



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

MOCHIUTTI, N.F.B.; TOMAZZOLI, E.R. Cavernas em granito. Precisamos falar sobre elas. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.18-29. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_018-029.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

CAVERNAS EM GRANITO. PRECISAMOS FALAR SOBRE ELAS

GRANITE CAVES. WE NEEDED TO TALK ABOUT THEM

Nair Fernanda Burigo MOCHIUTTI (1,2); Edison Ramos TOMAZZOLI (1)

- (1) Universidade Federal de Santa Catarina.
- (2) Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas.

Contatos: fernandamochiutti@yahoo.com.br; edison.tomazzoli@ufsc.br.

Resumo

Cavidades naturais subterrâneas desenvolvidas em granito são pouco exploradas e estudadas no Brasil. Este fato reflete em um percentual baixo de ocorrências deste tipo de caverna nos cadastros espeleológicos oficiais do país e um volume ainda incipiente de publicações científicas dedicadas ao tema. Mas esta realidade está progressivamente mudando, principalmente em regiões do sudeste e do sul do Brasil, onde trabalhos de exploração, mapeamento e pesquisa vêm construindo o conhecimento sobre essas cavernas. Estudos na Ilha de Santa Catarina, no estado homônimo, mostram a relevância científica e ecossistêmica desses ambientes, expressa nas características da sua geodiversidade, como a abundância de diferentes tipos de espeleotemas, estruturas geológicas e feições de alteração, e da sua biodiversidade, que utiliza da caverna como suporte, mas também colabora em processos que ali ocorrem, como no intemperismo químico das rochas, na ciclagem da sílica, como substrato para deposição de sedimentos, etc.. Há, no entanto, muito que se avançar na discussão e conhecimento sobre estas cavidades, de modo a subsidiar ações de gestão, conservação e uso deste patrimônio espeleológico.

Palavras-Chave: cavernas em granito; matacões; encostas; Ilha de Santa Catarina.

Abstract

Underground natural cavities developed in granite are little explored and studied in Brazil. This fact is reflected on the small percentage of occurrences of this type of cave in the country's official speleological registry and yet incipient scientific publications on the subject. But this reality is progressively changing, mainly in the southeast and southern regions of Brazil, where exploration, mapping, and research work are building the knowledge about these caves. Studies in the Santa Catarina Island, in the homonym state, show the scientific and ecosystem's relevance of these environments, expressed in the characteristics of its geodiversity, such as the abundance of different types of speleothems, geological structures and weathering features, and of its biodiversity, that utilizes the cave as support, but also aids in processes that happen there, such as chemical weathering of rocks, silica cycling, as a substrate for deposition of sediments, etc.. There is, however, a lot yet to advance in the discussion and knowledge of these cavities, in a way of subsidize management actions, conservation, and utilization of this speleological heritage.

Keywords: granite caves; boulders; slopes; Santa Catarina Island.

1. INTRODUÇÃO

Cavernas desenvolvidas em rochas ígneas, especificamente em granito, ainda são minoria no quadro dos cadastros oficiais do Brasil. No Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) elas representam 3% do total de cavidades naturais subterrâneas registradas (percentual esse que também inclui as cavernas em basalto) (SBE, 2019). Tais números, no entanto, não representam a realidade de ocorrências de cavernas em granito no Brasil, que possui terrenos graníticos associados a grande parte da extensão do embasamento das coberturas fanerozoicas (HASUI et al., 2012) e muito pouca

prospecção/exploração espeleológica nesse domínio litológico.

Na opinião de Finlayson (2011, p.16) “muitos espeleólogos não consideram paisagens graníticas como sítios onde procurar por cavernas”. Romani e Rodriguez (2007), por sua vez, colocaram que descrições de paisagens graníticas normalmente ignoram a existência de um cenário subterrâneo, e que essa negligência talvez tenha como motivo o fato de que, na sua maioria, tais cavidades possuem pequenas dimensões.

Uma das consequências do que foi exposto reflete na pouca quantidade de trabalhos

relacionados às cavernas desenvolvidas em granitos, principalmente se comparados à vasta produção sobre cavidades carbonáticas e mesmo sobre as de litologias não-carbonáticas. Estudos espeleológicos em rochas areníticas, quartzíticas e ferruginosas são numerosos no Brasil, a exemplo dos trabalhos de Hardt (2011), Fabri et al. (2013) e Ruchkys et al. (2015), que envolveram discussões aprofundadas sobre cavidades nessas litologias (gênese e evolução dos sistemas subterrâneos, classificação, relevância patrimonial, aspectos legais, serviços ecossistêmicos, conservação, etc.), diferentes dos estudos que abordam cavernas em granito, que em sua maioria são sucintos, envolvendo descrições gerais de cavidades específicas.

Mesmo sem possuir a mesma projeção das cavidades acima citadas, as cavernas em granito são igualmente relevantes. Em alguns casos podem sim atingir dimensões consideráveis, a exemplo da Gruta do Riacho Subterrâneo, localizada na cidade de Itu, que tem sido considerada a primeira no *ranking* brasileiro, da América do Sul e do Hemisfério Sul para esta litologia, estando entre as seis maiores do mundo com seus cerca de 1900 metros de extensão mapeados (IGUAL, 2011).

Para além de suas dimensões, Despaigne; Stock (2005) afirmaram que através de observações, medições e interpretações da morfologia das cavernas em granito podemos desvendar a história do seu desenvolvimento e, a partir da integração das informações resultantes com a história geomorfológica regional, é possível compreender a evolução da topografia montanhosa e a evolução da paisagem como um todo. Soma-se a isso a riqueza de elementos da geodiversidade e da biodiversidade presentes nesses ambientes (LÓPEZ et al., 2012; RODRÍGUEZ, 2017).

Felizmente, essa realidade tem mudado em algumas regiões brasileiras, a exemplo dos trabalhos de exploração, mapeamento e pesquisa que estão em andamento na Ilha de Santa Catarina (ISC), porção insular do município de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina, uma área com concentração expressiva de cavidades naturais subterrâneas em granito no país.

O objetivo deste trabalho é mostrar um retrato sobre a exploração e pesquisa espeleológica em cavernas em granito no Brasil, promovendo o debate e a reflexão sobre a importância científica e ecossistêmica dessas ocorrências. Para isso, serão utilizados exemplos de cavidades deste tipo localizadas na ISC.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho se centra principalmente em uma discussão de âmbito teórico, baseada em pesquisa bibliográfica sobre “cavernas em granito” no Brasil, considerando também estudos internacionais que são referência sobre o tema.

Para exemplificar a relevância e potencialidades das cavidades em questão, foram utilizados dados de uma pesquisa de doutoramento que está em andamento, a qual tem como objeto de estudo as cavernas em granito da ISC.

Os dados relacionados a tal pesquisa foram obtidos a partir de trabalho de campo, mapeamento espeleológico, levantamento da geodiversidade, registros fotográficos e análises de rochas e, principalmente, de espeleotemas, como microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrometria de energia dispersiva (EDS), difratometria de raios X (DRX) e microscopia ótica, realizadas na Universidade Federal de Santa Catarina (Laboratório Central de Microscopia Eletrônica, Laboratório Multiusuário de Difração de Raios X e Laboratório de Laminação e Microscopia Ótica).

3. UM PANORAMA DOS ESTUDOS SOBRE CAVERNAS EM GRANITO NO BRASIL

No Brasil, Hardt (2002; 2003) trouxe uma aproximação ao tema quando tratou de cavernas em granitos e gnaisses nas serras do Mar (SP) e da Mantiqueira (MG). Sua principal contribuição foi na discussão da classificação dos tipos de cavernas nessas litologias, utilizado como base os trabalhos de Sjöberg (1986) e Finlayson (1986).

Também na região da Serra do Mar Zampaulo et al. (2005) descreveram uma gruta em rocha granítica no município de Bertoga (SP). Segundo os autores, a Gruta T 47 foi formada a partir de desmoronamento de blocos, sendo classificada como uma caverna do tipo “blocos em pilha” (FINLAYSON, 1986). A cavidade, que tem aproximadamente 100 metros de extensão, é percorrida por um curso d’água e possui um rico registro de fauna cavernícola.

Nesse trabalho os autores chamam atenção para o grande potencial espeleológico de regiões como a Serra do Mar, principalmente pela ocorrência frequente de movimentos de massa, que geram acumulações de blocos. Ao mesmo tempo, contrastam esse fato com o baixo número de estudos sobre cavidades em granito no Brasil, destacando alguns grupos de espeleologia que têm contribuído para mudar esse quadro, como o Grupo de Estudos

Ambientais da Serra do Mar (GESMAR) e o Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME).

Um trabalho desenvolvido por membros do GESMAR (ZAMPAULO et al., 2007a) chamou atenção para um conjunto de grutas graníticas na Serra dos Cocais (Valinhos – SP). No estudo é realizada uma caracterização de duas cavidades visando gerar dados que subsidiem ações de conservação na região, que constitui uma importante área de nascentes e de remanescentes de floresta atlântica e cerrado. As cavidades descritas foram classificadas como do tipo “blocos em canal”(FINLAYSON, 1986), estão associadas a pequenos cursos d’água e possuem desenvolvimento linear de pouco mais de 80 metros cada. Tal como no trabalho citado anteriormente, os autores reforçaram a necessidade de uma ampliação de levantamentos e estudos de cavernas graníticas no Brasil.

O GPME tem sede em São Paulo, mas atua em todas as regiões brasileiras. É um dos grupos que mais realiza o cadastro e mapeamento de cavernas em rochas graníticas no Brasil, detendo inclusive os dois primeiros registros deste tipo de cavidade na ISC (Gruta da Praia Brava e Gruta do Rei). O boletim informativo do grupo (Teto Baixo) publicado em maio de 2011 trouxe uma série de artigos sobre cavernas graníticas, com textos de pesquisadores internacionais que são referências no assunto.

O destaque nessa edição do boletim foi para os primeiros estudos sobre a Gruta do Riacho Subterrâneo, em Itu (SP), intitulada a maior caverna em granito do Hemisfério Sul. Igual (2011) apontou uma medida de aproximadamente 1900 metros na linha de trena, ressaltando que o trabalho de exploração ainda estava em andamento. Além do notável desenvolvimento linear para a litologia, a cavidade apresenta uma grande variedade de espeleotemas, diversidade de fauna e também possíveis indícios arqueológicos (fragmentos de cerâmica). Diferente do contexto de Mata Atlântica, que caracteriza as encostas da Serra do Mar, o entorno da gruta em Itu apresenta ecossistemas de cerrado, relictos de uma vegetação que predominou na região em climas passados mais secos.

Na descrição fisiográfica da Gruta do Riacho Subterrâneo, Martins (2011) disse que a mesma está inserida no contexto da Suíte Granítica Pós-tectônica de Itu e se apresenta superficialmente na forma de matacões. O vazio subterrâneo que dá corpo à cavidade se forma em decorrência da erosão vertical do material mais fino liberado dos blocos

maiores. Segundo o autor, embora pareça que o amontoamento de matacões resulta de um escorregamento, o que de fato pode ocorrer em algumas situações, no caso da caverna em questão eles são residuais e fruto da erosão do maciço rochoso que ali existia.

Estudos relacionados à biologia subterrânea em cavernas graníticas brasileiras, também raros comparados aos equivalentes em outros tipos de cavidades, têm evidenciado a importância desses ambientes como habitats de uma rica diversidade de espécies. Bichuette et al. (2017) realizaram um estudo sobre a fauna terrestre na Gruta do Riacho Subterrâneo com levantamentos em quatro momentos distintos, abrangendo todas as estações do ano (réplicas). Foram identificados 199 táxons, a maior riqueza biológica levantada até o momento em uma caverna em rocha ígnea no país, e constatada a preferência da fauna epígea pelo substrato rochoso em comparação com a matéria orgânica, atestando a importância do contexto geológico e da morfologia da caverna na sustentação da biodiversidade.

Outros trabalhos que abordaram aspectos biológicos em cavernas graníticas no Brasil são os de Zampaulo et al. (2007b), descrevendo aspectos da ecologia populacional de espécies de opiliões (Serra do Mar – SP), Rocha; Bichuette (2016), analisando a influência de variáveis abióticas na fauna de morcegos (Itu – SP) e Bernardi et al. (2012), inventariando a fauna de invertebrados (Serra da Mantiqueira – MG). No conjunto, todos os trabalhos apontaram a incipiência dos estudos em biologia subterrânea em cavernas graníticas no país e a importância destes ambientes do ponto de vista ecossistêmico, principalmente em áreas de Mata Atlântica, onde todos foram desenvolvidos.

Em relação aos estudos envolvendo as cavernas em granito da ISC, os trabalhos de Tomazzoli et al. (2011), Tomazzoli et al. (2012), Mochiutti et al. (2013; 2015) e Mochiutti; Tomazzoli (2017) são as principais contribuições até o momento. No conjunto, os autores apresentaram um panorama geral da espeleologia da ISC e descreveram de forma preliminar os aspectos geológicos, geomorfológicos e biológicos de algumas cavidades. O último trabalho fez uma primeira avaliação dos espeleotemas presentes no Sistema de Cavernas da Água Corrente, a maior da ISC.

Trabalhos de base na área da geografia, geomorfologia e geologia do Brasil, como as obras de Christofolletti (1980), Cunha; Guerra (1998),

Guerra; Cunha (1994; 2003), Souza (2005), Teixeira et al. (2009), Hasui et al. (2012) dedicaram capítulos para definição de conceitos e descrições da realidade cárstica brasileira, focando exclusivamente em terrenos carbonáticos. São bastante sucintas, quando não ausentes, as menções às cavernas em rochas pouco (ou não) solúveis nesses trabalhos. Mesmo livros específicos sobre espeleologia, como as obras de Lino; Allievi (1980) e Auler et al. (2001), não abordaram contextos geológicos não-carbonáticos.

O conjunto de trabalhos aqui apresentados evidencia uma lacuna na espeleologia brasileira e a necessidade de um trabalho de síntese sobre cavernas desenvolvidas em granito e mesmo em outros tipos de rochas não carbonáticas. Mostra também o potencial espeleológico para cavidades graníticas das regiões montanhosas subtropicais e tropicais associadas à Mata Atlântica.

4. RELEVÂNCIA DAS CAVERNAS EM GRANITO: O EXEMPLO DAS CAVIDADES DA ILHA DE SANTA CATARINA

A ISC possui 64 cavidades naturais subterrâneas registradas no CNC (SBE, 2019). Deste total, 33 são associadas a aglomerações de matacões graníticos, as quais ocorrem nas encostas, bases dos morros e fundos de vales fluviais, concentrando-se principalmente no setor centro-norte da ISC. As demais são classificadas como cavernas marinhas, presentes nos costões ou na interface dos maciços rochosos com as praias, desenvolvem-se essencialmente em diques de diabásio, ignimbritos e riolitos e estão concentradas principalmente no setor sul da ISC (SILVA, 2018).

Considerando que a grande maioria das cavernas localizadas na ISC é de contextos litológicos ígneos, os números acima apresentados a colocam como uma das principais áreas no país com ocorrências conhecidas nesse tipo de rocha. Fato este que colaborou para recente inclusão deste setor como área prioritária para a conservação do patrimônio espeleológico brasileiro (CECAV, 2018).

4.1 Aspectos fisiográficos e morfológicos

A geologia da ISC é composta por rochas antigas do Ciclo Brasileiro (limite Neoproterozoico/Paleozoico), diques cretáceos correlatos à Formação Serra Geral e depósitos continentais e transicionais quaternários. Das rochas mais antigas, o Granito Ilha é a unidade mais expressiva, sustentando em grande parte os maciços

sul e centro norte, que dão corpo às terras altas da ISC (TOMAZZOLI; PELLERIN, 2015).

Essa unidade geológica se apresenta como monzogranitos e sienogranitos de coloração rosada, ocasionalmente acinzentada, possui textura equigranular variando de média a grossa, com megacristais de feldspato alcalino e plagioclásio. A mineralogia principal da rocha é formada por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita (ZANINI et al., 1997; TOMAZZOLI; PELLERIN, 2015; CORRÊA, 2016).

A exposição do Granito Ilha se dá tanto pelo maciço rochoso propriamente dito, como nos costões e cortes de rodovia, e também na forma de matacões residuais ou movimentados, que recobrem as encostas dos morros, além de se acumularem nas bases das elevações e nos vales fluviais.

A maioria das cavidades subterrâneas em granito da ISC está associada ao Granito Ilha e às exposições e acumulações de matacões oriundos desta rocha, sendo classificadas na bibliografia como cavernas em blocos (RODRÍGUEZ, 2011; 2017). Os matacões são uma das formas residuais mais características de terrenos graníticos com relevos positivos ao redor do mundo, dada à existência de um sistema de fraturas inerente a esse tipo de rocha combinado à atuação de agentes intempéricos e erosivos, num processo conhecido como esfoliação esferoidal (ROMANÍ; TWIDALE, 1998).

A variação na forma e tamanho dos matacões e a organização caótica dos mesmos conferem às cavidades em granito da ISC uma morfologia complexa, caracterizada por uma trama labiríntica de condutos e salões que ocupa diferentes níveis, muitas vezes sobrepostos (Figura 1), sendo difícil eleger um conduto principal. As paredes, o teto e o piso são irregulares e descontínuos, permitindo a existência de várias entradas/saídas e claraboias que possibilitam a passagem de luz e a entrada de matéria orgânica, mas em níveis mais profundos ocorrem zonas afóticas.

Um terço das cavidades em granito da ISC possui mais de uma centena de metros de extensão, dimensões que são significativas para a litologia, como é o caso do Sistema de Cavernas da Água Corrente, que possui 1026 metros de desenvolvimento linear. Tal medida a coloca como uma das maiores cavernas em granito do Brasil.

As características acima apresentadas fazem da topografia espeleológica nessas cavernas um desafio, mas ao mesmo tempo uma oportunidade

para o teste e aprimoramento de métodos e materiais e para a aplicação de diferentes técnicas de mapeamento. Esta perspectiva qualifica cavidades desse tipo como excelentes laboratórios de campo para treinamento de espeleólogos e desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à topografia espeleológica.

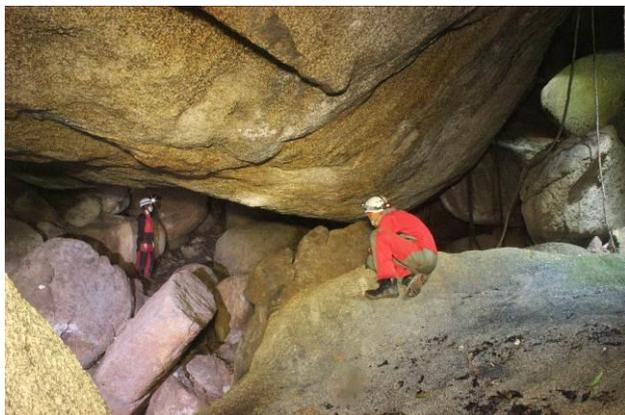


Figura 1: Visão geral do Salão Maior, Sistema de Cavernas da Água Corrente. Representa o terceiro nível de desenvolvimento da cavidade de montante a jusante na encosta. O teto é formado por um matacão de mais de uma dezena de metros.

Como o Granito Ilha é seccionado por diques de composição básica a ácida correlatos à Formação Geral, é comum a ocorrência de blocos e matações oriundos destes corpos nas cavernas, principalmente de diabásio (Figura 2). Em alguns casos, dada à concentração e disposição dos mesmos, evidenciam a presença de um contato próximo ou *in situ*.

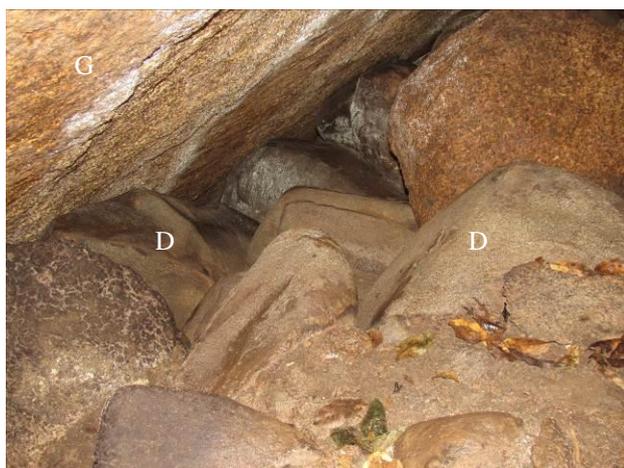


Figura 2: Matações de granito (G) e de diabásio (D) no piso da Gruta da Feiticeira.

Outra contribuição encontrada especificamente no Sistema de Cavernas da Água Corrente são fragmentos de material residual rico em ferro, provavelmente laterita.

Assim como uma caverna carbonática pode ajudar a entender a gênese e evolução do relevo cárstico onde ela se insere, as cavernas em blocos graníticos da ISC são produtos morfogenéticos que funcionam como indicadores da evolução do relevo e das paisagens locais e regionais.

4.2 Feições e estruturas geológicas

As feições e estruturas observadas nas cavernas em granito da ISC guardam semelhanças com aquelas encontradas em cavidades em outras litologias, o que Romaní e Twidale (1998) chamam de formas convergentes. Dentre as feições com maior ocorrência e que mais se destacam estão os espeleotemas, uma feição convergente por excelência. Objeto de investigação de pesquisadores espanhóis há décadas (ROMANÍ; VILAPLANA, 1984; SANJURJO et al., 2007; ROMANÍ et al., 2010), não possuem estudos equivalentes no Brasil.

Os espeleotemas encontrados possuem dimensões milimétricas a centimétricas, são encontrados no piso, paredes e teto e englobam diferentes morfologias. Seguindo a classificação de Romaní et al. (2014) para espeleotemas em cavernas em rochas magmáticas, foram observados espeleotemas cilíndricos individuais (Figura 3) e cilíndricos aglomerados (ou em grama) (Figura 4), estalactites (Figura 5) e *microgours* (Figura 6). Também ocorrem os coraloides (Figura 7), que não são descritos nessa classificação.



Figura 3: Espeleotemas cilíndricos individuais no piso do Sistema de Cavernas da Água Corrente.



Figura 4: Espeleotemas cilíndricos aglomerados na parede e teto da Gruta do Saquinho I.



Figura 5: Estalactites na Gruta do Oiteiro. Os microrganismos que colonizam essa superfície são prováveis participantes na formação dessas feições.



Figura 6: Espeleotema planar do tipo *microgour* em parede no Sistema de Cavernas da Água Corrente.

Análises de EDS, DRX e microscopia ótica em amostras de espeleotemas cilíndricos e coraloides evidenciaram que tais feições são compostas essencialmente por opala, uma sílica amorfa hidratada. A estrutura organizada em camadas/capas sucessivas mostra o processo rítmico de precipitação e deposição do material, que inclui clastos aprisionados, oriundos dos principais

minerais do granito. A participação biológica é um fator possível na gênese destes espeleotemas, o que é sugerido pela presença de microrganismos na estrutura dos mesmos (figuras 5 e 8).



Figura 7: Coraloides na Gruta do Saco Grande (escala de 1 em 1cm). Foto: Henrique Simão Pontes.

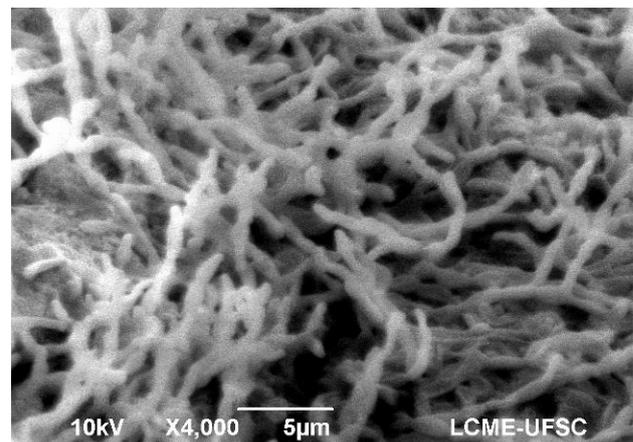


Figura 8: Microrganismos na estrutura de coraloides da Gruta do Saco Grande (imagem de MEV).

Outro produto de origem deposicional que ocorre em cavidades como o Sistema de Cavernas da Água Corrente e a Gruta do Saco Grande são os ruditos (Figura 9), rochas clásticas onde predomina a fração granulométrica cascalho. Apresentam-se moderadamente litificadas e são polimíticas, tendo como fonte dos clastos justamente as rochas e materiais que aparecem nas cavernas, como o granito, o diabásio e a laterita. A matriz é detrítica e grossa e provém de material de alteração do granito.

Os matacões de granito que dão corpo às cavidades permitem a exposição de mais faces da rocha, trazendo a tona estruturas primárias e secundárias que outrora estariam encerradas no interior do maciço rochoso ou recobertas por regolito. Enclaves de composições diversas (Figura 10), juntas e veios hidrotermais, aplíticos e pegmatíticos são exemplos das estruturas que

ocorrem nessas cavernas, as quais podem colaborar no aperfeiçoamento da descrição da unidade geológica ou para algum estudo específico sobre ela.



Figura 9: Rudito encontrado no Sistema de Cavernas da Água Corrente.

Feições relacionadas à ação do intemperismo diferencial e erosão também são encontradas nos matacões graníticos, sendo as caneluras as mais comuns. Por vezes estão em posição distinta daquela em que se originaram, indicando a rotação dos matacões (Figura 11).



Figura 10: Enclave em matacão granítico na Gruta do Saco Grande. Foto: Henrique Simão Pontes.

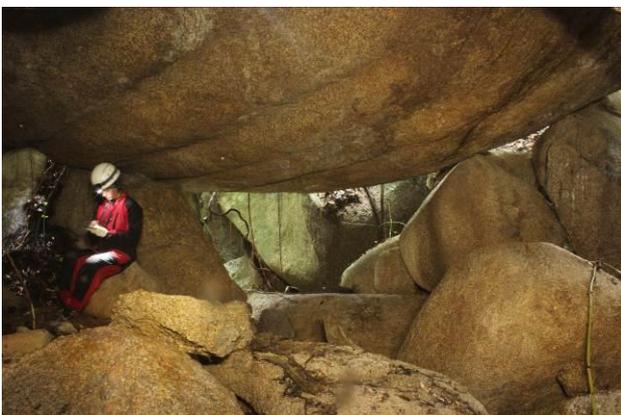


Figura 11: Caneluras dispostas na horizontal em matacão granítico do teto do Sistema de Cavernas da Água Corrente. Foto: Henrique Simão Pontes.

A diversidade de feições e estruturas observadas mostra como essas cavernas são ricas em materiais, formas e processos que contam desde a história mais antiga, da rocha, até os capítulos mais recentes, da esculturação do relevo e da formação de um espeleotema. As informações obtidas a partir do estudo de tais elementos, principalmente os espeleotemas, permitem avançar em discussões sobre a dissolução do granito e ampliar as áreas de ocorrência de feições tipicamente cársticas em contextos litológicos não carbonáticos.

4.3 Valor ecossistêmico

As cavernas em granito da ISC conjugam fatores como baixa ou nenhuma luminosidade, alta umidade, temperaturas amenas e constantes em relação à superfície, diversidade de abrigos, disponibilidade de água, presença de raízes e um bom aporte de matéria orgânica, fatores esses que possibilitam um habitat perfeito para um grande número de espécies.

Devido à morfologia das cavernas, tais características costumam se manifestar de forma uniforme por toda extensão do vazio subterrâneo, e, conseqüentemente, permitem que os elementos da biodiversidade cavernícola não se restrinjam a setores específicos, como a entrada, por exemplo.

Composta por pequenos vertebrados, como anuros, morcegos e cobras (estas, visitantes ocasionais), uma grande quantidade de invertebrados, como grilos, opiliões, aranhas, diplópodes, dípteros, colêmbolos, *Zelurus* e mariposas, e um rico universo microbiológico, essa biodiversidade evidencia o valor ecossistêmico de suporte das cavernas em questão.

O ambiente cavernícola, principalmente a superfície dos matacões graníticos, é um dos locais preferidos de uma espécie de anfíbio endêmica da ISC, o *Ischnocnema manezinho* (GARCIA, 1996), com ocorrência em várias cavidades. Tal espécie consta na lista vermelha estadual (CONSEMA, 2011) e brasileira (MMA, 2014) como ameaçada, na categoria vulnerável.

O substrato rochoso também é a área de fixação de larvas de insetos da ordem Trichoptera e Diptera. Os dípteros são do gênero *Neoditomyia* sp., família Keroplatidae (Figura 12). Viviani et al. (2018) identificaram em larvas deste tipo, em cavernas do Parque Estadual Intervales (SP), a molécula luciferina, substância essencial para bioluminescência em alguns outros insetos da família Keroplatidae em regiões da América do

Norte, Oceania e Eurásia. No caso estudado, as larvas não são luminescentes, o que pode indicar outra função biológica importante da substância nessa família de mosquitos.

Um aspecto que chama atenção em alguns espécimes da fauna cavernícola é o seu tamanho e a adaptação ao ambiente subterrâneo. Opiliões e grilos são maiores do que seus pares em cavernas em arenito, por exemplo (comparação com cavernas no Paraná). Os grilos, em especial, apresentam órgãos sensoriais bem desenvolvidos, que podem ser até duas vezes maiores que o restante de seu corpo. A oferta generosa de alimento e o isolamento podem ser fatores de influência nessas características.



Figura 12: Larva de *Neoditomyia* sp. (sinalizada) em sua teia de seda suspensa em teto baixo no Sistema de Cavernas da Água Corrente.

A relação dos elementos da biodiversidade com essas cavernas não se resume apenas a utilização desses ambientes como abrigo e substrato. Diferentes animais e organismos que ali vivem tem influência na condução de processos físicos e químicos que originam espeleotemas, por exemplo.

Os fungos que colonizam superfícies rochosas das cavidades podem atuar na alteração do pH da água que circula pela rocha, acidificando-a, influenciando assim na dissolução da mesma. Imagens obtidas por MEV mostram diferentes microrganismos presentes na estrutura interna e externa dos espeleotemas, como fungos, bactérias e amebas tecadas, os quais podem atuar na captura e ciclagem de elementos como a sílica, que está presente na composição dessas feições. As teias de pequenas aranhas que se instalam nas áreas de ocorrência dos espeleotemas podem colaborar como superfícies de precipitação e/ou deposição de materiais e no tipo de crescimento das feições (Figura 13). Fios de seda foram identificados por MEV na estrutura de alguns espeleotemas.



Figura 13: Teias de aranha nas extremidades de coraloides na Gruta do Oiteiro.

5. CONCLUSÃO

Os atributos naturais das cavernas em granito, tomando como referência as cavidades da ISC, mostram que estes ambientes possuem um vasto potencial para estudos na área da espeleologia, geomorfologia, geologia e biologia subterrânea.

Ampliar os trabalhos de prospecção e exploração espeleológica em terrenos graníticos e investir na pesquisa científica sobre essas cavernas são passos necessários para que tais ocorrências sejam mais facilmente reconhecidas, tanto por leigos como por profissionais habilitados a realizar estudos ambientais (para fins de licenciamento de obras/empreendimentos, por exemplo). Tais atividades são essenciais para embasar as ações de gestão, conservação e uso desse patrimônio espeleológico.

Embora a geração de informações qualitativas sobre as cavernas em granito seja até mais importante do que o aumento dos números de tais ocorrências nos cadastros espeleológicos nacionais, é fato que esse salto quantitativo tem seu valor. Até oito anos atrás havia dois registros de cavernas na ISC, atualmente são 64, 33 só de cavernas em granito, números que elevaram esse setor no estado de Santa Catarina a área prioritária para conservação do patrimônio espeleológico brasileiro. Esta qualificação pode significar um facilitador na justificativa de projetos de pesquisa nessa região e consequente obtenção de recursos para os mesmos.

A localização e as características morfológicas de grande parte das cavernas em granito da ISC trazem restrições para o desenvolvimento de determinadas atividades nesses espaços, como o turismo. São indicadas para usos educacionais específicos (como treinamento de

profissionais das geociências) e científicos. Para além desses interesses, possuem um valor ecossistêmico importante, servindo como habitat para inúmeras espécies, algumas delas ameaçadas.

6. AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de doutorado que tem permitido o desenvolvimento desta pesquisa. Ao

Rodrigo Dalmolin e membros do GUPE e do Espeleo Grupo Teju Jagua pela ajuda em trabalhos de campo. Ao LCME, LDRX e LABLAM da UFSC, seus técnicos e professores, pela colaboração nas análises de espeleotemas e rochas. À prof.^a Rafaela Falaschi, André Ambrozio e Caroline Oswald pela ajuda na identificação biológica.

REFERÊNCIAS

- AULER A.S.; RUBBIOLI E.L.; BRANDI, R. **As Grandes Cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Rona Ed. v.1, 2001. 230p.
- BERNARDI, L.F. de O.; PELLEGRINI, T.G.; TAYLOR, E.L.S.; FERREIRA, R.L. Aspectos ecológicos de uma caverna granítica no sul de Minas Gerais. **Espeleo-Tema**, v.23, n.1, 2012. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n1_005-011.pdf>.
- BICHUETTE, M.E.; NASCIMENTO, A.R.; SCHIMONSKY, D.M.V. GALLÃO, J.E; RESENDE, L.P.A.; ZEPON, T. Terrestrial fauna of the largest granitic cave from Southern Hemisphere, southeastern Brazil: A neglected habitat. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 12, n. 2, p.75-90, 2017.
- CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico** – primeira aproximação. Brasília: ICMBio, 2018, 31 p. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/Areas_Prioritarias_Patrimonio_Espeleologico_2018.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
- CONSEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Resolução nº 002, de 06 de dezembro de 2011**. Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/upload/Fauna/resolucao_fauna_002_11_fauna.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- CORRÊA, V.X. **Geoquímica, isotopia e geocronologia das rochas graníticas do Batólito Florianópolis na Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. 2016. 150 p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- DESPAIN, J.D.; STOCK, G.M. Geomorphic history of Crystal Cave, Southern Sierra Nevada, California. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 67, n. 2, p. 92–102, 2005.
- FABRI, F.; AULER, A.; CALUX, A.; CASSIMIRO, R. AUGUSTIN, C.H.R.R. Geoespeleologia e principais aspectos espeleogenéticos das grutas Baixada das Crioulas I e II, Itambé do Mato Dentro, Minas Gerais. **Geonomos**, v. 2, n. 1, p. 56-62, 2013.
- FINLAYSON, B. The formation of caves in granite. In: PATERSON, K.; SWEETING, M. M. (Eds.). **ANGLO-FRENCH KARST SYMPOSIUM**, 1986, Norwich. **Proceedings**. Norwich: Geobooks, 1986. p. 333-347.

- FINLAYSON, B. Caves in granite. **Teto Baixo**, ano 2, n. 2, p. 16-18, 2011.
- GARCIA, P.C.A. Nova espécie de *Eleutherodactylus Duméril & Bribon*, 1891 do Estado de Santa Catarina, Brasil (Amphibia; Anura; Leptodactylidae). **Biociências**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 57–68, 1996.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- HARDT, R. **Grutas em rochas cristalinas/metamórficas estudo de casos na Serra do Mar e da Mantiqueira SP/MG**. 2002. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Licenciatura), Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ouro Fino. Ouro Fino.
- HARDT, R. Cavernas em granito e gnaiss. Aplicação de um sistema de classificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27, 2003, Januária. **Anais**. Januária: SBE, 2003. p. 52-55. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais27cbe/27cbe_052-055.pdf>.
- HARDT, R. **Da carstificação em arenitos. Aproximação com o suporte de geotecnologias**. 2011. 224 p. (Tese de Doutorado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Rio Claro.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R. ALMEIDA, F.F. BARTORELLI, A. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 900p.
- IGUAL, E.C. Gruta do Riacho Subterrâneo, Itu-SP (CNC SBE SP 700): a maior caverna em granito do Hemisfério Sul. **Teto Baixo**. Ano 2, n. 2, p. 04-06, 2011.
- LINO, C.F.; ALLIEVI, J. **Cavernas brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1980.
- LÓPEZ, L.G.; ROMANÍ, J.R.V. GALINDO, M.J.L. Testate amoebae of granite caves. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PSEUDOKARST, 12, 2012, Tui. **Proceedings**. Tui: UIS, 2012. p. 11-14.
- MARTINS, C.E. Caracterização fisiográfica do entorno da Gruta do Riacho Subterrâneo, Itu-SP. **Teto Baixo**. Ano 2, n. 2, p. 10-11, 2011.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/00-saiba-mais/04_-_PORTARIA_MMA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZ_DE_2014.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- MOCHIUTTI, N.F.; SANTOS, R.D. dos; CARVALHO FILHO, H.; PERDIGÃO, B.L. Além de sol e mar - o patrimônio espeleológico da Ilha de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 2, 2013, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: UFMG/UFOP, 2013. p. 221-222.
- MOCHIUTTI, N.F.; SANTOS, R.D. dos; CARVALHO FILHO, H.; PERDIGÃO, B.L.; FERRARI, G.V.; SILVA, M.; MORALES, A.B. Aspectos geoespeleológicos das cavernas graníticas da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis – SC. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 9, 2015, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Florianópolis: SBG, 2015.

- MOCHIUTTI, N.F.B.; TOMAZZOLI, E.R. Espeleotemas de uma caverna granítica na Ilha de Santa Catarina: uma análise preliminar. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (Orgs.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. **Anais**. Campinas: SBE, 2017. p.327-333. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_327-333.pdf>.
- RODRÍGUEZ, J.A.M. **Génesis de cavidades graníticas en ambientes endógenos y exógenos**. 2011. 396 p. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de Coruña. Coruña.
- RODRIGUEZ, M.V. **Cavidades naturais em rocas magmáticas: lascuevas en rocas plutónicas**. 2017. 487 p. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Coruña. Coruña.
- ROMANÍ, J.R.V.; RODRÍGUEZ, M.V. SÁNCHEZ, J.S.; LÓPEZ, G. Morphology types of speleothems in magmatic rock caves. In: REUNIÓN NACIONAL DE GEOMORFOLOGÍA, 13, 2014, Cáceres. **Anais**. Cáceres, 2014. p. 490-493.
- ROMANÍ, J.R.V.; RODRIGUEZ, M.V. Types of granite cavities and associated speleothems: genesis and evolution. **Nature Conservation**, v. 63, p. 41-46, 2007.
- ROMANÍ, J.R.V.; TWIDALE, C.R. **Formas y paisagem graníticos**. A Coruña: Universidade da Coruña, 1998. 411 p.
- ROMANÍ, J.R.V.; VILAPLANA J.M. Datos preliminares para el estudio de espeleotemas en cavidades graníticas. **Cadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe**, 7, p. 335-323, 1984.
- ROMANÍ, J.R.V.; SÁNCHEZ, J.S.; VAQUEIRO, M.; MOSQUERA, D.F. Speleothems of Granite Caves. **Comunicações Geológicas**, 97, p. 71-80, 2010.
- RUCHKYS, U de A.; TRAVASSOS, L.E.P.; RASTEIRO, M.A.; FARIA, L.E. (Orgs.). **Patrimônio espeleológico em rochas ferruginosas: propostas para sua conservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Campinas: SBE, 2015. 341 p. Disponível em: <<http://www.cavernas.org.br/perferruginosas.asp>>.
- SANJURJO, J.; ROMANÍ, J.R.V.; PALLÍ L.; ROQUÉ, C. Espeleotemas de ópalo y pseudocarst granítico. **Rev. C & G**, v. 21 n. 1-2, p. 123-134, 2007.
- SBE. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. **Cadastro Nacional de Cavernas (CNC)**. Campinas: SBE, 2019. Disponível em: <<http://www.sbe.com.br/cnc>>. Acesso em: 9mar. 2019.
- SILVA, M. **Gênese e evolução das cavernas marinhas do Maciço do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina (SC)**. 2018. 238 p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- SJÖBERG, R. A proposal for a classification system for Granitic Caves. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 9, 1986, Barcelona. **Anais**. Barcelona, 1986. p. 25-29.
- SOUZA, C.R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M. dos S.; OLIVEIRA, P.E. de. (orgs.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: **Holos**, 2005.
- TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.M. de.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2ª Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

- TOMAZZOLI, E.R.; ALMEIDA, L.C. de; SILVA, M. da; MOCHIUTTI, N.F.; ALENCAR, R. Espeleologia na Ilha de Santa Catarina: um estudo preliminar das cavernas da Ilha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31, 2011, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: GUPE/SBE, 2011. p. 131-139. Disponível em: < http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n2_071-085.pdf>.
- TOMAZZOLI, E.R.; ALMEIDA, L.C. de; SILVA, M. da; MOCHIUTTI, N.F.; ALENCAR, R. Espeleologia na Ilha de Santa Catarina: um estudo preliminar das cavernas da Ilha. **Espeleo-tema**. v. 23, n. 2, p. 71-85, 2012. Disponível em: < http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n2_071-085.pdf>.
- TOMAZZOLI, E.R.; PELLERIN, J.M. Unidades do mapa geológico da ilha de Santa Catarina: as rochas. **Geosul**, Florianópolis, v. 30, n. 60, p 225-247, 2015.
- VIVIANI, V.R.; AMARAL, D.; BEVILAQUA, V.R.; FALASCHI, R. Orfelia-type luciferin and its associated storage protein in the non-luminescent cave worm *Neoditomyia* sp. (Diptera: Keroplatidae) from the Atlantic rainforest: biological and evolutionary implications. **Photochemical and Photobiological Sciences**, v. 17, n. 10, p.1282-1288, 2018.
- ZAMPAULO, R. de A.; FERREIRA, J. de S.; LIMA, M. E. de L.; PEREIRA, M.H. Prospecção e topografia da Gruta Granítica T 47 (Bertioga-SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28, 2005, Campinas. **Anais**. Campinas: SBE, 2005. p. 153-159. Disponível em: < http://www.cavernas.org.br/anais28cbe/28cbe_153-159.pdf>.
- ZAMPAULO, R. de A.; SOUZA, J.F. de; PEREIRA, M.H.; LUZ, C.S. Impactos em grutas graníticas na Serra dos Cocais (Valinhos-SP): patrimônio espeleológico desconhecido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29, 2007, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: SBE, 2007a. p. 335-340. Disponível em: < http://www.sbe.com.br/anais29cbe/29cbe_335-340.pdf>.
- ZAMPAULO, R. de A.; LIMA, M.E.L.; SILVA, M.S.; FERREIRA, R.L. Ecologia populacional de duas espécies de opiliões (arachnida, opiliones) em grutas graníticas na Serra do Mar (Bertioga-SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29, 2007, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: SBE, 2007b. p. 325-334. Disponível em: < http://www.cavernas.org.br/anais29cbe/29cbe_325-334.pdf>.
- ZANINI, L.F.P.; BRANCO, P.M.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G.E. (Orgs.). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Florianópolis (Folha SH.22-Z-D-V) e Lagoa (Folha SH.22-Z-D-VI). Brasília:CPRM, 1997, 252 p.Mapas. Escala 1:100.000.