

ORIGEM E CONTROLE ESTRUTURAL E ESTRATIGRÁFICO DAS CAVERNAS, TOCAS, ABRIGOS DE IPEÚNA E ITIRAPINA -SP

[ORIGIN AND STRUCTURAL AND STRATIGRAPHIC CONTROL OF CAVES, "TOCAS" AND ROCK
SHELTERS OF IPEÚNA AND ITIRAPINA (SP)]

Luiz Felipe Brandini RIBEIRO*; **F. R. SOUZA CRUZ****; **M. C. S. RIBEIRO*****; **D. F. GODOY******

* lfbvrm@gmail.com.br - Espeleo Grupo de Rio Claro – EGRIC
Av. 1ª, 915 – Cidade Nova – Rio Claro SP – CEP: 13506-785

** frsc@rc.unesp.br (EGRIC); *** marlicaria@yahoo.com.br (Pós Graduação em Geologia Regional);

**** (Pós Graduação em Geologia Regional)

RESUMO

Um dos principais fatores que controlam as cavernas é a sua estruturação. Existem muitos trabalhos que enfocam este tema, contudo estes estudos são relacionados a cavernas de calcário, existindo poucos trabalhos relacionados com cavernas de não calcário (pseudocarste).

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar o conhecimento sobre o controle estrutural das cavernas, tocas e abrigos da região de Itaqueri da Serra, Ipéuna, São Pedro e áreas adjacentes. As cavernas da região são constituídas em sua maioria por arenitos da formação Botucatu e raras ocorrências em outras rochas (como a toca do *piping*), sua origem se dá por percolação de água e abatimento do teto.

Neste estudo foram estudadas as cavernas do Fazendão, Paredão, Boca do Sapo, e Abrigo da Glória (na Serra de Itirapina); os abrigos do Roncador (Analândia), Santo Urbano (Corumbataí), Rochedo (Itirapina), Abrigo da Chuva (Itirapina) e as tocas: Toca do Ninho, Toca do Bauru, Toca do Morcego (Itirapina).

As metodologias utilizadas foram reconhecimento de falhas, fraturas, medidas das orientações dos condutos centrais e o reconhecimento de espeleotemas associados as fraturas. As representações foram feitas em rosetas e estereogramas de falhas.

As maiores das cavidades apresentaram falhas, fraturas e grandes descontinuidades (planos de falha sem estrias) com orientação norte - nordeste (N30), as cavernas apresentaram orientações de seus condutos principais para noroeste (N280) e nordeste (N30 -50) e algumas tocas apresentaram condutos principais orientados para oeste/noroeste (N270 - 285). Estes trends foram correlacionados com os grandes alinhamentos de caráter regional. As orientações regionais NE e NNE estão controladas pelos lineamentos NE que caracterizam reativações da falha de Areado, abaixo da bacia do Paraná. A reativação originária desta falha, foram registradas na bacia do Paraná e na região de Analândia e São Carlos. A orientação para NW nas grandes cavernas e algumas tocas está ligada ao controle estratigráfico (sets das estratificações cruzadas da área).

Algumas cavernas possuem extensões para noroeste, esta direção pode estar correlacionada com eventos da neotectônica ocorrida na área.

Palavras-Chave: Controle estrutural; falhas, tocas; abrigos; pseudocarste.

[ABSTRACT]

One of the main factors which controls the development of caves is their structure. There are many papers which focus on this topic, although they usually concentrate on limestone caves; few papers have been written about the speleogenesis of non-limestone caves (pseudokarst)

The present paper was designed to describe the structural control of caves and rock shelters in the regions of Itaqueri da Serra, Ipéuna, São Pedro and neighboring areas. The caves in the region have basically been formed in the sandstone of the Botucatu Formation, with rare occurrences in other rocks, with speleogenesis resulting from the percolation of water and ceiling collapse.

In this study the following caves were studied: Fazendão, Paredão, Boca do Sapo, and the Abrigo da Glória (in the Itirapina mountain range), as well as the rock shelters Roncador (Analândia), Santo Urbano (Corumbataí), Rochedo (Itirapina), and Abrigo da Chuva (Itirapina), and the "tocas" Toca do Ninho, Toca do Bauru, Toca do Morcego (Itirapina). The methodology used was the identification of the faults and fractures, as well as of the orientation of the central passages, and the identification of the speleothems associated with the fractures. The records were made in the form of rosettes and stereograms of the faults.

The majority of the caves reveal faults, fractures and large discontinuities (rifled fault planes) with a North-Northeast (N30) orientation; some of the "tocas" reveal main passages oriented to the West/Northwest (N270-285). These trends were correlated with the lineaments of a regional nature. The regional orientations NE and NNE are controlled by the NE lineament which represents the reactivation of the Areado fault, underlying the basin of the Paraná River. The reactivation may have given rise to this fault; evidence has been found in the basin of the Paraná River and in the region of Analândia and São Carlos. The NW orientation of the larger caves and some of the "tocas" is linked to

stratigraphic control (crossed stratification is common in the area).
Some of the caves also have an extension to the northeast, a direction which may be correlated to neotectonic events.

Key words: Structural control; faults; “tocas”; rock shelters; pseudokarst.

INTRODUÇÃO

Em rochas não calcáreas, o padrão de fraturamento, as juntas e as falhas são um fator importante na formação de uma caverna e na extensão de condutos, o que torna a maioria destas cavernas com caráter labiríntico, porém com pouca extensão (Wray, 1997). Com exceção de alguns poucos casos raros, como a caverna das Bromélias (Correa Neto *et al.*, 1994).

As cavernas da área foram formadas pelo resultado da infiltração e escoamento das águas superficiais (*run-off*) nas proximidades das escarpas e percolação e infiltração de águas nos planos de falha, fraturas e encontros de sets de cruzadas, com a conseqüente remoção e dissolução do material, por vezes formando espeleotemas de carbonato de cálcio e estalactites de ferro (Ribeiro *et al.*, 1994; Monteiro & Ribeiro, 1999). Depois de um alargamento inicial, a caverna se desenvolve por *piping*, primeiro de poucos centímetros, depois métricos. O nível de escoamento lateral das águas de infiltração, podem ser, possivelmente, controlados por níveis mais permeáveis no arenito (encontro de sets de cruzadas), estes, às vezes marcados por níveis mais argilosos (explica a deposição de areia úmida em alguns salões). (Veríssimo & Spoladore, 1994; Ribeiro *et al.*, 1994).

Localização da área:

A área localiza – se nas cuestas arenítico – basálticas, próximas às cidades de Rio Claro, São Pedro, Ipéuna e Analândia (Figura – 1) são banhado pelos rios Cabeça, Passa cinco e Cantagalo afluentes da Bacia do Rio Corumbataí.

Geologia da área:

A geologia onde estão localizada as cavidades é representada basicamente, da base para o topo, pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, que compõem o Grupo São Bento, evidenciando uma sedimentação exclusivamente continental, em clima árido a semi-árido, encerrada por amplo vulcanismo basáltico, durante o Mesozóico (Figura – 1), particularmente acima dos basaltos ocorrem os conglomerados da base da Formação Bauru (onde ocorre a Toca do *Piping*) (Ribeiro *et al.*, 1999).

Formação Pirambóia:

Esta formação é constituída por um pacote de espessos corpos de arenito esbranquiçado, amarelado e avermelhado, de granulometria fina a média, com finas intercalações de siltito e argilito, e, localmente com níveis conglomeráticos. Apresenta estratificações cruzadas de grande e médio portes. Regionalmente aflora nas regiões de Rio Claro, Ipéuna, Corumbataí, Charqueada e São Pedro (Figura – 1). As tocas de Analândia e Corumbataí estão localizadas na Formação Pirambóia.

Formação Botucatu:

Esta formação foi definida por Campos, (1889) *apud* Schobbenhaus, (1984), constituída de arenitos vermelhos à rosados bimodais de granulometria fina a média, muito silicificado, com estratificação cruzada de grande e médio porte. Suas características indicam deposição eólica em ambiente desértico, com contribuição de sedimentação fluvial na parte basal (SCNEIDER *et al.*, 1974). Diversos autores atribuem uma idade Jurássica baseada em correlações estratigráficas. (Figura – 1). A maioria das cavernas se localizam nesta formação.

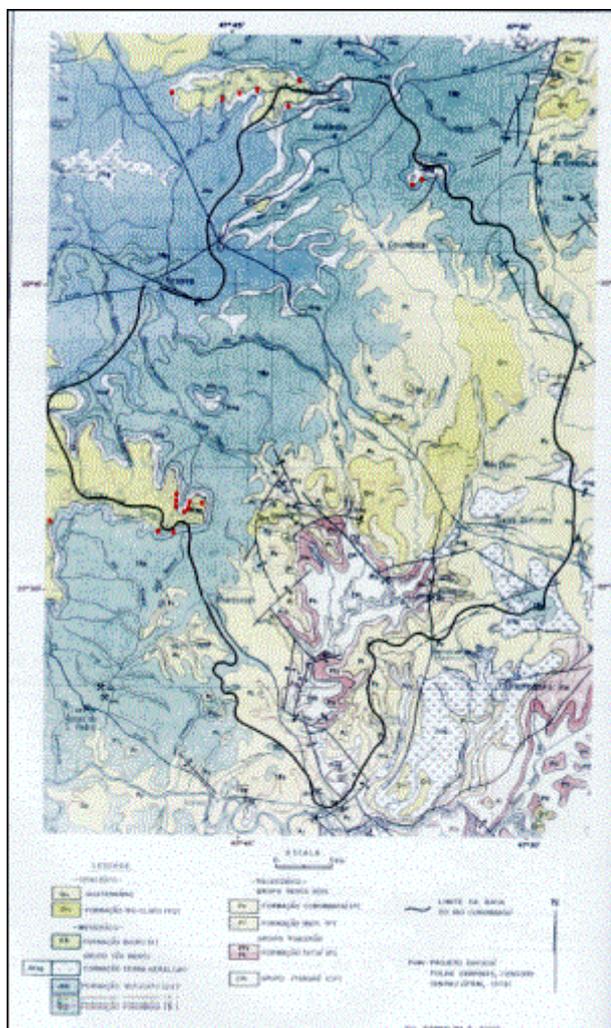


Figura – 1: Localização das cavernas, tocas e abrigos estudados neste trabalho (em vermelho).

Formação Serra Geral:

É constituída de basaltos e diabásios, foi definida por White (1908), *apud* Schobbenhaus (1984), apresenta-se em pequenos seixos e matacões com vestígios de acebolamento e fraturas conchoidais, indicando alto grau

de intemperismo. Sua textura é afanítica, muitas vezes confundido com o arenito. Encontram-se cristais de quartzo subédricos e calcedônia. Dados radiométricos existentes indicam idade oscilante entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (Cordani & Vandomos, 1967). Existem poucas cavernas no basalto.

Formação Bauru – Unidade Itaqueri da Serra

A Formação Itaqueri é constituída pela alternância de bancos de arenito silicificados e com crostas ferruginosas, lamitos e conglomerados, indicando um sistema de leques aluviais, representando um ambiente de alta energia e sugerindo condições de clima semi-árido (Zaine, 1944). A caverna Toca do Piping é formada nestas crostas ferruginosas (Ribeiro *et. al.*, 1999).

Estruturas Regionais

A bacia do Paraná é marcada por um padrão de feições lineares em forma de “X”, dividido em 3 direções principais NW – SE, NE – SW e E – W, sendo a maioria a continuação das diversas falhas reativadas sob a Bacia (Zálan *et. al.*, 1987).

Esta feições lineares, denominadas Lineamentos, controlam, sobretudo o padrão de drenagem e algumas vezes o relevo. No cruzamento entre estes alinhamentos surgem domos e Altos como o domo de Pitanga (figura – 1). Estas falhas reativaram diversas vezes, ao longo do tempo geológico (Soares 1991, Fancinani, 2001; Riccomini *et. al.*, 1996).

Na região onde situam – se as cavernas de arenito da Cuesta Basáltica é uma área afetada por falhas transcorrentes e normais (Penteado, 1975; Faccinani *et al.*, 2001). As falhas de caráter normal pertencem ao regime distensivo da época da abertura continental (= 126 Ma) (Facinani, 1996; Facinani, *et al.*, 2001; Riccomini, *et al.*, 1996). Estas falhas também pertencem a reativações de antigas zonas de cisalhamento. As falhas transcorrentes são características de eventos neotectônicos, em sua maioria, em regime sinistral que são reflexos de um binário dextral com direções de maior esforço para NW. Estes dados corroboram com os trabalhos de Facinani, 1996; Facinani, *et al.*, 2001; Riccomini, *et al.*, 1996).

METODOLOGIA

Mapeamento em detalhe das diversas cavidades, utilizando o método do eixo centrado e mapeamento em detalhe.

Análise estrutural

Foi realizadas análise estrutural por reconhecimento in situ de falhas e estrias; fraturas, plano de sets de estratificação cruzada e descontinuidades marcantes (onde não foi possível reconhecer feições de movimento). Os dados foram plotados em diagramas de rosetas, mostrando suas orientações preferenciais.

Apenas a Caverna do fazendão onde foi possível caracterizar o seu padrão de fraturamento e modelar a sua origem segundo o padrão de Riedel e relaciona – los a distribuição das galerias (Monteiro & Ribeiro, 1999).

Reconhecimento de espeleotemas relacionados às fraturas: Percolações, estalactites, impregnações, como

foi proposto por (Wray, 1997) e já descritos em algumas cavernas por Ribeiro *et. al.*, (1994, 1997).

Foram levantadas feições da tectônica regional para estabelecer uma correlação com os eventos regionais. As cavernas estudadas foram consideradas com 15m (ou mais) de desenvolvimento horizontal: Caverna do Fazendão, Caverna do Paredão, Abrigo da Glória, Toca do Bauru (Figura 2, 3, 4, 5).

As tocas foram consideradas com menos de 15m de desenvolvimento horizontal, são elas: Toca do ninho, toca do morcego. Os abrigos são considerados como de desenvolvimento horizontal até 8 – 10m, consistindo de uma fenda aberta sem desenvolvimento de corredores. Neste trabalho foram considerados o Abrigo do Roncador (Analândia – SP) e o Abrigo Santo Urbano (Corumbataí – SP).

RESULTADOS

Espeleotemas:

Nas cavernas da área, existem um grande número de espeleotemas relacionados a percolação de fluidos nas fraturas, tais como crostas de sílica na forma de couve-flor, pequenas estalactites, cavidades na forma de sino embutidas no teto, lembrando as cúpulas de corrosão observadas por Martins (1985), estruturas em caixa de ovos, como encontrados por (Veríssimo & Spoladore, 1994). E estruturas relacionadas às falhas, como as estruturas de liquefação na caverna do Fazendão, descritas primeiramente por Riccomini *et. al.*, (1996).

Na caverna do Fazendão e na caverna do paredão, ocorrem ao longo de fraturas com direção NS, presença de Estalactites de ferro (RIBEIRO *et. al.*, 2005). Mudanças da coloração devido à presença de ferro ao longo das fraturas distribuídas nas cavernas, com direções diversas (NS, NW e NE). A tabela – 1, mostra a direção preferencial de alguns espeleotemas medidos, somente em 3 cavernas.

Tabela -1: Características e direções preferenciais de espeleotemas relacionadas às fraturas e falhas.

Nome da Caverna	Couve Flor (impregnação de carbonato de cálcio e sílica)	Estalactites de Ferro	Fraturas com mudanças de cor
Caverna do Fazendão	Percolam fraturas com direção NW, NS e EW.	Percolam fraturas com direção NE e NW.	Fraturas e planos de cruzadas para NS e NW
Caverna do Paredão	Percolam Fraturas N e NW.	Percolam fraturas com direção NS	Fraturas com direção NE
Toca do Ninho	Percolam fraturas EW	Raras, não foi possível a medida.	Fraturas com direção NE
Abrigo Santo Urbano	Percolam fraturas EW	Não tem	Fraturas NS

Geologia Estrutural das cavidades:

Diversos estudos efetuados nas cavernas, tocas e cavidades da Serra de Itaqueri, Analândia, Ipêuna e São Pedro mostraram um controle estrutural e estratigráfico marcante, com orientações preferenciais para NS, NE e NW (raras vezes para E – W) (Ribeiro *et. al.*, 1994; Monteiro & Ribeiro, 2001) (Tabela – 2).

As cavernas mais antigas e labirínticas possuem um controle estrutural bem marcante. Destacamos aqui apenas a Caverna do Fazendão (Figura – 2) onde os trabalhos estruturais já foram mapeados e interpretados. As outras cavidades ainda estão em trabalho de interpretação, contudo seus esboços estão representados nas figuras 3, 4.

O corredor principal da gruta do fazendão está controlado por uma falha transcorrente de caráter dextral (Veríssimo & Spoladore, 1994), sendo parte do salão da Baleia também controlada por esta falha e por uma outra mais adiante, definindo um binário completo. Muitos corredores internos e o “gostosinho”, obedecem a

fraturas T (tração), sintéticas X e R e antitéticas R’ do padrão de fraturamento de Riedell (Figura – 2). As fraturas T condicionam também a queda de blocos da caverna, que pode ser observado próximo ao Salão da Baleia e o corredor principal da entrada.

A Gruta do Paredão (Figura – 3), situada na frente da gruta do fazendão, foi originada pela mesma falha principal da Gruta do Fazendão. Seguindo –se para o outro lado da colina, encontra –se a Toca do Ninho, também controlada pela mesma descontinuidade, este controle parece ser um constante no controle estrutural da área. Este controle estrutural também aparece na caverna Abrigo da Glória (Figura – 4).

As falhas e fraturas parecem controlar e delimitar a queda dos blocos (Figuras 2, 3,4), a incidência de espeleotemas de “couve flor” aparecem em grande quantidade próximo a estas fraturas (exudação de sílica e de carbonato de cálcio). Seu controle estratigráfico é de difícil reconhecimento, aparecendo somente em casos isolados.

Tabela – 2: Características estruturais de cada cavidade.

Nome da Cavidade	Direção das Fraturas	Direção do conduto da caverna	Direções regionais (Coincidentes)	Direção do plano da Cruzada
Caverna do Fazendão SP 170	Padrão Complexo NE (N30 -40); Fraturas secundárias NW	Principal NE (N30) Condutos secundários para NW	Alinhamento de Areado e Jacutinga NE (N30 -40)	NW NW (possível controle pelos planos de cruzadas)
Caverna do Paredão	NE (NE30)	NE (NE 30)		
Caverna Abrigo da Glória	Padrão Complexo NW (N280 – 300)	NS e NE (N45)		
Caverna Abrigo do Rochedo	Padrão Complexo NW (N280)	NW (N280 -corredor principal) e EW (N263) Corredor secundário	Alinhamento do Rio Passa Cinco (Neotectônico?)	—
Caverna Boca do Sapo	NE (N40) NW (290)	NW (corredor principal)		—
Toca do Ninho	NE (N45)	NE	Jacutinga	NW
Toca do Bauru	NE, NW.	NW	Alinhamento do Rio Passa Cinco (Neotectônico?).	—
Toca da chuva	NW, NS.	NW		Não tem
Toca do morcego		NW		Não tem
Toca do Piping	NS, NE, EW.	EW	Evidências de neotectônica	Não tem (Caverna em Laterita)
Abrigo Santo Urbano	N, NE (N8 - 20)	EW	Direção descrita por diversos autores	NE
Abrigo do Roncador	N, NE (N10- 30)	EW (NW)		NE

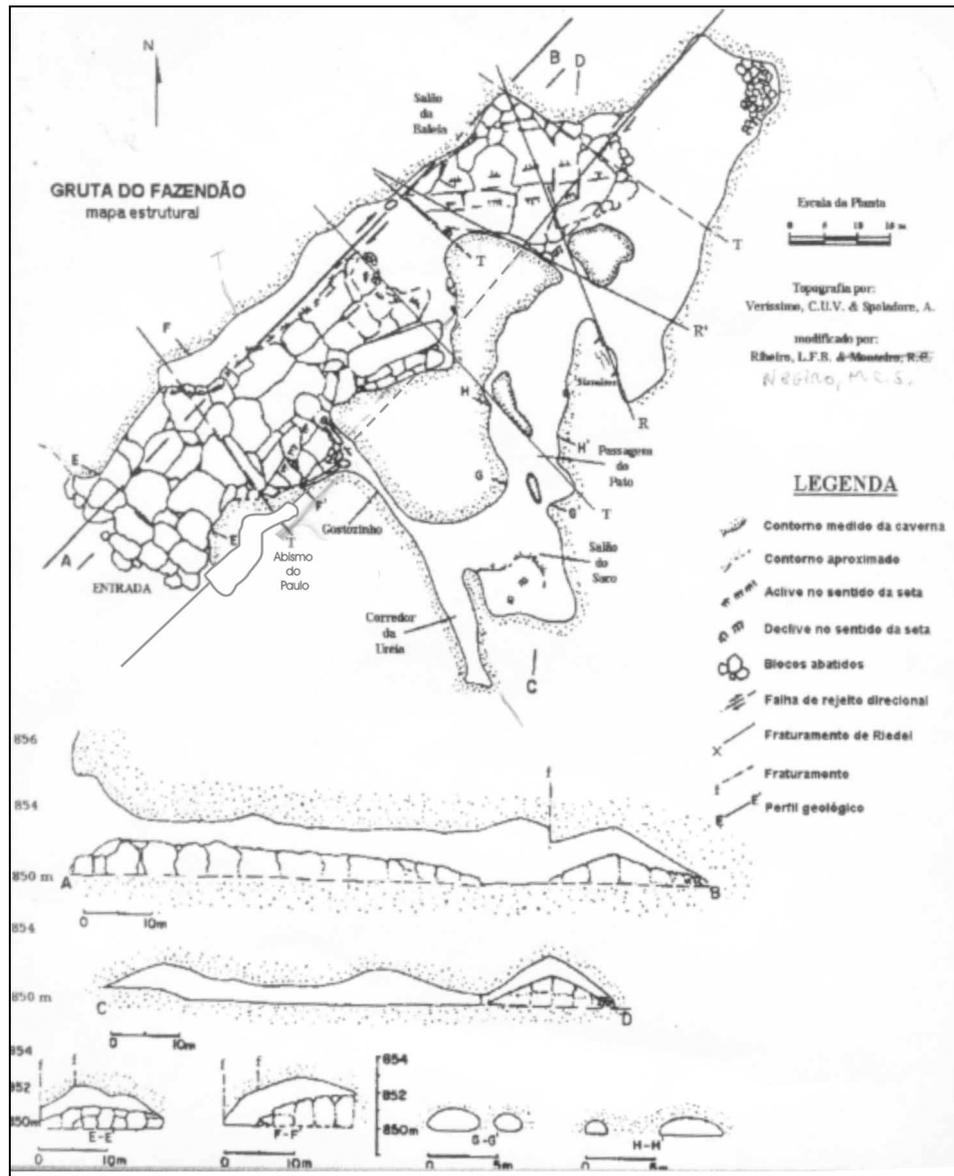


Figura – 2: Esboço da Caverna do Fazendão e seu controle estrutural

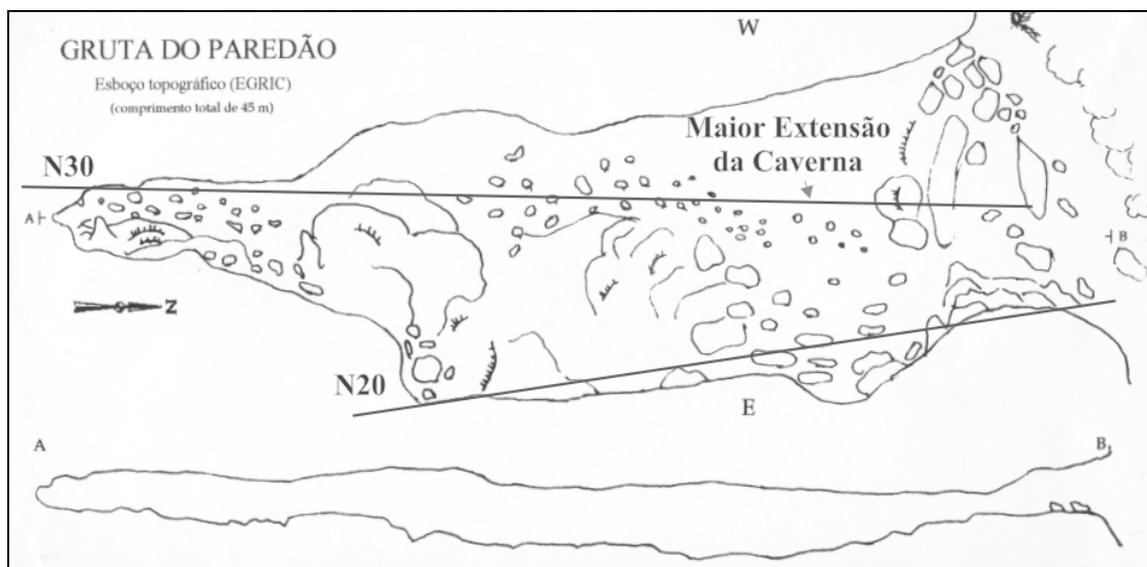


Figura – 3: Caverna do Paredão e seu controle estrutural.



Figura – 4: Caverna Abrigo da Glória e seu padrão estrutural (esboço modificado de Collet, 1982)

Associação com a tectônica Regional

Observando a tabela 2, podemos concluir que a as cavidades possuem um controle estrutural e estratigráfico bem marcante. Este controle coincide com os alinhamentos estruturais de direções NE, NS e NW, caracterizados em sua maioria por reativações de zonas de cisalhamento durante o Fanerozóico sob a forma de falhas, como já constatado por (Ribeiro *et al.*, 2005a, b). Estes alinhamentos foram atuantes na distribuição de unidades sedimentares, dos focos de magmatismo alcalino e de altos estruturais, apresentando intensa atividade recorrente durante o Cretáceo Superior (Riccomini, 1995). Estando ativo até os dias de hoje.

Idade provável

A tabela 3 mostra aos principais eventos tectônicos regionais. Comparando os resultados mostrados na tabela 2, podemos estimar possíveis idades para as cavidades encontradas na área. Cabe destacar aqui que as cavernas mais labirínticas (Caverna do Fazendão, Abrigo do Rochedo, Caverna dos óculos), podem ser mais antigas com fases de reativação (relaxamento e abertura de fraturas) ao longo do tempo. Sendo estas reativações nem sempre tectônicas e sim

devido a infiltrações e percolações de fluidos (principalmente mais recentemente).

Os eventos neotectonicos apenas controlam quedas de blocos (landslides) em abrigos e tocas (nunca originando cavernas).

Tabela – 3: Eventos tectônicos regionais e as possíveis idades das cavidades (Modificado de Ribeiro, 2003).

Idade	Bacia do Paraná	Embasamento Cristalino	Cavidades Encontradas Possíveis idades
Pleistoceno	Soerguimentos Compressão NW	Soerguimento contínuo e lento	Toca do Piping; Abrigo Santo Urbano ; Abrigo do Roncador Deformação da maioria das cavidades
Plioceno	Compressão NE/SW Falhamentos na Formação Itaqueri	Falhas normais Deformação afetando as Bacias Terciárias	Toca da Chuva Toca do Morcego Toca do Bauru Deformação da maioria das cavidades
Mioceno		-----	
Oligoceno	Reativação de falhas NE	Soerguimento Início da deposição da unidade Tanque	Deformação da maioria das cavidades
Eoceno	-----	Soerguimento	Provável origem das cavernas com direção NE
Paleoceno	Extensão NNW/SSE	-----	
Cretáceo Superior		Soerguimento Serra do Mar	???
Cretáceo Inferior	Abertura continental	Soerguimento dômico	

CONCLUSÕES

Podemos concluir que as cavidades estudadas possuem um controle estrutural marcante na sua formação e as cavernas de orientação NE podem ser mais antigas. Estas cavernas de orientação NE, também são labirínticas por sofrerem diversas reativações ao longo do tempo geológico (tectônicas ou não).

As cavidades mais recentes são aquelas com direções preferências EW, fato comprovado pela toca do Piping em São Pedro (por estar em rochas lateríticas alteradas da formação Itaqueri). E os abrigos por mostrarem blocos de rochas com evidências de landslides.

BIBLIOGRAFIA

COLLET, G.C. 1980. *Sondagens no Abrigo da Glória*. Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE, Depto de arqueologia. 26p. (Relatório) (1980).

COLLET, G.C. 1982. *Abrigo do Santo Urbano, Corumbataí – SP*. Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE, Depto. De Arqueologia, 9p. (Relatório) (1982).

CORRÊA NETO, A.V.; CÔRREA, A.A.S. 1994. *Uma introdução 'as cavernas em quartzito*. O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, vol. 6, n°7, p. 43 -45.

MONTEIRO, R.C. & RIBEIRO, L.F.B. 2001. *Speleogenesis of Sandstone Caves: Some Considerations applied to the Serra do Itaqueri Speleological Province, São Paulo State, Brazil* – 13th International Congress of Speleology; 4th Speleological Congress of Latin America and the Caribbean; 26th Brazilian Congress of Speleology (Brasília - DF), July, 15-22, p.93-94

RIBEIRO, L.F.B. 2003. *Morfotectônica da região centro-leste do estado de São Paulo e áreas adjacentes de Minas Gerais: Termocronologia & Paleotensões*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Tese de doutoramento. 256 págs.

RIBEIRO, L.F.B.; VANDEROOST, F.J.; MONTEIRO, R.C.. 1994. *O controle neotectônico das cavernas da Serra de Itaqueri*. In 38° Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú – S.C., Boletim de Resumos Expandidos, v.1: p.397 – 400.

RIBEIRO, L.F.B.; MONTEIRO, R.C.; ROLDAN, A.A.; REATO, M.P. 1997. *Caracterização estrutural e espeleogênese das cavernas de ipêuna e itaqueri da serra SP*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 5. Penedo/Itatiaia, Atas...:p.35 -37.

RIBEIRO, L.F.B.; MONTEIRO, R.C.; SIQUEIRA, M.C.; FERNANDES, R.E. 1999. *Caverna em Laterita: Um estudo de Caso na Formação Itaqueri – São Pedro, SP*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 6 – SBG/UNESP, Boletim de Resumos, p.105.

RIBEIRO, L.F.B.; RIBEIRO, M.C.S. 2005. *Structural Constraints in sandstone Caves in the Central São Paulo State Brazil*. Journal of Applied Sciences, in press.

SOARES, P.C. *Tectônica sin –sedimentar cíclica na Bacia do Paraná: controles*. 1991. 148f, UFPR, Curitiba Tese de professor Titular.

VERISSIMO, C.U.V. & SPOLADORE, A. 1994. *Gruta do Fazendão (SP – 170): considerações geológicas e genéticas*. Espeleo – Tema, SBE, n°17p. 7 -17.

WRAY, R.A.L. 1997. *A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones*. Earth Sciences Reviews, 42: p.137 – 160.

ZAINE, J.E. 1994. *Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)*. Rio Claro, IGCE/UNESP, 90p. Dissertação de Mestrado.

ZAINE, M.F. 1996. *Patrimônios Naturais da região de rio Claro, Ipêuna e Serra dos Padres – análise da compatibilidade com a ocupação atual e considerações sobre sua exploração e conservação*. Rio claro, CEAPLA, IGCE/UNESP. Relatório final de pós – doutoramento, 83p.

ZALÁN, P.V.; Wolffs, S.; Conceição, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANNOTO, O.A. 1987. *Tectonic and sedimentation in the Paraná Basin* In: Simpósio Sul Brasileiro, 3, Curitiba, p. 30 – 33.