

CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO INSELBERG “PEDRA AGUDA”, CEARÁ, BRASIL

Gabriel Nunes Morais ¹
Frederico De Holanda Bastos ²

INTRODUÇÃO

A Província Borborema, situada no Nordeste brasileiro, é um domínio geológico marcado por intrusões graníticas (CABY et al., 1991; ANGELIM et al., 2006) relacionadas à orogênese brasiliana de idade Neoproterozóica (SHOBBENHAUS et al., 2003). Essa área é caracterizada por extensas superfícies de aplainamento (superfície sertaneja), pontilhadas com relevos residuais de diferentes formas e dimensões, tais como maciços, cristas e inselbergs (BASTOS et al., 2022). Esses relevos residuais possuem origem relacionada a soerguimentos regionais (Mesozóicos e Cenozóicos) e erosão diferencial (CÓRREA et al., 2010).

A história geológico-geomorfológica da Província Borborema é caracterizada por eventos tectônicos marcantes (ANGELIM et al., 2006; MATOS, 2000; BEZERRA; VITA FINZIN, 2000), responsáveis pela estruturação/compartimentação tectônica regional, além de soerguimentos que ajudam a explicar a megageomorfologia atual, como, por exemplo, a flexura marginal (PEUVALST, CLAUDINO SALES, 2004; CLAUDINO SALES, 2016; PEUVALST; VANNEY, 2002).

Rochas graníticas estão atreladas à ampla diversidade de formas de relevo, resultante da complexa relação entre fatores litológicos, estruturais, tectônicos e climáticos (MIGÓN, 2004; VIDAL ROMANÍ, 2008; VIDAL ROMANÍ; TWIDALE, 2010). Por outro lado, paisagens graníticas, por vezes, apresentam repetições de padrões, tanto em macroformas, como os inselbergues e bornhardts, quanto em microformas, e.g., tafoni, weathering pits, caneluras e honeycombs. Por meio do intemperismo diferencial, esses relevos foram exumados na superfície, sendo classicamente interpretados a partir da densidade de fraturamento à luz da etchplanação e do aplainamento por mudanças climáticas (MAIA et al., 2015; MAIA

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, nunes.morais@aluno.uece.br;

² Professor orientador: Doutor em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Laboratório Estudos Morfoestruturais e Pedológicos - UECE, fred.holanda@uece.br

et al., 2018; CASTRO, 2018).

Os granitos do nordeste brasileiro apresentam sua origem intrusiva a dezenas de quilômetros da superfície da crosta, pressupondo forte descompressão, tendo em vista que o volume de material encaixante que os recobriam foi retirado antes da sua exposição superficial, justificada pela expansão de massa, proporcionando a formação de planos de diaclases multidirecionais que certamente influenciarão na morfologia do corpo granítico quando exumado (MAIA et al., 2018).

No setor setentrional na Província Borborema se localiza o subdomínio Ceará Central, que apresenta um conjunto de maciços cristalinos bordejados de superfícies de aplainamento rebaixadas. Nesse setor encontra-se o inselberg denominado Pedra Aguda (Figura 1) que se destaca isoladamente ao longo da superfície sertaneja no âmbito da bacia hidrográfica do Choró. O presente trabalho busca interpretar os aspectos morfoestruturais da Pedra Aguda, em escala de macro e micro formas graníticas.

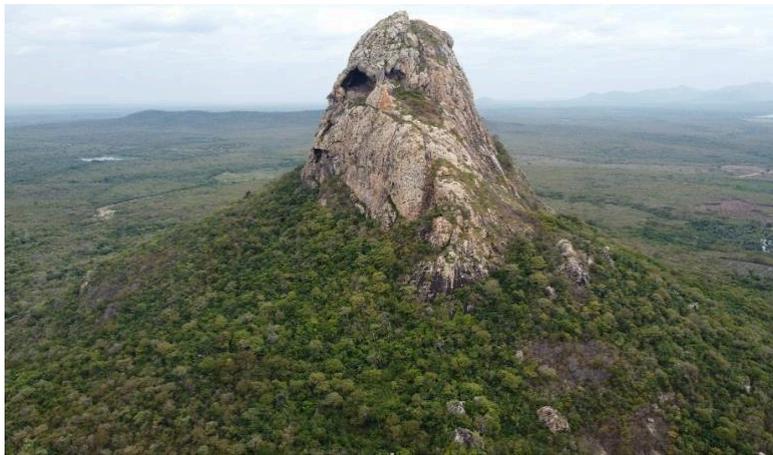


FIGURA 1 – VISÃO GERAL DO INSELBERG (PEDRA AGUDA)

METODOLOGIA

A metodologia contou primeiramente com revisões bibliográficas acerca de palavras-chave relacionadas ao tema central (ex. relevos graníticos, Província Borborema, inselbergs) em plataformas de artigos científicos (*Scielo e Web of Science*) e bancos de teses e dissertações.

As informações geológicas utilizadas encontram-se disponíveis no site do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) tendo sido consultada a folha de Baturité

(SB.24-X-A-I) na escala 1:100.000, com esses dados disponíveis, foram elaborados mapas correlacionando a topografia com a geologia de maneira a se interpretar as relações litoestruturais com a geomorfologia.

Posteriormente, foi realizado um trabalho de campo em julho de 2023 com o intuito de coletar fotografias locais e aéreas, com o uso de drone, além de realizar análises locais sobre o relevo.

REFERENCIAL TEÓRICO

O modelado granítico apresenta grande diversidade de formas cuja gênese é atribuída a uma ação combinada de processos que se desenvolvem em fases que precedem sua exposição em superfície (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 1994). Tratam-se de feições erosionais associadas à meteorização (GOUDIE, 2004) comandada pelas condições climáticas e pela predisposição mineralógica e petrográfica às alterações químicas. A esse respeito, algumas características muito específicas como isotropia, baixa porosidade, permeabilidade reduzida ao sistema de descontinuidades, baixa solubilidade, etc (VIDAL ROMANÍ, 1994), fazem com que as formas resultantes dos processos de meteorização sejam muito similares quando não iguais, mesmo em contextos climáticos muito diferentes. As rochas graníticas estão atreladas à ampla diversidade de formas de relevo, resultante da complexa relação entre fatores litológicos, estruturais, tectônicos e climáticos.

Os campos de inselbergs são formações rochosas em geral côncavo-convexas isoladas, que apresentam escarpas íngremes, o que impossibilita a permanência da alteração superficial resultando o afloramento contínuo do embasamento. Logo, os inselbergs constituem um remanescente de erosão que pode fornecer informações importantes sobre a evolução geomorfológica dos terrenos em que ocorrem.

Considerando a proposta de classificação taxonômica dos relevos graníticos por Bastos et al. (2021), onde é possível categorizar as formas que os relevos graníticos possuem nos padrões espaciais, morfológicos e evolutivos, interpreta-se as formas de relevos simbolizadas entre macroformas (maciços, lajedos, inselbergs e bornhardts) e microformas associadas com blocos graníticos (boulders, caos de blocos, nubbins, tors e castle koppies), com feições de dissolução (tafoni, alvéolos, caneluras ou karren, gnammas e flared slopes) e com feições de fraturamento (split rock e polygonal cracking). Essa proposta tem como finalidade contribuir com uma melhor adaptação

taxonômica dessas morfologias visando a utilização de terminologias internacionalmente reconhecidas, para que seja possível fazer correlações dos termos locais com terminologias internacionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que seja possível traçar algumas características do relevo, é importante salientar alguns aspectos geológicos da área de entorno e especificamente do inselberg Pedra Aguda (**Figura 1**). O principal representante geológico regional é o Complexo Ceará que apresenta as Unidades Canindé e Independência com uma grande variedade de rochas leucogranitos de idade Paleoproterozóica. De maneira isolada, pode-se perceber a presença de granitóides diversos e dioritos, de idade Neoproterozóica e também ocorrem depósitos sedimentares Cenozóicos representados pela Formação Barreiras (Tércio-Quaternário) e por depósitos aluviais mais recentes (Quaternário) (CPRM, 2020).

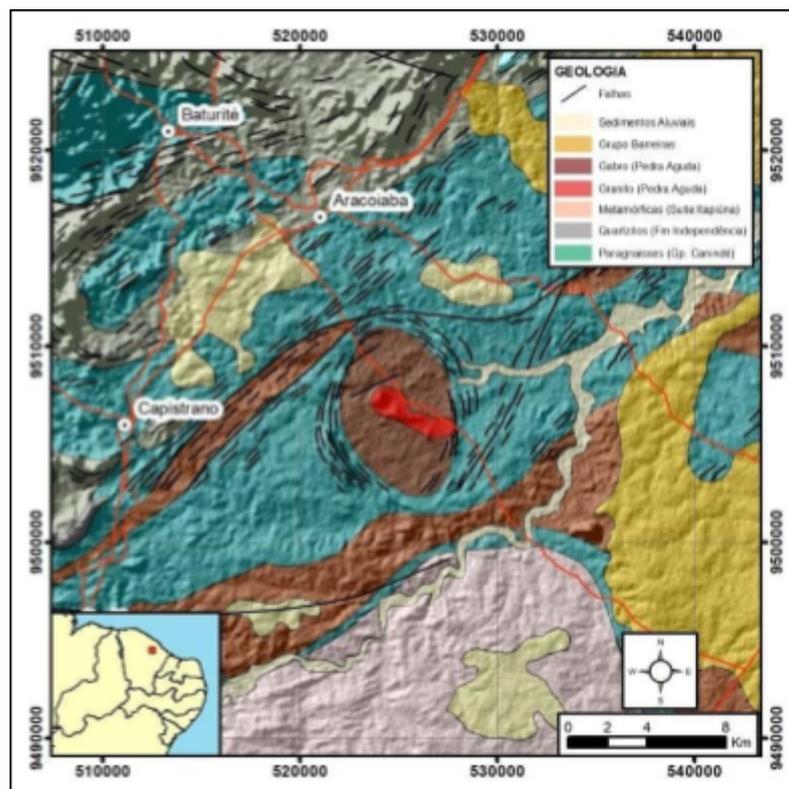


FIGURA 2 – GEOLOGIA SIMPLIFICADA DA ÁREA DE ESTUDO

Os litotipos básicos, referidos genericamente como gabros, são na realidade uma associação de biotita-gabro, gabro-norito, quartzo-diorito e diorito. Estes litotipos são mesocráticos, de granulação fina a média, estão levemente deformados e possuem

enclaves máficos microgranulares de composição diorítica (PINÉO, CPRM 2017). Bessa (2000) menciona a existência de enclaves de paragneisses (CPRM, 2017). No próprio relevo é possível observar a formação granítica, de composição ácida, que aflora no centro da referida suíte magmática, sustentando o inselberg denominado de Pedra Aguda. Corresponde a um álcali-feldspato granito holo leucocrático, de granulação fina, de cor cinza claro a branco e está também sutilmente deformado.

O referido granitóide contém enclaves do gabro parcialmente digeridos. Em análise petrográfica os granitóides possuem textura granular xenomórfica, formada por grandes cristais de quartzo (30% a 37%) anédricos envolvendo porções constituídas de feldspatos alcalinos (42% a 48%), os quais estão representados por microclínio com maclas em albita-periclina (xadrez) e pertíticos, mesopertíticos e micropertíticos, muitas vezes totalmente albitizados (Figura 1) (PINÉO, 2017).

Os inselbergs são relevos isolados, típicos de regiões de clima seco e que constituem paisagens comuns do semiárido brasileiro. Esses tipos de relevo são formados através de processos de erosão diferencial, tendo como uma litologia muito comum os granitóides (BÉTARD; PEULVAST, CLAUDINO-SALES, 2008).

No semiárido brasileiro encontram-se vastas superfícies de aplainamento que se formaram a partir de prolongados processos denudacionais. Próximo à região metropolitana de Fortaleza, a bacia hidrográfica do rio Choró é caracterizada por superfícies de aplainamento, desenvolvidas preferencialmente sobre rochas metamórficas da unidade Canindé (PINÉO, 2017), com cotas médias em torno de 200m em morfologias suavemente onduladas. Tais superfícies são interrompidas por relevos residuais tais como cristas e inselbergs associadas a processos de erosão diferencial.

A Pedra Aguda trata-se de um inselberg dômico que atinge 130 metros de altitude em relação a depressão sertaneja ao redor do relevo, constituído por litologias intrusivas designadas como Corpo Pedra Aguda, formado por granitos, gabros e dioritos (CPRM, 2017). O corpo Pedra Aguda (Figura 1) é bordejado por paragneisses migmatíticos da unidade Canindé e gnaisses na unidade Independência, constituindo claramente um relevo residual. Especificamente no Corpo Pedra Aguda, destaca-se também nítidos processos de erosão diferencial com um relevo sustentado pelo granito, enquanto que o gabro que por ser um tipo de rocha menos resistente, acaba situando-se em cotas da superfície sertaneja, inclusive mais rebaixado que a unidade

Canindé, composta por gnaisses que estão ao redor do gabro.

Além do contexto geral, esse inselberg também é caracterizado pela presença de feições de dissolução do tipo tafone (Figura 3-A) e alguns boulders associados a planos de diaclases que formam feições do tipo tor (Figura 3-B). A morfologia do tafone é herdada pela disposição estrutural que orienta os processos de meteorização (MAIA et al., 2022) e isso ocorre no caso da Pedra Aguda dois direcionamentos de deformações estruturais que se cruzam no entorno do tafone (Figura 3-A).

De maneira geral, a gênese das cavidades em granitos podem ser associadas aos fatores de temperatura (termoclastia), fatores termo-mecânicos, influências salinas e ação biológica (MAIA et al., 2022). As áreas de fraqueza das rochas constituem setores que podem proporcionar o início da evolução dos tafoni, o fraturamento multidirecional, nos casos em que os veios não são dispostos em sets paralelos que é o caso do relevo analisado, leva ao desprendimento e colapso dos blocos, no inselberg é possível verificar planos de fraturamento tanto na diagonal como de maneira vertical (multidirecional).

Outro exemplo de microforma encontrada no relevo associada com os blocos graníticos são as feições do tipo tors, que são massas residuais que podem ser encontradas em diferentes contextos litológicos e com grande dispersão em termos globais (BASTOS et al., 2022), dependendo da forma dos boulders e da sua distribuição os tors podem ser divididos em nubbins e castle koppies.

A Pedra Aguda possui uma particularidade interessante em relação aos demais inselbergs graníticos da Província Borborema. Trata-se de um inselberg de grandes dimensões em um batólito de limitada exumação em termos espaciais. Os inselbergs de Quixadá, Chaval e Irauçuba, no Ceará, ou os inselbergs de Araruna e Patos, na Paraíba, estão associados a exumações batolíticas muito maiores.

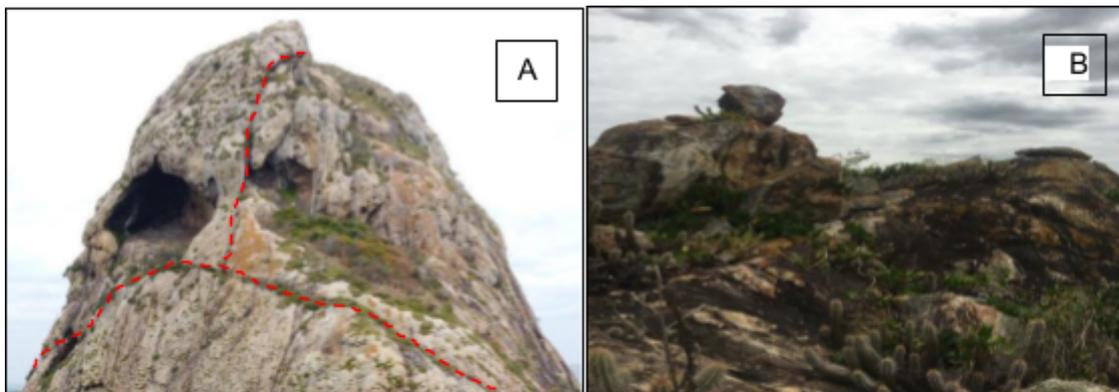


FIGURA 3

FIGURA 3-A : AS LINHAS VERMELHAS REPRESENTAM OS PLANOS DE
FRATURAMENTO FIGURA 3-B : FEIÇÕES DO TIPO TOR

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário compreender que o artigo em questão trata-se de analisar o inselberg granítico, onde também é possível interpretar algumas microformas graníticas associadas com blocos graníticos do tipo tors e com feições de dissolução do tipo tafone. No Nordeste setentrional brasileiro, vários campos de inselbergs graníticos ocorrem na porção setentrional da Província Borborema. Os inselbergs no Nordeste brasileiro tiveram suas explicações associadas a uma origem erosiva e residual sob a luz das teorias geomorfológicas clássicas. Com a concepção de duplo aplainamento, foi possível observar que os inselbergs, inclusive os da Província Borborema, localizam-se em áreas menos fraturadas e mineralogicamente mais resistentes ao embasamento (CORRÊA, 2010). O presente trabalho tem como objetivo realizar uma descrição preliminar do relevo e posteriormente ser aprimorado com uso de técnicas SIG em pesquisas mais detalhadas.

Palavras-chave: Relevos Graníticos, Província Borborema, Semiárido Brasileiro

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por conceder a bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELIM, L. A. A. VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; SANTOS, E. J. **Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema.**
- ANGELIM, L. A. A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R.; TORRES, H. H. F.; SANTOS, C. A.; VEIGA JUNIOR, J. P.; MENDES, V. A. Programa Geologia do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte.** Escala 1.500.000. Recife: CPRM, 2006. 119p.
- BASTOS, F. H.; LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. M. N.; MAIA, R. P. **Relevos graníticos do Nordeste brasileiro: uma proposta taxonômica.**
- BASTOS, F. H. **Movimento de massa do Maciço de Baturité (CE) e contribuições para estratégias de planejamento ambiental.** 2012. Tese(Doutorado em Geografia).
- BASTOS, F. H. **Evidências morfológicas de condições paleoclimáticas úmidas no semiárido brasileiro.** Revista de Geografia(Recife).
- BASTOS, F. H. CORDEIRO, A. M. N. **Propriedades geomorfológicas das rochas e**

suas repercussões no relevo do nordeste setentrional do Brasil. Revista William Morris Davis.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P. **Evolução morfoestrutural e morfopedológica do Maciço de Baturité e de seu Piemont: do Cretáceo ao presente.** In: BASTOS, F.H. (Org.). Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. BEZERRA, F. H. R.; VITA FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brazil. *Geology*. v. 28, n. 7, p. 591-594, 2000.

CABY, R.; SIAL, A. N.; ARTHAUD, M. H.; VAUCHEZ, A. Crustal evolution and the Brasiliano Orogeny in Northeast Brazil. In: DALLMEYER, R. D.; LÉCORCHÉ, J. P. (Ed.). The west African orogeno and circum -Atlantic correlatives. Berlin: Springer, 1991. p. 373-397.

CLAUDINO SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará: história da paisagem geomorfológica.** São Paulo: Editora Novas Edições Acadêmicas, 2016.59-62p.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. **Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema.** Revista do Instituto Geológico.

MATOS, R. M. D. **Tectonic evolution of the equatorial South Atlantic.** In: MOHRIAK, W.; TALWANI, M. (Ed.). Atlantic rift and continental margin. American Geophysical Union. Washington: Publisher Am. Geophys. Union, 2000. p. 331-354.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. **Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian : Constraints on models of morfotectonic evolution.** *Geomorphology*, v. 3: 89-122, 2004.

PEULVAST, J-P; VANNEY, J-R. **Géomorphologie structural: terre, corps plane taires solides.** Tome 2: Relief et géodynamiques. Paris, Gordonand Breach Science Publishers, et Orléans, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2002. 524p.

PINÉO, **Geologia e recursos minerais da folha Baturité : SB.24 X-A-I**

PINHEIRO MAIA, R., HOLANDA BASTOS, F. de, RODRIGUES WALDHERR, F., LEITE DO NASCIMENTO, M. A., & SARREIRO AULER, A. (2022). **Breves considerações sobre tafoni em inselbergs: aspectos genéticos e morfoestruturais.** Revista Brasileira De Geomorfologia, 23(4), 1792–1811. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2090>

SCHOBENHAUS, C.; BRITO NEVES, B. B. **A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana.**In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Org.).**Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas e SIG.** Brasília: CPRM – Serviços Geológico do Brasil, 2003. P.05-54.

TWIDALE, C. R. **The research frontier and beyond: granitic terrains.** *Geomorphology*.

TWIDALE, C. R; VIDAL ROMANÍ, J. R. **Landforms and Geology of Granite Terrains.** 1. ed. Editora : CRC Press, 2005.

TORQUATO, J. R. F.; ALMEIDA, A. R.; SIDRIM, A. C.; MARANHÃO, C. M. L; PARENTE, C. V; NOGUEIRA NETO, A. J.; ANDRADE FILHO, J. F.; SOUZA, J. V.; SOUZA, M. J. N.; ARTHAUD, M. H. **Granitoides de Quixadá: região de Quixadá e Solonópole.** Revista de Geologia, UFC, v. 2, n. 1/ 2, 1989. 145p

VIDAL ROMANÍ, J. R. **Forms and structural fabric in granite rocks.** Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe, v. 33, p. 175-198, 2008.

