

GRUTA DO FAZENDÃO (SP-170): CONSIDERAÇÕES GEOLÓGICAS E GENÉTICAS

César Ulisses Vieira VERÍSSIMO ¹
Angelo SPOLADORE ¹

recebido em janeiro 1994/versão final aceita em abril 1994

Abstract : Geological and genetic considerations on Gruta do Fazendão (SP-170)

The Fazendão Cave is situated in the northern front of the Itaqueri Range, at an altitude close to 850 m, by the left margin of a tributary of the Ribeirão da Lapa. The cave structure is marked by a strong conditioning of the galleries, passages and walls defined by the main directions of fracturing of the Botucatu sandstone. Although there are no evidences of the early stages of the cave development, the development under vadose conditions seems to be well registered. Evidences point out a history partly related to a mechanical adjustment leading to a balancing of stresses, and partly related to recent tectonics, which generated reactivations of discontinuities with strike-slip character. Studies in the area suggest that the Fazendão Cave genesis is a recent process, probably started after Medium Pleistocene.

key works: *Fazendão Cave, Botucatu sandstones, structural control, strike-slip faults*

Resumo

A gruta do Fazendão (SP-170) localiza-se no fronte Norte da Serra do Itaqueri a uma altitude de 850 m à margem direita de pequeno tributário do Ribeirão da Lapa. A estruturação da caverna é marcada fortemente pelo condicionamento das galerias, condutos e paredes segundo as direções preferencias de fraturamento do arenito Botucatu. Embora não existam evidências diretas dos primeiros estágios de desenvolvimento da caverna, as etapas posteriores de alargamento sob condições vadosas parecem bem registradas. As evidências apontam para uma história parte vinculada a ajustes mecânicos conduzindo a um equilíbrio de tensões, e parte relacionada

¹Pós-Graduação Geologia Regional - UNESP
Caixa Postal 178 CEP 13506-900 - Rio Claro, SP

a processos tectônicos recentes, gerando reativações de descontinuidades com caráter transcorrente. Os estudos na área sugerem que a gênese da gruta do Fazendão é um forma recente, cujo processo de formação foi provavelmente iniciado a partir do Pleistoceno Médio.

palavras-chave: *Gruta do Fazendão, arenito Botucatu, controle estrutural, falha transcorrente*

1. Introdução

Embora a Gruta do Fazendão (SP-170) tenha sido objeto de trabalho anterior por WERNICK et al. (1976) e de outras citações (MARTINS, 1985; TRAJANO, 1987), as observações por nós realizadas revelaram um campo de estudo ainda não esgotado, principalmente com relação aos aspectos que envolvem sua gênese, incluindo os processos que atuaram durante sua formação, bem como a integração desses processos dentro do contexto geomorfológico regional.

Como parte de uma etapa inicial de pesquisa que vem servindo como base para um estudo geológico de detalhe, foi realizada uma revisão da topografia anterior da caverna. O levantamento topográfico foi feito com auxílio de trena e bússola (tipo Brunton) dotada de clinômetro. Empregou-se o método da poligonal aberta e ramificada ao longo das galerias e passagens, e o método da radiação a partir das bases fixas, em salões e galerias de maiores dimensões; o que permitiu a delimitação, com certa precisão, dos blocos, colunas e contorno interno da caverna.

Considerando os pequenos desníveis existentes, a representação gráfica foi feita pela projeção horizontal das medidas em planta (esc:1:500), bem como através de perfis transversais e longitudinais.

A revisão da topografia anterior é justificada, à medida que se faz necessário dentro de um estudo estrutural de detalhe, a localização precisa das medidas tomadas segundo planos das estruturas primárias (sedimentares) e secundárias (falhas e fraturas).

A Gruta do Fazendão (SP-170) localiza-se no fronte Norte da Serra do Itaqueri (município de Ipeúna-SP), encaixada em arenitos da Formação Botucatu, em uma cota aproximada de 850 metros, à vertente da margem direita de pequeno tributário do ribeirão da Lapa (figura 1).

O acesso ao topo da serra pode ser feito de automóvel, por estrada não pavimentada, mas de boa conservação, que liga a cidade de Ipeúna à vila de Itaqueri da Serra. Em virtude da facilidade de acesso, a gruta vem sofrendo intenso processo de degradação pelo homem.

2. Geologia da Serra de Itaqueri e adjacências

Na Serra do Itaqueri afloram litologias pertencentes às Formações Botucatu, Serra Geral, Bauru e cobertura cenozóica; às proximidades, porém fora do domínio da serra,

são descritos litotipos das Formações Irati e Estrada Nova. Na área alvo desta pesquisa ocorrem especificamente rochas das Formações Botucatu e Serra Geral, bem como cobertura cenozóica de espessura variável (figura 2).

A Formação Botucatu foi definida por CAMPOS (1889, apud SCHOBENHAUS et al., 1984) para designar os arenitos aflorantes na serra de mesmo nome no estado de São Paulo. Posteriormente, foi reconhecida a ocorrência dessa formação por toda Bacia do Paraná, com espessura média aproximada de 100 metros.

Trata-se de arenitos avermelhados, bimodais, com granulometria oscilando entre fina a média, sendo localmente grosseiros. Os grãos são basicamente de quartzo, geralmente foscos, demonstrando bom arredondamento e alta esfericidade (PETRI & FÚLFARO, 1983; SCHNEIDER et al., 1974 e SCHOBENHAUS et al., 1984). A boa seleção dos grãos de areia e a friabilidade elevada conferem a esse arenito um grande potencial para o armazenamento de água, constituindo-o no chamado "aquífero Botucatu", que abastece várias cidades do Paraná e São Paulo.

As estruturas primárias características são a estratificação plano-paralela, estratificação cruzada tangencial e acanalada. Essas estruturas podem ser facilmente identificadas, não só na Gruta do Fazendão, mas também em toda área de afloramento do Botucatu por nós visitada.

As características litológicas e sedimentares indicam deposição eólica em ambiente desértico, com contribuição de sedimentação fluvial na parte basal (SCHNEIDER et al., 1974). Diversos autores atribuem para essa formação uma idade jurássica, baseados em correlações estratigráficas.

A Formação Serra Geral foi definida por WHITE (1908, apud SCHOBENHAUS et al., 1984), e é composta por extensos derrames basálticos que abrangem os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. São lavas basálticas toleíticas, com textura afanítica, aproximadamente equigranulares e de coloração cinza escuro, sendo conhecidas manchas localizadas de caráter ácido (SCHOBENHAUS et al., 1984; PETRI & FÚLFARO, 1983; SCHNEIDER et al., 1974).

Os dados radiométricos existentes na literatura indicam para Formação Serra Geral idade oscilante entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (CORDANI e VANDOROS, 1967).

O perfil A-B da figura 2 mostra o empilhamento sedimentar da Serra do Itaqueri e região. A estratigrafia da área tem como unidade basal a Formação Irati, seguida pelas Formações Estrada Nova, Botucatu e Serra Geral; sendo todo este pacote recoberto por sedimentos cenozóicos (PETRI & FÚLFARO, 1983; SCHNEIDER et al., 1974; SCHOBENHAUS et al., 1984; PENTEADO, 1968, 1976 e BRANDT NETO et al., 1981).

3. Gruta do Fazendão

3.1 Morfologia

A Gruta do Fazendão apresenta um desenvolvimento de cerca de 200m segundo um plano aproximadamente horizontal, onde ao longo de toda porção lateral direita da galeria principal, o piso se eleva pela enorme acumulação de blocos provenientes do desabamento do teto (figura 3).

Na porção lateral esquerda, um corredor de "areia" (material incoeso resultante da desgregação física dos blocos e paredes da caverna) conduz a um salão intermediário com teto exibindo estruturação em "abóboda" (salão da Baleia).

Ao final desse salão a gruta adquire um desenvolvimento mais irregular, resultando num conjunto sucessivo de salões e passagens, separadas por colunas, e estreitos condutos. Uma característica marcante dessa porção da gruta é a ausência de blocos abatidos e a grande quantidade de material inconsolidado no piso.

O forte condicionamento estrutural das galerias e salões segundo direções preferenciais é evidenciado pela retiliniedade de certas paredes, tetos e blocos abatidos. Outras feições comumente observadas no interior da caverna, algumas em parte descritas por WERNICK et al. (1976), incluem: estratificações cruzadas tangenciais de médio e grande porte, "spots" de redução, manchas de descoloração ao longo de fraturas e estratificações, crostas ferruginosas, crostas silicosas na forma de couve-flor, pequenas estalactites em formação, cavidades na forma de sino embutidas no teto lembrando as "cúpulas de corrosão" observadas por MARTINS (1985) na gruta de Sertãozinho (Altinópolis, SP), bem como estruturas de dissolução diferencial tipo "caixa de ovos" similares as descritas por PINHEIRO (1987) nas grutas areníticas do Pará.

3.2. Controle Estrutural

A estruturação da Gruta do Fazendão é marcada fortemente pelo condicionamento de certos trechos, galerias e condutos, segundo direções preferencias de fraturamento do arenito Botucatu (NE-SW e NW-SE). A figura 4 apresenta os pólos dos planos de fraturas e falhas do arenito botucatu, medidas em 110 estações no interior e arredores da gruta. Observa-se dois máximos com atitudes em torno de $145/80^\circ$ e $236/76$ relacionados, respectivamente às descontinuidades NE e NW. De igual importância é o controle ao longo dos planos de estruturas primárias, principalmente onde ocorre o encontro de "sets" de estratificações. São comuns tetos retos e paredes com mergulhos sub-horizontais que acompanham os planos de estratificação da rocha, bem como flancos e cristas dos tetos em "abóboda", mostrando coincidência com direções estruturais.

A análise mais cuidadosa da parede lateral esquerda da galeria principal mostra que toda porção norte da cavidade, é paralela a um plano subvertical de falha exibindo movimentação dextral (horária) de blocos, de pequeno rejeito, com direção nordeste. Grande parte da estruturação atualmente observada nessa galeria é reflexo desse falhamento, que parece representar, em função das relações de truncamento com as descontinuidades NW, uma etapa mais recente na evolução da caverna responsável pelo

abatimento de blocos e entulhamento da porção norte, o que parece, em primeira análise, corroborado pela ausência de blocos abatidos na porção sul da cavidade.

4. Conclusões e discussões

O modelo atualmente mais adotado para o desenvolvimento de cavidades em quartzitos e arenitos partiu das observações de SZCZERBAN & URBANI (1974) e MARTINI (1979) que sugeriram uma dissolução inicial ao longo do limite entre os grãos ("arenisation"), favorecida pela existência de descontinuidades na rocha, gerando processo de "piping" (remoção mecânica dos grãos). Na medida em que ocorre a abertura de um conduto primário, a ação erosiva da água promove o alargamento gradativo da caverna segundo os planos de fraqueza da rocha.

Embora não existam evidências diretas desta fase inicial na Gruta do Fazendão, a presença de crostas de sílica secundária e estruturas tipo "caixa de ovos", bem como a existência de porções de rocha extremamente friáveis em zonas de maior infiltração de água, sugerem o modelo genético proposto.

As etapas posteriores de alargamento sob condições vadasas, parecem bem registradas. As evidências apontam para uma história parte vinculada a processos de ajustes mecânicos, conduzindo a um estado de equilíbrio de tensões; e parte relacionada a processos tectônicos recentes, gerando reativações de planos de descontinuidades com caráter transcorrente.

Dentro e fora do contexto da bacia do Paraná são descritas inúmeras evidências de falhas recentes relacionadas com deslocamento transcorrente: nos basaltos da Formação Serra Geral (HASUI et al., 1978, MIOTO e HASUI 1992) e nos sedimentos sobrejacentes da Formação Caiuá (MAGALHÃES et al., 1992); nas rochas alcalinas do maciço de Itatiaia (RICCOMINI, 1990), em sedimentos das bacias terciárias continentais do Sudeste (ZALAN, 1986).

Estes falhamentos representam, segundo HASUI (1990), manifestações do regime intraplaca atualmente vigente, relacionado à movimentação da Placa Sul-Americana para WNW, e superimpõem-se às manifestações da tectônica distensiva do processo de abertura do oceano. As descontinuidades resultantes desta movimentação são condicionadas pelas zonas de cisalhamento e suturas antigas da crosta (HASUI et al., 1993).

A importância dos falhamentos de rejeito horizontal na área situada entre São Carlos e Rio Claro é destacada nos trabalhos de BJORNBERG (1969) e BJORNBERG e GANDOLFI (1974). Embora considerem que existam indicações de serem modernos, referidos autores, deixaram em aberto o problema da idade destes falhamentos.

Estudos recentes de ZAINÉ (com. verbal) indicam a existência de falhamentos de pequeno rejeito deslocando sedimentos neocenozóicos da Formação Rio Claro.

No fronte norte da Serra do Itaqueri, PENTEADO (1968,1976) descreve falhas normais nos Ribeirões da Lapa e Cantagalo, seccionando os pedimentos rochosos esculpidos na última fase de pedimentação e pediplanação, datada por cronologia relativa no Pleistoceno médio.

Estas observações possuem conseqüências geológicas importantes. Se considerarmos a localização da Gruta do Fazendão na meia encosta da margem direita de pequeno tributário do Ribeirão da Lapa, e as evidências de entalhe por falha dos Ribeirões da Lapa e Cantagalo à jusante, podemos concluir que a formação da Gruta do Fazendão é um processo recente (Quaternário), iniciado a partir do Pleistoceno médio; e o falhamento transcorrente, que representa um condicionante importante nas etapas posteriores de alargamento (condições vadasas), é decorrente de atividade tectônica pós-terciária.

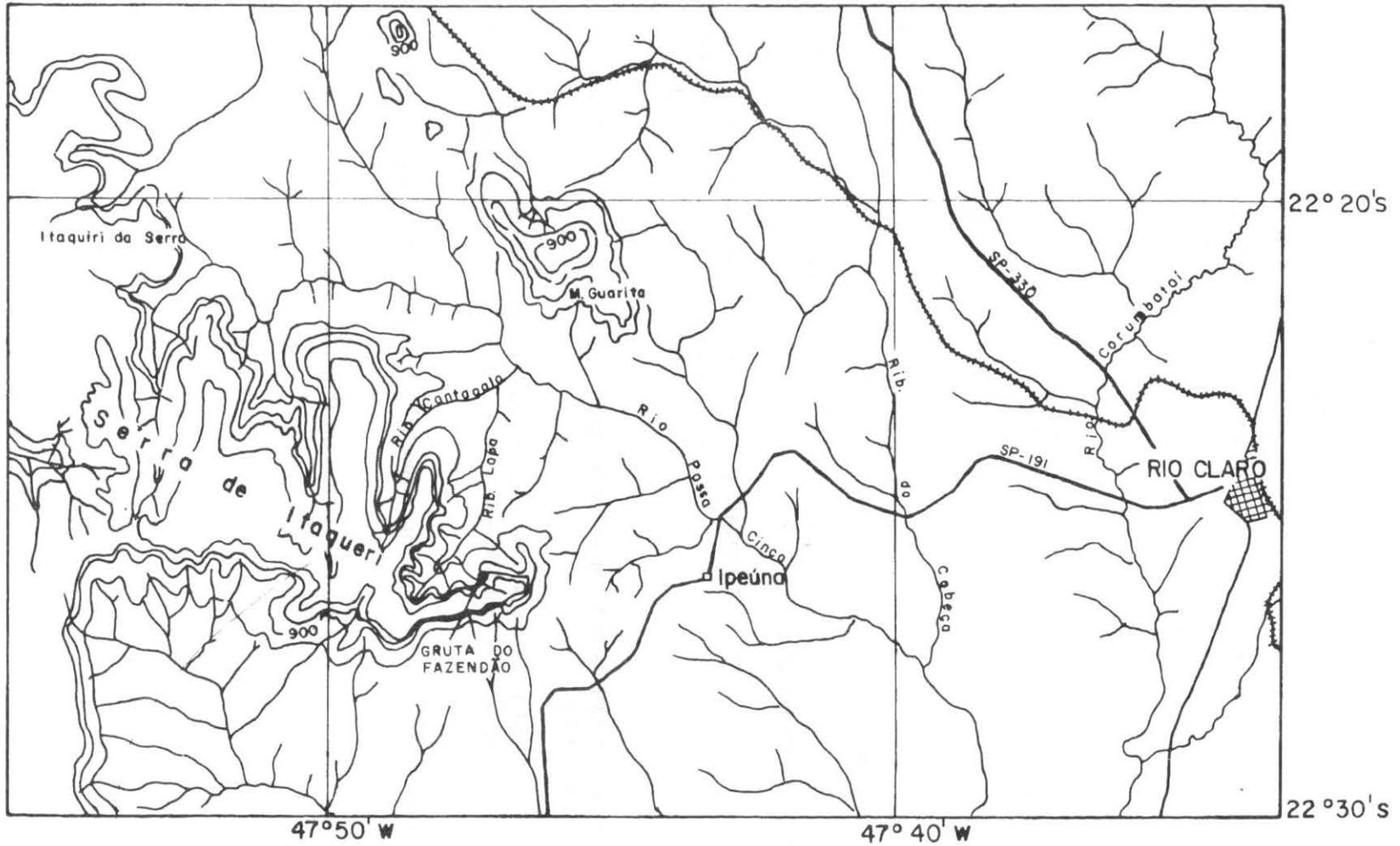
Agradecimentos

Os autores agradecem aos amigos Roberto V. Pinheiro e Maurício Borges (IGCE-UFPa), J. E. Zaine (pós-graduação IGCE-UNESP) e ao Prof. Dr. Yociteru Hasui (DPM-IGCE-UNESP) pelas sugestões e proveitosas discussões.

Referências bibliográficas

- BRANDT NETO, M.; COIMBRA, A.M.; BARELLI, N.; SPILLER, L.R. 1981. Sedimentos da Serra do Itaqueri. Publicação SBG-SP. Coletânea de trabalhos e debates. SBG - Núcleo de São Paulo. *Pub. esp. n. 7*, p.63-86.
- CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. 1967. Basaltic rocks of the Parana Basin. In: Bigarella, J.J.; Becker, G.D. e Pinto, I.D. (Coordenadores), *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, p. 207-231.
- HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; STEIN, D.P.; MELO, M.S de 1978. Investigações estruturais na região de Primeiro de Maio, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo, 1978. *Anais*. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 331-338.
- HASUI, Y. 1990. Neotectônica e tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL DO SUDESTE BRASILEIRO. Belo Horizonte, MG, 1990. *Anais*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia. p. 1-31.
- HASUI, Y.; HARALYI, N.L.E.; COSTA, J.B.S. 1993. Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. *Geociências*, v. 12, n. 1, p. 7-31.
- MARTINI, J. 1979. Karst in black reef quartzite near Kaapschoop, Eastern Transvaal. *Am. Geol. Surv. S. Afr.*, v.13, p.115-128.
- MARTINS, S.B.M.P. 1985. *Levantamento dos recursos naturais do distrito espeleológico arenítico de Altinópolis, SP* - Relatório FAPESP, proc. n^o: 83/2552-3, Rio Claro-SP, 121pp. Inédito.

- MAGALHÃES, F.S.; MARQUES, J.D.; SERRA JR, E. 1992. Análise estrutural do maciço rochoso da Barragem de Porto Primavera, rio Paraná (SP/MS). In: Y. Hasui e J.A. Miotto (Coordenadores), *Geologia Estrutural Aplicada*. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 281-296.
- MIOTTO, J.A.; HASUI, Y. 1992. Aspectos estruturais de interesse à implantação da rede sismográfica de Salto Santiago, rio Iguaçu (PR). In: Y. Hasui e J.A. Miotto (Coordenadores), *Geologia Estrutural Aplicada*. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 297-311.
- PENTEADO, M. M. 1968. Implicações tectônicas na gênese das cuestas da Bacia de Rio Claro (SP). *Not. Geomorfológica*, v. 8, n. 15, p. 19-41.
- PENTEADO, M. M. 1976. *Geologia do setor centro oriental da depressão periférica paulista*. São Paulo, USP, IGEOG (Série Teses e Monografias, 22), 85 p.
- PETRI, S.; FULFARO, V. J. 1983. *Geologia do Brasil*. Editora da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 631 p.
- PINHEIRO, R. V. L. 1987. Como se formam as estruturas do tipo "caixa de ovos" nas cavernas de arenito? Uma resposta possível. *Espeleo-Amazônico*, Ano I, (3):11-12, Belém, PA.
- RICCOMINI, C. 1990. *O rift continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo, Instituto de Geociências/USP (Tese de Doutorado), 256p.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, RS, 1974. *Anais*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 41-65.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. 1984. *Geologia do Brasil*. DNPM, Brasília, 501 p.
- SZCZERBAN, E.; URBANI, F. 1974. Carsos de Venezuela, parte 4: Formas cársticas em areniscas precamblicas del Território Federal Amazonas y Estado Bolívar. *Bol. Soc. Venez. Espeol.*, v. 5, n. 1, p. 27-54.
- TRAJANO, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Rev. Bras. Zoologia*, v. 3, n.8, p. 546-547.
- WERNICK, E.; PASTORE, E.R.B.; PIRES NETO, A. 1976. Cavernas em arenitos. *Not. Geomorfológica*, v. 13, n. 26, p. 55-67.



APARTIR DE CARTA TOPOGRÁFICA DO IBGE (1972) esc: 1:50.000



Equidistância das curvas de nível: 100 metros

Figura 1 - Mapa de localização.

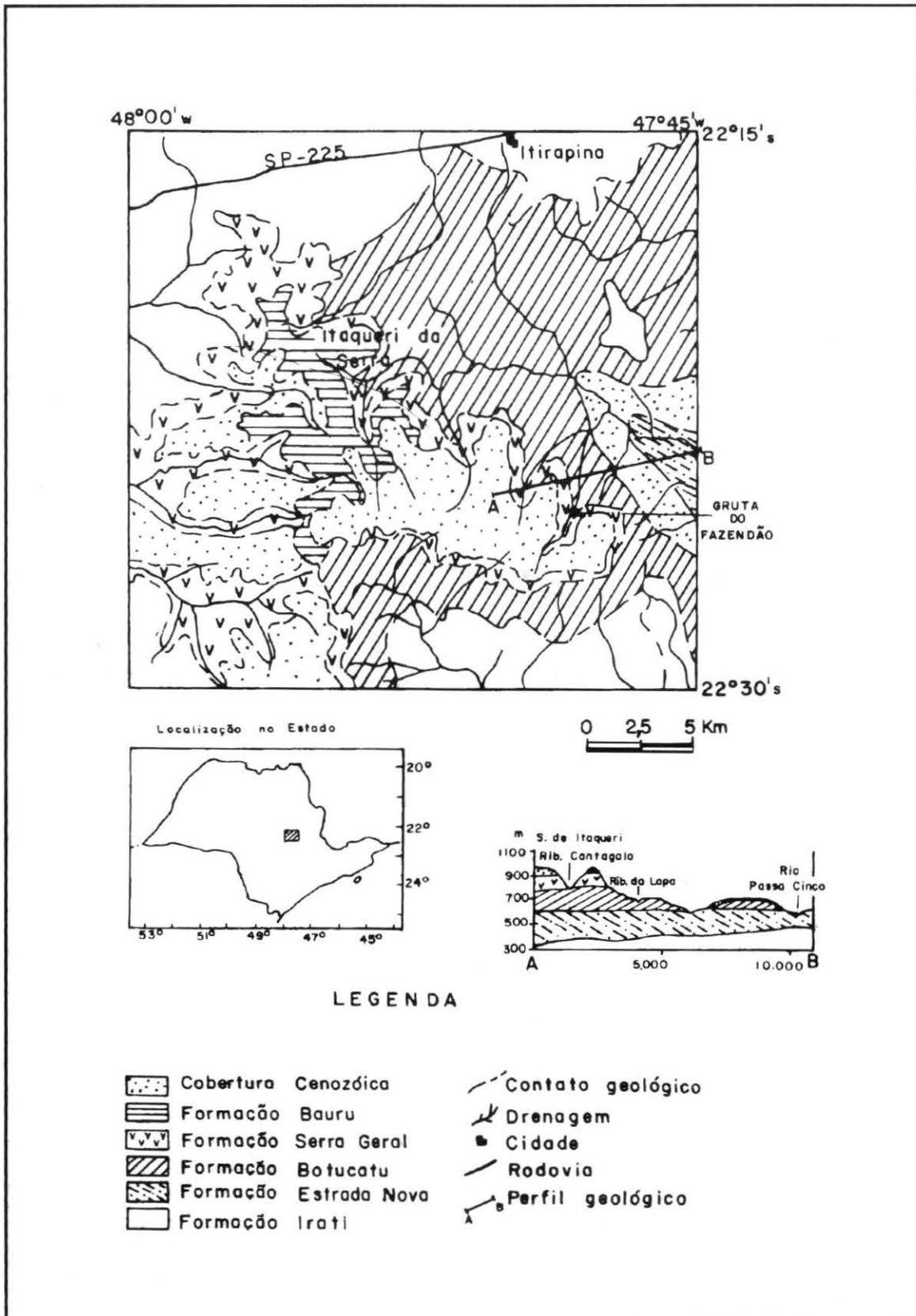


Figura 2 - Mapa geológico da Serra do Itaqueri. (Modificado de Brandt Neto et al. (1981) com inclusão de dados de Penteadó (1976).)

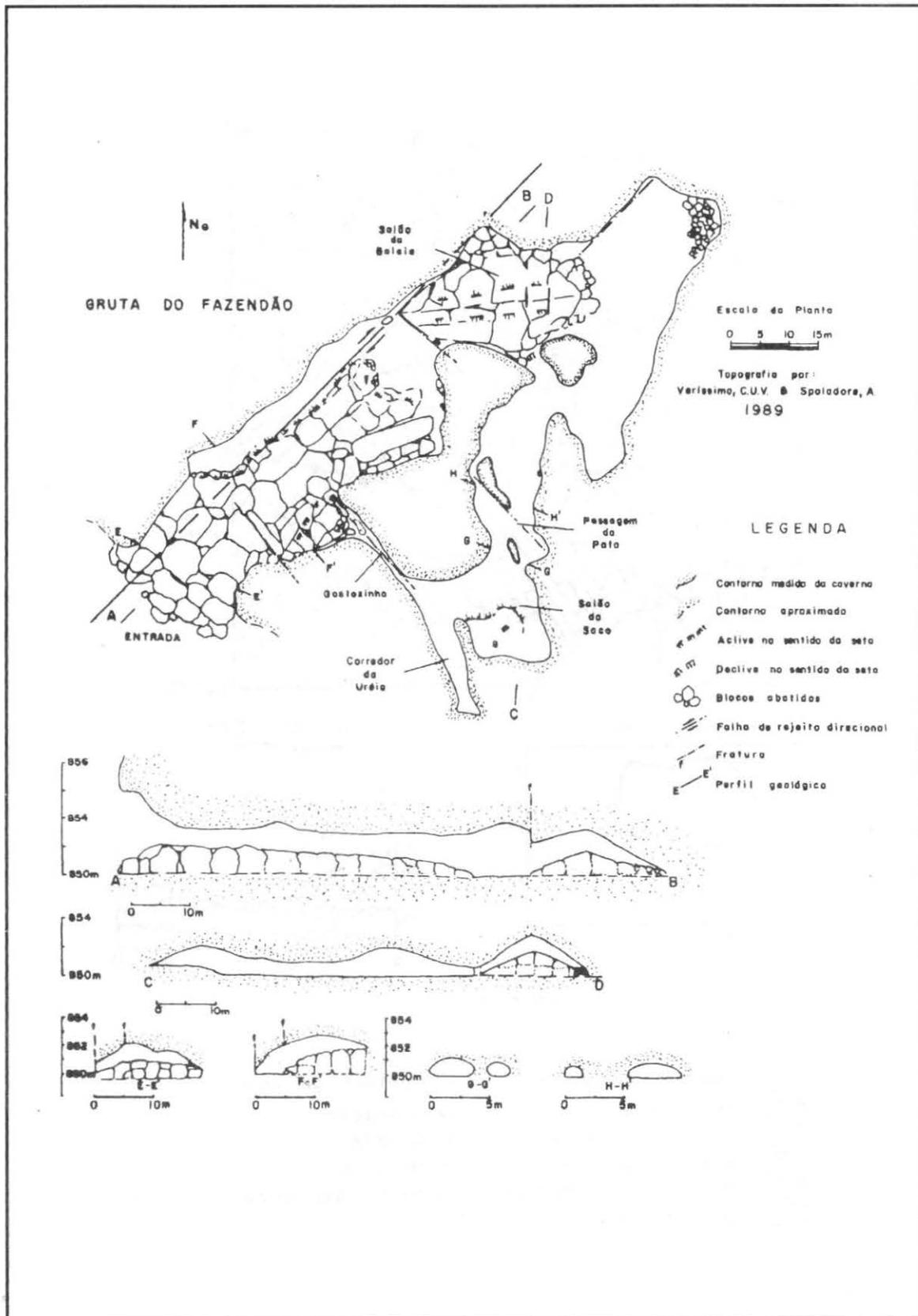


Figura 3 - Planta topográfica e perfis da Gruta do Fazendão (SP-170), município de Ipeúna, São Paulo.

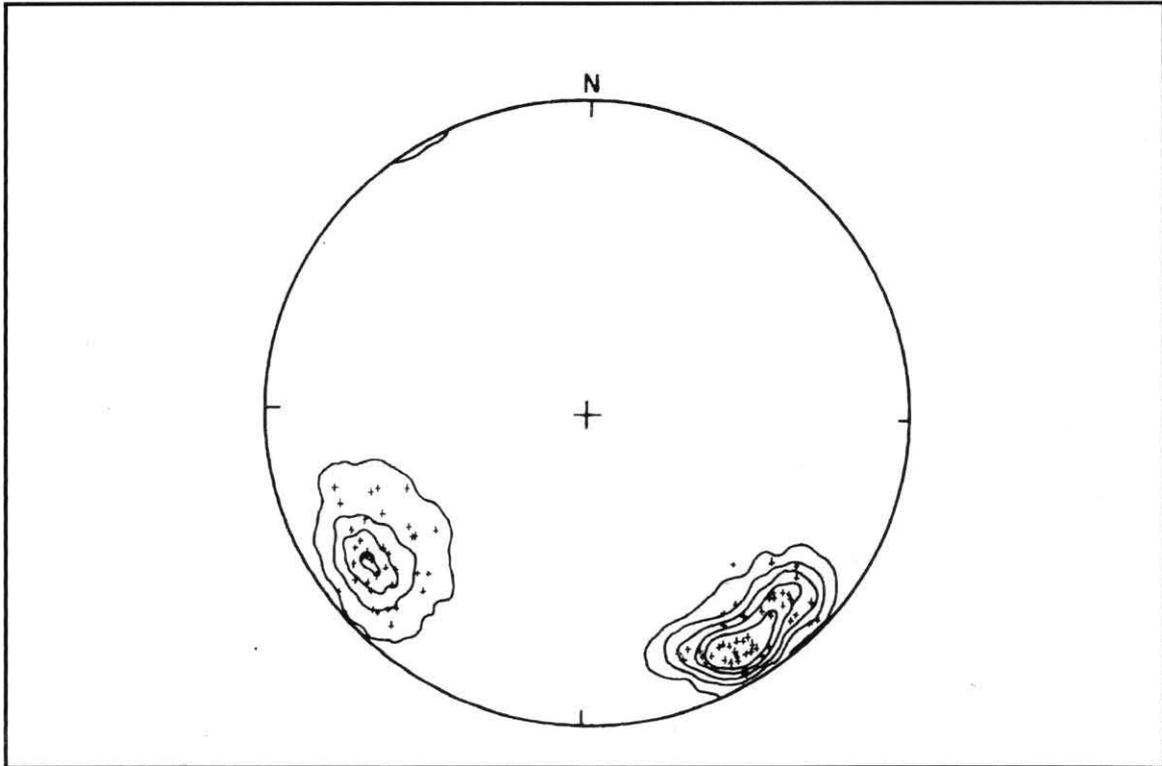


Figura 4 - Estereograma de descontinuidades (juntas e falhas), diagrama de Schmidt-Lambert, hemisfério inferior da esfera de referência, 110 dados; curvas de isofrequência: 1 - 3 - 5 - 7 - 9 %.