

MICROFORMAS DE DISSOLUÇÃO NO GRANITO CHAVAL, NORDESTE DO BRASIL

Abner Monteiro Nunes Cordeiro¹
Thalita Kauany Dantas Soares²
Assucena Nogueira Batista Dantas³
João Rafael Vieira Dias⁴

INTRODUÇÃO

A exumação de granitos brasileiros na porção setentrional da Província Borborema (PB), apresentando dimensão, forma e natureza variadas, tem revelado um diversificado mostruário de macro e microformas, a exemplo de maciço, *inselbergs*, *inselgebirges*, lajedos, *gnammas* (Cordeiro *et al.*, 2023), cuja gênese e evolução estão relacionadas ao intemperismo, tanto em superfície quanto em subsuperfície, condicionadas pela pré-disposição mineralógica e ocorrência de superfícies de descontinuidades (e.g., falhas, fraturas, veios, diques) (Twidale; Vidal Romaní, 1994).

Dentre esses batólitos destaca-se o Granito Chaval, com área aflorante de ~2.000 km, localizado no Domínio Médio Coreaú (DMC), porção NW do Estado do Ceará, que intrudiu os ortognaisses do Complexo Granja e, principalmente, as supracrustais do Grupo Martinópolis (Pinéo *et al.*, 2018).

Esse batólito aflorante, próximo à zona costeira dos Estados do Ceará e Piauí, tendo como localidades de referência os municípios de Chaval-CE e Bom Princípio-PI, está diretamente relacionado ao pulso magmático sin a tardi-orogênico (Gorayeb; Lima, 2014), que originou a Suíte Intrusiva Chaval, limitada a SE pela Zona de Cisalhamento Santa Rosa (ZCSR), de direção NE-SW (Pinéo *et al.*, 2018), e que serviu de duto crustal à intrusão, apresenta uma diversidade de corpos graníticos de origem, dimensão e evolução tectônica diversificada (Cordeiro *et al.*, 2023).

O Batólito Chaval apresenta diversos componentes litoestruturais e formas graníticas que são interdependentes, sendo as trajetórias de gênese dessas formas, possivelmente, derivadas da integração dialética entre os processos de meteorização, condicionados pelas características geológicas do embasamento granítico, e a subsequente erosão superficial, responsável pela remoção dos detritos friáveis.

Para Cordeiro *et al.* (2023), a ação denudacional cenozoica sobre o Batólito Chaval foi responsável pela exumação e esculturação de um conjunto de macroformas (*inselbergs*) com microformas de dissolução associadas, a exemplo de *gnammas*, de dimensões decamétricas. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os condicionantes litoestruturais e os processos responsáveis pela origem e evolução das bacias de dissolução nos *inselbergs* do município de Chaval, Estado do Ceará.

ÁREA DE ESTUDO

O Batólito Chaval está localizado no baixo curso dos rios Timonha (CE) e Ubatuba (CE/PI). Esses cursos fluviais apresentam perfil longitudinal abrupto, percorrendo ~60 km desde o alto curso, situado nos setores setentrionais do Planalto da Ibiapaba (~750 m), até se encontrar com o Oceano Atlântico Equatorial, na sua foz. No baixo curso, a rede de drenagem dos rios Ubatuba e Timonha se

¹ Professor efetivo do Departamento de Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó-RN, abner.cordeiro@ufrn.br.

² Graduanda em Geografia Licenciatura, Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó-RN, thalita.dantas.714@ufrn.edu.br.

³ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó (GEOCERES), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó-RN, assucenadantas@gmail.com.

⁴ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ensino Superior do Seridó (GEOCERES), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó-RN, jrafael.ufrn@gmail.com.

organizou sobre terrenos graníticos do Batólito Chaval, apresentando canais com algumas anomalias (e.g., inflexões ortogonais, segmentos retilíneos e trechos de meandros comprimidos), preferencialmente, associadas com contatos litológicos ou com superfícies de descontinuidade (e.g., falhas e fraturas) (Belarmino; Bastos, 2021). O campo de *inselbergs*, no município de Chaval, constitui o divisor de águas das bacias dos rios Timonha e Ubatuba, no baixo curso (Figura 1).

Figura 1: Vista parcial do campo de *inselbergs* de Chaval, Ceará, com destaque para *inselbergs* do tipo *whalebacks* (dorso de baleia), com *gnammas* decamétricas na superfície somital. Observar a proximidade dos *inselbergs* com a planície fluvio-marinha do rio Ubatuba.



Fonte: acervo dos autores (2025).

O Granito Chaval é uma rocha porfírica leucocrática (< 30-37% de minerais máficos) com textura inequigranular, constituída por fenocristais euédricos a subédricos de microclínio de ~8 cm (fenocristais de álcali-feldspatos), em proporções que variam entre 5 e 15% do total modal da rocha (Nogueira, 2013), envolvidos por matriz fanerítica grossa, reunindo plagioclásio, quartzo, microclínio e biotita, de forma majoritária (Aragão *et al.*, 2020), onde é frequente a presença de xenólitos e concentrações de biotita em formas irregulares (*schlieren*), cuja classificação petrográfica, o situa como granito, com extensão para os campos do monzogranito e sienogranito porfírico (Santos *et al.*, 2008).

Especificamente no Estado do Ceará, o Granito Chaval constitui um campo de *inselbergs*, em ambiente estuarino, onde diversos setores mantêm contato direto com geofáceis do manguezal (apicum e salgado), o que o torna um ambiente de exceção regional, pois os campos de *inselbergs* do semiárido brasileiro, desenvolvem-se em superfícies erosivas típicas de paisagens sertanejas recobertas por caatingas, a exemplo, os campos de *inselbergs* de Quixadá (CE), Patos (PB) e Milagres (BA).

MATERIAL E MÉTODOS

As etapas metodológicas deste trabalho tiveram como base levantamentos bibliográficos sobre a geologia do DMC, Folha Chaval SA.24-Y-C-II (PINÃO *et al.*, 2018), com ênfase na granitogênese, sendo uma etapa fundamental para o entendimento geológico no qual está inserido o Batólito Chaval, além de ampla revisão sobre a gênese e evolução de formas graníticas.

As incursões de campo objetivaram a análise detalhada de microformas de dissolução (*gnammas*), sobre a superfície somital dos *inselbergs* de Chaval-CE, estabelecendo associações entre as *gnammas*, como os enclaves máficos e os megacristais de K-feldspato. Nessas etapas de campo também foram realizados sobrevoos com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), visando otimizar o acervo fotográfico e subsidiar a interpretação geomorfológica. Este trabalho buscou atualizar os dados referente aos condicionantes responsáveis pela gênese e evolução das *gnammas*, no Batólito

de Chaval, identificadas e descritas no artigo de Cordeiro et al. (2023), publicado na Revista Brasileira de Geomorfologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na superfície somital dos *inselbergs* de Chaval, as *gnammas* chegam a atingir dimensões decamétricas, sendo desenvolvidas a partir do ataque da meteorização química seletiva, preferencialmente, nos setores de maior concentração de biotita (*schlieren*) e microclina, que conferem ao Granito Chaval menor coesão física, proporcionando setores de fragilidade, sendo, assim, elementos decisivos na desagregação granular físico-químico, comprometendo, assim, a integridade física do granito.

Embora a presença de minerais máficos (~16%) e, a dimensão (≥ 6 cm) e o percentual de megacristais de microclina (~25%) (Aragão et al., 2020) sejam determinantes no entendimento dos processos de alteração, estes não são os únicos. Devem-se destacar outros condicionantes, como, por exemplo: a textura porfirítica, que proporciona uma maior porosidade; as microfissuras verificadas em alguns fenocristais de k-feldspato, que auxiliam na permeabilidade e retenção da umidade, e consequentemente no potencial de dissolução; os elevados níveis de sais, tendo em vista a localização dos *inselbergs* em ambiente estuarino, que através dos ciclos de cristalização-dissolução, provocam a perda de coesão granular e o aumento da porosidade; além da densidade de superfícies de descontinuidade (e.g., fraturas, veios e diques), que viabiliza a meteorização da rocha, na medida em que condicionam a circulação de fluidos no seu interior.

A exposição superficial de corpos graníticos com depressões circulares horizontalizadas, sem ocorrência das mesmas sob mantos de intemperismo, direcionam para uma interpretação evolutiva superficial, em função do acúmulo e da ação prolongada da água, e dos sais em solução, a alterar silicatos, principalmente, micas e feldspatos, constituindo, assim, as *gnammas*. Além desses fatores, a existência de fraturas/fissuras pode explicar a ocorrência e o alinhamento de *gnammas* (Silva et al., 2017). No entanto, as bacias de dissolução, observadas nos *inselbergs* de Chaval, em sua maioria, não estão associadas, geneticamente a estruturas de deformação rúpteis, e sim as concentrações de minerais máficos e a desagregação granular dos fenocristais de k-feldspato, proporcionada tanto pela hidratação da biotita quanto pela cristalização de sais solúveis.

Hall e Phillips (2006) observaram que as *gnammas* originam-se em depressões incipientes fechadas, onde a água se acumula após as precipitações pluviométricas. Enquanto as superfícies circundantes logo secam, nas depressões escavadas, por descamação e/ou desagregação granular (Ward, 2006), a água permanece por um período mais prolongado e, consequentemente, a umidade.

Vale salientar que os ciclos de cristalização-dissolução de sais solúveis (e.g., NaCl), transportados pelas águas fluviais e/ou meteóricas ou pelo vapor d'água, através das fissuras no granito ou acumulados nos poros dos mesmos, também, provocam a perda de coesão granular e o aumento da porosidade, proporcionando no Granito Chaval, a diminuição da resistência mecânica e a sua fragmentação superficial progressiva. Esses danos à rocha dependem dos ciclos de cristalização-dissolução e do mecanismo de intemperismo, o qual depende das condições de temperatura e umidade (Ferreira, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gênese e evolução das *gnammas* nos *inselbergs* de Chaval estão relacionadas às características litoestruturais do granito como, por exemplo, a concentração de superfícies de descontinuidades e, de minerais máficos e fenocristais de k-feldspato (microclina), assim como dos ciclos de cristalização-dissolução de sais solúveis, que influenciaram e/ou potencializaram os processos denudacionais físico-químicos. Na ausência das estruturas de deformação rúpteis no contexto específico dos *inselbergs* dômicos, o tamanho dos fenocristais e as concentrações de biotita (*schlieren*) ajudam a explicar a evolução das *gnammas*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES/UFRN), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, e ao Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Aplicada (LAGESA) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- ANGELIM, L. A. A. *et al.* Geotectônica do Escudo Atlântico: Província Borborema. In: BIZZI, L. A. *et al.* (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: textos, mapas and SIG. Brasília: SGB, 2003. p. 264-281.
- ARAGÃO, A. J. S. *et al.* Magmatic and tectonic evolution of the Chaval Granite at the end of the Neoproterozoic, northwestern border of the Borborema Province. **Brazilian Journal of Geology**, v. 50, n. 1, p. 1-26, 2020.
- BELARMINO, Y. S.; BASTOS, F. H. Análise morfoestrutural e aplicação do Índice Declividade Extensão (RDE) na bacia hidrográfica do rio Ubatuba, divisa CE/PI, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 22, n. 2, p. 441-462, 2021.
- BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. C. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 33, n. 1-2, p. 23-40. 1991.
- CORDEIRO, A. M. N. *et al.* Geomorfologia do campo de inselbergs de Chaval, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 1, e2247, 2023.
- FERREIRA, J. M. L. C. M. **Degradação da pedra provocada por sais em edifícios antigos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto. 2011. 77 p
- GORAYEB, P. S. S.; LIMA, A. M. M. Aspectos texturais do magmatismo e tramas da tectônica impostas ao Granito Chaval na zona de cisalhamento Santa Rosa, extremo Noroeste da Província Borborema. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, n. 4, p. 653-668, 2014.
- HALL, A. M.; PHILLIPS, W. M. Weathering pits as indicators of the relative age of granite surfaces in the Cairngorm mountains, Scotland. **Geografiska Annaler**, v. 88, n. 2, p. 135-150, 2006.
- NOGUEIRA, B. K. C. **Geocronologia e petrografia da porção nordeste do Granito Chaval - Noroeste da Província Borborema**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, Belém. 2013. 77p.
- PINÉO, T. R. G. *et al.* Projeto ARIM Noroeste do Ceará. Mapa Geológico-Geofísico. Chaval. **Folha SA.24-Y-C-II**. Escala 1:100.00. Fortaleza: SGB/CPRM, 2018.
- SANTOS, T. J. S. *et al.* Neoproterozoic tectonic and magmatic episodes in the NW sector of Borborema Province, NE Brazil, during assembly of Western Gondwana. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 25, p. 271-284, 2008.
- SILVA, D. G. *et al.* Caracterização morfológica e dinâmica ambiental das marmitas (weathering pit) no distrito de fazenda Nova, Pernambuco - Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, p. 349-362, 2017.
- TWIDALE, C. R.; VIDAL ROMANÍ, J. R. On the multistage development of etch forms. **Geomorphology**, v. 11, p. 107-124, 1994.
- WARD, S. Tafoni. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of geomorphology**. Londres: Taylor & Francis e-Library, 2006. p. 1034-1035.