31st International Geological Congress*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000. p. 151-182.
 4. BRITO NEVES, B. B. O mapa geológico do Nordeste Oriental do Brasil: escala 1:1.000.000. 1983. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 171 p.
 5. BRITO NEVES, B. B. Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano nordestino. 1975. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 198 p.
 6. BURBANK, D. W.; ANDERSON, R. S. *Tectonic geomorphology*. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.
 7. CASTRO, A. C.; OLIVEIRA, G. Uso de drones no mapeamento ambiental: estudo de caso em áreas urbanas. *Caderno de Geociências*, v. 18, n. 3, p. 102-115, 2021. Disponível em: <<https://www.cadernodegeociencias.com.br>>. Acesso em: 24 jan. 2025.
 8. CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
 9. DEMEK, J. *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Prague: Academia, 1972. 520 p.
 10. DRONE SOLUTIONS. Aerofogrametria por drone. Disponível em: <<https://www.dronessolution.com.br/curso-aerofogrametria-drone-portugal>> , acesso em: 25 de janeiro de 2025.
 11. FAIRBRIDGE, R. W. *The Encyclopedia of Geomorphology*. New York: Reinhold Book Corporation, 1968.



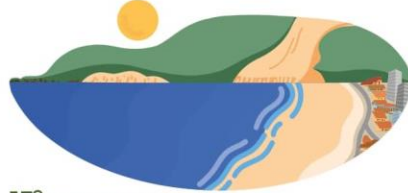
12. FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N. Pico do Cabugi, RN: registro do mais jovem magmatismo continental do Brasil. SIGEP – Sítios Geológicos e Paleobiológicos, v. 39, p. 393-398, 1999.
13. FLORINSKY, I. V. *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. 2. ed. Academic Press, 2016.
14. FONSÊCA, D. N.; CORRÊA, A. C. B.; SILVA, A. C. Compartimentação Geomorfológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) a partir da análise morfoestrutural. Geo UERJ, Rio de Janeiro v. 29, p. 201-219, 2016.
15. GOMES, A. de A. da R.; SILVA, B. N. da; BARROS, B. A.; GIRI, F. B.; NUNES, J. C. B.; OLIVEIRA, M. P. de; ISAHIAS, M. de S.; RODRIGUES, D. de S. O uso de drones para mapeamento topográfico . Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v. 15, n. 5, p. e 3799, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i5.3799. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3799>. Acesso em: 25 jan. 2025.
16. GROHMANN, C. H. *Morphometric analysis in geographic information systems: applications to geological mapping*. Computers & Geosciences, 2004.
17. GURGEL, S. P. P.; BEZERRA, F. H. R.; CORRÊA, A. C. B.; MARQUES, F. O.; MAIA, R. P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. Geomorphology, Amsterdam, v. 186, n. 1, p. 68-84, 2013.
18. HACK, J. T. *Stream-profile analysis and stream-gradient index*. US Geological Survey Journal, 1973.
19. HOWARD, A. D. *Drainage analysis in geologic interpretation: a summary*. AAPG Bulletin, v. 51, n. 11, p. 2246–2259, 1967.
20. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Normas para mapeamento aerofotogramétrico. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
21. KNESEL, K. M.; DAVIS, B. K.; HOLBIG, E. S.; WILSON, M.; PEATE, D. W. Young intraplate volcanism in northeast Brazil: geochemical evidence for a lithospheric origin. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 75, n. 21, p. 6341-6357, 2011.
22. KOCH, M. et al. *Lineament extraction and analysis*. Computers & Geosciences, 2009.



23. LEROY, M.; GUEYDAN, F.; DAUTEUIL, O. Uplift and strength evolution of passive margins inferred from 2-D conductive modelling. *Geophysical Journal International*, v. 172, n. 2, p. 464-476, 2008.
24. LIMA, E. M.; CORRÊA, A. C. B. Mapeamento geomorfológico como ferramenta de caracterização ambiental do município de Garanhuns-PE. *Geosul*, Florianópolis, v. 31, n. 62, p. 317-336, 2016.
25. LIRA, C. R. P. Drones e Geoprocessamento: aplicações e avanços tecnológicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 15-29, 2020. Disponível em: <<https://www.revistageografiafisica.com.br>>. Acesso em: 24 jan. 2025.
26. MATOS, R. M. D. de. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, v. 11, n. 4, p. 766-791, 1992.
27. MATOS, Ronaldo M. D. The Northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, Washington, v. 11, n. 4, p. 766–791, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1029/92TC00492>.
28. MEDEIROS, L. G.; SANTOS, M. F. Planejamento e execução de levantamentos aerofotogramétricos com drones. **Revista de Tecnologia Aplicada**, v. 19, n. 2, p. 33-48, 2023. DOI: 10.4321/tecapl.v19i2.7890.
29. MOTOKI, A.; SICHEL, S. E.; SIMÕES, L. S. A.; MOTOKI, K. F.; SOUZA FILHO, C. R. Subvolcanic neck of Cabugi Peak, State of Rio Grande do Norte, Brazil, and origin. *Brazilian Journal of Geology*, v. 42, n. 4, p. 633-648, 2012.
30. OLIVEIRA, G. G. et al. *Geomorfologia e estrutura geológica do Seridó (RN–PB)*. Rev. Geonorte, 2017.
31. RIBEIRO, M. R. et al. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Recife: CPRM, 2005.
32. RUDORFF, B. F. T. et al. *Sensoriamento remoto e SIG aplicados à geografia física*. São José dos Campos: INPE, 2005.
33. SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Coord.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgar Blucher, 1984. p. 123-186.
34. SANTOS, E. J.; SOUZA NETO, J. A; SILVA, M. R. R; BEURLLEN, H.; CAVALCANTI, J. A. D.; SILVA, M. G.; DIAS, V. M.; COSTA, A. F.;



- SANTOS, L. C. M. L.; SANTOS, R. B. Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema. In: SILVA, M. G.; ROCHA NETO, M. B.; JOST, H.; KUYUMJIAN, R. M. (eds.). Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras. Belo Horizonte: CPRM, 2014.
35. SANTOS, F. G.; PINÉO T. R. G.; MEDEIROS V. C.; SANTANA J. S.; MORAIS, D. M. F.; VALE, J. A. R.; WANDERLEY, A. A. Mapa geológico da província Borborema: projeto geologia e potencial mineral da província Borborema. Recife: CPRM, 2021.
36. SILVA, A. M. et al. *Uso de variáveis morfométricas na detecção de neotectônica em drenagens*. Geociências, v. 28, n. 4, 2009.
37. SILVA, J. P. Aerofotogrametria por drones: eficiência e desafios em levantamentos topográficos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 4, p. 45-56, 2022. DOI: 10.1234/revengtec.v12i4.5678.
38. SILVEIRA, F. V. Magmatismo cenozóico da porção central do Rio Grande do Norte, NE do Brasil. 2006. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
39. SOUZA, S. S. et al. *Geochemistry and Sr–Nd–Pb isotope geology of intraplate Cenozoic basaltic volcanism of NE Brazil*. Contributions to Mineralogy and Petrology, 2025.
40. SUMMERFIELD, M. A. *Global Geomorphology*. London: Longman, 1991.
41. TAVARES, B. A. C.; CORRÊA, A. C. B.; LIRA, D. R.; CAVALCANTI, L. C. S. Compartimentação geomorfológica e morfotectônica do Gráben do Cariatá, Paraíba, a partir de imageamento remoto. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 523-538, 2014.
42. TEIXEIRA, N. N.; SANTOS, N. M. dos; LIMA, C. A. de; CRUZ JÚNIOR, D. C. Mapeamento aéreo com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e suas limitações a fim de se obter dados acurados. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, [S. l.], v. 17, n. 4, p. e6148, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.4-225. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/6148>. Acesso em: 25 jan. 2025.
43. TRICART, J.; CORDEAU, J. *A morfogênese: estudo dos processos*. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1980.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

44. TWIDALE, C. R. *River patterns and their meaning*. Earth-Science Reviews, 2004.
45. VAUCHEZ, A.; NEVES, S. P.; CABY, R.; CORSINI, M.; EGYDIO-SILVA, M.; ARTHAUD, M.; AMARO, V. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, p. 247-266, 1995.

