



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA

GUILHERME LIMA BRASIL DOS SANTOS

**FEIÇÕES DE DISSOLUÇÃO EM INSELBERGS GRANÍTICOS: Primeiras
considerações**

FORTALEZA
2023

GUILHERME LIMA BRASIL DOS SANTOS

FEIÇÕES DE DISSOLUÇÃO EM INSELBERGS GRANÍTICOS: Primeiras considerações

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S235f Santos, Guilherme Lima Brasil dos.
Feições de dissolução em inselbergs graníticos: primeiras considerações / Guilherme Lima Brasil dos Santos.
– 2023.
21 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Geografia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia.
1. Inselberg. 2. Canelura. 3. Gnamma. 4. Enclaves máficos. I. Título.

CDD 910

GUILHERME LIMA BRASIL DOS SANTOS

FEIÇÕES DE DISSOLUÇÃO EM INSELBERGS GRANÍTICOS: Primeiras considerações

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Aprovado em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rúbson Pinheiro Maia (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Luiz Eduardo Panisset Travassos
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas)

Dr. Pedro Edson Face Moura

RESUMO

Inselbergs são formas de relevo modeladas por diferentes processos erosivos. Por vezes predominam feições de dissolução, por vezes de fraturamento e em alguns casos, exibem escarpas maciças. Nesse trabalho, será demonstrado os principais mecanismos estruturais que levam a formação de feições de dissolução como gnammas. Em rochas graníticas, enclaves elipsoidais máficos podem servir como ponto de partida para erosão diferencial. Os enclaves e sua orientação, condicionam os primeiros estágios (microcavidade elipsoidal e gnamma) da formação de feições de dissolução. No inselberg Pedra do Cruzeiro, em Quixadá, nordeste do Brasil, foram analisados 99 enclaves a partir de um transecto de 230m a NE-SW na escarpa do inselberg. Os dados mostraram que a direção preferencial dos enclaves coincide com a orientação das feições de dissolução em seu primeiro e segundo estágio. 97% dessas feições seguem a orientação (86E, em média) principal dos enclaves. Já as fases avançadas erosão, em que mega Karren são formados, não seguem padrões estruturais pré-definidos, mostrando a superimposição da rede de drenagem local sobre a estrutura (foliação ígnea e orientação dos enclaves máficos).

Palavras-chave: Inselberg; Canelura; Gnamma; Enclaves máficos.

ABSTRACT

Inselbergs are landforms shaped by a number of erosion processes. They can be characterized either by a predominance of dissolution features or fracturing, and occasionally exhibit massive slopes. In this study, it will be demonstrated the primary structural mechanisms driving the formation of dissolution features, such as gnammas (pits). In granitic rocks, mafic ellipsoidal enclaves can act as a starting point for differential erosion. The enclaves and their orientation control the early stages of dissolution features (ellipsoidal microcavities and gnammas). In the Pedra do Cruzeiro inselberg, located in Quixadá, northeastern Brazil, 99 enclaves were analyzed in a 230m SW-NE transect in the inselberg hillslope. The data show that the primary trend of enclave orientation coincides with the orientation of dissolution features in their first and second stages. 97% of these features follow the main strike (86E) of the enclaves. In advanced erosion stages, mega karren are developed and not controlled by the preexisting structural patterns, attesting to the superimposition of the local drainage network over the structure (e.g., magmatic foliation and mafic enclave orientation).

Keywords: Inselberg; Karren; Gnamma; Mafic enclaves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos inselbergs de dissolução no Plúton Quixadá	9
Figura 2 – Mapa de pontos dos enclaves máficos sobre imagem de drone do inselberg Pedra do Cruzeiro.	12
Figura 3 – Mapa das feições de dissolução e escoamento do Inselberg Pedra do Cruzeiro.....	13
Figura 4 - Enclaves máficos e enxames de enclaves na Pedra do Cruzeiro.	15
Figura 5 - Enclaves máficos conforme estado de remoção	16
Figura 6 - Enclave parcialmente removido formando uma feição de dissolução do tipo gnamma.	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 ÁREA DE ESTUDO	9
3 METODOLOGIA.....	10
4 RESULTADOS.....	12
4.1 <i>Karrens</i> e <i>gnammas</i> no inselberg Pedra do Cruzeiro.....	12
4.2 Enclaves máficos: Ponto de partida para a dissolução	14
5 DISCUSSÕES	17
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS	20
APÊNDICE A – PLANILHA DE DADOS COLETADOS EM CAMPO	21

1 INTRODUÇÃO

No mundo, há exemplos notáveis de paisagens modeladas em rochas graníticas, tais como o Spitzkoppe, na Namíbia, com sua diversidade de formas como *boulders*, *gnammas* e *tafoni*. (MIGON, 2010); o *bornhardt* Pão de Açúcar no Rio de Janeiro. (FERNANDES *et al.*, 2010); e o campo de inselbergs em Itatim na Bahia (LIMA; CORRÊA-GOMES, 2015). No nordeste brasileiro, diversas áreas apresentam relevos graníticos, incluindo campos de inselbergs com grande significância para os estudos sobre evolução geomorfológica (MAIA *et al.*, 2015).

As paisagens graníticas são comumente interpretadas à luz dos modelos de etchplanação, trazido por Büdel (1982) e posteriormente por Thomas (1965), que considera a evolução da paisagem gradual com a exumação de uma planície em múltiplos estágios via intemperismo químico profundo. Nessa perspectiva, fatores como a resistência do substrato e processos de erosão superficial são fundamentais nos processos de modelagem das formas de subsuperfície (TWIDALE, 1982).

As feições que modelam as escarpas graníticas em inselbergs costumam se distribuir de modo heterogêneo. Algumas escarpas exibem mais formas de faturamento enquanto outras predominam feições de dissolução. No tocante às últimas, a ação prolongada do intemperismo químico sobre rochas graníticas promove a modelagem, dentre diversas feições, das microformas de meteorização (TWIDALE; VIDAL ROMANI, 2005), destacando-se as *gnammas* (bacias de dissolução, *rock basins* ou *weathering pits*) e *karren* (Caneluras). As bacias de dissolução, particularmente, variam tanto em suas dimensões como em formatos e não ocorrem apenas em afloramentos graníticos, sendo também reportadas em outras litologias (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005); (MIGON, 2006); (TRAVASSOS, 2019); (LIMA, 2019). Apesar do reconhecimento e descrição dessas formas de dissolução em escarpas graníticas em diversos locais (MIGON, 2006; MAIA *et al.*, 2018), pouco fora explorado a respeito da sua gênese e dos fatores condicionantes primários da sua origem. O campo de inselbergs de Quixadá, Nordeste do Brasil apresenta uma diversidade de formas associadas à dissolução química da rocha, muitas vezes caracterizando a maior parte das escarpas dos inselbergs (MAIA *et al.*, 2015).

Em vista disso, este trabalho objetiva identificar e analisar os fatores estruturais e faciográficos que guiam a formação de feições de dissolução em inselbergs (particularmente *gnammas*). Para tanto, fora escolhido para análise o inselberg Pedra do Cruzeiro situado em Quixadá (CE, Brasil), considerado um inselberg de dissolução (MAIA *et al.*, 2015). Os procedimentos incluíram a identificação, mapeamento e descrição de feições de intemperismo

químico, caracterização de enclaves máficos abundantes na área e análise de aspectos estruturais do granito. Os dados foram integrados e interpretados geomorfologicamente, a fim de elucidar os pontos de partida da ocorrência de feições de dissolução no inselberg.

2 ÁREA DE ESTUDO

O campo de inselbergs de Quixadá localiza-se nas proximidades cidade homônima, a 200 km da capital do estado do Ceará, no Nordeste do Brasil. A área apresenta clima tropical quente semiárido, com temperaturas médias em torno de 27 °C (INMET, 2014). O regime pluviométrico de Quixadá é caracterizado por irregularidade de chuvas, sendo a média pluviométrica anual cerca de 700 mm, principalmente no período chuvoso, de janeiro a junho, concentrada nos meses de março e abril. (NIMER, 1989; INMET, 2014; MAIA *et al*, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018).

A área de estudo insere-se no contexto geológico do plúton Quixadá (Fig.1), intrusão neoproterozoica ligada ao ciclo Brasileiro (-+560 Ma – 60Ma). O plúton Quixadá pertence à Suíte intrusiva Itaporanga (PINÉO *et al.*, 2020) e é composta por monzonitos, monzogranitos, quartzo monzonitos e sienitos. Há ainda importante ocorrência de duas sub-fácies no plúton: uma fácies diorítica caracterizada por enclaves máficos e uma fácies granítica composta de diques félsicos (ALMEIDA, 1995).

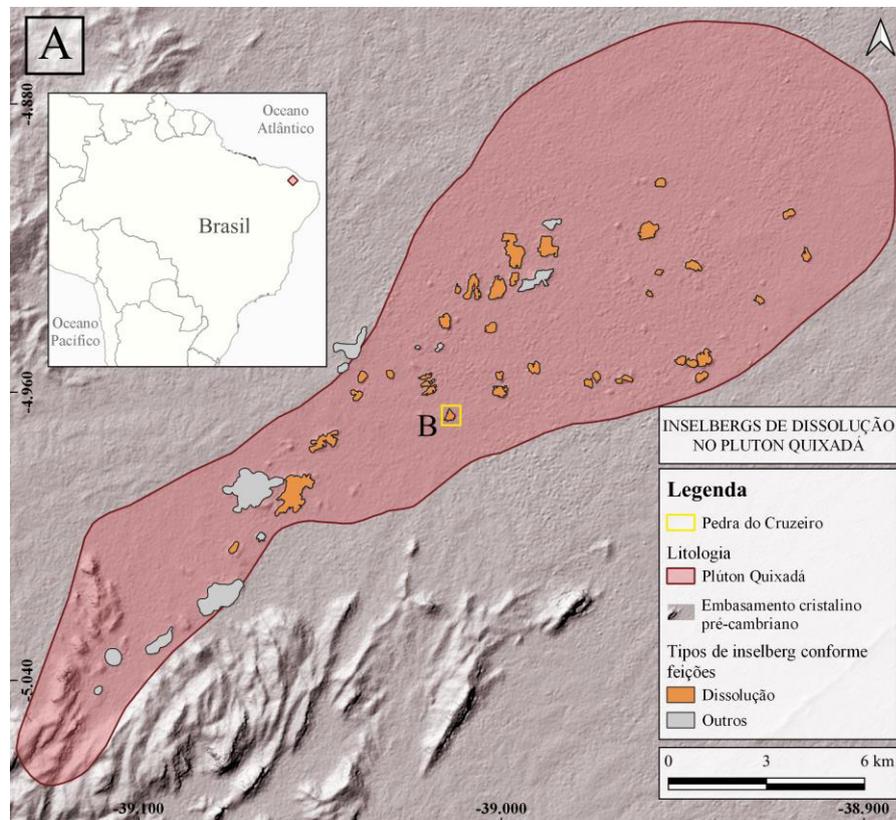


Figura 1 – Mapa de localização dos inselbergs de dissolução no Plúton Quixadá. A: Mapa de localização do plúton com identificação de inselbergs do tipo dissolução. B: Área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre as estruturas regionais mais importantes, encontra-se a Zona de cisalhamento Senador Pompeu, situada aproximadamente a 10km a leste do corpo granítico. Acerca da estrutura de graus distintos de foliação ocorrem das encaixantes para o centro do plúton, que apresenta sutil foliação magmática de fluxo, evidenciada pelo alinhamento das porções félsicas da rocha (NOGUEIRA, 2004). O plúton possui distribuição heterogênea de organização de planos de foliação, marcada pela orientação dos megacristais de feldspato e de enclaves máficos, em sua maioria em direção NE-SW (NOGUEIRA, 2004).

A área de estudo se situa geomorfologicamente na Superfície Sertaneja 1, com altitude entre 50 metros e 250 metros e de morfologia plana ou levemente ondulada. (COSTA et al., 2020).

Nas superfícies dos inselbergs em Quixadá, desenvolvem-se formas resultantes de colapso, como rampas de tálus com incidência de *boulders*. Faz-se presente também microformas de meteorização, sendo estas feições do tipo *gnamma*, *karren*, *tafone*, alvéolos e *flared slopes* (MAIA; NASCIMENTO, 2018). Para o estudo aplicado à área do plúton, classificam-se os tipos de inselbergs com base na predominância das feições que os caracterizam, a saber: 1 – de dissolução, referente à marcada incidência de microformas de meteorização; 2 – de fraturamento, em virtude das formas resultantes de colapso; 3 - maciços, identificados pela forma dômica e escarpas sem feições de dissecação significativas. (MAIA et al., 2015)

O inselberg Pedra do Cruzeiro (4°58' S 39°00'51.7"W) situa-se no centro da cidade de Quixadá. É considerado um inselberg do tipo 1. (MAIA et al., 2015); possui 60 metros de altura, com escarpas íngremes evidentes na porção E e SE; e bordas mais suaves na porção norte e SW, sendo a segunda o acesso mais comum ao inselberg.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu em quatro etapas. A primeira associada ao levantamento bibliográfico sobre feições de dissolução em inselbergs e em relevos graníticos no Nordeste no mundo; a segunda, aquisição e processamento digital de dados regionais relativos à geomorfologia e geologia da área; a terceira consistiu em fotogrametria via drone do inselberg pedra do cruzeiro e processamento digital deste; na quarta etapa realizou-se em trabalhos de campo para coleta de dados geomorfológicos e geológicos nos inselbergs e na quinta etapa, organização e análise dos dados primários e secundários coletados.

Primeira etapa: Como alicerce teórico foi tomado as definições teóricas de tópicos referentes à geomorfologia de rochas magmáticas; relevos graníticos; inselbergs e suas características; feições de dissolução em corpos graníticos; caracterização os inselbergs dentro

da área do município de Quixadá. (TWIDALE; VIDAL ROMANÍ, 2005; MIGON, 2006; SGARBI, 2012; NEVES, 2012; LIMA, 2019; MAIA *et al.*, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018).

Segunda etapa: geoprocessamento e processamento digital de imagens de satélite ALOS-PALSAR, a partir do software QGis 3.14.16 a fim de associar os dados georreferenciados à altimetria da área e a distribuição dos inselbergs presentes na área de estudo.

Para a terceira etapa, o imageamento detalhado do inselberg Pedra do Cruzeiro, foi realizado por voo em modo manual a 120 metros de altura com o drone modelo Phantom 4 pro com câmera de 21 mp, com imagem de dimensões 4000 x 3000 px e resolução de 72 dpi. A partir dessa imagem, foi mapeada por classificação estabelecida pelas descrições de Twidale e Vidal Romani (2005) e Migon (2006), todas as feições de dissolução do tipo *karren* e *gnamma* em escala detalhada com o intuito de mensurar a distribuição destas formas, assim como a direção de escoamento de água em feições de fluxo, a fim de gerar um material cartográfico.

A quarta etapa incluiu a ida a campo a fim de reconhecer os padrões e características de inselbergs em Quixadá, particularmente aqueles caracterizados por feições de dissolução. Fora definido, como loco de análise a Pedra do Cruzeiro, geologicamente inserido no centro do Pluton Quixadá. Definiu-se um transecto (Fig.2), a partir do qual a identificação e caracterização das microformas e de aspectos petrográficas e estruturais. O procedimento incluiu a descrição básica do afloramento granítico e de enclaves máficos abundantes na área. Ao total foram coletados dados de 99 enclaves máficos. Fora feita descrição de sua textura, coloração, dimensões, e coleta de dados de orientação do maior eixo dos enclaves alongados. (Planilha de coleta de dados está apresentada no Apêndice A).

Na etapa quinta etapa, realizou-se análise de gabinete, indicando os azimutes do eixo maior dos 99 enclaves máficos coletados em campo, fora plotada uma roseta de orientação preferencial dos azimutes do maior eixo dos enclaves máficos, utilizando-se do *software* Stereonet 11.5.0. A partir disso, associou-se o direcionamento preferencial dos enclaves com a presença de feições de dissolução de escoamento.

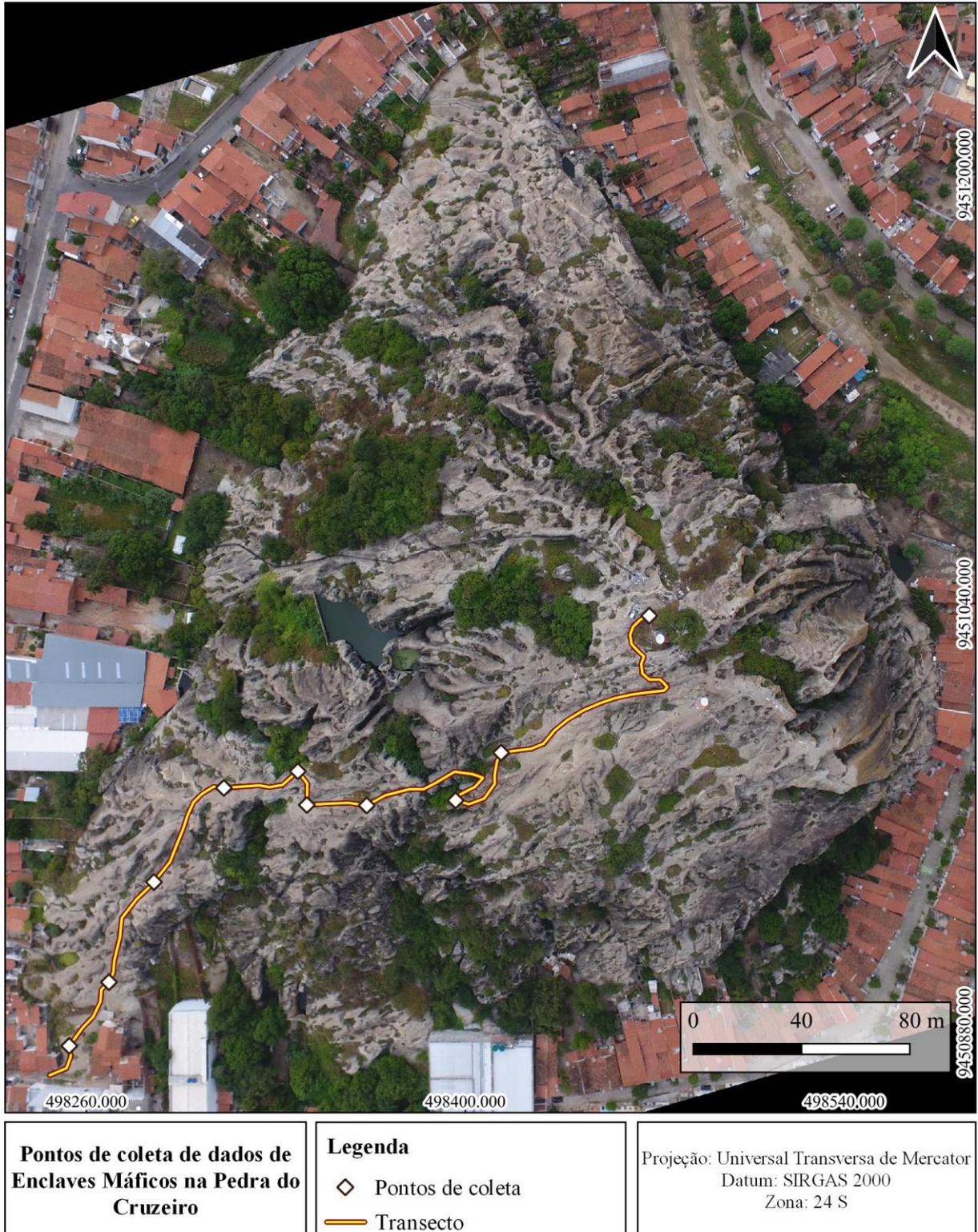


Figura 2 – Mapa de pontos dos enclaves máficos sobre imagem de drone do inselberg Pedra do Cruzeiro. Localização na Figura 1B. Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS

4.1 Karrens e gnammas no inselberg Pedra do Cruzeiro

As escarpas do inselberg Pedra do Cruzeiro, assim como diversos inselbergs no Plúton Quixadá são caracterizadas pela predominância de feições de dissolução (ver Fig.1). Essas

feições incluem as referidas *gnammas*, com tamanhos métricos a decamétricos, e formato circular com ou sem exutório; ocorrem geralmente em superfície de baixa declividade; *karrens*, definidas como feições contínuas nas escarpas, onde há fluxo de água em períodos chuvosos; ademais, ocorrem pequenas cavidades circulares nas escarpas denominadas de alvéolos. Essas feições ocupam 37,5% da superfície do inselberg (2,6 ha) (Fig.3A)

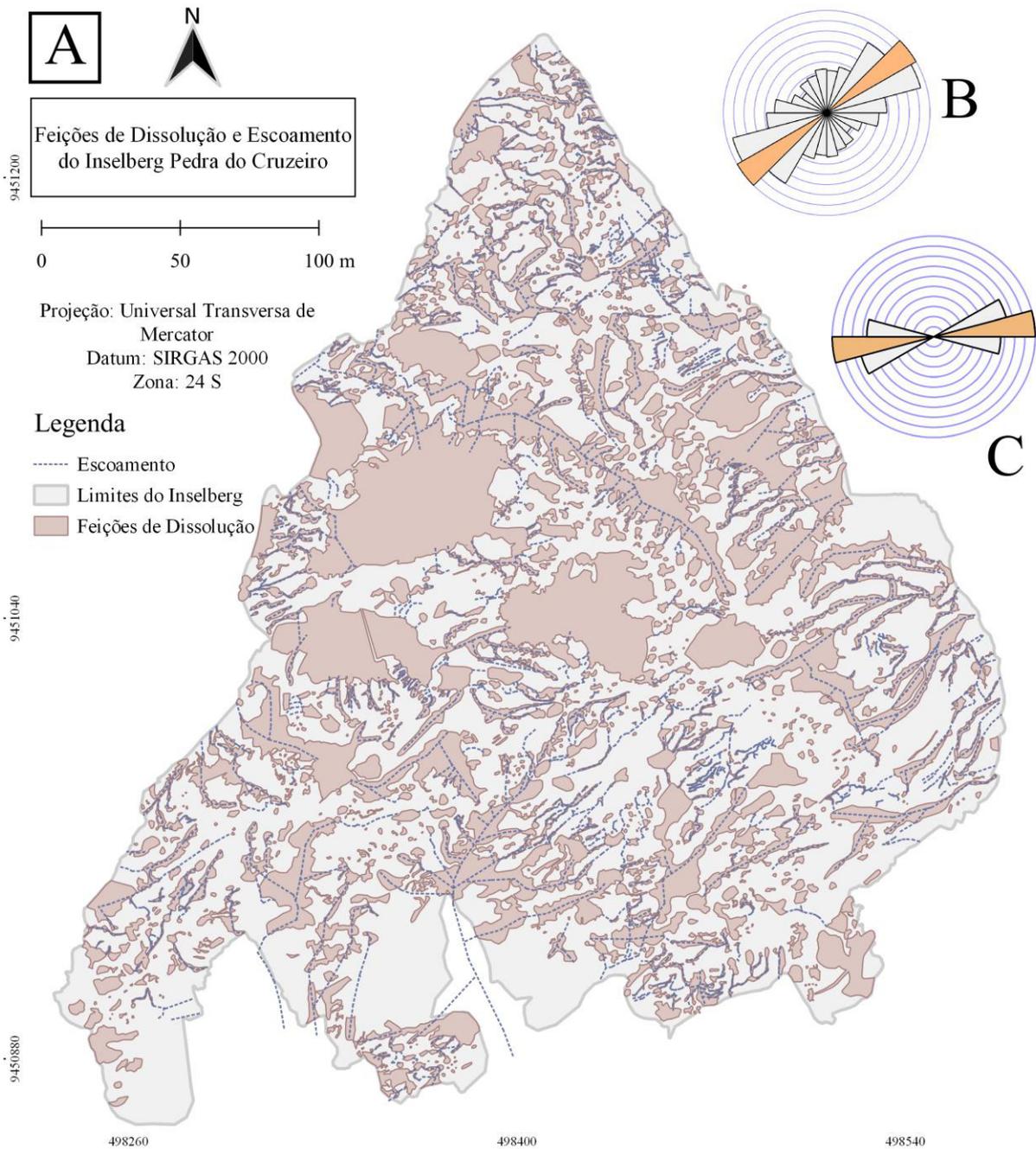


Figura 3 – Mapa das feições de dissolução e escoamento do Inselberg Pedra do Cruzeiro. A: Mapa de feições de dissolução do inselberg Pedra do Cruzeiro. B: Roseta de direção preferencial do escoamento no inselberg Pedra do Cruzeiro C: Roseta de direção preferencial dos enclaves máficos em seu maior eixo. Localização na figura 1B. Fonte: autoria própria.

Os *Karren* apresentam trends de orientação primária NE-SW e secundária E-W. Apesar disso, nota-se que a roseta apresenta escoamento para todas as direções, uma vez que o fluxo de água também segue a declividade das escarpas. (Fig.3B).

Em estágios iniciais, feições do tipo *gnammas* exutório e *karrens* pouco desenvolvidos ainda resguardam orientação preferencial E-W, tal qual o trend principal da roseta de orientação dos enclaves máficos (Fig.3C), revelando uma relação entre formas microformas de dissolução em estágios iniciais e presença de minerais ferromagnesianos.

4.2 Enclaves máficos: Ponto de partida para a dissolução

Enclaves máficos microgranulares ocorrem de modo ubíquo no Pluton Quixadá. A Pedra do cruzeiro é um inselberg que apresenta ocorrência desses enclaves, tanto de modo isolado (Fig.4A e B), como em forma de enxames (agrupamentos em torno de 3 a 6 enclaves) (Fig.4C e D).

Em termos de suas características petrográficas em afloramento, os enclaves apresentam coloração máfica (índice de cor acima de 67%); podem apresentar textura microgranular de matriz afanítica, em que não se identifica a olho nu a maioria dos cristais (figura 4A); ou textura híbrida, com ocorrência de cristais euédricos de feldspatos entre a matriz máfica (figura 4B).

Os contatos com a rocha encaixante porfirítica são majoritariamente retos, evidenciando o contraste de textura (Fig.4A). Em alguns casos, as porções do contato podem ser gradacionais, com interação entre as duas fácies (Fig.4B).

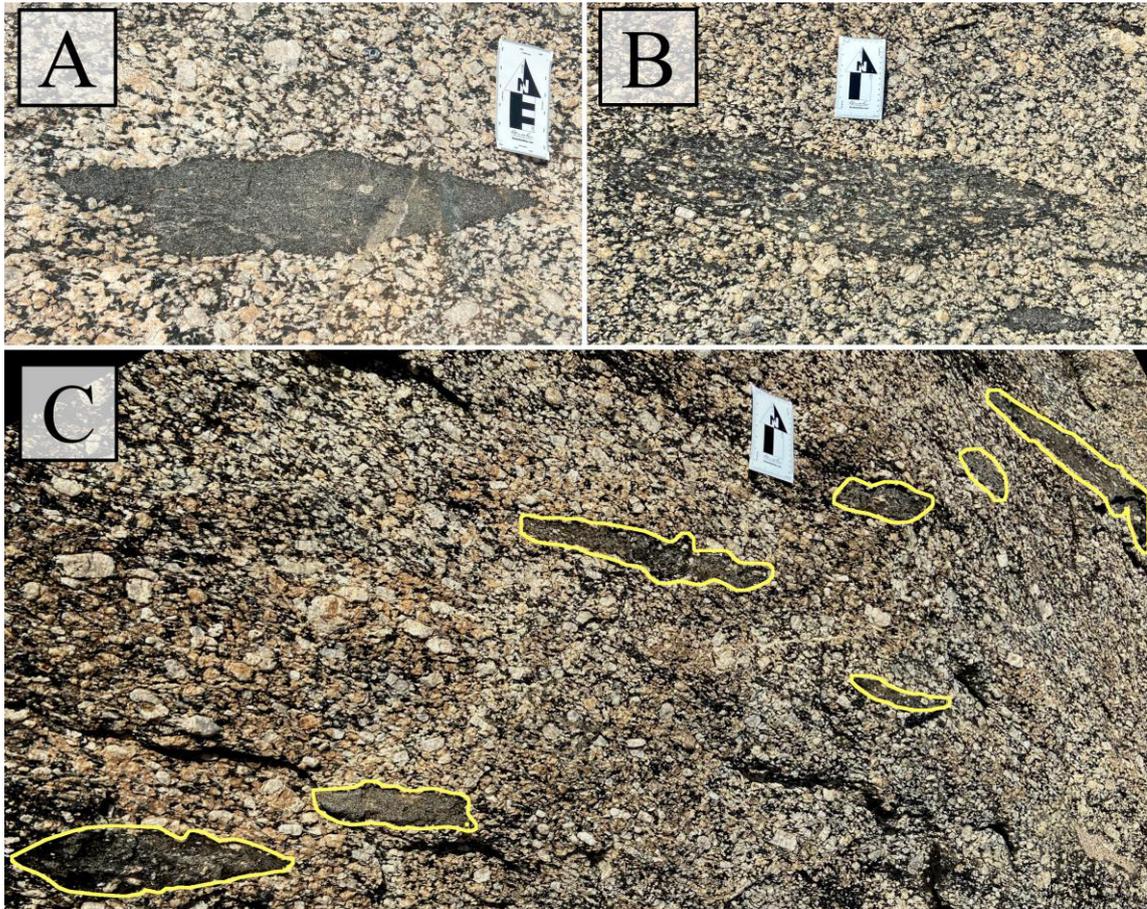


Figura 4 - Enclaves máficos e enxames de enclaves na Pedra do Cruzeiro. A: Enclave máfico microgranular; B: Enclave máfico híbrido com incidência de fenocristais de feldspato. C: Enxame composto por sete enclaves máficos orientados em mesma direção, limites bordeados pela linha amarela. Fonte: autoria própria

As dimensões dos enclaves variam de 10x5cm até 175x30cm e comumente apresentam formato elipsoidal, com alongamento de seu maior eixo a E-W. Há enclaves consumidos como resultado de intemperismo químico e processo de dissolução de seus minerais máficos. Foram identificados diferentes graus de remoção do enclave no inselberg Pedra do Cruzeiro: não removido (Fig.4A), parcialmente removido (Fig.5A e 5B) e totalmente removido (Fig.5C), cuja identificação é possível devido à permanência de sua forma original ainda na superfície do afloramento.



Figura 5 - Enclaves máficos conforme estado de remoção A e B: Enclave parcialmente removido. C: Enclave totalmente removido. Fonte: autoria própria.

Os enclaves máficos uma vez totalmente dissolvidos formam uma feição de dissolução concava do tipo *gnamma* em estágio inicial de desenvolvimento, cuja morfologia e dimensão elipsoidal é resultado mais direto da forma e tamanho do enclave-fonte. (Fig.5C). Em estágios mais avançados da formação da *gnamma*, esta começa a se expandir, formando um manto de intemperismo no interior da cavidade, que progressivamente toma a forma côncava típica da feição. (Fig.6)



Figura 6 - Enclave parcialmente removido formando uma feição de dissolução do tipo *gnamma*. Borda amarela indica os limites do enclave máfico, pontilhado indica os limites da fração removida. Setas brancas indicam a concavidade da *gnamma*. Fonte: autoria própria.

Os azimutes coletados de enclaves máficos no inselberg Pedra do Cruzeiro variam entre 73° e 102° , sendo o ângulo médio 86° (Fig.3C). O grau de foliação magmática da rocha encaixante é sutil e variável, por vezes acompanhando a orientação do enclave.

Com isto, é possível aferir que apesar da distribuição caótica das feições de dissolução com presença de tanques de dissolução e *megakarren* (estágios avançados de proporções decamétricas de *gnammas* e *karrens*, respectivamente), escoando para todas as direções, há uma influência limitada do controle estrutural relativa à presença dos enclaves máficos que contribuem para a gênese destas formas em seus dos estágios iniciais.

5 DISCUSSÕES

Diversos são os fatores que podem controlar a gênese de feições de dissolução e particularmente formação de *gnammas* em rochas graníticas. Entretanto, muitas vezes o fator genético não está mais evidente no relevo devido ao intemperismo e erosão responsável pela formação da *gnamma* (TWIDALE; BOUNRNE, 2018). Na área de estudo, observam-se que nos estágios iniciais destas feições, estas resguardam a herança do seu fator formador, neste caso os enclaves máficos. Um exemplo disso está em sua forma, o parcial consumo dos enclaves elipsoidais alongados pode ser observado em bacias de dissolução de pequeno porte, que apresentam o mesmo formato elipsoidal.

Karren e *gnammas* ocorrem em outras litologias de forma similar à apresentada no granito. Em relevos compostos por rochas carbonáticas, *megakarren* se desenvolvem em áreas de clima tropical ou em glaciocarste, com desenvolvimento atrelado a carstificação e/ou alterações climáticas, resultando em distintas origens de uma mesma feição em litologias diferentes. (PERICA, 2004; VERESS, 2019), sendo possível traçar um paralelo entre o desenvolvimento das formas e compreender os fatores de dissolução.

Fatores alegados na origem de *gnammas* incluem o estacionamento de água em pequenas depressões nos afloramentos rochosos (MIGON, 2006), mas a origem dessa irregularidade na superfície já pode ser considerado um fator de gênese dessa feição, associado a processos de feedback positivo com a concentração de umidade favorecendo seu alargamento. Tratando-se da origem dessas irregularidades em rochas graníticas, sabe-se que as diferenças mineralógicas na resposta ao intemperismo tendem a favorecer microintemperismo diferencial na superfície, gerando um aspecto irregular (HELGESON, 1971; MIGON, 2006).

Na área de estudo, é evidente a ação do intemperismo seletivo em porções máficas da rocha. A presença de enclaves máficos consumidos parcialmente ou totalmente – evidenciado pela morfologia do enclave resguardada no relevo – atesta a ação preferencial do intemperismo em porções da rocha com minerais ferromagnesianos, menos estáveis em condições superficiais (EGGLETON, 2021).

No sentido dos controles da erosão de diferencial na formação de feições de dissolução, a presença de fissuras foi reconhecida por Twidale e Bourne (2018). Nesse sentido, também Ortega et al (2014), ao analisar a formação de *potholes* ligadas à erosão fluvial, aponta que descontinuidades estruturais, particularmente fraturas, controlam a ocorrência dessas feições. Em vista disso, pode-se inferir que a descontinuidade gerada pelo alojamento do enclave, os quais possuem bordas retilíneas, favorecem um ponto de ação para o intemperismo diferencial (TWIDALE; BOURNE, 2018), e conseqüentemente controlam a ocorrência das feições de dissolução tipo *gnamma*, nas superfícies de inselbergs em Quixadá.

No tocante à evolução de formas em longo-termo, e considerando modelos de múltiplos estágios na formação de feições em subsuperfície (THOMAS, 1965; MIGON, 2022; ROQUE *et al* 2013), considera-se que o papel do clima responsável por modelar essas formas. A esse respeito, Migon (2006) observa que *gnammas* na zona árida da Namíbia são muito maiores dentre as mesmas feições em zonas mais úmidas. Isso pode sugerir a preservação dessas formas em climas áridos, resguardando condições climáticas tropicais, onde as formas foram moldadas.

Entende-se, portanto, que a gênese das *gnammas* está associada à meteorização provocada pela água por dissolução, hidratação e hidrólise, que desagrega parte da rocha, gerando fragmentos e resíduos que são transportados pela água, criando uma concavidade em forma de poltrona que possibilita acúmulo de água e desenvolvimento de uma *gnamma*. (TWIDALE; VIDAL-ROMANI, 2005). Em campo, dado a ações intempéricas mais intensas em enclaves máficos, a erosão do enclave gera uma concavidade de maior dimensão, possibilitando um desenvolvimento maior da feição de dissolução.

Com base nessas observações, nota-se que, na área de estudo, as *gnammas* se desenvolvem a partir do consumo do enclave máfico em quatro estágios: 1 - enclave parcialmente consumido; 2 - expansão de seu eixo, formando um *gnamma* elipsoidal; 3 - desenvolvimento de um *gnamma* esférico côncavo fechada; 4 - abertura de um exutório, propiciando escoamento. *Gnammas* no quarto estágio podem propiciar o desenvolvimento de *karrens*. (MAIA; NASCIMENTO, 2018). Este padrão foi verificado na Pedra do Cruzeiro, havendo uma predominância das *gnammas* exutório, com escoamento superficial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a importância significativa da compreensão do condicionamento estrutural, com presença de enclaves ferromagnesianos nas rochas encaixantes félsicas, características de um inselberg com feições do tipo dissolução. Este controle estrutural, portanto, tem sua influência limitada a partir do desenvolvimento de tanques de dissolução e *megakarrens*. Desse modo, este trabalho avança nas discussões a respeito da gênese destas formas, uma vez que discute os pontos de partida para processos análogos à carstificação na superfície granítica.

Em estágios avançados a drenagem do inselberg escoar para todas as direções, quando a dissolução já se expande, seguindo a declividade das escarpas. Para o inselberg Pedra do Cruzeiro, os eixos dos enclaves elipsoidais máficos se orientam em E-W, que por sua vez direcionam o escoamento em *karrens* e *gnammas* em estágios iniciais. Em estágios avançados, nota-se um escoamento cujo trend preferencial a NE-SW e secundário E-W, com formas de dimensões decamétricas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.R. **Petrologia e aspectos tectônicos do Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim**. Tese de Doutorado - IG/USP. 1995.
- BÜDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey. Princeton University Press, 1982.
- COSTA, L.R.F.; MAIA, R.P.; BARRETO, L.L.; SALES, V.C.C. Geomorfologia do Nordeste setentrional brasileiro: uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, 2020.
- EGGLETON, Richard A. Mineralogy maketh mountains: Granitic landscapes shaped by dissolution. **Geomorphology**, v. 285, p. 363-373, 2017.
- FERNANDES, N.F; TUPINAMBÁ, M; MELLO, C.L.; PEIXOTO, M.N.O. Rio de Janeiro: A Metropolis Between Granite-Gneiss Massifs. *In* MIGON, Piotr (Ed.). **Geomorphological landscapes of the world**. Springer Science & Business Media, 2010.
- HELGESON, H.C. **Kinetics of mass transfer among silicates and aqueous solutions**. *Geochim.Cosmochim.* 1971.
- INMET, Dados históricos/Clima, **Instituto Nacional de Meteorologia**, Disponível em: www.inmet.gov.br. 2014
- LIMA, G.M.P.; CORRÊA-GOMES, L.C. Itatim Geomorphological Site: Largest Concentration of Inselbergs in Brazil. *In* VIEIRA, Bianca Carvalho; SALGADO, André Augusto Rodrigues; SANTOS, Leonardo José Cordeiro (Ed.). **Landscapes and landforms of Brazil**. Springer, 2015. p. 371-380.
- LIMA, D.L.S. GEOMORFOLOGIA GRANÍTICA DO MACIÇO DE URUBURETAMA, CEARÁ, BRASIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 373-395, 2019.
- MAIA, R.P. BEZERRA, F.H.R. NASCIMENTO, M.A.L. CASTRO, H.S., MEIRELES, A.J.A. ROTHIS, L.M. GEOMORFOLOGIA DO CAMPO DE INSELBERGUES DE QUIXADÁ, NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 239-235, 27 jun. 2015.
- MAIA, R.P. NASCIMENTO, M.A.L. RELEVOS GRANÍTICOS NO NORDESTE BRASILEIRO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018.
- MIGÓN, Piotr. **Geomorphological landscapes of the world: granite landscapes of the world**. New York: Oxford University Press Inc., 2006.
- MIGÓN, Piotr. Long-term landform evolution. **Geological Society, London, Memoirs**, v. 58, n. 1, p. 87-98, 2022.
- MIGON, P. Spitzkoppe: The World of Granite Landforms. *In* MIGON, Piotr (Ed.). **Geomorphological landscapes of the world**. Springer Science & Business Media, 2010
- NEVES, S.P. **Granitos Orogênicos: da geração dos magmas à intrusão e deformação**. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989.

NOGUEIRA, J.F. **ESTRUTURA, GEOGRONOLOGIA E ALOJAMENTO DOS BATÓLITOS DE QUIXADÁ, QUIXERAMOBIM E SENADOR POMPEU – CEARÁ CENTRAL**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2004.

PERICA, Dražen et al. Small karst features (karren) of Dugi Otok island and Kornati archipelago coastal karst (Croatia). **Acta carsologica**, v. 33, n. 1, 2004.

PINÉO, T. R. G.; PALHETA, E. S. M.; COSTA, F. G.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; GOMES, F. E. M.; BESSA, M. D. M. R.; LIMA, A. F.; HOLANDA, J. L. R.; FREIRE, D. P. C. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Ceará. Escala de 1:500.000. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil/CPRM, 2020.

ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *In* **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo. USP/FFLCH. 1992. P. 17-29.

ROQUÉ, Carlos; ZARROCA, Mario; LINARES, Rogelio. Subsurface initiation of tafoni in granite terrains—geophysical evidence from NE Spain: geomorphological implications. **Geomorphology**, v. 196, p. 94-105, 2013.

SGARBI, G.N.C. **PETROGRAFIA MACROSCÓPICA DAS ROCHAS ÍGNEAS, SEDIMENTARES E METAMÓRFICAS**. Belo-Horizonte. Editora UFMG 2ªed. 2012.

THOMAS, M. F. An approach to some problems of landform analysis in tropical environments. **Essays in Geography for Austin Miller**. University of Reading, Reading, p. 118-143, 1965.

TRAVASSOS, Luiz Eduardo Panisset. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2019.

TWIDALE, Charles Rowland. **Granite landforms**. Elsevier, 1982.

TWIDALE, C.R.; BOURNE, J.A. Rock basins (gnammas) revisited. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, v. 24, n. 2, p. 139-149, 2018.

TWIDALE, Charles Rowland; VIDAL ROMANÍ, Juan Ramon. **Landforms and Geology of Granite Terrains**. Boca Ratón, USA: CRC Press, 2005.

VAUCHES, A., NEVES, S., 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, n. ¾, p. 247-266, 1995.

VERESS, Márton. The KARREN and KARREN formation of bare slopes. **Earth-Science Reviews**, v. 188, p. 272-290, 2019.

APÊNDICE A – PLANILHA DE DADOS COLETADOS EM CAMPO

ENCLAVES MÁFICOS		
Amostra: _____		
Coordenadas: N: _____		E: _____
Dimensões (cm): _____		Azimute (°): _____
Textura da rocha no afloramento:	<input type="checkbox"/> Microgranular	<input type="checkbox"/> Híbrida (com presença de feldpatos euédricos)
Contato com a encaixante:	<input type="checkbox"/> Reto	<input type="checkbox"/> Gradacional
Estado de remoção:	<input type="checkbox"/> Não removido <input type="checkbox"/> Parcialmente removido	<input type="checkbox"/> Totalmente removido
Observação: _____		
