



FEIÇÕES CÁRSTICAS EM ROCHAS SILICICLÁSTICAS NO OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

Luis Eduardo de Souza Robaina

*Universidade Federal de Santa Maria – Depto. de Geociências – Laboratório de Geologia Ambiental – Prédio 17 – Sala 1113c
Avenida: Roraima, 1000 – CEP 97105-900 – Santa Maria, Rio Grande do Sul – Brasil.
E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br*

Thiago Bazzan

*Universidade Federal de Santa Maria – Depto. de Geociências – Laboratório de Geologia Ambiental – Prédio 17 – Sala 1113c
Avenida: Roraima, 1000 – CEP 97105-900 – Santa Maria, Rio Grande do Sul – Brasil.
E-mail: thiagobaz@yahoo.com.br*

Resumo

Na Bacia Hidrográfica do Ibicuí, localizada na região oeste-sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, ocorrem formas do terreno e mesmo associação de formas semelhantes àquelas de relevo cárstico, entretanto são produzidas por diferentes processos. Este artigo apresenta estudos desenvolvidos em feições de cavernas, típicas de relevo cárstico que se desenvolvem em rochas siliciclásticas da Bacia Sedimentar do Paraná. A origem morfogenética está relacionada com a evolução e aceleração de processos erosivos associado ao fluxo subterrâneo controlados por lineamentos estruturais e estratificação da rocha sedimentar. O mapeamento e estudo destas feições podem demonstrar a extensão e diversidade das formas tipo cársticas na área e contribuir para entender o modelo evolutivo das vertentes na área de estudo.

Palavras-chave: feições cársticas, cavernas, dinâmica superficial.

Abstract

In the Ibicuí River Basin located in the west-southwest of the Rio Grande do Sul state – Brazil, there are some landforms and even assemblage forms that resemble those of karst, but are products of quite different processes. This paper presents studies of cavern, in Paraná Sedimentary Basin. The morphogenetic origin is related to the evolution and acceleration of erosive processes associated to the flow perched groundwater through the fault-line and stratification in sedimentary rocks. The mapping and the study of these features can demonstrate the extension and diversity of the karstic-type forms in the area and therefore contribute to supporting a new landscape evolution model for the study area.

Keywords: karstic-type forms, cavern, surface dynamics.

Introdução

A região oeste-sudoeste do estado do Rio Grande do Sul apresenta uma área de elevada fragilidade ambiental associada à erosão acelerada que gera grandes depressões na meia encosta e condutos subterrâneos.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma descrição da Gruta Nossa Senhora de Fátima e da Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima, além de uma proposta de gênese, considerando as observações nos trabalhos de levantamento em campo.

Estas feições estão localizadas entre as coordenadas geográficas de longitude 54° 46' e 54° 42' oeste e latitude de 29° 20' e 29° 26' sul, nos municípios de Santiago e Nova Esperança do Sul. A Gruta Nossa Senhora de Fátima se localiza próximo à margem direita do Rio Rosário, junto à ponte na BR 287 no município de Santiago. Já a Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima se localiza próximo à foz do arroio Lajeado Calça-bota. O acesso ocorre por uma estrada municipal de Nova Esperança do Sul a partir da BR 287 (Figura 1).

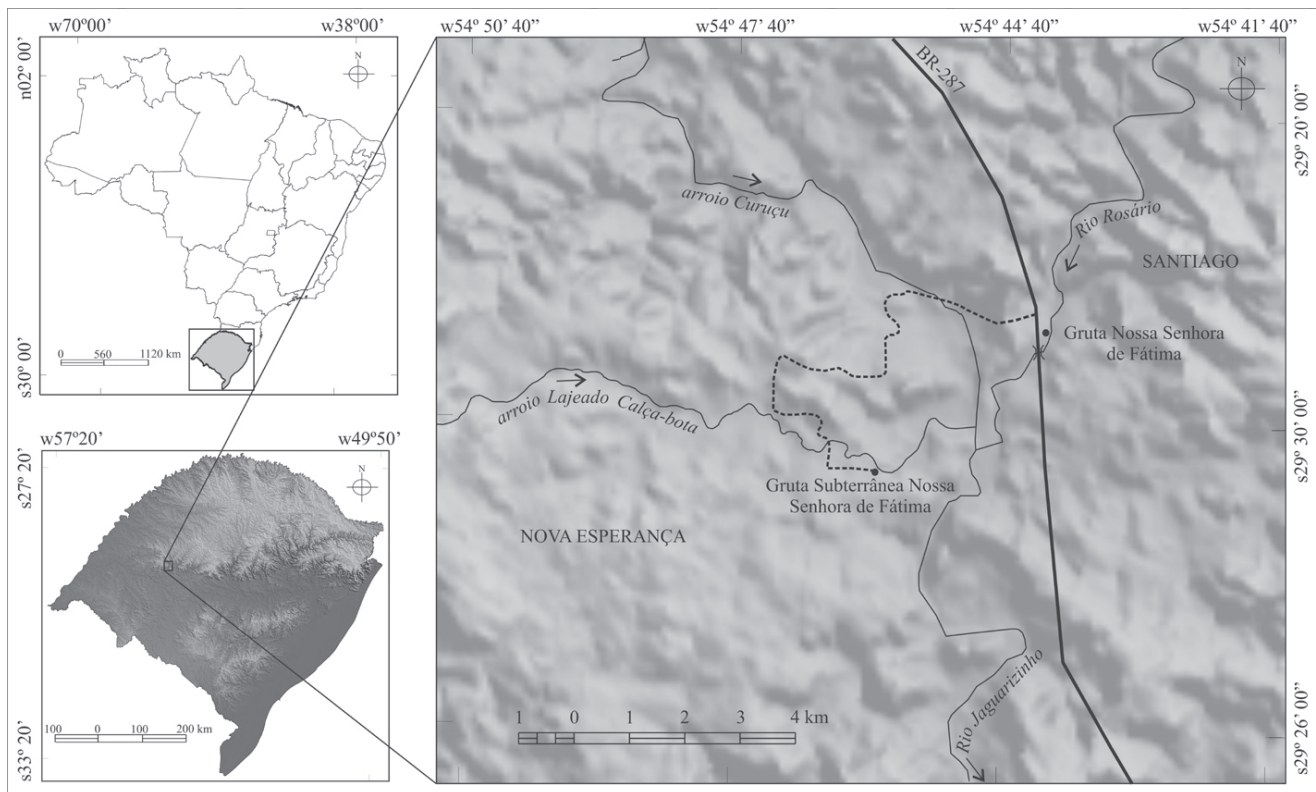


Figura 1: Mapa de localização das Grutas Nossa Senhora de Fátima.

Na região destacam-se os estudos com ênfase na geologia do município de São Francisco de Assis realizado por Maciel Filho *et al* (1971), o trabalho de Medeiros *et al* (1989), sobre o mesozóico do oeste do estado do Rio Grande do Sul e, mais recentemente, o estudo de Scherer *et al* (2002). Em relação à flora da região destaca-se os trabalhos de Marchiori (1992, 1995, 1997). No campo da geografia, alguns estudos e pesquisas são registrados, como o trabalho de Ab'Saber (1977) que estudou as várias formas de “desertificação”, dentre as quais, a do oeste do estado e Müller Filho (1970), analisando a geomorfologia regional. Suertegaray (1992), Suertegaray *et al* (2001) e estudos realizados por Verdum (1993, 1997), comprovaram a fragilidade da área, através da definição da carta-geoecológica e análise dos fatores de formação e desenvolvimento dos areais. Os processos erosivos também foram estudados por Robaina *et al* (2002, 2005) e as feições de caverna por Robaina e Bazzan (2006). O Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria tem desenvolvido estudos para identificar, mapear ou simplesmente descrever objetos da paisagem que, por forças naturais ou através da influência humana, vem ocasionando modificações do meio através da acentuada dinâmica superficial que ocorre nestas áreas.

Com relação ao estudo de feições de caverna em arenitos, cabe destacar, trabalhos como os de Wernick *et al* (1973) que estudaram cavernas na região de Rio Claro desenvolvidas so-

bre rochas areníticas da Formação Pirambóia. Na Bacia de Taubaté, estado de São Paulo, Coltrinari e Nogueira (1989) e Coltrinari (1999) desenvolveram estudos sobre a evolução das formas de relevo e de feições tipo cársticas em rochas clásticas. Destaca-se ainda, os trabalhos com descrição e origem de cavernas em rochas siliciclásticas no estado de São Paulo (MONTEIRO e RIBEIRO, 2001), Paraná (SPOLABORE e COTTAS, 2005) e Minas Gerais (SILVA, 2004).

Metodologia

Os procedimentos técnicos baseiam-se na construção de documentos cartográficos a partir de cartas topográficas, imagens de satélite e trabalhos de campo. A base cartográfica foi a carta topográfica de Nova Esperança SH.21-X-D-II-3 na escala 1:50000 e a imagem do satélite CBERS-2. Nas grutas, foram realizados trabalhos de campo através de perfis com descrição e levantamento das feições por método expedito, com uso de bússola, trena e Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Os mapas foram elaborados no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.2, aplicativo desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A edição final dos mapas com a representação dos elementos constituintes da paisagem da área de estudo foi realizada no aplicativo Corel Draw 12 desenvolvido pelo Corel Inc.

Área de Estudo

A área de estudo integra-se a uma província arenítico-basáltica, localizada nos compartimentos

geomorfológicos da Depressão Periférica e do Planalto. A região forma, geomorfológicamente, uma área deprimida que segue o curso principal do arroio Lajeado Calça-bota (Figura 2).



Figura 2: Vale fluvial do arroio Lajeado Calça-bota.

O entorno está representado (Figura 3) por topos de morros e colinas com rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, por morros, morrotes e colinas com substrato de rochas sedimentares identificadas como arenitos eólicos da

Formação Botucatu e pelas colinas e fundo de vales formados por arenitos fluviais identificados como pertencentes à Formação Guará com idade que corresponde ao final do Jurássico, onde ocorrem as formas e feições cársticas.



Figura 3: Fotografia mostrando o entorno do vale fluvial do arroio Lajeado Calça-bota.

Os principais lineamentos estão representados por falhas de direção E-W (produto da separação continental) onde está encaixado o arroio Lajeado Calça-bota e falhas de dire-

ção NE-SW e NW-SE (produtos do embasamento cristalino). A Figura 4 apresenta o contexto geológico-geomorfológico em que ocorrem as feições descritas.

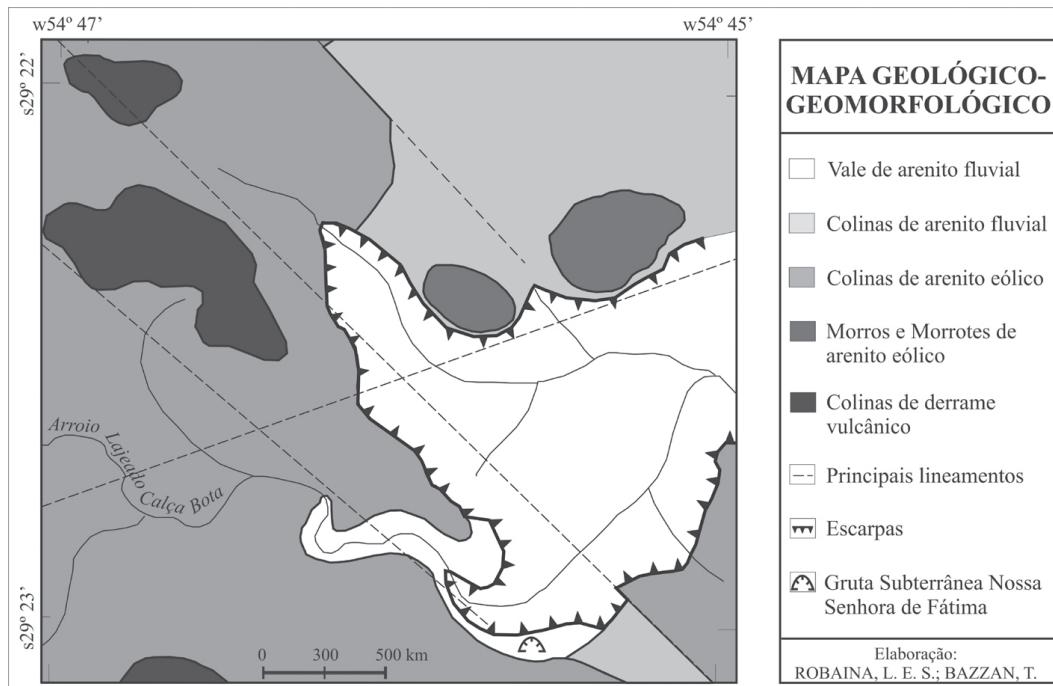


Figura 4: Mapa geológico-geomorfológico do arroio Lajeado Calça-bota.

Os solos, que ocorrem associados às feições, são formados devido a alteração de rochas sedimentares arenosas, apresentando baixa quantidade de ligantes, textura arenosa e predominantemente rasos com afloramentos de rocha na forma de lajes, blocos e matacões.

Com relação à cobertura vegetal predomina a vegetação herbácea nas colinas fortemente antropizadas e elementos da vegetação ombrófila e xerófila arbustivo-arbórea nas encostas dos morros e morrotes de arenito, nas faixas que acompanham o curso da água e nas escarpas. A presença de vegetação xerófila associada a arenitos com concreções de óxido de ferro pode estar ligada a condições paleoclimáticas áridas ou semi-áridas.

Resultados e Discussões

Descrição das Feições das Grutas Nossa Senhora de Fátima

A Gruta Nossa Senhora de Fátima está localizada próximo no limite dos municípios de Santiago e Nova Esperança do Sul e se desenvolve junto as vertentes encaixadas do rio Rosário em substrato de arenitos fluviais. A forma da gruta segue a orientação da estratificação da rocha arenítica. Na Figura 5 é possível identificar o controle da estratificação da rocha na formação da abertura. Os arenitos apresentam cimentação irregular formando camadas com diferentes resistências. Na gruta ocorrem extensões para o interior do substrato através de dutos. A estratificação e as fraturas são áreas de fluxo preferencial da água subterrânea e podem ser observadas na Figura 6. A gênese da gruta está relacionada à ação erosiva da água subterrânea agindo nos planos de estratificação e nas fraturas.



Figura 5: Parte frontal da gruta onde se observa o mergulho das camadas de arenito.



Figura 6: Fotografia mostrando os diferentes estratos e fissuras no arenito fluvial.

A Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima, encontrada no município de Nova Esperança do Sul, corresponde a uma feição mais rara devido a sua profundidade e exten-

são. A Figura 7 apresenta a entrada principal da caverna onde foi colocada a imagem de Nossa Senhora de Fátima e são realizados eventos religiosos.

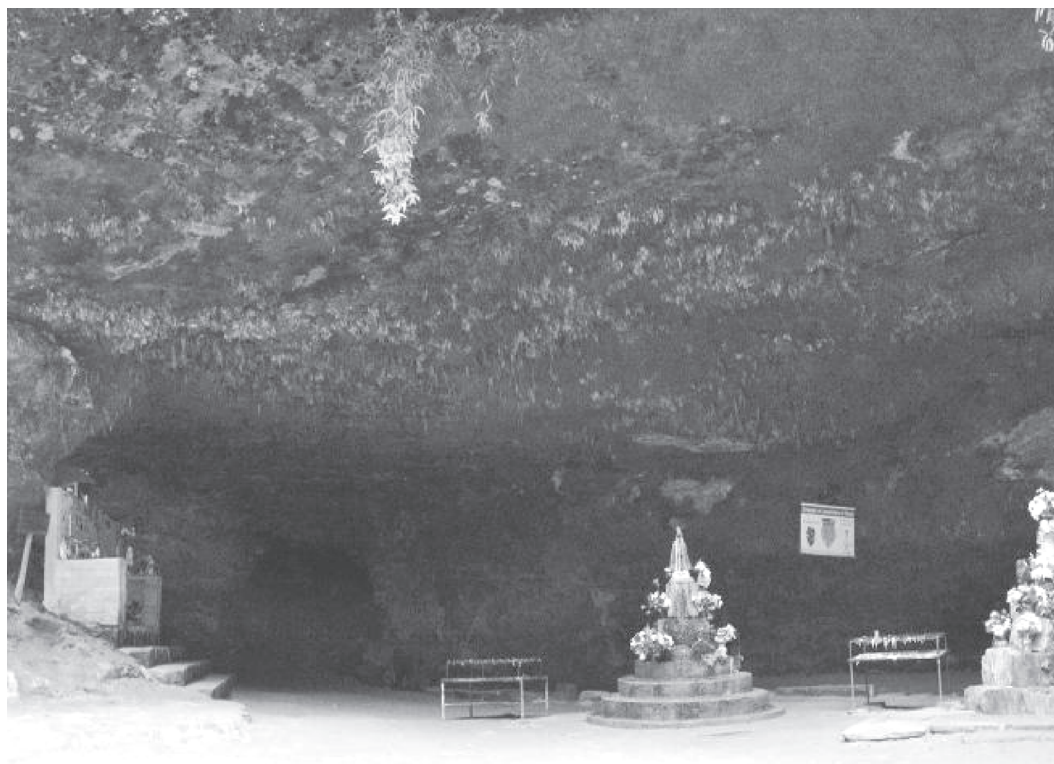


Figura 7: Entrada principal da Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima.

A existência de vale profundo, onde se encontra entalhado o arroio Lajeado Calça-bota, propicia o intenso movimento descendente de água subterrânea percolando os pacotes rochosos.

As litologias onde se desenvolve a caverna são rochas areníticas com grânulos de minerais de sílica e cores avermelhadas devido à ocorrência de películas de óxidos de ferro ao redor dos grãos. Quando o óxido de ferro preenche os poros confere coesão à rocha e resistência aos processos erosivos. A estratificação é bem marcada formando estratos longos que representam zonas de discontinuidades e, portanto, mais frágeis à erosão interna. A pequena quantidade de matriz/cimento argilosos favorece a ação dos processos erosivos. A erosão também é influenciada pela geometria interna homogênea e escassez de anisotropias consideráveis, criadas por intercalações de tipos litológicos distintos ou discontinuidades físicas.

A superfície do terreno acima da caverna está situada a 220 metros de altitude e seu piso a 208 metros. Com isso, a sua

maior profundidade em relação à superfície do terreno está ao redor de 10 metros. Na caverna desenvolve-se o conduto principal em duas direções preferenciais de N45-65E e N30-45W.

O tombamento do teto gerou duas áreas de abertura, aproximadamente circular, que formam as entradas principais da caverna. A Figura 8 apresenta uma dessas áreas onde a umidade e a incidência solar permitiu o desenvolvimento de uma exuberante vegetação.

O conduto que forma a caverna é constituído por aberturas amplas e/ou estreitas, dependendo do solapamento do teto que segue a estratificação e fratura dos arenitos. Ocorrem condutos menores quando o tombamento do teto não é completo e a estratificação da rocha é interceptada pela superfície do terreno.

O colapso do teto leva, frequentemente, à modificação dos condutos subterrâneos gerando grandes salões. A Figura 9 apresenta um salão formado no interior da caverna. Provavelmente, esses salões são estágios intermediários das áreas de abertura no teto da caverna.



Figura 8: Fotografia mostrando uma abertura no teto da caverna.

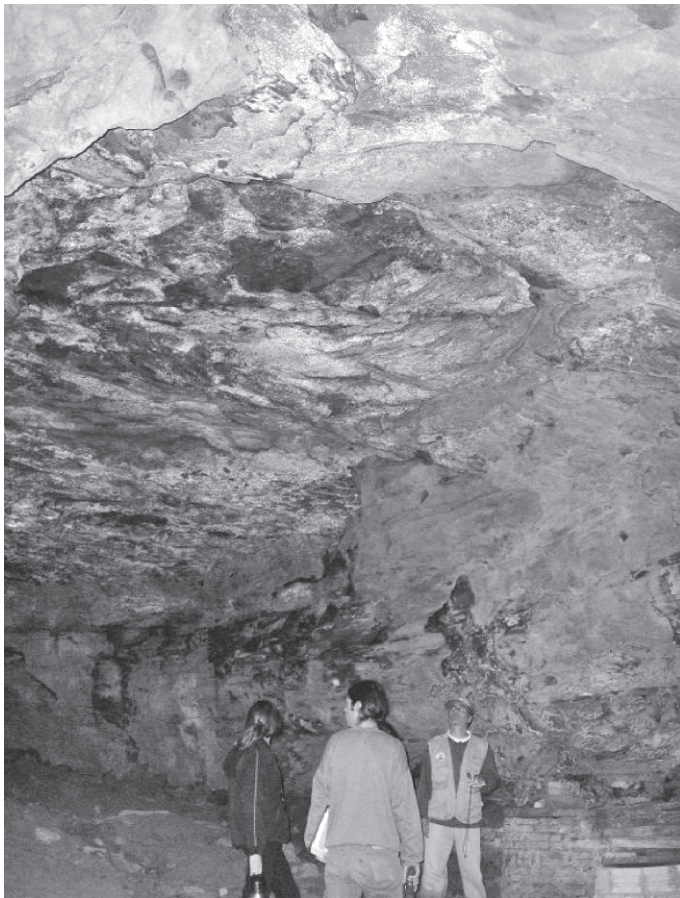


Figura 9: Fotografia indicando a formação de um salão no interior da caverna.

Nas galerias e salões ocorrem diversos blocos rochosos e feições com forma de meia-lua no teto (Figura 10 e 11) originados por sucessivos abatimentos de material. O abatimento de blocos, comum em cavernas de arenito, originados

da queda de material do teto dos salões e galerias é ocasionado pelo intenso fraturamento da rocha, formando depósitos de gravidade, com tamanho variando de dimensões centimétricas a decamétricas.

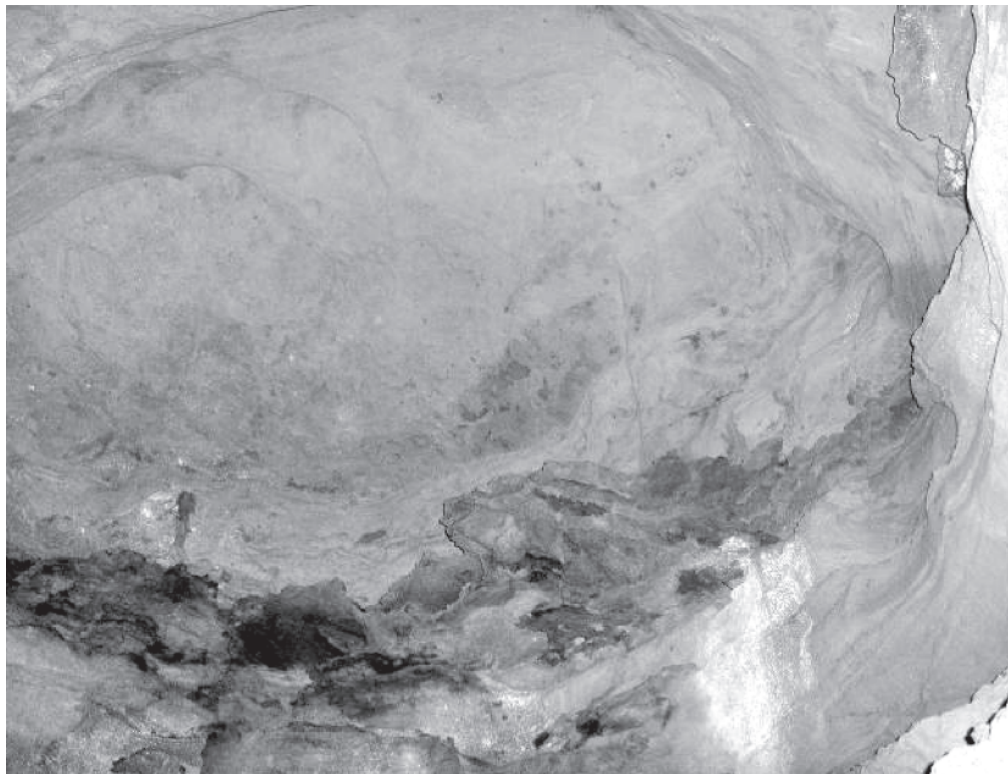


Figura 10: Feições com a forma de meia-lua no teto.



Figura 11: Blocos de rochas abatidos do teto da caverna.

Os planos de estratificação e as diáclases, com mergulho suave, promovem movimentação lateral das águas ao longo das suas interseções e favorecem a formação das galerias. As interseções de conjunto de juntas verticais concentram fluxos descendentes de águas, formando poços. Em alguns pontos do teto, associado às fratu-

ras, verifica-se infiltração de água através de esparsas goteiras.

Junto à área tombada que originou uma das clarabóias, ocorre surgência que gera uma área de acúmulo da água na base da caverna como mostra a Figura 12. A significativa ocorrência de água subterrânea indica sua capacidade erosiva.



Figura 12: Acúmulo da água na base da caverna, junto da área tombada.

O mapa da Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima (Figura 13) apresenta as áreas de acesso, os sa-

lões e as aberturas do teto associadas aos tombamentos.

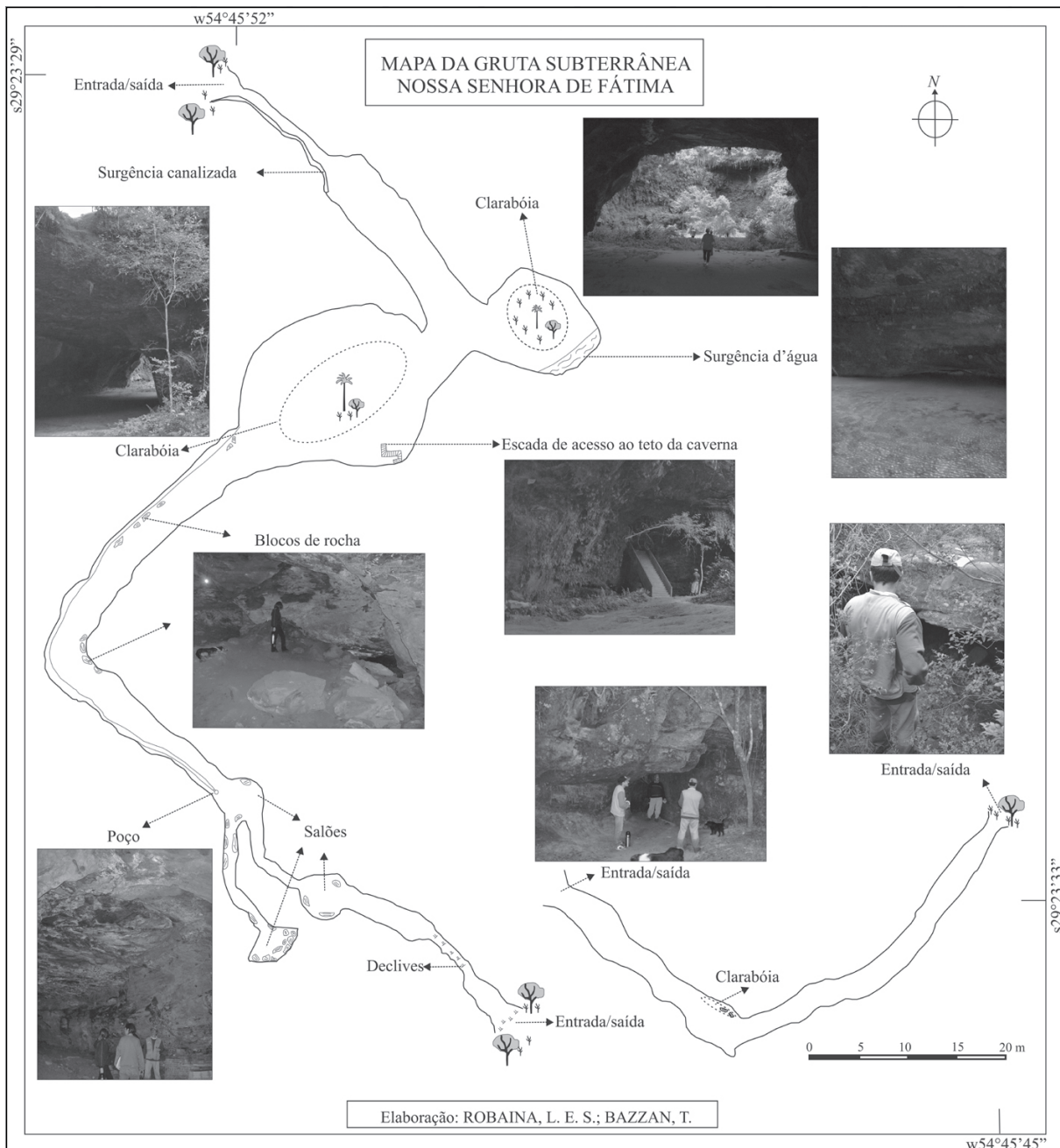


Figura 13: Mapa da Gruta Subterrânea Nossa Senhora de Fátima.

Gênese

A gênese das feições cársticas apresentadas neste trabalho está, provavelmente, associada aos processos de erosão diferencial da água subterrânea. Conforme Silva e Benitez (2001), o desenvolvimento de cavidades naturais esculpidas

em arenito das formações Pirambóia/Botucatu, no norte do estado do Paraná ocorre no contato das rochas sedimentares com as vulcânicas diaclasadas que favorecem a manifestação do fenômeno de *pipping*. Monteiro e Ribeiro (2001) ressaltam a importância do regime tectônico como principal

condicionante na evolução dessas cavidades na Serra da Itaqueri, São Paulo. Silva (2004) apresenta uma análise da influência das diáclases no desenvolvimento de cavidades e mostra que estas controlam os condutos de muitas das cavernas siliciclásticas na Serra Ibitipoca, Minas Gerais.

Dessa forma pode-se afirmar que a formação dos condutos resulta da infiltração e escoamento com erosão subterrânea das águas para as proximidades das escarpas ao longo de planos de diaclasamento e estratificação, com conseqüente remoção do material arenoso mais friável. A evolução de depressões e cavernas em rochas siliciclásticas pode ser explicada pela infiltração da água superficial seguindo zonas de descontinuidades da rocha, principalmente fraturas e as estratificações, associadas à ocorrência de depressões com sistemas de lineamentos.

As observações permitem considerar que o processo de erosão mecânica desempenha o principal papel, entretanto a participação de processos de denudação geoquímica também é importante na sua elaboração. Conforme Wray (2003) a dissolução de sílica em condições superficiais são raras, mas evidências microscópicas permitem considerar um processo importante agindo na borda dos cristais e até mesmo em grãos de areia.

Nas grutas observa-se que a denudação geoquímica afeta as rochas areníticas, principalmente, pela remobilização de óxidos de ferro que servem como ligantes. Esse processo gera material friável, com menor resistência à erosão mecânica. As ocorrências de manchas de descoloração arredondada e irregular indicam lixiviação de compostos de ferro do arenito. A formação de crostas limoníticas devido à concentração de óxidos e hidróxidos de ferro pode ser observada associada às rochas que compõem as cavernas.

Obtido o alargamento inicial, as grutas evoluem através de abatimentos. O nível do escoamento lateral das águas de infiltração pode ser controlado por porções menos permeáveis do arenito e associadas a crostas ferralíticas.

Considerações Finais

Na área em estudo as características do solo e do substrato geológico conferem baixa resistência à ação erosiva superficial e subterrânea. A formação das feições cársticas está associada à ação da água subterrânea controlada por descontinuidades na rocha como fraturas e estratificações. As mudanças climáticas com variação de energia disponível, associados ao aumento da intensidade e frequência das precipitações, desenvolveram uma situação de desequilíbrio entre a energia disponível e a capacidade de dissipação da energia. Nessas condições, as cavernas na área são o resultado desse desequilíbrio.

A caracterização petrográfica do arenito e análises geoquímicas devem acompanhar futuros estudos para avali-

ar e qualificar esta proposta inicial de gênese para as feições cársticas apresentadas neste trabalho.

Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul. **Geomorfologia**, São Paulo: Instituto de Geografia da USP, n. 52, 1977.
- COLTRINARI, L. Karstic-type forms and landscape evolution in Taubaté Basin (São Paulo, Brazil). Fourth International Conference on Geomorphology. **Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat.** 22, 5-12, 1999.
- COTRINARI, L.; NOGUEIRA, F. Dambo-like landforms in southeastern Brazil. **Second International Conference on Geomorphology**, Frankfurt/Main. Geöko-plus, 1, p.58, 1989.
- MACIEL FILHO, C. L.; MENEGOTTO, E.; SARTORI, P. L. **Geologia do Município de São Francisco de Assis – RS**. Santa Maria: UFSM, 1971. Publicação especial. n 4. 29 p, 1973.
- MARCHIORI, J. N. C. Areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul: Elementos para uma História Natural. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria, v. 3, n. 5, p. 62-86. jul. -dez. 1992.
- _____. Vegetação e Areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria, v. 11, p. 81-92, 1995.
- _____. **Santa Maria: Relatos de Viagem**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 199 p, 1997.
- MEDEIROS, E. R.; MULHER FILHO, I. L.; VEIGA, P. O Mesozóico no Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (São Francisco de Assis e Alegrete). **Acta Geológica Leopoldensia**. São Leopoldo, v. 29, p. 49 – 60, 1989.
- MONTEIRO, R. C.; RIBEIRO, L. F. B. Espeleogênese de Cavernas Areníticas: algumas considerações aplicadas à Província Espeleológica da Serra da Itaqueri, Estado de São Paulo, Brasil. **13th International Congress of Speleology 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleology** Brasília. DF, 15-22 de Jul. de 2001.
- MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo de Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Publicação Especial n. 1. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. 1970.
- ROBAINA, L. E. S.; FERNANDES NETO, S.; DE PAULA, P. M.; PEREIRA, V.P. Processo Erosivo Acelerado

- no RS: Voçorocamento no Município de Cacequi. **Geografia**, Rio Claro, v. 27, n.2, p. 109-120, ago. de 2002.
- ROBAINA, L.E.S, DE PAULA, P.M. TRENTIN, R. Soil degradation and developments of the sands in Ibicui basin – RS – Brazil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Special Issue, p.215-223, 2005.
- ROBAINA, L. E. S.; BAZZAN, T. Cavernas em arenito – Oeste do RS. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology**. Goiânia, 2006.
- SCHERER, C.M.S.; FACCINI, U.F.; LAVINA, E. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. In: HOLZ, M. e DE ROS, L.V. **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, p. 335 – 354, 2002.
- SILVA, S. M. **Carstificação em Rochas Siliciclásticas: Estudo de Caso na Serra do Ibitipoca**, Minas Gerais. **Dissertação de Mestrado**. UFSM, Programa de Pós-graduação em Geologia. 2004.
- SILVA, S. M. & BENITEZ, L. The Speleologic District of Tigre – São Jerônimo da Serra, PR – Brazil. **13th International Congress of Speleology 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleology**. Brasília DF, 15-22 de Jul. de 2001.
- SPOLADORE, A. E.; COTTAS, L.R. A gruta do portão de cima e a gruta do portão de baixo: duas cavernas areníticas no município de Sengés – PR. **Geografia**, v.14, n.2, p.71-83, 2005.
- SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto Grande do Sul: Controvérsias**. Porto Alegre: Ed da Universidade /UFRGS, 1992. 109 p.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L.; VERDUM, R. (org.). **Atlas de Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento, v. 1. Mapas, 2001.
- VERDUM, R. **Approche Géographique des “Deserts” Dans les Communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, Etat du Rio Grande do Sul, Bresil**. Université de Toulouse Lè Mirail – UFR de Géographie/ Aménagent: Toulouse, 1997. **Tese de Doutorado**, 211p.
- VERDUM, R. **L’ Approche Pour Comprendre la Dynamique du Dans le Seteur de São Francisco de Assis e Manuel Viana – Etat du Rio Grande do Sul – Bresil**. Univerité de Toulouse II (Lè Mirail), U.T.II, França, 1993. **Dissertação de Mestrado**, 93 p.
- WERNICK, E. PASTORE, E. L.; PIRES NETO, A. Cavernas em Arenitos. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, 13 (26): 56-67, 1973.
- WRAY, R. A. L. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? **Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers**, 1 (2), p. 9 2003.