



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Classificação hierárquica das formas de relevo granítico na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) Pedra Andorinha, Taparuaba, Sobral, CE

José Marcos Duarte Rodrigues ¹. Ernane Cortez Lima ². Vanda de Claudino-Sales ³

¹ Doutorando em Geografia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), s/n, CEP 58051-900, Joao Pessoa, Paraíba. (88) 98125-1289. marcos_duarte@uvanet.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5853-453X> (autorcorrespondente) ² Prof. Dr. na Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Avenida da Universidade 850, Sobral-Ceara, CEP 62040-370. ernane_cortez@uvanet.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1744-6928> ³ Prof. Dr. na Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Avenida da Universidade 850, Sobral -Ceara, CEP 62040-370. vcs@ufc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9252-0729>.

Artigo recebido em 10/07/2021 e aceito em 09/02/2022

RESUMO

O relevo granítico mostra-se de forma expressiva na paisagem nordestina, devido sua maior resistência a processos naturais químicos e físicos. Na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha, situada no distrito de Taparuaba, município de Sobral Ceará, a ocorrência dessas feições é bastante expressiva. Tais feições apresentam formas e tamanhos variados, evidenciando a atuação de processos em subsuperfície e em superfície após sua exumação. Dessa forma, a Teoria da Etchplanação associada com a compreensão dos processos morfodinâmicos, possibilitaram a análise do desenvolvimento dessas formas de relevo. Utilizando-se da literatura existente, trabalhos de campo e técnicas de geoprocessamento, classificou-se tais feições em macro e microformas, de acordo com suas características fisionômicas, gênese e desenvolvimento. Considerou-se como macroformas, o inselberg Pedra da Andorinha e os lajedos e/ou afloramentos verticalizados. As microformas foram subdivididas em feições associadas com meteorização, saprolitização e fraturamento. Foi possível distinguir e hierarquizar as feições graníticas de maneira produtiva, contribuindo para trabalhos posteriores que possam aprofundar-se na temática.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Etchplanação; Feições graníticas.

Hierarchical classification of granite landscapes in the Pedra da Andorinha Conservation Unit and Wildlife Refuge, Taparuaba, Sobral, CE

ABSTRACT

Granite landscapes are extensively found in the Brazilian Northeast, due to their greater resistance to chemical and physical natural processes. At Pedra da Andorinha Conservation Unit and Wildlife Refuge, located in the district of Taparuaba, municipality of Sobral, State of Ceará, the occurrence of these features is very expressive, with varied shapes and sizes, showing the action of processes in the subsurface and surface after its exhumation. Associated with the understanding of morphodynamical processes, the etchplanation Theory allows for the analysis of the development of these landforms. From the existing literature, field work and geoprocessing techniques, the features were classified in macro and microforms, according to their physiognomic characteristics, genesis and development. The Pedra da Andorinha inselberg and the cliffs and/or vertical outcroppings were considered macroforms. The microforms were subdivided into features associated to weathering, saprolitization and fracturing. It was therefore possible to distinguish and hierarchize the granitic features in a convenient way, contributing to further works that can deepen the approach to the theme.

Keywords: Conservation Unit; Etchplanation; Granite landscapes.

Introdução

As formas de relevo granítico correspondem a feições erosionais, devido a processos de meteorização, associadas as condições climáticas e as propriedades mineralógicas e petrográficas das rochas. Essas formas de relevo são maciços, lajedos e campos de inselbergs, que em conjunto formam padrões de relevo associados a fraturamento, mas sobretudo com meteorização diferencial, dada a predisposição mineralógica e petrográfica das rochas (Maia e Nascimento, 2018).

Essas feições pontuam diversos setores das superfícies aplainadas do Nordeste brasileiro, resultando da exumação de plutons sin, tardi e pós orogênicos, alojados, em geral, ao longo de zonas de cisalhamento neoproterozoicas (Maia e Bezerra, 2020). O reconhecimento da existência dessas feições na morfologia regional é recente e introduza ideia de que, mesmo em contexto semiárido, existem relevos que se acham também associados com a ação do intemperismo químico. Ou seja, intemperismo é o responsável pela transformação da superfície rochosa (Xavier, 2021).

As fases de atuação do intemperismo químico responsáveis pela formação do relevo erosional em rochas graníticas resultam da ocorrência de climas mais úmidos do que o atual, alternado com os climas mais secos (Twidale, 1998). A ocorrência de inselbergs corrobora com essa ideia de alternância climática ao longo do período Quaternário (Olímpio et al., 2021; Bétard et al., 2007), ou seja, há a concepção de ocorrência de mudanças climáticas cenozoicas na região, como já pautado por autores como Bigarella (1994).

As alternâncias climáticas, com efeito, seriam um fator fundamental da existência de feições erosionais nos granitos, gerando os chamados relevos saprolíticos, associados com processos de ecthplanação (Maia e Nascimento, 2018).

Segundo a teoria de ecthplanação, admite-se que os aplainamentos evoluíram através de mecanismo de duplo *front*, por meio da interação entre uma superfície exumada de lavagem (*washing surface*) e uma superfície de intemperismo (*leaching surface*). Na superfície de lavagem prepondera os processos mecânicos de erosão fluvial e pluvial, enquanto na superfície de intemperismo predominam os processos de lixiviação e denudação química (Salgado, 2007).

Neste modelo de evolução do relevo, o aplainamento tem início quando ocorre uma calma tectônica e clima tropical subúmido. No Nordeste brasileiro, alguns estudos mais recentes demonstraram o que estudos clássicos (e.g. Bigarella, 1994) apontaram no passado: houve

variações climáticas ao longo do Quaternário, com semiaridez intercalada por períodos subúmidos (Maia et al., 2018). Essa condição se mostra como necessária para a atuação de processos químicos, permitindo a existência de superfícies *etch* (Maia e Nascimento, 2018).

Assim, o presente trabalho trata da análise e classificação do relevo granítico na Unidade de Conservação Pedra da Andorinha. Esta Unidade de Conservação pertence à categoria Refúgio de Vida Silvestre (REVIS), criada sob o decreto nº 1252 de 18 de agosto de 2010, e situa-se no distrito de Taperuaba, a 65 km da sede do município de Sobral (Figura 1). Possui uma área de aproximadamente 600 ha (Pereira et al., 2021), estando sob a tutela da Agência Municipal de Meio Ambiente (AMA) (Barros e Lima, 2019).

O artigo tem como objetivo identificar e hierarquizar as formas de relevos graníticos na REVIS Pedra da Andorinha. Diante da complexidade de tais feições, e levando em consideração as características morfológicas e os aspectos genéticos, apresentamos uma divisão pautada no critério de macro e microformas, como será apresentado a seguir.

Contexto Geomorfológico Regional

Na REVIS Pedra da Andorinha (Figura 1) são identificadas feições geomorfológicas comuns a todo o Nordeste brasileiro. Para compreensão da geomorfologia do Nordeste, alguns autores distinguem uma perspectiva clássica e outra atual. Na perspectiva clássica as formas geomorfológicas do Nordeste são interpretadas como resultantes de processos epirogênicos pós-cretáceo, com sucessivos ciclos de aplainamento que induziram o rebaixamento do nível de base (Maia e Bezerra, 2014).

Nas perspectivas atuais, autores como Costa et al. (2020), Claudino-Sales (2016) e Maia e Bezerra (2014) propõem a inclusão da atuação de processos estruturais interpretados a partir da tectônica Mesozoica e Cenozoica. Desta forma, os autores concebem a geomorfologia do Nordeste marcada por deformações estruturais dúctil e rúptil sobre o embasamento pré-cambriano - ou seja, exibe formas elaboradas em resquícios morfoestruturais do “Ciclo Brasileiro”, orogênese responsável pela formação do supercontinente Panóia. Tais estruturas foram reativadas posteriormente, durante a divisão do supercontinente Pangeia, originando áreas arqueadas como o Planalto da Borborema e os maciços cristalinos do Estado do Ceará (Maia et al., 2010).

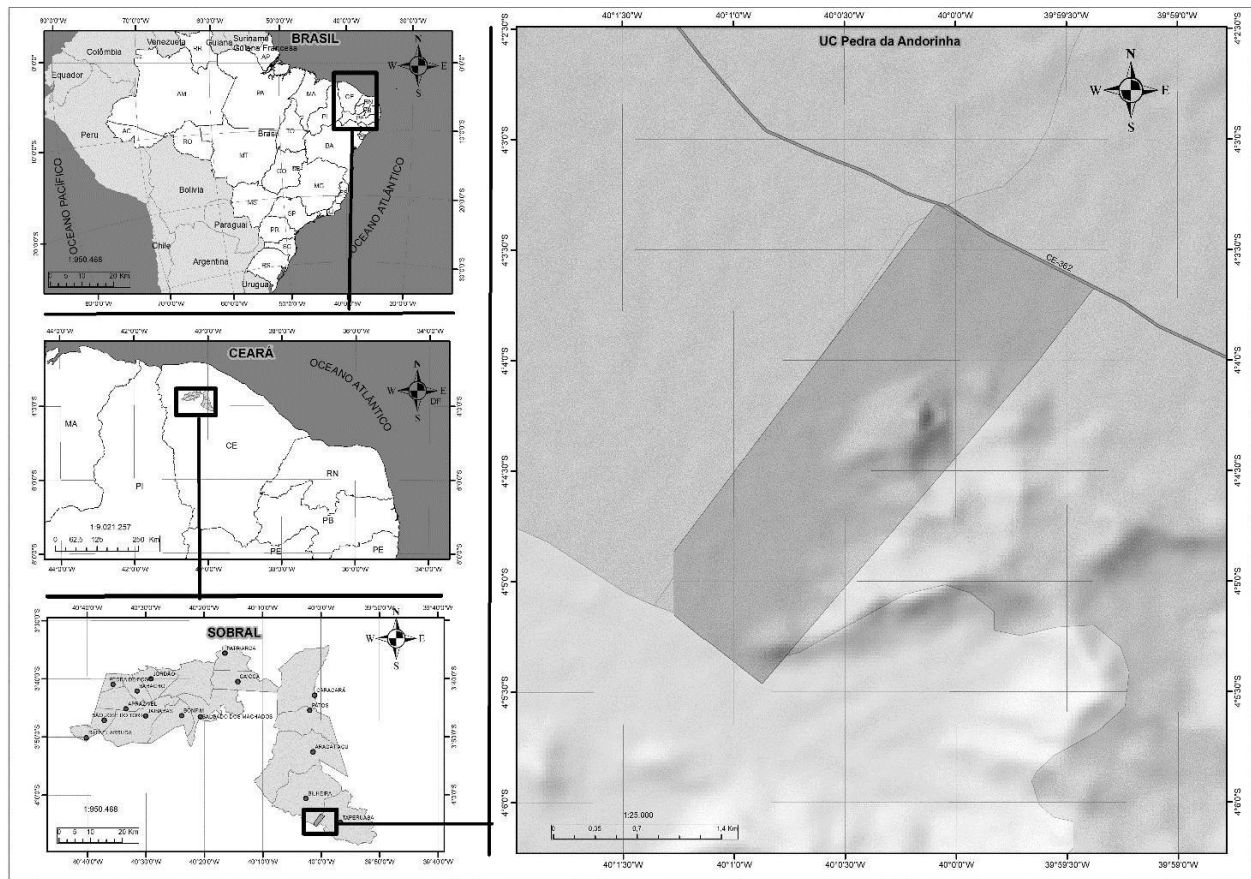


Figura 1. Localização da REVIS Pedra da Andorinha.

De acordo com Claudino-Sales (2016), houve no Nordeste setentrional brasileiro uma reorganização do relevo durante o Cretáceo, devido à reativação das zonas de cisalhamento associadas com a divisão do Pangeia. Esse processo abriu *rifts* no interior do continente e soergueu parcelas do terreno. No Cenozoico, as áreas elevadas foram erodidas e rebaixadas a partir da intervenção de processos erosivos comandados por mudanças climáticas. Os setores litológicos e estruturais menos resistentes foram intensamente rebaixados e as rochas mais resistentes, em geral associadas a intrusões brasileiras ou com estruturas paleozoicas, ficaram em resalto na paisagem.

Segundo a autora, desse amplo processo evolutivo resultaram os seguintes domínios geomorfológicos: superfícies de aplainamento com relevos residuais; maciços cristalinos; platôs sedimentares, fachada atlântica (que recorta ou incorpora os diferentes domínios, ao mesmo tempo em que apresenta características geomorfológicas específicas) e plataforma continental (Claudino-

Sales, 2016).

Os domínios geomorfológicos identificados na Unidade de Conservação Pedra da Andorinha e nas áreas adjacentes, correspondem a superfície aplainada (superfície sertaneja), maciços residuais (Serra do Corrente), e áreas planas de depósitos sedimentares (planícies fluviais) (Figura 2) (Rodrigues, 2018).

A Superfície Sertaneja (Figura 3a) na área em estudo apresenta cotas altimétricas em torno de 250 m a 400 m, situada no entorno do Maciço do Corrente. Nessa área, preponderam processos de aplainamento. O Maciço do Corrente (Figura 3b), assim como outros maciços cristalinos do Estado do Ceará (e.g. Betard et al., 2007), apresentam processos químicos e suas altitudes ficam em torno de 800 m, com nível de base local a 130 m, apresentando declives bem acentuados. As planícies fluviais (Figura 3c), embora ocorram de forma menos expressiva, situam-se em relevo plano com o predomínio de processos de acumulação de sedimentos.

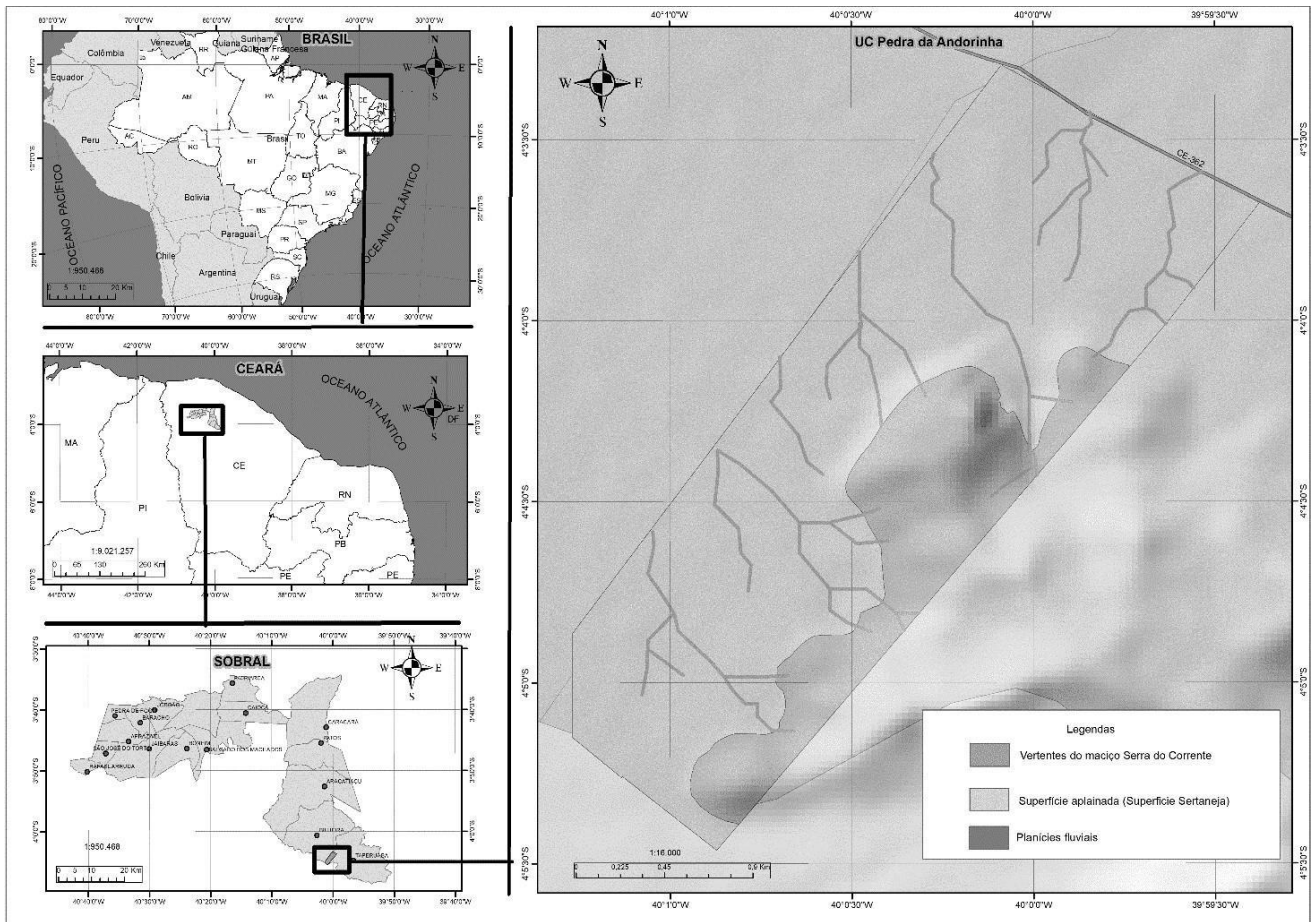
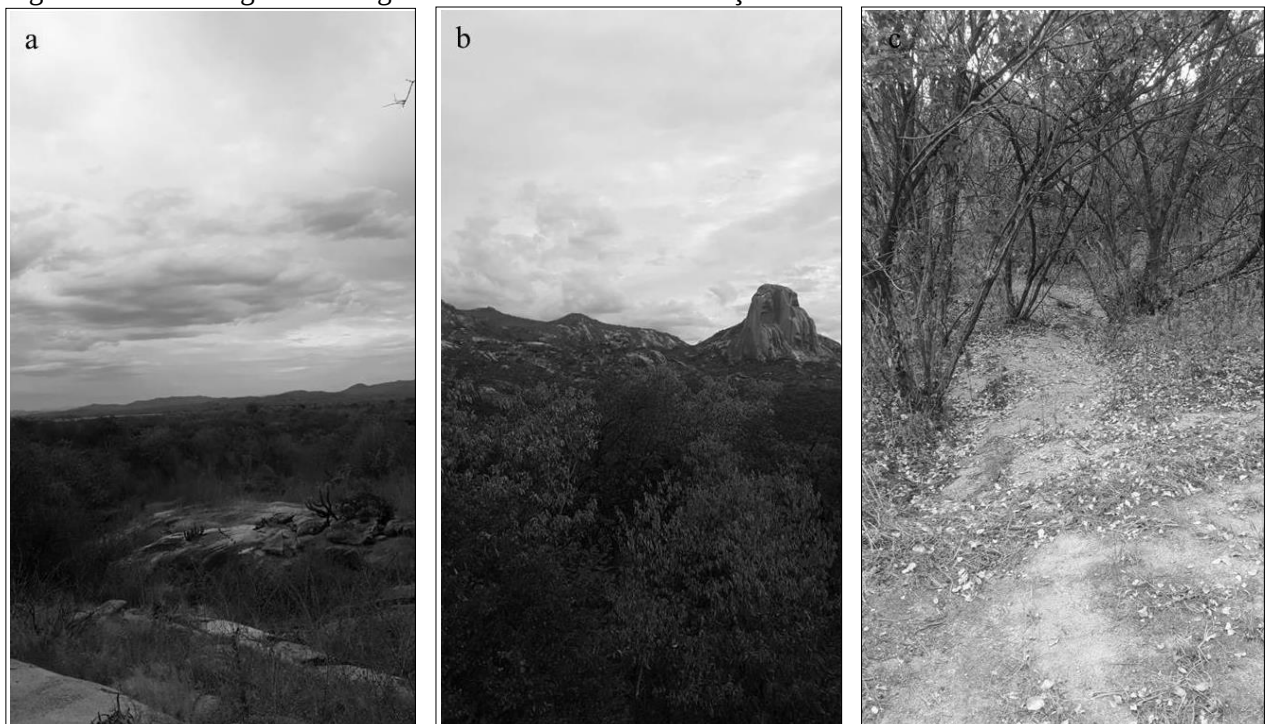


Figura 2: Domínios geomorfológicos na Unidade de Conservação REVIS Pedra da Andorinha.



Figuras 3. Domínios geomorfológicos da Unidade de Conservação REVIS Pedra da Andorinha: Superfície aplainada (a), Maciço do Corrente (b) e Planície Fluvial (c).

Metodologia e técnicas

No presente trabalho tem-se na teoria da ecthplanação (Büdel, 1982) as bases para elucidar a gênese e desenvolvimento das formas dos modelado de relevo granítico na Unidade de Preservação Pedra da Andorinha. Assim, a partir da perspectiva da teoria da ecthplanação, levou-se em consideração os processos morfodinâmicos, como o intemperismo químico e físico, para melhor compreender as formas do relevo granítico e sua distribuição espacial.

Do ponto de vista das etapas de pesquisa, coloca-se que inicialmente foi feito um amplo levantamento da bibliografia existente sobre a temática, buscando literatura que tenha foco no Nordeste brasileiro e/ou sobre a área em estudo. Após isso, realizou-se os trabalhos de campo, cujo objetivos foram identificar e categorizar as formas graníticas desenvolvidas na REVIS Pedra da Andorinha.

Em seguida, organizou-se as formas graníticas na REVIS Pedra da Andorinha seguindo os trabalhos de Campbell e Twidale (1995),

Campbell (1997), Romaní e Twidale (1998), Migoñ (2006), Maia *et al.* (2018), Maia e Nascimento (2018), Lima *et al.* (2019), Rocha (2019), Rocha, Maia e Oliveira (2019) e Rodrigues, Maia e Gomes (2019).

Com o intuito de melhor identificar as formas graníticas na área em estudo, também fez-se uso de técnicas de geoprocessamento, através do processamento digital de imagens de satélite Lansat 8, elaborando-se uma composição colorida com as bandas 6, 5 e 4, respectivamente. Utilizou-se também imagens SRTM, construindo-se Modelo Digital de Terreno (MDT). Obteve-se também informações relacionadas a geologia através da folha Taparuaba (SB- 24-V-B-II) escala de 1:100.000.

Com base nos trabalhos dos autores, nos trabalhos de campo e no uso de técnicas de geoprocessamento, e através das formas, origem e desenvolvimento, dividiu-se as feições graníticas em macro e microformas. As macroformas associam-se ao desenvolvimento de inselbergs, enquanto as microformas associam-se a processos de meteorização, saprolitização e fraturamento (Figura 4).

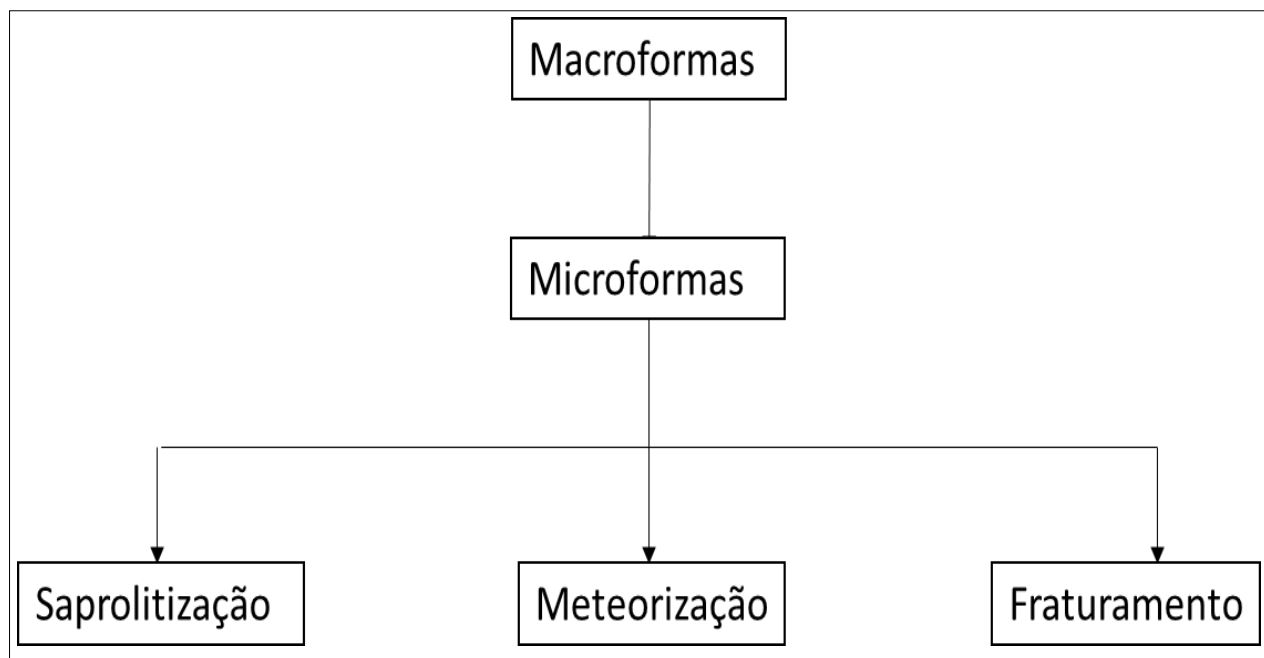


Figura 4. Hierarquização das formas de relevos graníticos. Fonte: Adaptado de Maia *et al.* (2018), Maia e Nascimento (2018) e Bastos *et al.* (2021).

Resultados e discussão

Na UC Pedra da Andorinha, principalmente nas vertentes do Maciço do Corrente, ocorre exposição de rochas desnudas, caracterizando inselbergs, afloramentos verticalizados, lajedos, e feições de menor proporção, como *bolders*, *tors*, caos de blocos, dentre outros. Essas formas de relevo

desenvolvidas em rochas graníticas têm sua gênese associada com uma combinação de processos que antecedem sua exposição na superfície (Maia e Nascimento, 2018).

Seguindo as concepções de Maia *et al.* (2018), Maia e Nascimento (2018), Rodrigues (2018) e Rocha (2019), as formas graníticas

identificadas na REVIS Pedra da Andorinha foram classificadas em macro e microformas (Quadro 1).

Macroformas

As macroformas correspondem a corpos plutônicos com expressiva extensão territorial, associadas à exposição da rocha matriz, resultantes de suas resistências ao processo de intemperismo em subsuperfície. A resistência se deve à sua

composição mineralógica e/ou a baixa densidade de fraturamento (Maia et al., 2018; Carvalho, Cordeiro e Bastos, 2021).

Na REVIS Pedra da Andorinha foram identificadas as seguintes macroformas: o inselbergue Pedra da Andorinha, lajedos e afloramentos verticalizados (Rocha, 2019).

Quadro 1. Macro e microformas identificadas na REVIS Pedra da Andorinha. Fonte: Adaptado de Maia et al. (2018), Maia e Nascimento (2018), Rodrigues (2018), Rocha (2019) e Bastos et al. (2021).

Macroformas	Inselbergs e/ou Bornhardts	
	Lajedos e afloramentos verticalizados	
Microformas	Microformas associadas a blocos graníticos/saprolitização	<i>Boulders</i>
		<i>Caos de blocos</i>
		<i>Tors</i>
		<i>Castle Koppies</i>
	Microformas de Meteorização(dissolução)	<i>Tafoni</i>
		<i>Alvéolos</i>
		<i>Caneluras/Karren</i>
		<i>Gnammas</i>
		<i>Flared Slopes</i>
	Microformas de fraturamento	<i>Split Rock</i>
		<i>Poligonal Cracking</i>

Para Bastos et al. (2021) os inselbergs são feições formadas por rochas mais resistentes ao intemperismo. O inselberg Pedra da Andorinha situa-se nas vertentes setentrionais do Maciço do Corrente. Na classificação de Twidale (1998), esse inselberg se enquadra no tipo bornhardtts. Rodrigues (2018) classifica-o como bornhardt alongado em forma de torre. Para Maia et al. (2018), refere-se a um inselberg dômico, com encostas nuas e côncavo-convexas, topos achatados, poucas descontinuidades estruturais e sem a presença expressiva do regolito.

Para Lima et al. (2019) inselberg e bornhardt não são sinônimos. Os inselbergs são feições isoladas em uma superfície rebaixada, enquanto os bornhardts ocorrem tanto em terreno rebaixado como montanhoso. Portanto sua diferença refere-se a suas características morfológicas e o contexto topográfico. Para Romanì e Twidale (1998) muitos inselbergs são bornhardts, mas nem todos os bornhardts são inselbergs.

De acordo com o modelo de evolução proposto por Rodrigues (2018) a morfogênese do inselberg Pedra da Andorinha se deu em dois

estágios. O primeiro, correspondente as figuras 5a e 5b, refere-se a fases pedogenéticas em climas mais úmidos e de calma tectônica. Nesse estágio a densidade de faturamento permitiu uma maior atuação do intemperismo químico. Essas deformações significaram mais planos de percolação, traduzindo-se em maior permeabilidade do granitoide, possibilitando mais eficácia de atuação dos processos de decomposição mineral, aprofundando o *front* de alteração.

O estágio 2, representado na figura 5c e 5d, refere-se as etapas de lavagem impulsionando a exumação do relevo basal. Nesse estágio atuaram as condições de clima mais seco, com o escoamento superficial mais intenso alçando as feições saprolíticas e rebaixando o nível de base local.

Portanto, no estágio 1, o bloco rochoso que corresponde à Pedra da Andorinha, devido à menor intensidade de faturamento, sofreu menos ação do intemperismo químico. Já no estágio 2, sua resistência a desnudação implicou em não rebaixamento do nível de base local, preservando sua morfologia.

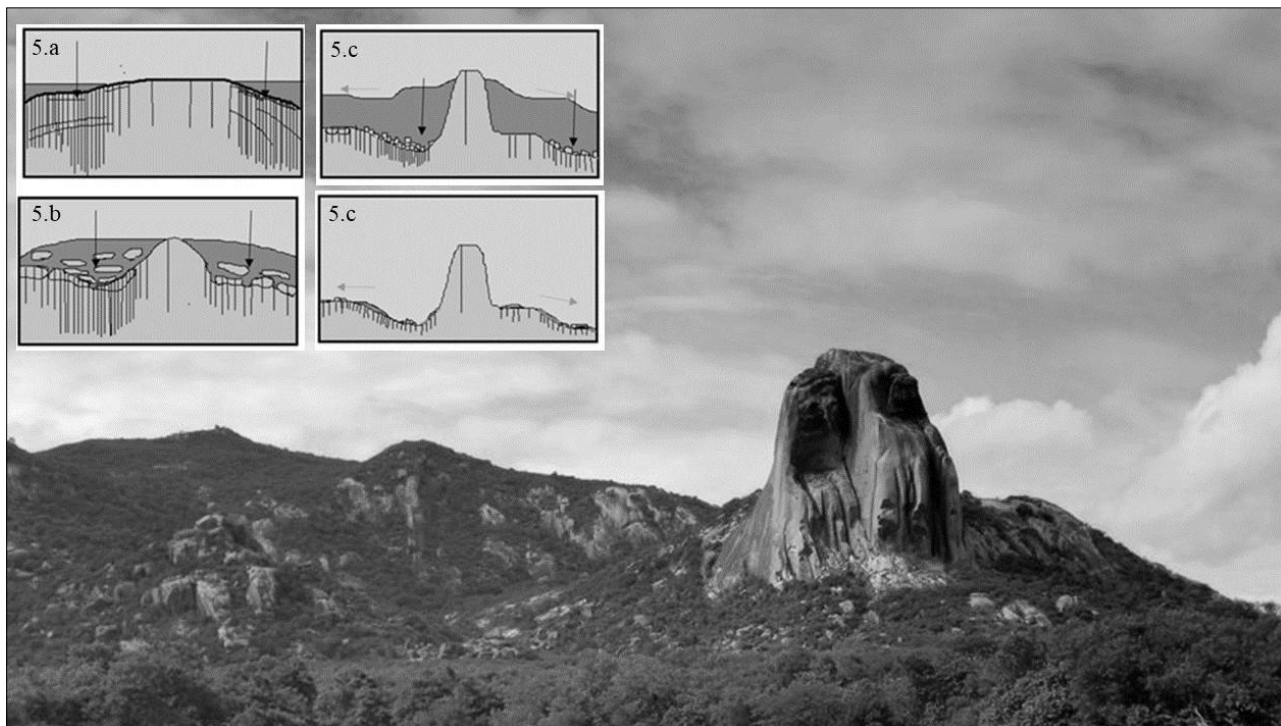


Figura 5. Evolução morfogenética do inselberg Pedra da Andorinha: Estágio 1 (a e b) e estágio 2 (b e c). As setas cor preta indicam a percolação de água no solo, as setas azuis referem-se à erosão linear. Fonte: Adaptado de Rodrigues (2018).

Classificou-se também como macroformas os lajedos e afloramentos verticalizados. Ocorrem em setores isolados em superfície horizontalizadas ou em encostas verticalizadas. Essas feições, de acordo com Maia *et al.* (2018), resultam das limitações pedogenéticas devido à declividade e/ou por condições climáticas que limitam o desenvolvimento de solos, expondo assim a rocha (Bastos *et al.*, 2021).

Na REVIS Pedra da Andorinha, essas feições situam-se nas vertentes do Maciço do Corrente (Figuras 6), mas também afloram na superfície aplainada, principalmente nas porções oeste e sudoeste. Nessas feições ocorrem microformas de dissolução e faturamento.

Microformas

As microformas correspondem à feições associadas a blocos graníticos (*boulders*, caos de blocos, *tors* e *castle koppies*), formas de dissolução (*tafoni*, alvéolos/*honeycombs*, caneluras, bacias de dissolução e *flared slopes*) ou de fraturamento (*split*

rock e *polygonal cracking*) (Rocha, 2019).

Microformas de saprolitização

As microformas de saprolitização correspondem a feições relictuais, relacionadas a paleomanto de alteração (*grus*). Essas feições evidenciam que em fases de morfogênese ativa, as fases de erosão removeram parcialmente os detritos (Maia *et al.*, 2018). De acordo com Rocha (2019), esses relevos são desenvolvidos em subsuperfície, devido a atuação do intemperismo químico, o que resulta em blocos de rochas inalterados e individualizados.

Com ação dos processos erosivos, esses blocos rochosos são expostos em superfície, mantendo características dos estágios de seu desenvolvimento. Na Figura 6, têm-se os estágios de evolução do relevo saprolítico. Nos estágios 1, 2 e 3, ocorre o aprofundamento diferencial do manto de intemperismo, facilitado por fraturas. Os estágios 4, 5 e 6, representam a exumação dos blocos rochosos, devido aos processos erosivos (Maia e Nascimento, 2018).

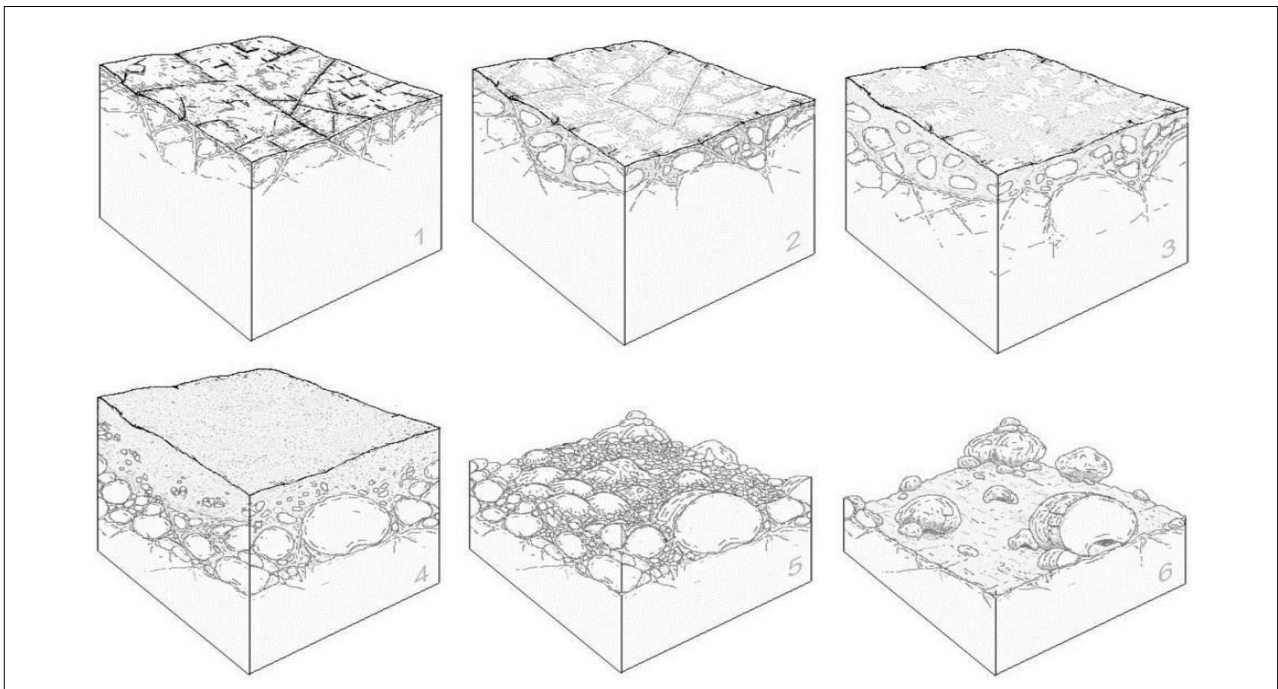


Figura 6: Estágios de formação do relevo saprolítico. Fonte: Maia e Nascimento (2018).

Com base no trabalho de Rocha (2019), no processamento de imagens orbitais e nos trabalhos de campo, identificou-se na REVIS Pedra da Andorinha as seguintes microformas de saprolitização: *boulders*, caos de blocos, *tors* e *castle koppies*. Com efeito, foram identificados *boulders* de vários tamanhos e formas, o que reflete a variabilidade dos espaçamentos das fraturas primárias na massa rochosa granítica (Migoñ, 2006). O alívio da pressão litostática, juntamente com o intemperismo e a erosão,

provocaram o aumento do volume da rocha, resultando em descamação e fragmentação. Com a atuação contínua do intemperismo em subsuperfície, houve a transformação da massa rochosa homogênea em materiais diferentes. O primeiro material refere-se aos *corestones* de rocha fresca e o segundo a matriz de *grus*. Após a remoção do *grus*, devido a atuação da erosão, os *corestones* são expostos, passando a constituir os *boulders* (Figura 7) (Romaní e Twidale, 1998; Rocha, 2019).



Figura 7. Boulder identificado UC Pedra da Andorinha e seus estágios de desenvolvimento.

De acordo com Migoñ (2006), os *boulders*, apesar de suas semelhanças superficiais, se diferem quanto às suas origens. Alguns podem ter sido desenvolvidos *in situ*, deixados no local após a erosão da rocha originária. Outros podem ter sido deslocados da rocha originária para o local onde se encontram. Quando formam uma massa caótica, passam a serem denominados de caos de blocos.

O caos de blocos (Figuras 8a e 8b) corresponde a núcleos rochosos inalterados que resistiram aos processos de meteorização no interior do manto de intemperismo. Após a ação erosiva do *grus*, podem ter sido deslocados ou não ao longo das encostas íngremes, devido a atuação da gravidade. Desta forma, formou-se uma maior densidade de *corestones* expostos dando origem aos aglomerados de *boulders*. Ao serem expostos, os *boulders* ficam sujeitos à atuação de outros processos de meteorização (Migoñ, 2006; Rocha, 2019).

De acordo com Rocha (2019), os *tors* (Figura 8c) constituem-se de núcleos de rochas expostos e apoiados por um embasamento rochoso, se caracterizando como blocos residuais que foram expostos e posteriormente soltos sobre uma superfície rochosa. O autor ressalta que a teoria da *etchplanação* seria mais adequada para explicar

essas feições de relevo.

Para o autor supracitado, a teoria da *etchplanação* corrobora com a proposta de Linton (1995). Esse autor propôs um modelo de dupla fase para explicar o desenvolvimento dos *tors*. Nesse modelo, um *tors* é considerado como uma rocha sólida formada em subsuperfície devido ao profundo apodrecimento das rochas em função da ação das águas subterrâneas, guiadas por um conjunto de fraturas. Esse processo é seguido por uma fase de exumação por processos mecânicos dos produtos gerados pelo intemperismo químico.

Os *castle koppies*, também conhecido como *inselbergs* acastelados (*castellated inselbergs*), constituem-se de uma parte inferior de rocha maciça e uma parte superior composta por pilares, lados e fissuras (Maia et al., 2018). Romaní e Twidale (1998), sugerem que trata-se de resquícios de uma estrutura maciça, na qual a partes marginais desapareceram. Ou seja, apenas a área superior foi preservada, indicando que houve um forte ataque marginal devido à umidade em subsuperfície. Desta forma alguns autores como Twidale (1998) e Campbell (1997) sugerem que sua origem está relacionada ao ataque lateral no qual a parte superior estava exposta ou mais próxima da superfície.

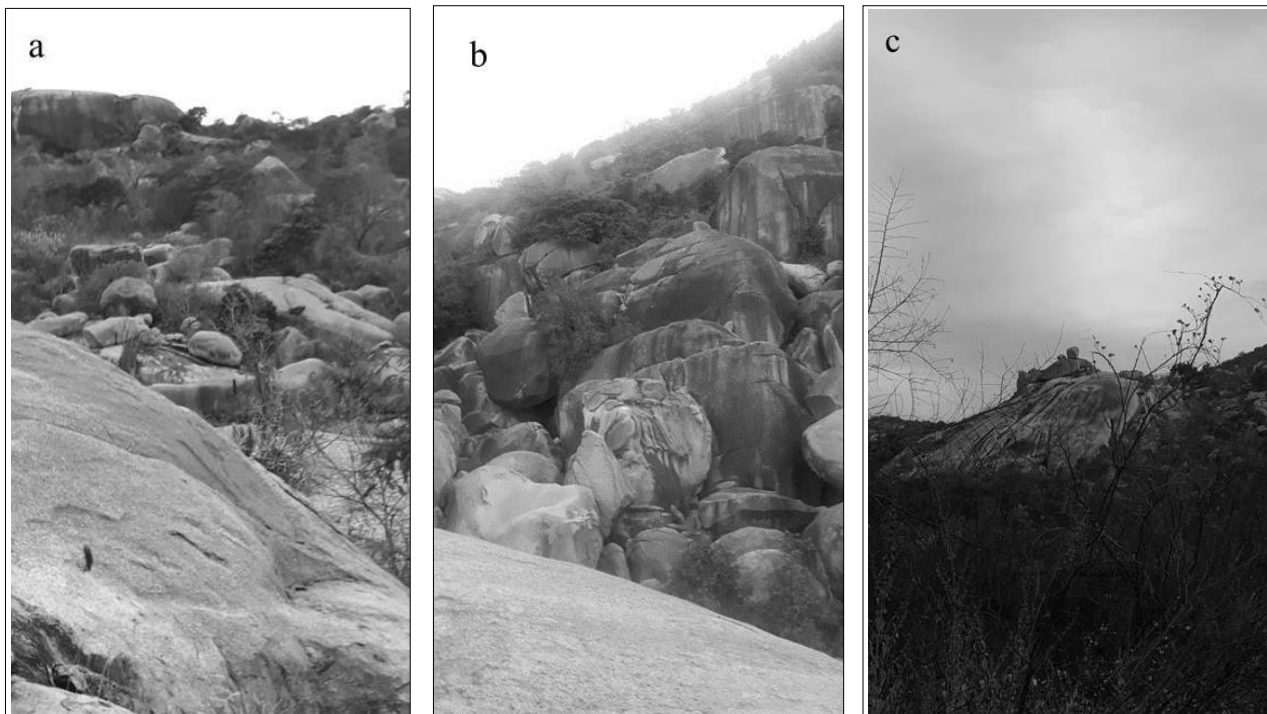


Figura 8. Microformas de saprolitização: Caos de blocos (a e b) e *Tors* (c). Microformas de meteorização (dissolução)

Ao contrário das macroformas, cuja gênese e desenvolvimento deram-se devido ao intemperismo em subsuperfície, algumas microformas de dissolução associam-se aos processos em superfície. No entanto, algumas dessas formas relacionam-se com a repetição do intemperismo em subsuperfície e posterior remoção dos materiais inconsolidados (Maia et al., 2018; Rocha, 2019).

Na UC Pedra da Andorinha identificou-se a seguintes microformas: *Tafoni*, alvéolos, caneluras ou *Karrens*, *gnamas* e *flored slopes*.

Os tafones (Figura 9a) são frequentemente encontrados em *boulders* e na escarpa frontal do inselberg Pedra da Andorinha. Essas feições possuem origem poligênica e poliformes formadas a partir da expansão de um núcleo que, progressivamente, vai sendo destruído pela ação do intemperismo (Romaní e Twidale, 1998).

De acordo com Migón (2006) a origem dos tafonis ainda não é totalmente esclarecida, no entanto Maia et al. (2018) e Rocha (2019) sugerem que a origem dessas feições está relacionada a descamação por termoclastia e desintegração granular, devido aos processos de intemperismo, como cristalização de sal e ataques químicos por soluções salinas, e umidade provocada por sombreamento de seu interior.

Twidale (1998) distinguem, de acordo com a posição da abertura, três tipos de tafonis: de parede (*side tafone*), basal (*boulder tafone*) e de fratura (*sheet tafone*). Outra forma tafoniforme são os alvéolos ou *honeycombs* (Figura 9b), considerados como subclasses dos tafonis. Alguns autores sugerem que o tamanho dos alvéolos está relacionado com tamanho do grão das rochas. Ou seja, rochas de granulação fina apresentam alvéolos pequenos, enquanto as rochas de granulação mais grosseira desenvolvem alvéolos maiores (Twidale e Romaní, 2005).

Geralmente essas feições ocorrem em grupo, normalmente ao longo de linhas de fraquezas das rochas, separados por paredes estreitas formando um padrão intrincado denominado de “Estrutura em favo-de-mel” (MIGÓN, 2006). A ocorrência de alvéolos nas paredes no interior de *tafoni*, infere que essas formas de relevo granítico correspondem a um estágio inicial de evolução do *tafoni* (Maia et al., 2018).

As Caneluras ou *Karren* (Figura 9c), correspondem a sulcos em superfícies de rochas inclinadas e verticalizadas, variam de tamanho, sinuosidade e seção transversal (Migón, 2006). As caneluras podem ser identificadas em *boulders*, *tors*, afloramentos verticalizados e no inselberg Pedra da Andorinha.

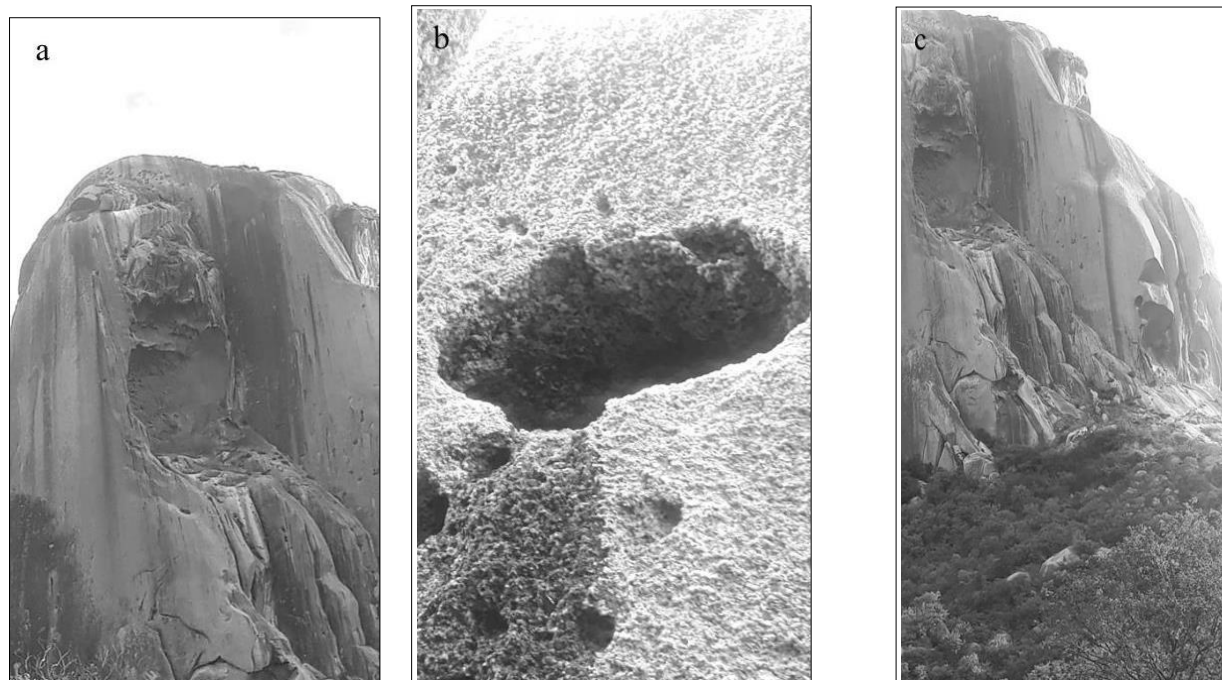


Figura 9. Microformas de meteorização (dissolução): Tafone de parede (a), *honeycombs* (b) e *Karren* (c).

Quanto à origem, ainda não é possível inferir se é a variação litológica ou climática que controla a localização e o desenvolvimento dessas

feições. No entanto, Maia et al. (2018), constataram que seu desenvolvimento pode estar relacionado com a variação faciológicas dos granitos, ou seja, nas fácies com predomínio de minerais máficos

(biotita e muscovita) e textura porfírica pode-se observar maior ocorrência de caneluras, enquanto que em granitos ricos em minerais félsico (quartzo e feldspato), essas feições são menos presentes.

As *gnamas* (Figura 10) podem ser definidas como bacias (cavidades) rochosas, ou bacias de dissolução, em superfícies quase horizontalizadas desenvolvidas em granitos expostos (Paradise, 2013). Para Campbell (1997), as bacias rochosas se desenvolvem ao longo de fraturas, principalmente em intersecção de fraturas, devido a processos químicos, e após sua exposição em superfície desenvolvem formas variadas dependendo da estrutura do granito, da inclinação da superfície e do grau de erosão.

Desta forma, percebe-se que ainda há muitas incertezas quanto à origem e desenvolvimento dessas feições. Alguns autores mencionam a estagnação da água proveniente das chuvas em depressões superficiais nas rochas. Outros mencionam o papel do intemperismo químico como principal agente de desenvolvimento. Percebe-se também, na literatura, menção a processos de hidratação, da ação mecânica e do intemperismo bioquímico (Migoñ, 2006).

Os *flared slopes* ocorrem nas partes baixas de colinas, ao lado de *boulders* e em encosta de inselbergs. Seu desenvolvimento ocorre em dois estágios. O primeiro envolve o intemperismo em subsuperfície, no qual a encosta rochosa é destruída, fato que necessita de estabilidade tectônica. O segundo estágio refere-se à remoção do regolito expondo a frente lisa e côncava (Campbell, 1997). Twidale (1998) e Maia et al. (2018) apontam que os *flared slopes* são formas de corrosão desenvolvidas nos sopés de escarpas devido ao ataque do intemperismo químico em rochas maciças e posteriormente expostas.

Microformas de fraturamento

As microformas de fraturamento correspondem ao desenvolvimento de *split rock* e *polygonal cracking* (Rocha, 2019). Foram classificadas desta forma devido seus aspectos morfológicos indicarem que suas origens deram-se por fraturamento. Cabe mencionar que algumas feições de dissolução apresentam fraturas associadas à sua origem e desenvolvimento (Maia et al., 2018).



Figura 10. *Gnama* ou bacia de dissolução. Fonte: Rodrigues (2021).

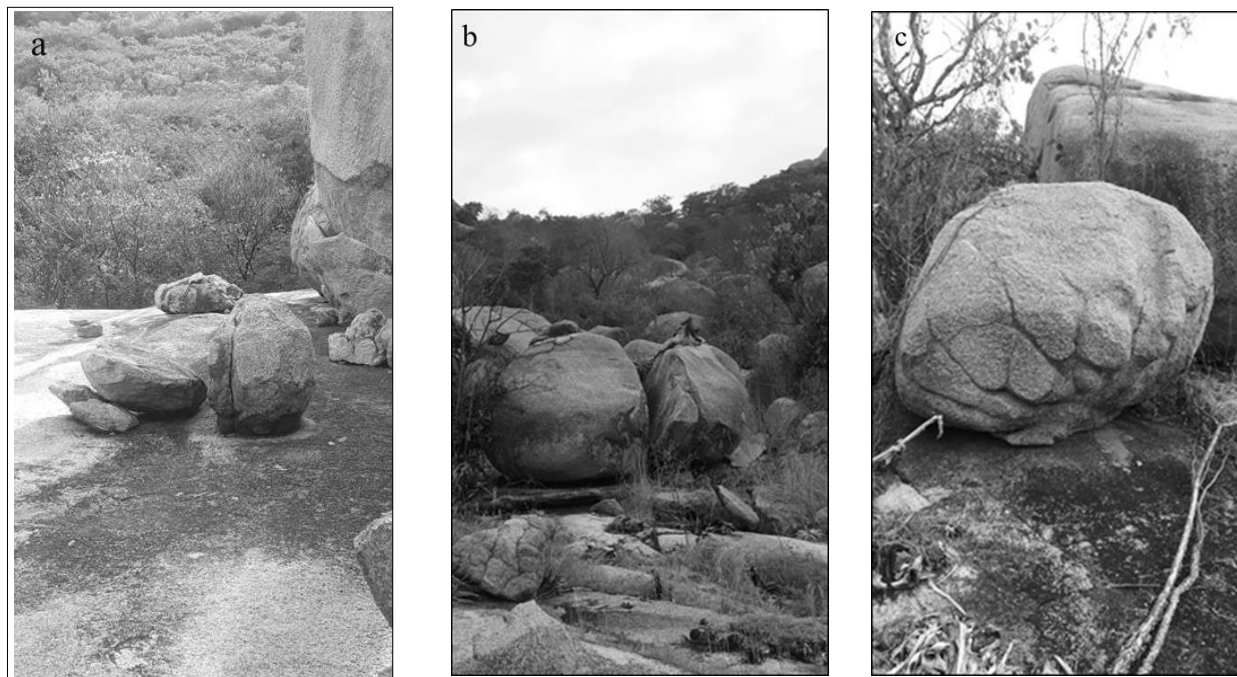
O desenvolvimento de *split rock* (Figura 10a e 10b) está relacionado à quebra de *boulders* ao longo de uma única fratura, dividindo-se em duas partes. Isso significa que a ação da gravidade provocou o estresse na rocha fazendo com que a

mesma sofresse uma quebra ao longo de uma única fratura (Campbell e Twidale, 1995).

O *polygonal cracking* (Figura 10b) corresponde à uma rede de rachaduras na superfície de afloramentos rochosos, apresentando geometrias variáveis. Quando bem desenvolvidas

as rochas caracterizam-se como concha de tartaruga (Migoñ, 2006). Quanto à origem, Bigarella et al. (1994) apontam para a ação de

processos de intemperismo químico e físico, agindo conjuntamente ao longo das fraturas.



Figuras 10. Microformas de faturamento: *Split rock* (a e b) e *polygonal cracking* (c).

Considerações finais

Conclui-se que as macroformas (inselberg e lajedos e afloramentos verticalizados) relacionam-se a corpos de rochas com expressiva extensão espacial e seu desenvolvimento associa-se a porções rochosas menos fraturadas em relação às áreas adjacentes. Ou seja, as áreas de entorno foram mais desgastadas, permitindo que essas feições sejam mais visíveis na paisagem.

Quanto às microformas, elas apresentam origem distintas, associando-se a blocos graníticos (*Boulders*, Caos de blocos, *Tors*, *Castle Koppies*), a meteorização (*Tafoni*, Alvéolos, Caneluras/*Karren*, *Gnammas*) e fraturamentos (*Split Rock*, *Poligonal Cracking*). Assim, estão associadas a blocos graníticos que foram individualizados ainda em subsuperfície e posteriormente expostos na superfície. As microformas de meteorização associam-se à dissolução de minerais menos resistentes, já as referentes a processos de fraturamentos, constituem-se de rupturas físicas dos blocos graníticos.

Contudo, entende-se que o modelo de etchplanação e os processos morfodinâmicos possibilitam a compreensão da gênese e desenvolvimento dos macro e microformas de relevo granítico. No entanto, com relação às microformas, alguns aspectos ainda não são bem

esclarecidos, principalmente com relação ao desenvolvimento de *tors*, *tafoni* e *honeycombs*.

Referências

- Bastos, F.H., Lima, D.L.S., Cordeiro, A.M.N., Maia, R.P., 2021. Relevos graníticos do nordeste brasileiro: uma proposta taxonômica. In Junior, O.A.C., Gomes, M.C.V, Guimarães, R.F., Gomes, R.A.T. (Ed.). Revisões de literatura da Geomorfologia brasileira (pp. 737- 762). São Paulo: União da geomorfologia brasileira
- Bétard, F; Peulvast, J.P.; Claudino-Sales, V., 2007. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semiárido do Nordeste brasileiro: o caso do Maciço de Baturité, Ce. Mercator 6, 107-126
- Bigarella, J.J., Becker, R.D., Santos, G.F., Passos, E., Suguio, K., 1994. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC
- Büdel, J., 1982. Climatic Geomorphology. New Jersey: Princeton University Press
- Campbell, E.M., 1997. Granite landform. Journal of the Royal Society of Western Australia 80, 101-112.
- Campbell, E.M., Twidale, C.R., 1995. The various origins of minor granite landforms. Cadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe 20, 281-306.
- Carvalho, I. P., Cordeiro, A.M.N., Bastos, F.H., 2021. Geodiversidade no semiárido cearense: uma análise das geoformas graníticas da porção seca,

- setor de sotavento, do maciço de Urubutema e entorno, Ceará, Nordeste do Brasil. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA [online] 15. Disponível em: <https://doi.org/1022411/rede2021.1501.10>. Acesso: 18 marc. 2021.
- Claudino-Sales, V., 2016. Megageomorfologia do Estado do Ceará: história da paisagem geomorfológica. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmica.
- Costa, L.R.F., Maia, R.P., Claudino Sales, V.C., 2020. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. Revista Brasileira de Geomorfologia [online] 21. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1447>. Acesso: 20 ago. 2021.
- Lima, D.L., Bastos, F.H., Cordeiro, A.M.N., Maia, R.P., 2019. Geomorfologia granítica do maciço de Urubutema, Ceará, Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia [online], 20. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1401>. Acesso: 14 fev. 2021.
- Linton, D.L., 1955. The Problem of Tors. The Geographical Journal [online] 121. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1790301>. Acesso: 14 fev. 2021.
- Maia, R.P., Bastos, F.H., Nascimento, M.A.L., Lima, D.L.S., Cordeiro, A.M.N., 2018. Paisagens Graníticas do Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Edições UFC.
- Maia, R.P., Bezerra, F.H.R., 2010. Structural Geomorphology of Northeastern Brazil. Amsterdam: Springer.
- Maia, R.P., Bezerra, F.H.R., 2014. Inversão neotectônica do relevo na bacia potiguar, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia 15, 61-74.
- Maia, R.P., Bezerra, F.H.R., Claudino-Sales, V., 2010. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. Revista de Geografia especial VIII SINAGEO, 6-19.
- Maia, R.P., Nascimento, M.A.L., 2018. Relevos Graníticos do Nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Geomorfologia [online] 19. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.129>. Acesso: 02 jan. 2021.
- Maia, R.P., Nascimento, M.A.L., 2018. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Geomorfologia [online] 19. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1295>. Acesso: 14 fev. 2021.
- Migoñ, P., 2006. Granite Landscapes of the World. New York: Oxford University Press Inc.
- Olímpio, J.L.S., Monteiro, F.A.D., Freitas, L.C.B., Almeida, L.T., Alcântara, A.P., Loureiro, C.V., Nascimento, M.L., Maia, R. P., 2021. O que sabemos sobre os inselbergues de Quixadá e Quixeramobim, nordeste do Brasil? William Morris Davis-Revista de Geomorfologia [online] 2. Disponível em: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v2n1.2021.110>. Acesso: 21 jul. 2021.
- Paradise, T.R., 2013. Tafoni and Other Rock Basins. In: Shroder, J. F. (ed.). Treatise on Geomorphology, San Diego: Academic Press.
- Pereira, M.M.D., Souza, E.B., Ribeiro, S., Lima, E.C., Araújo, F. F., 2021. Uma proposta de classificação para a vegetação na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha, Sobral, Ceará, Brasil. International Journal of Geobotanical Research [online] 10. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/30245>. Acesso: 02 out. 2021.
- Rocha, H.S., 2019. Feições do relevo granítico do refúgio de vida silvestre pedra da Andorinha, Sobral – Ceará: classificação e potencialidades geoturísticas. Dissertação (Mestrado). Fortaleza. Universidade Federal do Ceará.
- Rocha, H.S., Maia, R.P., Oliveira, V.P.V., 2019. Patrimônio Geomorfológico da Unidade de Conservação Pedra da Andorinha, Sobral - Ceará. Revista GEOUECE 8, 276-293.
- Rodrigues, W.F., 2018. Evolução Geomorfológica do Inselberg Pedra da Andorinha, Tapera, Sobral, Brasil. Dissertação (Mestrado). Fortaleza. Universidade Federal do Ceará.
- Rodrigues, W.F., Maia, R.P., Gomes, D.D.M., 2019. Condicionamento morfoestrutural do inselberg pedra da Andorinha, sertão norte do Ceará, Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia [online] 20. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i4.1521>. Acesso: 14 fev. 2021.
- Romaní, R.R.V., Twidale, C.R., 1998. Formas y Paisajes Graníticos. Coruña: Servicio de Publicacións.
- Salgado, A.A.R., 2007. Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. Revista Geografias [online] 3. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2237549X%20..13218>. Acesso: 15 abr. 2021.
- Twidale, C.R., 1998. Granitic bornhardts: their morphology, characteristics and origins. Geological Society of Malaysia 42, 237-255.
- Twidale, C.R., Romaní, J.R.V., 2005. Landforms and Geology of Granite Terrains. Boca Ratón, USA: CRC Press.

Xavier, R.A., 2021. Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. Revista de geociências do Nordeste [online] 7. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/24473359.2021v7n1I> D20692. Acesso: 19 fev. 2021.