

O CARSTE E AS CAVERNAS DE PARIPIRANGA (BA)

THE KARST AND THE CAVES OF PARIPIRANGA (BA)

Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira (1), Thiago dos Santos Gonçalves (2) & Miguel Reis (3)

- (1) Doutor em Geologia, Universidade do Minho; Professor Adjunto do Instituto de Geociências (IGeo) da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Pesquisador no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA), Sócio diretor da TERRAQUATRO Geologia & Meio Ambiente Ltda. Salvador BA.
- (2) Mestre no Programa de Pós Graduação em Geologia do Instituto de Geociências (IGeo) da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Pesquisador no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA). Salvador BA.
- (3) Mestre em Geoquímica e Meio Ambiente, Instituto de Geociências (IGeo) da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Coordenador de Meio Ambiente da Cimento Bravo S.A. Salvador BA.

Contatos: ricardo@terraquatro.com.br; thiagogeology2009@yahoo.com.br; miguel.reis@cimentobravo.com.br.

Resumo

Paripiranga é um município situado no nordeste baiano, próximo do limite entre os Estados da Bahia e Sergipe. No local afloram calcários cinzentos, com idades neoproterozóicas e que fazem parte da formação Olhos D'água, uma associação de fácies de ambiente deposicional marinho raso, constituída de metassedimentos carbonáticos. Estas rochas ocorrem no contexto geotectônico da Faixa de Dobramentos Sergipana, marcada por um conjunto de estruturas rúpteis e dúcteis, além de zonas de cisalhamento instaladas neste pacote rochoso. O carste de Paripiranga foi compartimentado, morfologicamente, nos domínios do Platô de Paripiranga, dos Morros e colinas e Rampa de colúvios. Os dois primeiros estão instalados nas rochas carbonáticas da formação Olhos D'Água e o último domínio em um pacote formado, possivelmente no Cenozóico, a partir do intemperismo e erosão das rochas carbonáticas existentes a montante, gerando pacotes colúvio aluvionares acumulados na margem direita da planície do rio Vaza Barris. Conforme dados do Cadastro Nacional de Informação Espeleológicas – CANIE, dentro dos limites municipais estão registradas 82 cavidades naturais subterrâneas, parte delas desenvolvidas nos calcários neoproterozóicos, além de algumas ocorrências registradas em calcários de idades mais recentes. Foram realizadas prospeções espeleológicas, seguidas da espeleotopografia de um total de 32 cavidades naturais subterrâneas inseridas nos limites municipais de Paripiranga. De modo geral, constatou-se que até o momento, a maioria das cavidades encontradas apresenta projeção horizontal inferior a 70 m. Dentre o conjunto mapeado, destacam-se a Gruta do Bom Pastor, a Furna do Fim do Morro do Parafuso, a Caverna da Ponte e a Caverna das Borboletas que apresentam projeção linear superior a 100 m. Os resultados obtidos são aqui apresentados e discutidos, permitindo uma análise do patrimônio espeleológico local e fornecendo subsídios para a sua gestão futura. O trabalho resultou dos estudos ambientais realizados para avaliar os impactos da instalação de uma fábrica de cimento na região.

Palavras-Chave: Carste; Espeleologia; Paripiranga.

Abstract

Paripiranga is a municipality located in northeast Bahia, near the border between the States of Bahia and Sergipe. In the area outcrops gray limestones, with Neoproterozoic ages that are included in the Olhos D'água formation, an association of facies of marine depositional environment, composed of carbonate metasediments. These rocks occur in the geotectonic context of the Sergipe thrust belt, marked by a set of ductile and brittle structures, as well as the shear zones. The karst of Paripiranga was morphologically compartmentalized in the domains of the Plateau of Paripiranga, hills and the colluvial deposits. The first two are installed in the carbonate rocks of the Olhos D'Água formation and the last domain in a package formed, possibly in the Cenozoic, from the weathering and erosion of the upstream carbonaceous rocks, followed by accumulation in the right margin of the Vaza Barris river plain. According to official data, disposed by the brazilian authorities (CANIE), there are 82 natural subterranean cavities in Paripiranga, some of them developed in the rocks of the Olhos D'água formation, in addition to some occurrences found in the more recent limestones. Prospection of caves was carried out, followed by the speleotopography of a total of 32 natural subterranean cavities. In general, it was verified that most of the cavities found have a

horizontal projection of less than 70 m. Among the mapped set, stand out the Bom Pastor cave, the Furna do Fim do Morro do Parafuso, the Ponte cave and the Borboletas cave that present linear projection superior to 100 m. Part of the results obtained are presented and discussed here, allowing an analysis of the local speleological heritage and providing subsidies for its future management. The work resulted from environmental studies conducted to assess the impacts of the installation of a cement facility in the region.

Key-Words: Karst; Speleology; Paripiranga.

1. INTRODUÇÃO

O município de Paripiranga está situado na porção nordeste do Estado da Bahia, próximo da divisa com Sergipe, e faz parte da bacia hidrográfica do rio Vaza Barris. Conforme dados do Cadastro Nacional de Informação Espeleológicas – CANIE, dentro dos limites municipais foram registradas 82 cavidades naturais subterrâneas. Estas cavidades estão instaladas nas rochas carbonáticas da formação olhos D'Água, que são cortadas por zonas de cisalhamento transpressionais, com vergência para sudoeste, e planos de falha subverticais, no domínio orogênico da faixa de dobramentos sergipana.

A formação Olhos D'Água consiste em metassedimentos carbonáticos, com idade neoproterozóica, incluídos no Grupo Vaza Barris e que representa uma associação de fácies indicativa de um sistema deposicional marinho raso. Estas rochas estão depositadas sobre metassedimentos siliciclásticos da formação Capitão-Palestina, que tem uma associação de fácies característica de ambiente marinho profundo, e sotoposta à formação Frei Paulo-Ribeirópolis, que consiste em metassiltitos laminados e metarritimitos carbonáticos.

Em função da presença marcante de estruturas disruptivas, com atitudes subverticais, formadas na colisão entre o maciço Pernambuco – Alagoas e o cráton do São Francisco, durante o evento brasileiro, ocorrido no Proterozóico superior, há, aproximadamente, 600 Ma atrás, a maior parte das cavidades encontradas no município apresentam desenvolvimento preferencialmente vertical, sendo qualificadas, em sua maioria, como abismos.

As cavidades estão distribuídas em três domínios geomorfológicos distintos. Na área do Platô de Paripiranga se concentra a maior diversidade de geformas cársticas. Entretanto, consistem em feições discretas, sem expressão na imagem de satélite e que, mesmo em campo, se encontram de maneira difusa. Por outro lado, o maior número de cavidades naturais subterrâneas é registrado no domínio dos Morros e colinas, ficando concentradas na porção centro Leste deste compartimento, em uma lente de metacalcário cinzento. No domínio das Rampa de colúvios foi

também registrada a presença de cavernas, desenvolvidas em tufas calcárias e brechas carbonáticas.

De um modo geral, o patrimônio espeleológico nesta região, apesar de apresentar um número representativo de cavidades mapeadas, ainda é carente de estudos evolutivos, com datações isotópicas e de ações sistemáticas de conservação. Ainda assim, o município aparece em posição de destaque no cenário espeleológico baiano, ocupando a quarta posição dentre os municípios com maior número de cavidades registradas, conforme consulta realizada em Nov/2016 no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE.

Os dados espeleométricos obtidos para um conjunto de cavernas mapeadas no carste Paripiranga indicam que as cavernas da Gruta do Bom Pastor e a Furna do Fim do Morro do Parafuso se destacam neste conjunto, sendo enquadradas na categoria de máxima relevância, conforme critérios estabelecidos na Instrução Normativa – IN no. 02, do Ministério do Meio Ambiente – MMA. Serão aqui apresentados os discutidos os resultados obtidos em trabalhos de prospecção e mapeamento de cavidades naturais subterrâneas, realizado em Paripiranga, por ocasião dos estudos realizados para o licenciamento de uma fábrica de cimentos que será instalada no município.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a realização dos levantamentos espeleológicos no município de Paripiranga foram empregados os métodos e as técnicas apresentadas e comentadas a seguir:

Interpretação de imagens de satélite e mapas topográficos com a finalidade de identificar, caracterizar e interpretar indícios espeleológicos e/ou feições cársticas, rede hidrográfica, divisores de águas, padrões estruturais e geomorfológicos, contextos geológicos, além de se verificar estradas e caminhos existentes na região. Em todo o processo realizado, utilizaram-se ferramentas de geoprocessamento com integração de mapas geológicos, geomorfológicos, topográficos e imagens de satélite.

A partir dos materiais cartográficos levantados, foram elaborados um Modelo Digital de Elevação – MDE e um mapa de sombreamento, que foram analisados em conjunto com o mapa geológico da área, permitindo a identificação das áreas com alto, médio e baixo potencial espeleológico. As áreas de alto potencial consistem nos locais com ocorrência de rochas carbonáticas e que apresentam feições cársticas, tais como alinhamento de dolinas, sumidouros, ressurgências, lapiás e/ou paredões escarpados.

Uma vez identificadas as áreas com maior potencial de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas foi realizada a prospecção em campo e feito o levantamento *in loco* das feições cársticas. Todas as ocorrências foram registradas em campo com Dispositivo de GPS e descritas através de ficha cadastral proposta pela FEAM (2005). Foram realizados caminhamentos de malha fechada dentro da Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento a ser instalado no município e nas áreas com potencial alto e médio de ocorrências cársticas. Na Área de Influência Direta – AID e áreas com baixo potencial espeleológico foram realizadas e caminhamento de malha aberta.

Depois da identificação das cavidades em campo, foram mapeadas todas aquelas que estavam situadas na AID. Os mapas foram elaborados utilizando-se de bússola e clinômetro da SUNTON e trena digital. Considerando as normas e convenções espeleométricas da *British Cave Research Association* - BCRA, os mapas espeleométricos tiveram precisão mínima 4C.

Paralelamente, foi também consultado o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE, disponível na página de Internet do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, com o objetivo de conhecer a base de dados disponível para a região estudada.

Foram também feitos levantamentos bioespeleológicos, que, na fase de trabalhos de gabinete, permitiram a definição do grau de relevância das cavidades encontradas, considerando os critérios estabelecidos na Instrução Normativa - IN nº. 02, publicada em 20/Ago/2009, pelo MMA. Conforme estabelecido nesta IN a valoração das cavernas inclui atributos relacionados com os meios físico, biótico e sócio econômico. Sendo assim, esta valoração foi realizada de maneira integrada com as demais equipes. Contudo, não serão aqui apresentados dados relativos à bioespeleologia ou valoração das cavidades.

Considerando o que está estabelecido no artigo 14, parágrafos 1º e 2º da IN no. 02, publicada

em 20/Ago/2009, pelo MMA, o enfoque regional levou em consideração a área de ocorrência da formação Olhos D'Água e o enfoque local levou em consideração as unidades geomorfológicas definidas no mapa geomorfológico elaborado no presente estudo, a partir dos levantamentos de campo e interpretação de imagens de satélite.

3. CONTEXTO AMBIENTAL DO CARSTE DE PARIPIRANGA

Na figura 1 apresenta-se as áreas de ocorrência das rochas carbonáticas no Estado da Bahia, onde estão situados os principais terrenos cársticos do Estado. Conforme registrado nesta figura, observa-se que, em comparação com os demais terrenos desta natureza, o carste de Paripiranga apresenta uma pequena expressão área. Contudo, a despeito da sua área limitada, o município consiste apresenta um número expressivo de cavidades registradas no CANIE, com um total de 82 cavidades cadastradas até Nov/2016.

Do ponto de vista geológico, o município de Paripiranga está instalado sobre rochas metassedimentares do domínio orogênico denominado faixa de dobramentos sergipana (SILVA FILHO et al., 1977). Segundo Almeida (1977) *apud* Brito Neves et al. (2000), este orógeno formou-se em decorrência da colisão entre o maciço Pernambuco – Alagoas e o cráton do São Francisco, durante o evento brasileiro ocorrido há, aproximadamente, 600 Ma. A Faixa Sergipana pode ser subdivida em seis domínios litotectônicos, denominados de Sul para Norte por: Estância, Vaza Barris, Macururé, Marancó, Poço Redondo e Canidé (SILVA FILHO et al., 1977; DAVISON e SANTOS, 1989; SANTOS et al., 1998; D'EL-REY SILVA 1999; OLIVEIRA et al., 2010). Estes domínios apresentam características estruturais, litoestratigráficas e metamórficas diferentes, no entanto, eles coincidem na vergência que ocorre para Sudoeste.

O contexto ambiental carste estudado se insere no domínio Vaza Barris, no âmbito da área de ocorrência da formação Olhos D'Água. Neste domínio, conforme literatura geológica consultada (HUMPHREY & ALLARD, 1969; SILVA FILHO et al., 1979; D'EL-REY SILVA, 1995, 1999, SIAL et al., 2010), o embasamento cristalino é representado pelos domos gnáissicos-migmatíticos de Itabaiana e Simão Dias e tem idade arqueana ou paleoproterozóica. Na figura 2 apresenta-se um Mapa Geológico da área, adaptado a partir da literatura consultada.

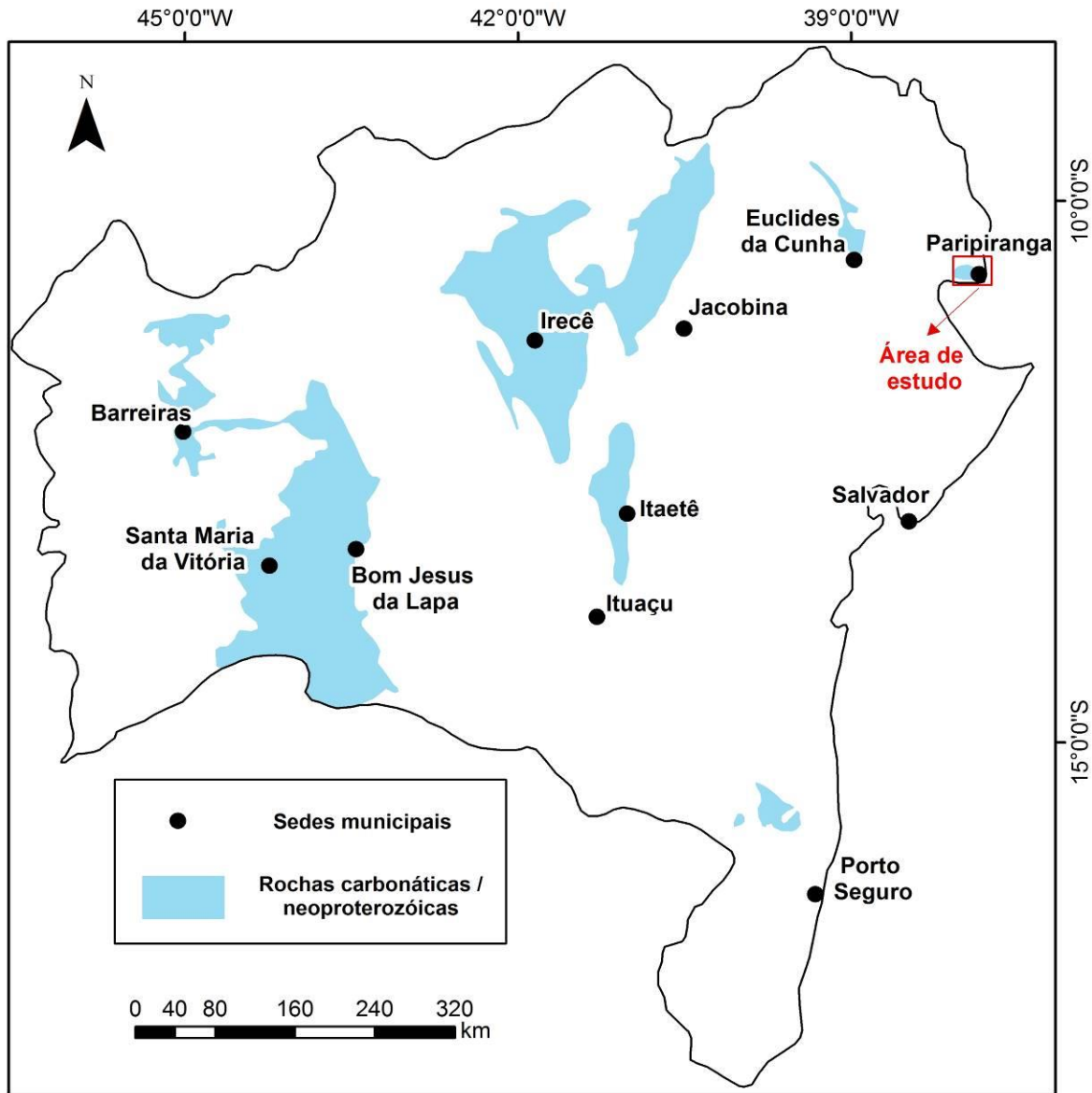


Figura 1: Distribuição das rochas carbonáticas, com idades proterozóicas, no Estado da Bahia e localização da área estudada.

As seqüências metassedimentares neoproterozóicas estão divididas, da base para o topo, nos grupos Miaba e Vaza Barris). Oliveira et al. (2010), divide o Grupo Miaba nas seguintes formações: Itabaiana, Jacarecica / Ribeirópolis e Jacoca; e o Grupo Vaza Barris nas Formações Capitão – Palestina, Olhos d’Água e Frei Paulo – Ribeirópolis, tendo como base idades U – Pb, obtidas em zircão detritífico, e espessuras variando de 2 a 4 km.

Uhlein et al. (2011) caracteriza o domínio Vaza Barris, da base para o topo, como:

Grupo Miaba

Ω Formação Itabaiana- Representa a base do Grupo Miaba com espessuras variando de 20 até 600

metros. É constituída por quartzitos arcossianos de granulometria média a grossa, com estratificações cruzadas, onde são raras as intercalações com metapelitos. A associação dos fácies citados indicam uma sedimentação em sistema fluvial entrelaçado;

Ω Formações Jacarecica e Jacoca – Apresentam espessuras variando de 200 – 400 metros, compostas por metadiamicitios, metagrauvaca, filitos e carbonatos. Esta faciologia é indicativa de um ambiente glacial para esta formação.

Grupo Vaza Barris

Ω Formação Capitão - Corresponde a unidade basal do Grupo Vaza Barris, é constituído por metadiamicitito, metapelito, metarenito

arcosiano e metagrauvaca. Apresenta espessuras variando entre 1.000 e 1.500 metros. A associação de fácies indica um sistema deposicional marinho profundo do tipo leque submarino

Ω Formação Olhos D'Água – Está sobreposta à formação Capitão-Palestina através de contatos erosivo e por falha. É constituída por intercalações de metacalcarenito médio a fino, calcítico, maciço, de coloração cinza azulada, e metacalcilutilo, com laminação plano-paralela bem evidente. A associação de fácies indica um sistema deposicional marinho raso.

Ω Formação Frei Paulo-Ribeirópolis- Sobrepõe os calcários da formação Olhos D'Água, apresentando variação de litofácies, onde há um predomínio de metassiltitos laminados, carbonáticos intercalados com metarrimitos. Diante da associação de fácies representa um sistema deposicional marinho raso.

Segundo D'el Rey Silva (1995), o domínio Vaza-Barris é estruturado sob um sistema de *fold-and-thrust belt*, representado pelas foliações S1 e S2, onde a segunda é predominante e é definida como a principal foliação plano axial destes dobramentos. O contato entre os domínios tem como marcadores

principais, as estruturas do tipo: zonas de cisalhamento transpressionais, de caráter predominantemente sinistral e vergência para sudoeste.

No que se refere aos recursos hídricos, o carste de Paripiranga encontra-se completamente inserido na bacia hidrográfica do rio Vaza Barris, que é constituída por um sistema de drenagens intermitentes, com geometria subparalela e, em determinados locais, geometria poligonal. Este sistema de drenagens apresenta um *trend* preferencial Nordeste – Sudoeste, além de um *trend* subordinado com orientação Leste-Oeste. Estas orientações preferenciais refletem um controle estrutural das drenagens.

Em relação à hidrogeologia, a área apresenta dois domínios aquíferos principais, quais sejam: a) aquíferos cársticos - ocupam cerca de 97% da área estudada e estão associados à área de ocorrência dos metacarbonatos da formação Olhos D'Água e b) aquíferos fissurais - ocupam os cerca de 3% restantes da área estudada e estão associados aos demais pacotes metassedimentares que compõem o Grupo Vaza Barris.

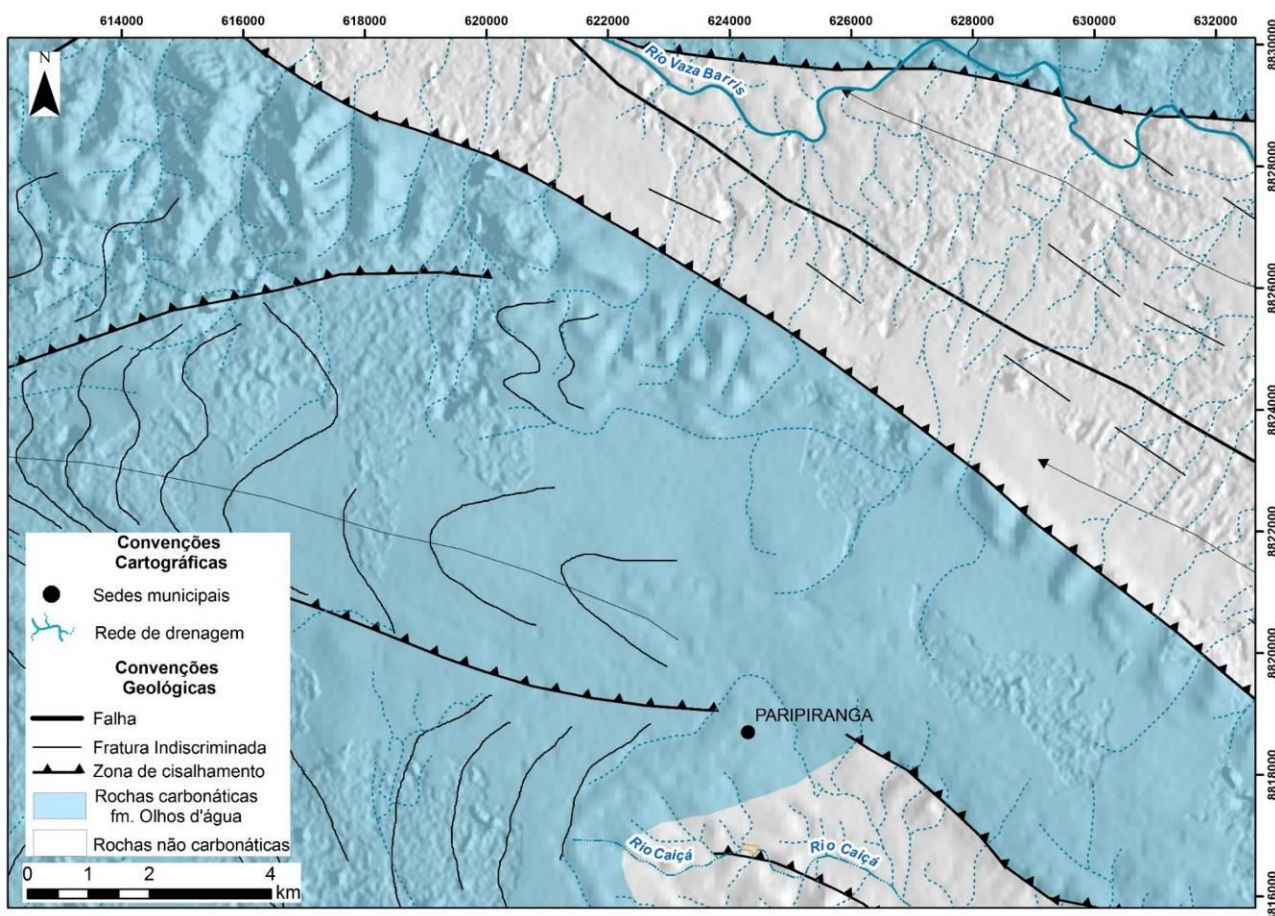


Figura 2: Mapa Geológico do carste de Paripiranga. Elaborado a partir de CPRM (1977).

4. GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA

No intuito de compreender o relevo cárstico da área de estudo foi elaborado um mapa geomorfológico, que apresenta a compartimentação observada em campo para as formas e domínios de relevo (figura 3). No contexto local da área de estudo, foram definidas quatro unidades geomorfológicas, que são descritas a seguir:

Ω **Platô de Paripiranga** – superfície aplainada, com altitude máxima de 419 m, desenvolvida sobre metacalcários cinzentos (figura 4 A e B) que ora se apresentam maciços e ora se apresentam dobrados, exibindo dobras abertas e com dimensões métricas. Nesta unidade se concentram as principais feições cársticas encontradas na região, manifestadas na forma de dolinas, lapias, bacias poligonais, cavernas e abismos. As cavernas ocorrem, preferencialmente, na base de paredões escarpados, exibindo afloramentos rochosos, como é o caso das cavernas da Presa I e II e caverna do Encanto. Já os abismos ocorrem em ondulações da superfície aplainada, como foi observado no abismo do Márcio, Fenda da Costura e abismo Entupido.

Ω **Morros e colinas** - superfície ondulada, constituída de morros com vertentes côncavas, de contorno convexo, e altitudes máximas de até 430 m, cujo substrato consiste em filito carbonático com cores variando entre ocre, cinza esverdeado ou arroxeados (cores variegadas), que se apresentam intensamente cisalhados (figura 4 C e D). Neste domínio podem também ocorrer os metacalcários cinzentos, que estão em contato tectônico com o filito carbonático. Em um dos pontos onde este contato foi observado constatou-se que trata-se de uma zona de cisalhamento dextral, com atitude N145°/40°NE. Consiste na zona de relevo mais movimentado, com morros e colinas. Alguns morros chegam a apresentar formato ligeiramente cônico, que lembra um cone cárstico. Apesar da presença de rochas carbonáticas neste domínio, não há uma ocorrência expressiva de feições cársticas no mesmo. Todavia, no local conhecido como Morro do Parafuso, situado na porção centro Leste da área estudada, constatou-se a presença de uma lente de metacalcário cinzento, onde se registra a ocorrência de um número expressivo de cavidades, representando a zona de maior adensamento na ocorrência de cavernas e abismos em toda a área estudada.

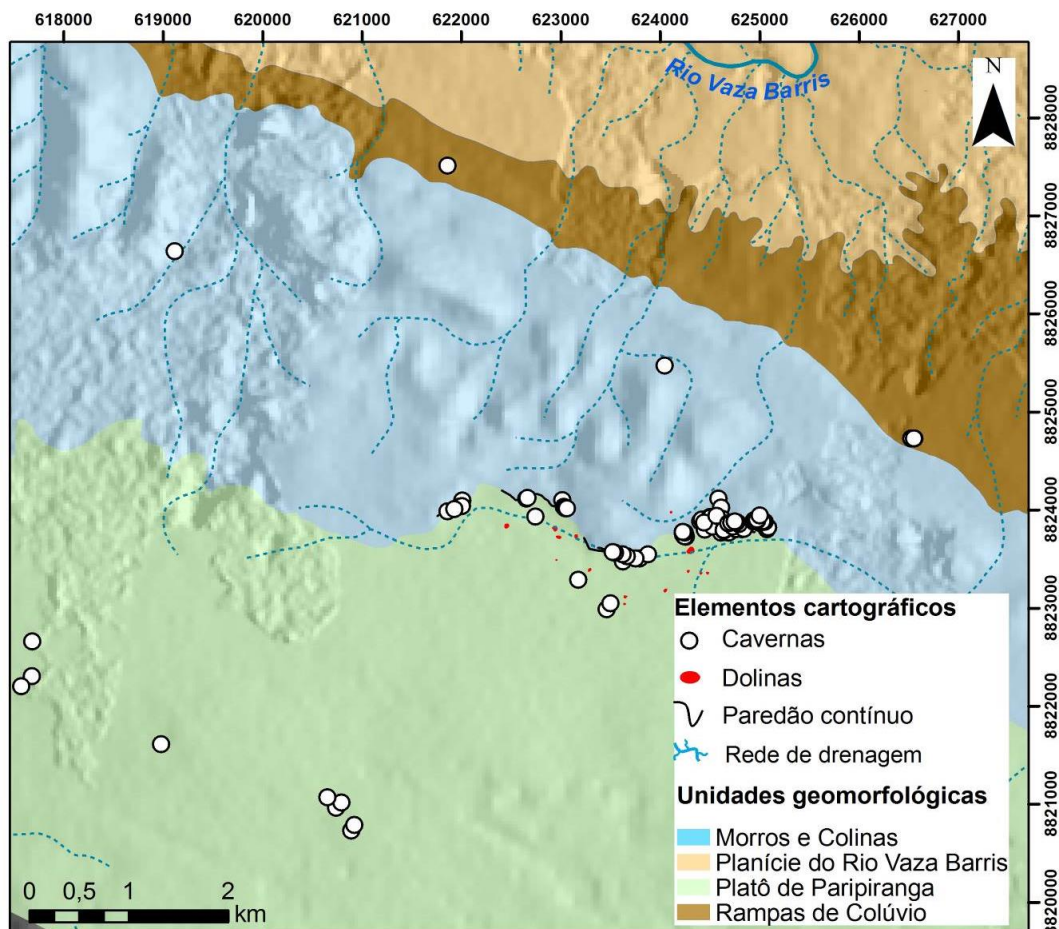


Figura 3: Mapa Geomorfológico do carste de Paripiranga.



A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 4: **A** – Aspecto geral da superfície do Platô de Paripiranga. **B** – Detalhe de pavimento rochoso de metacalcário cinzento no Platô de Paripiranga. **C**- Aspecto geral da superfície ondulada da unidade dos Morros e colinas. **D** – Detalhe do substrato rochoso de filito carbonático na unidade dos Morros e colinas. **E** – Aspecto de uma vertente escarpada, na unidade das Rampa de colúvios, onde está situada a caverna da Salamanta. **F**- Esta vertente, na unidade das Rampa de colúvios, é sustentada por Tufas carbonáticas. **G** – Aspecto geral da Planície do rio Vaza Barris. **H** – Leito do rio Vaza Barris, em momento de cheia (Nov/2014), ilustrando o entalhamento vertical do vale deste rio.

Ω **Rampa de colúvios** – superfície com ondulações suaves, com altitudes de até 262 m, cujo substrato é constituído por material transportado, resultante da erosão e desmonte dos relevos de montante, apresentando naturezas distintas, a saber: colúvios - material areno argiloso, podendo conter clastos, nas frações calhau e blocos, ambos de calcário cinzento, além de tufas calcárias – rochas constituídas de calcita secundária, com estruturas de bioturbação e quantidade expressiva de folhas e materiais de origem vegetal fossilizados. Em muitos locais este pacote rochoso sustenta uma escarpa, podendo apresentar cavernas, como é o caso da caverna da Salamanta (figura 4 E e F).

Ω **Planície do rio Vaza Barris** – superfície com caimento suave (gradiente $i=0,0514$) em direção à calha do rio Vaza Barris. O leito deste rio, com elevação de 123 m, está instalado em um corte desta superfície, com um desnível de 25m (figura 4 G e H). Na planície predomina um relevo suavemente ondulado, com substrato constituído de filito cinzento, sobre o qual, por vezes, ocorre uma cobertura sedimentar detrítica, com espessura inferior a 5 m. Neste domínio não foram encontradas cavidades ou demais geomorfias cársticas.

No carste de Paripiranga constatou-se que as geomorfias cársticas apresentam-se de maneira discreta e dispersa, ocorrendo em maior número e

variedade no domínio do Platô de Paripiranga, onde foi observada a presença de dolinas, lajedos e paredes rochosos, que marcam a separação deste domínio com o domínio dos Morros e colinas. Neste último domínio, para além dos abismos e cavernas, foram encontradas lapiás de maneira localizada.

Na figura 5 apresenta-se uma seção geológico geomorfológica esquemática, onde se pode observar um corte com orientação SW/NE, com modelo conceitual do relevo cárstico na área de estudo. Este modelo é representativo do aspecto e das relações existentes entre as unidades de relevo mapeadas, o substrato geológico e a superfície piezométrica.

Observa-se que o carste de Paripiranga está dividido, na área mapeada, em três domínios geomorfológicos distintos, quais sejam: Platô de Paripiranga, Morros e Colinas e Rampas de Colúvio (figura 5). Na área do Platô de Paripiranga se concentra a maior diversidade de geomorfias cársticas. Entretanto, consistem em feições discretas, sem expressão na imagem de satélite e que, mesmo em campo, se encontram de maneira dispersa. Por outro lado, o maior número de cavidades naturais subterrâneas é registrado no domínio dos Morros e colinas. Estas cavidades se concentram em uma área situada na porção centro Leste da área mapeada, em uma lente de metcalcário cinzento, inserida neste domínio geomorfológico. No domínio das Rampas de colúvios foi também registrada a presença de cavernas, porém em número bem inferior do que o que é registrado nos demais domínios cársticos.

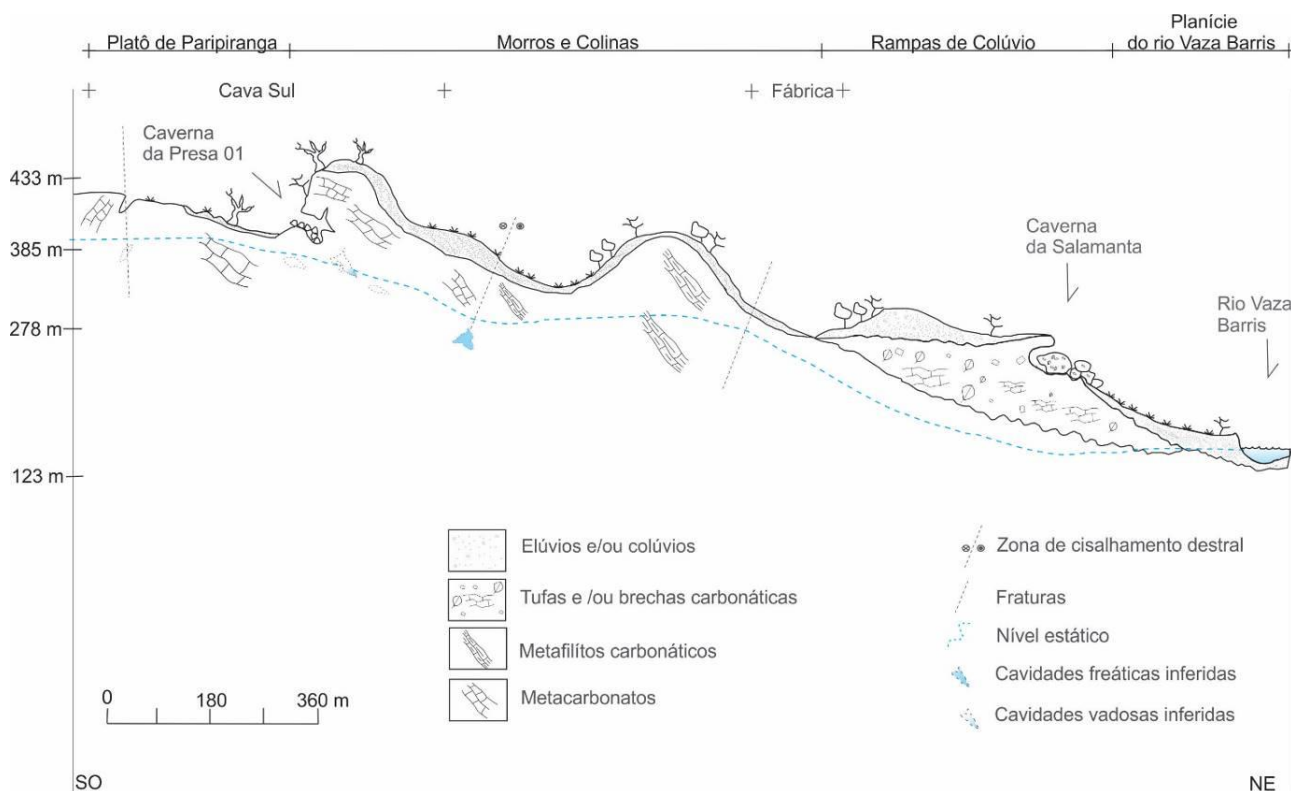


Figura 5: Modelo geológico conceitual do carste de Paripiranga.

5. ESPELEOLOGIA

De acordo com consulta realizada, em Jan/2017, no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE, disponível na página de Internet do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV (<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>), estão cadastradas em Paripiranga um total de 82 cavidades naturais subterrâneas. Este montante coloca o município na quarta colocação, em número de

cavidades cadastradas no Estado da Bahia, atrás apenas de São Desidério, Coribe e Iraquara. Deste modo, pode-se dizer que o município é detentor de uma posição de destaque no cenário espeleológico baiano, com um número expressivo de cavidades cadastradas.

Dentre este conjunto de cavidades conhecidas no município, serão aqui analisadas em detalhe 32 cavidades aturais subterrâneas que são listadas na tabela 1, juntamente com os dados espeleométricos.

Tabela 1: Dados espeleométricos das cavidades naturais subterrâneas de Paripiranga.

Cavidades	Domínio	Projeção Horizontal	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Caverna do Escondido	Platô de Paripiranga	3,86	3,14	4,84	7,16
Fenda da Costura	Platô de Paripiranga	13,37	12,30	19,52	71,77
Abismo Entupido	Platô de Paripiranga	26,24	19,31	27,46	78,63
Fenda do Marcio	Platô de Paripiranga	4,49	2,92	4,41	16,14
Caverna do Alto do Morro da Candeia	Platô de Paripiranga	11,07	7,81	20,23	39,18
Gruta da Presa II	Platô de Paripiranga	21,05	6,71	58,08	61,56
Caverna da Presa I	Platô de Paripiranga	23,09	5,42	100,90	206,49
Caverna das Moscas	Platô de Paripiranga	21,18	8,72	70,09	176,98
Caverna do Descanso	Platô de Paripiranga	24,98	0,00	44,77	79,47
Abismo do Redemoinho	Platô de Paripiranga	6,30	4,71	7,93	16,70
Abismo das Orquideas	Platô de Paripiranga	32,46	21,42	20,91	143,44
Abismo dos Morcegos	Platô de Paripiranga	67,86	23,01	77,58	403,42
Abismo dos Espinhos	Platô de Paripiranga	39,30	24,46	51,32	135,14
Gruta do Lola	Platô de Paripiranga	26,68	11,51	304,16	1.765,04
Furna do Fim do Morro do Parafuso	Platô de Paripiranga	172,08	12,14	577,15	3.316,85
Gruta do Bom Pastor	Platô de Paripiranga	226,20	64,90	1.379,40	3.193,84
Caverna da Ponte	Platô de Paripiranga	115,32	13,85	249,57	1.473,24
Caverna do Zumbi	Platô de Paripiranga	30,88	6,74	57,41	239,74
Caverna do Walmir	Platô de Paripiranga	9,39	7,31	19,65	19,65
Abismo da Aroeira	Morros e Colinas	23,21	15,37	67,89	1.569,28
Caverna do Urubu	Morros e Colinas	16,49	1,52	39,85	71,53
Caverna do Aperto	Morros e Colinas	12,91	7,67	15,29	71,94
Caverna Amor de Barrigudas	Morros e Colinas	63,73	17,80	56,16	104,40
Caverna do Portal	Morros e Colinas	22,34	7,74	11,03	
Caverna das Borboletas	Morros e Colinas	120,76	13,85	122,22	739,20
Caverna da Brilhantina	Morros e Colinas	17,38	6,18	13,78	43,11
Abismo da Macambira	Morros e Colinas	17,93	15,48	6,36	
Caverna do Urutau	Morros e Colinas	46,39	11,81	82,28	273,05
Caverna do Encanto	Morros e Colinas	56,93	5,96	172,99	227,19
Caverna do Sisal Brabo	Morros e Colinas	9,39	7,31	19,65	19,91
Caverna / Toca dos Morcegos	Morros e Colinas	38,42	10,54	128,68	197,93
Caverna da Fenda	Morros e Colinas	3,72	3,01	1,97	10,05
Contexto regional		Projeção Horizontal	Desnível (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Media		41,42	11,89	119,80	492,40
desvio padrão		50,47	11,51	256,83	886,08
Contexto local		Projeção Horizontal	Desnível (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Platô de Paripiranga					
Média		48,13	13,84	170,87	634,71
Desvio Padrão		61,53	14,64	334,28	1.073,56
Morros e colinas					
Média		37,16	10,10	61,35	302,51
Desvio padrão		31,81	4,85	55,06	468,12

As cavidades listadas foram selecionadas por estarem situadas dentro da ADA ou AID do empreendimento mineiro industrial, ou ainda por serem representativas do enfoque regional da formação Olhos D'Água.

Pelo que se pode observar na tabela 1, as cavernas da Gruta do Bom Pastor, a Furna do Fim do Morro do Parafuso e Caverna da Ponte se destacam neste conjunto, por serem as cavidades com projeção horizontal (figura 6 A e B). De maneira geral, observa-se que as cavidades naturais subterrâneas, encontradas e mapeadas no âmbito da área de estudo, consistem, em sua maioria, em cavidades com desenvolvimento vertical mais acentuado, de modo que caracterizam-se como abismos, sendo todos desenvolvidos em metacalcários cinzentos. Uma análise estatística destes dados, considerando o enfoque regional, aponta que:

No contexto regional, a projeção horizontal média obtida para o conjunto de cavernas analisadas foi de 41,42 m. O maior valor encontrado para este parâmetro foi registrado na Gruta do Bom Pastor, que apresentou um valor de 226,20 m, enquanto o menor valor foi registrado na Caverna da Fenda, com uma projeção horizontal de 3,72 m.

Ω No que se refere ao desnível, o valor médio encontrado foi de 11,89 m, sendo que o maior desnível foi registrado também na Gruta do Bom Pastor, com um valor de 64,90 m. O menor valor encontrado para este parâmetro foi de 0 m, registrado na caverna do Descanso.

Ω Em relação à área das cavernas mapeadas, obteve-se um valor médio de 119,80 m², sendo que a caverna que apresentou a maior área foi, mais uma vez, a Gruta do Bom Pastor com uma área de 1.379,40 m². A caverna da Fenda foi a cavidade com menor área mapeada, onde foi

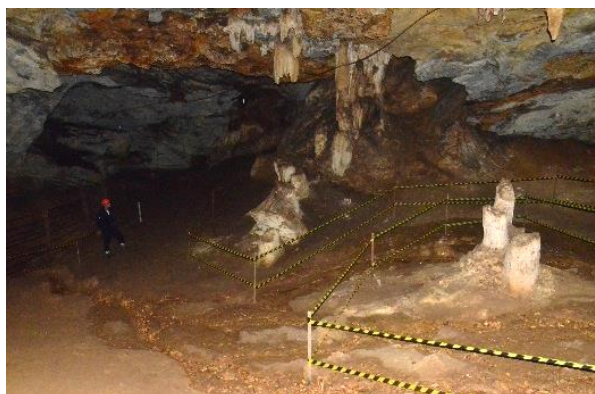
registrado um valor de 1,97 m² para este parâmetro.

Ω O volume médio encontrado foi de 492,40 m³, sendo que o maior volume foi registrado na Caverna do Fim do Morro do Parafuso, com um valor de 3.316,85 m³. Já o menor volume foi registrado na Caverna do Escondido, cujo valor obtido foi de 7,16 m³.

Apesar de, em campo, as cavernas encontradas no carste de Paripiranga aparentarem, de maneira geral, algum controle estrutural, a comparação entre os eixos de desenvolvimento preferencial das cavernas e as medidas de foliação (Sn) e fraturas, levantadas em campo, não confirma esta situação, conforme representado na figura 7.

De acordo com a figura 7, observa-se que a maioria dos eixos de desenvolvimento preferencial das cavernas está compreendido entre as direções N30–50W, enquanto o maior número de foliações medidos em campo se concentra entre as direções N80-90W e as fraturas entre as direções N0-20E, N40-50E e N40-70W. Estes dados apontam que o conjunto secundário de fraturas N40-70W e a família secundária de foliações, com orientação N50-70W, condicionam os eixos de desenvolvimento preferencial das cavernas. Deste modo, percebe-se que as estruturas mais proeminentes em campo, não são as que exercem maior influência no desenvolvimento das cavernas.

Todavia, tendo em vista que o contexto geológico da área está associado à Faixa Sergipana, instalada no limite NE do craton do São Francisco, que apresenta muitas estruturas verticalizadas ou com mergulhos acentuados, entende-se que estes mergulhos acentuados ou verticais exerceram influência no desenvolvimento das rotas de fluxo subterrâneo, resultando na elevada quantidade de abismos encontrados na área estudada.



A



B

Figuras 6: A – Gruta do Bom Pastor, cavidade com maior projeção horizontal e visitação mais intensiva na área estudada. B – Furna do Fim do Morro do Parafuso, cavidade com a segunda maior projeção horizontal na área e morfologia distinta.

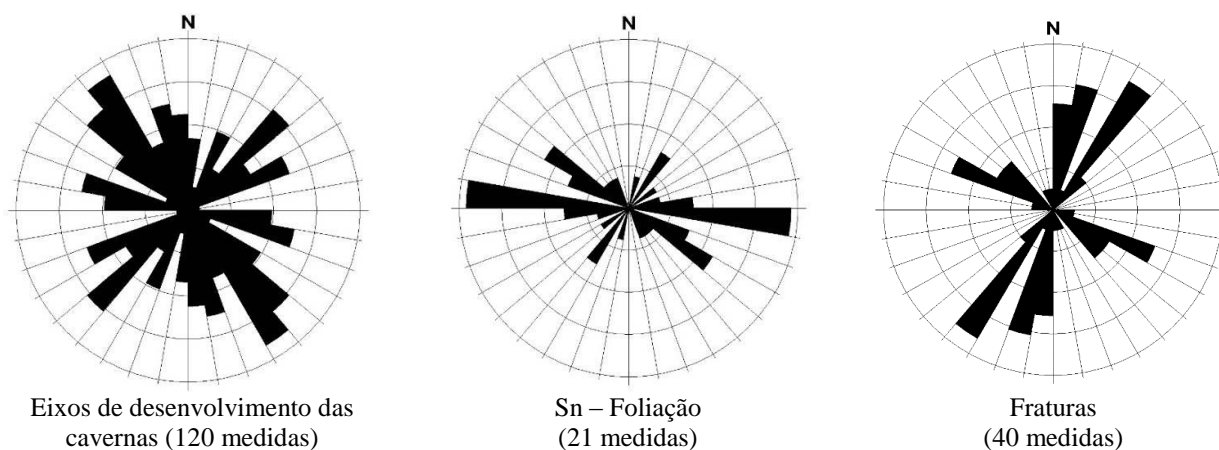


Figura 7: Elementos estruturais das rochas e cavidades naturais subterrâneas em Paripiranga.

Outro aspecto que chama a atenção nas cavernas analisadas na área é que as mesmas apresentam pequenas dimensões, de modo que mais da metade das cavidades têm projeção horizontal inferior a 30 m e área inferior a 60 m². Em uma outra perspectiva, observa-se que dentre as cavernas analisadas, apenas oito delas apresentaram valores superiores ao valor médio obtido para a projeção horizontal (41,42 m) e apenas seis cavidades apresentaram um valor superior à média encontrada para a área (119,80 m²). Ou seja, a maior parte do conjunto de cavernas analisadas apresenta projeção horizontal e área inferiores aos valores médios encontrados para estes parâmetros espeleométricos.

Nenhuma das cavernas estudadas apresenta conexão com o nível freático atual e os cortes transversais de muitas das cavernas mapeadas apresentam seções de entalhamento vadoso preservadas, sem alterações por abatimento. Considerando que apenas cinco cavernas apresentaram valores para o volume, superiores ao volume médio encontrado, percebe-se que a maior parte das cavernas apresenta volumes pouco expressivos.

No intuito de avaliar a presença de cavidades oclusas, que possam estar presentes no meio subterrâneo foi realizado um estudo geofísico e a análise de 555 sondagens geológicas realizadas na etapa da pesquisa mineral. O estudo geofísico não apresentou resultados conclusivos. Entretanto, a análise das sondagens realizadas indicou que na maioria deles houve 100% de recuperação dos testemunhos e não houve registro de vazios no meio subterrâneo. Apenas em três furos foram identificados intervalos com fendas ou vazios, com espessura inferior a 1,5 m.

6. IMPRESSÕES SOBRE A EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO CARSTE DE PARIPIRANGA

Uma análise preliminar do carste de Paripiranga sugere que o domínio do Platô de Paripiranga foi alvo de uma carstificação pretérita mais intensa, durante um período de clima mais úmido, tendo desenvolvido um sistema de condutos subterrâneos que foi, posteriormente, colapsado, com o rebaixamento do nível d'água. Considerando a posição deste platô, em relação à zona de Morros e colinas e ao nível de base regional (rio Vaza Barris), entende-se que o mesmo consistia na zona de recarga, o que contribuiu para a carstificação mais intensa naquele setor.

No domínio dos Morros e colinas, para além da carstificação nas lentes de metacalcários, atuaram também processos fluviais na evolução das vertentes, nas porções mais argilosas do pacote, que se apresentam como filitos, as vezes carbonáticos. Considerando a menor dimensão destas lentes de metacalcários, em relação à ocorrência mais extensiva destas rochas no Platô de Paripiranga, acredita-se que a carstificação se deu de maneira mais localizada, sem que fosse instalada uma trama mais extensiva de condutos.

Todo o material carbonático, gerado com a dissecação do relevo de montante, se acumulou na porção mais inferior, próximo do nível de base regional e deu origem às tufas e brechas carbonáticas, encontrados no domínio das Rampa de colúvios. A abundância de material vegetal e bioturbações no substrato geológico deste domínio é sugestivo de condições mais úmidas, corroborando com a hipótese de um período mais úmido no momento do entalhamento do carste de Paripiranga. Wang *et al.* (2004) comentam da existência de um período mais úmido no nordeste brasileiro, datado em 210.000 anos (Pleistoceno) através do método

U/Th e utilizando-se de espeleotemas coletados nas cavernas: Toca da Boa Vista, Toca da Barriguda e Gruta dos Brejões, todas elas situadas no Estado da Bahia e com latitudes bem próximas das que são registradas na área aqui estudada, além de travertinos, coletados nos vales dos rios Salitre e Jacaré, também no Estado da Bahia.

Deste modo, percebe-se que o elevado significado paleoambiental das tufas e brechas carbonáticas, encontrados no domínio das Rampa de colúvios. Estudos futuros nestes materiais deverão elucidar etapas importantes sobre a iniciação e o desenvolvimento morfológico do sistema cárstico aqui descrito. Ademais, a datação de material fossilífero, encontrado em algumas das cavernas mapeadas, somados com outros métodos adequados de análise paleoambiental, poderão confirmar o modelo evolutivo aqui apresentado para o carste de Paripiranga e elucidar as idades dos processos envolvidos no desenvolvimento deste sistema.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Carste de Paripiranga foi compartimentado, morfológicamente, nos domínios do Platô de Paripiranga, dos Morros e colinas e Rampa de colúvios. Os dois primeiros estão instalados nas rochas carbonáticas da formação Olhos D'Água, de idade neoproterozóica, e o último domínio em um pacote formado, possivelmente no Cenozóico, a partir do intemperismo e erosão das rochas carbonáticas existentes a montante.

A partir dos dados aqui reunidos, entende-se que o Platô de Paripiranga foi formado pelo colapso de uma rede pretérita de cavidades naturais subterrâneas, em função de um rebaixamento do nível d'água e resultando no relevo aplainado, onde as cavidades hoje encontradas são feições reliquias desta rede pretérita de condutos. Sendo assim, atualmente uma nova trama de condutos freáticos está sendo iniciada abaixo do nível freático e condicionada pelos planos de foliação da rocha

carbonática, representando a porosidade secundária característica dos aquíferos cársticos.

A análise de um conjunto de dados geofísicos e de sondagens rotativas não foram indicativos da existência de cavidades com dimensões expressivas na zona vadosa (situada entre a superfície e o nível piezométrico médio – 35 m). Na zona freática (abaixo dos 35 m de profundidade) os dados apontam a presença subordinada de condutos de iniciação, com diâmetro inferior a 2 m e sem expressão lateral.

Na base de dados do CECAV está cadastrado um total de 82 cavidades naturais subterrâneas em Paripiranga. A análise dos diagramas de rosáceas, sugere que as principais estruturas que condicionam o desenvolvimento destas cavidades podem ser os planos de foliação da rocha ou planos de fratura, com orientação N30-50W, ou mesmo planos de fratura subverticais, com orientação N0-20E, N40-50E.

Considerando os trabalhos de espeleotopografia, realizados até o momento, maioria destas cavidades apresenta projeção horizontal inferior a 70 m. Dentre o conjunto de cavidades conhecidas, destacam-se a Gruta do Bom Pastor, a Furna do Fim do Morro do Parafuso, a Caverna da Ponte e a Caverna das Borboletas que apresentam projeção linear superior a 100 m.

Ressalta-se aqui que, apesar do trabalho e empenho de um grupo local de espeleologia, em campo foi verificada a disposição de lixo, de natureza diversificada, em algumas cavidades. Com a implantação prevista de um complexo mineiro industrial para a produção de cimento no município de Paripiranga, está prevista a implantação de um centro de referência ambiental e a realização de atividades de educação ambiental, que poderão contribuir para a conscientização da população local da importância das cavidades naturais subterrâneas ali presente e abrir novas perspectivas para a gestão do patrimônio espeleológico existente no município de Paripiranga.

REFERÊNCIAS

- BRITO-NEVES B.B., SANTOS E.J., VAN SCHMUS W.R., 2000. **Tectonic history of the Borborema province. In: Tectonic Evolution of South América.** Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A.(Editors). 31st International Geological Congress, 151 – 182 p.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 1977. **Projeto Baixo São Francisco / Vaza Barris.** Volume 2, escala 1:250.000. Mapa.
- DAVISON I. & SANTOS R. A. 1989. **Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny.** *Precambrian Research*, 45: 319-342.

- D'EL-REY SILVA L. J. H. & MCCLAY K. R. 1995. **The Southern Part of the Sergipano Belt, NE Brazil: Stratigraphy and Tectonic Implications**. Rev. Bras. Geociências 25: 185-202.
- HUMPHREY F. L. & ALLARD G. O. 1969. **Geologia da área do domo de Itabaiana (SE) e sua relação com a geologia do geossinclinal de Propriá – Um elemento tectônico recém-conhecido no Escudo Brasileiro**. Tradução de MUNNE, A. I., BARÃO, S. C. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES, 1969, 157 p. il.: mapa.
- OLIVEIRA E. P., WINDLEY, B.F., ARAÚJO, M.N.C., 2010. **The neoproterozoic sergipano orogenic belt, NE Brazil: a complete plate tectonic cycle in western Gondwana**. Precambrian Research, 181: 64-84.
- SANTOS R. A., MARTINS A. A. M., NEVES J. P., LEAL, R. A. (Org.). 1998. **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Brasília, CPRM/CODISE, 157 p. 1 mapa, col. Escala 1:250.000 (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB).
- SIAL A.N., GAUCHER C., SILVA FILHO M.A., FERREIRA V.P., PIMENTEL M.M., LACERDA L.D. EMANNOEL V., SILVA FILHO E.V., CEZARIO W. 2010. **C-Sr-isotope and Hg chemostratigraphy of Neoproterozoic cap carbonates of the Sergipano Belt, Northeastern Brazil**. Precambrian Research, 182: 351-372.
- SILVA FILHO M. A., BOMFIM L. F. C., SANTOS R. A., LEAL R. A., SANTANA A. C., BRAZ FILHO P. A. 1977. **Geologia do Geossinclinal Sergipana e do seu embasamento**. Salvador, CPRM, 435 p., Vol. 2 mapa, col. Escala 1:250.000 (Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris).
- ULHEIN, A.; CAXITO, F. A.; SANGLARD, J. C. D.; SUCKAU, G, L. 2011. **Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do craton do São Francisco**. Genomos, UFMG, Belo Horizonte, pag. 8 - 24.
- WANG, X.; AULER, A. EDWARDS, R. L.; CHENG, H; CRISTALLI P. S.; SMART, P.; RICHARDS, D. A. & SHEN, C. C. 2004. **Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies**. Nature. Vol. 432. P.: 740-743.

Fluxo editorial:

Recebido em: 22.02.2017

Aprovado em: 24.04.2017



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp