

**GRUTA DAS BROMÉLIAS (MG 042), SERRA DO IBITIPOCA,
MUNICÍPIO DE LIMA DUARTE, MG:
UMA DAS MAIORES CAVERNAS EM QUARTZITO DO MUNDO**

Atlas Vasconcelos CORRÊA-NETO ^{1,2}

Luis Claudio Cordeiro ANISIO ¹

Cláudia Pimentel BRANDÃO ¹

Heitor Brito CINTRA ³

Recebido em janeiro 1993; versão final aceita em outubro 1994

Abstract. Gruta das Bromélias (MG 042), Ibitipoca Range, Lima Duarte county, Minas Gerais, Brazil: One of the largest quartzite caves of the world.

A recent survey at the Ibitipoca Range, South of Minas Gerais, has shown that the Gruta das Bromélias (MG 042) has 2560 m (BCRA-3C) of passages, with an altitudinal difference of 76 m, considering its upper and lowermost parts.

Quartz dissolution along fractures and grain boundaries has increased the rock porosity and permeability and caused mechanical weakness. Lixiviation of K, Na and SiO₂ from feldspars and micas has also helped to increase porosity and to weaken the rock. Channels of increased porosity and permeability were so created, concentrating the flow of underground water. This concentrated flow has generated small cylindrical conduits (pipes) along a friable micaceous quartzite layer, by mechanical removal of loose quartz grains. The erosion caused by water flowing through these conduits has increased its size, creating a network of interconnected galleries, the Bromélias System.

Chalcedony and opal form small speleothems such as coatings upon the walls of the galleries. Allophane and bauxite (probably) can also be found as small flowstones.

key-words: quartzite, Ibitipoca, Brazil

palavras-chave: quartzito, Ibitipoca, Brasil

¹ Depto. Geologia, UFRJ. Av. Brigadeiro Trompowsky, s/n°, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-590 Rio de Janeiro, RJ.

² Endereço atual: CPRM, SUREG/BH, Av. Brasil, 1731, Funcionários, 30140-002 Belo Horizonte, MG.

³ SPEC - Sociedade Carioca de Pesquisas Espeleológicas.

1. Introdução

Definido inicialmente por GROSSI & PEREZ (1985), o Distrito Espeleológico da Serra do Ibitipoca (figura 1), localizado no Município de Lima Duarte, Sudeste de Minas Gerais, caracteriza-se por um grande número de cavernas desenvolvidas em quartzitos.

Estudos espeleológicos vêm sendo desenvolvidos no Parque Estadual do Ibitipoca e arredores pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela Sociedade Carioca de Pesquisas Espeleológicas e pelo Centro Excursionista Guanabara, desde 1990. A partir de 1992 deu-se prioridade às pesquisas na Gruta das Bromélias (MG 042). Os trabalhos de exploração e topografia resultaram em um total de 2560 metros de desenvolvimento linear (grau BCRA-3C). A Gruta das Bromélias revelou-se, então, uma das maiores cavernas em quartzito do mundo.

2. Contexto Geológico

A Serra do Ibitipoca (figura 1) é formada predominantemente por quartzitos grosseiros sacaroidais micáceos brancos, acinzentados ou amarelados. Subordinadamente, ocorrem quartzitos finos micáceos, biotita-xistos e lentes decimétricas a métricas de muscovita-xistos. As camadas mergulham para SE na maior parte da serra, com valores que geralmente não excedem os 20°. O grau metamórfico dessas rochas, segundo NUMMER (1990), é médio, nas fácies anfíbolito médio. Nos arredores da serra predominam biotita-xistos e gnaisses. Estes litótipos são enquadrados no grupo Andrelândia, inicialmente definido por EBERT (1955) e redefinido por TROUW *et al.* (1983). O grupo Andrelândia passou a ser conhecido por ciclo deposicional Andrelândia a partir do trabalho de ANDREIS *et al.* (1989).

As rochas estão intensamente tectonizadas, dificultando o reconhecimento de estruturas sedimentares. Os quartzitos possuem forte foliação, paralela ao acamadamento sedimentar reliquiar. Há três sistemas principais de fraturamentos, um predominante SW-NE e outros dois secundários, N-S e E-W.

Para NUMMER (1990), a estruturação tectônica local é dada por uma grande dobra antiformal recumbente, cujo flanco invertido corresponde ao ramo SW da Serra do Ibitipoca (figura 1). A foliação principal das rochas é relacionada a essa dobra. Dobramentos suaves e concêntricos sobrepõem-se à estrutura maior.

3. Contexto Geomorfológico

A Serra do Ibitipoca tem em média 1300-1400 m de altitude, atingindo um valor máximo de 1780 m no Pico Ibitipoca ou Lombada. Suas formas escarpadas contrastam com os arredores. A maior resistência do quartzito ao intemperismo e à erosão em relação aos biotita-xistos foi a responsável principal por essa diferença de morfologia. Esse relevo ocasiona uma diferença entre o nível do seu lençol freático e o nível de base local, que varia entre 50 e 100 m.

A Serra do Ibitipoca poderia ser descrita como composta por duas *cuestas* cujos flancos reversos estão inclinados para o interior de um mesmo vale, por onde correm o rio do Salto e o córrego da Mata (figura 1). São comuns em seu interior vales estreitos, provavelmente gerados por desabamento de galerias (ex.: córrego do Pião) e dolinamentos (ex.: gruta dos Três Arcos). A abundância de cavernas, formando uma rede de drenagem subterrânea, possibilitou a definição na Serra do Ibitipoca de um "endocarste quartzítico" (CORRÊA-NETO *et al.*, 1993).

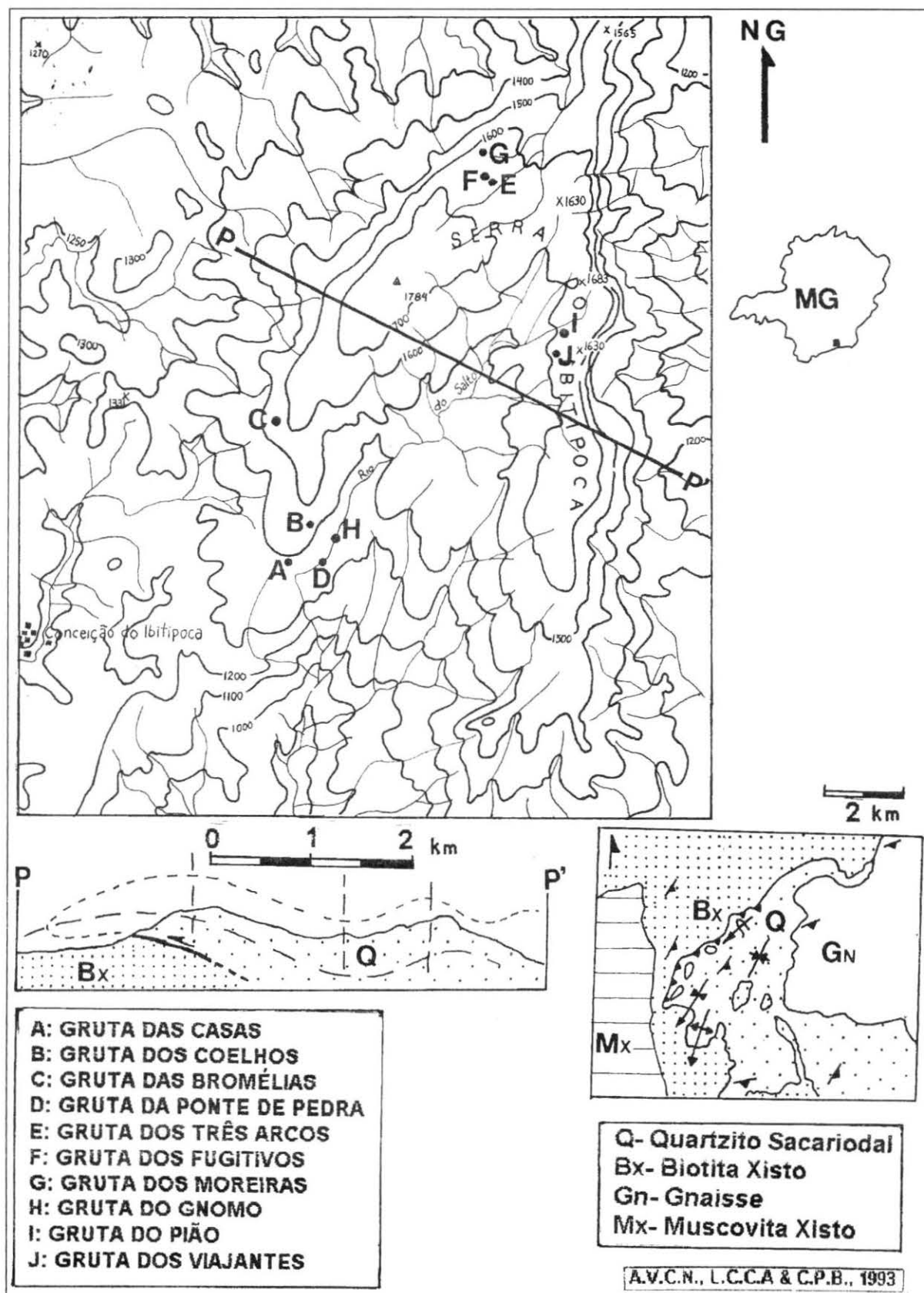


Figura 1. Mapa e perfil geológico com a localização das principais cavernas da Serra do Ibitipoca. Base topográfica: IBGE folha Lima Duarte. Geologia modificada a partir de NUMMER (1990). Ver texto para detalhes.

O padrão de sua drenagem é o treliça, bastante espaçado, com uma baixa densidade hidrográfica, em especial quando comparada com seus arredores. Depósitos fluviais são inexpressivos e descontínuos. Os solos raramente excedem 2 m de espessura, sendo arenosos. Em áreas de drenagem imperfeita, pode haver o acúmulo de material turfoso.

Os arredores da serra possuem um relevo mais arrasado, formado por morros e colinas arredondadas e padrão de drenagem subdendrítico. Os solos são espessos, argilosos. Os depósitos fluviais são maiores e terraços aluvionares podem ser vistos a uma altura entre 7 e 5 metros do nível atual dos rios.

4. Espeleofisiografia

A Gruta das Bromélias (figura 2) possui 2560 m de galerias topografadas, tendo um desnível total de 76 m. A cavidade possui 7 entradas, todas com inclinação em torno de 30°, caracterizadas pela presença de blocos de quartzito em meio a material arenoso. Ela desenvolveu-se de modo quase paralelo à topografia externa, uma encosta com inclinação mediana, estando em média a aproximadamente 15-20 m de profundidade.

Compõe-se de um conjunto de galerias com 2,5 a 3,0 metros de largura por 2,5 m de altura em média, com o perfil elíptico (figura 2b). Algumas galerias possuem um perfil composto, com a parte inferior semelhante à um *minicanyon* que pode atingir até 4 m de profundidade. Muitas galerias são de pequeno porte, com cerca de 50 a 80 cm de altura por 1,0 m de largura. O azimute predominante para as galerias é 220, havendo menor contribuição de trechos de orientação 000 e mais raramente 090.

O eixo principal da caverna possui 765 m de extensão, azimute 224 e é formado por uma galeria que em média possui 3,0 m de altura por 2,0 m de largura. Alguns de seus trechos estão desabados. Um outro ramo, quase tão importante quanto esse, começa pouco antes do Salão do Claraboião.

Por ambos os ramos correm pequenos cursos d'água, com poucos centímetros de profundidade. Formas erosionais (cacimbas ou marmitas) são freqüentes em seus leitos. Acumulações de sedimento arenosos são raras, podendo ser encontradas em depressões ou como pequenas barras. No final do duto principal há um maior volume de sedimento arenoso, misturado com matéria orgânica de origem vegetal.

Um conjunto de galerias pode ser tido como inativo (figura 3). No seu interior, a água não mais corre, tendo sido desviada por desabamentos ou por entulhamento de sedimentos. O desabamento de um grande salão na união de dois ramos da caverna parece ter sido a razão da mudança do curso do rio subterrâneo.

Essas galerias inativas estão 1,5 m, em média, acima do atual nível do lençol freático, e possuem o piso recoberto por material desabado e sedimentos arenosos. Seu crescimento agora é basicamente vertical, através da ação da gravidade, por incasão. A inexistência de água para retirar esse material causa o seu entulhamento e eventual obstrução.

As galerias mais recentes têm menor tamanho geral, possuindo o formato de fendas estreitas, com larguras não superiores a 30 cm e alturas em torno de 1,0 m. A água corre por seu piso, alargando-as progressivamente.

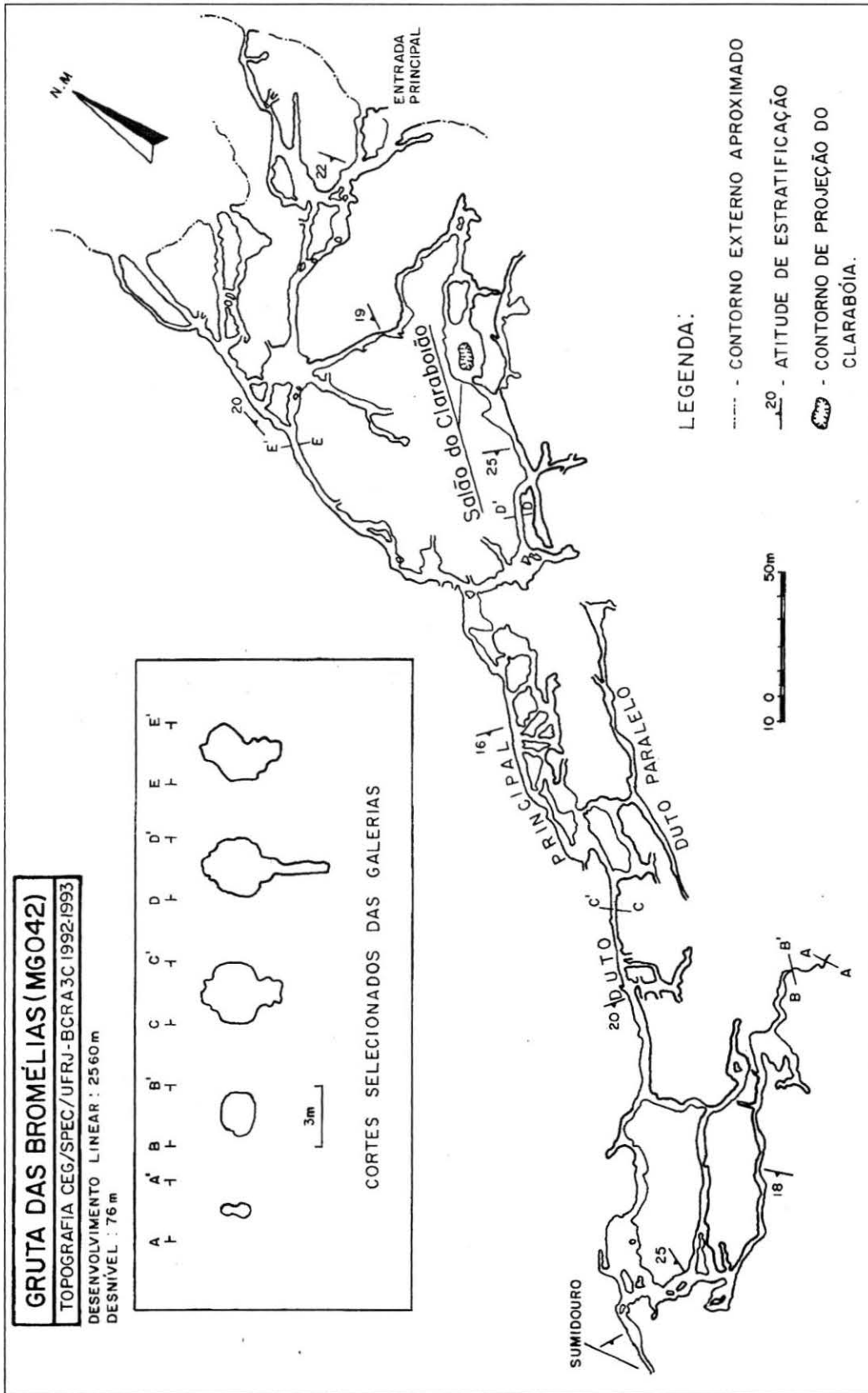


Figura 2. Planta da Gruta das Bromélias.

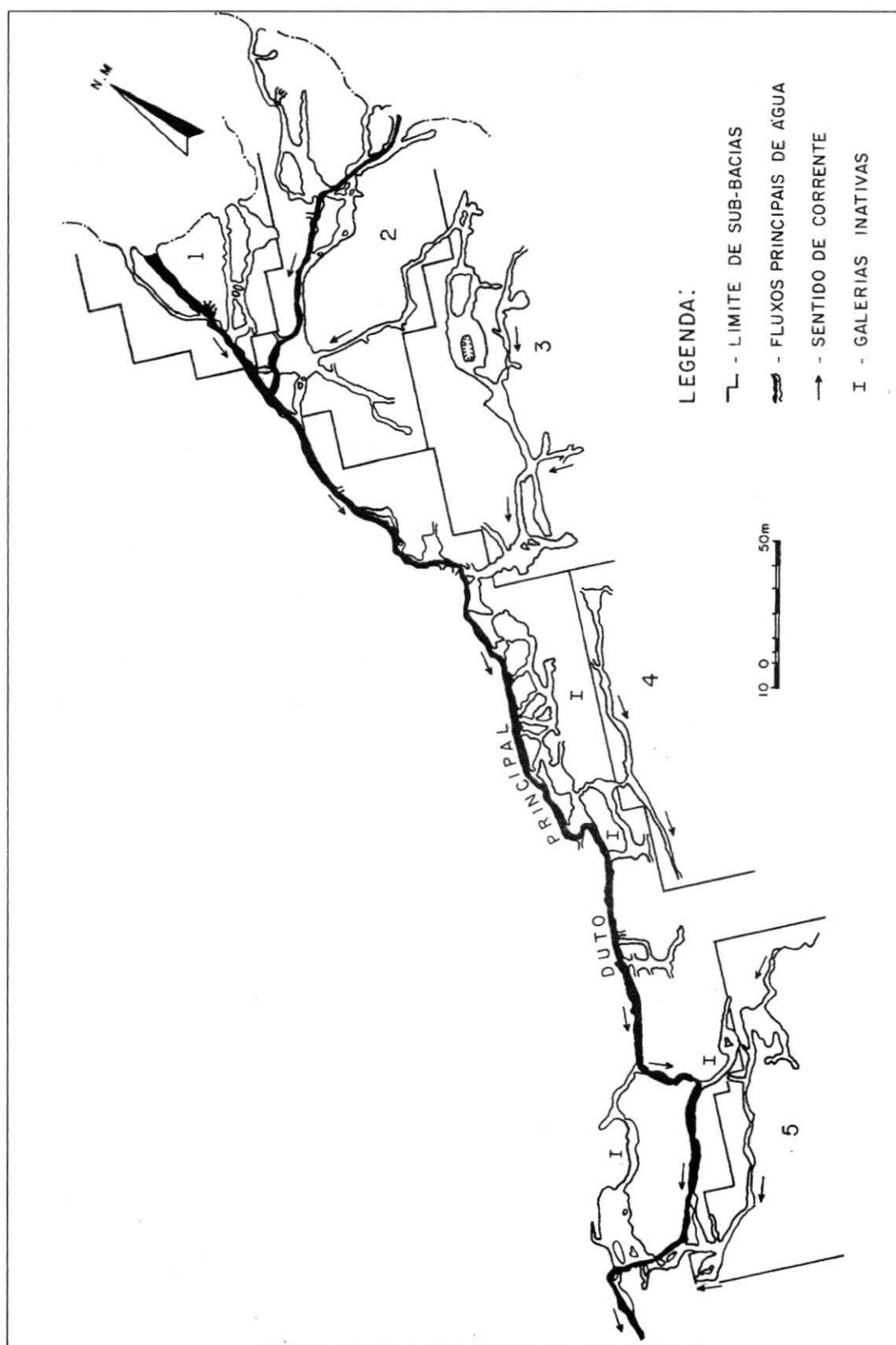


Figura 3. Delimitação de sub-bacias de drenagem na Gruta das Bromélias (ver texto para discussão). Topografia - CEG / SPEC / UFRJ - BCRA 3C 1992-1993.

O teto dos salões maiores possui um perfil abobadado, causado pelo equilíbrio entre a esfoliação e queda de blocos de rocha. Seus pisos são formados por areia e blocos de quartzito desprendidos, formando depósitos ou pilhas de formato cônico.

Alguns salões possuem perfis diferentes, aproximando-se de um triângulo isósceles e têm o piso bastante inclinado. Situam-se geralmente nas porções topográficas superiores da caverna. Podem ser entradas desabadas ou, em alguns casos, futuros acessos ao exterior.

5. Espeleogeologia

A gruta das Bromélias, bem como boa parte das cavernas da serra do Ibitipoca (gruta das Casas, Coelho, Moreiras, etc), desenvolveu-se sobre um nível de quartzito fino, micáceo, bastante friável, que possui entre 1,5 m e 2,0 m de espessura. Todas as galerias dessas cavidades estão inclusas nessa camada. No teto e no piso daquelas de maior tamanho, podem ser vistos os quartzitos grosseiros sacaroidais.

Os quartzitos são cortados por veios de quartzo leitoso, por vezes portadores de turmalina negra em cristais que não ultrapassam 0,5 cm de comprimento em média. Veios de pegmatitos também existem, embora em menor número. O feldspato destes pegmatitos está totalmente alterado para argilas do grupo da caolinita.

As rochas encaixantes da cavidade estão via de regra alteradas e friáveis. O nível de quartzito fino sempre se mostra mais friável e alterado do que o quartzito grosseiro. Concreções ferruginosas concêntricas, que podem alcançar alguns metros de diâmetro, são relativamente freqüentes nas paredes das galerias.

No teto, e mais raramente no piso das galerias, há fraturas de comprimento e espaçamento variado. As galerias seguem zonas de fraturamento mais intenso.

Nas paredes há inúmeros condutos de diâmetro centimétrico a decimétrico e perfil circular ou elíptico. Concentram-se em níveis ou em zonas de maior fraturamento. Durante os períodos mais chuvosos, parecem concentrar o fluxo das águas.

Pequenos espeleotemas formados por sílica amorfa formam revestimentos nas paredes da caverna. Suas formas lembram "coralóides" e "couves-flor". Há, ainda, escorrimentos semelhantes a microtravertinos de cor alaranjada ou avermelhada, por vezes marrom, bastante friáveis, que em seção delgada mostram-se laminados em escala submilimétrica. Dados preliminares, de difratometria de raios-x, indicam que provavelmente são formados por argilas expansivas e, provavelmente, bauxitas amorfas e allofana. Estão em andamento estudos mineralógicos mais detalhados acerca desse material.

Os microtravertinos estão sempre associados à água corrente. Não se observou nenhum caso de associação de espeleotemas de sílica com fluxo de água.

Os depósitos sedimentares no interior da caverna podem ser divididos em duas categorias, relativas a sua gênese: depósitos de gravidade e aluviões.

Os depósitos de gravidade originam-se da queda de material do teto dos salões e galerias. Compõem-se de blocos de quartzito em meio a uma matriz muito mal selecionada, formada por fragmentos líticos de grão variável entre seixo e areia fina, predominando areia grossa. Têm formato geralmente cônico e lembram depósitos de tálus.

Os aluviões são formados pelo retrabalhamento dos depósitos de gravidade e por material vindo da erosão das paredes dos condutos. São compostos por grãos de quartzo e de quartzito, geralmente nas frações areia média e grossa, esta última predominante. O material é mal trabalhado, imaturo texturalmente, mostrando-se como grãos angulosos, com esfericidade média a boa. Essa esfericidade é fruto do formato original dos grãos do quartzito, bastante equidimensionais.

6. Discussão

As galerias acessíveis e os pequenos condutos formam um conjunto de canais de circulação das águas subterrâneas. A rede de canalículos funciona como captadora ou coletora de água para os condutos principais. Não há como precisar suas dimensões reais. A separação das duas redes, acessível e não acessível é artificial. Ambas compõem um sistema hidrológico que inclui as fraturas e poros das rochas.

A caverna propriamente dita, é formada por um conjunto de galerias vadasas que formam sub-bacias de drenagem subterrâneas, que convergem para um canal principal. A gruta das Bromélias pode ser vista como uma bacia de drenagem subterrânea, composta por cinco sub-bacias (figura 3).

Nas sub-bacias mais afastadas das entradas da caverna, a passagem da água subterrânea para o duto principal dá-se através de canais de diâmetro centimétrico a decimétrico. Aparentemente, elas evoluíram inicialmente como cavernas isoladas, posteriormente unidas ao conjunto maior, que se tornou a gruta das Bromélias. Não se sabe se a água que circulava por essas primitivas cavernas sempre afluiu para o canal principal ou se, em um determinado momento, houve alguma "captura de drenagem subterrânea".

Há uma hierarquia nessa bacia de drenagem, composta, sequencialmente, por uma rede de espaços interconectados não-acessíveis (poros, fraturas e *pipes*), que coletam a água, direcionando-a para as sub-bacias, que a levam a um canal principal. A parte acessível do conjunto é conhecida por gruta das Bromélias. Sobre a caverna, não há rede evidente de drenagem subaérea.

Tendo em vista o acima exposto, seguir-se-á a recente tendência de nomenclatura (vide, por exemplo, SÁNCHEZ, 1992), cunhando-se o nome **sistema Bromélias**. O termo SISTEMA é também utilizado por englobar as partes da cavidade que não permitem o acesso direto. Ambas são partes essenciais do ambiente hipógeo, funcionando de modo interdependente. Não significa, no caso, cavernas unidas por exploração.

Cavernas em rochas pouco solúveis como quartzitos e arenitos têm sido objeto recente de estudo no Brasil e no Mundo (GROSSI & PEREZ, 1985; KARMANN, 1986; MARTINI, 1987; GALAN & LAGARDE, 1988). Os mecanismos de formação de cavidades subterrâneas em litótipos silícicos envolvem uma pequena dissolução inicial de sílica, enfraquecendo a rocha e abrindo caminho para a remoção mecânica dos seus fragmentos (SZCZEBAN & URBANI, 1974; URBANI, 1986; MARTINI, 1987; GALAN & LAGARDE, 1988).

Em um primeiro estágio, freático, a percolação de água por estreitas fissuras leva à dissolução de pequena quantidade de quartzo, ao redor das fraturas e entre os grãos. A rocha adjacente às fraturas torna-se frágil, friável e incoesa (*néogres* de MARTINI, 1987). Pequenos espeleotemas de sílica mostram que a sílica foi dissolvida, ainda que em pequeno volume. A rocha tem sua porosidade secundária aumentada.

Em uma segunda fase (ainda freática, mas, pelo menos em parte, vadosa), o fluxo das águas subterrâneas passa a concentrar-se nessas áreas, formando canalículos, através de *piping* (figura 4). A contínua passagem da água por esses canais causa a erosão e o seu alargamento, formando-se uma galeria. A figura 4 ilustra o processo acima descrito. Fenômenos similares levam à espeleogênese em arenitos (KARMANN, 1986).

A camada de quartzito friável foi um local preferencial de formação de *pipes*, sendo, também, menos resistente ao desgaste. Os quartzitos finos possuem um maior número de grãos do que os grossos, gerando uma superfície maior de contato do quartzo com a água, o que acelera sua dissolução.

O alargamento progressivo dos canalículos é acompanhado pela sua coalescência. Condutos próximos, ao aumentarem de diâmetro, acabam por unir-se, tornando-se um único duto, de maior tamanho.

Em um estágio mais avançado, o duto assume o formato de uma fenda estreita, que progressivamente aumenta na vertical até as camadas superiores e inferiores de quartzito grosso. Como este resiste mais à erosão, a galeria passa a crescer lateralmente, seguindo a camada friável, assumindo progressivamente cortes elípticos e retangulares. Da formação dos *pipes* até esse momento, há um forte controle estratigráfico, responsável pelo formato em seção da galeria, combinado com o estrutural, que gera a sua orientação.

A continuação do processo resulta em aprofundamento da galeria, quando a erosão passa a atuar sobre zonas de fraturamento, escavando-as. O duto passa a ter forma composta, com uma seção superior elíptica ou retangular e uma inferior, com o formato de fenda estreita. Nesse estágio, o desenvolvimento é controlado pelos fraturamentos.

A direção e a inclinação das galerias são ditadas pela interseção de fraturas com o plano da camada de quartzito friável supracitada. Isso confere às galerias um *pitch* ou *rake* em relação à direção de mergulho das camadas de quartzito.

A Gruta do Carimbado, em São Tomé das Letras, também desenvolveu-se sobre camada de quartzito friável em meio a litótipos grossos e compactos (AULER, 1992). Outras cavernas da Serra do Ibitipoca possuem as mesmas características gerais. Esse processo de espeleogênese pode ser atribuído a ambos os casos. Entre outras evidências, pode-se citar a presença de espeleotemas de sílica e de *pipes* nas paredes das galerias.

GALAN & LAGARDE (1988) citam, ainda, como fatores essenciais, um grande desnível do lençol freático em relação ao nível de base local, presença de fraturas profundas, e clima chuvoso, pré-requisitos cumpridos pela Serra do Ibitipoca.

Espeleotemas de calcedônia e opala precipitaram-se a partir de soluções capilares saturadas em sílica que exudam das paredes das galerias, como descrito por ROMERO & LIMA (1989) em cavernas quartzíticas do Grupo Itacolomi. A lenta passagem de pequenas quantidades de água, favorece a dissolução e precipitação da sílica (MARTINI, 1987). O processo ainda ocorre, como mostram os recobrimentos em paredes úmidas da caverna.

Os espeleotemas de alofana e/ou bauxita formaram-se por lixiviação da sílica de micas e feldspatos. O quartzito fino é rico em muscovita, que pode ainda ser encontrada, junto ao feldspato alcalino, em pegmatitos. O material é transportado como colóides ou partículas da fração argila e depositado próximo a fraturas, o que foi observado *in situ*. A maior riqueza do quartzito friável em micas favoreceu o processo de erosão nos canalículos, pois estes transformaram-se em argilominerais e hidróxidos. Poros formaram-se nesses níveis, tanto pela

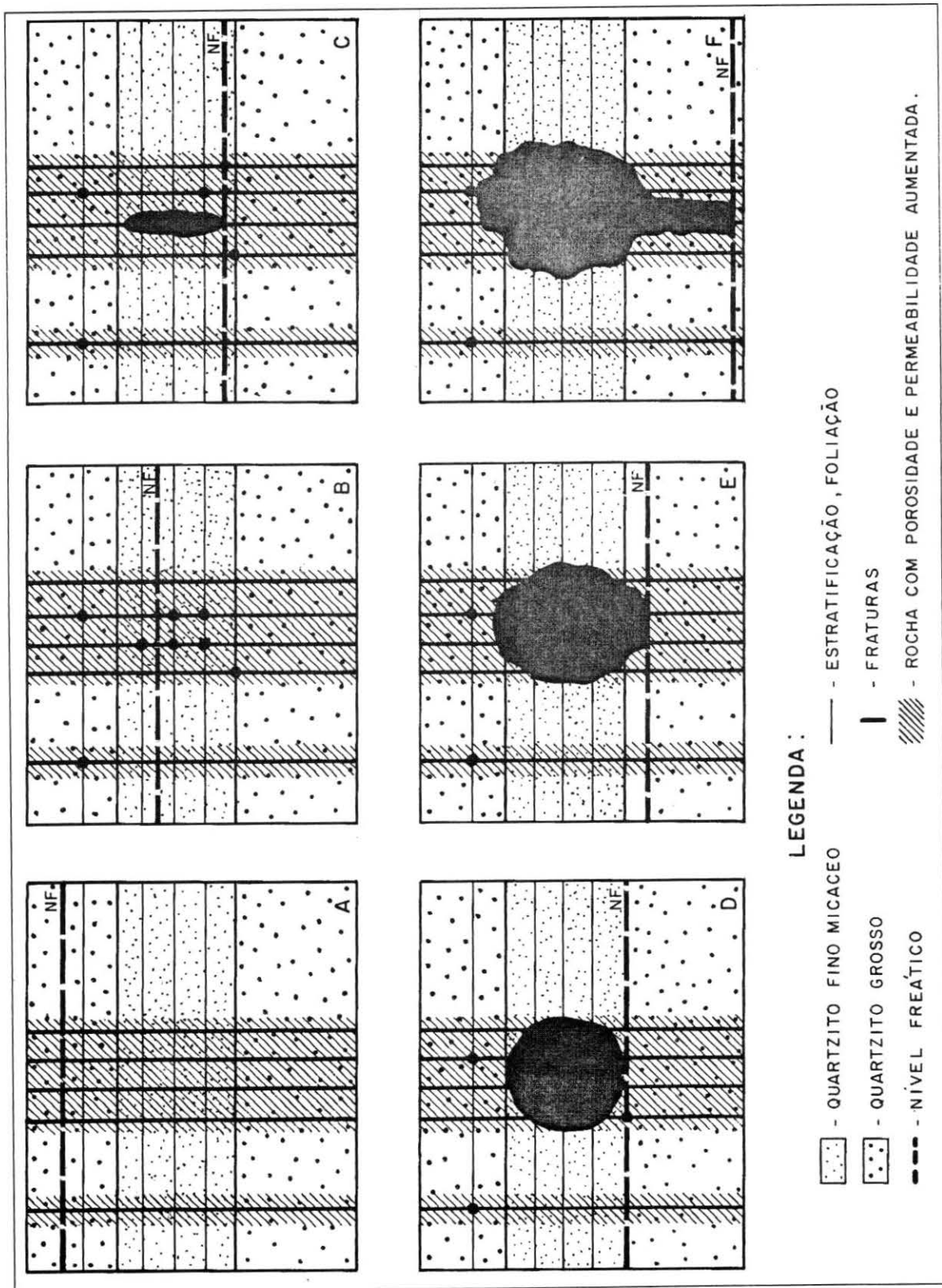


Figura 4. Formação e evolução de galerias no Sistema Bromélias. Note o progressivo rebaixamento do nível freático. Baseado em MARTINI (1987).

dissolução de sílica quanto pela transformação de feldspatos e micas em argilominerais e bauxitas, posteriormente removidas pela passagem de água.

Quartzitos, rochas metamórficas, não possuem porosidade e permeabilidade semelhante à dos arenitos. Ainda que estes, durante a diagênese, possam ter a quase totalidade de seus poros obstruída por deposição de sílica e hidróxidos, o crescimento de cristais de quartzo durante o metamorfismo e a maior pressão à qual os quartzitos são submetidos, inibe a formação de uma porosidade e permeabilidade primária similar à dos arenitos. Para gerar um dado valor de porosidade e de permeabilidade, muito mais sílica deverá ser dissolvida em um quartzito do que em um arenito. A espeleogênese é, portanto mais difícil em quartzitos do que em arenitos.

O tempo durante o qual a dissolução de sílica deve ocorrer, para alcançar determinado valor de porosidade e permeabilidade, que crie condições favoráveis à formação de *pipes*, é maior em quartzitos do que em arenitos. Quando um eventual soerguimento da região causar um rebaixamento do nível de base, ocorrerá o alargamento dos canais e a formação de cavernas.

7. Conclusões

O Sistema Bromélias é uma bacia de drenagem subterrânea, composta por um conjunto captador/coletor inacessível, formado por poros, fraturas e planos de acamadamento, que levam a água para uma rede de canalículos. Estes direcionam o fluxo para o conjunto acessível, a caverna *sensu strictu*, formado por 5 sub-bacias, que concentram a água subterrânea em um canal principal. O controle da caverna é estratigráfico e estrutural.

A espeleogênese teve duas etapas básicas, uma inicial, freática, com a dissolução de pequenas quantias de sílica entre grãos de quartzo adjacentes a fraturas, além da lixiviação de K, Na e SiO₂ de micas e feldspatos. A rocha é enfraquecida mecanicamente, tendo sua porosidade e permeabilidade incrementada. Com a concentração do fluxo de água, formam-se *pipes*, pela remoção mecânica de fragmentos de rocha. Na segunda etapa, com o rebaixamento do nível freático, a erosão nos *pipes* é intensificada, ocorrendo o seu alargamento e formação de um conjunto de dutos acessíveis.

Agradecimentos

O apoio do IEF-MG, UFRJ e da Prefeitura de Lima Duarte foi fundamental para o desenvolvimento das pesquisas. Um agradecimento especial à administração do Parque Estadual do Ibitipoca, notadamente à engenheira Rita Amâncio, pelo incentivo e ajuda.

Os autores agradecem também aos integrantes do CEG, da SPEC e aos alunos da UFRJ que participaram direta ou indiretamente da topografia da Gruta das Bromélias.

As sugestões e críticas de dois revisores anônimos, indicados pela comissão editorial, foram de grande valor para a redação final deste artigo.

A.V.C.N. deseja também agradecer ao pessoal de Andrelândia por tê-lo posto em contato com a Serra do Ibitipoca e aos geólogos Amilcar Pereira da Silva, André Luiz Mussel Monsorens e Luis Carlos Bertolino pelo auxílio nas fases iniciais da pesquisa.

Este trabalho é dedicado à memória da espeleóloga Patrícia Mendonça.

Referências Bibliográficas

- ANDREIS, R.R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. 1989. Caracterização preliminar dos ciclos deposicionais Proterozóicos no Sudeste de Minas Gerais (folhas Barbacena e Divinópolis). SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, II. *Anais*. SBG, Rio de Janeiro, RJ. p. 97-98.
- AULER, A. 1992. *Bibliography of quartzite karst in Brazil*. Western Kentucky University, Department of Geography and Geology /inédito/.
- CORRÊA-NETO, A.V.; ANÍSIO, L.C.C.; BRANDÃO, C.P. 1993. Um endocarste quartzítico na Serra do Ibitipoca, SE de Minas Gerais. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, VII, *Anais*. p. 83-86.
- EBERT, H. 1955. Pesquisas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. *Relatório Anual da Divisão de Geologia e Mineralogia*. Rio de Janeiro, RJ. v. 1954, p. 78-89.
- GALAN, C.; LAGARDE, J. 1988. Morphologie et evolution de cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima (Venezuela). *Karstologia*, v. 11-12, p. 49-60.
- GROSSI, W.R.; PEREZ, R.C. 1985. Notas preliminares sobre o Distrito Espeleológico da Serra do Ibitipoca, Município de Lima Duarte, Minas Gerais. CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, XVII. SBE, Ouro Preto, Brasil.
- KARMANN, I. 1986. Caracterização geral e aspectos genéticos da gruta arenítica Refúgio do Maroaga, AM-02. *Espeleo-Tema*, v. 15, p. 9-18.
- MARTINI, J. 1987. Les phenomenes karstiques des quartzites d'Afrique du Sud. *Karstologia*, v. 9, p. 45-52.
- NUMMER, A.R. 1990. Estratigrafia e estruturas do Grupo Andrelândia na região de Santa Rita do Ibitipoca-Lima Duarte, Sul de Minas Gerais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. *Anais*. SBG, Natal, RN, v. 6, p. 2786-2797.
- ROMERO, A.E.; LIMA, M.T. 1989. The Itacolomi Quartzite Karst, Brazil: application of the underground drainage direction prediction method. *International Congress of Speleology*. X. *Annals*. p. 476-480.
- SÁNCHEZ, L.E. 1992. O Sistema, unidade lógica de referência dos estudos espeleológicos. *Espeleo-Tema*, v. 16, p. 3-14.
- SZCZERBAN, E.; URBANI, F. 1974. Carsos de Venezuela, Parte 4: Formas cársticas en areniscas Precamblicas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleologia*, v. 5, n. 1, p. 27-54.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. 1983. Geologia estrutural do Grupo São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 55, n. 1, p. 71-85.
- URBANI, F.P. 1986. Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas Precamblicas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciência*, v. 11, n. 6. p. 298-300.