

O QUE SABEMOS SOBRE OS INSELBERGUES DE QUIXADÁ E QUIXERAMOBIM, NORDESTE DO BRASIL?

WHAT DO WE KNOW ABOUT THE INSELBERGUES OF QUIXADÁ AND QUIXERAMOBIM, NORTHEAST OF BRAZIL?

¿QUÉ SABEMOS DE LOS INSELBERGS DE QUIXADÁ Y QUIXERAMOBIM, EN EL NORDESTE DE BRASIL?

JOÃO LUÍS SAMPAIO OLÍMPIO^{1*}
FELIPE ANTONIO DANTAS MONTEIRO²
LUIS CARLOS BASTOS FREITAS³
LUIZA TEIXEIRA DE ALMEIDA⁴
ALEXANDRE PINHEIRO DE ALCÂNTARA⁵
CAROLINE VITOR LOUREIRO⁶
MARCOS LEITE NASCIMENTO⁷
RUBSON PINHEIRO MAIA⁸

¹ Doutor em Geografia, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Quixadá
E-mail: joao.olimpio@ifce.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7152-1968>.

*Autor correspondente

² Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Quixadá

E-mail: felipe.dantas.monteiro@ifce.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6746-4219>.

³ Doutor em Geologia, Pesquisador em Geociências, Departamento de Gestão Territorial - Serviço Geológico do Brasil / SGB-CPRM Fortaleza

E-mail: luis.freitas@cprm.gov.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1253-3619>.

⁴ Doutoranda em Ecologia Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),

E-mail: luiza.almeida@ufrgs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5821-240X>.

⁵ Licenciado em Geografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Quixadá

E-mail: alexandre.pinheiro.alcantara02@ifce.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9440-912X>.

⁶ Doutora em Geografia, professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).
Campus Quixadá

E-mail: caroline.loureiro@ifce.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1870-6744>.

⁷ Doutor em Geodinâmica e Geofísica, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

E-mail: caxexa@yahoo.com.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8158-7186>.

⁸ Doutor em Geodinâmica e Geofísica, professor da Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: rubsonpinheiro@yahoo.com.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1688-5187>.

Recebido 01/03/2021

Enviado para correção 20/03/2021

Aceito 05/04/2021

RESUMO

Os inselbergues são relevos excepcionais e possuem relevância científica, ambiental, educacional, turística e cultural. Sua gênese está associada à meteorização diferencial em rochas mais resistentes, devido à condicionantes mineralógicas, petrológicas ou ao fraturamento. No Nordeste do Brasil, o campo de inselbergues dos municípios de Quixadá e Quixeramobim é um dos mais representativos da Terra. São feições esculpidas em rochas graníticas exumadas que resultaram em diversas formas de meso e microescala. Em vista disso, esses territórios foram objeto de uma proposta de geoparque. Nesse artigo, analisamos o estado da arte acerca do conhecimento sobre suas origens, evolução e classificação. Para tanto, quantificamos as publicações sobre a área em estudo e sintetizamos as principais teorias e discussões, com intuito de auxiliar as estratégias para o uso sustentável do geopatrimônio local.

Palavras-chave: Relevo Residual. Superfície de Aplainamento. Granito. Geopatrimônio. Geoparque Sertão Monumental.

ABSTRACT

The inselbergs are exceptional reliefs and have scientific, environmental, educational, tourist and cultural relevance. Its genesis is associated with differential weathering in more resistant rocks, due to mineralogical, petrological or fracturing conditions. In the Northeast of Brazil, the field for inselbergs in the counties of Quixadá and Quixeramobim is one of the most representative on Earth. They are features sculpted in exhumed granitic rocks that have resulted in different forms of meso and microscale. In view of this, these territories were the subject of a geopark proposal. In this article, we analyze the state of the art about knowledge, its origins, evolution and classification. Therefore, we quantify publications on the area under study and synthesize the main theories and discussions, in order to assist strategies for the sustainable use of local geoheritage.

Palavras-chave: Residual relief. Planation surface. Granite. Geoheritage. Geoparque Sertão Monumental.

RESUMEN

Los inselbergs son formas terrestres excepcionales y tienen relevancia científica, medioambiental, educativa, turística y cultural. Su génesis está asociada a la meteorización diferencial de las rocas más resistentes, debido a condiciones mineralógicas, petrológicas o de fracturación. En el Noreste de Brasil, el campo de inselbergs de los municipios de Quixadá y Quixeramobim es uno de los más representativos del planeta. Se trata de formas esculpidas en rocas graníticas exhumadas que dieron lugar a varias formas de meso y microescala. Por ello, estos territorios fueron objeto de una propuesta de geoparque. En este artículo, analizamos el estado de los conocimientos sobre sus orígenes, evolución y clasificación. Para ello, cuantificamos las publicaciones sobre el área de estudio y sintetizamos las principales teorías y discusiones, con el fin de ayudar a las estrategias para el uso sostenible del geopatrimonio local.

Palavras-chave: Relieve residual. Superfície de Aplainamento. Granito. Geopatrimonio. Geoparque Sertão Monumental.

INTRODUÇÃO

No extremo nordeste da América do Sul encontra-se um conjunto de paisagens excepcionais à zona climática tropical. Essa singularidade é decorrente do predomínio de um regime climático semiárido no interior da faixa de terras subequatoriais. O domínio semiárido se estende pelas terras interiores do Nordeste até o norte do Sudeste do Brasil, tendo a oeste e a leste as florestas úmidas amazônica e atlântica, respectivamente. Ao sul e a oeste, o semiárido limita-se com as paisagens subúmidas associadas à vegetação de cerrado. Também ocorrem enclaves úmidos e subúmidos nos planaltos mais elevados ou defronte ao oceano Atlântico (AB'SÁBER, 2003; CÔRREA *et al.*, 2019; COUTINHO, 2016; SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Nas terras secas do Nordeste do Brasil ocorrem planaltos de maciços cristalinos e sedimentares, intercalados por extensas superfícies aplainadas (CÔRREA *et al.*, 2019; ROSS, 2011), sendo que a planura destes terrenos é interrompida por diversos relevos residuais (BASTOS, 2018). Sobreposto ao semiárido, há um complexo de fitofisionomias denominadas de savana tropical estacional semiárida, regionalmente conhecido como “caatingas” (COUTINHO, 2016). A hidrologia do também é controlada pela sazonalidade climática, de modo que no período de estiagem as águas superficiais alimentam os aquíferos e os cursos d'água deixam de escoar. Esse domínio natural foi denominado de depressões intermontanas e interplanáticas (AB'SÁBER, 2003).

No que tange ao relevo nordestino, os clássicos modelos evolutivos destacaram os efeitos da esculturação impostos pelo clima semiárido predominante ao longo do cenozoico e similar ao que foi preconizado por King (1953, 1956). Nesta concepção, se destacam os processos de recuo lateral das vertentes e a elaboração de pedimentos dendríticos e de vastos pediplanos, além de feições oriundas da erosão diferencial entre as rochas do embasamento cristalino (DANTAS *et al.*, 2014; MEIRELES, 2007). Contudo, novas propostas sugerem uma esculturação por duplo aplainamento, onde há a sucessão de estágios de intensa alteração geoquímica profunda por fases de remoção dos materiais e predomínio de intemperismo mecânico (MAIA, *et al.*, 2015; VITTE, 2001).

Administrativamente, a região Nordeste do Brasil é dividida em nove estados, sendo um deles o Ceará. Este território possui aproximadamente 148.894 km² (IBGE, 2021), sendo que 92% está no domínio semiárido e 74% é constituído por rochas cristalinas (PFALTZGRAFF; BRANDÃO, 2014). A compartimentação geomorfológica é caracterizada por extensas

superfícies pré-cambrianas aplainadas, conhecidas como superfície ou depressão sertaneja (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2002; SOUZA, 2007), pontuadas por diversos relevos residuais, tais como maciços, cristas e inselbergues, os quais se distinguem pelos níveis altimétricos, feições de dissecação, abrangência espacial, constituição litológica, porém sempre associadas às rochas do embasamento cristalino (CLAUDINO-SALES, 2018; MEIRELES, 2007). Além disso, os terrenos aplainados compõem a superfície de piso regional e separam as demais elevações (LIMA; MORAIS; SOUZA, 2000).

As superfícies sertanejas do estado do Ceará mostram uma incipiente dissecação quaternária, marcada pela ligeira incisão fluvial e pela topografia suave ondulada. Todavia, estes terrenos se encontram pontilhados por elevações isoladas que se constituem em relevos residuais elaborados em rochas mais resistentes ao ataque dos agentes externos (DANTAS *et al.*, 2014; MEIRELES, 2007). Assim, em meio a paisagem monótona das superfícies aplainadas se destacam as morfologias de inselbergues.

No sentido restrito, os inselbergues são elevações abruptas em meio a uma superfície aplainada, podendo estar isolados ou agrupados (MIGÓN, 2021). São delimitados por vertentes escarpadas, fato que limita a permanência dos materiais alterados e a formação de um manto pedológico, de modo que os solos são inexistentes ou muito rasos (BREMER; SANDER, 2000). Desta forma, a superfície rochosa encontra-se constantemente exposta à atmosfera (BORNHARDT, 1900; MAIA *et al.*, 2015). Na década de 1900, o termo foi originalmente designado por W. Bornhardt para os relevos residuais elaborados em gnaisses e nas paisagens sazonais da atual Tanzânia (possivelmente na *Ndechela Florest Reserve*) (BORNHARDT, 1900). E significa montanha ilhada (do alemão *insel* = ilha e *berge* = montanha), em alusão a uma ilha que surge na superfície do mar (BARTHLOTT; POREMBSKI, 2000; WILLIS, 1934).

A ocorrência dos inselbergues está relacionada à sucessão de sistemas morfoclimáticos mais úmidos para mais secos, à ocorrência rochas maciças e à uma rede de fraturamentos (BREMER; SANDER, 2000; MAIA, *et al.*, 2015). Eles são bem visíveis em paisagens de savanas, semidesérticas e desérticas, embora sua distribuição real seja global (MIGÓN, 2021). Essas feições podem ser encontradas na África do Sul, Austrália, Madagascar, Namíbia, Sri Lanka, Suriname e Venezuela (MIGÓN, 2021; POREMBSKI, BARTHLOTT, 2000; TWIDALE, 1995), entre outros sítios. No Nordeste do Brasil, os principais campos de inselbergues estão nos terrenos graníticos do setor norte da Província Borborema, a saber: os inselbergues das regiões de Patos (estado da Paraíba), Seridó (estado do Rio Grande do Norte), Irauçuba e Quixadá (estado do Ceará). Com efeito, o campo de inselbergues dos municípios de Quixadá e Quixeramobim é o mais representativo do Brasil (FREITAS *et al.*, 2019).

Coletivamente, os inselbergues ajudam a contar a história sobre a evolução das paisagens e sobre as mudanças ambientais ao longo da escala do tempo geológico (MIGÓN, 2021). Alguns dos quais são excepcionais por possuírem um alto valor científico, econômico, funcional, educacional, cultural e estético (BRILHA, 2017; GRAY, 2013). No Brasil, os inselbergues de Quixadá foram os primeiros desta natureza a serem reconhecidos como sítios relevantes pela Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) (BRASIL, 2021; CLAUDINO-SALES, 2010), em virtude da grande concentração destas morfologias graníticas. Em 2010, devido a riqueza natural e paisagística, os inselbergues de Quixadá foram incluídos na lista da *World Famous Mountains Association - WFMA*, visando a promoção de estratégias para o desenvolvimento local a partir do turismo sustentável (CARVALHO, 2016). Em vista disto, mas também agregando-se os outros atributos físico-naturais, bióticos, culturais, históricos, paisagísticos e ambientais, em 2019, os territórios de Quixadá e Quixeramobim são objetos de estudos científicos que culminaram na proposta do Projeto Geoparque Sertão Monumental (FREITAS *et al.*, 2019).

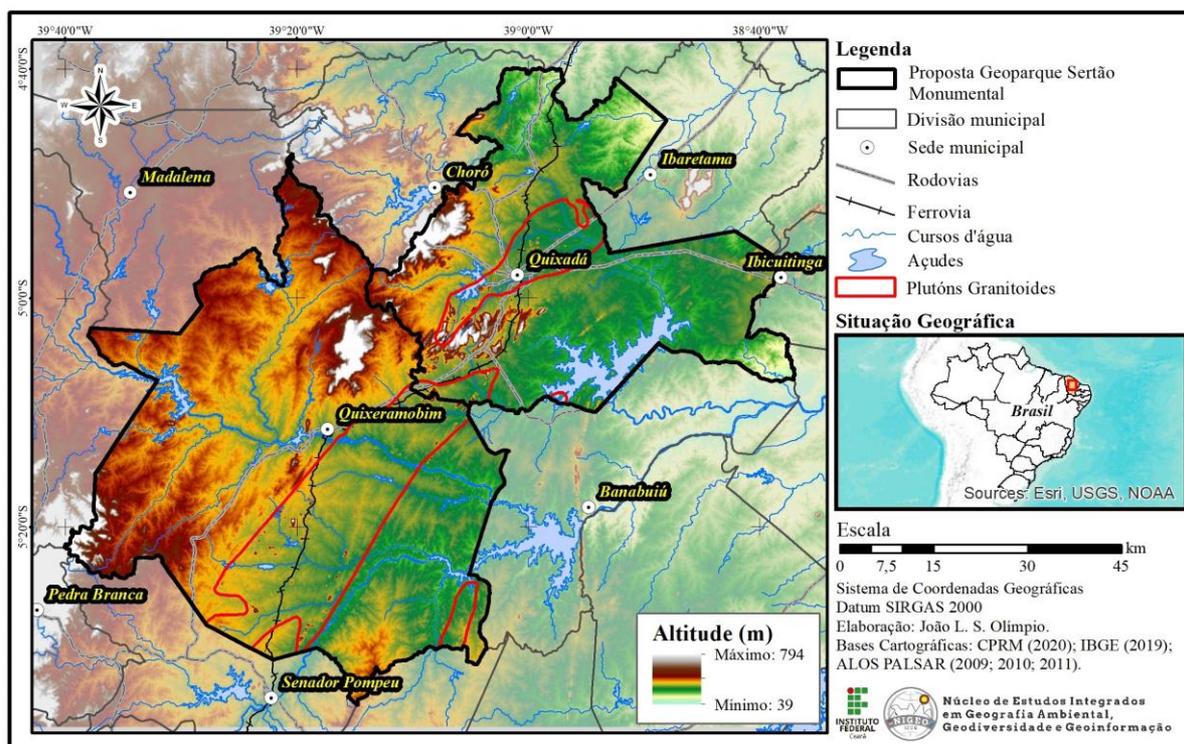
O objetivo deste artigo é sintetizar as interpretações científicas acerca da gênese, evolução, composição e classificação das morfologias do campo de inselbergues de Quixadá e Quixeramobim. Espera-se que o trabalho possa contribuir na difusão dos conhecimentos geocientíficos, com intuito de alçar a valorização do geopatrimônio do projeto de geoparque.

ÁREA DE ESTUDO

O campo de inselbergues de Quixadá e Quixeramobim está posicionado em parte desses dois municípios, os quais, por sua vez, estão na região do Sertão Central do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Estes territórios integram a proposta do Projeto Geoparque Sertão Monumental (Figura 1).

4

Figura 1 – Mapa de localização da proposta do Projeto Geoparque Sertão Monumental.



Fonte: autores.

A área de estudo está inserida no domínio climático do semiárido, no bioma savana tropical estacional semiárida (COUTINHO, 2016) e na área fitogeográfica das caatingas, com fisionomias abertas e densas, além de ambientes especiais como as matas ciliares e a vegetação rupícola (MORO *et al.*, 2015), porém intensamente substituídas pela agricultura e pecuária. A média pluvial anual é 751 mm, mas a região possui uma sazonalidade caracterizada por duas estações bem definidas, sendo que o primeiro semestre do ano é chuvoso (89,6% dos totais pluviais) e o segundo é seco. A umidade relativa média mensal varia entre 45 e 80%. As temperaturas médias mensais sempre são altas (26°C a 29°C), mas a amplitude térmica diária é elevada (23°C a 33°C) (INMET, 2019). A alta taxa de evapotranspiração resulta em déficit hídrico anual. Todos os corpos hídricos superficiais são intermitentes (ZHANG *et al.*, 2016).

Os inselbergues se distribuem de forma isolada ou em agrupamentos e estão separados por superfícies erosivas (Figura 2). Essas últimas foram elaboradas em rochas metamórficas encaixantes dos complexos gnáissico-migmáticos de idades variando de arqueanas a neoproterozoicas (FREITAS *et al.*, 2019) e apresentam um modelado em colinas rasas.

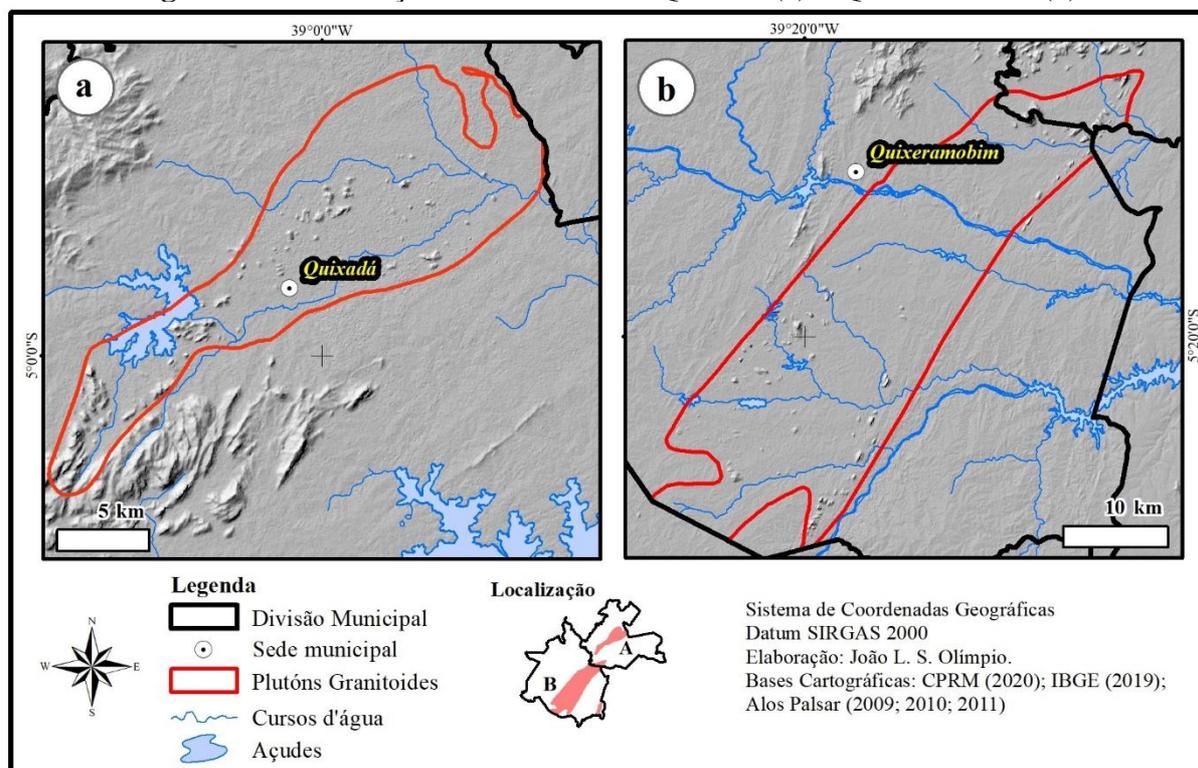
Figura 2 – Panorama do campo de inselbergues de Quixadá, CE.



Fonte: J. L. S. Olímpio (2019).

A ampla maioria dos inselbergues ocorre em dois corpos plutônicos neoproterozoicos: os batólitos Quixadá e Quixeramobim (Figura 3). Em menor medida, os inselbergues são compostos por rochas do complexo gnáissico-migmatítico. Associadas aos inselbergues, podem ocorrer meso e microformas, tais como lajedos, *tafoni*, bacias de dissolução, caneluras e *boulders*. Todas as ocorrências estão em intrusões exumadas, cuja gênese remete aos eventos sin, tardi e pós colisionais da orogênese brasileira (pré-cambriana) (FREITAS *et al.*, 2019; MAIA *et al.*, 2015; MAIA *et al.*, 2018; MAIA; NASCIMENTO, 2018).

Figura 3 – Localização dos batólitos de Quixadá (a) e Quixeramobim (b).



Fonte: autores.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada por meio das seguintes etapas: 1) Levantamento de artigos científicos indexados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* sobre as temáticas pertinentes aos inselbergues e com ênfase na geomorfologia dos territórios de Quixadá e Quixeramobim. A coleta de dados ocorreu no período de 26 a 29 de março de 2021 e tiveram como padrão de busca os termos presentes nos títulos, resumos e palavras-chaves dos artigos indexados. Para tanto, foram pesquisados os vocábulos (em português e inglês) “inselberg”, “Brasil”, “Nordeste”, “Ceará”, “Quixadá” e “Quixeramobim”. Foram utilizados os operadores booleanos *AND* e *OR*; 2) Sistematização das publicações coletadas; 3) Levantamento bibliográfico complementar, abrangendo as publicações não indexadas; 4) Trabalhos de campo para reconhecimento e interpretação dos relevos graníticos; 5) Produção do material cartográfico por meio do *software* ArcGIS 10.8. Foram utilizadas imagens Alos Palsar (resolução espacial 12,5 metros), datadas de 2009, 2010 e 2011 (NASA, 2021).

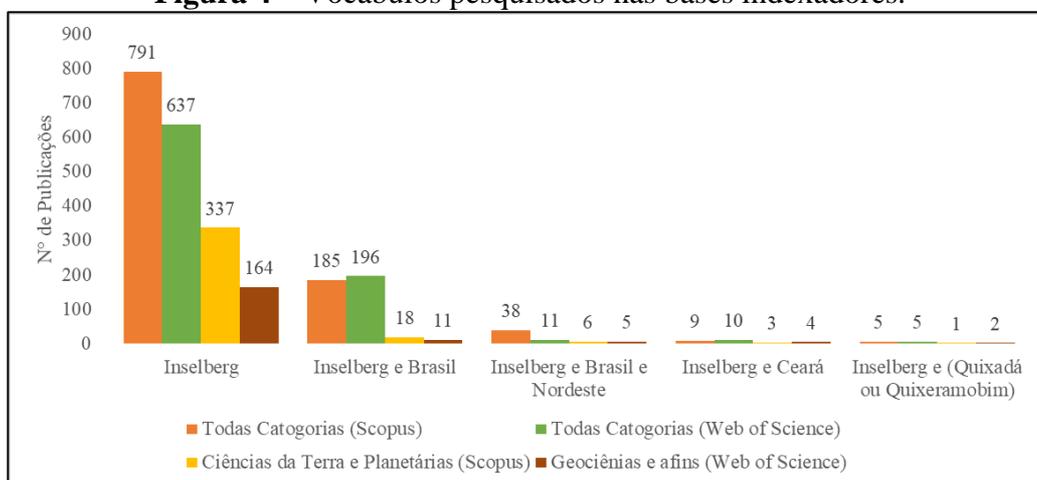
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Bibliométrica

Os estudos bibliométricos têm assumido um importante papel na análise quantitativa das produções científicas. Torna-se, assim, um importante referencial para conhecer e compreender o estado da arte de um objeto de pesquisa (PIMENTA *et al.*, 2017). Neste artigo, o estudo bibliométrico objetivou avaliar o cenário atual das publicações científicas acerca dos inselbergues, especialmente sobre aqueles de Quixadá e Quixeramobim.

Inicialmente, utilizou-se a base de dados da *Scopus* (Figura 4). A primeira conjuntura buscou todas as publicações com o vocábulo “inselberg”, obtendo-se 791 resultados, distribuídos, principalmente, nas áreas de conhecimento das “Ciências Agrárias e Biológicas” (52,2% publicações) e “Ciências da Terra e Planetárias” (42,6%). Já na base de dados da *Web of Science* foram encontradas 637 publicações, distribuídas entre as áreas “Ciências das Plantas” (41,0%), “Ecologia” (21,8%), “Geociências Multidisciplinar” (16,8%) e “Geografia Física” (12,9%). Em menor medida, as publicações também foram categorizadas como da “Geografia” (2,7%), “Geologia” (2,7%), “Geoquímica geofísica” (1,3%), “Mineralogia” (0,3%) e “Engenharia Geológica” (0,2%). É importante destacar que uma publicação pode ser categorizada como pertencente a mais de uma área do conhecimento. Ao todo, 164 (25,7%) publicações estão relacionadas às geociências.

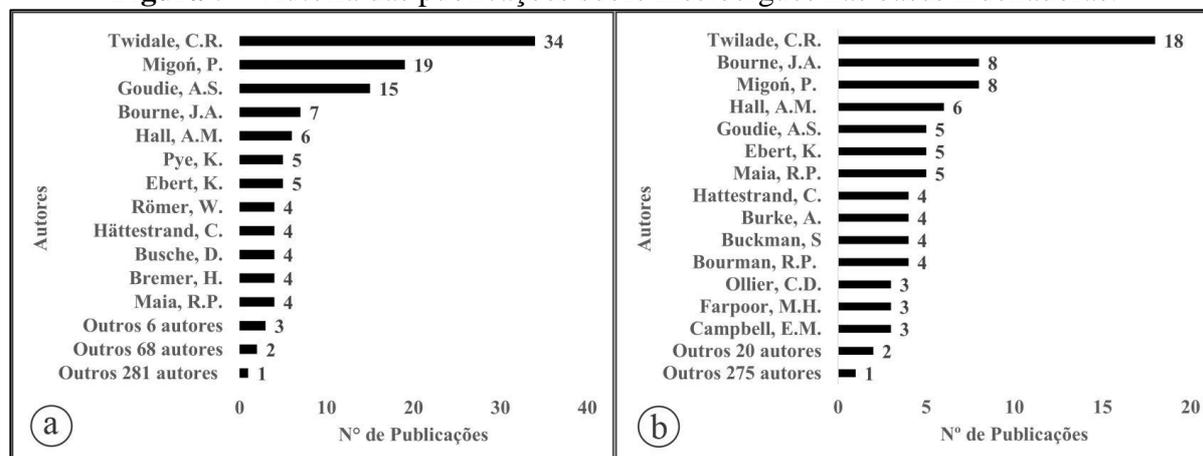
Figura 4 – Vocábulos pesquisados nas bases indexadoras.



Fonte: autores.

Os autores de maior destaque foram: Twidale, C. R., Migoñ, P., Goudie, A. S. e Bourne, J. A. Além disso, 349 autores possuem apenas uma ou duas publicações na *Scopus* e 295 na *Web of Science* (Figura 5). Em relação à origem dos pesquisadores, as publicações estão concentradas nos países: Reino Unido (40), Estados Unidos (36), Austrália (33), Alemanha (24), França (22), Polônia (18), Índia (17) e Brasil (15), conforme a base de dados da *Scopus*.

Figura 5 – Autoria das publicações sobre inselbergues nas bases indexadoras.



Legenda: publicações na base de dados na *Scopus* (a) e *Web of Science* (b). **Fonte:** autores.

Na segunda conjuntura foram buscados os vocábulos “inselberg” e “Brasil”. Na base da *Scopus* foram obtidos 185 resultados, distribuídos entre as “Ciências Agrárias e Biológicas” (86,5%), “Ciência ambiental” (16,8%), “Bioquímica, Genética e Biologia Molecular” (14,1%) e “Ciências da Terra e Planetárias” (9,7%). Na *Web of Science* foram identificadas 196 publicações, sendo a maior parte classificada como das áreas “Ciências das Plantas” (62,8%) e “Ecologia” (15,8%). Destaca-se também a “Geografia Física” (3,1%), a “Geologia” (1,0%), as “Geociências Multidisciplinar” (1,0%) e a “Mineralogia” (0,5%). O autor com maior quantidade de publicações foi R. P. Maia (2,0%).

A terceira conjuntura buscou as palavras: “inselberg”, “Brasil” e “Nordeste”, tendo como resultado 38 publicações na *Scopus*, distribuídos entre “Ciências Agrárias e Biológicas” (78,9%), “Ciência Ambiental” (18,4%) e “Ciências da Terra e Planetárias” (15,8%). Na *Web of Science* foram 11 publicações, sendo 5 (45,5%) das áreas de geociências.

Na quarta conjuntura foram procurados os vocábulos “inselberg” e “Ceará”, obtendo-se 9 resultados na *Scopus*, sendo 6 das “Ciências Agrárias e Biológicas” e 3 das “Ciências da Terra e Planetárias”. Já na *Web of Science* foram indexadas 10 produções, sendo 4 das geociências. Por fim, a quinta conjuntura buscou os vocábulos “inselberg” e “Quixadá” ou “Quixeramobim”, tendo como resultado 5 publicações em cada base de dados, sendo 3 produções categorizadas como das geociências.

Esses resultados podem sugerir que o trabalho científico sobre os inselbergues está concentrado em poucos pesquisadores e países, principalmente naqueles mais desenvolvidos. Aparentemente, as pesquisas relacionadas aos inselbergues, em todos os níveis espaciais, estão voltadas para os aspectos ecológicos, botânicos e fitogeográficos de ambientes rupícolas, principalmente. Além disso, há um número expressivo de pesquisadores que realizaram uma ou duas publicações, o que pode estar relacionado a uma não continuidade das pesquisas. A menor quantidade de publicações na área de geociências pode estar associada às publicações em periódicos não indexados ou indexados em outras plataformas. Por outro lado, inúmeros trabalhos abordam os inselbergues de forma pontual, ou seja, não estão entre os objetivos principais da pesquisa e não aparecem claramente dos trechos selecionados para busca. Por isso, esses não puderam ser captados nessa pesquisa.

Evolução Geológica dos Batólitos Quixadá e Quixeramobim

Há 1,8 Ga ocorreu a primeira aglutinação continental que existe registro geológico (ROGERS, 1996; ROGERS; SANTOSH, 2002). As massas continentais de Ur, Ártica e Atlântica colidiram. Parte dos terrenos desse último continente compõem, hoje, a Província Borborema (CLAUDINO-SALES, 2018). A Província Borborema abrange a quase totalidade da região Nordeste do Brasil, com exceção da porção extremo oeste (Província do Parnaíba), (ALMEIDA *et al.*, 1981; NOGUEIRA, 2004). Corresponde a um domínio geológico de terrenos ou faixas de dobramentos associados às orogêneses Meso e Neoproterozoicas e às granitogêneses correlatas, incluindo fragmentos antigos do Arqueano/Paleoproterozoico, bacias sedimentares tafrogênicas mesozoicas e coberturas superficiais recentes (ANGELIN; KOSIN, 2001).

Entre 650 e 540 Ma ocorre a aglutinação das massas continentais que deram origem ao supercontinente Gondwana. No Brasil, essa colagem recebeu o nome de “orogênese brasileira” e promoveu a formação de uma cadeia de montanhas do tipo himalaiana no interior da Província Borborema (CLAUDINO-SALES, 2018). Os esforços distensionais da orogênese brasileira resultaram em um intenso plutonismo em fraturamentos regionais e locais. As zonas de cisalhamento permitiram a ascensão e o aprisionamento do magma, dando origem às rochas graníticas. Na Província Borborema há várias intrusões acompanhando as zonas de cisalhamento de direção NE/SW e E/W (MAIA; NASCIMENTO, 2018), que posteriormente passam a controlar a evolução do relevo e a distribuição da rede de drenagem. Na sequência, a cadeia de montanhas foi destruída pela erosão e por colapso tectônico (CLAUDINO-SALES, 2018).

Os inselbergues da área de estudo ocorrem em dois corpos plutônicos pertencentes à Suíte Intrusiva Itaporanga (PINÉO *et al.*, 2020), uma unidade geológica que engloba vários corpos graníticos neoproterozoicos do estado do Ceará (Figura 6). O primeiro é o Plúton Quixadá (Suíte Quixadá de ALMEIDA *et al.*, 2007) que é constituído por uma suíte monzonítica, composta por dioritos, monzonitos (dominantes) e sienitos, todos porfiríticos, com megacristais de plagioclásio e feldspatos potássicos imersos em uma matriz de cor preta esverdeada de granulação média a grossa, composta essencialmente por anfibólitos e biotitas (ALMEIDA, 1995), com idades entre 560 a 585 Ma. Neste plúton, parece não haver a participação de magmas crustais (ALMEIDA *et al.*, 2007; ALMEIDA; ULBRICH; MCREATH, 1999) e, possivelmente, com contribuição mantélica (NOGUEIRA, 2004).

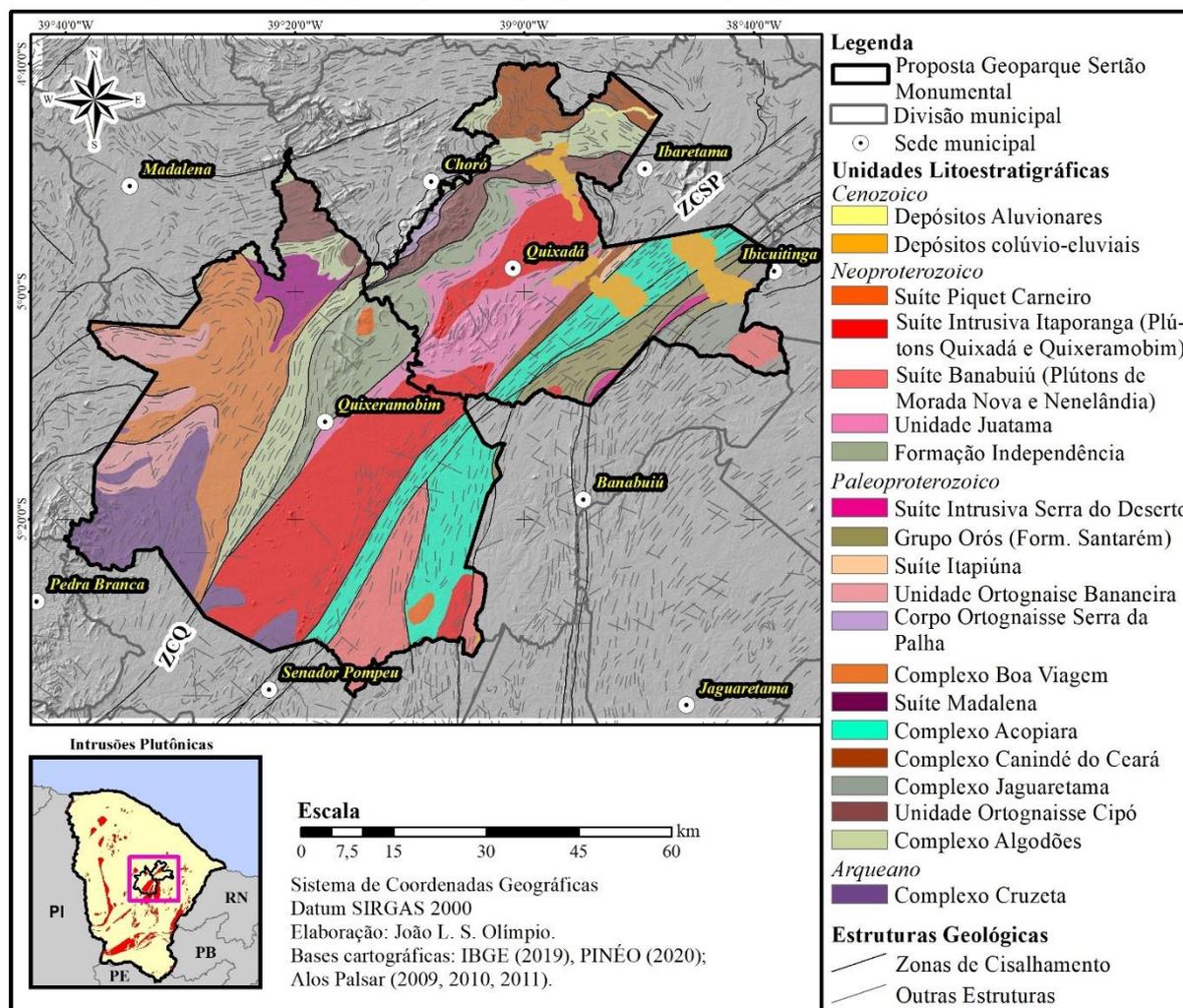
Mais ao sul, ocorre o batólito Quixeramobim (Supersuíte rio Quixeramobim de ALMEIDA *et al.*, 2007; PARENTE *et al.*, 2008) que é formado por monzonitos, quartzo monzonitos e granitos porfiríticos com 587 Ma (PINÉO *et al.*, 2020). A maior complexidade desse corpo levou a proposição da elevação à supersuíte sendo constituído, segundo Almeida *et al.* (2007), por seis grandes suítes: Muxuré Novo, Muxuré Velho, Água Doce, Serra Branca, Uruquê e Boa Fé, ocorrendo ainda os Mobilizados Tardios e Uruquê Transicional Muxuré Novo (variações laterais das suítes Uruquê e Muxuré Novo).

As suítes Muxuré Novo, Serra Branca e Boa Fé são séries cálcio-alcalina de médio potássio, compostas por quartzo-dioritos, tonalitos, granodioritos (dominantes) e monzogranitos biotita e anfibólito. Elas são diferenciadas por seu padrão textural porfirítico, com a Serra Branca apresentando fenocristais de feldspatos variando de 6 a 20 cm; a Muxuré Novo com fenocristais variando de 6 a 2 cm, e; a Boa Fé exibindo fenocristais aproximadamente equidimensionais em torno de 2,5 cm (ALMEIDA, 1995).

Os corpos Quixadá e Quixeramobim estão orientados no sentido NE/SW, o que denuncia os esforços distensivos associados às zonas de cisalhamento de Senador Pompeu (ZCSP) e Quixeramobim (ZCQ) no alojamento dos plútons. Segundo Almeida (1999), o Batólito Quixeramobim ascendeu por meio de fraturas distensionais geradas durante o

movimento sinistral da ZCSP. Posteriormente, uma inversão dos movimentos da ZCSP foi responsável pela abertura de fraturas distencionais, por onde ascenderam os magmas Quixadá. Além disso, a ocorrência universal de enclaves microgranulares e diques sin-plutônicos descontínuos sugere que o mecanismo de mistura de magmas foi de primordial importância para geração destes corpos (ALMEIDA *et al.*, 2007; ALMEIDA; ULBRICH; MCREATH, 1999).

Figura 6 – Mapa geológico da proposta de Geoparque Sertão Monumental.



Fonte: autores

Origem e Classificação dos Inselbergues

Desde a formulação dos primeiros modelos explicativos sobre a evolução do relevo continental, as superfícies de aplainamento estiveram no centro das principais teorias geomorfológicas, pois são testemunhas de longos processos erosivos. Nesta esteira, as elevações residuais, resistentes aos processos de aplainamentos, foram elementos utilizados para explicar os mecanismos dominantes na esculturação das superfícies emersas (PEULVAST, CLAUDINO-SALES, 2002). Exemplo disso, são as feições de *monadnoks*, designadas por W. M. Davis como elevações residuais que resistiram à erosão em áreas peneplanizadas, seja pela resistência das rochas (*härting*), seja como testemunhos dispostos nos divisores de drenagens (*fernling*) (GUERRA; GUERRA, 2003). Willis (1934) defende que esse termo é genérico e pode ser aplicado a qualquer relevo residual. Já W. Bornhardt

denominou as elevações residuais da pediplanação como “inselberge” (BORNHARDT, 1900).

No caso do relevo nordestino, as interpretações clássicas foram baseadas no modelo de pediplanação de King. Nessa concepção, a evolução do relevo é o resultado de fases curtas de soerguimentos tectônicos sucedidas por fases de incisão fluvial e, em seguida, por uma longa estabilidade geológica. Nessa etapa, os processos mecânicos ocasionaram o recuo paralelo das vertentes (*backwearing*), em detrimento ao rebaixamento da superfície (*downwearing*), e a formação de superfícies de aplainamento pontuadas por relevos residuais (MEIRELES, 2007; PEULVAST, CLAUDINO-SALES, 2002).

Neste sentido, foram descritos modelados em superfícies de erosão escalonadas elaboradas a partir de soerguimentos regionais e flutuações climáticas alternadas ao longo do cenozoico (BASTOS, 2018; MAIA; BEZERRA, 2014). Ab’Sáber (2003, p. 90) descreve os inselbergues como morfologias que resistiram aos processos denudacionais que elaboram as superfícies aplainadas do Nordeste e que a manutenção dos níveis topográficos depende “quase que exclusivamente do tipo de rochas duras que afloram no local”. Este argumento foi aplicado para a área de estudo por Lima, Morais e Souza (2000) e Ab’Saber (2003).

Contudo, esses trabalhos e outros não consideram adequadamente os efeitos exercidos pela erosão diferencial em zonas de cisalhamento e pelas reativações cretáceas e cenozoicas dos lineamentos brasileiros sobre a gênese e evolução do relevo nordestino. Isto porque, à medida que as zonas de cisalhamento possibilitaram a deformação e o alojamento de corpos granitoides, os lineamentos atuaram como controladores estruturais da drenagem, da dissecação e da deposição. O efeito foi o favorecimento da erosão diferencial dos terrenos mais tenros e a manutenção das intrusões graníticas. Isso implicou na exumação das intrusões graníticas, as quais formam ressaltos topográficos e, em contrapartida, há o arrasamento do relevo brasileiro (MAIA; BEZERRA, 2014).

No que concerne aos relevos graníticos, os modelos evolutivos mais recentes sugerem que nos ambientes sazonais as superfícies são esculpidas a partir de um duplo aplainamento, conforme preconizado por Büdel (MEIRELES, 2007). No caso, as morfologias poderiam ter origem em um sistema intempérico-erosivo de clima tropical substituído por um contexto morfoclimático mais seco. Isto porque têm-se cada vez mais reconhecido que as morfologias graníticas do Nordeste brasileiro foram inicialmente elaboradas sob solos mais profundos e em condições mais intensas de intemperismo geoquímico. Nesse sentido, o contato entre a superfície rochosa e o regolito promoveria uma intensa alteração química, ocasionando o rebaixamento topográfico. Posteriormente, com a sucessão para climas mais secos ou sazonais e a substituição do sistema biogeoquímico, ocorreria a remoção do regolito e a meteorização mecânica direta do embasamento rochoso. Neste caso, as alterações nos padrões morfoclimáticos tropicais, associados às mudanças climáticas ao longo do tempo, e a não uniformidade das litologias estão no centro da dinâmica evolutiva geomorfológica ao evidenciarem a importância dos sistemas biogeoquímicos na esculturação do relevo das regiões tropicais e sazonais. (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2002; MAIA *et al.*, 2015; MAIA; NASCIMENTO, 2018; VITTE, 2001).

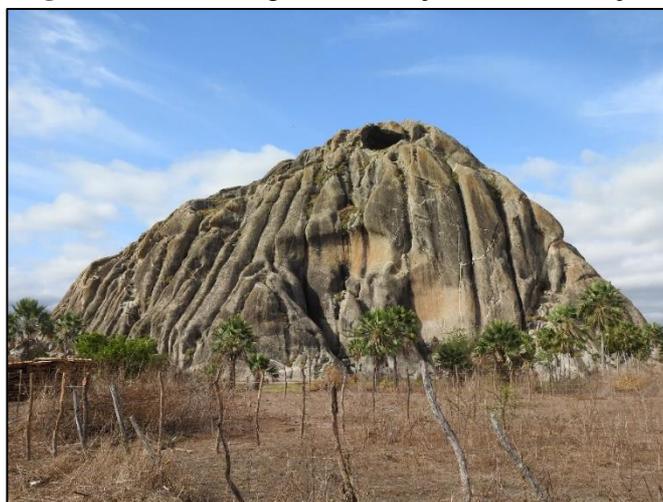
Pontualmente, a existência e a densidade da rede de fraturas e falhas pode determinar a velocidade de alteração, a partir do condicionamento das águas do lençol freático, favorecendo a intensificação da irregularidade da superfície e o isolamento de blocos rochosos (VITTE, 2001). Maia *et al.* (2015) sugerem que a densidade de lineamentos é o principal fator controlador da densidade de inselbergues do batólito Quixadá. Os autores demonstram que a maior concentração de lineamentos coincide com os terrenos onde os inselbergues estão mais espaçados. Isto porque os *trends* estruturais favorecem a meteorização em profundidade, a maior dissecação das rochas encaixantes e a exumação dos maciços graníticos.

Com relação à classificação morfológica dos inselbergues, Migoñ (2021) propõe a categorização a partir das relações entre estrutura e forma. Nesta proposta podem ocorrer as tipologias: (a) dômicas, caracterizadas por feições de cúpulas convexas, desenvolvidas em rochas maciças e com maior espaçamento entre as juntas de fraturamento; (b) inselbergues acastelados, caracterizados por formas irregulares controladas pela interseção de juntas, e; (c) inselbergues recobertos por matacões (*nubbins*), que apresentam pilhas de pedregulhos soltos, aparentemente distribuídos de forma caótica e apoiados uns sobre os outros.

No campo de inselbergues de Quixadá e Quixeramobim, a sucessão dos padrões morfoclimáticos, o controle estrutural e a diferenciação litológica no interior dos corpos ocasionaram a elaboração de formas graníticas excepcionais. Nesta esteira, para além da designação de formas residuais, o primeiro trabalho que propôs a classificação morfológica dos inselbergues foi realizado por Maia *et al.* (2015). Para o campo de Quixadá, os autores propuseram três tipos de inselbergues, a partir de critérios morfogenéticos associados aos padrões mineralógicos, petrográficos, estruturais e suas relações com os processos intempéricos.

O grupo 1 de inselbergues é caracterizado por maciços com predomínio de microformas de dissolução, tais como bacias de dissolução, vasques, gnammas, caneluras e *tafoni*. Essas feições são esculpidas pelo ataque intempérico sobre a superfície rochosa (Figura 7) (BREMER; SANDER, 2000). No caso da área em estudo, a dissolução é mais pronunciada nos fenocristais e nos enclaves máficos de biotita, mais suscetíveis à solubilização do que a rocha circundante. A partir desses pontos, a meteorização é mais intensa, ocasionando a formação de bacias de dissolução que podem se interligar através de uma rede de caneluras. Nessa tipologia, os fraturamentos e escamações são menos desenvolvidas (MAIA *et al.*, 2018).

Figura 7 – Inselbergue com feições de dissolução.



Fonte: J. L. S. Olímpio (2019).

As bacias de dissolução são cavidades relativamente pequenas escavadas em rocha coesa (TWIDALE; CORBIN, 1963), constituindo-se em feições erosivas ou destrutivas que se desenvolvem em uma variedade de ambientes climáticos e em uma ampla gama de litologias (HEDGES, 1969). Twidale e Corbin (1963) sugeriram uma classificação morfogenética em três formas básicas: *pits*, *pans* e *armchair-shaped hollows*. Vasques e gnammas são outros termos comumente utilizados na literatura para se referir às variantes destas bacias. Maia *et al.* (2018) englobam todos esses morfotipos no termo “bacias de dissolução”. No Plutón Quixadá, essas feições são comuns nas fácies em que há enclaves máficos (Figura 8a).

Já as caneluras são sulcos verticais rasos de erosão química que possuem normalmente perfil côncavo e baixa sinuosidade (MAIA; NASCIMENTO, 2018), presentes principalmente nesse grupo de inselbergues (MAIA *et al.*, 2015). Na área de estudo há dois tipos: as que são resultado da evolução e interligação de bacias de dissolução em vertentes de declividade entre 35° e 70° e que apresentam contornos mais irregulares (Figura 8b), e; as localizadas em paredões mais verticalizados com ângulos variando entre 70 e 85° (Figura 8c), que são geralmente mais finas, retilíneas, contínuas e paralelas.

Figura 8 - Bacias de dissolução e caneluras.



Legenda: A - Bacias de dissolução escalonadas: (1) Enclave máfico em início de processo de dissolução; (2) bacia de dissolução; B - Junção de bacias de dissolução formando caneluras de grande porte (Geossítio Pedra do Cruzeiro). C - Caneluras verticalizadas e paralelas (Geossítio Fazenda Salva-vidas). **Fonte:** L. C. Freitas, 2019.

Esse grupo é caracterizado pela superfície completamente desnuda. De fato, a menor densidade de fraturamentos e a maior predisposição para a dissolução, favorecem que os processos erosivos inibam a formação da cobertura pedológica. Por isso, a vegetação se restringe apenas às espécies rupícolas que se fixam nas depressões rasas e nas fendas das rochas (Figura 9), as quais permitem a acumulação de um estreito substrato de sedimentos, restos orgânicos e água. Essas depressões também podem ser colonizadas por vegetação semiaquática ou herbáceas sazonais (IBISCH *et. al.*, 1995). Todavia, o ambiente de um inselbergue é estressante para as plantas, devido às fortes restrições hídricas, a exposição à insolação, aos ventos e, apesar disso, possuem um número elevado de espécies (ARAÚJO, OLIVEIRA, LIMA-VERDE, 2008; IBISCH, *et. al.*, 1995; MORO *et. al.*, 2015).

Figura 9 - Colonização por vegetação rupícola em bacias de dissolução.



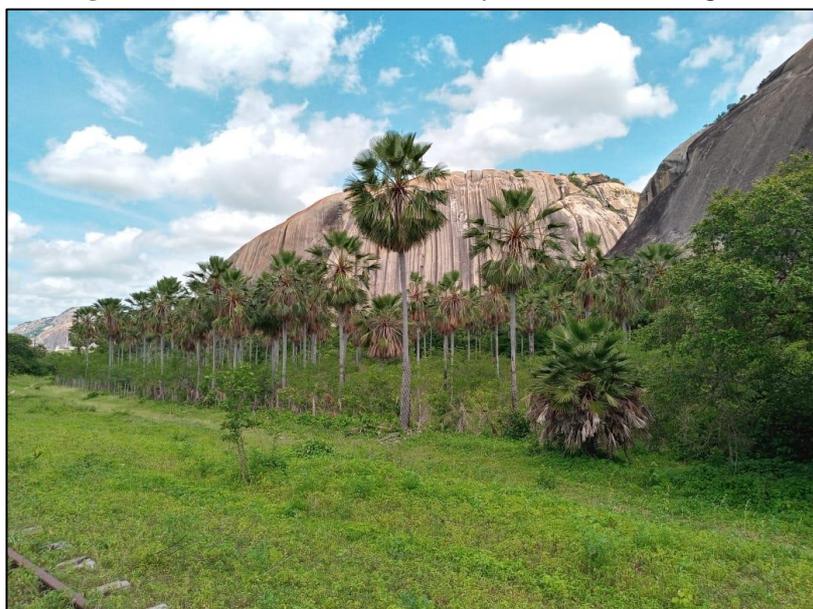
Fonte: J. L. S. Olímpio.

Na base desses inselbergues podem se desenvolver *bajadas*, a partir da deposição de frações finas produzidas pela meteorização, as quais são carregadas pelos fluxos hídricos em

lençol e concentrado (no interior das caneluras). O contexto geológico-geomorfológico permite o desenvolvimento de ambientes de exceção, em virtude dos padrões hidrogeológicos, pedológicos e fitoecológicos locais. Com efeito, a maior porosidade do depósito em relação ao embasamento cristalino abaixo, proporciona um maior acúmulo de água sazonalmente. Isso favorece a aceleração dos processos pedológicos associados aos ciclos de umedecimento (redução) e ressecamento (oxidação) e um pequeno aumento da espessura dos solos. Normalmente, nestas áreas ocorrem manchas restritas de planossolos, cujas principais características são a baixa profundidade, a suscetíveis à salinização e ao hidromorfismo sazonal.

Sobre esses solos, há fitofisionomias de carnaubais e caatingas, onde a espécie *Copernicia prunifera* se destaca na paisagem (Figura 10). Moro *et al.* (2015) enfatizam que essa vegetação ocorre nos rios e lagoas dos terrenos semiáridos nordestinos em função das características dos solos das planícies de inundação, em parte, semelhantes às encontradas nas *bajadas* dos inselbergues. Os autores apontam que existe uma elevada carência de estudos florísticos e fitossociológicos no semiárido. Contudo, nos carnaubais das *bajadas* de inselbergues essa deficiência é ainda maior.

Figura 10 – Carnaubais sobre *bajadas* de inselbergues.



Fonte: A. P. de Alcântara (2021).

O segundo grupo é composto pelos inselbergues com maior densidade de fraturamentos. As fraturas estão relacionadas à ocorrência de diques, oriundos da injeção de magmas em rochas anteriormente cristalizadas. As diferenças de composições entre a rocha hospedeira, os diques e as condições físicas de cristalização produzem descontinuidades litológicas e a predisposição ao ataque mecânico do intemperismo.

A morfologia desses inselbergues é caótica e os padrões de concavidade e convexidade são menos aparentes (Figura 11a), uma vez que a rede de fraturamentos favorece o desprendimento de blocos de rocha, assim como, a ação intempérica nas descontinuidades litológicas (Figura 11b; Figura 11c). Nesses casos, os blocos rochosos estão depositados nos sopés dos inselbergues, juntamente com as frações mais finas, formando depósitos de tálus, caos de blocos ou solos pouco desenvolvidos (Figura 11d). Eventualmente, os blocos desprendidos podem originar *tafoni* de colapso e abrigos naturais.

As feições de *boulders* estão bastante associadas a esse tipo de inselbergue (mas não exclusivamente). Essas formas são residuais e resultam da remoção parcial dos produtos de

alteração geoquímica das rochas granitoides, onde apenas os detritos menores e friáveis são removidos restando os blocos maiores e parcialmente alterados (MAIA; NASCIMENTO, 2018). Portanto, indicam a sucessão dos padrões morfoclimáticos mais úmidos para mais secos.

Devido as condições ambientais, as encostas desse grupo de inselbergues são as mais ocupadas por vegetação de caatinga do cristalino (MORO *et al.*, 2015), exibindo fisionomias arbustivas densas sobre neossolos litólicos, além de vegetação rupícola sobre os blocos caídos e afloramentos. Essa vegetação atua no retardamento dos processos erosivos de encostas e em no incremento do intemperismo subsuperficial, sobretudo nos meses chuvosos. Além disso, são os inselbergues mais atacados pelo intemperismo biológico.

Figura 11 – Feições de fraturamento em rochas monzoníticas.



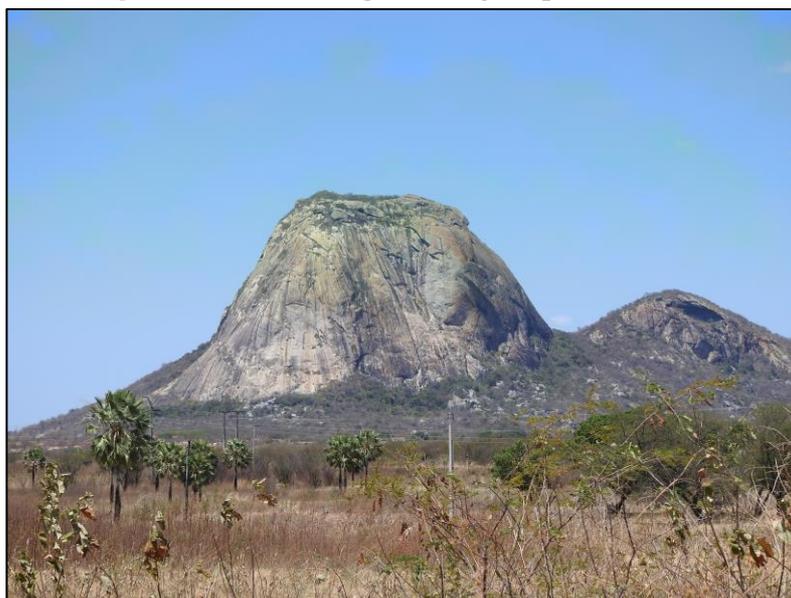
Legenda: a) Inselbergue do tipo 2; b) Dique sinplutônico em rocha monzonítica; c) Descamação em tafone de parede; d) Depósito de tálus em encosta de inselbergue do tipo 2. Geossítio Pedra da Galinha Choca (a, b e d) e Pedra Caverna dos Ventos (c). **Fonte:** J. L. S. Olímpio (2019).

No terceiro grupo estão os inselbergues maciços. O relevo é dômico, caracterizado por vertentes escarpadas que limitam o desenvolvimento pedológico e apresentam a maior altura relativa (aproximadamente 400 metros) (Figura 12). Neles as feições de dissolução e fraturamento são menos frequentes. Na área de estudo, estão localizados na unidade geológica Juatama que corresponde a um cinturão de rochas migmatíticas (diatexitos e metatexitos) presente entre os corpos de Quixadá e Quixeramobim (ALMEIDA *et al.*, 2007). Essas rochas foram afetadas pelo metamorfismo de contato durante a intrusão dos corpos graníticos e não mostram uma foliação metamórfica clara (MAIA *et al.*, 2015; MIGÓN; MAIA, 2020). Também estão presentes de forma mais discreta, em suítes graníticas do Batólito Quixeramobim, como na suíte Moxuré Novo (Geossítio Lagoa do Fofô). Devido ao porte,

algumas dessas unidades também podem ser consideradas como *inselgebirge* (BREMER; SANDER, 2000; CLAUDINO-SALES, 2018).

Essa classe contém típicos *bornhardts*, os quais são caracterizados por colinas, desnudas, dômicas, de lados íngremes com superfícies substanciais de rocha exposta (BORNHARDT, 1900; HOWARD; SELBY, 2009; TWIDALE, 1995; WILLIS, 1934). Os *bornhardts* são encontrados em diversos contextos climáticos e em uma variedade de litologias, mas são mais desenvolvidos quando esculpido em rochas graníticas e em climas semiáridos e de savana. Howard e Selby (2009) destacam que são feições abundantes em paisagens úmidas, subúmidas e áridas dos Crátons do Gondwana onde são comuns grandes intrusões de rochas graníticas.

Figura 12 - Inselbergue maciço, tipo *bornhardt*.



Fonte: J.L.S. Olímpio.

Claudino-Sales (2020) propõe a tipologia de inselbergues compostos, os quais exibem feições associadas aos processos de dissolução e de fraturamento, inclusive podendo atingir o porte altimétrico dos inselbergues maciços. De fato, a maioria dos inselbergues possuem as feições correlacionadas a mais de uma das tipologias de Maia *et al.* (2015) (Figura 13). Por outro lado, também é evidente que a variabilidade morfológica dos inselbergues está associada aos condicionantes estruturais e faciológicas dominantes em cada corpo plutônico, daí a sua categorização.

Figura 13 - Inselbergue com feições de dissolução e faturamento.



Legenda: Inselbergue com feições de fraturamento (1, 2, 4) e de dissolução (3, 5, 6). 1) Fraturamento em dique em fácies monzogranítica. 2) Caos de blocos colapsados por ação mecânica. 3) *Boulders* com evidências de saprolitização; 4) Tafone de parede formado no contato litológico entre a rocha matriz e o dique. 5) Bacia de dissolução sobre *boulder*. 6) Canelura. **Fonte:** J. L. S. Olímpio.

Associados aos inselbergues ocorrem diversas feições de micro e mesoescala elaboradas nas fácies rochosas com condições litológicas e estruturais específicas, cujos modelados são indicativos dos processos de meteorização física e/ou química. Algumas das quais são testemunhas das condições ambientais pretéritas.

Na paisagem granítica, as feições de *tafone* se destacam. Elas são cavidades poligênicas e poliformes que se formam a partir da expansão de um núcleo que vai progressivamente sendo consumido pelo intemperismo (MAIA; NASCIMENTO, 2018; ROMANI, 1994). Eles também podem ser de diferentes tipos: *tafone* de parede, *tafone* basal (Figura 14A), *honeycombs* e alvéolos (MAIA; NASCIMENTO, 2018). Outra tipologia de *tafone* são as *flared slope* (MAIA; NASCIMENTO, 2018), que correspondem a concavidades suaves formadas pelo intemperismo gerado pela umidade do subsolo na base das encostas ou de pedregulhos (TWIDALE; BOURNE, 1998a), constituindo paleoníveis de dissolução epigênica (Figura 14B). Tais feições podem ser utilizadas para inferir as idades relativas de antigas superfícies e a exposição episódica de inselbergues (TWIDALE; BOURNE, 1998b). O desgaste superficial produz materiais saprólitos que são evacuados, deixando uma inclinação côncava na rocha (OLLIER; BOURMAN, 2002). Vários exemplos destas feições estão presentes na região (FREITAS *et al.*, 2019; FREITAS *et al.*, 2021; MAIA *et al.*, 2018).

Figura 14 - *Flared slope* e tafone basal.



Legenda: A - *Flared slope* no sopé de um inselbergue dômico, Geossítio Lagoa do Fofô, Quixeramobim. B - *Tafone* basal em bloco rochoso, Geossítio Gruta do Magé, Quixadá.

No campo de inselbergue uma das mesofeições cientificamente mais expressivas é o arco granítico sobre a Pedra da Gaveta, Geossítio Fazenda Salva-vidas, em Quixeramobim. Isto porque arcos são feições geomorfológicas extremamente raras em rochas graníticas, a exemplo das encontradas em *Yosemite National Park* e *Joshua Tree National Park*, nos Estados Unidos, e nas montanhas *Spitzkoppe*, no norte da Namíbia (MARIANO *et al.*, 2013). Poucas destas feições são conhecidas no Nordeste brasileiro, entre elas destaca-se a Pedra Furada de Venturosa em Pernambuco, localizado no Batólito Alagoinhas, que também pertence à associação cálcio-alcálica de alto potássio do tipo Itaporanga (MARIANO, 1989; MARIANO *et al.*, 2013), como os corpos Quixadá e Quixeramobim. No topo do inselbergue Pedra da Gaveta há um arco granítico de 20 m de comprimento por 4 m de altura (Figura 15), associado à suíte Água Doce. Esta feição pode representar estágios mais úmidos do clima e de evolução do relevo, fato que necessita ainda ser mais estudado (FREITAS *et al.*, 2021).

Conservação e Riscos ao Geopatrimônio Local

A transformação dos elementos da geodiversidade é a base para a sustentação da sociedade, seja por meio das relações econômicas, do desenvolvimento tecnológico ou mesmo como suporte à vida humana. No entanto, é uma condição essencial o equilíbrio entre o consumo e a proteção dos recursos naturais, bem como a distribuição equitativa dos bens gerados. Com efeito, os elementos da geodiversidade prestam um conjunto de serviços geossistêmicos para o bem-estar das sociedades por meio de diversas categorias de valores, desde aspectos mais concretos (científico, funcional, econômico e educacional) até mais intrínsecos (estéticos e culturais) (BRILHA, 2017). Assim, é necessário definir, dentre os elementos da geodiversidade, aqueles que necessitam de uma maior atenção para conservação e usufruído das gerações atuais e futuras (BORBA, 2011).

Figura 15 - Arco granítico no Geossítio Fazenda Salva-vidas.



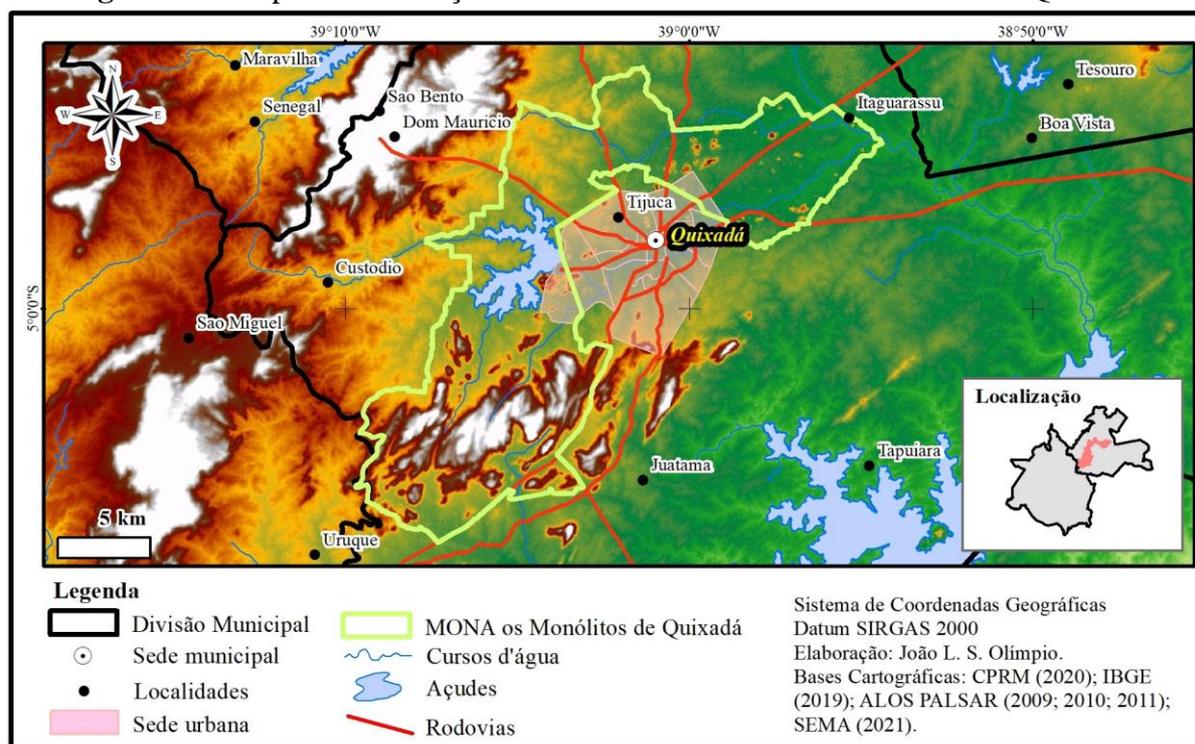
Fonte: A. P. de Alcântara, 2019.

Na área de estudo, apenas o município de Quixadá possui instrumentos legais protetivos. No âmbito estadual, o Decreto nº 26.805, de 25 de outubro de 2002 cria uma unidade de conservação de proteção integral no município de Quixadá, na modalidade Monumento Natural (Figura 16). O documento estabelece que a conservação dos inselbergues ocorra devido sua raridade, beleza cênica, valor ecológico e turístico, potencial para o desenvolvimento econômico e para evitar agressões (CEARÁ, 2002). Ao nível federal, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) tombou a barragem do Cedro em 1984 e a paisagem dos monólitos em 2004, considerando-os como relevantes patrimônios culturais. Recentemente, a barragem foi incluída na lista indicativa do Brasil de bens possíveis de serem declarados como patrimônio mundial da humanidade pela Organização

das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) (IPHAN, 2021; SILVA, 2017).

Porém, o Monumento Natural não protege todos os inselbergues relevantes histórica e cientificamente. Por exemplo, os geossítios Pedra do Cruzeiro e Gruta do Magé não são protegidos, embora o primeiro tenha sido valorado como de valor internacional e o segundo apresenta alto potencial para atingir esse nível (FREITAS *et al.*, 2019). Outro aspecto é a carência de recursos para realização de atividades de fiscalização, educação e conservação da unidade de conservação, o que pode resultar em uma maior suscetibilidade às degradações (Figura 17) (FREITAS *et al.*, 2019; VIEIRA NETO, 2012). Além disso, a ocupação na base dos inselbergues é um fator de risco à integridade física das pessoas e edificações, tendo em vista que são áreas susceptíveis à queda de blocos e aos deslocamentos. No território de Quixeramobim, os inselbergues estão fora do perímetro urbano. Isso reflete em menores impactos sobre a paisagem granítica, mas os riscos mais acentuados estão ligados às extrações clandestinas de granitos. Com efeito, os inselbergues são elementos simbólicos que constituem a paisagem identitária de Quixadá e Quixeramobim. Em vista disso, sua descaracterização, certamente, empobrecerá o valor do patrimônio cultural (SILVA, 2017).

Figura 16 - Mapa de localização do Monumento Natural os Monólitos de Quixadá.



Fonte: autores.

Alguns sítios geológico-geomorfológicos foram utilizados pelos povos pré-coloniais como suporte para manifestações culturais. Esses casos demonstram uma perfeita associação entre o patrimônio natural e cultural e por isso também são objeto de proteção. Dos 20 sítios inicialmente catalogados pelo Projeto Geoparque Sertão Monumental, 7 apresentam essa associação entre patrimônio arqueológico, geológico e geomorfológico (Figura 18).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo foi mensurada a produção científica sobre os inselbergues, especialmente sobre as pesquisas para os relevos graníticos dos municípios de Quixadá e Quixeramobim.

Foram sintetizados os principais conhecimentos sobre origem, evolução, composição e classificação dessas feições geomorfológicas. Também foram destacadas algumas geoformas de meso e microescala que ajudam a explicar a esculturação do relevo granítico.

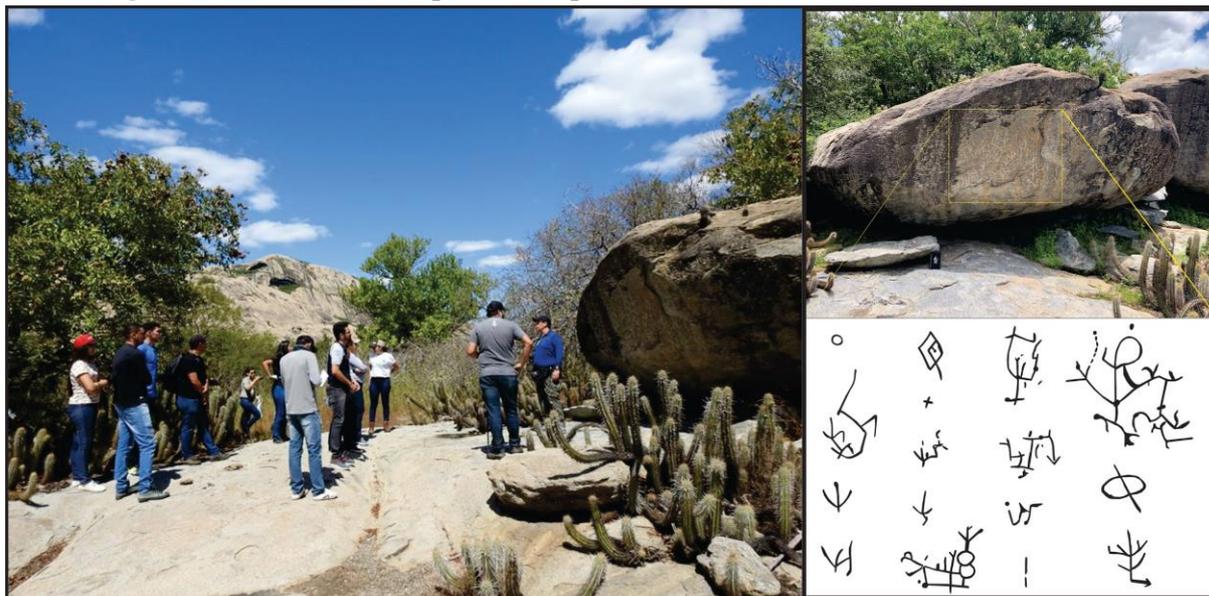
Ao longo do artigo foi demonstrado a expressividade desse campo de inselbergues, o excepcional valor dos elementos da geodiversidade e suas relações com os elementos bióticos e culturais do semiárido. Além da beleza cênica, esses relevos podem contar a história sobre a evolução das paisagens graníticas ao longo do tempo geológico. A mais, geram diversos serviços geossistêmicos à sociedade, especialmente ao deterem valores científicos, econômicos, funcionais, educacionais, culturais e estéticos. De fato, esses valores são potencialidades para o uso sustentável local, como, por exemplo, através do geoturismo e da educação para as geociências. Nesses casos, o objetivo é associar a apreciação da rede de elementos da natureza aos saberes, manifestações e atividades das comunidades locais. Por isso, essa paisagem granítica apresenta potencial para ser indicada à lista de patrimônios mundiais da UNESCO.

Figura 17 – Impactos ambientais em inselbergues de Quixadá e Quixeramobim.



Legenda: a) Expansão urbana em direção aos inselbergues, Quixadá; b) Ocupações residenciais no sopé do Geossítio Pedra do Cruzeiro, núcleo urbano de Quixadá; c) *Boulder* com *tafone* basal com inúmeros grafites nas imediações do Geossítio Pedra da Galinha, Quixadá; d) Antenas de telecomunicações instaladas no topo do Geossítio Pedra do Cruzeiro, Quixadá. **Fonte:** A. P. Alcântara.

Figura 18 - Boulder com pinturas rupestres (Geossítio Letreiro do Canhotinho).



Fonte: J. L. S. Olímpio e Freitas, et al. (2019).

Para tanto, conhecer os elementos da geodiversidade do território é a primeira etapa. De fato, as estratégias para a conservação dos sítios mais relevantes, a difusão da geoeducação e o uso economicamente sustentável necessitam estar alicerçadas sobre o conhecimento científico e na sua disseminação entre todas as pessoas. Esses são os principais meios para o reconhecimento do geopatrimônio do Projeto Geoparque Sertão Monumental.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. 6 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, A. R.; PARENTE, C. V.; ARTHAUD, M. H. Folha Itaira - SB.24-V-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem - Ceará: UFC/CPRM, 2007. In: PARENTE, Clovis Vaz (Coord.). **Geologia da folha Itaira SB.24-V-B-V**: escala 1:100.000. Brasília: CPRM, 2008. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- ALMEIDA, A. R. **Petrologia e aspectos tectônicos do Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim**, CE. 1995. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. doi:10.11606/T.44.1995.tde-12082015-141200.
- ALMEIDA, F. F. M; HASUI, Y; BRITO-NEVES, B. B; FUCK, R. A. **Brazilian Structural provinces**: an introduction. *Earth Science Reviews*, v. 17, p. 1-2, 1981.
- ANGELIN, L.A.A; KOSIN, M. (Org.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB**. Aracaju NW – Folha SC.20-V, Estado da Bahia, Pernambuco e Piauí. Escala 1:500.000. Texto explicativo – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.
- ARAÚJO, F. S; OLIVEIRA, R. F; LIMA-VERDE, L. W. Composição, espectro biológico e síndrome de dispersão da vegetação de um inselbergue no domínio da caatinga, Ceará. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 659-671, 2008.

ALMEIDA, A.R; ULBRICH, H.G.J; MCREATH, I. O Batólito Quixadá – Petrologia e Geoquímica. **Revista de Geologia UFC**, Fortaleza, CE, n. 12, p. 29-52, 1999.

BARTHLOTT, W; POREMBSKI, S. Inselbergs: geomorphology and geocology. In: POREMBSKI, P; BARTHLOTT, W. (edits.). **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000. DOI: 10.1007/978-3-642-59773-2.

BASTOS, F. H. Evidências morfológicas de condições paleoclimáticas úmidas no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 35, n. 4, p. 324-343, 2018.

BORBA, A. W. Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, n. 38, n. 1, p. 3-13, 2011.

BORNHARDT, W. **Zur Oberflächengestaltung und Geologie Deutsch-Ostafrikas**. Berlin: Reimer. 1900. Disponível em <<https://brema.suub.uni-bremen.de/dsdk/content/titleinfo/1888715>>. Acesso em 10 abr. 2021.

BRASIL. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Propostas aprovadas. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/quadro.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

BREMER, H; SANDER, H. Inselbergs: geomorphology and geocology. In: POREMBSKI, P; BARTHLOTT, W. (edits.). **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000. DOI: 10.1007/978-3-642-59773-2.

BRILHA, J. Geoheritage: Inventories and Evaluation. In: BRILHA, J; REYNARD, E. (Edit). **Geoheritage: Assessment, Protection and Management**. 1 ed. Elsevier, p. 2017.

CARVALHO, F. M. F. **O turismo em Serra do Ceará vinculado à Associação Internacional de Montanhas da China**. 2016. Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

CEARÁ. Decreto estadual nº 26.805, 25 de outubro de 2002. Criação da Unidade de Conservação Estadual intitulada: Monumento Natural dos Monólitos de Quixadá (MNMQ). **Diário Oficial do Estado**, série 2, ano 5, n. 208, p.3, 2002.

CLAUDINO-SALES, V. Potencialidades da geodiversidade: monólitos de Quixadá. In: **Ciclo de Palestras: conhecer para AMMAr e Preservar**. 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=s6TR7ITr0oA>>. Acesso em 26 mar de 2021.

CLAUDINO-SALES, V. Paisagens geomorfológicas espetaculares: geomorfossítios do Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, p. 6-18, 2010.

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 35, n. 4, p. 442-454, 2018.

CÔRREA, A. C. B; TAVARES, B. A. C; LIRA, D. R. MUTZENBERG, D. S; CAVALCANTI, L. C. S. The semi-arid domain of the Northeast of Brazil. In: SALGADO, A. A. R; SANTOS, L. J. C; PAISANI, J. C (Edit.). **The Physical Geography of Brazil: environment, vegetation and landscape**. Ed. Springer, p. 93-118, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04333-9>.

COUTINHO, L. M. **Biomias brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

- DANTAS, M. E; SHINZATO, E; BRANDÃO, R. L; FREITAS, L. C. B; TEIXEIRA, W. G. Origem das Paisagens do Ceará. In: BRANDÃO, R. L; FREITAS, L.C.B (Orgs.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 174 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- FREITAS, L. C. B; MONTEIRO, F. A. D; FERREIRA, R. V. MAIA, R. P. (org.). **Projeto geoparques - Geoparque Sertão Monumental**: proposta. Fortaleza: CPRM, 2019.
- FREITAS, L. C. B.; FERREIRA, R. V.; MONTEIRO, F. A. D. Geomorfologia das fácies graníticas do batólito Quixeramobim: contribuições para o inventário do patrimônio geológico do Projeto Geoparque Sertão Monumental-CE. **Anais do 50º Congresso Brasileiro de Geologia**. v. 2, 2021.
- GRAY, J. M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2 ed. John Wiley & Sons, 2013.
- GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário geológico-geomorfológico**. 3ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- HEDGES J. Opferkessel. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v.13, p. 23-55, 1969.
- HOWARD, A D; SELBY, M. J. Hillslopes: Rock Slopes, p. 189-232. In: PARSONS, A. J; ABRAHAMS, A. D. (Eds.). **Geomorphology of Desert Environments**, 824 p. Springer, 2009. DOI 10.1007/978-1-4020-5719-9.
- IBISCH, P. L. *et al*. Floristic, biogeographical, and vegetational aspect of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in eastern Bolivia. **Flora**, v. 190, p. 299-314, 1995.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. **Lista Indicativa de Patrimônio Mundial**. Disponível em <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/813>>. Acesso em 11 abr. 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acessado em 12 jun. 2019.
- KING, L.C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geological Society of America**, New York, v. 64, n. 7, p. 721-732, 1953.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.
- LIMA, L. C; MORAIS, J. O; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000.
- MAIA, R. P; BASTOS, F. H; NASCIMENTO, M. A. L; LIMA, D. L; CORDEIRO, A. M. N. **Paisagens Graníticas**. 1. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2018.
- MAIA, R. P; NASCIMENTO, M. A. L. Relevos graníticos do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018. <<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i2.1295>>.
- MAIA, R. P; NASCIMENTO, M. A. L; BEZERRA, F. H. R; CASTRO, H. S; MEIRELES, A. J. A. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil, **Revista**

- Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 239-253, 2015.
<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v16i2.651>.
- MAIA, P. B; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014.
<<https://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0010>>.
- MARIANO, G. **Magma mixing origin of a potassiccalc-alkaline plúton: the Itaporanga batholith, State of Paraíba, northeastern Brazil**. Tese (Doutorado) - Universidade da Georgia, Geórgia, 180 f. 1989.
- MARIANO, G. *et. al.* Pedra Furada de Venturosa, PE - Raro arco granítico com enclaves dioríticos. In: WINGE, M; SCHOBENHAUS, C; SOUZA, C.R.G; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M; SALLUN FILHO, W; QUEIROZ, E.T; (Edts.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, 2013. Disponível em
<<http://sigep.cprm.gov.br/sitio063/sitio063.pdf>>. Acesso em 01 jan. 2013.
- MEIRELES, A. J. A. As unidades morfo-estruturais do Ceará. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C; DANTAS, E. W. C; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p. 141-168, 2007.
- MIGÓN, P. Granite Landscapes, Geodiversity and Geoheritage - Global Context. **Heritage** 2021, v. 4, n. 1, 198-219, 2021. <<https://doi.org/10.3390/heritage4010012>>.
- MIGÓN, P; MAIA, R. P. Pedra da Boca, Pai Mateus, and Quixadá – Three Possible Key Geoheritage Sites in Northeast Brazil, **Geoheritage**, n. 12, n. 51, p. 1-20, 2020.
<<https://doi.org/10.1007/s12371-020-00473-4>>.
- MORO, M. F. *et. al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015. <<https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>>.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **ASF Data Search Vertex**. Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu>>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- NOGUEIRA, J. F. **Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu - Ceará central**. 2004. 123 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2004.
- OLLIER, C. D; BOURMAN, R.P. Flared Slopes, Footslopes, and the Retreat of Overhanging Slopes: Examples of Convergent Landform Development, **Physical Geography**, v.23, n.4, p.321-334, 2002.
- PARENTE, C. V; ALMEIDA, A. R; ARTHAUD, M. H. (Coords.). **Geologia da folha Itatira SB.24-V-B-V**: escala 1:100.000. Brasília: CPRM, 2008. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- PEULVAST, J. P; CLAUDINO-SALES, V. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em Geomorfologia. **Mercator**, Fortaleza, n.1, p. 113-150, 2002.
- PFALTZGRAFF, P. A. S; BRANDÃO, R. L. Introdução. In: BRANDÃO, R. L; FREITAS, L. C. B (Orgs.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 174 p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- PINÉO, T. R. G. *et al.* Projeto geologia e recursos minerais do Estado do Ceará: **Mapa Geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2020. Escala 1:500.000. 1 mapa, color.

- PIMENTA, A. A., PORTELA, A. R. M. R., OLIVEIRA, C. B., RIBEIRO, R. M. A. bibliometria nas pesquisas acadêmicas. **Scientia**, v. 4, n. 7, p. 1, 2017.
- POREMBSKI, P; BARTHLOTT, W. (edits). **Inselbergs: biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions**. Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000. DOI: 10.1007/978-3-642-59773-2.
- ROGERS, J. J. W; SANTOSH, M. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic Supercontinent. **Gondwana Res.**, v. 5, n. 1, p. 5-22, 2002.
- ROGERS, J. J. W. A history of the continents in the past three billion years. **J. of Geology**, v.104, n.1, p. 91-107, 1996.
- ROMANI, J. R.V. **Microformas graníticas tipo tafoni (cachola) y gnamma (pia) un micromodelado sin relacion con el clima o la estacionalidad**. 1994. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/61898198.pdf>>. Acesso em 09 abr. 2021.
- ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39. 2011. <<https://doi.org/10.7154/RDG.1985.0004.0004>>
- SILVA. C. A.V. **Há “pedras” no meu curral: a paisagem dos monólitos de Quixadá-CE**. Dissertação (Mestrado) – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Mestrado Profissional em Preservação do Patrimônio Cultural, Rio de Janeiro, 2017.
- SOUZA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C; DANTAS, E. W. C; SOUSA, M. S. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p. 141-168, 2007.
- SOUZA, M. J. N; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste Brasileiro. **Mercator**, ano 5, n. 9, p. 85-102, 2006.
- TWIDALE, C. R. Bornhardts, Boulders and Inselbergs. **Caderno Lab. Xeolóxico de Laxe**, Coruña, v. 20, p. 347-380, 1995.
- TWIDALE, C. R; BOURNE, J. A. Flared slopes revisited. **Physical Geography**. v. 19, p.109–132, 1998a.
- TWIDALE, C. R; BOURNE, J. A. Multistage landform development, with particular reference to a cratonic bornhardt. *Geografisker Annaler, Series A: Physical Geography*, v. 80, p.79–94, 1998b.
- TWIDALE, C. R; CORBIN, E. M. Gnammas. **Revue de Géomorphologie Dynamique**, v. 14, p. 1-20, 1963.
- VIEIRA NETO, J. P. **Conjunto de serrotes de Quixadá: monumentalidade e apropriação social do patrimônio natural (Dissertação)**. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2012.
- VITTE, A. C. Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 11-24, 2001.
- WILLIS, B. Inselbergs. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 24, n. 2, p. 123-129, 1934. <<https://doi.org/10.2307/2560659>>.
- ZHANG, S. et. al., B. Bathymetric survey of water reservoirs in north-eastern Brazil based on Tan DEM-X satellite data. **Sci. Total Environ**. v, 571, p. 575–593. 2016. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.024>>.