

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS  
FOSSILÍFEROS DA GRUTA CUVIERI, MATOZINHOS - MG

Paulo Miguel Haddad Martim

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini  
Co-orientador: Ivo Karmann

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2007/33)

SÃO PAULO  
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS FOSSILÍFEROS  
DA GRUTA CUVIERI, MATOZINHOS - MG**



Paulo Miguel Haddad Martim

Orientador: Paulo César Fonseca Giannini  
Co-orientador: Ivo Karmann

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2007/33)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024411

SÃO PAULO  
2007

TF  
M378  
PMH.C

RECEIVED  
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

CHARACTERIZATION OF DEPOSITORS ELASTICITY  
OF THE CURVED MATRICES



RECEIVED

COMMUNICATIONS SECTION

DEPARTMENT OF JUSTICE  
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

## Agradecimentos

Desde o primeiro momento da concepção desta obra, desde as primeiras reuniões e acordos, há uma diversidade de pessoas com quem me relacionei.

Um primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Paulo César Fonseca Giannini, pela orientação, desde mais cedo, com as produções, as reuniões, as visitas e trabalhos de campo de biologia, no Rio de Janeiro. Mas, em especial, gostaria de agradecer o desenvolvimento da tese, com as ideias de João Carlos, orientador e supervisor, e a diversidade de experiências e conhecimentos que me trouxe.

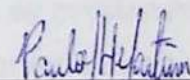
Agradeço também ao meu orientador Paulo César Fonseca Giannini, que sempre, durante o tempo de trabalho, esteve presente, com suas ideias e orientações, e com a presença constante, inclusive com a disponibilização de infraestrutura e equipamentos do Laboratório de Sistemática do IGO-UNP. Mas, acima de tudo, agradeço pelo o trabalho desenvolvido.

Foi através do apoio financeiro de meu orientador, ao longo do tempo, que pude desenvolver esta obra, e com o auxílio de outros colegas, como o professor Antônio Sabatini, pelo apoio técnico.

Agradeço ainda a todos os membros do Laboratório de Sistemática do IGO-UNP, em especial, ao meu colega e amigo, o professor Paulo César Fonseca Giannini, pelo apoio técnico e financeiro.

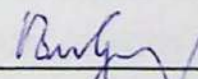
Agradeço também ao Laboratório de Sistemática do IGO-UNP, em especial, ao professor Paulo César Fonseca Giannini, pelo apoio técnico e financeiro, e ao professor Antônio Sabatini, pelo apoio técnico. Também agradeço ao Laboratório de Sistemática do IGO-UNP, em especial, ao professor Paulo César Fonseca Giannini, pelo apoio técnico e financeiro, e ao professor Antônio Sabatini, pelo apoio técnico. Também agradeço ao Laboratório de Sistemática do IGO-UNP, em especial, ao professor Paulo César Fonseca Giannini, pelo apoio técnico e financeiro, e ao professor Antônio Sabatini, pelo apoio técnico.

Também agradeço a todos os colegas que me ajudaram, especialmente ao meu colega Paulo César Fonseca Giannini, pelo apoio técnico e financeiro.



Paulo Miguel Haddad Martim

De acordo:



Paulo César Fonseca Giannini – Orientador

## Agradecimentos

---

Muitas pessoas participaram da execução deste projeto. Dedico as próximas páginas a agradecê-los, pelas diferentes maneiras como me ajudaram.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Walter Alves Neves (IB-USP) pela oportunidade, desde meu primeiro ano de graduação, de participar do projeto e trabalhos de campo na fantástica região de Lagoa Santa. Nos anos seguintes, sempre apoiou o desenvolvimento de trabalhos com os materiais da gruta Cuvieri, colocando a disposição o laboratório que coordena e as verbas de que dispõe.

Agradeço também ao meu orientador Paulo César Fonseca Giannini, que aceitou ajudar-me – sem reservas - neste estudo, além da atenção que deu ao trabalho e a sempre presente solicitude, inclusive com a disponibilização da infra-estrutura e equipamentos do Laboratório de Sedimentologia do IGc-USP. Sua ajuda foi fundamental para a realização deste trabalho.

Fica também o agradecimento a meu co-orientador Ivo Karmann pelos esclarecimentos prestados quando surgiram dúvidas sobre os ambientes cársticos. Agradeço também a André Sawakuchi, pela ajuda prestada.

Agradeço ainda a equipe técnica do Laboratório de Sedimentologia (LABSED), Vitor, Simone e Elaine, pela assistência prestada nas análises laboratoriais.

A toda a equipe do Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos (LEEH), do Instituto de Biociências da USP, pelos momentos vividos juntos em São Paulo e especialmente em Lagoa Santa. Não poderia deixar de destacar os colegas Elver “Hoover” Mayer e Danilo “Danilonsky” Vicensotto, Victor “Fofa” Salviati e Tatiana “Xureta” Nunes. Agradeço ainda, e especialmente, a Alex “Aleminho” Hubbe e Mark “Alemão” Hubbe, pelo companheirismo, ensinamentos, além do forte e contínuo apoio moral e científico desses cinco anos de escavação, inclusive durante meu exílio no *Locus* 3C (valeu pelos conselhos, Alex!).

Também do LEEH, aos colegas geólogos (que também se prestaram a difícil tarefa de estudar a região de Lagoa Santa) Emiliano “Fú” Castro pela grande paciência e inúmeras consultorias prestadas neste último ano - na reta final da realização deste trabalho, e a Michelle Tizuka e Astolfo Araújo, pela boa vontade dos últimos meses.

Registro também a ajuda prestada por vários colegas de Minas Gerais, responsáveis e colaboradores do projeto temático em Lagoa Santa: professor Luís Beethoven Piló, pela orientação acerca do carste de Lagoa Santa, pela ajuda durante as etapas de escavação e pelo incentivo em estudar a sedimentação da gruta Cuvieri; a Jorge “Jorginho” Duarte, pelas descrições, desenhos e atividades realizadas durante as etapas de escavação; a Ataliba Coelho pela confecção da topografia da dolina frontal à gruta e aos diversos operários que ano após ano escavaram – com muito suor - a gruta Cuvieri.

À FAPESP, pela concessão de bolsa de iniciação científica vinculada a este projeto (processo nº 223343).

Aos 49±3 colegas que em 2003 (ou antes) tomaram a decisão de desbravar o até então - e ainda hoje - misterioso mundo das ciências da Terra (carreira 600, curso 20, lembram?): obrigado pelos bons momentos, especialmente em campo, e desprezemos os maus. Merecem menção especial André “Codorna” Marconato, Maíra “Cika” Sugawara, Ana Paula “Treme” Tanaka, Cyntia “Fun” Simon, Daina “Dâina” Bendoraitis, Rafael “Xampa” Kanke, Juliana “Buraco” Martins e Wilian Carlos “Mary-lú” Batista.

Um salve muito especial aos colegas Rogério “Lacraia” Brandi, Ralph “Tanga” Nicoliche, Leonardo “Gira” Siqueira, Guilherme “Alemão” Rampazzo, Tarcísio Polito, Maurício “Braboleta” Guerreiro, Jorge “Galactus/Bizarro” Nóbrega, Roberta “Pisa” Pisanelli, Marcus “Sensei” Ucci, Rodrigo “Café” Martins, Bruno “Rapunzel” Salmoni e Talita “Xoca” Ferreira: muito obrigado pelos tempos desta graduação, com certeza sentirei falta deles.

Agradeço ainda às pessoas que me conhecem a bem mais tempo do que o último ano no qual desenvolvi este trabalho, meus irmãos Miriam Carolina e Rafael Elias (valeu pelas seções e desenhos, Rafa!), a vó Genny e meu pai Wilson Martim (olhe no que deram as revistas sobre dinossauros...).

Finalmente, agradeço às duas mulheres mais importantes em minha vida, minha mãe, baluarte nas horas difíceis, um ser humano superior, paciente, carinhoso e bondoso - Sonia Maria Haddad, e minha querida Thaís Nogueira Hyppolito, a alma gêmea mais diferente que eu poderia encontrar. Ainda assim, gêmea e única, maravilhosa! Amo vocês.

Agradecimentos feitos, homenagens prestadas, ao trabalho.

## Resumo

---

A gruta Cuvieri contém restos esqueléticos de fauna pleistocênica-holocênica, extinta ou ainda vivente, da região de Lagoa Santa. O objetivo principal de sua escavação é a geração de dados sobre a megafauna da região, incluindo cronologia de sua extinção e evidências de convívio com as populações de paleoíndios.

Neste trabalho, os sedimentos da gruta foram descritos de acordo com sua morfologia e, onde possível, granulometria, petrografia e composição química obtida por fluorescência de raios-X. Com base nas semelhanças entre as diversas características descritas ou determinadas, foi possível correlacionar estes sedimentos a oito diferentes fácies de caráter descritivo e estabelecer a estratigrafia dos depósitos.

Os resultados obtidos indicam que os sedimentos escavados na gruta Cuvieri são extremamente imaturos, têm aspecto e propriedades das formações superficiais das quais derivam (colúvios) e ainda preservam várias das feições desenvolvidas durante sua pedogênese. Foram transportados através de fluxos gravitacionais, relacionados à evolução da dolina próxima à gruta ou então ao transporte de materiais do topo do maciço rochoso (epicarste).

As fácies reconhecidas foram agrupadas em dois grandes grupos, conforme geradas externa ou internamente à gruta. As fácies internas diferenciam-se pela maior abundância de carbonato, na forma de arca-bouço ou cimento, evidência de importante incorporação de material autóctone; distinguem-se também pela granulação mais grossa.

Vários processos pós-deposicionais, tais como cimentação, dissolução e geração de vazios, deixaram evidências de atuação nos sedimentos, complementados por processos pedogenéticos antigos e atuais dentro e fora da gruta.

O modelo preliminar proposto para evolução da sedimentação na gruta evoca a injeção pontual de sedimentos epicársticos, através de fendas alargadas, sucedida de injeções volumosas ocorridas por conexões mais amplas com a superfície e, em seguida, de ciclos de erosão-sedimentação, influenciados por eventos de cimentação. Estes ciclos tiveram caráter recorrente, retrabalhando os mesmos materiais.

## **Abstract**

---

Cuvieri cave contains skeletal remains of Pleistocene-Holocene fauna, extinct or still living. The main objective of its excavation is the generation of data regarding the Megafauna in the region, such as extinction chronology and evidences of coexistence with Paleo-Indian populations.

On this work, sediments were described accordingly to its morphology, and where possible, grain-size, petrography and chemical composition, obtained on x-ray fluorescence. The similarities between the several described or determined characteristics, made it possible to correlate the cave sediments in eight descriptive facies and establish the deposit stratigraphy.

The results obtained allowed to determine that Cuvieri cave sediments are extremely immature, have aspect and properties of the surface formations from which they are derived (colluviums) and still preserve several of its pedogenetic features. They have been transported through gravitational fluxes related to the evolution of a nearby doline, or to the transport of materials from the massive above (epikarst).

The recognized facies were separated in two main groups: one external to the cave, and another one, internal. A main difference between those is the carbonate abundance, bigger in the inner group – both as detrital grains or cement, important evidence of autochthonous material incorporation. Furthermore, inner materials are coarser than the external ones.

Several pos-depositional processes, such as cementation, dissolution and pore generation were observed on the sediments, as well as pedogenetic processes which have been acting (and still act) inside and outside the cave.

A preliminary model to cave sedimentation evolution is suggested. It has passed through a phase with injection of epikarstic sediments – going in through enlarged slits, followed by greater volume injections of sediments along broader connections to surface and then erosion-sedimentation cycles (influenced by cementation events), recurrent and active in the same materials – in a reworking pattern.

# SUMÁRIO

---

DE ACORDO .....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Localização da área de estudo.....	2
1.2 Geologia regional.....	2
1.3 A escavação da gruta Cuvieri e o projeto temático.....	3
1.4 Objetivos.....	10
1.5 Relevância do trabalho.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Estudos prévios na área.....	11
2.2 Sedimentação em cavernas.....	13
2.3 Tafonomia.....	17
2.4 Depósitos químicos em cavernas.....	18
2.5 Vertentes e sedimentos.....	20
2.6 Pedologia.....	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Materiais.....	22
3.2 Métodos.....	22
Descrição macroscópica das amostras.....	22
Lâminas delgadas.....	24
Granulometria.....	25
Análises químicas.....	25
3.3 Agrupamento das amostras.....	26
4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	27
4.1 Cronograma proposto x cronograma realizado.....	27
4.2 Evolução do trabalho.....	27
4.3 Avaliação do progresso.....	28
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	29
5.1 Descrição morfológica das fácies.....	29
Locus 2.....	30
Locus 3A.....	31
Locus 3B.....	34
Locus 3C.....	37
Tradagem na vertente.....	39

Sondagem 1 do abrigo Cuvieri.....	40
Sondagem 1 da gruta Cuvieri.....	41
Sondagem 2 da gruta Cuvieri.....	42
Tradagem do átrio norte.....	44
5.2 Descrição microscópica das fácies.....	45
5.3 Análise dos dados granulométricos.....	55
5.4 Análise dos dados geoquímicos (fluorescência de raios-x).....	57
5.5 Datações.....	58
6. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	59
6.1 Análise de fácies, microscopia, granulometria e fluorescência de raios-x.....	59
6.2 Tafonomia.....	66
6.3 Interpretação.....	69
7. CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS	

# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1 Localização da área de estudo

A gruta Cuvieri está localizada no município de Matozinhos, Estado de Minas Gerais, na Área de Proteção Ambiental do Carste de Lagoa Santa (APA Carste de Lagoa Santa), situada a cerca de 50 km ao norte de Belo Horizonte, capital do estado (Figura 1).



Figura 1: Mapa do Estado de Minas Gerais, com a localização da APA Carste de Lagoa Santa em destaque (extraído de Piló, 2003).

O acesso à região pode ser feito através da estrada MG-010 até Matozinhos, e em seguida através de várias estradas vicinais que partem da cidade e percorrem o carste de Lagoa Santa.

A gruta Cuvieri, mais especificamente, está localizada nas coordenadas UTM 7846105N e 0603756E (fuso 23) (Anexo I).

## 1.2 Geologia regional

As rochas carbonáticas nas quais o carste de Lagoa Santa se desenvolveu pertencem ao Grupo Bambuí, principalmente Formação Sete Lagoas (Neoproterozóico), aflorantes no extremo sudeste da bacia sedimentar pré-cambriana do Bambuí, integrante do Cráton São Francisco (Berbert-Born, 2002; Figura 2A).

A geoformologia local é determinada pelo contraste litológico entre as unidades carbonáticas da Formação Sete Lagoas e as rochas sobrejacentes, siliciclásticas muito finas, da Formação Serra de Santa Helena. O embasamento desta seqüência sedimentar é um complexo gnáissico-migmatítico arqueano (Berbert-Born, 2002; Figura 2B).

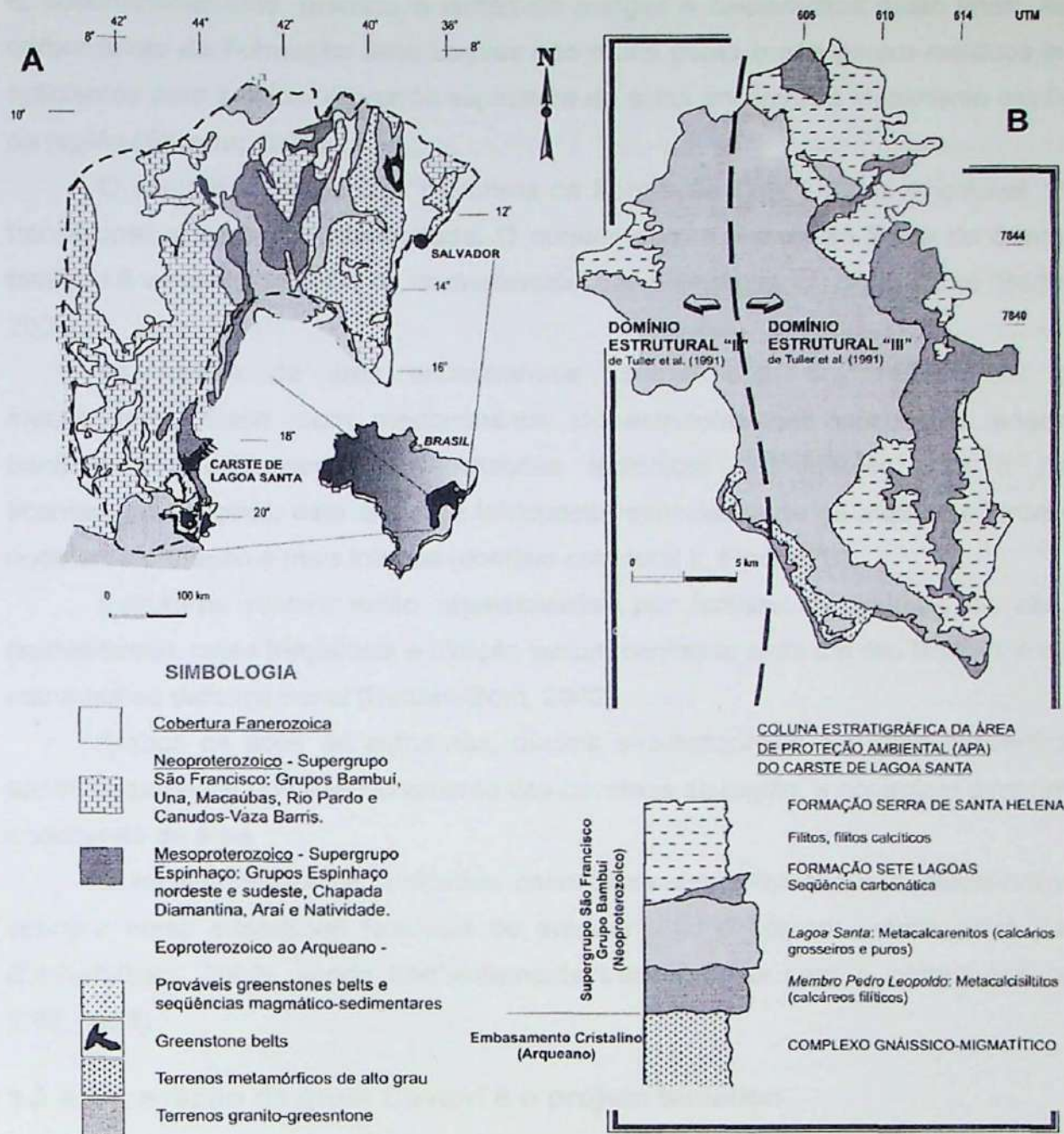


Figura 2: A) Localização da APA Carste Lagoa Santa no esboço geológico do cráton São Francisco; mapa-base simplificado de Almeida & Hasui, 1984 e Alkimin *et al.*, 1993; B) Mapa litoestratigráfico da APA Carste de Lagoa Santa, segundo Viana *et al.*, 1998 (extraído de Berbert-Born, 2002).

A Formação Sete Lagoas é dividida em dois membros, um basal chamado Pedro Leopoldo, e outro superior, chamado Lagoa Santa. É neste último membro onde se localiza a gruta Cuvieri: são rochas carbonáticas, constituídas principalmente de calciarenitos, com intercalações de calcissiltitos, espatitos/microespatitos, brechas, estromatólitos e milonitos protoderivados (IBAMA/CPRM, 1998).

A Formação Serra de Santa Helena, sobrejacente, tem papel fundamental na origem dos sedimentos estudados, uma vez que as extensas coberturas pedológicas injetadas no endocarste são produtos de alteração de suas rochas, com destaque para siltitos argilosos

e, subordinadamente, arenitos e lentes de margas e calciarenitos muito finos. As rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas são muito puras e não geram resíduos insolúveis suficientes para explicar a grande espessura de solos encontrada atualmente em boa parte da região (Shizato, 1998).

O contato entre os dois membros da Formação Sete Lagoas é variável. Pode ser transicional, abrupta ou interdigitada. O contato com a Formação Serra de Santa Helena também é variável: transicional, com intercalações de margas, ou discordante (Berbert-Born, 2002).

As rochas da área encontram-se variavelmente deformadas, em grau de metamorfismo fraco, com predominância de estruturas sub-horizontais: laminações e bandamentos correspondem a foliações tectônicas coincidentes com o plano de acamamento original, este último já transposto, especialmente na metade oriental da área onde a deformação é mais intensa (domínio estrutural II, Figura 2B).

Estruturas rúpteis estão representadas por famílias de fraturas de alto ângulo (subverticais), cujas freqüência e direção variam conforme cada um dos litotipos e o domínio estrutural ou deformacional (Berbert-Born, 2002).

Ambos os tipos de estruturas, dúcteis sub-horizontais e rúpteis subverticais, têm papel fundamental no desenvolvimento das cavernas da região, e controlam a morfologia do endocarste da área.

Complementarmente, unidades cenozóicas detrítico-lateríticas e elúvio-coluvionares ocorrem como superfícies residuais de aplainamento e cobrem grande parte da região (Berbert-Born, 2002), sendo freqüentemente transportadas para o interior das cavernas (Piló, 1998).

### **1.3 A escavação da gruta Cuvieri e o projeto temático**

Desde 2002, a equipe do projeto temático “Origens e microevolução do homem na América: uma abordagem paleoantropológica” (processo FAPESP nº. 04/01321-6), coordenada pelo Prof. Dr. Walter Neves, vem executando diversos trabalhos na região do Carste de Lagoa Santa, com o intuito de esclarecer os principais aspectos relacionados às primeiras ocupações do homem nas Américas.

Uma das ações nesse sentido é a escavação da gruta Cuvieri, uma cavidade que contém restos esqueléticos de fauna pleistocênica-holocênica, extinta ou ainda vivente. O objetivo principal da intervenção é a geração de dados sobre a megafauna da região, tais como cronologia de sua extinção, evidências de convívio com as populações de paleoíndios, sua diversidade taxonômica e processos tafonômicos associados à gênese de depósitos fossilíferos em cavernas.

Várias grutas na região de Lagoa Santa contêm restos de animais extintos mas a gruta Cuvieri foi escolhida devido ao fato de ser ainda inexplorada, possuir facilidade de

acesso e principalmente devido à grande abundância de ossos de animais da fauna pleistocênica-holocênica encontradas em seu interior. Apesar de sua extensão não ser grande, sua morfologia mostrou-se muito apropriada para o acúmulo de ossos: seu principal conduto, horizontal e retilíneo, localiza-se na base de uma dolina e conduz a três abismos sem saída, batizados de *Locus* 1, 2 e 3 (Anexo I).

Restos de megafauna já foram encontrados nos três *Loci*, inclusive com indivíduos articulados e bastante completos de *Catonyx cuvieri* (preguiça de médio / grande porte segundo classificação de Toledo, 1998) nos *Loci* 1 e 3, e *Smilodon populator* (tigre-dente-de-sabre) no *Locus* 2. Além disso, restos esqueléticos de fauna sub-recente (espécimes fósseis de espécies atuais, tais como tatus, porcos-do-mato, roedores e principalmente cervídeos) foram encontrados nos *Loci* 2 e 3, e já totalizam mais de 10.000 peças. O Quadro 1 sintetiza as classes taxonômicas de animais encontradas até o momento.

Quadro 1 – Lista de taxa encontradas na gruta Cuvieri.

<i>Taxum</i>	Nome popular	<i>Locus</i>	<i>Taxum</i>	Nome popular	<i>Locus</i>
<b>Mylodontidae</b>			<b>Dasypodidae</b>		
<i>Catonyx cuvieri</i>	Preguiça-terrestre	1, 3	<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba	2, 3
<i>Valgipis bucklandii</i> †	Preguiça-terrestre	3	<b>Rodentia</b>		
<b>Megatherioidea</b>			<i>Agouti paca</i>	Paca	2, 3
sp. indeterminada	Preguiça-terrestre	2	Outras sp.	Roedores	2, 3
<b>Tapiridae</b>			<b>Lagomorpha</b>		
<i>Tapirus terrestris</i>	Anta	2, 3	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Lebre	2, 3
<b>Felidae</b>			<b>Chiroptera</b>		
<i>Smilodon populator</i>	Tigre-dente-de-sabre	2	sp. indeterminada	Morcego	3
<i>Panthera onca</i>	Onça-pintada	3	<b>Marsupialia</b>		
<b>Canidae</b>			sp. indeterminada	Marsupiais	2, 3
sp. indeterminada	Canídeo	2	<b>Aves</b>		
<b>Cervidae</b>			sp. indeterminada	Ave	2, 3
<i>Mazama sp.</i>	Veados	2, 3	<b>Squamata</b>		
sp. indeterminada		2, 3	sp. indeterminada	Lagartos, serpentes	2, 3
<b>Tayassuidae</b>			<b>Lissamphibia</b>		
<i>Tayassu pecari</i>	Queixada	2, 3	sp. indeterminada	Anuros (sapos)	2, 3
<i>Tayassu tajacu</i>	Cateto	2, 3			

† Espécie recém descoberta, descrição ainda no prelo (Cartelle, com. pess.)

Os sedimentos escavados têm características distintas nas diferentes cavidades. No *Locus* 2, até o presente momento, o material removido é bastante homogêneo. Já no *Locus* 3, onde foram abertas três frentes de escavação (designadas de sul para norte *Locus* 3A, 3B e 3C – Anexo I), os sedimentos encontrados apresentam uma série de heterogeneidades quanto a conteúdo fossilífero, cor, textura e cimentação. Além disso, espeleotemas (capas estalagmíticas) ocorrem intercalados aos depósitos clásticos, fato que evidencia hiato na deposição e possível mudança no regime hídrico. De fato, diversos autores relacionam a existência de intercalação de depósitos clásticos e químicos com eventos climáticos secos e úmidos, respectivamente (Couto, 1971; Auler *et al.*, 2006).

Em cada um dos *Loci* estudados, escolheu-se uma área de escavação menor que a superfície total, com o propósito de manter um testemunho do pacote paleontológico original, para eventuais futuras escavações com técnicas mais modernas.

O procedimento de escavação faz parte de nova proposta de metodologia de trabalho em escavações paleontológicas no Brasil, adaptação do método arqueológico de “decapagem por solos de ocupação”. A adaptação do método consiste na exposição lenta e controlada dos estratos. Ao expor-se um osso, o sedimento é removido até a sua base, com o intuito de restituir sua superfície de deposição. À medida que esse procedimento se estende para os vários ossos encontrados naquela fase de escavação, tem-se a superfície aproximada na qual aqueles elementos esqueléticos foram depositados. Uma vez que essa “decapagem” se tenha estendido por toda a superfície de escavação, tem-se o que é chamado de “exposição”. As exposições são numeradas seqüencialmente, à medida que a escavação se aprofunda.

Cada exposição é desenhada (escala 1:5) para que a posição de todos os ossos seja registrada. Cada osso recebe então um número de referência e é removido da superfície (Figura 3). Os desenhos são referidos a uma malha (*grid*) estabelecido antes do início das escavações, marcada nas paredes da caverna e utilizada nas diferentes etapas de campo. Esta malha consiste de dois eixos ortogonais, horizontais, graduados a cada 10 cm. Tal configuração define um plano cartesiano onde o eixo E-W marca as coordenadas “X” e o eixo N-S as coordenadas “Y”, ao passo que medidas verticais em relação aos eixos fornecem a coordenada “Z” do ponto de descrição ou coleta.

Ao final de cada exposição, diversas “cotas” (coordenadas Z) são tomadas ao longo dos eixos, com o intuito de estimar a profundidade da exposição, bem como suas posições relativas.

Esse procedimento permite controle rigoroso da posição dos ossos e outros materiais coletados dentro do depósito, bem como a observação e amostragem de variações laterais e verticais de sedimentos.

Com o objetivo de evidenciar as fontes de ossos e a distribuição dos sedimentos da gruta, foram abertas tradagens em vários pontos, além das frentes de escavação na base dos abismos e fendas associadas (*Locus* 2, 3A, 3B e 3C).

Duas trincheiras foram escavadas ao longo do conduto principal (Sondagem 1 da Gruta Cuvieri - longitudinal ao conduto; Sondagem 2 da Gruta Cuvieri - transversal), uma na região denominada “átrio norte” (Tradagem Átrio Norte) e outra na entrada na gruta (Sondagem 1 do Abrigo Cuvieri) (suas localizações estão destacadas no Anexo I). O método de escavação nestas frentes foi diferente, sem a definição de malhas e através de níveis artificiais horizontais de 5 cm ou 10 cm, independentemente da posição do material

presente. A mudança no método justificou-se uma vez que a abundância de material ósseo nestas áreas é muito pequena, e a escavação por níveis artificiais é mais expedita.

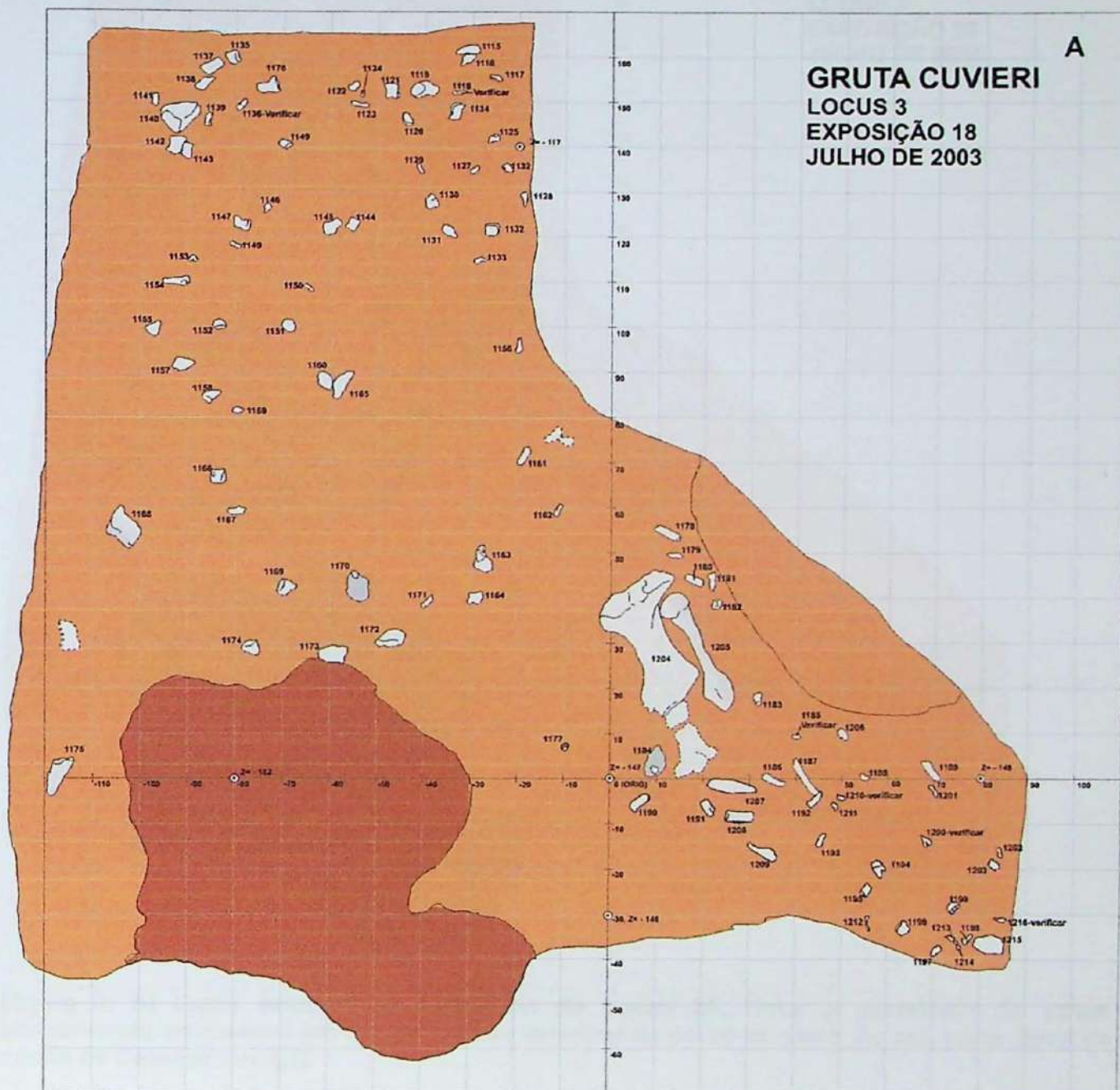


Figura 3: a) Exemplo de exposição do *Locus 3A*. Próximos aos ossos estão seus números de referência (ossos sem número e com contornos pontilhados não foram removidos naquela exposição). As cores da superfície representam sedimentos distintos (cor e textura ao toque).

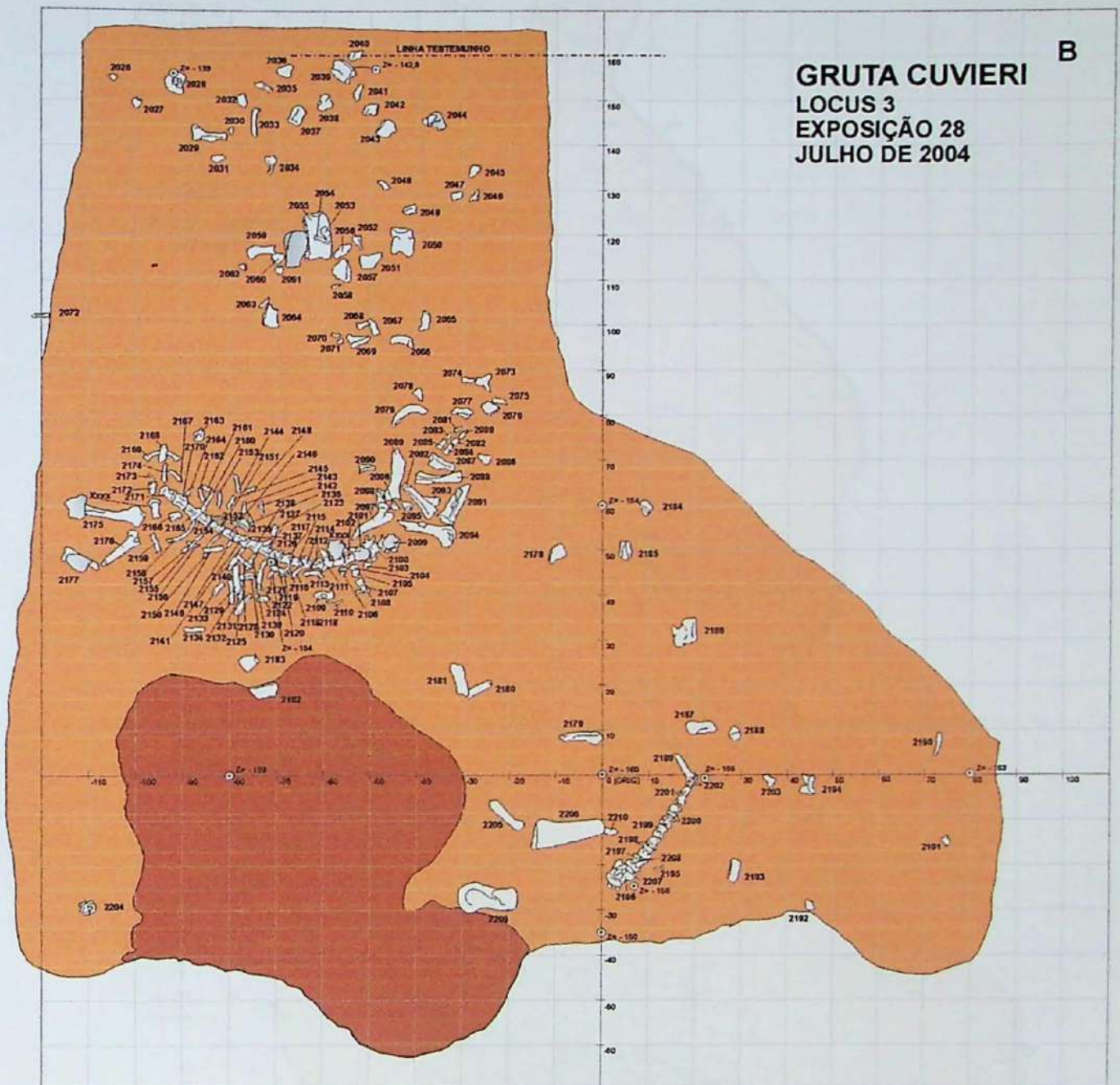


Figura 3: b) Outro exemplo de exposição do *Locus* 3A. Notar a ocorrência de ossos parcialmente articulados (ao centro, coluna vertebral de porco-do-mato. Ao sul, parte distal de cauda de *Catonyx cuvieri*).

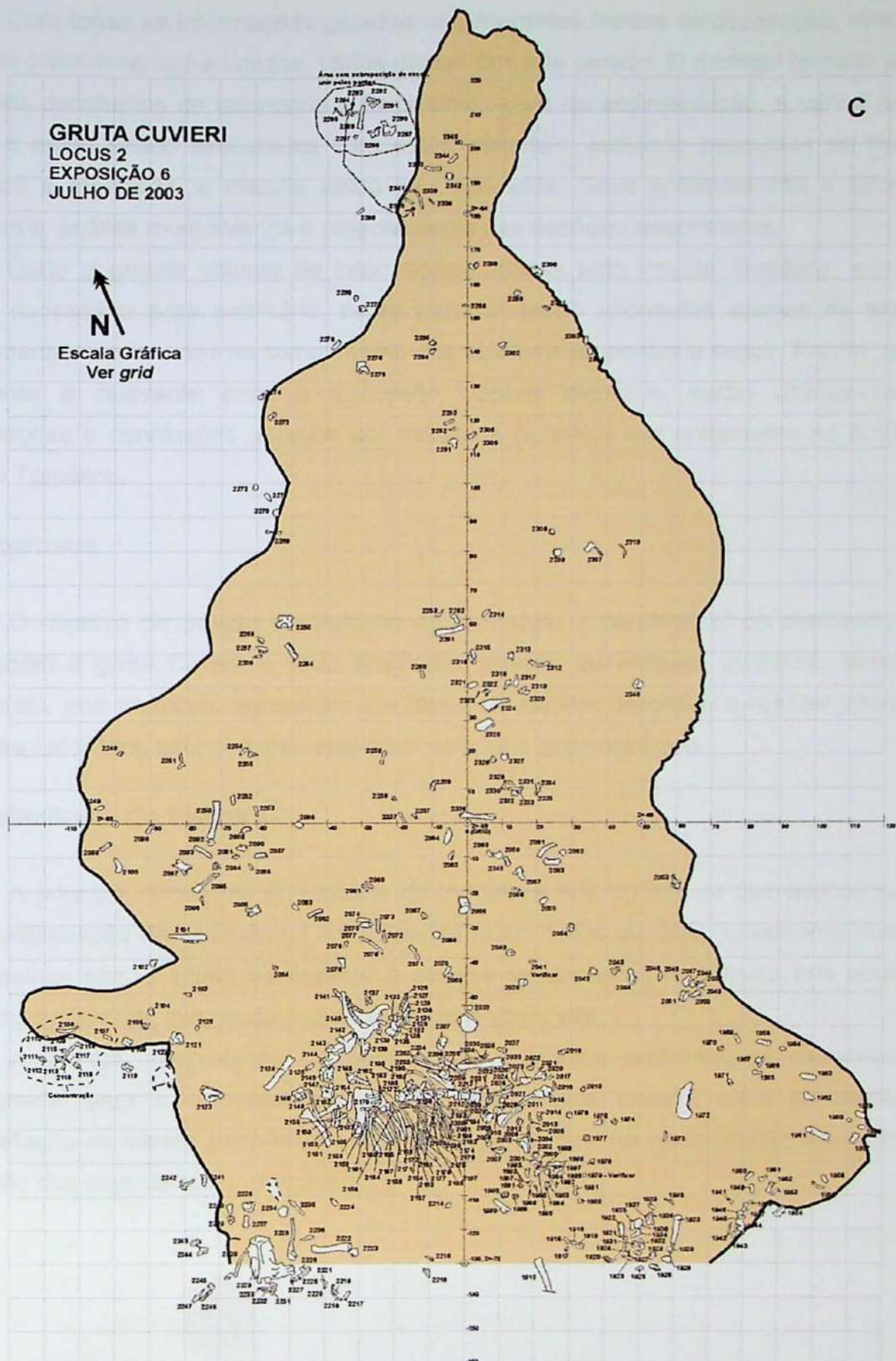


Figura 3: c) Exemplo de exposição *Locus 2*. Indivíduo semi-articulado no centro é de cervídeo.

Realizou-se ainda, uma série de tradagens ao longo da vertente da dolina localizada em frente à gruta (Anexo I). As perfurações foram feitas com trado mecânico, até profundidades da ordem de 8m.

Com todas as informações geradas nas diferentes frentes de escavação, através da série de procedimentos adotados, vários dados têm sido gerado. O material retirado permite trabalhos detalhados de tafonomia e taxonomia, além da sedimentação, e vários projetos foram e estão sendo executados com estes materiais, incluindo pesquisas de iniciação científica e mestrado, a maioria ainda não concluída. Seus enfoques são a tafonomia, taxonomia, análise morfométrica e paleoecologia das espécies encontradas.

Dado o grande volume de informações obtidas pelo Projeto Temático, e o longo tempo necessário para analisá-lo, neste trabalho serão abordados apenas os aspectos estritamente relacionados ao cumprimento dos objetivos propostos a seguir. Porém, quando pertinente e relevante para a discussão desses aspectos, serão citadas também observações e conclusões geradas por trabalhos paralelos em andamento no âmbito do Projeto Temático.

#### **1.4 Objetivos**

O objetivo do projeto de trabalho de formatura é caracterizar os sedimentos que preenchem a gruta Cuvieri e seus arredores, através de análises químicas, texturais e estruturais, que permitam agrupá-los em fácies de caráter descritivo e realizar inferências sobre os processos sedimentares atuantes neste sítio paleontológico.

#### **1.5 Relevância do trabalho**

A principal relevância do trabalho de formatura está no fato de que poucos estudos de caracterização de sedimentos em cavernas foram feitos até hoje. Igualmente raros são os trabalhos com o intuito de explicar a gênese de depósitos fossilíferos nos ambientes cársticos brasileiros, apesar de sua abundância e variedade.

A correta interpretação da gênese dos depósitos sedimentares cavernícolas é fundamental para a compreensão da formação destes fósseis, além de auxiliar na interpretação de vieses tafonômicos que possam interferir na reconstrução da ecologia e evolução dos organismos encontrados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1 Estudos prévios na área

O carste de Lagoa Santa vem sendo estudado sistematicamente sob vários enfoques, desde estudos acadêmicos paleontológicos até investigações aplicadas para a indústria de cimento (Piló, 1998).

Não existem publicações específicas sobre a sedimentação no endocarste da região, mas Piló (1998), estudando a depressão poligonal Macacos-Baú, muito próxima da gruta escavada neste projeto, observou uma série de características comuns nos sedimentos de caverna da região:

- Sedimentos clásticos associados a capas estalagmíticas são encontrados em vários níveis das cavernas, geralmente a mais de 1m acima do nível do piso atual. São principalmente brechas, com diferentes graus de cimentação.

- Seções transversais à direção principal de preenchimento das cavernas evidenciam evolução policíclica, com sobreposição de eventos de erosão e sedimentação.

- Normalmente, os sedimentos são mal selecionados, apresentam variação faciológica muito grande e integram seqüências complexas e com geometria irregular de preenchimento dos condutos.

- Predominam depósitos de fluxos sedimentares gravitacionais, possivelmente associados a processos de entrada de caverna, sob regime vadoso.

Essas e outras características típicas dos sedimentos de caverna da região estão presentes na gruta Cuvieri. Como exemplo, pode-se citar a brecha de ossos encontrada no *Locus* 3C, muito semelhante à descrita por Neves *et al.* (2004) na gruta da Caianga, esta com idade mínima (U/Th) de 323.300 anos (idade obtida em capa estalagmítica associada). Outro exemplo são as brechas aderidas às paredes no conduto principal da Cuvieri, freqüentemente cobertas por escorrimentos estalagmíticos, similares às encontradas na gruta do Baú. Estas brechas seriam indicativas de colmatação quase total de conduto.

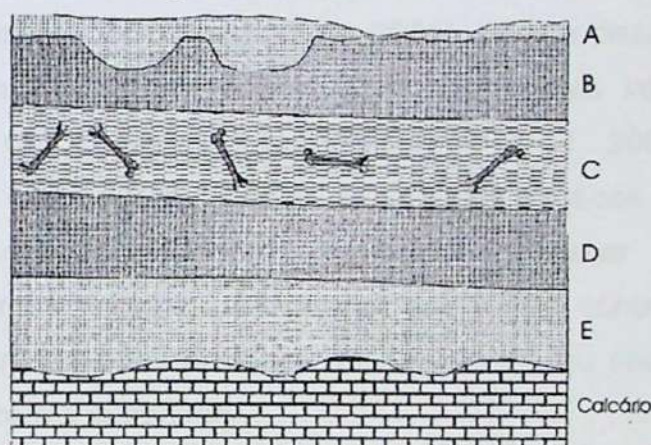
Apesar de certa previsibilidade nos tipos de depósitos encontrados nas cavidades, não há uma seqüência estratigráfica típica para todas as cavernas da região. Essa variação estratigráfica ou faciológica está relacionada ao tipo de conexão com a superfície e à morfologia da caverna, que controlam diferenças de processo e dinâmica sedimentar.

Outra vertente de estudos importante da área é a paleontológica, a ponto da região de Lagoa Santa ser conhecida como o "berço da paleontologia brasileira". Os primeiros estudos paleontológicos da região foram realizados em meados do século XIX, por Peter Wilhelm Lund. Já nessa época, ao estudar os depósitos fossilíferos no interior das cavernas, Lund propôs cinco mecanismos capazes de depositar restos de vertebrados dentro das cavidades: morte de animais que viviam na caverna e nela morriam; entrada nas cavernas de indivíduos em busca de água, salitre ou abrigo de predadores e eram incapazes de

retornar; transporte de carcaças por predadores; queda em abismos; transporte de carcaças através de fortes fluxos de água (Auler, 2002). A maior parte deles é aceito ainda nos dias de hoje (Simms, 1994).

Em seus trabalhos pioneiros, Lund dispensou parte de sua atenção aos processos responsáveis pela geração e preenchimento das grutas de Lagoa Santa (Auler, 2002). Com o desenvolvimento de estudos mais recentes na área, várias de suas observações mostraram-se corretas, entre elas as principais fontes de sedimentos: fendas e vertentes próximas às entradas.

Lund propôs uma estratigrafia modelo para as cavernas, definida na Lapa Nova de Maquiné (Figura 4), embora alguns de seus contemporâneos tenham argumentado corretamente que nem sempre a seqüência encontrada era aquela (Peter Clausen, por exemplo, conforme mencionado por Auler 2002, admitia ter visto até sete capas estalagmíticas em uma caverna da região). Ainda assim, os depósitos descritos por Lund têm ampla ocorrência, inclusive na gruta Cuvieri.



**Figura 4:** Estratigrafia padrão definida por Lund para a Lapa Nova de Maquiné. A. Delgada camada de argila fina, com húmus negro e alguns pequenos ossos e fragmentos de calcário (por vezes esta camada não ocorre); B. Capa estalagmítica fina, com cavidades preenchidas pelo sedimento inferior; C. *Diluvium*, terra vermelha de espessura variável, com fragmentos de calcário e abundantes ossadas fósseis - frequentemente endurecida devido à cimentação; D. Capa estalagmítica, mais espessa que "B", e de estrutura mais cristalina; E. Massa branca afossilífera, produto da decomposição do calcário. Apenas as três primeiras camadas são características da maioria das cavernas de Lagoa Santa (extraído de Auler, 2002).

Outra observação de Lund diz respeito ao processo gerador de capas estalagmíticas. Segundo o naturalista, gotejamento muito lento geraria estalagmites, ao passo que gotejamento muito rápido seria responsável pela erosão do substrato. Assim, o gotejamento deveria ocorrer com intensidade intermediária entre essas duas condições, suficiente para que as gotas escorressem para os lados das estalagmites sem erodir o substrato (Auler, 2002).

Ainda aventado por Lund é o fato de que o fundo das cavernas com aberturas para o norte apresentam grandes quantidades de blocos calcários, em contraposição às cavernas com aberturas para o sul. Este fato foi usado pelo naturalista como evidência de que o fluxo

diluviano que ele defendia tivesse ocorrido de norte para sul (Auler, 2002). Na gruta Cuvieri, a fenda que abriga o *Locus 3* tem de fato abertura para norte hoje completamente obstruída por blocos, o que não é suficiente, porém, para confirmar o padrão de fluxo interpretado por Lund.

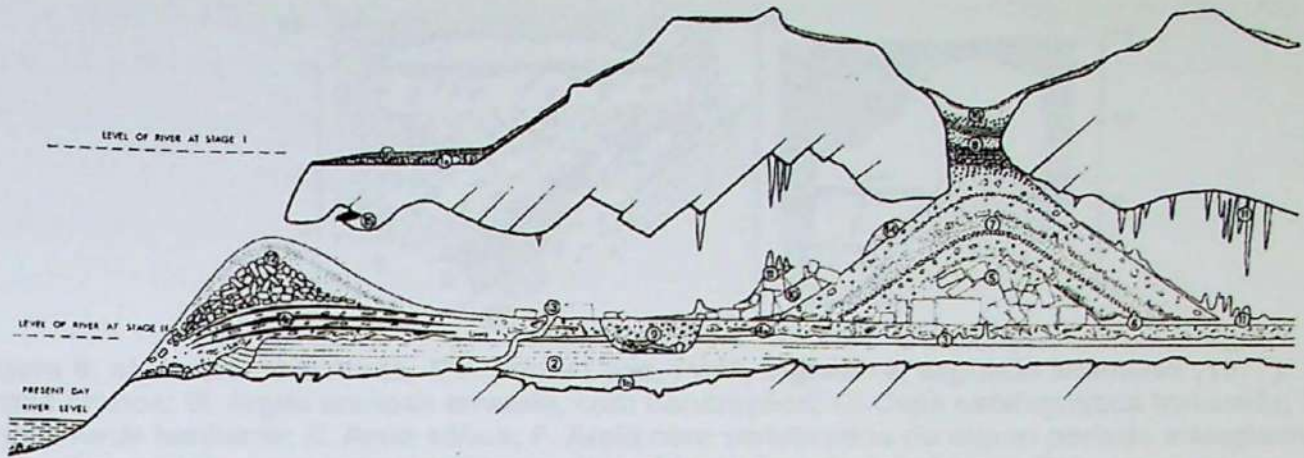
A idade dos sedimentos escavados por Lund é muito variável, tanto para depósitos clásticos quanto químicos. Na gruta do Sumidouro, por exemplo, capas estalagmíticas intercaladas aos sedimentos clásticos foram datadas desde >238.000 até <11.400 anos (Neves *et al.*, 2004). Para esse longo período, admite-se o predomínio de morfogênese ativa, durante a qual eventos de intensa precipitação induziam a instabilidade física da superfície e acarretavam fluxos gravitacionais capazes de transportar e depositar grandes volumes de sedimentos da cobertura. Além disso, também seria importante na região a contribuição de material do epicarste, transportado através de fendas alargadas.

Os depósitos químicos têm amplo espectro de idade, embora haja pequena concentração entre aproximadamente 7.600 e 14.800 AP, fato indicativo de uma fase úmida para este período (datações U/Th, Neves *et al.*, 2004). Apesar dessa evidência, os estudos paleoclimáticos para o Pleistoceno e Holoceno são muitas vezes contraditórios, ora indicando climas mais secos, ora mais úmidos (Araújo *et al.*, 2004, Neves *et al.*, 2004). Apesar da premissa de que a intercalação de sedimentos clásticos e químicos podem estar relacionada a mudanças climáticas, é importante ressaltar que estas mudanças deposicionais podem também ser devido a fatores mais locais, controlados pela evolução da caverna, tais como represamentos devido a desabamentos ou abertura e entupimento de condutos ou conexões com a superfície.

## 2.2 Sedimentação em cavernas

Cavernas funcionam como grandes "armadilhas" para sedimentos e acumulam sedimentos clásticos, químicos e orgânicos durante sua evolução (Figura 5). Dada essa variedade de tipos de sedimentos, várias são as propostas para sua classificação (Ford & Williams, 1996; Gillieson, 1996). Uma das mais utilizadas divide os sedimentos em alóctones e autóctones, conforme sejam gerados fora ou dentro do ambiente cavernícola, respectivamente. De acordo com essa classificação, a areia transportada por um rio seria exemplo de material alóctone, e os blocos resultantes de eventos de desabamento, de material autóctone.

Sedimentos cavernícolas variam em tamanho, forma, estrutura e composição, provavelmente mais que em qualquer outro ambiente deposicional, e alguns de seus processos deposicionais têm características exclusivas de áreas cársticas (Jennings, 1985).



**Figura 5: Seção de uma caverna hipotética com depósitos fossilíferos (extraído de Sutcliffe, 1978). Nela são representados os principais tipos de depósitos encontrados.**

Os dois principais processos deposicionais responsáveis pela inserção de sedimentos clásticos em cavidades cársticas são os fluxos gravitacionais e as correntes e inundações fluviais.

O primeiro processo gera diversos tipos de depósitos, incluindo desabamento de caverna, cones de detritos sob fissuras e brechas ou paraconglomerados de fluxo de lama.

Os desabamentos são eventos tão importantes quanto erosão ou corrosão durante a evolução de uma caverna (Bögli, 1980), especialmente nas fases finais de sua evolução, quando a água abandona os condutos e o regime de esforços do maciço rochoso deforma o teto e as paredes (Gillieson, 1996). Os materiais resultantes dos colapsos naturais, compostos principalmente de blocos e matacões, comumente são intercalados com produtos alóctones, ou incorporados a eles (Jennings, 1985).

Alguns agentes erosivos, e especialmente alguns tipos de fluxos gravitacionais, só afetam as entradas das cavernas, e as partes mais próximas. Devido a isto, há um grande espectro de depósitos e estratigrafias mais complexas nesses pontos: as superfícies deposicionais podem apresentar forte mergulho e associações a materiais arqueológicos tornam-se aí mais comuns (Figura 6a). Estes sedimentos são chamados de “fácies de entrada” por alguns autores (Jennings, 1985) e neles, os materiais da superfície são intercalados ou misturados aos materiais autóctones.

O outro tipo principal de depósitos cavernícola, o de origem fluvial, pode ser de canal ou planície de inundação, em clara analogia aos cursos superficiais. A principal diferença em relação aos sistemas fluviais superficiais é que água e sedimento ficam confinados dentro de condutos, fato que gera dois efeitos principais: flutuações dramáticas no nível de água e aumento na possibilidade de retrabalhamento e erosão de sedimentos previamente depositados (Gillieson, 1996) – Figura 6b.

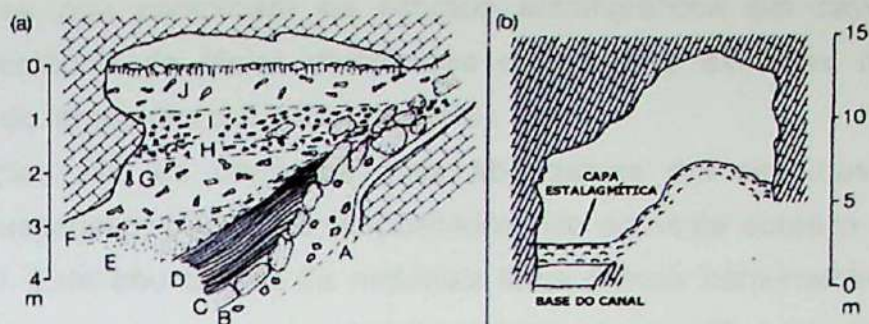


Figura 6: a) Fácies de entrada, *Elderbush Cave, Peak*, Inglaterra, segundo Bramwell (1977): A. Argila branca; B. Argila arenosa amarela, com concreções; C. Capa estalagmítica fraturada; D. Argila verde laminada; E. Areia eólica; F. Areia com vertebrados do último período interglacial; G. Argila vermelha com ossos de faunas de ambiente quente e úmido; H. Tálus com ocupação do Paleolítico tardio e fauna de ambiente frio; I. Tálus de congelamento do último Glacial; J. Argila marrom com cascalho, com superfície húmica e restos da Idade do Bronze até Romana; b) Seção de conduto em *Borenore Cave*, onde o fim do fluxo de rio permitiu a formação de capa estalagmítica por todo o chão, antes do fluxo ser retomado e remover seu suporte, segundo Frank (1973) (figura modificada de Jennings, 1985).

Uma particularidade é que a lei de superposição é freqüentemente violada devido a vários efeitos, entre eles: contração (sedimentos mais antigos sofrem contração e permitem o ingresso de sedimentos mais recentes, através de discontinuidades internas ou com as paredes dos condutos), intrusão de espeleotemas (capas estalagmíticas intercaladas a sedimentos podem ter sua base erodida, mas não seu topo; em seguida, novos eventos podem depositar materiais mais recentes abaixo desta capa) e enterramento (por exemplo. sedimentos intensamente cimentados, erodidos, com testemunhos aderidos a paredes ou tetos, posteriormente envolvidos por materiais mais recentes). Além disso, corpos sedimentares separados verticalmente em uma passagem, ou em várias passagens e cavernas, normalmente estarão estratigraficamente invertidos (Jennings, 1985, Figura 7).

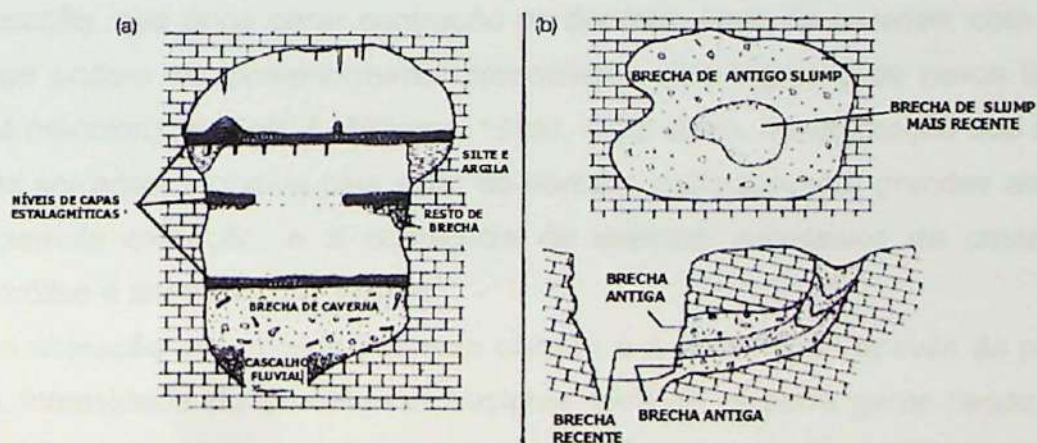


Figura 7: Exemplos de estratigrafias complexas em cavernas. a) capa calcítica depositada sobre preenchimento clástico que é progressivamente removido, segundo Pengelly (1864), *Deep Cave, Walli*. b) depósitos mais jovens cercados por mais antigos, através de escorregamento do núcleo, segundo P. Osborne (comunicação pessoal) (figura modificada de Jennings, 1985).

Outros fatores que complicam os estudos estratigráficos em cavernas são a possibilidade da existência de fácies diacrônicas e variações extremas nas taxas de deposição ao longo do tempo (Ford & Williams, 1996).

Siltes e argilas são os depósitos mais abundantes em cavernas. Como são transportados em suspensão, podem ser depositados não somente sobre o piso mas em paredes e até tetos. Esta abundância de materiais finos é mais comumente interpretada como de origem alóctone, uma vez que calcários bastante carstificáveis têm, no geral, menos de 5% (e até 1%) de impurezas (Bögli, 1980). Assim, sua dissolução não é a grande responsável pelas argilas dentro de cavernas.

Estes materiais finos, por vezes associados a material mais grosseiro, também podem ser encontrados em pequenas quantidades nos tetos ou a certa altura nas paredes e em geral são interpretados como evidências de que o conduto já teve espessas acumulações sedimentares, posteriormente erodidas em maior parte. No entanto, Jennings (1985) chama a atenção para o fato de que tais sedimentos podem constituir depósitos de canal que registram antigos níveis de entalhamento e morfologia de conduto, quando este era menor e mais elevado. Além disso, o aumento do volume de água estagnada depois de enchentes, associado à existência simultânea de diferentes nichos com morfologia apropriada para o represamento da água e a decantação de finos, permitem a deposição de argilas em vários níveis, ao mesmo tempo.

Muitas vezes o volume de sedimento parece desproporcional às possibilidades de entrada na superfície (Jennings, 1985). Este efeito é especialmente notado quando as conexões estão obstruídas e suas reais dimensões não podem ser determinadas com precisão.

Sedimentos cavernícolas estão ainda sujeitos a alterações pós-deposicionais, entre eles dessecação, que pode gerar contração do depósito junto às paredes, com criação de espaços que podem ser posteriormente preenchidos pelo ingresso de novos sedimentos, conforme já mencionado (Ford & Williams, 1996). Além disso, a bioturbação dos sedimentos próximos às entradas, inclusive pela ação do homem, pode provocar grandes alterações. A secagem permite oxidação, e a ocorrência de eventos sucessivos de umedecimentos provoca hidrólise e alteração das argilas.

Uma alteração diagenética bastante comum é a cimentação através de precipitação química. A intensidade do processo é bastante variável, e pode gerar desde pequenos cristais isolados, em vazios, até intenso endurecimento do depósito por precipitação sistemática de carbonatos nos poros (Ford & Williams, 1996).

A diagênese de sedimentos dentro de cavernas depende principalmente de porosidade e textura (Gillieson, 1996), e apesar de ocorrerem em ambientes onde soluções saturadas em carbonato são comuns, nem sempre o cimento é carbonático. Laureano (1998), por exemplo, ao estudar os sedimentos do sistema Lapa Doce – Torrinha (BA),

encontrou três tipos de cimento: silicático, ferruginoso e carbonático, sendo o último o menos abundante.

### 2.3 Tafonomia

Na gruta Cuvieri, observa-se variedade tafonômica, relacionada aos tipos de restos esqueléticos encontrados. Eles podem ser divididos em dois grupos tafonômicos principais: a) acumulações de ossos desarticulados e desorientados, principalmente fragmentos, com presença subordinada de ossos inteiros esparsos; b) indivíduos bem articulados e completos (incluindo espécime de *Catonyx cuvieri*), com alguns ossos esparsos associados.

Sabe-se que diversos fatores são responsáveis pela quebra, desarticulação e espalhamento de ossos em uma tanatocenose, e que alguns desses fatores são incompatíveis com a preservação de ossadas inteiras (Holz & Simões, 2002). Assim, a existência de tanatocenoses com características tão distintas, aparentemente contraditórias, ainda carece de uma explicação.

Ainda segundo Holz & Simões (2002, p.20): "dentro da ótica da tafonomia, os restos orgânicos são partículas sedimentares, sujeitas aos mesmos processos de erosão, transporte e deposição, sofrendo as mesmas conseqüências que os litoclastos: mistura de elementos, desgaste físico-químico, seleção hidráulica e retrabalhamento; incluindo aí também os fatores diagenéticos como compactação, cimentação e dissolução diferencial".

Assim, a existência de bioclastos como os encontrados na gruta Cuvieri deve ser investigada cuidadosamente, pois pode refletir as condições de transporte do sedimento, ou processos tafonômicos ocorridos *in situ*. Dentro desse contexto, o processo incorporador de fósseis deve ser levado em conta, uma vez que pode ser responsável por várias das assinaturas tafonômicas encontradas nos ossos.

Estudos recentes (Simms, 1994) apontam cinco principais tipos de processos incorporadores de ossos no endocarste (Quadro 2), quase todos já descritos por Peter Lund em seus trabalhos no século XIX.

**Quadro 2 – Processos para a inserção de ossos em cavernas, segundo Simms (1994).**

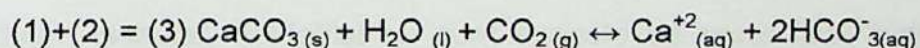
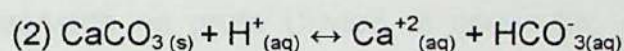
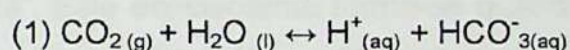
Tipo	Processo
Autóctone biótico	Morte de animais cavernícolas que vivem total ou parcialmente em cavernas
Alóctone biótico	Deposição de restos alimentares de predadores cavernícolas
	Queda em <i>pit fall</i> ("poços") ou sumidouros; extravio na caverna
Alóctone abiótico	Enchentes, escorregamentos e colapsos
	Retrabalhamento de fósseis contidos na rocha do maciço carstificado ou das rochas circundantes

Ao caracterizar restos de vertebrados em terrenos cársticos, é preciso observar três aspectos principais: composição faunística, critérios tafonômicos e critérios geomorfológicos e sedimentológicos. Assim, a descrição dos sedimentos é capaz de discriminar se os depósitos estudados foram transportados por água, vento ou gelo; bem como se são infiltrações de fissuras no topo do carste ou se compõem o tálus de entrada, resultantes de processos como solifluxão, colapsos e deslizamentos (Simms, 1994).

## 2.4 Depósitos químicos em cavernas

Espeleotemas são depósitos químicos típicos de cavernas, gerados pela precipitação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por soluções saturadas. Essas soluções são enriquecidas em  $\text{CaCO}_3$  através da dissolução das rochas carstificadas, em sua maioria carbonáticas.

A reação de dissolução só é possível em grande escala, porque as soluções tornam-se ácidas através do enriquecimento em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), na atmosfera e em processos biológicos, antes de entrarem em contato com os carbonatos. As reações químicas básicas são (Barbieri, 1993):



Ao percolar o maciço rochoso, as soluções são enriquecidas em Ca e hidrogenocarbonato (equação 3). Ao atingirem as cavernas, as soluções perdem  $\text{CO}_2$  (devido a diferenças nas concentrações solução-atmosfera) e  $\text{H}_2\text{O}$  (evaporação). Estes processos deslocam o equilíbrio da reação 3 no sentido da geração de reagentes, promovendo a precipitação de  $\text{CaCO}_3$ , principalmente dos polimorfos calcita/aragonita.

Na gruta Cuvieri, os espeleotemas mais comuns são estalactites, estalagmites, capas estalagmíticas (escorrimentos calcíticos), couves-flor e pequenas pérolas. A seguir, serão apresentados alguns aspectos da gênese de cada uma dessas morfologias.

Estalagmites e estalactites são os espeleotemas mais comuns em cavernas. São produzidos através de intenso gotejamento ou fluxo relativamente lento, que permite às gotas aderirem por tensão superficial aos tetos e paredes inclinadas. As bordas da superfície de contato, entre a gota e o substrato, apresentam formas circulares, e por constituírem locais mais favoráveis à evaporação e perda de  $\text{CO}_2$  induzem a precipitação de pequenos anéis carbonáticos na superfície da rocha (Barbieri, 1993).

A sucessão deste processo leva à formação de “canudos”, que servem como conduto central para a água descendente, geradora dos espeleotemas. Se este “canal” for bloqueado, as soluções passam a percolar pelo lado externo do espeleotema. O

entupimento dos condutos que alimentam as estalactites pode estar relacionado à passagem de materiais detríticos de granulação silte/argila.

Já as estalagmites formam-se devido a gotejamento dos tetos, associados ou não a estalactites. A precipitação ocorre graças ao impacto e ao acúmulo das soluções em partes favoráveis do piso, onde não existam fluxos de água ou sedimento. Seu desenvolvimento é vertical, em camadas sobrepostas, geralmente arredondadas e mais largas que as estalactites, quando estas existem. Pouco gotejamento e alta taxa de evaporação, por exemplo, tendem a gerar estalactites sem estalagmites (Barbieri, 1993).

Os escorrimentos calcínicos são um dos espeleotemas mais comuns segundo Hill & Forti (1997). Seus cristais são perpendiculares à superfície de crescimento e a deposição ocorre em finas camadas ou bandas, que podem conter detritos ou cavidades com gás. Em geral são subaéreos e formam-se onde delgados filmes de água fluem sobre ampla superfície. Nestas condições, o escape de  $\text{CO}_2$  fica facilitado e o material carbonático precipita-se.

Dosséis (*canopies*) são escorrimentos que se projetam da parede ou de outro espeleotema. Uma de suas variações morfológicas é o dossel clástico, às vezes chamado de "chão falso" ou "capa alada". Este espeleotema forma-se quando o escorrimento cobre sedimentos que são posteriormente erodidos (Figura 7).

Outra morfologia observada na gruta Cuvieri, a couve-flor, é uma variedade de coralóide. Este é um nome genérico que descreve uma variedade de espeleotemas com morfologia nodular, globular, botrioidal ou com aspecto de coral. Seu tamanho varia de pequenos nódulos até massas com mais de 1 m de diâmetro (Hill & Forti, 1997).

A grande variedade de formatos que os coralóides assumem depende de sua evolução particular. Comumente, pensava-se que se desenvolviam em ambiente subaquoso, no entanto agora se sabe que a maioria dos coralóides são subaéreos, gerados pela ação da água em capilares ou filmes delgados. A distinção nem sempre é fácil, mas coralóides em paredes ou áreas de gotejamento, fluxo ou condensação de água implicam origem subaérea. Além disso, diferenças microscópicas também ocorrem (Hill & Forti, 1997).

Pérolas (ou nódulos) desenvolvem-se em reservatórios ou em pequenas cavidades do piso. São soltas, ocorrem isoladamente ou em grupos, eventualmente soldadas entre si ou ao piso. Possuem formas esféricas, elipsoidais ou poligonizadas, e diferentes tipos de superfície. Quando seccionadas, exibem camadas concêntrica e bandadas (Barbieri, 1993).

Estes espeleotemas são gerados quando pequenas partículas soltas no substrato (grãos, ossos, agregados de sedimento) servem de germens para os nódulos carbonáticos, quer estejam imersos nos reservatórios, ou parcialmente submersos nas pequenas cavidades. Exposta à atmosfera da caverna, a solução perde  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ , satura-se e o carbonato precipita-se na superfície do substrato e dos núcleos. O gotejamento contínuo

promove a entrada constante de íons, além de pequena agitação, que gera pequenos deslocamentos nos núcleos. Assim, o carbonato se deposita na superfície do gérmen e depois, concentricamente a este (Barbieri, 1993).

## 2.5 Vertentes e sedimentos

Freqüentemente, as grutas de Lagoa Santa localizam-se na base de paredões rochosos, vertentes íngremes ou dolinas, onde ficam sujeitas à entrada de fluxos de água e sedimento devido ao escoamento superficial e a processos gravitacionais associados (Auler *et al.*, 2006).

A evolução de vertentes é controlada por três fatores básicos: mudanças climáticas, variações no nível de base e movimentações da crosta (Bigarella *et al.*, 1965).

Durante climas úmidos, a vegetação torna-se mais densa, e a espessura do manto de intemperismo aumenta. Quando ocorre uma mudança para clima mais seco, a vegetação regride, os solos ficam menos protegidos, as chuvas tornam-se mais concentradas e a erosão das vertentes aumenta. O regolito pode ser removido por fluxos de massa e a rocha é novamente exposta, dessa vez à morfogênese mecânica, *i. e.* intemperismo físico.

Quando ocorre nova mudança para clima úmido, aumenta a alteração química das rochas, a vegetação torna-se mais densa e os solos tornam-se mais protegidos novamente, embora movimentos de massa possam ocorrer em áreas muito íngremes (Bigarella *et al.*, 1965). Isso ocorre porque o regolito é material bastante permeável, e parte das águas das chuvas infiltra-se no subsolo. Em chuvas rápidas, típicas de climas tropicais, a água não satura todo o manto de intemperismo, mas em chuvas persistentes ou torrenciais (inclusive de clima árido) a saturação é atingida (Mousinho & Bigarella, 1965).

Assim, o regolito pode ser transportado por fluxos de massa ou movimentação individual das partículas, com velocidade dependente, entre outros fatores, de clima e cobertura vegetal.

Essas variações climáticas a que está sujeito o regolito podem condicionar o surgimento de várias inconformidades, camadas coluvionares de épocas distintas e paleopavimentos. Cada uma dessas ocorrências é passível de interpretação paleoclimática, pois demonstram variações nos processos atuantes no ambiente (Mousinho & Bigarella, 1965).

Na área de Lagoa Santa, os depósitos sedimentares que preenchem as cavernas estão predominantemente associados a este tipo de processos, e sua intercalação com depósitos químicos pode refletir alterações climáticas.

## 2.6 Pedologia

A grande imaturidade textural dos sedimentos encontrados na gruta faz necessária uma breve introdução a conceitos de pedologia, para que alguns termos usados neste trabalho sejam compreendidos.

O objeto de estudo da pedologia é o solo. Este material recebe várias definições, de acordo com a abordagem com que é estudado, mas, para o geólogo, uma definição adequada seria a de que solos são "o resultado da alteração das rochas, nos ambientes superficiais". Esses materiais superficiais, depois de gerados, podem sofrer diversos tipos de transporte durante sua evolução, atravessar continentes ou escorregar alguns metros vertente abaixo. Nesse segundo caso, esse materiais podem, sob uma perspectiva sedimentológica, serem chamados de "sedimentos". Porém, nesses casos, os sedimentos ainda poderão guardar várias características herdadas da pedogênese de sua rocha mãe, e mais, poderão ser afetados, após a deposição ou ao na exposição ao final de um ciclo sedimentar completo, por novos eventos pedogenéticos (intemperismo).

A característica mais marcante dos solos é que eles se organizam em horizontes, "camadas" aproximadamente paralelas à superfície e que representam a evolução da ação dos processos intempéricos (Lepsch, 2002). Esses horizontes têm aspecto e constituição diferente, e o estudo de suas características individuais, e mais importante, da associação dos diferentes horizontes, permite a classificação dos solos, e o entendimento de sua gênese e evolução.

Os processos pedogenéticos (aqueles que dão origem ao solo), promovem uma série de alterações em diferentes camadas horizontais, de maneira que estas se tornam cada vez mais diferentes da rocha de origem quanto mais distantes dela (Lepsch, 2002).

Um perfil de solo (corte vertical que vai da superfície até o material que deu origem ao solo) completo e bem desenvolvido possui basicamente cinco tipos de horizontes, chamados horizontes principais, convencionalmente identificados pelas letras maiúsculas O, A, E, B, e C (Lepsch, 2002, Figura 8).

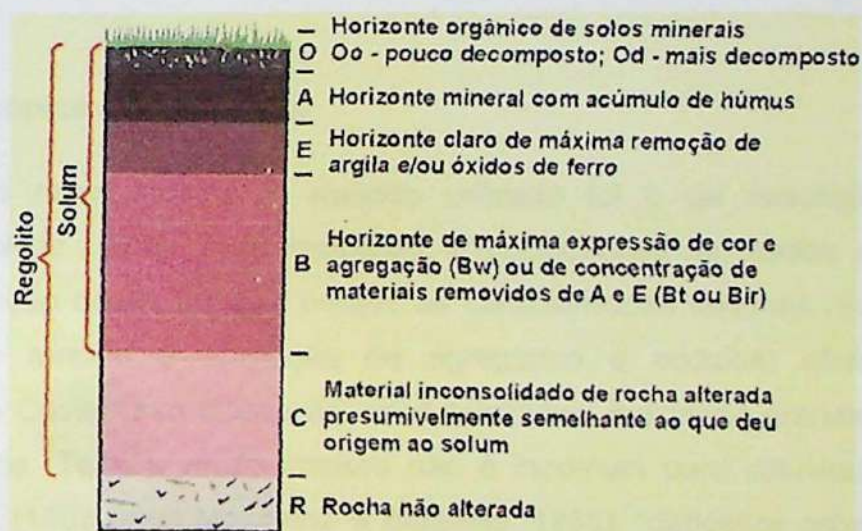


Figura 8: Esquema de um perfil de solo ideal, mostrando os principais horizontes pedológicos (extraído de Lepsch, 2002).

Neste trabalho, quando o termo "horizonte pedológico" for usado, a conotação será a retro-mencionada, ou seja, nível gerado durante a alteração de rochas, *in situ* ou sem evidências de grandes movimentações mecânicas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

---

#### 3.1 Materiais

O material utilizado neste projeto corresponde a amostras coletadas na gruta Cuvieri, em todas as frentes de escavação disponíveis: *Locus* 2, 3A, 3B, 3C, sondagens realizadas no conduto horizontal e na parte externa da gruta, além de tradagens realizadas na vertente frontal às entradas principal e no *Locus* 3C (Anexos I para a localização das áreas escavadas, Anexo II para a lista de amostras descritas). O *Locus* 1 tem acesso muito difícil, e a logística para explorá-lo é cara e complicada. Por este motivo, não vem sendo escavado pelo atual projeto temático.

Durante as etapas de escavação, cerca de 311 amostras de sedimentos foram coletadas nas superfícies das exposições ou retiradas dos testemunhos preservados em cada um dos *Loci*, além de amostras coletadas das paredes das trincheiras. As profundidades dos testemunhos nos *Loci* variam de 1,5 a 4 m, enquanto as trincheiras têm profundidades entre 1 e 3,5 m e áreas entre 1 e 1,5 m<sup>2</sup>. Amostras também foram coletadas a cada metro nas tradagens da vertente da dolina.

Este número de amostras, coletadas em apenas um sítio, é bastante elevado. Foram analisadas apenas as amostras mais representativas de cada pacote sedimentar, descontando-se as repetições, uma vez que a descrição detalhada de cada uma delas é desnecessária e inviável face ao tempo disponível para a realização deste trabalho. Assim, o número de amostras analisadas foi reduzido para 144, entre amostras descritas macroscopicamente, granulometricamente, quimicamente ou através de lâminas delgadas.

#### 3.2 Métodos

##### Descrição macroscópica das amostras

Na descrição macroscópica, o método utilizado foi o de descrição de solos, apresentada por McRae (1988), com traduções e modificações de Santos *et al.* (2005). Optou-se pela utilização desse método porque as características texturais (má seleção) e estruturais (aspecto maciço e formação de agregados e nódulos) observadas nos sedimentos da gruta Cuvieri são típicas de solos alóctones, indicando grande imaturidade textural dos depósitos. Textura muito imatura não é incomum para colúvios, e segundo Plaisance & Cailleux (1958 *apud* Mousinho & Bigarella, 1965): “depósitos coluvionares são pouco estratificados ou não apresentam estratificação alguma, não sendo facilmente diferenciáveis dos solos originais”.

Os parâmetros de descrição de solo utilizados foram: cor (úmida e seca), incluindo a presença de manchas; textura (através de determinação qualitativa); fragmentos na fração

cascalho (>2 mm); estrutura; presença de carbonatos; e intensidade da cimentação carbonática (avaliações qualitativas). Além disso, feições particulares também foram descritas quando presentes, tais como conteúdo fossilífero, raízes, nódulos e concreções.

Segue-se o detalhamento dos procedimentos para a determinação de cada parâmetro. No Anexo III, são fornecidas as tabelas de referência adotadas.

### **Cor**

As cores foram determinadas de acordo com o padrão do Sistema Munsell de cores (*Munsell Color Chart*), no formato: <nome da cor> (código Munsell).

O sistema de cores Munsell é adotado como padrão internacionalmente, pois além de fornecer uma base de referência fixa, elimina problemas de tradução, uma vez que cada cor tem um código específico (Munsell color, 2000). O código é composto de três partes principais: matiz (espectro dominante), valor (tonalidade) e croma (intensidade).

Na determinação da cor, a condição de luminosidade é fundamental. É necessário evitar luz muito forte ou penumbra. No presente projeto, as cores foram determinadas sob luz artificial (lâmpadas incandescentes), sem obstáculos entre a amostra e a fonte.

Outro fator fundamental é a umidade da amostra. A convenção é fornecer a cor da amostra úmida, embora não seja incomum o fornecimento das duas cores, úmida e seca. Neste trabalho preferiu-se fornecer apenas as cores úmidas e permitir certa flexibilidade nas cores de uma fácies, uma vez que a maioria dos sedimentos não é totalmente homogênea quanto a este parâmetro. Dada essa variação, o fornecimento da cor seca iria tornar o texto longo e de difícil compreensão.

As manchas foram descritas de acordo com abundância, tamanho, contraste e cor. O termo "variegado" ficou reservado para amostras nas quais ocorrem várias cores, sem o predomínio de nenhuma delas.

Os nomes das cores obtidas na tabela Munsell foram traduzidos de acordo com convenção fornecida em Santos *et al.* (2005).

### **Textura**

A textura foi determinada através de procedimento qualitativo. A amostra é umedecida e manuseada entre os dedos e, através das sensações táteis, chega-se à classe textural. Ressalva-se que este tipo de determinação textural é bastante subjetivo e está sujeito, entre outros fatores, à experiência do indivíduo que descreve a amostra. Ainda assim, o procedimento é amplamente utilizado na descrição de materiais superficiais.

Os nomes das classes texturais são apresentados no Anexo IV, de acordo com sua posição no triângulo textural. Notar que o termo franco refere-se a misturas das frações argila, silte e areia.

Para as partículas maiores que 2 mm (fração cascalho), foram determinados abundância, tamanho, formato e composição geral, quando possível.

A textura foi refinada em algumas amostras, através de análise granulométrica laboratorial (para detalhes, ver seção "granulometria", neste item 3.2).

### **Estrutura**

Na maioria dos materiais superficiais (solos, colúvios, elúvios, alúvios), as partículas individuais de areia, silte ou argila - cujas proporções determinam a textura - unem-se ou agregam-se em unidades maiores, os agregados estruturais. As partículas individuais são unidas por matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos, sílica e pela própria argila.

A estrutura foi descrita em seu grau de desenvolvimento, tamanho e formato dos agregados. Importante ressaltar que as amostras descritas já haviam sido retiradas de sua posição no depósito, transportadas e acondicionadas em sacos plásticos, todos procedimentos que podem ser responsáveis pela quebra dos agregados. Ainda assim, atenção foi dada a esta propriedade, uma vez que alguns dos materiais apresentam diferenças marcantes.

### **Abundância de carbonatos e cimentação**

A abundância de carbonatos foi determinada qualitativamente, através do gotejamento de solução de ácido clorídrico (HCl 10%). Seus resultados são confiáveis apenas para calcita, mas para os propósitos deste trabalho essa limitação não foi considerada.

Os critérios que expressam a abundância de carbonatos são definidos de acordo com a resposta do material ao gotejamento de ácido, conforme estabelecido na tabela correspondente (ver Anexo IV).

### **Lâminas delgadas**

Para complementar as descrições macroscópicas foram selecionadas algumas amostras para a confecção de lâminas delgadas. Devido ao baixo grau de consolidação da maioria das amostras, optou-se por sua impregnação antes da laminação.

Os procedimentos de impregnação foram realizados no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da USP (Labsed). Assim, as amostras foram secas durante 24 horas em estufa, a cerca de 50°C. Em seguida foram impregnadas em impregnador a vácuo Struers Epovoc, com resina Epoxiglass 1204 (XGY 1109), tingida com corante azul Orasol, para uma avaliação expedida dos poros.

Foram laminados apenas os sedimentos que estavam cimentados ou então possuíam agregados não deformados ("torrões"), que pudessem ser impregnados.

As lâminas foram descritas ao microscópio petrográfico, através de luz transmitida. As descrições foram feitas pela integração dos padrões estabelecidos para rochas psamíticas na apostila do curso GSA 0252 – Sedimentologia (IGC-USP), e daqueles

definidos no “*Guidelines for Analyses and Description of Soil and Regolith Thin Sections*” (Stoops, 2003). A integração justifica-se porque o objetivo da descrição microscópica foi caracterizar os sedimentos, e no caso deste estudo faz-se necessário levar em consideração que, apesar de transportado, os materiais preservam e desenvolvem diversas feições pedogenéticas.

Ao todo, foram confeccionadas e observadas 31 lâminas.

## **Granulometria**

As análises granulométricas foram realizadas nas amostras inconsolidadas ou parcialmente consolidadas com a utilização de analisador de partículas Mastersizer 2000 da Malvern (modelo APA 2000), através de dispersor de amostras por via úmida (Hydro 2000G - modelo AWA 2000). Este equipamento realiza a determinação do tamanho das partículas através da medição da difração de raios laser que elas provocam, em meio aquoso.

As amostras foram submetidas a pré-tratamento para remoção de matéria orgânica durante uma semana, com a intenção de desfazer agregados aglutinados por este material. Neste procedimento as amostras são cobertas por água oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 30%), diariamente, e aquecidas em prancha a cerca de 70°C continuamente.

Antes de serem analisadas pelo equipamento, as amostras foram peneiradas até a fração de 1mm, uma vez que este é o limite máximo de granulometria aceito pelo dispersor utilizado. Por este motivo a fração areia muito grossa (2-1 mm) não foi analisada, fato que não deve ter afetado os resultados drasticamente, uma vez que mesmo as frações de areia mais fina não são muito abundantes.

## **Análises químicas**

Foram realizadas 25 análises químicas nas amostras da gruta Cuvieri, em diferentes fácies, com o objetivo de caracterizar –numa primeira aproximação - a composição química de cada uma delas. O método empregado foi a fluorescência de raios-X (FRX), através de avaliação quantitativa dos dez elementos maiores, com abundância relativa expressa como óxidos.

As análises foram realizadas no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da USP (LCT-POLI), no espectrômetro de fluorescência de raios-x, modelo Axios Advanced da Panalytical.

As análises foram financiadas com verbas do projeto temático “Origens e microevolução do homem na América: uma abordagem paleoantropológica” (processo FAPESP nº. 04/01321-6).



## 4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

### 4.1 Cronograma proposto X cronograma realizado

Quadro 3. Cronograma originalmente proposto para as atividades a serem realizadas. (cronograma efetivamente realizado assinalado com "x")

Atividade\Mês	3	4	5	6	7	8	9	10
Revisão bibliográfica	x	x	x				x	
Descrição macroscópica das amostras		x	x	x	x			x
Delimitação preliminar das fácies				x	x			
Trabalho de campo (coleta de amostras extras, confirmação de dados etc.)					x			
Descrição microscópica das amostras							x	x
Análise dos dados e delimitação das fácies								x

### 4.2 Evolução do trabalho

A observação do Quadro 3, no item anterior, revela que houve subestimação do tempo necessário à realização das atividades programadas para o primeiro semestre, as quais, em geral, levaram pelo menos um mês a mais para serem concluídas. Isto, aliado a paralisação de parte da infra-estrutura do IGc, em "apoio" a reivindicações estudantis, acabou encurtando o prazo para a descrição microscópica e a análise dos dados obtidos.

Além disso, a realização de atividades de campo em Lagoa Santa impediu o desenvolvimento da maior parte dos trabalhos, por dois motivos principais: a) não há infra-estrutura, materiais e tempo para sua realização; b) para enviar as amostras para laminação, análises químicas e granulometria, foi necessário inventariar todas as amostras existentes e selecionar as mais apropriadas: várias destas amostras foram coletadas na etapa de campo deste ano.

Outros imprevistos que implicaram dificuldades na realização do trabalho foram:

- Grande gasto de tempo com a síntese de informações contidas no diário de campo, o qual relata as atividades das escavações, no âmbito do Projeto Temático em que se insere a pesquisa, desde 2002. Todas as plantas das exposições tiveram que ser verificadas em busca de informações pertinentes ao trabalho;
- Boa parte do tempo do início do projeto foi gasta no estabelecimento de uma rotina metodológica apropriada para o estudo proposto. Os materiais estudados (formações superficiais, neste caso sedimentos muito imaturos) e o ambiente particular em que se encontram (caverna, região cárstica) tornam a abordagem difícil, uma vez que situada na interface de várias áreas de conhecimento (sedimentologia, pedologia, geoespeleologia), com termos, métodos e conceitos próprios.

- Impossibilidade da realização das análises químicas (FRX) no Laboratório de Química do IGc-USP, devido a fila para a realização dos ensaios, que só ficariam prontos em 2008. Foi necessário despende tempo com pesquisa de orçamento e sua confirmação junto ao controle financeiro do LEEH (Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos). Assim, as análises tiveram de ser enviadas a outro laboratório, no qual os gastos foram aumentados em mais de 200%. Como consequência, o número de amostras analisadas e o volume de informação gerada foram menores que o previsto.

### 4.3 Avaliação do progresso

Apesar dos problemas, a avaliação do progresso foi positiva, inclusive porque gerou vários aprendizados que poderão ser aplicados em projetos futuros:

- Necessidade de análise mais criteriosa do tempo que será consumido nas atividades planejadas para um projeto;
- Importância de objetividade durante a realização de tarefas, e de sua realização na ordem de importância;
- Confirmação do cronograma e orçamento dos laboratórios que serão utilizados, com a maior antecedência possível;
- No caso de trabalho desenvolvido ao longo de vários anos, dedicar-se a sintetizar os dados e organizar amostras periodicamente, para evitar o acúmulo de trabalhos logísticos (sistematização, inventário, p.ex.) passíveis de atrasarem as análises geológicas.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

### 5.1 Descrição morfológica das fácies

A descrição das fácies é a compilação das feições observadas nas diferentes amostras de um volume sedimentar delimitado em campo. O Quadro 4 sintetiza as siglas das fácies discriminadas; o Quadro 5 sua distribuição pela gruta. No Anexo IV, são apresentadas tabelas de síntese para as principais características das fácies, tendo em vista o melhor evidenciamento de suas diferenças.

**Quadro 4: Fácies descritas para a gruta Cuvieri e adjacências\***

FSp	Franco-siltosa, preto
FSbe	Franco-siltosa, bruno-escuro
FSba	Franco-siltosa, bruno-avermelhado
FSv	Franco-siltosa, variegado
FASba	Franco-argilo-siltosa, bruno-avermelhado
Bbe	Brecha, bruno-escuro
Bbv	Brecha, bruno e vermelho
CE	Capa estalagmítica
Horizonte A	Horizonte pedológico A
Horizonte B	Horizonte pedológico B
Horizonte C	Horizonte pedológico C

\*Letras maiúsculas indicam textura predominante; letras minúsculas indicam cor predominante.

**Quadro 5: Fácies descritas em cada área de escavação**

FÁCIES	Loci				Tradagem/Sondagem				
	2	3A	3B	3C	Vertente	Abrigo	Gruta 01	Gruta 02	Átrio Norte
FSp	FSp	FSp	FSp	FSp	Horizonte A	FASba	FASba	FASba	FASba
		CE	CE	CE	Horizonte B	Bbv		Bbv	
	FSbe	FSbe	FSbe		Horizonte C				
	FSba	FSba							
	Bbe	Bbe	Bbe						
	FSv	FSv							
		Bbv							

É necessário destacar que a cor dos materiais estudados foi atribuída à ação combinada ou isolada de dois fatores distintos: diferenciações pedogenéticas *in situ* ou mudanças deposicionais. No primeiro caso, as cores definiram horizontes pedogenéticos, enquanto no segundo, serviram de critério para diferenciar fácies, uma prática incomum em estudos geológicos tradicionais, mas necessária nos estudos de sedimentos imaturos, onde a cor está relacionada à composição do material de origem ou à sua eodiagênese.

O uso da mesma sigla em sondagens diferentes implica correlação, ou seja, as fácies são interpretadas como análogas. Para ilustrar melhor a relação entre elas, e sua relação com a morfologia da gruta, várias seções foram preparadas (Anexo V). Já o uso do

termo "horizonte pedológico", não implica correlação lateral, uma vez que estes horizontes são definidos para cada seção.

Antes de cada conjunto de descrições, é fornecido o número do anexo onde se encontram a planta baixa da área escavada, sua seção geológica transversal (ao longo do maior eixo) e a representação das paredes disponíveis. Destaca-se que as paredes longitudinais não foram preservadas nos *Locis*, pois estes foram escavados até os limites do conduto. Assim, a seção apresentada é uma projeção no espaço escavado, hoje vazio.

O registro de escavação adotado permitiu a confecção de seções com bastante detalhe, mas é importante destacar que a posição das amostras, e as formas das fácies, blocos e matações fornecidos são aproximadas, obtidas indiretamente de desenhos e informações contidas no diário de campo. Além disso, feições que não interceptavam o plano da seção foram projetadas, devido à sua importância para a correta caracterização dos sedimentos. Mesmo assim, algumas heterogeneidades da superfície de escavação não foram projetadas na seção, uma vez que a quantidade de informação seria muito grande e a visualização ficaria prejudicada.

### ***Locus 2***

Neste *Locus*, foi descrita apenas uma fácies (FSp), apesar da realização de tradagem manual ter permitido a observação de sedimentos distintos do escavado atualmente. No entanto, esses sedimentos não foram caracterizados como fácies, pois as informações obtidas através desta tradagem exploratória são pontuais, e podem representar apenas características locais sem continuidade lateral. O estudo destes sedimentos deverá ser feito no futuro, à medida que as escavações se aprofundarem. Apenas para referência, as profundidades onde estes sedimentos distintos apareceram é fornecida na seção geológica do Anexo VI.

**Fácies FSp:** Sedimento preto (7.5YR 2.5/1) a bruno muito escuro (7.5YR 2.5/3), comumente com manchas milimétricas, brancas ou avermelhadas. Sua textura é franco-siltosa. Nota-se presença de agregados granulares. Cascalho é pouco a comum (3-7%), nas frações grânulo a bloco (2-200 mm).

A fácies possui agregados escassos, fracamente desenvolvidos, principalmente de 10 mm, muito pouco coesos. Pequenos fragmentos de conchas, ossos, quartzo e espeleotemas são comuns, principalmente na fração entre 1 e 2 mm.

A fração cascalho é composta predominantemente de ossos, com variados graus de fragmentação (Figura 9), além de conchas e fragmentos líticos de calcário ou brechas. A matriz é muito carbonática.

Ocasionalmente, esta fácies possui lentes mais claras, bruno muito escuro (7.5YR 2.5/2), mais facilmente escavadas com a colher de pedreiro. As demais características destas lentes são semelhantes a dos sedimentos que a envolvem.

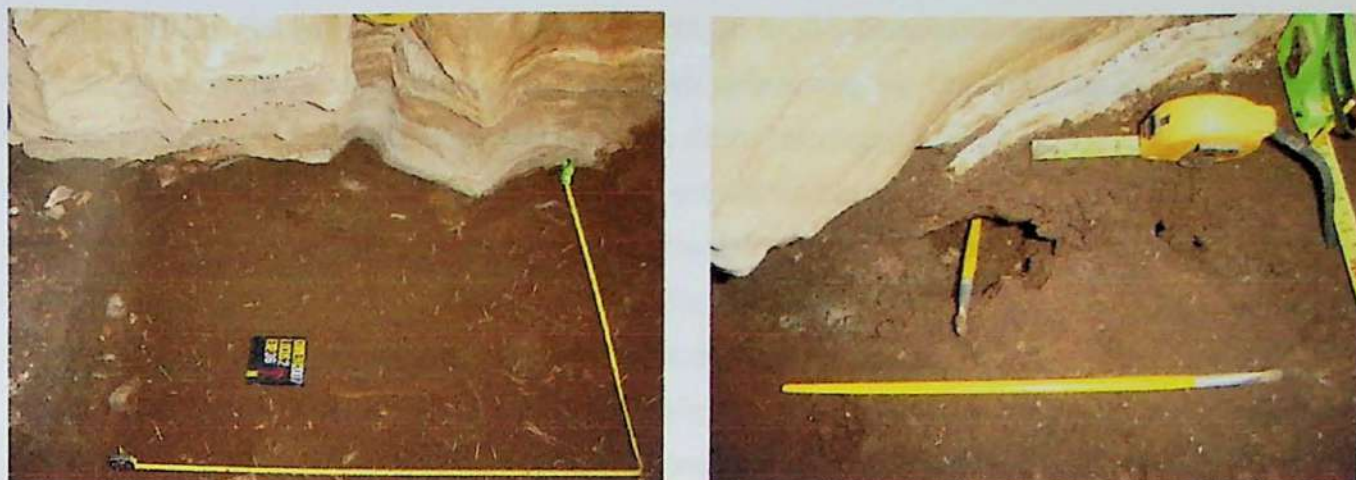


Figura 9: Fotos do *Locus 2*. À esquerda, aspecto geral de exposição, com ossos fragmentados e ossos inteiros. À direita, poro próximo à parede.

Nesta fácies, freqüentemente são encontrados poros de extensão centimétrica, especialmente junto às paredes.

### ***Locus 3A***

A planta baixa, seção transversal e parede norte deste *Locus* são apresentadas no Anexo VII.

**Fácies FSp:** Sedimento preto, com manchas esbranquiçadas abundantes. A textura é franco-siltosa, com grânulos e seixos. A estrutura é granular, pouco coesa.

A fração cascalho é composta principalmente de fragmentos de couve-flor e pérolas, mas também ocorrem conchas milimétricas. O sedimento é muito carbonático.

**Fácies CE:** Capas estalagmíticas de continuidade variável, com muitas impurezas. Apesar de aparecer com espessura constante, esta fácies só é encontrada na parte norte da área de escavação. Ocasionalmente, as capas estalagmíticas estão em continuidade com outros espeleotemas, de morfologia indeterminada devido à alteração e desagregação (as partes mais preservadas sugerem se tratar de couve-flor). A alteração destes outros espeleotemas gerou um sedimento bruno-forte/amarelado, com textura areno-silte-argilosa e estrutura maciça. Freqüentemente, em meio a este material alterado, ocorrem “torrões”, pequenas conchas e ossos.

**Fácies FSbe:** Sedimento bruno-escuro (7YR 3/2), pulverulento, de textura franco-siltosa e com estrutura maciça. São encontrados fragmentos de couve-flor, pequenas conchas e

grânulos de quartzo. A cimentação carbonática do sedimento é heterogênea, com endurecimento em alguns locais.

**Fácies FSba:** Sedimento bruno-avermelhado a bruno-amarelado-escuro (7.5YR 2.5/3 e 6/4), ocasionalmente variegado com manchas pequenas, de cor alaranjada, bruno-escuro, branca e preta. Sua textura é franco-siltosa, com estrutura maciça a granular. Cascalho é comum a abundante (7 a 40%), nas frações grânulo a bloco (2-70 mm), composto de ossos (fragmentados e inteiros), conchas, carvão, calcário, brecha, carbonato fibroso e nódulos de óxi-hidróxidos (composição indeterminada, provavelmente Fe/Al e Mn - de agora em diante referidos neste trabalho apenas como nódulos de oxi-hidróxidos).

Nas áreas mais cimentadas, o depósito apresenta-se poroso e bastante vesicular. Alvéolos de sedimento friável escuro são comuns, interconectados. Nestas áreas, ocorrem clastos de brecha (2.5YR 4/8) com cimento espático.

Algumas áreas são ricas em grânulos e areia grossa, quartzosa, muito angulosa e de esfericidade baixa.

No perfil norte de escavação foi observada uma superfície erosiva no contato com a fácies FSbe. Além disso, no topo desta fácies, e também em áreas inferiores, observa-se forte cimentação, relacionada à deposição química subjacente. Mesmo nas áreas menos cimentadas, a fácies é muito carbonática.

Esta fácies apresenta heterogeneidade de cor muito bem marcada no perfil, bruno-avermelhado acima e laranja abaixo. Um exame detalhado das amostras da porção laranja da fácies revela caráter variegado, com manchas nas cores vermelho, bruno, amarelo-avermelhado (5YR 6/8, 7/8), branco e preto. Essa cor é muito heterogênea. Predomina o aspecto variegado, mas ocasionalmente uma das cores domina (amarelo-avermelhado a laranja ou bruno-escuro a muito escuro). Frequentemente, as áreas alaranjadas envolvem massas de cor bruno, em poros e descontinuidades.

A textura é franco-argilo-siltosa a franco-argilo-arenosa nas áreas não cimentadas. A fração cascalho é ausente a abundante (0-36%), nas frações grânulo a matacão (2 mm a 40 cm), composta de nódulos de oxi-hidróxidos, quartzo, carbonato, calcário, brecha, "torrões" (agregados estruturais retrabalhados como clastos), ossos e conchas (inteiros ou fragmentados, várias espécies).

O sedimento laranja é vesicular, com nódulos de óxi-hidróxidos milimétricos muito abundantes. Ossos ocorrem inteiros e grandes (>8 cm) ou em pequenos fragmentos angulosos.

Níveis centimétricos argilosos, muito puros, laminados, com gretas de contração e estrias em sua superfície, ocorrem intercalados nesta fácies. Em alguns casos, o sedimento imediatamente subjacente a estes níveis apresenta discreta laminação, concordante com a

da argila sobreposta. Os níveis argilosos são muito vesiculares, com poros alongados segundo a laminação.

Lente de 10 cm de espessura ocorre no centro do *Locus*, na área inferior, mais variegada. Sua cor é bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4) a bruno (7.5YR 4/4), com manchas esbranquiçadas e amareladas, finas e abundantes. Cascalho é comum (15%), no intervalo de grânulo a seixo (2-30 mm), composto de quartzo, carbonato cristalino, calcário, espeleotemas, argila avermelhada cimentada e ossos.

A cimentação desta fácies é bastante heterogênea, com áreas friáveis ou intensamente cimentadas, ambas muito carbonáticas. Ocorre também nível delgado (~1 cm), intensamente cimentado, denso, com seção bruno muito cristalina e repleta de massas carbonáticas brancas em meio à fácies. Pequenas fendas e discontinuidades são freqüentemente revestidas por película carbonática, com tamanho de cristal variável. Carbonato também forma massas pontuais friáveis.

Nas áreas mais cimentadas, o sedimento apresenta-se às vezes mais poroso e friável, escuro, em massas alveolares interconectadas.

**Fácies Bbe:** Sedimento bruno-escuro (7.5YR 3/4) a bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4), com manchas brancas e alaranjadas, finas (2-5 mm) e abundantes. Cascalho (25%) ocorre no intervalo grânulo a seixo (2-10 mm), composto de ossos, conchas, brecha e calcário. Esta fácies é fortemente cimentada e vesicular. Além disso, torrões de sedimento bruno-escuro ou avermelhado, subcentimétricos a milimétricos, são muito comuns.

Na região sul do *Locus*, o sedimento tem aspecto variegado, com níveis centimétricos de argila laminada, com gretas de contração em sua superfície e nódulos de óxi-hidróxidos abundantes.

Ocasionalmente, a fácies Bbe ocorre pouco cimentada, sem consolidação, porém com porções de cimentação preferencial endurecidas ("concreções"). Este sedimento inconsolidado é bruno muito escuro (7.5YR 2.5/3), às vezes com abundantes manchas vermelho-amareladas (5YR 5/8). A textura é franco-siltosa e a estrutura granular fina (1-2 mm) e pouco coesa. A fração cascalho é escassa (5%), na faixa de grânulo a seixo (2-15 mm), composta de ossos e conchas, inteiros ou fragmentados, além de espeleotemas e carbonato fibroso. Ossos de roedores, quase completos, são os clastos grossos mais abundantes. Importante destacar a existência de vazios muito grandes (métricos), os quais ocorrem junto a paredes, verticais, ou então subhorizontais, nesse caso associados à delgada película carbonática com espeleotemas (Figura 10).



Figura 10: Aspecto da fácies Bbe, inconsolidada (metade superior da fotografia, foto à esquerda). Notar grande vazio abaixo do sedimento, com crosta carbonática associada (ver seção no anexo VII para melhor entendimento). À direita, detalhe da crosta, evidenciando a existência de espeleotemas.

**FSv:** Sedimento bruno a bruno muito escuro (7,5YR 4/2; 2.5/2), freqüentemente manchado ou variegado (manchas vermelho-amarelado, 7,5YR 6/6 e pretas). Cascalho ocorre em pequena quantidade (2-5%), na fração grânulo a seixo (2-6 mm), composto por nódulos de oxi-hidróxidos, além de conchas milimétricas, quartzo e mais raramente dentes de roedor.

Esta fácies é carbonática a muito carbonática, com cimentação variável de moderada a forte, mas podendo ocorrer também inconsolidada. Onde presente, o cimento ocorre disseminado na matriz, às vezes formando concentrações brancas. Cimento carbonático ocorre ainda como preenchimento ou película fina de revestimento de poro.

Quando inconsolidado ou pouco cimentado, o sedimento é variegado (bruno-escuro e vermelho-amarelado), com textura franco-siltosa. Nestes casos, a fração cascalho varia de grânulo a seixo (2-12 mm), composta principalmente de nódulos e fragmentos de calcário. A estrutura é moderadamente desenvolvida, com agregados desde muito grandes até muito pequenos (<1 a >10 mm), coesos, mas quebráveis sob pressão.

### Lócus 3B

A planta baixa, a seção transversal e as paredes dos testemunhos deste *Locus* são apresentadas no Anexo VIII.

**Fácies FSp:** Sedimento preto (10YR 2/1), com manchas esbranquiçadas abundantes. A textura é franco-siltosa, com abundância de grânulos e seixos de até 2 cm (36 a 70%). A estrutura é granular, sub-milimétrica a milimétrica, pouco coesa.

A fração cascalho é composta de fragmentos de couve-flor e pérolas bem desenvolvidas (núcleo argiloso) que podem formar grupos de dois ou mais núcleos. Também ocorrem conchas inteiras ou fragmentadas, milimétricas, algumas vezes cobertas por película de carbonato.

**Fácies CE:** Capa estalagmítica, cor bruno (7.5YR 4/3) em superfície passando no interior a bruno muito escuro ou preto, às vezes com manchas brancas e bruno escuras (sua seção é bruno-acinzentado muito claro - 10YR 8/2); pérolas são muito abundantes e pequenos ossos, conchas e “torrões” avermelhados ocorrem ocasionalmente na fração cascalho (2-10 mm), aderidos à capa.

A capa é composta de intercalações milimétricas a, principalmente, centimétricas entre lâminas delgadas de carbonato cristalino (com impurezas clásticas) e níveis de sedimento poroso composto de pequenas pérolas (núcleo argiloso. Os poros apresentam-se ocasionalmente preenchidos por cristais de carbonato.

As lâminas cristalinas são regulares, às vezes com aspecto dobrado. Em alguns locais, os níveis cristalinos têm entre 1 e 7 mm de espessura.

A capa e os sedimentos a ela associados classificam-se como muito carbonáticos.

**Fácies FSbe:** Sedimento preto-avermelhado (10R 2.5/1), vermelho muito escuro-acinzentado (2.5YR 2.5/2) ou bruno muito escuro (7.5YR 2.5/3). Sua textura é franco-siltosa, mais arenosa na base, com estruturas de forma variável, assim como a proporção de cascalho (0-40%), fração grânulo a seixo (2-35 mm). Sua matriz é muito carbonática.

O cascalho é composto de ossos de roedor, conchas inteiras ou fragmentadas (<0,7mm), pérolas, fragmentos de couve-flor e “torrões” avermelhados, calcário, carbonato cristalino e quartzo. Lito e bioclastos estão freqüentemente cobertos por películas carbonáticas. Estes clastos revestidos podem formar conjuntos de quatro ou cinco espécimes cimentados entre si. Próximos ao contato com o sedimento subjacente, encontram-se fragmentos de brecha (muito cimentados, com pequenas conchas de ~1 mm e nódulos de óxi-hidróxidos).

A estruturação varia conforme a profundidade: no topo é apedal granular; na porção intermediária, apresenta agregados granulares milimétricos, pouco coesos; e na base, agregados de até 2 cm, também pouco coesos e revestindo fragmentos diversos.

**Fácies FSba:** Sedimento bruno-avermelhado-escuro (5YR 2.5/2) a bruno-escuro (7.5YR 2.5/3), com manchas milimétricas brancas, amareladas e alaranjadas, abundantes. A textura é franco-siltosa, com estruturas granulares milimétricas, mas também centimétricas, coesas, embora possam ser quebradas na mão.

Cascalho é comum (8%), na fração grânulo a seixo (2-50 mm), composto principalmente de pequenas conchas (completas e fragmentadas), mas também de couve-flor, material carbonático e ossos, além de nódulos de óxi-hidróxidos e pérolas, e mais raramente, de clastos de brecha, por vezes laminada. Alguns dos ossos estão parcialmente cobertos por couve-flor.

O sedimento é poroso, inconsolidado a fracamente cimentado, muito carbonático. As partes cimentadas formam estrutura tipo *boxwork* (rede muito porosa formada por concreções cimentadas interconectadas, preenchida por material inconsolidado).

Camada carbonática delgada (1 mm de espessura), relativamente plana, muito impura e com superfície bruno, ocorre intercalada.

Ainda dentro desta fácies, ocorre intercalação de brecha bruno muito escuro (7.5YR 2.5/2), com manchas brancas, avermelhadas e bruno escuro, muito abundantes, ou localmente variegada, sempre com forte cimentação (nomeada em campo de "brecha de ossos", ver anexos VII e VIII para localização). Nela, cascalho é abundante, na fração grânulo a bloco (2-70 mm), anguloso, composto principalmente de ossos (também abundantes na fração areia), mas ainda de nódulos de óxi-hidróxidos, agregados de argila e, mais raramente, conchas e quartzo. Alvéolos de sedimento bruno inconsolidado são comuns entre os fragmentos de ossos. Esta intercalação brechóide é muito.

Assim como no *Locus* 3A, a fácies FSba apresenta mudança de cor bem marcada no perfil. O sedimento torna-se variegado, com manchas amarelo-avermelhadas (7.5YR 6/8), bruno (7.5YR5/4), pretas e brancas. A cor do sedimento é muito heterogênea. Em alguns locais, predomina bruno, em outros amarelo-avermelhado. Neste último caso, é muito comum encontrar manchas bruno com bordas amareladas.

A textura é franco-argilosa, com cascalho abundante, na fração grânulo a bloco (2-150 mm).

O cascalho encontrado é predominantemente composto de ossos bastante fragmentados, às vezes quase completos, de até 15 cm. Nódulos de óxido milimétricos também são muito comuns, e pequenas conchas ocorrem subordinadamente.

O sedimento apresenta cimentação bastante variável, de muito cimentado a inconsolidado, sendo sempre muito carbonático. Geodos podem ser encontrados em alguns poros ou em trabéculas de ossos, e alvéolos de sedimento bruno inconsolidado são comuns.

Pequenas discontinuidades anisótropas (fendilamentos) são freqüentemente revestidas de película carbonática, com cristais de tamanho variável. Carbonato ocorre também como pequenas concentrações pulverulentas.

Nesta fácies, ocorrem intercalações lenticulares centimétricas de sedimento friável, bruno muito escuro (7.5YR 2.5/3), com textura franco-argilosa e franco-argilo-siltosa; estruturas granulares ou grumosas pequenas, pouco coesas, e cascalho composto de conchas, pequenos fragmentos de ossos e nódulos carbonáticos. Mais raramente são encontradas raízes.

**Fácies Bbe:** Sedimento bruno-escuro (7,5YR 3/4), comumente com manchas muito pequenas a grandes (1-15 mm), vermelho-amareladas. A fração cascalho é comum (15-

20%), no intervalo grânulo a bloco (2-150 mm), composta de ossos, conchas e nódulos de óxido-hidróxidos.

O sedimento é muito carbonático, cimentado a fortemente cimentado, embora ocasionalmente ocorra inconsolidado, na cor bruno muito escuro (7,5YR 2.5/2). Nestas porções inconsolidadas, a textura é franco-siltosa e a estrutura granular (1-2 mm) pouco coesa, moderadamente desenvolvida. A fração cascalho é comum (6%) e ocorre na faixa de grânulo a seixo (2-20 mm), composta de ossos e conchas, inteiros ou fragmentados, além de nódulos.

**Fácies FSv:** Sedimento bruno-escuro-avermelhado (5YR 3/3) a bruno-escuro (7,5YR 3/3), misturado com vermelho-amarelado muito fino (<1 mm) e poucas (1%) manchas muito pequenas a médias (1-5 mm), vermelho-amareladas. A fração cascalho é praticamente ausente (<1%), a fácies é carbonática a muito carbonática e de cimentação heterogênea, pouco cimentada a cimentada, quando então forma concentrações brancas. Nas áreas menos cimentadas, as estruturas são granulares, muito grandes (<4 cm).

O sedimento é muito poroso nesta fácies, com presença de canais de extensão centimétrica e espessura milimétrica, revestidos de carbonato. Raízes também são encontradas.

**Fácies Bbv:** brecha bruno muito escuro (7,5YR 2.5/2), comumente com manchas vermelho-amareladas, muito finas (<1 mm). A fração cascalho é comum (6%), no intervalo grânulo a seixo (2-20 mm), composta de quartzo (como seixos) e nódulos de óxido-hidróxidos (como seixos pequenos e grânulos).

A fácies é fortemente cimentada, muito carbonática. Os poros associados (câmaras e canais) estão total ou parcialmente preenchidos por material carbonático, e associado a esta fácies são encontrados espeleotemas, com morfologia do tipo capa estalagmítica e couve-flor.

### **Locus 3C**

A planta baixa, seção transversal e desenho dos testemunhos deste *Locus* são apresentados no Anexo IX.

**Fácies FSp:** Sedimento bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2) de textura franco-siltosa. Cascalho é abundante, na fração grânulo a seixo (2-20 mm), composto basicamente de fragmentos de calcário e espeleotemas, e menos comumente de conchas e ossos de roedor.

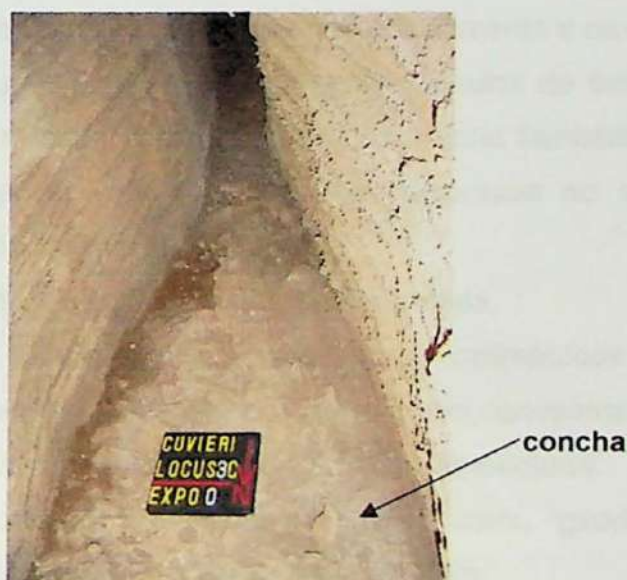
O sedimento tem estrutura granular fracamente desenvolvida, com tamanho inferior a 5 mm. A fácies é muito carbonática.

**Fácies CE:** Capa estalagmítica com superfície cor bruno-acinzentado muito escuro (10YR 8/2) a amarelo-claro-acinzentado (2.5YR 8/2) (Figura 11). É composta de níveis laminados de carbonato cristalino (milimétricos), intercalados com níveis de sedimento terrígeno cimentado (milimétricos a até 9 cm), e níveis de pérolas e sedimento inconsolidado, ou apenas de pérolas.

As lâminas de carbonato são predominantemente irregulares, separadas por espaços vazios, sedimento terrígeno ou níveis de pérolas. Ocasionalmente, as lâminas cristalinas empilham-se uma sobre as outras, conferindo aspecto mais maciço à capa. Mesmo nos níveis mais cristalinos, a presença de sedimento terrígeno é notada pela cor bruno.

As pérolas têm núcleo argiloso, bruno-escuro, ou, mais raramente, de fragmentos de calcário. Seu tamanho não passa de 1 cm e suas superfícies são lisas ou repletas de pequenos cristais (<1 mm) de carbonato. Nos níveis onde só ocorrem pérolas, a porosidade é elevada (resultado dos espaços existentes entre os diferentes núcleos), muitas vezes preenchida por sedimento bruno-escuro, friável.

Sedimento clástico ocorre cimentado, abaixo e mais raramente acima das capas. É freqüentemente muito poroso, friável e esbranquiçado devido à presença de carbonato muito fino. Também aderidos à capa estão conchas inteiras de duas morfologias (pelo menos seis espécimes), clastos de calcário, nódulos e pérolas. Osso de roedor também foi encontrado.



**Figura 11:** Foto da superfície de escavação do *Locus 3C* (fácies CE). Notar concha aderida à capa, canto inferior direito.

A fração cascalho compõe-se principalmente de conchas inteiras (bioclastos), de até 10 cm, aderidas às capas e freqüentemente cobertas pelas lâminas de carbonato. Fragmentos de calcário na fração grânulo também ocorrem, revestidos por fina película de carbonato, mas são menos comuns.

Tanto a capa quanto os níveis de sedimento clástico são muito carbonáticos, devido à cimentação, e vesículas são comuns. Estalagmites centimétricas ocorrem raramente no topo da capa.

**Fácies FSbe:** Sedimento preto (10YR 2/1), com manchas brancas muito pequenas. A textura é franco-siltosa, com estrutura granular. Cascalho é comum (8%), na fração grânulo a seixo, composto de fragmentos de calcário, couve-flor, quartzo, nódulos de oxi-hidróxido e mais raramente pequenas conchas.

A estrutura, em amostras liberadas do perfil, é fracamente desenvolvida, milimétrica a centimétrica (1 cm), desagregável entre os dedos. Raízes finas, milimétricas, são muito comuns.

O sedimento é muito carbonático, mas, apesar disso, não consolidado. Grumos de sedimento endurecido, centimétricos a decimétricos, ocorrem dispersos, resultantes de cimentação localizada. Concentram-se em forma de camada logo acima da capa estalagmítica subjacente. Este sedimento tem estrutura tipo *boxwork* (nódulos espaçados cimentados entre si, com espaços alveolares preenchidos por sedimento inconsolidado).

**Fácies Bbe:** Brecha bruno (7.5YR 4/2), com manchas brancas muito pequenas e fração cascalho abundante, no intervalo grânulo a bloco (até 15 cm). Os fragmentos mais grossos são de calcário, mas conchas e ossos (de várias espécies, inteiros e fragmentados), além de nódulos de óxi-hidróxidos, argila e torrões de sedimento inconsolidado, são comuns.

Camada milimétrica laranja ocorre no contato entre o sedimento e os clastos maiores de calcário, e pode representar uma película de alteração. Nódulos de óxi-hidróxidos são muito comuns, subcentimétricos a milimétricos. Clastos de brecha também ocorrem, mas são raros. Todos estes fragmentos estão caoticamente dispersos no sedimento, têm tamanho variável e forma predominantemente angulosa.

A matriz é fina, muito carbonática e intensamente cimentada.

O sedimento é bastante poroso e vesículas (poros milimétricos revestidos de carbonato) são freqüentes. Sedimento inconsolidado ocorre como concentrações alveolares milimétricas, em contato abrupto com a matriz, e com cor bem diferenciada.

Em alguns casos, trabéculas de ossos comportam-se como "geodos", já que se apresentam internamente revestidas por finos cristais de carbonato.

### **Tradagem na Vertente**

Na tradagem efetuada na vertente, foram encontrados materiais que constituem o regolito da área, produzido durante a alteração das rochas locais. Estes materiais foram descritos como horizontes pedológicos, e não como fácies deposicionais, porque não há evidências de que tenham sofrido grande transporte lateral ao longo da vertente (Anexo I).

**Horizonte pedológico A:** Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4 e 3/3), com textura franco-argilo-siltosa, estrutura granular.

Os agregados são fracamente desenvolvidos, abundantes a muito abundantes, muito pequenos a muito grandes (<1 a >10 mm), com tamanhos contidos predominantemente na faixa de 1 a 5 mm, pouco a moderadamente coesos. Quartzo, agregados de argila vermelha e nódulos de óxi-hidróxidos ocorrem em quantidades menores que 1%.

Este horizonte é não ou muito pouco carbonático, contém muitas raízes de espessura milimétrica e apresenta contato gradual com o horizonte B.

**Horizonte pedológico B (Vermelho):** Vermelho-escuro (2.5YR 3/6) a vermelho (2.5YR 4/8) de textura siltosa e estrutura granular. Cascalho é ausente a muito escasso (0-3 %).

Os agregados são abundantes, pouco a relativamente coesos, principalmente milimétricos (<1 a >10 mm). Quartzo apresenta-se em pequena quantidade (1-4%), nas frações areia grossa, grânulo e seixo (2-15 mm).

Raízes ocorrem, com cerca de 1 mm de espessura, ou menos. Nódulos de óxi-hidróxidos são raros.

O horizonte é muito pouco carbonático e tem contato gradual com o horizonte pedológico B, subjacente. Em alguns locais, a transição entre estes dois horizontes é marcada pela presença de material de cor intermediária, vermelho-amarelado (5YR 5/8), com pouco cascalho (grânulos angulosos de quartzo e também nódulos de óxi-hidróxidos).

**Horizonte pedológico B (Amarelo):** Amarelo-brunado (10YR 5/8) a amarelo-avermelhado (7.5YR 6/8) de textura franco-argilo-siltosa e estrutura granular. Cascalho é ausente a muito escasso (1%).

O horizonte tem agregados no intervalo granulométrico <1 a >10 mm, principalmente milimétricos (2-3 mm), pouco coesos. Fragmentos de quartzo angulosos ocorrem na fração cascalho, em quantidades inferiores a 1%. É muito pouco carbonático.

### **Sondagem 1 do Abrigo Cuvieri**

Na sondagem do Abrigo Cuvieri, foram encontradas duas fácies sedimentares, uma que toma quase completamente a sondagem, e outra subordinada, encontrada apenas na sua parte leste (Anexo X). A fácies FASba, dominante, já sofreu a influência de processos pedogenéticos em seu topo, expressa pelo desenvolvimento de horizonte pedológico A.

**Fácies FASba:** Sedimento bruno-avermelhado (5YR 4/4 e 2.5YR 4/4), com textura franco-argilo-siltosa e estrutura granular com tendência a laminar nos maiores agregados. Cascalho é comum a abundante (10-36%), na fração grânulo a seixo (2-35 mm).

Os agregados são muito abundantes, com desenvolvimento moderado, tamanho muito pequeno a muito grande (<1 a >10 mm), principalmente milimétricos, coesos, mas quebráveis na mão.

Cascalho é composto principalmente de quartzo anguloso e de esfericidade baixa, e nódulos arredondados e esféricos.

Esta fácies não é carbonática e tem contato difuso para a fácies Bbv, subjacente, a oeste, mas assenta-se diretamente sobre o calcário na metade leste.

No topo desta fácies, desenvolve-se horizonte pedológico A, bruno muito escuro (10YR 2/2), de textura franco-argilo-siltosa e estrutura granular. Pouco cascalho (3%), fração grânulo a seixo (2-60 mm). Nele, os agregados são bastante comuns, fracamente desenvolvidos, muito pequenos a muito grandes (<1 a >10 mm), mas principalmente milimétricos, pouco coesos. Cascalho é composto principalmente de calcário, mas nódulos de óxi-hidróxidos também estão presentes.

O horizonte pedológico A é muito carbonático e apresenta contato gradual com a fácies FASba.

**Fácies Bbv:** Sedimento bruno-forte (7.5YR 5/8), comumente com manchas muito finas a finas, pretas e brancas. Cascalho é abundante (16%), na fração grânulo a seixo (2-25 mm), e a fácies é fortemente cimentada.

O cascalho é composto predominantemente de quartzo e nódulos metálicos. As manchas pretas são películas de óxidos, enquanto as brancas representam concentrações de cimento carbonático.

O sedimento é muito carbonático. Foi encontrado apenas na metade oeste da sondagem, e seu contato inferior é abrupto, diretamente com o calcário do piso.

### **Sondagem 1 da Gruta Cuvieri**

Nesta sondagem foi encontrada apenas uma fácies sedimentar. No entanto, as observações de campo permitiram observar que os processos pedogenéticos atuantes sobre os depósitos desta fácies já o diferenciaram em horizontes. Assim, em seu topo é observado horizonte pedológico A, seguido da porção onde a fácies ainda se encontra preservada, apesar de apresentar pequenas heterogeneidades. Segue-se abaixo o horizonte pedológico B, encontrado na base da sondagem em contato com o calcário, provavelmente produto da iluviação da fácies (Anexo XI).

**Fácies FASba:** Sedimento vermelho (5YR 6/8), com textura areia-franca e estrutura granular, com ocorrência de cascalho (16%) no intervalo grânulo a seixo (2-20 mm).

As poucas estruturas são fracamente desenvolvidas, pouco coesas, com dimensões entre <1 a >10 mm, principalmente milimétricas.

Cascalho é muito comum, principalmente quartzo subanguloso de esfericidade baixa, mas também nódulos metálicos milimétricos (1-2 mm) e fragmentos de brecha (Figura 12). O sedimento é pouco carbonático.

No topo desta fácies, desenvolveu-se horizonte pedológico A, bruno muito escuro (10YR 2/2) de textura franco-argilosa e estrutura granular. Possui agregados fracamente desenvolvidos (<1 a >10 mm) com predomínio de tamanho da ordem de 1 cm. Alguns deles têm cor mais clara que a matriz, tanto em sua superfície quanto no interior. Cascalho praticamente não existe (<1 %), composto de grânulos de calcário, concha e espeleotema. horizonte é muito carbonático, e seu contato com a fácies FASba é gradual.

Na base da fácies, desenvolveu-se também horizonte pedológico B, vermelho-amarelado (5YR 5/6), com abundantes manchas, muito finas a médias, pretas. A textura é franco-siltosa e a estrutura é laminar. Neste horizonte, as estruturas têm grau de desenvolvimento moderado, tamanho muito pequeno a muito grande (<1 a >10 mm), predominantemente milimétricos e subcentimétricos. As lâminas maiores são grossas, com quase 1 cm de espessura. Suas superfícies têm brilho sedoso, com textura de aspecto "crenulado". Quase todo o sedimento neste horizonte apresenta-se organizado segundo estas estruturas.

No horizonte pedológico B, pequenos grânulos de quartzo são raros (<1%), assim como concentrações de carbonato em poros. O material contém raízes, é muito pouco carbonático e faz contato direto com o piso de calcário do conduto.



Figura 12: Foto de fragmento de brecha (Br). Acima, raiz (R) e mais à direita fragmento de quartzo (Qtz). Sondagem 01 da gruta Cuvieri, parede W.

### Sondagem 2 da Gruta Cuvieri

Nesta sondagem, foram descritas duas fácies sedimentares, fácies FASba e fácies Bbv. No topo da fácies FASba, ocorreu o desenvolvimento de horizonte pedológico A (Anexo XII, Figura 13).

**Fácies FASba:** Sedimento bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3), com textura franco-siltosa e estrutura granular e laminar. Cascalho é comum (7%), ocorrendo na fração grânulo (2-4 mm).

Os agregados estruturais são muito abundantes, coesos, com desenvolvimento moderado e tamanho (entre <1 a >10 mm) predominantemente milimétrico. Predomina a forma granular, mas nos maiores agregados a forma laminar é observada. Alguns deles têm discreto aspecto “crenulado” em suas superfícies, por vezes com brilho sedoso intenso. Os grânulos são compostos de quartzo subarredondado de esfericidade variável.

O sedimento desta fácies é muito pouco carbonático e seu contato com a fácies Bbv, subjacente, é abrupto.

No topo desta fácies, o horizonte pedológico A é bruno muito escuro (10YR 2/2), com textura franco-siltosa e estrutura granular. Neste horizonte, ocorre muito cascalho (25%), na fração grânulo a seixo (2-58 mm). Os agregados estruturais são escassos (<1 a >10 mm), principalmente milimétricos, pouco coesos. Cascalho é composto principalmente por calcário (concentrado nas maiores frações), quartzo (subanguloso, esfericidade baixa), brecha cimentada e conchas (fragmentadas e inteiras). Raízes são encontradas, com espessura milimétrica. O sedimento neste horizonte é muito carbonático e tem contato gradual com a fácies FASba subjacente.



**Figura 13:** Foto da parede oeste da sondagem da gruta Cuvieri 2. Percebe-se a existência de duas fácies, FASba (superior, avermelhada), e Bbv (inferior, mais clara, resultado de intensa cimentação). Notar também a existência de horizonte pedológico A (horizonte mineral acrescido de matéria orgânica), no topo da seqüência.

**Fácies Bbv:** Sedimento vermelho-amarelado (5YR 4/6) comumente com manchas muito finas a médias, brancas e pretas, fortemente cimentado e com pouco cascalho (5%) em fração grânulo (2-4 mm).

Apesar de muito cimentado, o sedimento desta fácies é poroso, vesicular. Os poros são principalmente arredondados, às vezes alongados, menores que 10 mm. Distinguem-se áreas com cor tendendo ao bruno, mais cimentadas, e áreas de cor mais avermelhada, menos cimentadas.

O cascalho é composto predominantemente de nódulos de óxi-hidróxidos e quartzo, milimétricos.

A base desta fácies é o piso rochoso do conduto.

### **Tradagem do Átrio Norte**

Nesta sondagem, foi encontrada apenas a fácies sedimentar FASba. No topo desta fácies, desenvolve-se horizonte orgânico O (composto de restos vegetais ainda não-decompostos), seguido de horizonte pedológico A. No meio do perfil, é possível diferenciar um horizonte pedológico B, com geometria lenticular (Anexo XIII).

**Fácies FASba:** Sedimento vermelho-amarelado (5YR 4/6) a bruno-avermelhado (5YR 4/3), comumente com manchas muito finas, pretas. A textura é franco-argilo-siltosa, com estrutura laminar e granular. Cascalho ocorre em pequena quantidade (2-4%), na fração grânulo a seixo (2-25 mm).

A fácies é composta quase que exclusivamente de agregados, muito pequenos (<1 mm) a muito grandes (até 8 cm), pouco a moderadamente coesos. A maioria deles apresenta superfície com brilho sedoso e aspecto "crenulado".

O cascalho é composto de quartzo anguloso e de esfericidade baixa, e também de nódulos de óxi-hidróxidos.

Raízes de espessura milimétrica estão presentes, mas muito raramente. O sedimento não é carbonático, e tem contato gradual para a fácies C, que forma uma lente de aproximadamente 1 m de extensão no lado norte da tradagem.

No topo desta fácies, desenvolve-se horizonte pedológico A, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3), com poucas manchas finas, vermelhas. A textura é franco-siltosa e a estrutura, granular. Cascalho é escasso (5%), ocorrendo nas frações grânulo a seixo (2-5 mm). Este horizonte é composto quase que exclusivamente de agregados, muito pequenos a muito grandes (<1 a >10 mm), principalmente centimétricos (~1 cm), coesos, mas quebráveis na mão. Ocorre cascalho, composto de quartzo anguloso e de esfericidade baixa, e subordinadamente de nódulos de óxi-hidróxidos (Fe/Mn). Raízes de espessura milimétrica são comuns, o sedimento não é carbonático e exibe contato gradual para a fácies FASba, subjacente.

O horizonte B que se desenvolveu na fácies FASba é vermelho-amarelado (5YR 5/6), comumente com manchas extremamente finas a médias, pretas. A textura é franco-argilo-siltosa, a estrutura é granular. Ele é composto quase que exclusivamente de agregados (<1 a >10 mm), predominantemente centimétricos ou maiores, freqüentemente com superfície ligeiramente "crenulada", de brilho sedoso. Este horizonte não é carbonático.

## 5.2 Descrição microscópica das fácies

Com o intuito de detalhar as características das fácies discriminadas no subitem anterior, além de confirmar ou não as diferenças deposicionais entre elas, foram confeccionadas 31 seções delgadas dos sedimentos cimentados ou que possuíam “torrões”.

As características são apresentadas em separado, para manter certa independência entre as análises macro e microscópica. Esta independência foi adotada com o intuito de testar se as fácies descritas ao microscópio (microfácies) são compatíveis com as fácies descritas macroscopicamente. Também por este motivo, foram propostas inicialmente designações genéricas para as microfácies (A, B, C etc).

Os resultados desta comparação são apresentados na discussão, no próximo capítulo deste trabalho.

As porcentagens fornecidas foram determinadas qualitativamente, através de comparação visual com diagramas de abundância. Assim, as microfácies descritas foram:

- **Microfácies A:** Sedimento composto predominantemente de cimento (50-80%), seguido de arcabouço (10-30%) e poros (5-20%). Matriz é o componente menos abundante (0-10%).

O arcabouço é constituído de nódulos opacos ou límpidos (óxi-hidróxidos), com inclusões de quartzo, além de grãos de quartzo e calcita (Figura 14). Também são encontrados fragmentos de ossos, conchas, e fragmentos líticos de calcário, filito e brechas clásticas antigas. “Torrões” de sedimentos recentes da própria caverna, retrabalhados como grãos, também são comuns, além de fragmentos de espeleotemas micríticos maciços e laminados (Figura 15).

A granulometria varia de grânulo a silte grosso, predominantemente, mas seixos são encontrados. Ocasionalmente, ocorre segregação granular por tamanho e empacotamento, com grãos grossos e de empacotamento aberto acima, gradando para grãos finos, mais compactados, abaixo (petrotrama granodecrescente) (Figura 16).

Quando presente, a matriz é bruno e bruno-amarelada, com abundantes manchas e pontuações pretas (partículas finas, opacas), por vezes formando concentrações. A nicóis cruzados apresenta-se praticamente isótropa. Quando o cimento ocorre fino, disperso pela matriz, ela se torna cinza e de extinção heterogênea.

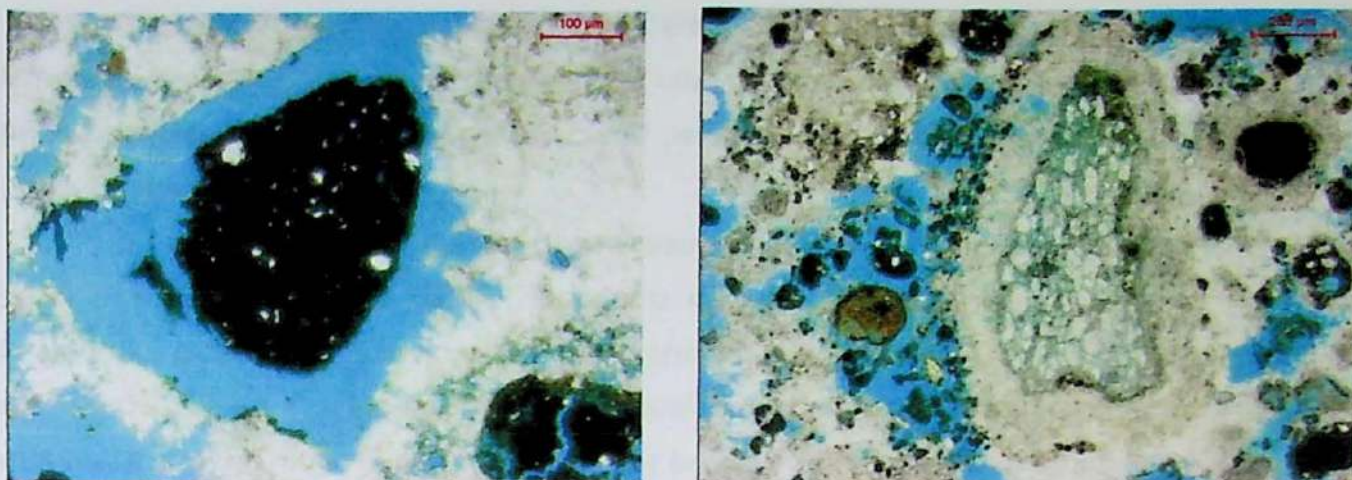


Figura 14: Tipos de grãos comuns no arcabouço da microfácies A. À esquerda, nódulo de óxido-hidróxido. À direita, fragmento de calcário, alterado, com grãos “soltos” uns dos outros (notar porosidade dentro do clasto – tingida de azul). Também na fotomicrografia à direita, nódulo “límpido” (amarelado), ao lado esquerdo do calcário (fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 100µm e 200 µm, respectivamente).



Figura 15: Torrões de sedimento ou intraclastos na microfácies A. Na fotomicrografia da esquerda, o intraclasto é formado por grãos de carbonato, na granulação silte, e fragmento de osso (amarelado) na fração areia, em meio à micromassa escura. Na da direita, por fragmentos de espeleotema micrítico e laminado. Notar, em ambas as imagens, presença de duas gerações de cimento carbonático envolvente (fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 100µm).

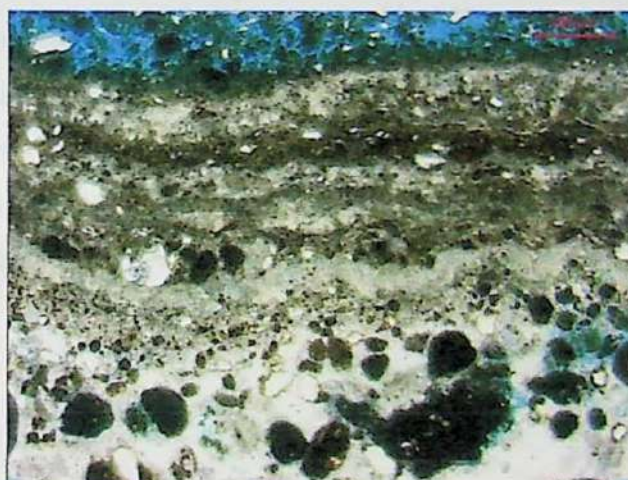


Figura 16: Granodecrescência ascendente em lâmina de clastos, passando no topo a película carbonática (capa estalagmítica). Microfácies A (fotomicrografia com polarizadores descruzados. Escala vermelha de 200 µm).

O cimento encontrado é totalmente carbonático, espático e mais raramente micrítico. Preenche poros e vazios do arcabouço, com textura sacaroidal, prismática, acicular e principalmente envolvendo os grãos, como películas finas laminadas ou franjas de cristais grossos, radiados.

O cimento fino e disperso ocorre associado à espeleotemas diversos, tais como pérolas e capas estalagmíticas, quando o carbonato forma níveis discretos, com fina laminação, ou bem cristalinos, com cristais prismáticos que crescem a partir do substrato do sedimento (Figura 17). Muitas vezes, nos níveis mais finos, o carbonato está misturado com material terrígeno muito fino, que confere cor bruno a estas lâminas (Figura 17).

A porosidade é principalmente intergranular, ocorrendo preferencialmente entre os grãos mais grossos do arcabouço.

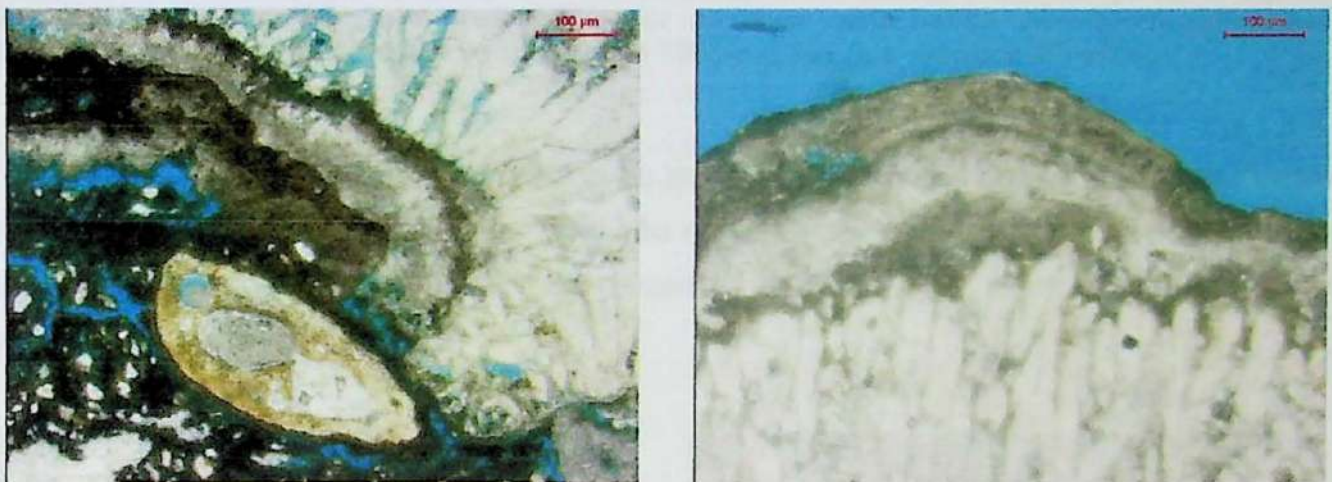
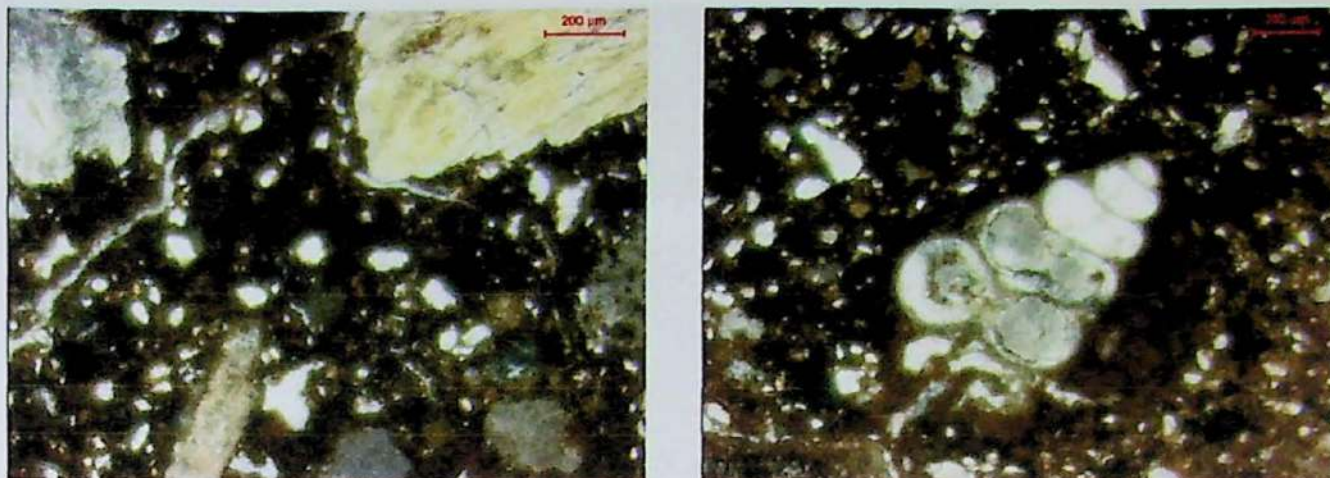


Figura 17: Capa estalagmítica cristalina na microfácies A. À esquerda, base da capa, formada por franja de cristais fibrosos, perpendiculares ao substrato irregular de sedimentos clásticos. Notar presença de fragmento de osso (amarelado) em meio aos clastos. À direita, topo da capa, evidenciando a sobreposição da franja por material micrítico, possivelmente contaminado por terrígenos (cor escura) (fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 100µm).

- **Microfácies B:** Sedimento composto predominantemente de arcabouço (40-50%) e matriz (15-45%), com grau variável de cimentação (10-30%) e pouco poroso (5%).

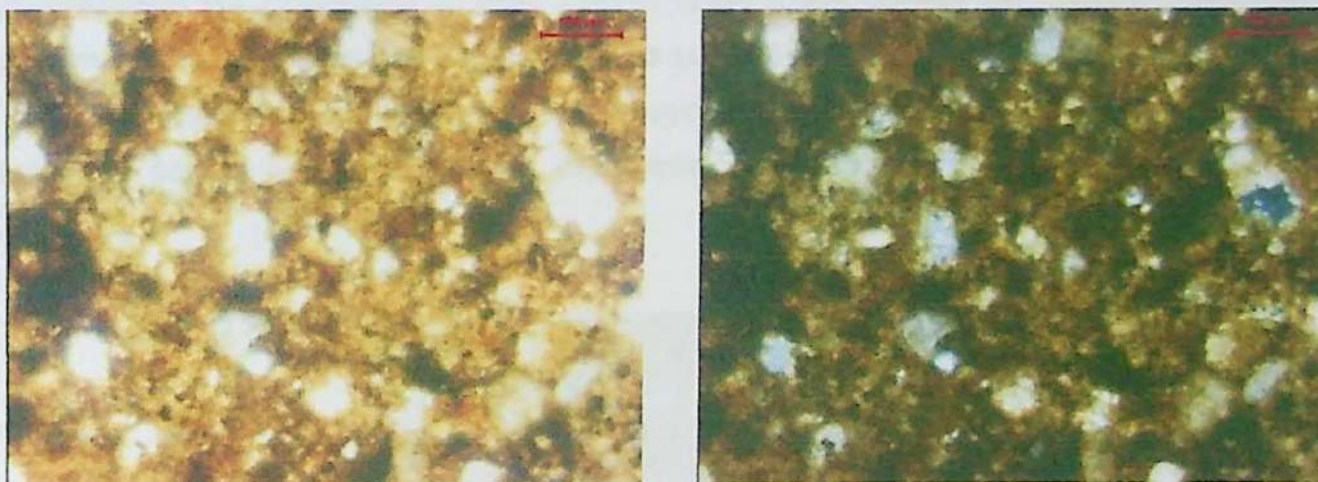
O arcabouço constitui-se predominantemente de ossos e calcita (Figura 18). Grãos de quartzo e fragmentos de concha e de espeleotema micrítico maciço também ocorrem. Fragmentos de calcário e nódulos opacos ou lípidos (oxi-hidróxidos) são raros.

O arcabouço é muito mal selecionado, granulometria modal de seixo a silte grosso. O empacotamento é aberto.



**Figura 18:** Microfácies B, formada essencialmente por clastos com má seleção granulométrica e micromassa escura. Na imagem da esquerda, os clastos mais grossos são de ossos e os finos, de cor esbranquiçada, são de calcita. Na imagem da direita, o arcabouço inclui concha de gastrópodo, parcialmente preenchida por cimento carbonático (fotomicrografias com polarizadores cruzados. Escalas vermelhas de 200 $\mu$ m e 300  $\mu$ m, respectivamente).

A matriz é bruno, bruno-amarelada ou preta, e acinzentada quando o cimento ocorre disperso. Manchas e pontuações escuras são comuns, por vezes formando concentrações grandes. Analisada com polarizadores cruzados, a matriz têm extinção anômala, com absorção de sua cor (Figura 19).



**Figura 19:** Fotomicrografias que evidenciam aspecto anômalo da extinção da matriz, microfácies B (Foto à esquerda, nicóis descruzados, à direita nicóis cruzados. Escalas vermelhas de 100 $\mu$ m).

O cimento é totalmente carbonático, espático. Ocupa poros e fendas (trama venular) na matriz e no interior dos ossos e conchas (Figura 20).

Os poros são principalmente planares, de extensão milimétrica e largura de 0,25 a 0,05 mm, mas encontram-se também câmaras (alargamentos grosseiramente equidimensionais de poros planares) e poros isolados (< 1 mm).

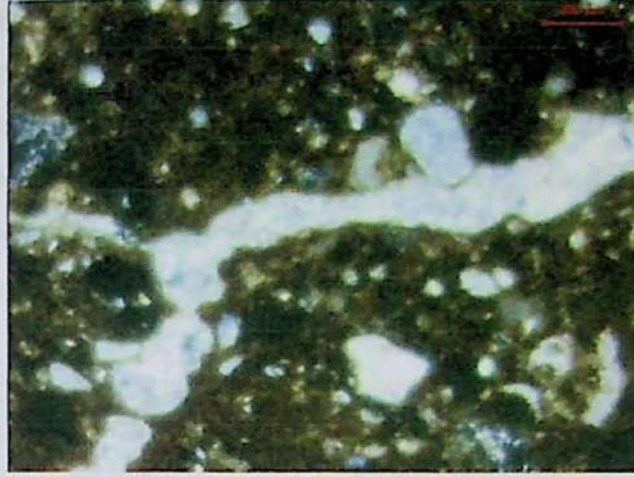


Figura 20: Cimento venular na microfácies B, preenchendo completamente fenda preexistente na matriz (fotomicrografia com polarizadores cruzados. Escala vermelha de 200  $\mu\text{m}$ ).

- **Microfácies C:** Esta microfácies é caracterizada pela ocorrência de matriz e arcabouço em quantidades equilibradas, com ligeiro predomínio da primeira (50-60% e 35-40%, respectivamente). Poros ocorrem subordinadamente (5-10%), e cimento não se encontra aparente.

O arcabouço é composto quase que exclusivamente de quartzo (92-96%), nódulos opacos ou lípidos (óxi-hidróxidos), e, muito mais raramente, feldspato e calcita (Figura 21). Grãos de calcita apresentam feições de dissolução do tipo alveolar (*honeycomb*) da classificação de Choquette & Pray (1970) (Figura 22). Grãos de quartzo policristalinos podem apresentar poros nas bordas de seus sub-grãos.

No caso observado, a textura *honeycomb* indica que a calcita foi dissolvida por soluções ácidas, e a ausência de reprecipitações próximas indica a drenagem de tais soluções.

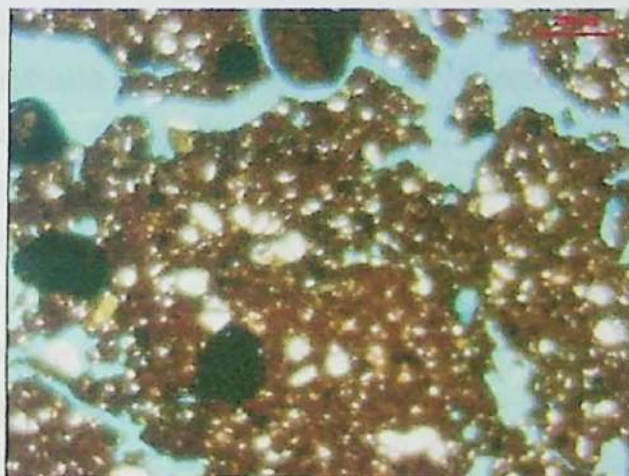


Figura 21: Aspecto da microfácies C. Notar nódulos (lado esquerdo), calcita e quartzo (grãos brancos, não diferenciados) no arcabouço e porosidade alongada ou venular na matriz (fotomicrografia com polarizadores descruzados. Escala vermelha de 200  $\mu\text{m}$ ).

A granulometria modal varia de seixo a silte grosso, o que permite caracterizar este sedimento como muito mal selecionado.

A matriz é vermelho-escuro, pontuada e manchada, especialmente em tons escuros, castanhos ou pretos. Sob polarizadores cruzados, apresenta comportamento óptico quase isotrópico. Apresenta comumente poros alongados irregulares ou mais ou menos retilíneos, estes interpretados como vazios planares separando unidades maiores de sedimento (agregados estruturais, no sentido pedológico). Poros com formas irregulares ou de câmaras associadas aos poros planares também ocorrem.

Foram encontrados restos parcialmente decompostos de raízes.

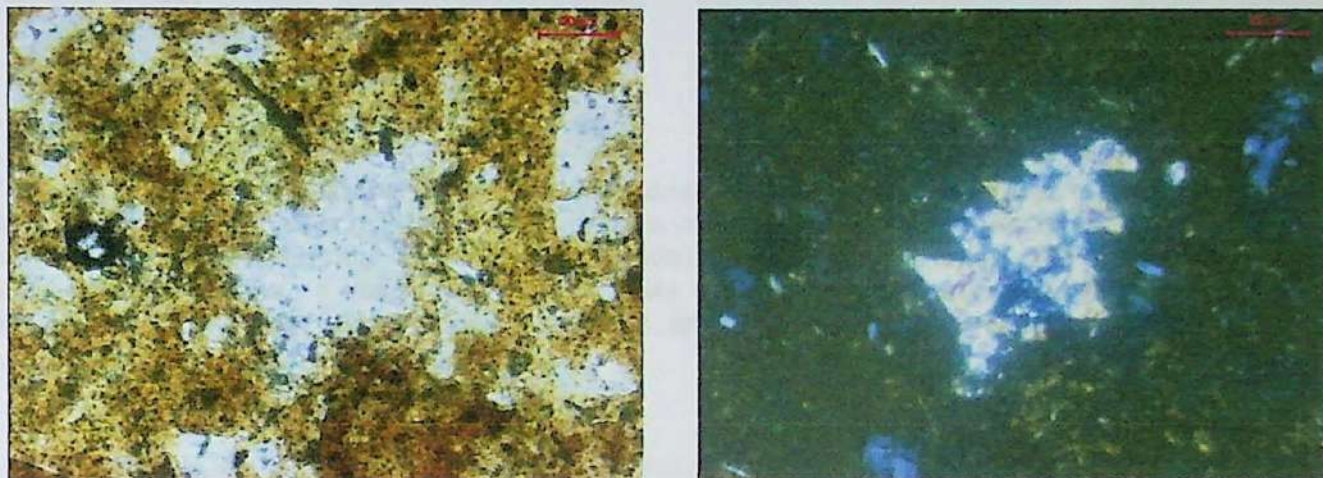


Figura 22: Calcita facoidal (*honeycomb*), evidência de processos de dissolução (à esquerda polarizadores descruzados, à direita polarizadores cruzados. Escalas vermelhas de 20 $\mu$ m).

- **Microfácies D:** Caracterizada pelo predomínio de matriz (40-65%) e cimento (15-25%), seguidos de poros (10-25%) e arcabouço, este último componente sempre menos abundante (até 10%).

O arcabouço é composto quase que exclusivamente de quartzo (70-94%) e nódulos de opacidade e cor variáveis (óxi-hidróxidos) com inclusões de quartzo, e mais raramente calcita.

A granulometria modal do arcabouço varia de areia grossa a silte grosso.

A matriz é avermelhada a bruno-avermelhada, manchada e pontuada, quase isotrópica a polarizadores cruzados.

O cimento é carbonático, espático e intersticial e ocorre principalmente preenchendo *in totum* ou em parte os poros alongados do sedimento (trama venular) (Figura 23). Os poros podem ser, quanto à geometria, alongados (interpretados tridimensionalmente como planares) ou equidimensional, estes isolados ou associados aos poros planares. A dimensão máxima desses vazios é não superior a 7 mm.

Nesta microfácies, ocorrem nódulos alaranjados, com poucas manchas e inclusões opacas e de comportamento óptico quase isotrópico a polarizadores cruzados. Apesar de exibirem bordas nítidas, estes nódulos são constituídos por material bastante parecido com a matriz do sedimento, o que é indício de sua formação *in situ*. Por este motivo, foram considerados feição pedogenética e, portanto, não contabilizados no arcabouço do depósito.

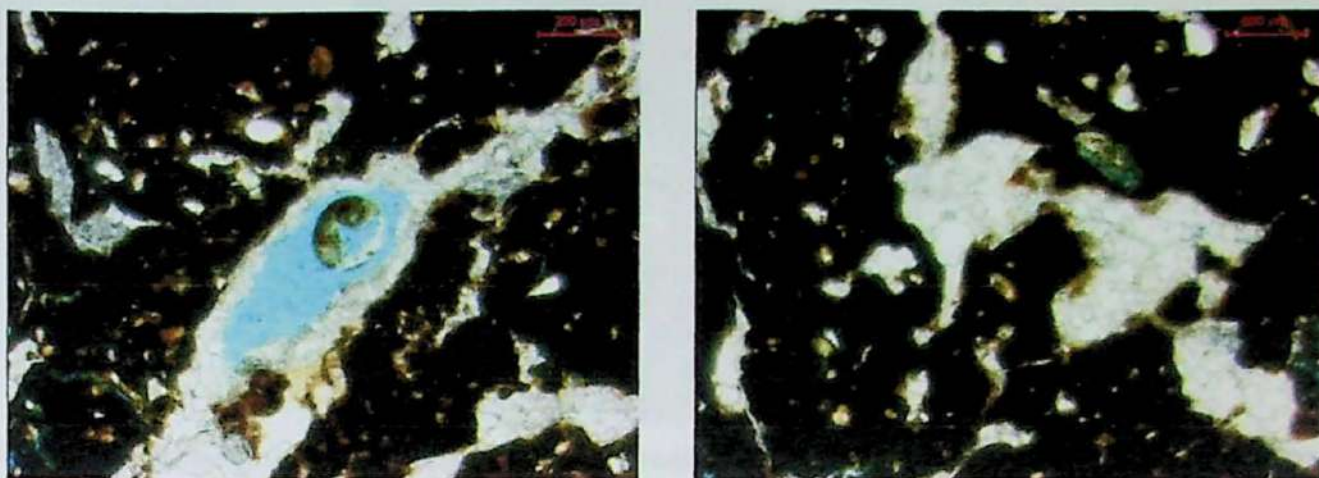


Figura 23: Aspectos da microfácies D, destacando as formas de cimentação em meio à matriz. À esquerda, destaca-se no centro da imagem o cimento de revestimento venular, com poro residual interno. À direita, o cimento carbonático exibe duas tramas diferentes: venular, de maiores dimensões, e de preenchimento de vazios (*vugs*) equidimensionais irregulares (fotomicrografias com polarizadores cruzados. Escalas vermelhas de 200  $\mu\text{m}$ ).

- **Microfácies E:** Esta microfácies foi definida em apenas uma lâmina. Suas principais características são a elevada porosidade (50%), a ausência de cimento e as proporções semelhantes de matriz e arcabouço (30 e 20%, respectivamente).

O arcabouço é composto quase que exclusivamente de calcita (50%) e quartzo (43%), além de fragmentos de conchas, espeleotemas micríticos e nódulos de óxido-hidróxidos. A granulometria modal varia de grânulo a silte grosso, tratando-se portanto de sedimento muito mal selecionado.

A matriz é vermelho-escura, com manchas e pontuações escuras, quase isotrópica a polarizadores cruzados.

A porosidade ocorre principalmente em formas alongadas interpretadas como planares, mas também como câmaras e vazios equidimensionais isolados (<2 mm), e muitas vezes separa unidades maiores de sedimento (agregados estruturais).

- **Microfácies F:** Os componentes desta fácies são arcabouço (30-40%) e matriz (20-55%), com cimento (10-20%) e poros subordinados (<1-15%).

O arcabouço é constituído por calcita e nódulos opacos (perfazendo juntos entre 76-93% em volume). Também ocorrem grãos de quartzo, nódulos alaranjados pouco opacos, pedaços de ossos, conchas, e fragmentos de calcário e intraclastos de brecha (Figura 24). A granulometria modal, variável de seixo (>150mm) a silte grosso, caracteriza um depósito muito mal selecionado.

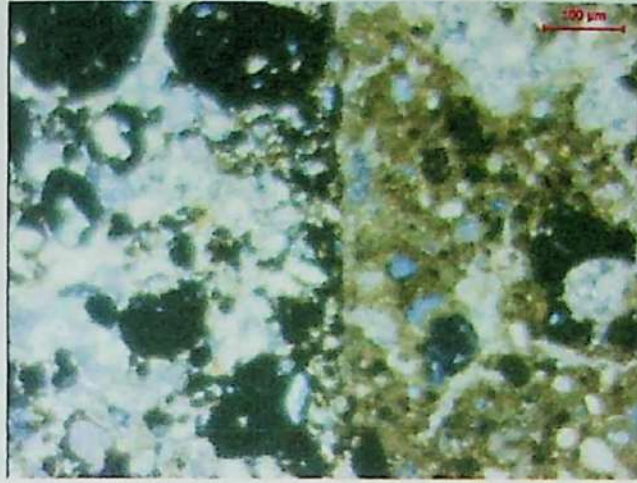


Figura 24: Detalhe do contato de seixo de brecha (à esquerda) e matriz do sedimento. Notar diferença no grau de cimentação e no comportamento da matriz (o clasto da brecha é mais cimentado, seu cimento é mais cristalino, e sua matriz quase isótropa) (fotomicrografia com polarizadores cruzados. Escala vermelha de 100 $\mu$ m).

A matriz é bruno ou bruno-avermelhada, tornando-se cinza quando associada a cimento carbonático fino. Apresenta manchas e pontuações escuras e, sob polarizadores cruzados, exibe extinção anômala, em parte devido à presença do cimento disperso, mas também pela dispersão da luz com absorção da cor natural do material.

O cimento é carbonático, micrítico (disperso na matriz) ou espático, preenchendo poros total ou parcialmente. Os poros são principalmente equidimensionais isolados (<2 mm), mais raramente ocorrendo poros planares delgados.

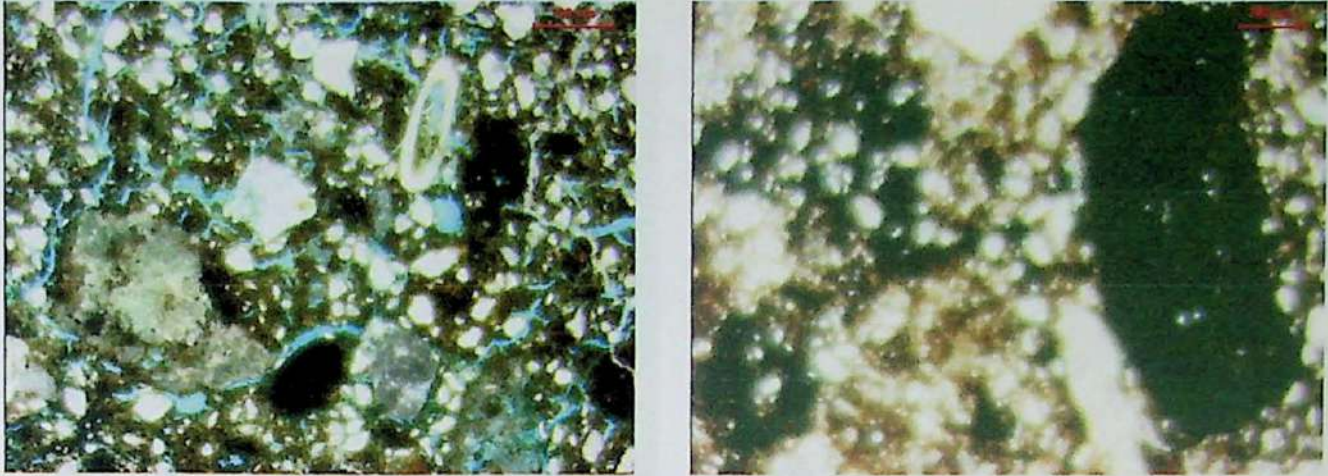
- **Microfácies G:** Esta microfácies tem arcabouço e matriz em quantidades semelhantes (39-64% e 30-40%, respectivamente), e cimento e porosidade bastante variáveis (0-30% e 1-15%).

O arcabouço é composto predominantemente por calcita (85-96%), e também nódulos com opacidade variável, quartzo, fragmentos de concha, ossos, espeleotemas micríticos e fragmentos líticos de calcário e (intraclastos) de brecha, além de "torrões" de sedimentos da caverna retrabalhados (Figura 25).

A granulometria modal varia de seixo a silte grosso.

A matriz presente é bruno, bruno-avermelhada e bruno-amarelada, manchada e com pontuações. Sob polarizadores cruzados, apresenta extinção anômala devido à absorção da cor natural, às vezes, porém, com comportamento quase isótropo. Concentrações de material escuro, semi-opaco castanho ou opaco, ocorrem, freqüentemente, envolvendo grãos do arcabouço.

O cimento, quando presente, é carbonático, espático. Ocorre principalmente preenchendo poros intergranulares, mas também como película envolvente na superfície dos grãos.



**Figura 25:** Arcabouço da microfácies G. Na imagem da esquerda: fragmentos de calcita e quartzo (grãos brancos), espeleotema micrítico (cinza), osso (forma anelar elíptica, no canto superior direito) e nódulos (quase opacos). Na imagem da direita: dois tipos de nódulos: órtico (formados *in situ*), no lado esquerdo da imagem, englobando os grãos da matriz e com borda irregular transicional; e anórtico (transportado), à direita, com formato arredondado e contatos abruptos (definições para nódulos de Stoops, 2003 - fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 100µm e 300 µm, respectivamente).

O arranjo da porosidade é variável, com presença local do tipo intergranular, mas com predomínio de planos delgados ou vazios grosseiramente equidimensionais (com no máximo 2 mm), em meio à matriz.

- **Microfácies H:** Esta fácies é caracterizada pelo predomínio de matriz (50-60%), seguida de arcabouço 30-40%), com cimento e poros menos presentes (5-10% e <1-8%).

O arcabouço é composto de calcita (85-89%), e subordinadamente de quartzo, nódulos de óxi-hidróxidos, além de fragmentos de conchas, ossos, espeleotemas micríticos ou fibro-radiados, calcário e brecha. A granulometria modal varia de seixo a silte grosso, o que permite caracterizar o sedimento como muito mal selecionado.

A matriz apresenta cor variável entre bruno, bruno-avermelhado e bruno-amarelado, passando a cinza nas partes com maior contribuição de cimento fino. É manchada e com abundantes pontuações. Sob polarizadores cruzados, apresenta extinção anômala, caracterizada pela absorção da cor natural, ou "cintilante" com cores de alta ordem, neste caso devido à presença de pequenos cristais de carbonato do cimento.

Em uma das lâminas estudadas, o arcabouço e a matriz apresentam laminação plano-paralela, definida principalmente pela alternância de camadas mais e menos porosas (Figura 26).

O cimento é carbonático, espático e ocorre preenchendo poros intergranulares ou disseminado em vazios (*vugs*) da matriz. Ocasionalmente, é encontrado envolvendo os grãos do arcabouço.

Os poros são principalmente planos e vazios isolados irregulares (<0,8 mm). Em outro caso particular, um "halo" de matriz mais clara, amarelada e límpida, com delgada borda escura, ocorre envolvendo os poros (Figura 27).

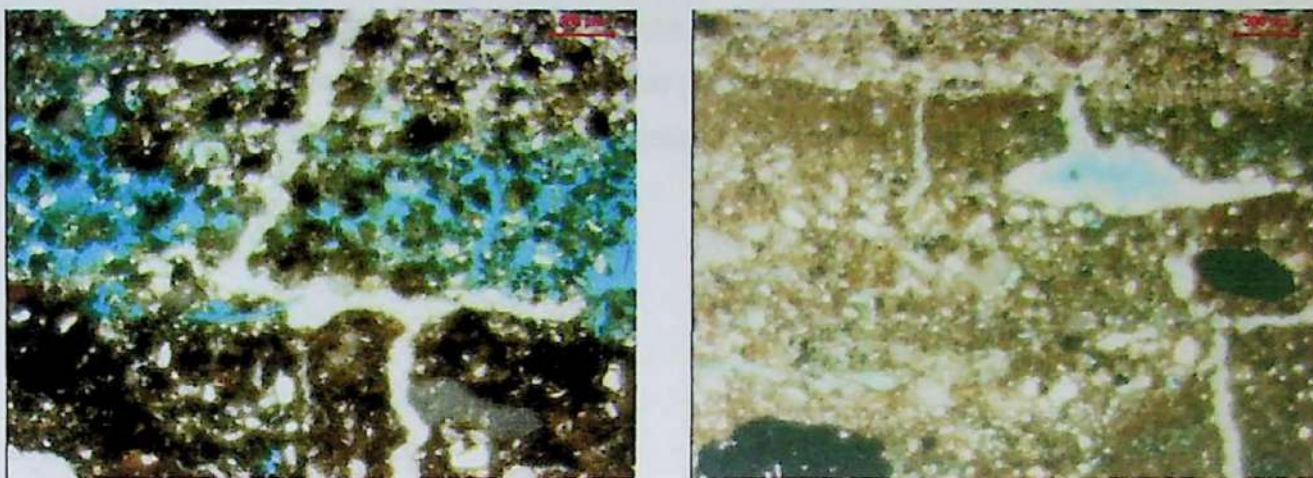


Figura 26: Detalhe da laminação na microfácies H. Notar a segregação granular evidenciada pela intercalação de níveis mais e menos porosos. Notar também venulações truncando a laminação (fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 300µm).

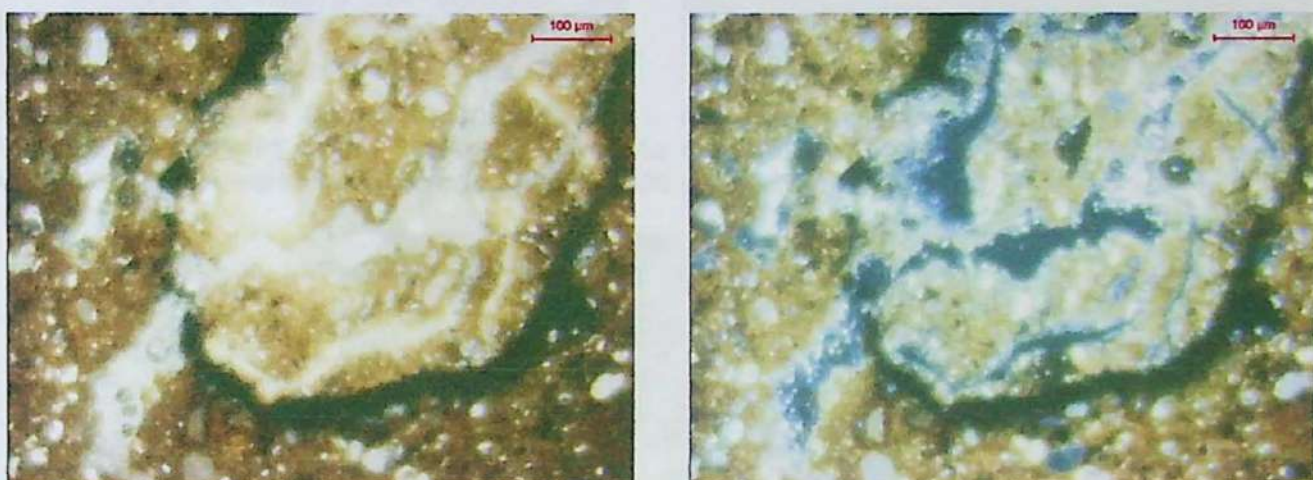


Figura 27: Alteração da cor da matriz próxima à fenda, provavelmente devido a frentes de dissolução e reprecipitação associada à circulação preferencial ao longo do poro. Notar “halo” opaco (à esquerda polarizadores descruzados, à direita polarizadores cruzados. Escalas vermelhas de 100µm).

- **Microfácies I:** Esta fácies é composta predominantemente de matriz (70-80%), com arcabouço subordinado (14-20%). Poros têm ocorrência variada (6-15%) e cimento não ocorre.

O arcabouço é composto praticamente apenas de quartzo (70-97%), com presença menor de nódulos com opacidade variável (óxidos/hidróxidos de Fe e Al), e, muito raramente, fragmentos de ossos.

A granulometria modal varia de grânulo a silte grosso, tratando-se portanto de sedimento muito mal selecionado.

A matriz apresenta cor vermelho-escuro, vermelho-amarelado ou bruno avermelhado com manchas mais límpidas, amareladas. Manchas e pontuações escuras ocorrem. Sob polarizadores cruzados, a matriz é quase isótropa, com alguma absorção anômala da cor natural.

Os poros são principalmente planares, às vezes delimitando agregados estruturais granulares (Figura 28). Câmaras associadas aos poros planares e vazios isolados também

ocorrem (<1,5 mm). Em uma das lâminas, os poros possuem película de material escuro, provavelmente óxi-hidróxidos de manganês, uma vez que ocorrem associados a crescimentos dendríticos típicos deste material (Figura 28).

Restos de raízes são encontradas ocasionalmente em poros alongados irregulares (Figura 29).

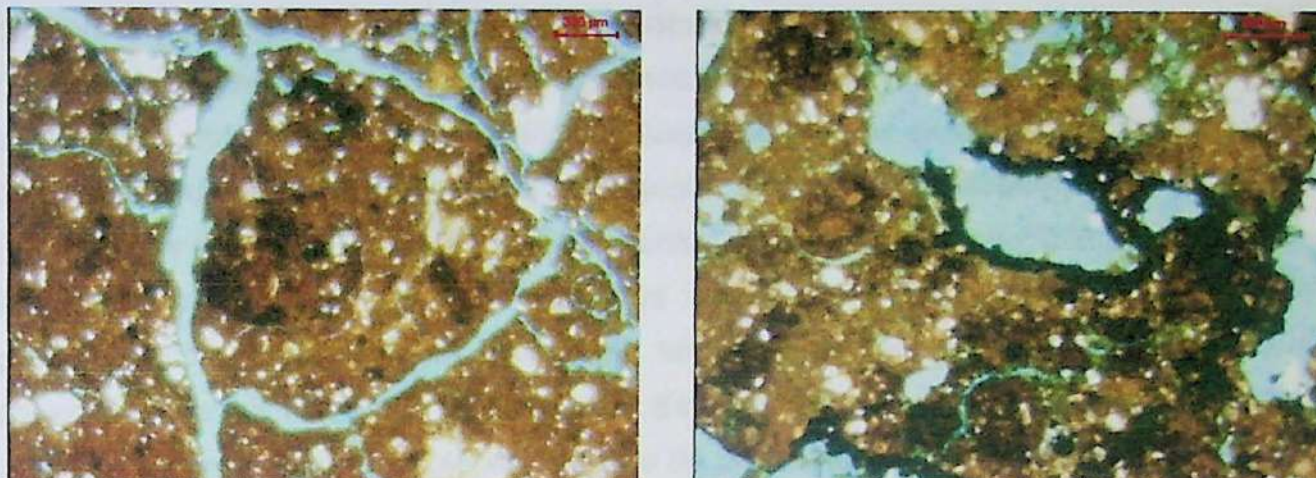


Figura 28: Aspectos gerais da microfácies I. À esquerda, agregado estrutural. À direita, películas de cimento opaco como revestimento de poro (fotomicrografias com polarizadores descruzados. Escalas vermelhas de 300µm e 200 µm, respectivamente).



Figura 29: Restos de raízes em meio a poro alongado, na microfácies I (fotomicrografia com polarizadores descruzados. Escala vermelha de 200 µm).

### 5.3 Análise dos dados granulométricos

As análises granulométricas permitiram determinar a classe textural da maioria das fácies inconsolidadas, bem como de suas alterações pedogenéticas (as classificações texturais obtidas são as fornecidas na descrição macroscópica deste capítulo). O Anexo XIV sintetiza estas informações.

Um dos objetivos da caracterização granulométrica é confirmar e/ou refinar a diferenciação, correlação e agrupamento de fácies estabelecidas em campo. Voltado a esse objetivo, e com o intuito de delimitar fácies com assinaturas texturais semelhantes, construíram-se gráficos binários de dispersão entre parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica (tamanho médio, desvio padrão e assimetria, na escala phi), bem como entre

as proporções em volume das diferentes frações de areia (Anexo XIV). Segundo Lewis & McConchie (1994), qualquer padrão perceptível nos parâmetros estatísticos mais significantes pode ajudar a distinguir fontes, trajetórias de transportes, processos sedimentares atuantes ou condições ambientais na deposição.

Dos gráficos de dispersão obtidos, fica claro que – exceção às fácies FASba e aos horizontes pedológicos da vertente – as amostras de mesma fácies sempre possuem de fato certa aproximação espacial entre si, sugerindo que a interpretação faciológica de campo é corroborada pelos resultados analíticos texturais. Mesmo as amostras das fácies FASba e os materiais da vertente apresentam em alguns dos gráficos de dispersão boa proximidade (ver gráficos diâmetro total x areia total e areia média x areia muito fina, por exemplo). É importante notar que uma das amostras da fácies FASba apresentou distribuição granulométrica completamente distinta de todas as demais amostras da gruta Cuvieri, especialmente por seu maior teor de areia. Este resultado deve refletir uma variação local, uma vez que a amostra foi coletada ao lado de um bolsão de cascalho, ocorrência comum nesta fácies.

A observação do Anexo XIV permite concluir que os sedimentos da gruta Cuvieri podem ser divididos em dois grupos distintos: os do interior dos *Locis* (fácies FSp, FSbe, FSba, cujas amostras aparecem marcadas com círculo vermelho nos diagramas de dispersão), e os do conduto horizontal e adjacências (fácies FASba – e seus horizontes pedogenéticos, além dos sedimentos da vertente da dolina, marcados nos diagramas com círculo verde). Os grupos não são discretos entre si, ou seja, não existe intervalo de separação bem marcado entre eles. No entanto, a distribuição das amostras de um e de outro grupo na nuvem de dispersão, apesar de contínua, aparece sempre em lados opostos do diagrama. Nota-se ainda, nos mesmos diagramas, que os sedimentos basais do *Locus 3* (Bbe e FSv) incidem em posição intermediária entre a dos sedimentos externos à gruta e a dos internos.

O grupo dos sedimentos internos à gruta é mais grosso, com assimetria mais positiva e pior selecionado do que os sedimentos externos, ou do conduto horizontal. Nos gráficos binários de dispersão entre frações de areia, percebe-se que as frações areia grossa e areia média variam pouco entre os dois grupos de amostras, sendo o teor da fração areia muito fina o mais distintivo entre eles.

Para controle de proveniência, foram coletados sedimentos em fendas, seja no topo do maciço seja dentro da gruta (sedimentos epicársticos). Avaliando-se os gráficos de correlação, torna-se evidente que estes materiais têm clara relação com os sedimentos das partes superiores do pacote dos *Locis 3* e 2, especialmente FSp e FSba (ver Anexo XIV).

## 5.4 Análise dos dados químicos (fluorescência de raios-X)

O objetivo das análises químicas, a exemplo dos estudos microscópicos e granulométricos, é o de refinar a caracterização dos sedimentos, além de confirmar a discriminação de fácies realizada em campo.

No anexo XIV, é apresentada a tabela que contém todos os resultados de análises químicas realizadas. A avaliação deste quadro permite, a exemplo dos resultados granulométricos, separar dois grupos de amostras: as ricas em cálcio (CaO) e pobres em sílica (SiO<sub>2</sub>), e as pobres em cálcio e ricas em sílica. Mais uma vez, os dois conjuntos representam as amostras internas e externas à gruta, respectivamente. Assim como no caso da granulometria, não há intervalo composicional expressivo que separe os dois conjuntos maiores de amostras, mas, dentro de uma seqüência contínua de composição química, as amostras externas e internas distribuem-se em extremos opostos.

Importante ressaltar que amostras ricas em SiO<sub>2</sub> mostraram-se também mais ricas em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>. A correlação direta entre estes elementos deve-se provavelmente à compatibilidade geoquímica entre eles, ligada à sua associação comum com argilominerais e óxi-hidróxidos de Fe e Al, estes freqüentemente substituídos por Ti. Já os sedimentos ricos em CaO não guardam correlações expressivas com outros elementos químicos. Sua abundância nas amostras internas está, como era de se esperar, relacionada ao calcário das paredes, que fornece Ca na forma de cimento ou grãos do arcabouço.

MnO, MgO e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não têm correlação significativa com outros elementos, nem distribuição concordante com a separação em grupos de amostras. Sódio (Na<sub>2</sub>O) raramente ultrapassou o limite de detecção, não fornecendo portanto informação relevante.

No anexo XIV, são fornecidos dendrogramas que agrupam as amostras de acordo com sua similaridade, levando-se em consideração todas as suas variáveis ao mesmo tempo ("análise de agrupamentos", ou "*cluster analysis*"). Este método de trabalho faz parte da "estatística multivariada", uma abordagem da estatística que leva em consideração o fato de que em alguns casos não há correspondência direta, um a um, entre "causa e efeito", e que portanto não é possível estabelecer correlações simples entre variáveis, uma vez que suas interações podem ser complexas e dependentes uma das outras. O objetivo desta análise é verificar se as semelhanças químicas entre as amostras estão de acordo com as fácies descritas em campo. Dentre os vários métodos disponíveis para o agrupamento das amostras, e a medida de distância entre elas, foi escolhido o "método de Ward", através da medida da "distância euclidiana", pois é o mais generalista e estatisticamente robusto.

É possível observar que, em geral, as amostras das mesmas fácies apresentaram alto índice de correlação, e estão próximas umas as outras no dendrograma (Anexo XIV). Exceções bem marcadas são as amostras CVL3Ce2, CVL3ApfN/3 e CVL3ApfN/9 das fácies FSbe, FSba e Bbe, respectivamente, as quais estão mais relacionadas à fácies Bbv do que

a outras amostras de suas fácies. Apesar destas exceções, a distribuição geral das amostras reflete as divisões de fácies de campo, e novamente sedimentos internos (epicársticos, e fácies FSp, FSba e Bbe) e externos à gruta (FASba e horizontes pedológicos da vertente) foram diferenciados.

## 5.5 Datações

O projeto temático no qual este trabalho está inserido tem grande preocupação com o estabelecimento de cronologias para a megafauna da região, com a intenção de esclarecer questões tais como sua extinção e a existência da convivência com as primeiras populações humanas a se estabelecerem na região central do Brasil.

A discussão dos dados cronológicos não está incluída no escopo deste trabalho, mas devido a sua importância serão apresentados no Anexo XV, que condensa as diversas idades obtidas para ossos/fragmentos de carvão e capas estalagmíticas, datadas através do método  $^{14}\text{C}$  e U/Th. Através destas datas, é possível estabelecer uma cronologia básica para a sedimentação da gruta, que será brevemente discutida adiante.

Para a compreensão da distribuição destas datações no espaço, são fornecidas as posições dos materiais datados, nas seções geológicas apropriadas (consultar anexos das diferentes frentes de escavação).

É importante destacar que as datações obtidas para as capas estalagmíticas, fornecem idades mínimas para os sedimentos que serviram de substrato para seu desenvolvimento. No caso da gruta Cuvieri, foram datadas duas ocorrências deste tipo, uma inserida no meio dos depósitos do *Locus* 3, e uma coletada em um dos testemunhos de brechas aladas, no átrio norte. Fica claro, dos resultados obtidos, que as brechas aladas são muito mais antigas que os outros sedimentos encontrados, e testemunham uma fase de preenchimento anterior (ver anexos VII, VIII, XIII e XIV).

As datações obtidas também fornecem informações importantes sobre a cessação da sedimentação mais expressiva no conduto horizontal e no *Locus* 2, uma vez que idades obtidas em ossos e carvões do topo das seqüências destes locais indicam idades bastante recentes (anexos VI, XI e XII). No caso do *Locus* 2, também na superfície, foram datados ossos mais antigos, com milhares de anos. A mistura de idades no topo da pilha sedimentar do *Locus* configura uma "condensação temporal", ou seja, a lentidão da sedimentação permite que um grande intervalo de tempo seja representado por uma superfície ou nível raso.

## 6. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 Análise de fácies, microscopia, granulometria e fluorescência de raios-x

De posse dos resultados obtidos através de análises morfológicas, micromorfológicas, granulométricas e químicas, foi possível separar os depósitos da gruta Cuvieri segundo fácies deposicionais.

A descrição morfológica (*i.e.* macroscópica) de sedimentos com características distintas, constituiu a base da separação de fácies. A dificuldade encontrada foi que algumas destas características mostraram-se análogas ou similares entre a maioria das fácies. A composição do arcabouço, por exemplo, é bastante homogênea nos sedimentos estudados: quase todos possuem grãos de quartzo, fragmentos líticos de calcário e intraclastos de brechas antigas (pleistocênicas), nódulos de óxi-hidróxidos e conchas, apesar de variações significativas em suas proporções. No entanto, ossos e fragmentos de espeleotema têm ocorrência mais restrita, e, quando abundantes, serviram como um dos parâmetros para a diferenciação faciológica.

Parâmetros texturais tais como esfericidade e arredondamento, observados em lâmina, mostraram-se muito variáveis – *i.e.* de muito arredondado a muito anguloso, e de esfericidade alta a baixa. No caso dos sedimentos estudados, estes parâmetros são controlados muito mais pela forma original dos grãos do que pelo transporte, uma vez que nódulos, conchas e muitos ossos são naturalmente arredondados e às vezes esféricos, enquanto grãos de quartzo, calcita ou fragmentos líticos de calcário ou brecha são tipicamente angulosos (Figura 30). Portanto, esses parâmetros foram usados antes como critério complementar para reconhecer tipos de grãos que para diferenciar fontes ou evidenciar a intensidade de processos de transporte.



Figura 30: Aspecto textural de sedimentos da gruta Cuvieri (exemplos de brechas pleistocênicas, fácies Bbv). Notar como grãos de quartzo são naturalmente angulosos, enquanto clastos de nódulos (mais escuros) são arredondados.

Outra particularidade na caracterização dos sedimentos da gruta Cuvieri é a ausência quase completa de estruturas sedimentares, fundamentais para o estudo dos processos deposicionais. Por esse motivo, a análise de fácies – que geralmente recorre à textura/litologia do material, e suas estruturas - teve de recorrer a outros elementos descritivos que pudessem diferenciar os sedimentos, tais como cor ou presença de hiatos deposicionais, estes denunciados, por exemplo, por capas estalagmíticas. Estes dois elementos foram os que mais chamaram a atenção em uma primeira observação de campo, especialmente nas condições de escassa luminosidade deste estudo (ver figura 13, capítulo anterior).

O uso da cor como parâmetro na separação de fácies deposicionais é muito pouco usual em estudos geológicos tradicionais, uma vez que a cor original pode ser modificada por fatores posteriores à deposição, tais como intemperismo e telodiagênese. No presente estudo, o uso deste parâmetro, combinado com outras variáveis, mostrou-se eficiente na separação de fácies apenas em determinados casos. Em outros casos, mudanças de cor foram interpretadas como produtos de processos pedogenéticos/pós-deposicionais atuantes nos sedimentos da gruta (ver figura 13, capítulo anterior; figura 35), portanto sem significado deposicional assegurado.

Uma ocorrência importante de mudança de cor não interpretada como produto de mudanças deposicionais é a que ocorre nos sedimentos do *Locus 3*, na fácies FSba. Em campo, claramente se vêem dois estratos de cores distintas, um sobrejacente bruno-avermelhado, e outro subjacente, vermelho-amarelado (laranja) (Figura 31).



**Figura 31:** Mudança de cor na fácies FSba, no perfil sul do *Locus 3B* (imagem da esquerda) e no perfil norte do *Locus 3A* (direita). Apesar do contraste nítido de coloração, estes sedimentos são considerados de uma única fácies, representantes de um mesmo evento (ou fase de eventos) deposicional (escala: bloco no centro da foto à direita: ca de 30 cm).

Os argumentos que favoreceriam a interpretação da existência de dois eventos deposicionais registrados nestes sedimentos são: a mudança de cor, a maior abundância de blocos de calcário no sedimento laranja (ver seção longitudinal do anexo VII) e a existência de indivíduo de *Valgipis bucklandii* no estrato inferior, e de *Catonyx cuvieri* no estrato superior

(possível evidência de mudança faunística: ver seção “tafonomia”, abaixo). No entanto, cada um destes argumentos pode ser explicado dentro da hipótese da existência de apenas uma fácies sedimentar: a variação de cor pode ser atribuída a reações (oxidação?) promovidas pelo intenso fluxo de água presentes na caverna. De fato, ao examinar as amostras do sedimento laranja, percebe-se que na verdade trata-se de material variegado, de matriz bruno com manchas vermelho-amareladas. Em várias amostras, chega-se a encontrar as manchas laranjas envolvendo os abundantes poros, o que sugere a ação preferencial de fluxos de água ou oscilações do lençol freático, sobre a porosidade preexistente (esta feição pode ser observada em lâmina – ver Figura 27, capítulo anterior).

Os outros argumentos para contraste de fácies deposicional (mudança faunística / variação na quantidade de blocos) no exemplo da Figura 31 também podem ser explicados por fatores que não justificam interpretação de mudança de processo. Assim, o contraste de conteúdo fóssilífero pode ser atribuído ao caráter esporádico e aleatório da queda de animais na fenda e a concentração de blocos a mudanças nas taxas de abatimento (processo sedimentar *in-situ* e muitas vezes autocíclico, que não implica necessariamente mudanças externas).

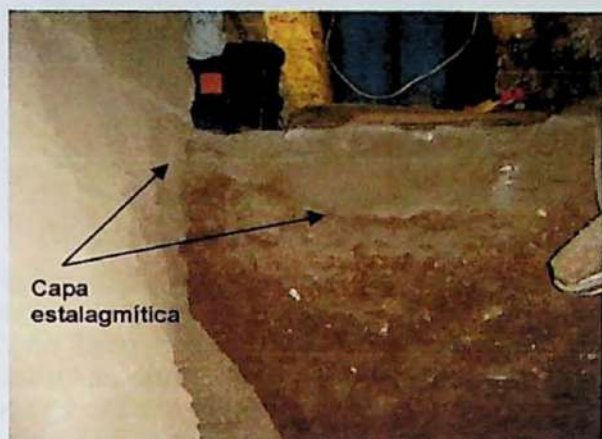
Outro argumento que favorece a idéia de agrupar os “dois sedimentos” numa só fácies é a boa coincidência da composição química. No dendrograma do Anexo XIV, é possível notar a proximidade entre os pontos da fácies FSba, que inclui tanto amostras do sedimento de cor variegada como do bruno-avermelhado.

Em última análise, a cor fornece informações importantes sobre a evolução destes sedimentos, mas esta evolução inclui tanto a história deposicional como a pós-deposicional desenvolvida sobre os sedimentos.

Já os hiatus deposicionais, raramente bem marcados, são os elementos mais confiáveis na separação de eventos de deposição. Na gruta Cuvieri, os melhores exemplos são as capas estalagmíticas encontradas no *Locus 3*, intercaladas a sedimentos clásticos (Figura 31). Elas marcam hiatus deposicionais, pois para se formar precisam da existência de delgado filme de água, saturado em  $\text{CaCO}_3$ , e sob aporte detrítico nulo ou muito escasso. Naturalmente, pequenas oscilações nas condições deposicionais permitem a intercalação de finas camadas de espeleotema e sedimento clástico, freqüentemente com mistura de ambos os componentes, o que costuma conferir cores mais escuras aos espeleotemas (ver Figura 17, capítulo anterior).

Ocasionalmente, hiatus deposicionais foram interpretados a partir de evidências indiretas, tais como mudanças abruptas de cimentação, desde que alguma outra mudança brusca estivesse associada (tais como na quantidade de cascalho ou na presença-ausência de fósseis). Esta interpretação justifica-se considerado o fato de que o processo de cimentação dos sedimentos demanda tempo, e que vários depósitos cimentados, com características e em

posições estratigráficas definidas, devem representar evento (ou eventos) correlacionável. No entanto, assim como nas variações de cor, nem toda mudança na cimentação foi considerada como suficiente para separação de fácies deposicionais.



**Figura 31:** Foto do topo da seqüência sedimentar do Locus 3B (testemunho S). Notar que o depósito é capeado por espeleotema (capa estalagmítica), e que a primeira fácies (FSp, bruno homogêneo) é limitada na base por outro depósito deste tipo, com forma acanalada. O depósito de posição inferior, além de mais avermelhado, possui outras características distintas, tais como grande abundância de fósseis e matacões. Este é um caso em que a variação de cor, em conjunto com outras mudanças, pode ser considerada como importante na diferenciação de fácies deposicionais.

Exemplos de cimentação interpretados como características de mudança de fácies ocorrem no *Locus* 3B e na sondagem 02 da gruta (Figura 13, capítulo anterior e Figura 32). Exemplos de cimentação que foram interpretados apenas como provocadas pós-deposicionalmente por percolação de soluções ácidas ou outras variações no regime hídrico, são encontradas no *Locus* 3A, onde ao sul foi escavado um “fosso” em sedimento inconsolidado, cercado de sedimento mais endurecido (Figura 32). Apesar da diferença na quantidade de cimento, que poderia sugerir dois sedimentos distintos, algumas evidências apontam para o agrupamento destes dois sedimentos em uma só fácies. Uma delas é o fato de que ocorrem ossos inseridos no sedimento endurecido, e ao mesmo tempo com partes no bruno fofo, sugerindo que estiveram – inicialmente – em um sedimento completamente cimentado e que, posteriormente foi dissolvido, liberando parte do osso. Além disso, não ocorrem mudanças abruptas no arcabouço, nem na cor.

Para a ocorrência do *Locus* 3B, a interpretação dada é de um resto de brecha antiga, cimentada e enterrada (Figura 33 e 34). Brechas deste tipo, aderidas às paredes da gruta e adjacências, são muito comuns, e testemunham fase de sedimentação mais antiga, sucedida por forte evento erosivo posterior (Figura 33).

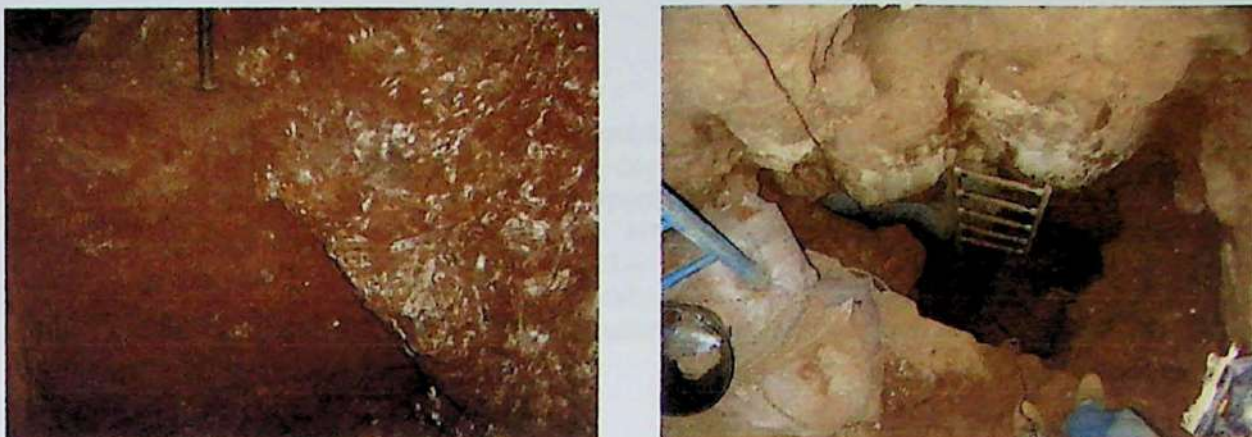


Figura 32: Exemplos de variação de cimentação, interpretados diferentemente. Na imagem da esquerda (perfil central do *Locus 3B*), dois tipos de sedimentos ocorrem lateralmente justapostos. O do lado esquerdo é escavável com colher de pedreiro e martelo, enquanto o da direita é quebrado apenas com fortes golpes de marreta – notar as marcas de impacto (manchas brancas). Nesse caso, além da mudança de cimentação, a forma do corpo cimentado, a cor e a constituição de seu arcabouço (com abundantes cascalhos de quartzo, ausentes na fácies ao lado, e presença de depósitos químicos em sua superfície) serviram como base para a diferenciação de fácies – FSv e Bbv, respectivamente. Na imagem da direita (“fosso” escavado em sedimento inconsolidado, cercado de sedimento endurecido; fácies FSv, sul do *Locus 3A*, a escada tem cerca de 1,5 m), as variações entre cor e composição do arcabouço são pequenas, e não permitem a diferenciação de fácies. A variação da cimentação deve ser efeito da presença de grande espeleotema logo acima da região, capaz de concentrar o fluxo de água nas fases úmidas. Para compreensão da disposição destas áreas cimentadas, ver anexos VII e VIII.

A variação de cimentação do *Locus 3A* deve relacionar-se à existência de grande estalactite que em épocas úmidas ainda está ativa, e serve de caminho preferencial para o fluxo de água (ver anexo V, nas seções que atravessam o *Locus 3A*).



Figura 33: Exemplos de brechas antigas, preenchendo condutos de várias escalas na gruta Cuvieri. À esquerda, pequeno conduto (a cerca de 1 m do chão), completamente preenchido por sedimento. No centro, conduto com sedimento preservado, mas já parcialmente erodido e dissolvido (notar o espaço vazio no contato com a parede do conduto, atestando dissolução parcial). À direita, restos de brecha aderidos à parede e teto da entrada da gruta.



**Figura 34: Exemplo de capa estalagmítica alada, testemunho de antigos níveis de deposição (este exemplar encontra-se a 1,5 m do chão da gruta, logo acima do Locus 2). Notar a presença de restos do sedimento que serviu de base para o depósito químico (material alaranjado, abaixo da capa).**

A textura dos sedimentos descritos mostrou-se bastante homogênea, independente das fácies. Os sedimentos são franco-siltosos (Anexo XIV), ora mais arenosos, ora mais argilosos. A fração cascalho ocorre em todas as fácies, em geral nódulos, fragmentos de quartzo, calcário e brechas, ossos e conchas, com abundância variável.

A análise granulométrica da fração <1 mm (areia grossa a argila) permitiu a correlação entre amostras das diferentes fácies, e os resultados obtidos foram concordantes com as fácies descritas em campo: além de separar os sedimentos em dois grandes grupos (internos e externos à cavema), tomou possível perceber a similaridade textural, na maioria dos sedimentos, entre as amostras da mesma fácies, mas de diferentes frentes de escavação (Anexo XIV).

Várias mudanças pós-deposicionais afetam os sedimentos estudados, entre eles os já citados processos pedogenéticos, mas também movimentações, decorrentes de mudanças em subsuperfície ou a efeitos de contração, que geram vazios de várias escalas, algumas vezes até métricos (ver seção do *Locus 3A*, Figura 10, capítulo anterior e Figura 35). A intensa circulação de água também é responsável por alterações pós-deposicionais, entre elas a já citada cimentação, mas também o transporte de material, como grãos de argila e silte ou íons em solução, em clara transição para os processos pedogenéticos.

Raízes, e menos freqüentemente artrópodes (principalmente formigas), são encontradas constantemente, bem como seus restos ou vestígios (poros de fito e zooturbação, por exemplo). A ação destes agentes biológicos na fábrica dos sedimentos não foi avaliada em detalhe, mas é certo que desempenham um papel, ainda que subordinado.

As análises microscópicas colaboraram para a caracterização mais detalhada dos sedimentos, especialmente no tocante à composição do arcabouço, texturas e tipo de cimento e porosidade. A matriz também pode ser observada, embora sua caracterização composicional não tenha sido feita (as técnicas necessárias estavam além do escopo do trabalho).



**Figura 35:** Exemplos de poros encontrados nos sedimentos da gruta. À esquerda, fenda métrica sub-horizontal entre as fácies Bbe e FSv, *Locus* 3A. Notar que as paredes do vazio foram recobertas por película carbonática, acima e abaixo (o poro separa as fácies cerca de 30 cm). À direita, sumidouro encontrado na sondagem do abrigo Cuvieri. Notar a formação de horizonte pedogenético A (acresção de matéria orgânica) no topo dos sedimentos e o piso calcário no fundo.

O parâmetro que se mostrou mais útil para a discriminação de microfácies foi a abundância relativa dos componentes texturais maiores (arcabouço, matriz, cimento e poros), seguido de composição do arcabouço, cor da matriz e textura do cimento.

O agrupamento das lâminas em microfácies mostrou-se também compatível com os dados de campo. A microfácies A corresponde à fácies CE (capas estalagmíticas e sedimentos associados); a microfácies B corresponde às brechas de ossos encontradas no *Locus* 3B (discriminadas como intercalações à fácies FSba); as microfácies C, E e I relacionam-se à fácies FASba; a microfácies D equivale à fácies FSv; as microfácies G e H correspondem às fácies FSba e FSbe. Amostras do fundo do *Locus* 3A são as exceções, pois ocorreram dispersas segundo várias microfácies.

Avaliando-se todas as evidências juntas, percebe-se então a divisão dos pacotes sedimentares da gruta Cuvieri em dois grandes grupos bem marcados, relativos à ocorrência dentro e fora da gruta. O grupo interno pode ainda ser subdividido em três partes (no *Locus* 3, onde a estratigrafia é mais completa): um basal, composto da fácies FSv, homogênea, praticamente sem cascalho, afossilífera e com afinidade química/granulométrica com os sedimentos de fora da gruta (fácies FASba e horizontes pedogenéticos); uma intermediária, composta das fácies Bbe, FSba e FSbe, que apresentam grande heterogeneidade de cimentação e cor, aumento na abundância de espécies e espécimes fósseis no centro da seqüência e similaridades granulométricas e químicas ora com sedimentos epicársticos atuais,

ora com sedimentos de fora da gruta; e uma superior, composta da fácies FSp, bastante homogênea, separada das fácies subjacentes por capa estalagmítica e com forte correlação granulométrica e química com os sedimentos epicársticos atuais (o croqui da parede S do Locus 3B é o eu melhor representa esta variação, ver anexo VIII). Separada destes grupos está a fácies Bbv, testemunho de preenchimentos muito mais antigos.

## 6.2 Tafonomia

As características dos sedimentos levam a concluir que a formação dos depósitos fossilíferos da gruta Cuvieri está relacionada a eventos esporádicos de queda de animais em um dos abismos. A evidência maior a este favor é a ausência de grandes ossos nas tradagens fora dos *Loci*, e a escassez de ossos pequenos (a maioria deles eram de pequenos roedores).

Ocasionalmente ossos eram inseridos junto com a massa coluvionar de sedimentos, como atestado pelas raras ocorrências de fragmentos de ossos nas brechas antigas, ou então “ossos alados” dentro dos *Loci*, aderidos a restos de sedimentos antigos nas paredes (Figura 36). Por ossos alados se entenda ossos que são encontrados acima do piso da caverna encontrado atualmente, antes dos trabalhos de escavação. Em geral estão aderidos a paredes, ou encaixados em reentrâncias.



Figura 36: Exemplos de restos ósseos da gruta Cuvieri. Acima, à esquerda, “Osso suspenso” no *Locus 3C* (localizado a mais de 1,7 m do piso original da gruta, aderido à parede e coberto por couve-flor). Acima, ao centro, indivíduo articulado de *Tayassu* (porco-do-mato), no *Locus 2*. Acima, à direita, ocorrência de ossos fragmentados ou inteiros, semi-articulados, espalhados pela superfície de exposição (*Locus 2*). À esquerda, braço esquerdo e pata dianteira direita, individualmente articulados. *Catonyx cuvieri*, *Locus 3A*.

A ocorrência de ossos desarticulados e fragmentados nos *Loci* pode ser explicada por processos tafonômicos associados à dinâmica interna da gruta (goteiras e fluxos de água laminares, por exemplo), bem como ligados a queda e/ou pisoteio por novos animais (*trampling*).

Explicações mais definitivas dependem de estudos detalhados da tafonomia e taxonomia dos ossos encontrados. Conforme mencionado anteriormente, vários projetos de iniciação científica e mestrado estão investigando as evidências fornecidas pelos fósseis. Abaixo, apenas para ilustrar alguns dos estudos possíveis, são fornecidas três figuras que representam o Locus 3A. Nelas, são representadas várias das peças numeradas durante as escavações. É possível perceber que, munindo-se das informações contidas nos desenhos das exposições, e de suas profundidades aproximadas, avaliar a posição relativa dos ossos em planta e perfil, com o intuito de avaliar a ocorrência, intensidade e sentido de deslocamento dos fragmentos ósseos (figuras extraídas da dissertação de mestrado de Alex Hubbe, ainda em desenvolvimento. As pequenas diferenças observadas entre os sedimentos destes desenhos, e o das seções apresentadas em anexo no presente trabalho ocorrem pois os desenhos abaixo foram confeccionados em versão preliminar das seções geológicas).

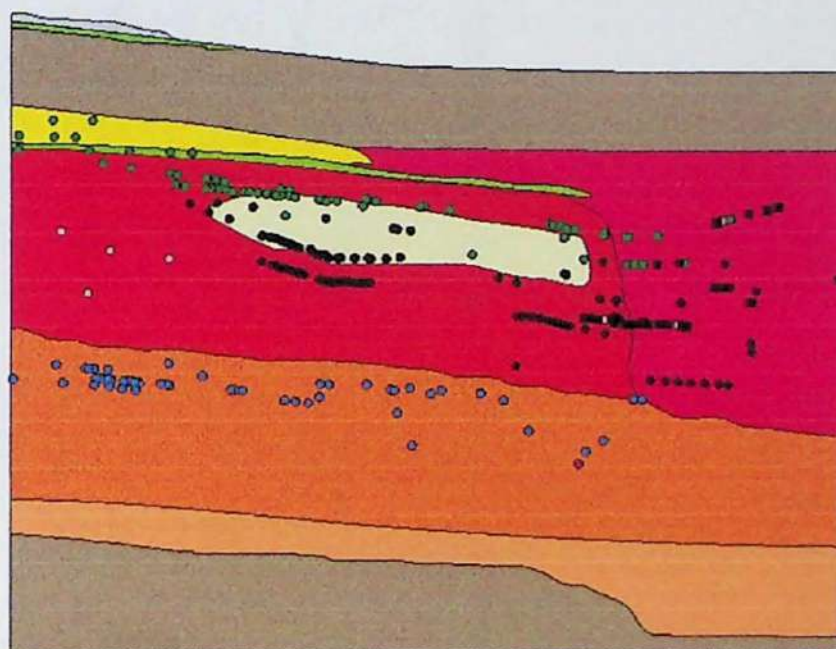


Figura 37 – Dispersão dos ossos de megafauna atual e extinta no plano vertical do Locus 3A. Os quadrados representam ossos que se encontram em sedimento inconsolidado. As circunferências representam ossos nas demais localidades do Locus. Cada ponto na figura (quadrado ou circunferência) representa um osso. Os pontos verdes se referem a indivíduo de anta; os pretos a indivíduo de *Catonyx cuvieri*; os rosas a um segundo indivíduo de *C. cuvieri*; os roxos a um terceiro; os azuis a indivíduo de *Valgipis bucklandii*.

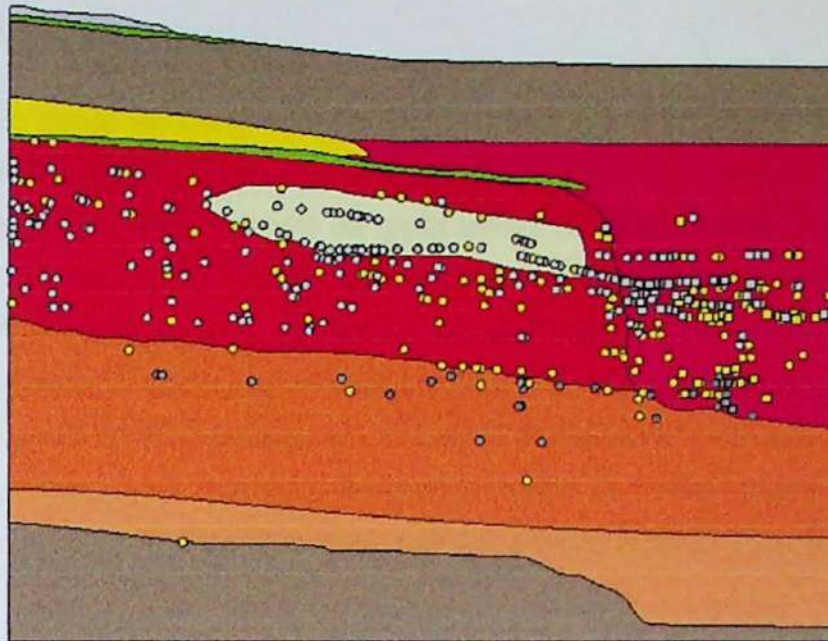


Figura 38 – Dispersão dos ossos de megafauna atual e extinta no plano vertical do *Locus* 3A. Os quadrados representam ossos que se encontram em sedimento inconsolidado. As circunferências representam ossos nas demais localidades do *Locus*. Cada ponto na figura (quadrado ou circunferência) representa um osso, de indivíduo desconhecido. Pontos amarelos representam ossos de anta; os cinzas claro a ossos de *C. cuvieri*; e os cinzas escuro a ossos de *Milodontidae*. Notar a diferença na abundância de restos que podem ser relacionados a um indivíduo específico (Figura 37), e aqueles que podem representar vários indivíduos (nesta figura).

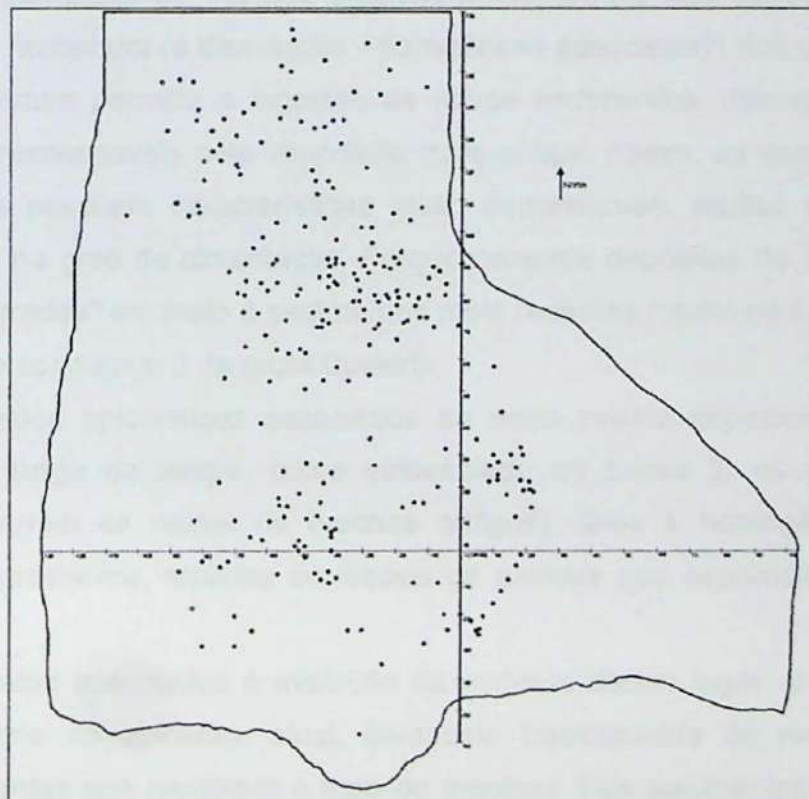


Figura 39 – Dispersão dos ossos de megafauna atual e extinta no plano horizontal do *Locus* 3A. Cada ponto na figura representa um osso. Os pontos verdes se referem a indivíduo de anta; os pretos, rosas e roxos a diferentes indivíduos de *Catonyx cuvieri*; os azuis a ossos de indivíduo de *Valgipis bucklandii*. A linha pontilhada representa o contorno aproximado do Loco. A linha pontilhada/tracejada representa o limite de sedimento inconsolidado desta exposição.

### 6.3 Interpretação

A aquisição desta série de informações permitiu a interpretação da sedimentação da gruta Cuvieri, conforme segue.

Os depósitos encontrados dentro da gruta estão associados à evolução geomorfológica externa, incluindo a formação de mantos de alteração e sua sucessiva instabilização e injeção dentro da gruta. A entrada da gruta encontra-se hoje localizada em frente a uma dolina, cujo rebaixamento deve estar relacionado à injeção e perda de material para o maciço. Isso ocorre, porque os condutos subterrâneos capturam materiais da vertente e do epicarste abaixo dela, e essa perda é responsável pelo contínuo desenvolvimento da dolina, que se aprofunda com o tempo, à medida que material é perdido para o sistema endocárstico e transportado para outras áreas.

Este processo ocorre desde centenas de milhares de anos atrás, evidenciado principalmente pela existência de diversos vestígios clásticos e químicos aderidos às paredes e tetos da gruta com idades tão antigas quanto mais de 300 mil anos (ver anexo XV – datação em amostra de brecha alada). Ao mesmo tempo, estes depósitos evidenciam a existência de processos de cimentação bastante intensos, capazes de gerar massas extremamente coesas. Atestam ainda a existência de eventos erosivos posteriores a sua deposição e cimentação, responsáveis pela reabertura (e dissolução – paragênese associada?) dos condutos.

Essa reabertura permitiu o ingresso de novos sedimentos, relacionados a processos semelhantes aos responsáveis pela deposição mais antiga. Assim, os depósitos de diferentes fases de abertura possuem características muito semelhantes, muitas vezes diferenciadas apenas com base no grau de cimentação. Frequentemente depósitos de brechas antigas são encontrados “enterrados” em meio à sedimentos mais recentes (como no *Locus* 3B, sondagem do abrigo Cuvieri e sondagem 2 da gruta Cuvieri).

Os sedimentos epicársticos associados ao novo evento deposicional diferenciam-se gradualmente ao longo do tempo, como evidenciado no *Locus* 3: os primeiros depósitos (aqueles que enterram os restos de brechas antigas), finos e homogêneos, dão lugar a sedimentos mais grosseiros, repletos de fósseis de animais que esporadicamente caíam nos abismos.

Os sedimentos associados à evolução da vertente deram lugar de modo gradual aos sedimentos oriundos do epicarste atual, composto basicamente de restos orgânicos em decomposição (plantas que recobrem o topo do maciço). Tais sedimentos são injetados para dentro das cavernas através de diversas fendas que conectam os condutos à superfície (Figura 40).



**Figura 40: Fontes de sedimentos epicársticos atuais. Ao lado, fenda alargada no topo do maciço, situada aproximadamente sobre o Locus 2. Seu fundo apresenta-se repleto de sedimento e matéria orgânica em decomposição. Acima, à esquerda, possível continuidade da fenda da foto ao lado: conduto acima do Locus 2, dentro da gruta. Acima, à direita: foto da beira do abismo do *Locus 3A*, com evidência de “escorrimento” de sedimento pelas paredes.**

Paralelamente aos eventos descritos, abatimentos ocorridos provavelmente durante toda a evolução da gruta foram os grandes responsáveis pela incorporação de matacões e blocos em seu interior. Mesmo estes depósitos atestam ciclicidade, uma vez que alguns deles, cimentados, já estão sendo liberados de sua posição (através da dissolução do cimento) e postos em retrabalhamento (Figura 41).



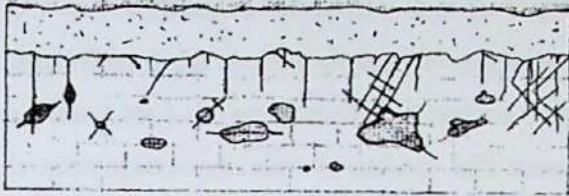
**Figura 41: Exemplos de abatimentos da gruta Cuvieri. No topo, à esquerda, matacões cimentados ao teto da gruta, evidenciando evento pretérito de abatimento e cimentação. Vários blocos já foram liberados, e hoje estão no chão. No centro, vista da rampa que dá acesso ao *Locus 3C*. O escorrimento estalagmítico desenvolveu-se sobre blocos abatidos. Acima, à direita, vista externa da entrada da fenda para o *Locus 3C*. Notar a presença de brechas antigas, aderidas ao maciço. Ao lado, aspecto da entrada do *Locus 3C*, antes da remoção de blocos que selavam a fenda (a entrada da foto superior estava abaixo do abatimento do centro da foto ao lado). Notam-se, nesta região, pelo menos dois eventos de queda de blocos: um mais antigo, recoberto por espelotema, e outro mais recente, responsável pela selagem da fenda.**

A partir dos dados obtidos e das interpretações realizadas, elaborou-se um modelo teórico, simplificado, de evolução sedimentar no interior da gruta (Figura 42). É importante destacar que se trata apenas de visão preliminar da questão. Ainda sim, e apesar de simplista em alguns aspectos, este modelo pode servir como ponto de partida para futuros estudos sobre a sedimentação nas cavernas da área de Lagoa Santa.

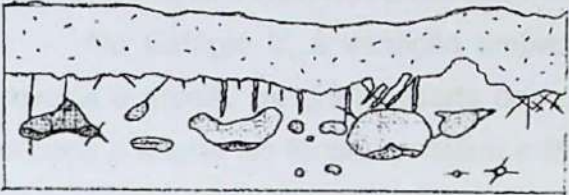
O Estágio I deste modelo compreende a exposição do calcário à superfície. Ocorre o desenvolvimento de regolito, ainda raso, associado às outras rochas da região, e o epicarste é marcado por fraturas e descontinuidades “frescas”, fechadas. A percolação das águas meteóricas, aciduladas na atmosfera e nos solos, inicia a dissolução da rocha calcária, ao longo de rotas preferenciais.

No Estágio II, o regolito aprofunda-se e as descontinuidades verticais começam a ser ampliadas, por meio da dissolução de suas paredes. Em sub-superfície, os condutos continuam a ampliar-se, e em muitos casos já se agrupam segundo câmaras maiores, conectadas às

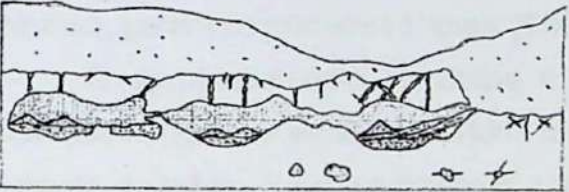
fendas. Essas conexões limitadas permitem o início de ingresso de sedimentos epicársticos, ainda sem fósseis. As áreas mais fraturadas da rocha possibilitam dissolução mais profunda e a maior injeção de material da superfície, o que condiciona seu rebaixamento e a formação de uma área com potencial para geração de dolina (extremo direito da figura).



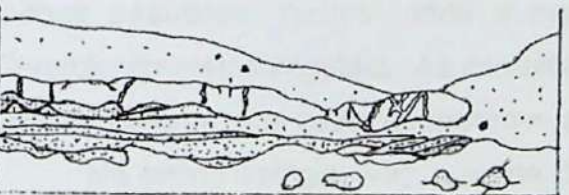
Estágio I – Exposição da rocha calcária em superfície e início da geração de condutos em sub-superfície.



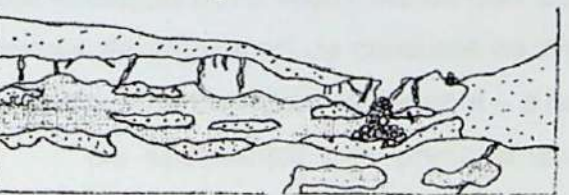
Estágio II – Aumento da cobertura pedológica (às custas de rochas não representadas no desenho), e início da formação de grandes condutos.



Estágio III – Desenvolvimento de dolina, e aumento na sedimentação no interior da gruta.



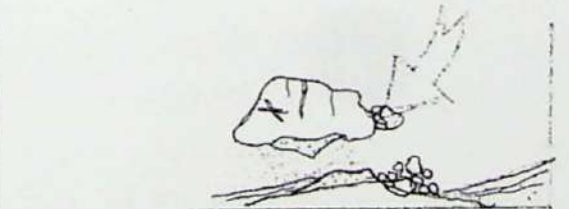
Estágio IV – Aprofundamento da dolina e preenchimento quase completo de boa parte dos condutos.



Estágio V – Maior aprofundamento da dolina e início da exposição do maciço calcário. Dissolução e erosão de grande parte dos sedimentos previamente depositados. Novos eventos deposicionais.



Estágio VI – Exposição do maciço calcário, quase sem cobertura sedimentar. Bom desenvolvimento de condutos, com amplas conexões com a superfície.



Estágio VII – Estágio atual, com "entrada" da gruta acima do nível atual da vertente (base da dolina).

Figura 39: Modelo para evolução sedimentar da gruta Cuvieri (região do conduto horizontal). Sedimentos clásticos (e químicos intercalados) são representados em pontilhado, os condutos, em cinza, e o maciço calcário, em branco.

A continuação dos processos de evolução da superfície leva à dissolução avançada da rocha calcária, com geração de galerias grandes e conexões mais amplas com a superfície (Estágio III). As fendas, mais alargadas, permitem maior ingresso de sedimentos, e a área mais rebaixada propicia a geração de uma dolina, com injeção de material no endocarste associado.

A evolução continua, no Estágio IV, com o extenso preenchimento dos condutos, e entupimento de muitos deles por sedimentos epicársticos e/ou colúvios (materiais transportados da vertente). Eventos de intensa precipitação de calcita nos poros destes materiais transformam-nos em brechas litificadas ("brechas pleistocênicas"). Ocasionalmente ossos fragmentados são inseridos junto aos fluxos sedimentares.

No Estágio V, a variação ambiental (por exemplo, nível de base, mudança climática) provoca a erosão de grande parte dos sedimentos previamente depositados. A rocha calcária começa a aflorar no fundo da dolina e têm-se desabamentos associados ao esvaziamento dos condutos. Nesta etapa, animais começam a entrar na gruta, por conta própria, e ao caírem nos abismos, geram os primeiros fósseis (Estágio V).

O aprofundamento da dolina é intensificado no Estágio VI. Boa parte do material superficial original é então removido, com afloramento de grande maciço calcário, na base e defronte à dolina. Seus sedimentos epicársticos são quase totalmente esgotados, restando apenas pequenos "nichos" onde o material acumulado é, principalmente, o resultado da alteração de restos vegetais. As conexões, mais amplas e numerosas, permitem o ingresso de animais maiores, que caem e morrem nos abismos internos.

No último estágio (VII), a perda de material para áreas mais profundas do endocarste, cuja evolução deve seguir até os dias de hoje (representada esquematicamente nos desenhos através da ampliação de condutos no nível inferior), "isola" o conduto horizontal e os abismos da entrada de materiais da vertente – a base da dolina está abaixo do nível da entrada.

Os sedimentos que predominam atualmente são aqueles relacionados ao epicarste ("nichos" de serrapilheira). Esporadicamente, animais entram na cavema e caem nos abismos, o que continua a acontecer até dias atuais.

## 7. CONCLUSÕES

---

As principais conclusões deste trabalho, enumeradas em seguida, contemplam tanto aspectos metodológicos (1 a 3), quanto de conteúdo temático (4 a 10):

1) Características estruturais, texturais, paleontológicas e pós-deposicionais, estas incluindo feições pedológicas, permitiram a associação dos sedimentos estudados em fácies de caráter descritivo.

2) As fácies reconhecidas representam momentos deposicionais distintos e sua diferenciação pode resultar de dois fatores, sozinhos ou associados. O primeiro fator é representado por oscilações no tipo de processo predominante de transporte e deposição: colúviação versus injeção de sedimentos epicársticos. O segundo fator relaciona-se à proveniência do material em escala local, isto é, a mudanças no tipo de cobertura injetada na caverna (horizontes pedológicos A ou B, por exemplo).

3) As análises laboratoriais (granulometria, seções delgadas e determinações químicas) geraram resultados concordantes com a estratigrafia proposta em campo. Elas tomaram evidente, no entanto, que parte dos critérios usados na definição de fácies não pode ser aplicada universalmente, como é o caso, em especial, da cor e da cimentação. Estes critérios devem ser analisados simultaneamente a outras características dos sedimentos, de modo a decidir-se, caso e caso, se eles possuem ou não significado deposicional.

4) Os sedimentos foram transportados através de fluxos gravitacionais, episódicos ou contínuos, associados à evolução da vertente próxima e ao rebaixamento do relevo cárstico (e da superfície do epicarste). Estão intimamente associados a pedogênese da região. Seus caminhos de entrada na gruta foram fendas alargadas e antigas entradas, então situadas no nível de base da dolina frontal à gruta (hoje, encontram-se mais de 1 m acima deste nível).

5) A sedimentação da gruta é marcada pela sucessão de ciclos de deposição clástica e química, cimentação e erosão. Tais ciclos podem ser reflexo de oscilações entre climas mais úmidos e mais secos, que condicionam respectivamente a maior ou menor formação de regolito, de fluxos de massa e de circulação de água no sistema. Alternativamente, os ciclos podem estar relacionados a mudanças mais localizadas, relacionadas com a dinâmica interna da caverna (por exemplo, desabamentos ou formação de nova conexão com a superfície).

6) A superposição de vários ciclos de erosão e sedimentação, em espaço restrito, e envolvendo materiais relativamente homogêneos, pode gerar estratigrafias complexas. Assim, sedimentos mais antigos (tais como a fácies Bbv – restos de brechas pleistocênicas), depois de depositados, cimentados, erodidos e decompostos, deixam testemunhos preservados nos tetos, e paredes ou mesmo enterrados sob o piso atual da gruta. Podem, além disso, ser a matéria prima de intraclastos em meio a depósitos mais recentes. Estes depósitos, por sua vez, podem ingressar por sob depósitos mais antigos, abaixo de capas aladas ou através dos inúmeros poros e fendas encontrados nas diferentes frentes de escavação.

7) Os depósitos antigos (brechas pleistocênicas) devem ter preenchido as cavidades subterrâneas em um estágio onde ainda não possuíam sua morfologia atual, uma vez que freqüentemente são neles encontradas feições de dissolução posteriores à sua deposição (*half-tubes* e marcas de dissolução no contato brechas-calcário). Além disso, considerando que originalmente estes depósitos preenchiam os condutos por completo, seu atual estágio de quase total remoção evidencia fluxos de água superimpostos com intenso poder erosivo.

8) Vários processos pós-deposicionais são responsáveis por alterações nos depósitos e mascaram suas características originais. Entre eles, incluem-se: cimentação e dissolução, geração de vazios e grandes poros por erosão mecânica e alteração de propriedades (cor, por exemplo) por fluxos de água. Percebeu-se ainda que processos pedogenéticos típicos de áreas expostas (tais como incorporação de matéria orgânica) podem ocorrer *in situ*, dentro dos condutos mais próximos à superfície.

9) A formação dos depósitos fossilíferos está associada principalmente à queda de animais nos abismos, provocadas por extravio na caverna, uma vez que não são encontradas quantidades expressivas de ossos em nenhuma das sondagens externas ou no conduto horizontal, condição esperada caso os ossos tivessem sido transportados como clastos nas massas sedimentares do epicarste e da vertente. Além disso, o topo atual do maciço (e provavelmente nos últimos milhares de anos) é muito irregular e pouco acessível aos animais e, desse modo, as entradas interpretadas para os sedimentos não estão conectadas a áreas, em superfície, que pudessem servir de “bacias de captação de ossos”. Subordinadamente, porém, ossos foram incorporados aos sedimentos da caverna como clastos nos fluxos sedimentares, pois ocorrem como bioclastos (junto com conchas) esparsos e fragmentados, nos depósitos de brechas pleistocênicas (fácies Bbv), bem como isolados, “alados”, em antigos níveis de preenchimento da gruta, acima do piso atual (entre 15 cm e 1,7 m).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10) O modelo evolutivo proposto para a sedimentação da gruta inicia-se com a formação de seus principais condutos, associada a eventos de sedimentação restritos do epicarste. A paisagem e o sistema endocárstico evoluíram até o ponto onde muitos dos condutos estavam praticamente obstruídos por sedimentos clásticos, transportados através de fendas ou de entrada maiores, conectadas à superfície. Estes sedimentos foram intensamente cimentados e consolidados, e em grande parte posteriormente erodidos. Seu estado de consolidação permitiu que "testemunhos" fossem preservados em muitos lugares, nos tetos, paredes e condutos menores. Seguiram-se novos episódios de sedimentação, aparentemente controlados pelos mesmos tipos de processos de transporte, ainda que tenham ocorrido variações no material transportado, e preenchimentos mais recentes foram sendo depositados. Mais recentemente, a dolina frontal à gruta, importante fonte de material, sofreu subsidência e deslocou-se para um nível abaixo da entrada (cerca de 1,5 m). Assim, sua contribuição na sedimentação do conduto horizontal e abismos cessou, e predominaram as injeções do epicarste.

ARMSTRONG, D.K. 1984. The evolution of karst. *Geology*, v. 12, p. 101-104.

ARMSTRONG, D.K. 1987. Karst: a review of karst. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 9, p. 1-11.

ARMSTRONG, D.K., BIRD, D.B., GIBSON, P.L., HANCOCK, J., HOFFMANN, J., RICHARDS, D.A., RICHARDS, K.L., RYAN, W. & CHANG, H. 2008. Karst: a review of karst. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 10, p. 1-11.

ARMSTRONG, D.K. 1987. *Geology of karst*. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 9, p. 1-11.

ARMSTRONG, D.K. 1987. *Geology of karst*. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 9, p. 1-11.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALKMIM, F.F., BRITO NEVES, B.B., ALVES, J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: DOMINGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (eds). **O Cráton do São Francisco**. Reunião Preparatória para o II Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco. Salvador, SBG/SGM/CNPq. p. 45-62.

ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. (orgs). 1984. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Edgard Blücher. 378 p.

ANDERTON, R. 1985. Clastic facies models and facies analysis. In: BRENCHLEY, P. J. & WILLIAMS, B. P. J. (eds). **Sedimentology: recent developments and applied aspects**. Oxford, Blackwell. p. 31-47.

ARAÚJO, A.G.M.; NEVES, W.A.; PILÓ, L.B. 2004. Vegetation changes and megafaunal extinction in South America: comments on de Vivo and Carmignotto (2004). **Journal of Biogeography**, **31**: 2039-2040.

AULER, A. 2002. Peter Wilhelm Lund e sua visão das cavernas. In: RUBBIOLI, E. L. **O Carste**. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas – Brasil. **14(01)**: 24-31.

AULER, A.S.; PILÓ, L.B.; SMART, P.L.; WANG, X.; HOFFMANN, D; RICHARDS, D.A.; EDWARDS, R.L.; NEVES, W. A.; CHENG, H. 2006. U-series dating and taphonomy of Quaternary vertebrates from Brazilian caves. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **240**: 508–522.

BARBIERI, A. J. 1993. **Depósitos minerais secundários das cavernas Santana, Pérolas e Laje Branca, município de Iporanga, São Paulo**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 96 p.

BERBERT-BORN, M. 2002. Carste de Lagoa Santa, MG - Berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (eds). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1.ed. Brasília, DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), **01**: 415-430.

- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. 1965. Considerações a respeito da evolução de vertentes. *Boletim Paranaense de Geografia*, **16/17**: 45-116.
- BÖGLI, A. 1980. *Karst hydrology and physical speleology*. Berlin; New York, Springer-Verlag. 284 p.
- BRAMWELL, D. 1977. Archaeology and Palaeontology. In: FORD, T.D. (ed.) *Limestones and caves of the Peak District*. Norwich, Geoabstracts. pp. 263-291.
- CHOQUETTE, P. W. & PRAY, L. C. 1970. Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates. *AAPG Bulletin*, **54**: 207-250.
- COUTO, C. P. 1971. Mamíferos Fósseis das cavernas de Minas Gerais. *Espeleologia*, ano III (3-4): 3-14.
- FORD, D. & WILLIAMS, P. 1996. *Karst geomorphology and hidrology*. London, Chapman & Hall. 601 p.
- FRANK, R.M. 1973. Sedimentary and morphological development of the Boremore Caves, New South Wales, II. *Helictite*, **2**: 27-44.
- GILLIESON, D. 1996. *Caves – Processes, Development, Management*. Oxford, Blackwell. 324 p.
- HILL, C.A. & FORTI, P. 1997. *Cave minerals of the world*. 2.ed. Huntsville, National Speleological Society. 463 p.
- HOLZ, M. & SIMÕES, M. G. 2002. *Elementos fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre, Editora da Universidade – UFRS. 231 p.
- IBAMA/CPRM, 1998. *Mapas: Série APA Carste de Lagoa Santa- MG*. Escala 1:50.000
- JENNINGS, J. N. 1985. *Karst geomorphology*. 2 ed. Oxford, UK ; New York, B. Blackwell. 293 p.
- LAUREANO, F. V. 1998. *O registro sedimentar clástico associado aos sistemas de cavernas Lapa Doce e Torrinha, município de Iraquara, chapada Diamantina (BA)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 98 p.

- LEPSCH, I.F. 2002. **Formação e conservação de solos**. São Paulo, Oficina de textos. 178 p.
- LEWIS, D.W. & MCCONCHIE, D. 1994. **Analytical sedimentology**. New York, Chapman & Hall. 197 p.
- MCRAE, S. G. 1988. **Practical pedology – studying soils in the field**. Chinchester, Ellis Horwood Limited. 253 p.
- MOUSINHO, M. R. & BIGARELLA, J. J. 1965. Movimento de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas. **Boletim Paranaense de Geografia**, 16/17: 43-84.
- MUNSELL COLLOR. 2000. **Soil Color Charts: Year 2000 revised washable edition**. New Windsor.
- NEVES, W.A.; KIPNIS, R.; ARAÚJO, A.; PILÓ, L.B.; HUBBE, M.O.; GONÇALVES, D.; GLÓRIA, P.T.; HUBBE, A.C.; OLIVEIRA, E. C. 2004. **Relatório científico final do projeto temático “Origens e microevolução do homem na América: uma abordagem paleoantropológica II”, processo FAPESP n° 99/00670-7**. 735 p.
- PENGELLY, W. 1864. The introduction of cavern accumulations. **Report and Transactions of the Devonshire Association**, 3: 31-41.
- PILÓ, L. B. 1998. **Morfologia cárstica e materiais constituintes: dinâmica e evolução da depressão poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, MG**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 268 p.
- PILÓ, L. B. 2003. **Mapa Arqueológico da APA Carste de Lagoa Santa**. Escala 1:50.000. Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos IB/USP, São Paulo.
- PLAISANCE & CAILLEUX. 1958. **Dictionnaire des sols**. Paris, Le Maison Ruetique.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. 2005. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. Viçosa, SBCS. 92 p.
- SHINZATO, E. 1998. **O carste de proteção ambiental de Lagoa Santa (MG) e sua influência na formação de solos**. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense. 68 p.

SIMMS, M. J. 1994. Emplacement and preservation of vertebrates in caves and fissures. ***Vertebrate Palaeobiology***, 112: 261-283.

STOOPS, G. 2003. ***Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections***. Madison, Soil Science Society of America. 184 p.

SUTCLIFFE, A. J. 1978. Cave paleontology. In: FORD, T. D. & CULLINGFORD., C. H. D. ***The science of speleology***. London, Academic Press. 593p.

TOLEDO, P. M. 1998. ***Locomotory patterns within the Pleistocene sloths***. Belém do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi. 192 p.

VIANA, H.S., TAVARES, V.P., KOHLER, H.C., 1998. Síntese da geologia, recursos minerais e geomorfologia. In: ***APA CARSTE DE LAGOA SANTA - MEIO FÍSICO***. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. 21 p. (Anexos e mapas, Série APA Carste de Lagoa Santa, volume I).

WALKER, R. G. 1979. ***Facies models***. Ontario, Geological Association of Canadá. 211 p.



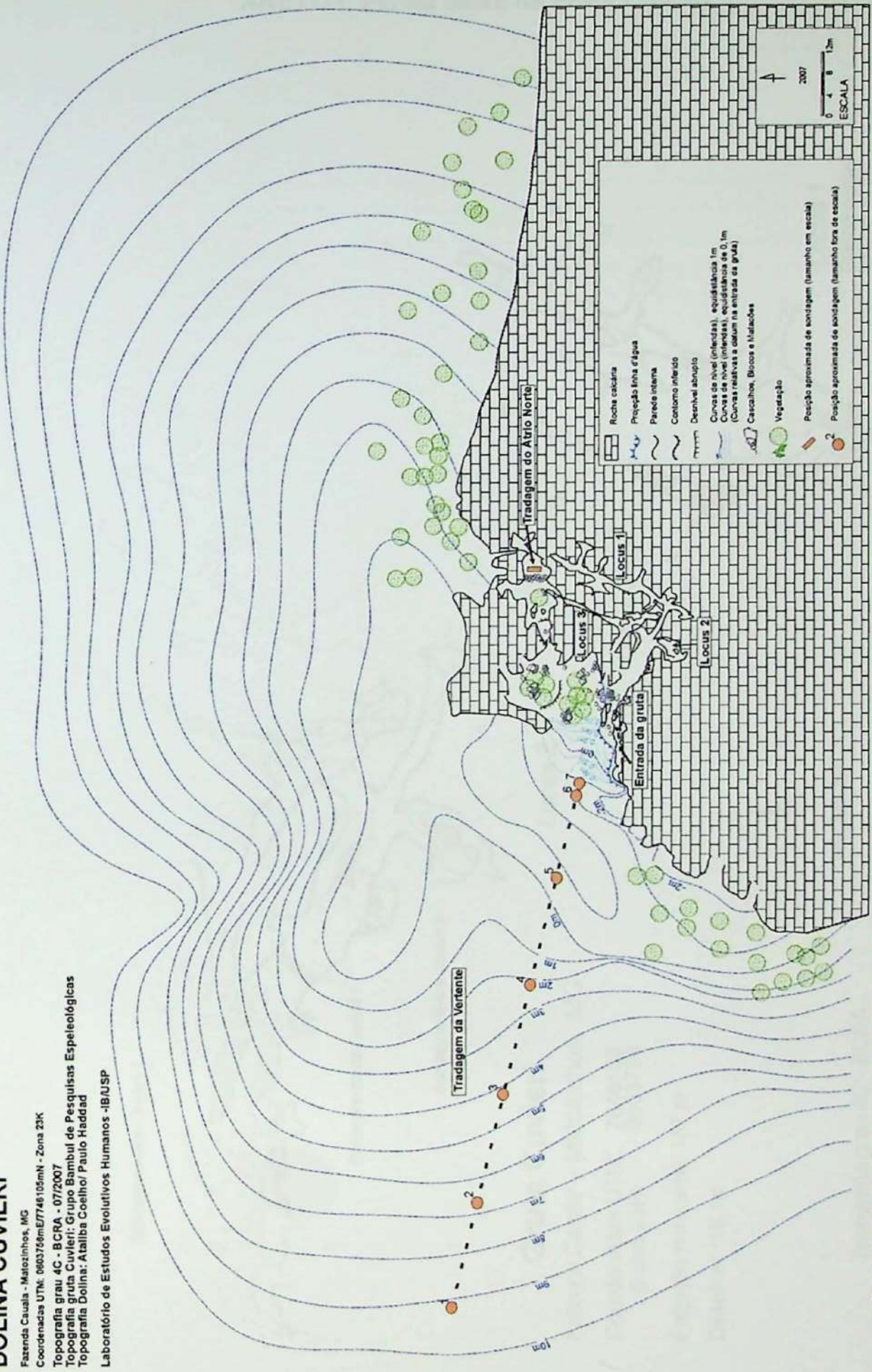
## ANEXOS



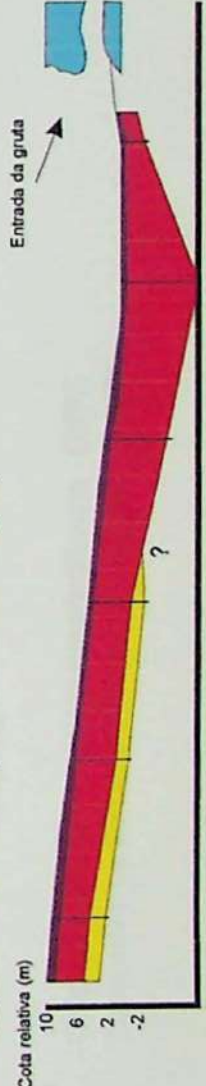
# ANEXO I: Topografia das adjacências da gruta Cuvieri.

## DOLINA CUVIERI

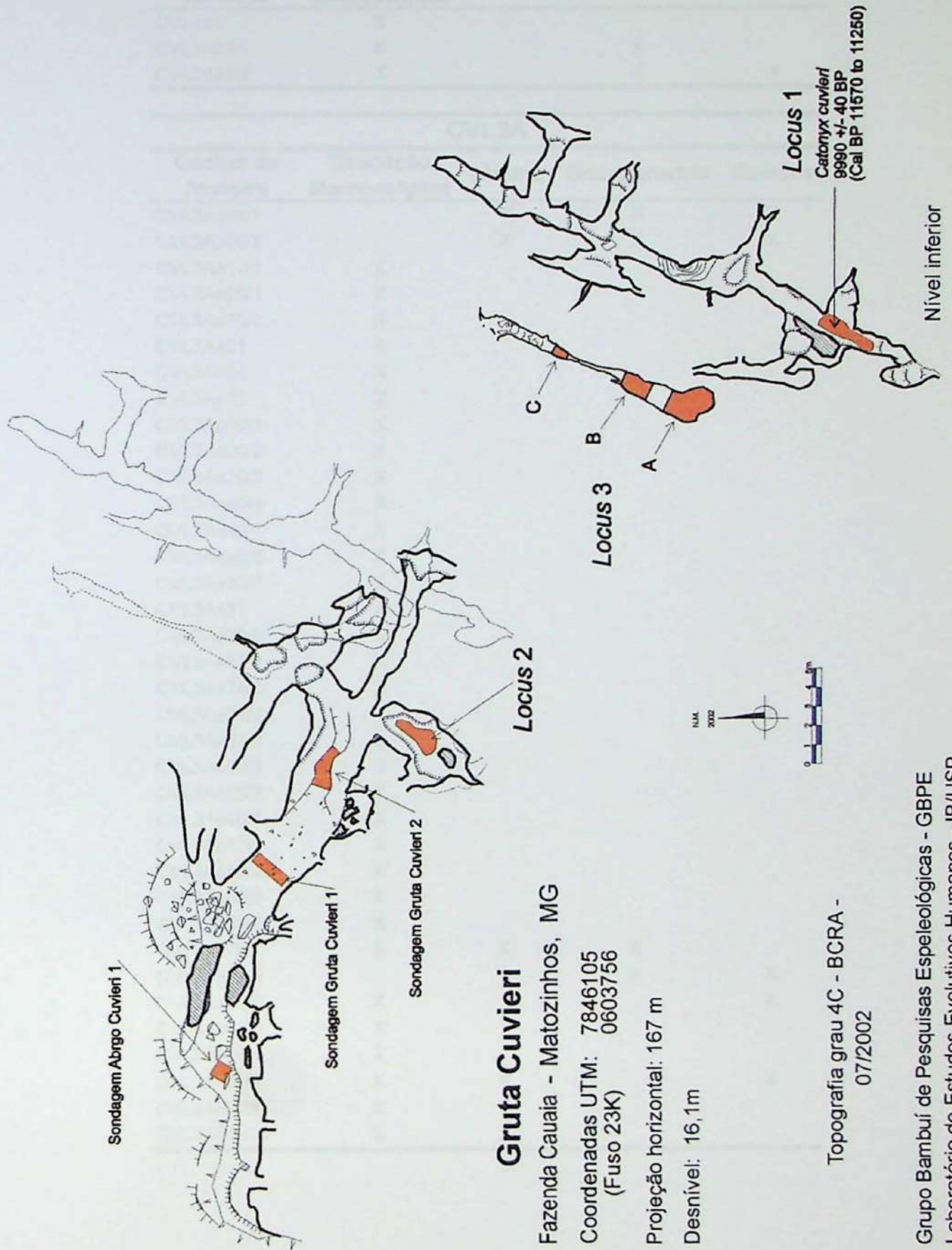
Fazenda Cauaia - Matozinhos, MG  
 Coordenadas UTM: 0603756mE/7746105mN - Zona 23K  
 Topografia grau 4C - BCRA - 07/2007  
 Topografia gruta Cuvieri: Grupo Bambul de Pesquisas Espeleológicas  
 Topografia Dolina: Ataliba Coelho/ Paulo Haddad  
 Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos - IBAUSP



SEÇÃO DA VERTENTE (alinhamento das tradagens)



# ANEXO I: Planta baixa da gruta Cuvieri.



## Gruta Cuvieri

Fazenda Cauaia - Matozinhos, MG

Coordenadas UTM: 7846105  
(Fuso 23K) 0603756

Projeção horizontal: 167 m

Desnível: 16,1m

Topografia grau 4C - BCRA -  
07/2002

Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas - GBPE  
Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos - IB/USP

## Anexo II: Lista das amostras descritas

CVL2				
Código da Amostra	Descrição Macroscópica	Lâmina	Granulometria	Química
CVL2e0	X			
CVL2e23/1	X		X	
CVL2e23/2	X		X	X

CVL3A				
Código da Amostra	Descrição Macroscópica	Lâmina	Granulometria	Química
CVL3ApfN/1		X	X	X
CVL3ApfN/3		X	X	X
CVL3Ae10/1	X			
CVL3Ae20/1	X			
CVL3Ae20/2	X			
CVL3Ae21	X			
CVL3Ae24	X			
CVL3Ae25	X			
CVL3Ae30/1	X			
CVL3Ae30/2	X			
CVL3Ae30/3	X			
CVL3Ae30/4	X			
CVL3Ae30/5	X			
CVL3Ae30/6	X			
CVL3Ae30/7	X			
CVL3Ae31	X			
CVL3Ae30/8	X			
CVL3Ae33/2	X			
CVL3Ae34/1	X			
CVL3Ae34/2				X
CVL3Ae37/2	X			
CVL3Ae38/2	X			
CVL3Ae39/2	X			
CVL3Ae40/1	X			
CVL3Ae42/1	X			
CVL3Ae42/2	X			
CVL3Ae46/3	X			
CVL3Ae59/1	X			
CVL3Ae72	X	X	X	
CVL3ApfN/9			X	X
CVL3Ae59/2	X			X
CVL3Ae59/3	X			
CVL3Ae59/4	X			
CVL3A60 <sup>+</sup> /6	X	X		X
CVL3A60 <sup>+</sup> /8	X	X		
CVL3A60 <sup>+</sup> /10	X	X		

**CVL3B**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVL3Be0	X		X	
CVL3Be1	X	X		
CVL3Be2/1	X			
CVL3Be2/2	X			
CVL3Be5/1	X			
CVL3Be5/2	X			
CVL3Be5/3	X			
CVL3Be5/4	X			
CVL3Be5/5	X	X		
CVL3Be6	X	X		
CVL3Be8/1	X			
CVL3Be8/2	X			
CVL3Be9	X			
CVL3Be10	X			
CVL3Be13/1	X			
CVL3Be13/2	X			
CVL3Be15	X			
CVL3Be16	X		X	X
CVL3Be17	X			
CVL3Be19	X	X		
CVL3Be20/1	X			
CVL3Be20/2	X			
CVL3Be22/1	X	X		
CVL3Be22/2	X			
CVL3Be25	X			
CVL3Be28/1	X			
CVL3Be28/2	X			
CVL3Be28/3	X			
CVL3Be28/4	X			
CVL3Be32/1	X			
CVL3Be32/2	X			
CVL3Be32/3	X			
CVL3Be35/1	X			
CVL3Be35/2	X			
CVL3Be36/1	X			
CVL3Be44/1	X			
CVL3Be44/2	X	X		X
CVL3Be51/1	X	X		
CVL3Be51/3	X			
CVL3Be52/1	X		X	X
CVL3Be55	X	X		X
CVL3Be59	X	X		
CVL3BpfN/3			X	
CVL3BpfN/4			X	
CVL3BpfN/5			X	
CVL3BpfN/6		X	X	

**CVL3C**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVL3Ce0	X		X	X
CVL3Ce1/1	X	X		
CVL3Ce1/2	X			
CVL3Ce1/3	X			
CVL3Ce1/4	X			
CVL3Ce2	X	X		X
CVL3Ce3/1	X			
CVL3Ce3/2	X			
CVL3Ce3/3	X			
CVL3Ce3/4	X			
CVL3Ce4	X	X		
CVL3Ce6	X	X		X
CVL3CpfN/2			X	

**Sondagem 1 do Abrigo Cuvieri**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVAbn05	X			
CVAbn30	X			
CVAbn60	X			
CVAbn65	X			

**Sondagem 1 da Gruta Cuvieri**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVGt1n0	X			
CVGt1n55	X	X	X	X
CVGt1n90	X	X	X	X
CVGt1n150	X	X	X	X

**Sondagem 2 da Gruta Cuvieri**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVGt2n10-20		X	X	
CVGt2n15	X			
CVGt2n30-40		X	X	
CVGt2n40	X			
CVGt2n90-100	X			

**Tradagem Átrio Norte**

<b>Código da Amostra</b>	<b>Descrição Macroscópica</b>	<b>Lâmina</b>	<b>Granulometria</b>	<b>Química</b>
CVAtn40	X	X	X	X
CVAtn100/1	X	X	X	X
CVAtn100/2	X			
CVAtn130	X			
CVAtn250	X			

Tradagem na vertente				
Código da Amostra	Descrição Macroscópica	Lâmina	Granulometria	Química
CVTd1n0	X	X		
CVTd1n500	X			
CVTd2n0	X			
CVTd2n350	X			
CVTd2n600	X			
CVTd2n650	X			
CVTd3n0	X			X
CVTd3n50	X			X
CVTd3n250	X			X
CVTd3n300	X		X	
CVTd3n650	X			X
CVTd3n700	X		X	
CVTd5n550	X			
CVTd7n0	X			
CVTd7n350	X			

Outras locais de coleta				
Código da Amostra	Descrição Macroscópica	Lâmina	Granulometria	Química
CV02				X
CV09			X	X
CV10			X	X
CV12			X	

## Anexo III: Tabelas de referência para descrição macroscópica das amostras.

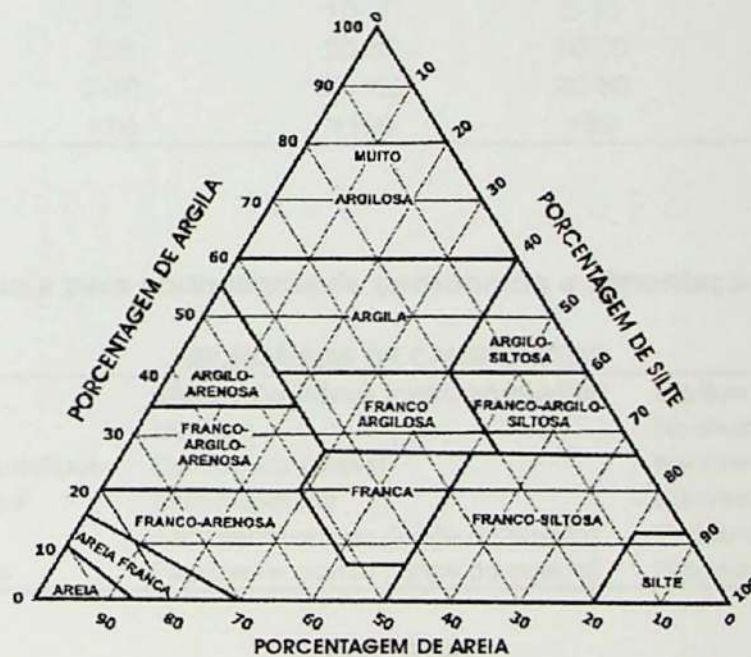
### Tabelas de referência para cores

<u>ABUNDÂNCIA DE MANCHAS</u>	<u>%</u>	<u>TAMANHO DAS MANCHAS</u>	<u>mm</u>
Nenhuma	0	Extremamente Pequena	<1
Pouca	<2	Muito Pequena	1-2
Comum	2-20	Pequena	2-5
Abundante	20-40	Média	5-15
Muito Abundante	>40	Grossa	>15

### CONTRASTE (manchas x matriz)

Difuso	Indistinto, observável apenas em exame detalhado
Distinto	Não chama a atenção, mas é facilmente observável
Proeminente	Muito chamativo, uma das características mais marcantes do horizonte

### Diagrama triangular para textura



### Tabelas de referência para fragmentos

<u>ABUNDÂNCIA DE FRAGMENTOS</u>	<u>%</u>	<u>TAMANHO DOS FRAGMENTOS</u>	<u>mm</u>
Nenhuma	<1	Grânulo	2-4
Pouca	1-5	Seixo	4-64
Comum	6-15	Bloco (ou calhau)	64-256
Muita	16-35	Matacão	>256
Abundante	36-70		
Muito Abundante	>70		

**ESFERICIDADE, ARREDONDAMENTO E GRAU DE SELEÇÃO**  
(Modificado de Compton 1962)



**Tabela de referência para estruturas**

	TAMANHO (mm) E FORMA DAS ESTRUTURAS				
	Laminar	Prismática ou Colunar	Bloco	Granular ou Grumosa	
Muito pequena	<1	<10	<5	<1	
Pequena	1-2	10-20	5-10	1-2	
Média	2-5	20-50	10-20	2-5	
Grande	5-10	50-100	20-50	5-10	
Muito Grande	>10	>100	>50	>10	

**Tabelas de referência para abundância de carbonatos e cimentação**

ABUNDÂNCIA DE CARBONATOS		
Descrição	Efeitos Auditivos ( próx. ao ouvido)	Efeitos Visuais
Não-carbonático	Nenhum	Nenhum
Muito Pouco Carbonático	Som pouco audível	Nenhum
Pouco Carbonático	Som moderado	Efervescência pouco visível
Carbonático	Facilmente ouvido (longe do ouvido)	Pequenas bolhas (~3mm)
Muito Carbonático	Facilmente ouvido (longe do ouvido)	Grandes bolhas

CIMENTAÇÃO	
Descrição	
Solo é quebrado manualmente	Fracamente cimentado
Não pode ser quebrado manualmente	Cimentado
Necessita de forte golpe de martelo para ser quebrado	Fortemente cimentado

## ANEXO IV - Quadro síntese com as principais características das fácies

Fácies	Local	Classe textural	Cor Úmida	Abundância	Fração	Cascalho	Composição*	Presença de Carbonatos	Intensidade da cimentação
FSp	Locus 2	franco-siltosa	preto a bruno muito escuro	3 a 7%	grânulo a bloco	cch, oss, esp, qtz, bb, cc	multo carbonático	não cimentado	
	Locus 3A	franco-siltosa	preto	n.d.**	grânulo a seixo	cch, esp	multo carbonático	não cimentado	
	Locus 3B	franco-siltosa	preto	36 a 70%	grânulo a seixo	cch, esp, cc	multo carbonático	não cimentado	
	Locus 3C	franco-siltosa	bruno-escuro	7%	grânulo a seixo	cc, esp, cch, oss	multo carbonático	não cimentado	
CE	Locus 3A	n.a.***	n.d.	n.d.	n.d.	cch, oss	multo carbonático	mod. a fort. cimentado	
	Locus 3B	n.a.	bruno-acinzentado muito claro	n.d.	grânulo a seixo	esp, oss, cch, tor	multo carbonático	mod. a fort. cimentado	
	Locus 3C	n.a.	bruno-acinzentado muito escuro	n.d.	grânulo a seixo	cch, cc	multo carbonático	mod. a fort. cimentado	
FSbe	Locus 3A	franco-siltosa	bruno-escuro	n.d.	grânulo	cch, oss, qtz	multo carbonático	não cimentado	
	Locus 3B	franco-siltosa	preto-avermelhado, bruno muito escuro	0 a 40%	grânulo a seixo	oss, cch, esp, tor, qtz	multo carbonático	não cimentado	
	Locus 3C	franco-siltosa	preto	8%	grânulo a seixo	cc, esp, qtz, nod, cch	multo carbonático	não a mod. cimentado	
FSba (vermelha)	Locus 3A	franco-siltosa	bruno-avermelhado	7 a 40%	grânulo a bloco	oss, cch, nod, cc, br, esp	multo carbonático	não a mod. cimentado	
	Locus 3B	franco-siltosa	bruno-avermelhado-escuro	8%	grânulo a seixo	cch, esp, nod, oss	multo carbonático	não a frac. cimentado	
FSba (laranja)	Locus 3A	franco-argilo-siltosa/arenosa	variegada	0 a 36%	grânulo a matacão	oss, cch, nod, cc, br, tor	multo carbonático	não a mod. cimentado	
	Locus 3B	franco-siltosa	variegada	n.d.	grânulo a matacão	oss, nod, cch, cc	multo carbonático	não a fort. cimentado	
Bbe	Locus 3A	n.d.	bruno-escuro a bruno muito escuro	5 a 25%	grânulo a seixo	cch, oss, br, cc, esp, tor	multo carbonático	não a fort. cimentado	
	Locus 3B	franco-siltosa	bruno-escuro a bruno muito escuro	6 a 20%	grânulo a bloco	oss, cch, nod	multo carbonático	não a fort. cimentado	
	Locus 3C	n.a.	bruno	n.d.	grânulo a bloco	cc, cch, oss, nod, tor, br	multo carbonático	fortemente cimentado	
FSv	Locus 3A	franco-siltosa	bruno, bruno- muito escuro, variegado	2 a 5%	grânulo a seixo	nod, qtz, cch, <<oss	carb. a muito carbonático	não a fort. cimentado	
	Locus 3B	n.d.	bruno-escuro-avermelhado, variegado	<1%	grânulo	-	carb. a muito carbonático	não a fort. cimentado	
Bbv	Locus 3B	n.a.	bruno muito escuro	6%	grânulo a seixo	qtz, nod	multo carbonático	fortemente cimentado	
	Abrigo	n.a.	bruno-forte	16%	grânulo a seixo	qtz, nod	multo carbonático	fortemente cimentado	
	Sd. 02 Gruta	n.a.	vermelho-amarelado	5%	grânulo	qtz, nod	multo carbonático	fortemente cimentado	
Hor. A	Vertente	franco-argilo-siltosa	bruno-avermelhado-escuro	<1%	n.d.	qtz, nod, tor	não a mto pouco carbonático	não cimentado	
Hor. B	Vertente	siltosa	vermelho-escuro	0 a 3%	grânulo a seixo	qtz, <nod	multo pouco carbonático	não cimentado	
FASba	Vertente	franco-argilo-siltosa	amarelo-brunado	0 a 1%	grânulo	qtz	multo pouco carbonático	não cimentado	
	Abrigo	franco-argilo-siltosa	bruno-avermelhado	10 a 36%	grânulo a seixo	qtz, nod	não carbonático	não cimentado	
	Sd. 01 Gruta	areia-franca	vermelho	16%	grânulo a seixo	qtz, nod, br	pouco carbonático	não cimentado	
	Sd. 02 Gruta	franco-siltosa	bruno-avermelhado-escuro	7%	grânulo	qtz	multo pouco carbonático	não cimentado	
	Atrio Norte	franco-argilo-siltosa	vermelho-amarelado a bruno-avermelhado	2-4%	grânulo a seixo	qtz, nod	não carbonático	não cimentado	

\*nod-nódulo, cal-calçita, cch-concha, oss-osso, qtz-quartzo, br-frag. lítico de brecha, cc-frag. lítico de calcário, felds-feldspato, tor-torrões, esp-frag. de espeleoteima

\*\*n.q. - não quantificada

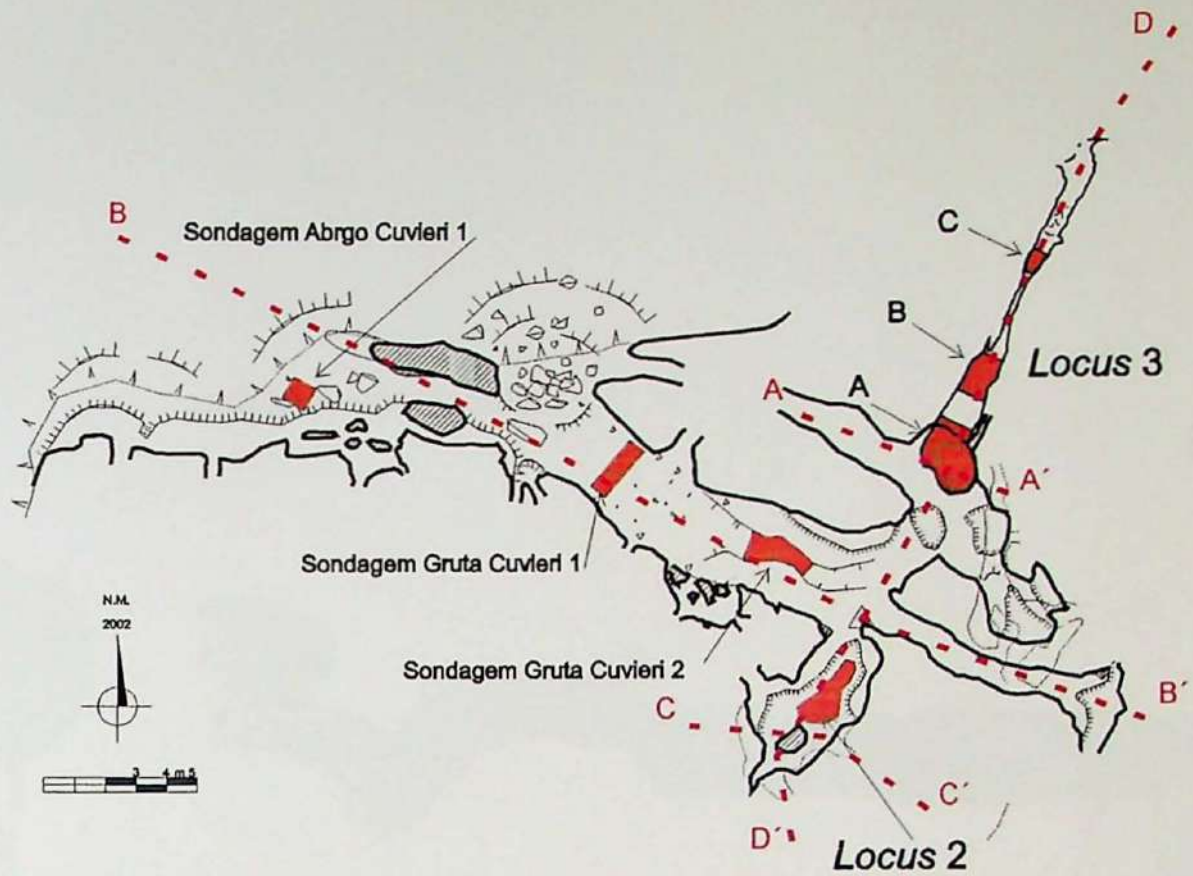
\*\*\*n.a. - não aplicável

ANEXO IV - Quadro síntese com as principais características das microfácies

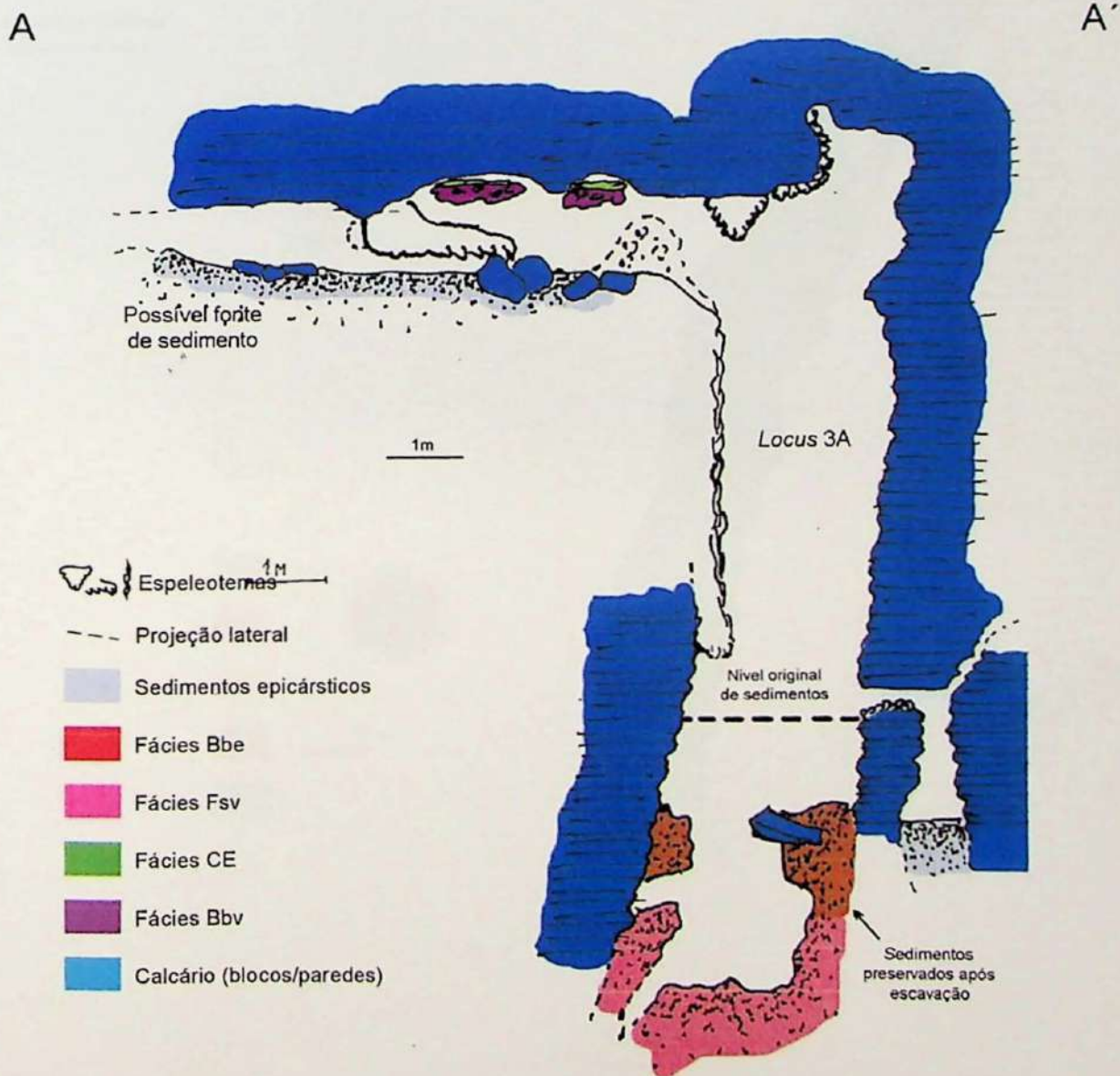
Microfácies	Amostras	Estimativa modal dos componentes (%)				Componentes deposicionais			Matriz	Cimento	
		Arcabouço	Matriz	Cimento	Poros	Composição*	Arcabouço	Gran. Modal			Cor
A	CVL3Be1					nod, cal			bruno	~ isótropa	
	CVL3Be5/5					cch, oss, qtz	seixo-silte grosso	bruno-amarelado	cintilante com cimento	carbonático	
	CVL3Be6	10-30	0-10	50-80	5-20	br, cc, fil, tor					
	CVL3Ce1/1										
	CVL3CpfN/2										
B	CVL3Be19					oss, cal		bruno			
	CVL3Be44/2	40-50	15-45	10-30	5	qtz, cch, esp cal, nod	seixo-silte grosso	bruno-amarelado cinza	anômala	carbonático	
C	CVG1n90					qtz			~ isótropa		
	CVG1n55	50-60	35-40	0	7-10	nod	seixo-silte grosso	vermelho-escuro	cintilante com cimento	-	
	CVGt2n30-40					cal, felds					
D	CVL3Be52/1					qtz		avermelhado			
	CVL3Be59	10	40-65	15-25	10-25	nod cal	areia-silte grosso	bruno-avermelhado	~ isótropa	carbonático	
E	CVGt2n10-20	20	30	0	50	cal, qtz cch, esp nod	grânulo-silte grosso	vermelho-escuro	~ isótropa	-	
	CVL3A60+10										
F	CVL3Ce6	30-40	20-55	15-20	<1-15	cal, nod qtz, oss, cch cc, br	seixo-silte grosso	bruno bruno-amarelado cinza	~ isótropa	carbonático	
	CVL3Ce4										
	CVL3A60+6										
G	CVL3ApfN/1					cal		bruno			
	CVL3BpfN/6	30-40	39-64	0-30	1-15	nod, qtz, cch, tor oss, esp, cc, br	seixo-silte grosso	bruno-amarelado bruno-avermelhado	Aanômala	carbonático	
	CVL3ApfN/3										
H	CVL3A60+8					cal		bruno	anômala		
	CVL3Be28/4	30-40	50-60	5-10	1-8	qtz, nod, cch, oss esp, cal, br	seixo-silte grosso	bruno-avermelhado bruno-amarelado	isótropa	carbonático	
	CVL3Be22										
I	CVAtn100/1										
	CVAtn40					qtz		cinza	anômala		
	CVG1n150	14-20	70-80	0	6-15	nod	grânulo-silte grosso	vermelho-escuro	cintilante com cimento	-	
	CVL3Ae72					oss			~ isótropa		
	CVTd3n0										

\*nod-nódulo, cal-calcita, cch-concha, oss-osso, qtz-quartzo, br-frag. lítico de brecha, cc-frag. lítico de calcário, felds-feldspato, tor-torrões, esp-frag. de espeleotema

# ANEXO V: Seções geológicas da gruta Cuvieri

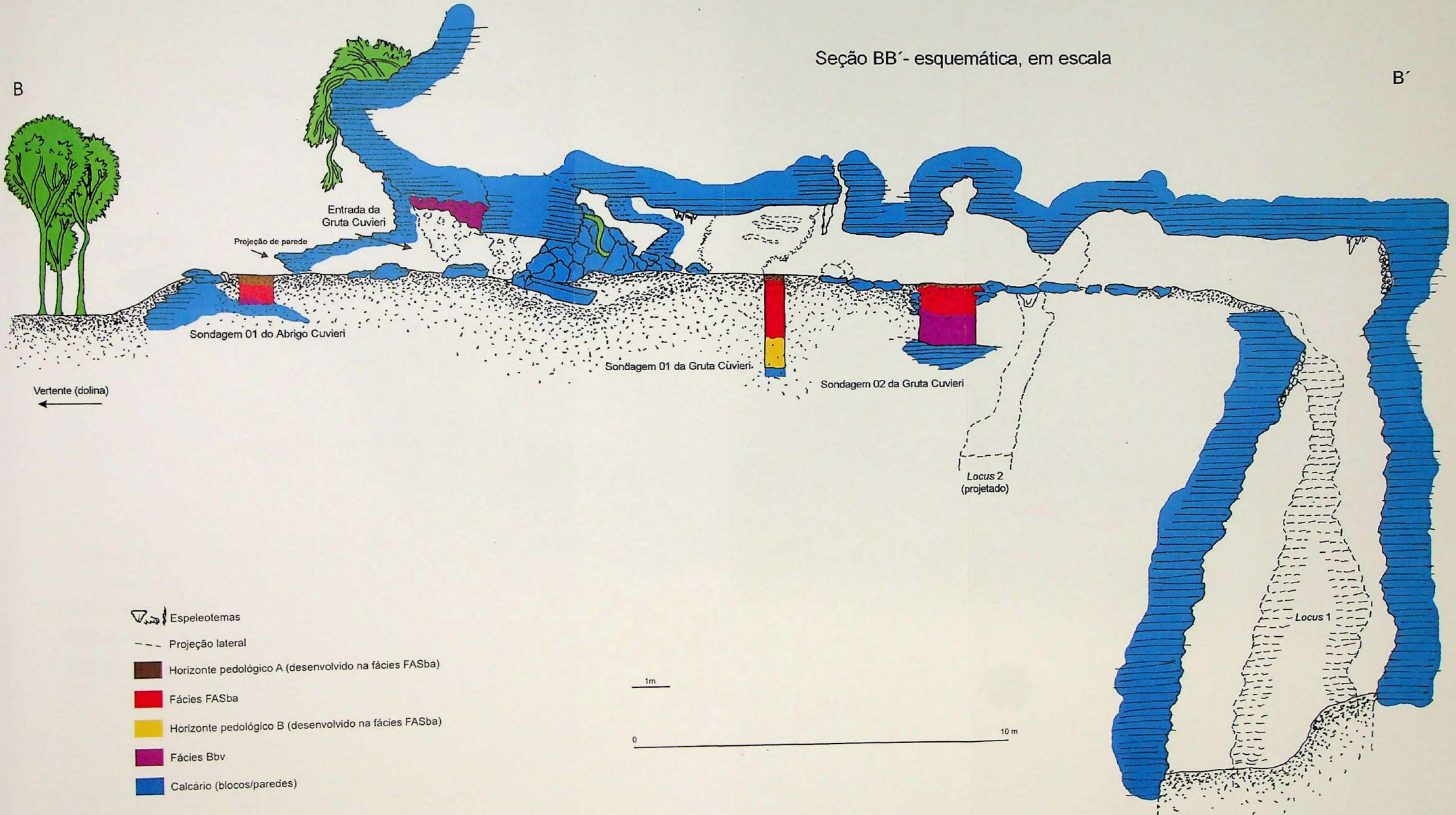


Seção AA' - esquemática, em escala



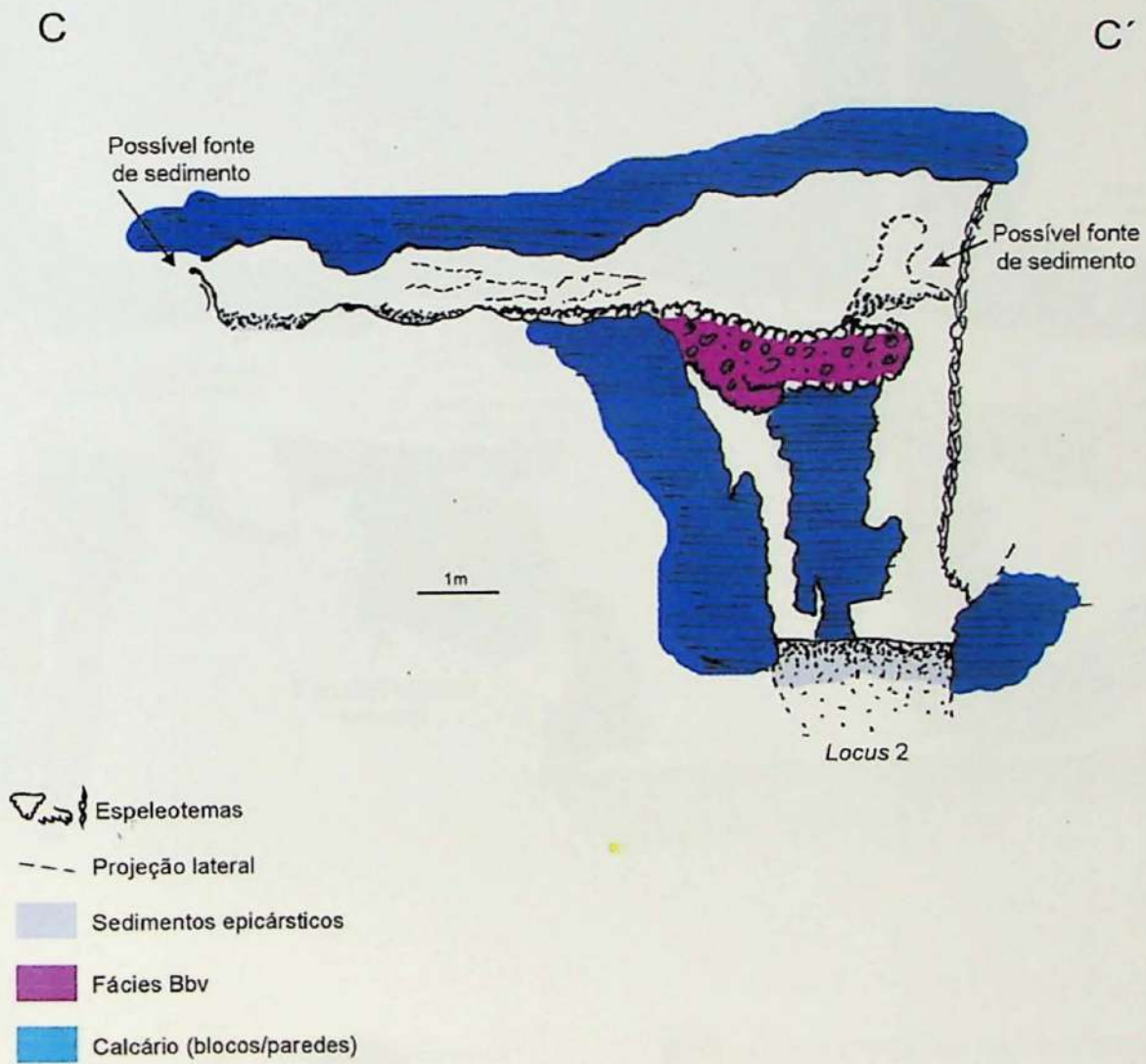
ANEXO V: Seções geológicas da gruta Cuvieri

Seção BB' - esquemática, em escala



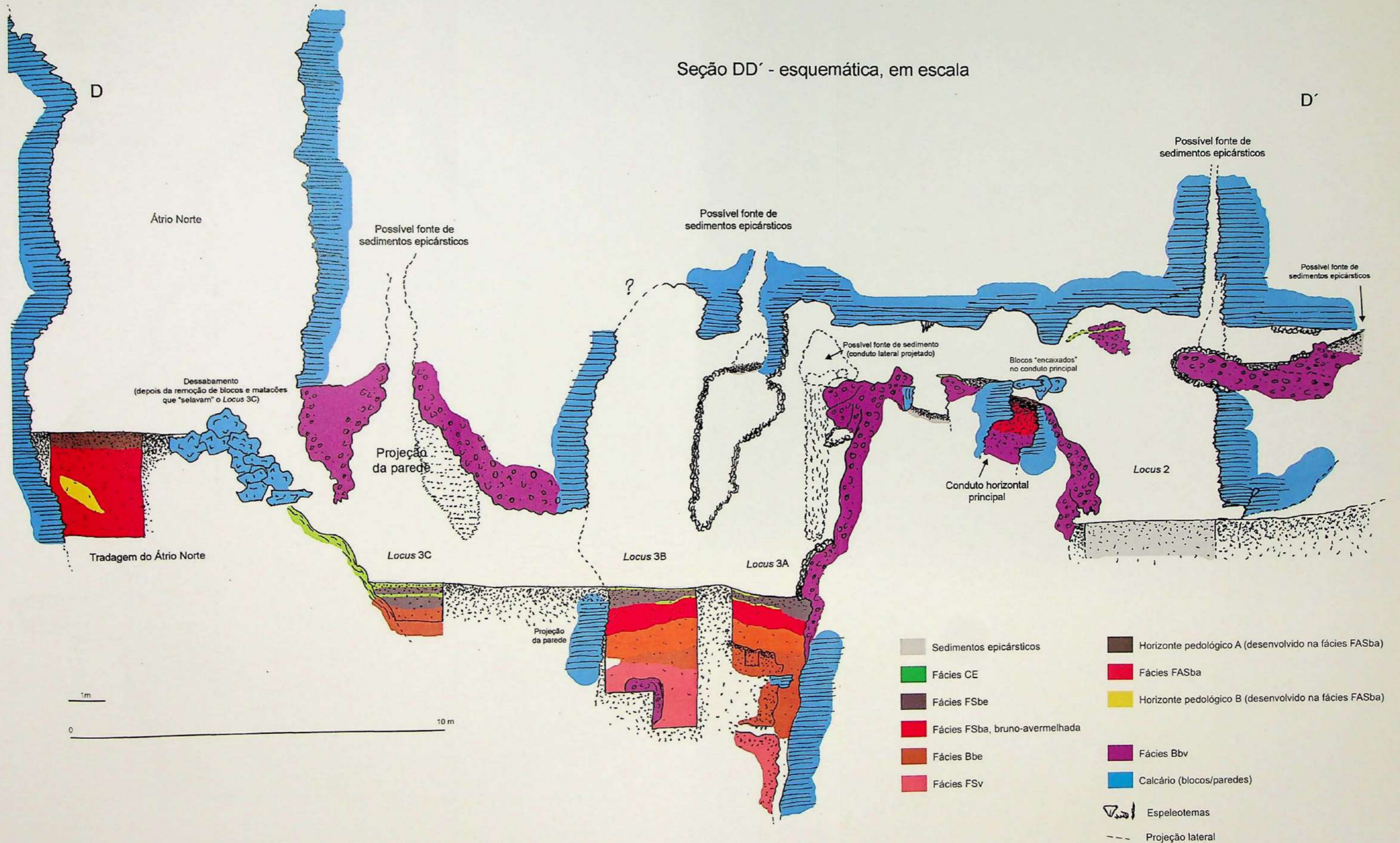
# ANEXO V: Seções geológicas da gruta Cuvieri

Seção CC' - esquemática, em escala

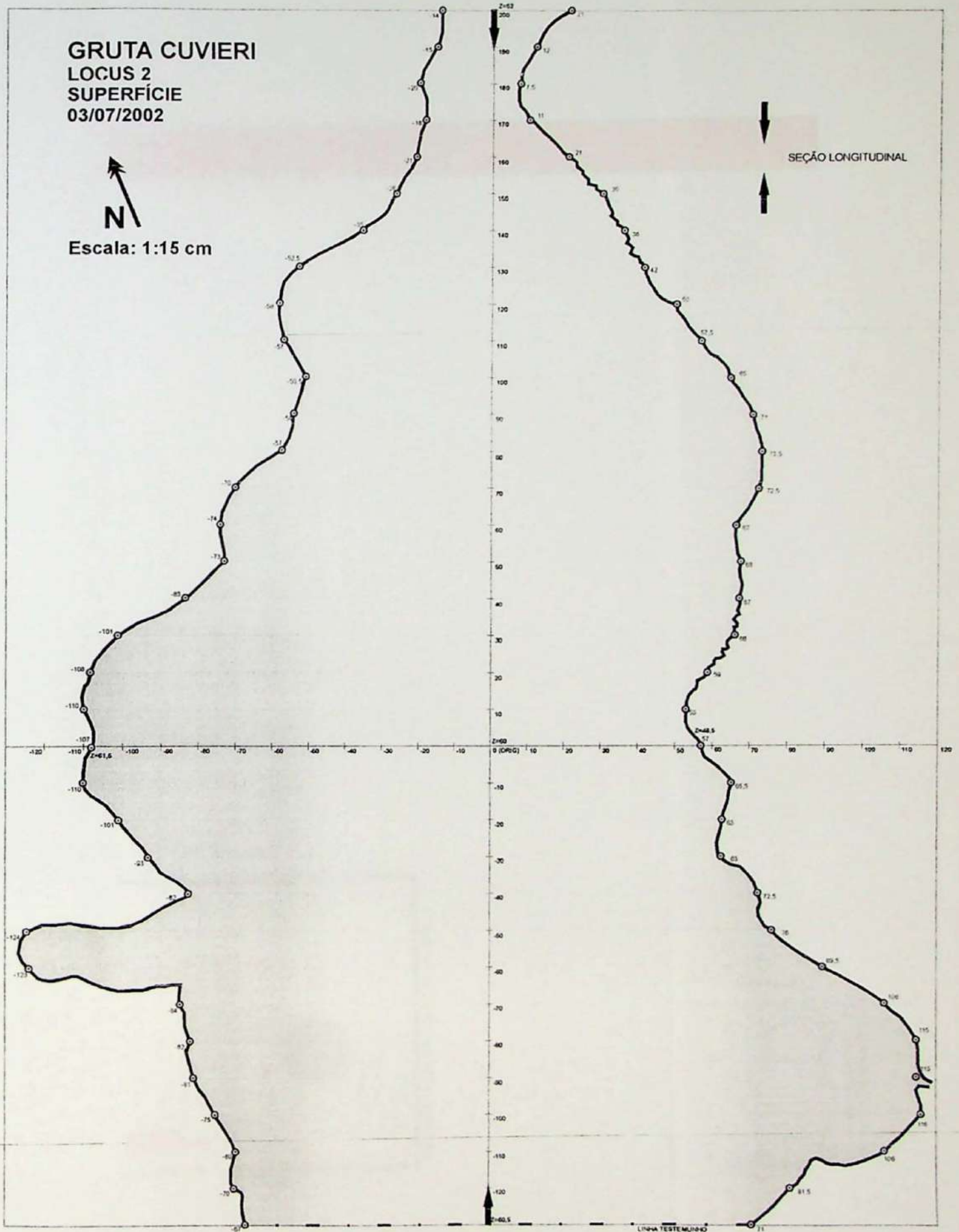


# ANEXO V: Seções geológicas da gruta Cuvieri

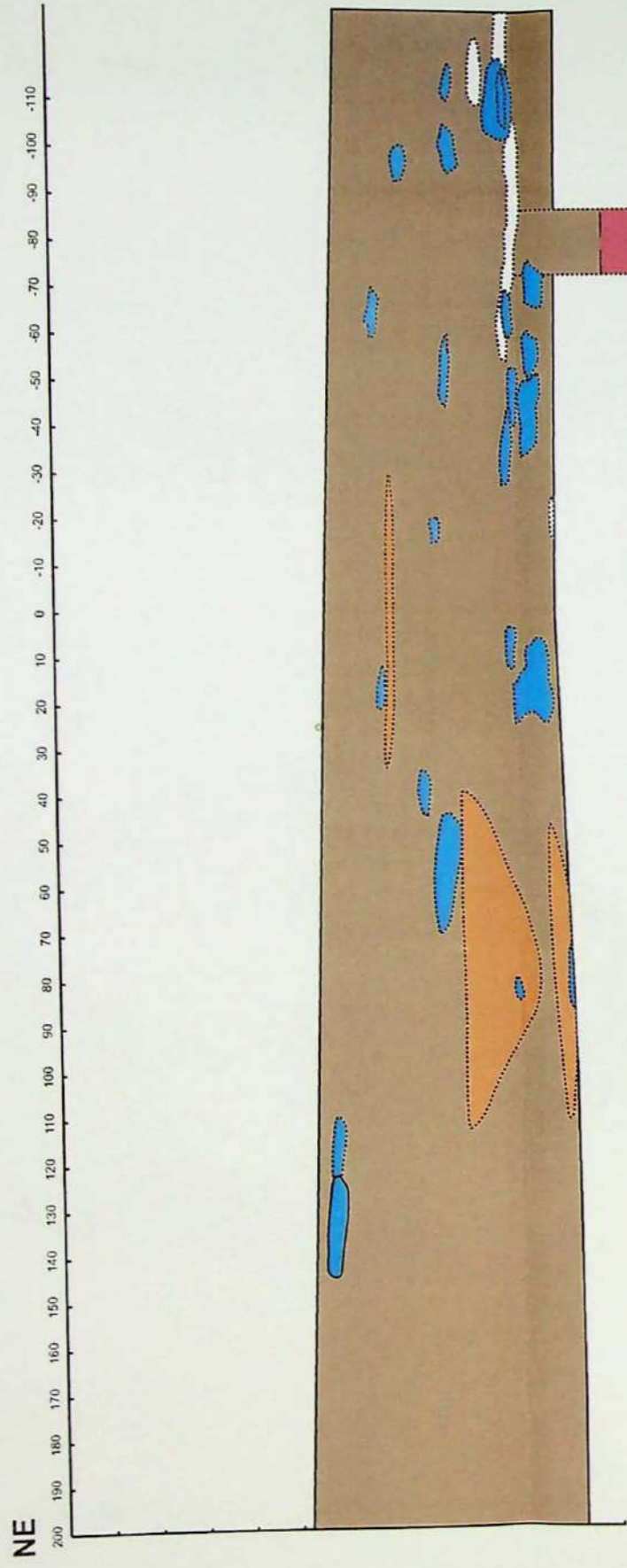
Seção DD' - esquemática, em escala



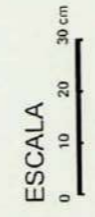
# ANEXO VI: Planta baixa do Locus 2.



Planta baixa da área de escavação do Locus 2, com a posição da seção longitudinal destacada.



Tradagem manual



**LEGENDA**

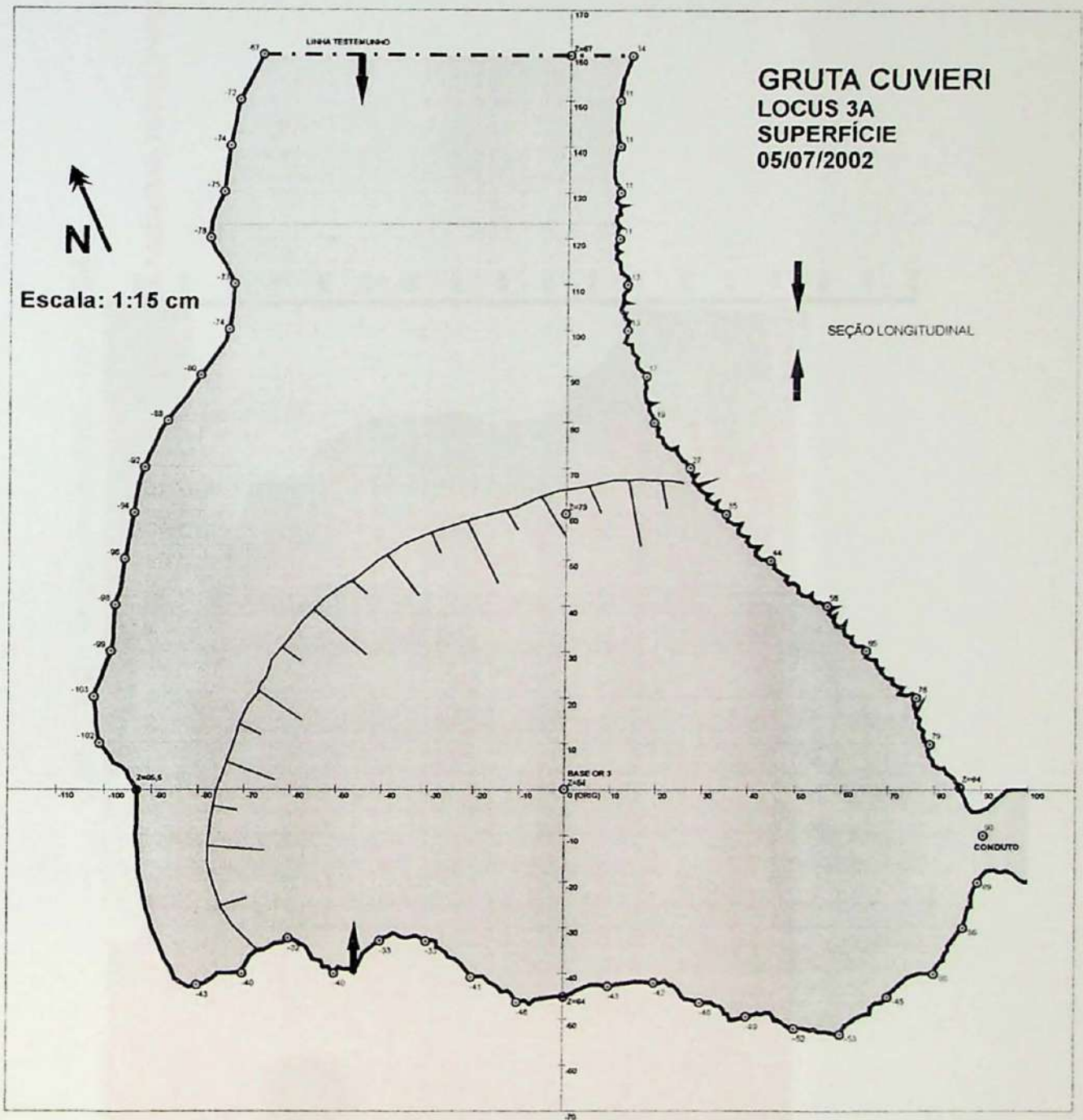
- Fácies FSp - Franco-siltosa, preta
- Lentes claras, inseridas em FSp
- Sedimento argiloso, avermelhado\*
- Sedimento argiloso, vermelho\*
- Sedimento arenoso, vermelho\*
- Sedimento argiloso, variegado\*
- Sedimento argiloso, variegado, com nódulos\*
- Blocos de calcário (tamanho > 10cm)
- Vazio

**CONVENÇÕES**

- Amostra de sedimento analisada (ver a análise de laboratório)
- Projeção lateral
- Contato estratigráfico
- Osso megafauna
- 5500 ± 50 BP
- Datação

\*Sedimento não descrito. Ver detalhes no texto.

ANEXO VII: Planta baixa do *Locus* 3A.



Planta baixa da área de escavação do *Locus* 3A, com a posição da seção longitudinal destacada.

ANEXO VII: Seção longitudinal - LOCUS 3A.



ESCALA  
0 10 20 30 cm

LEGENDA

- Facies FSp - Franco-siltosa, preta
  - Facies CE - Cepa estalagmítica
  - Espeleotema decomposto, associado à facies CE
  - Facies FSbe - Franco-siltosa, bruno-escuro, inconsolidada
  - Facies FSbe - Franco-siltosa, bruno-escuro, cimentada
  - Facies FSba\* - Franco-siltosa, bruno-avermelhada, cimentada
  - Facies FSba - Franco-siltosa, bruno-avermelhada, inconsolidada
  - Brecha de ossos
  - Facies FSba\* - Franco-areno-siltosa, variegada, cimentada
  - Facies FSba - Franco-areno-siltosa, variegada, não cimentada
  - Lente arenosa, inserida na facies Fsv
  - Facies Bbe - Brecha, bruno escuro, inconsolidada
  - Facies Bbe - Brecha, bruno-escuro, cimentada
  - Facies FSv - Franco-siltoso, variegado
  - Crosta carbonácea desenvolvida em poro, entre facies Bbe e Fsv
  - Blocos de calcário (eixo a > 10cm)
  - Vazio
  - Blocos de brecha
- CONVENÇÕES
- Amostra de sedimento analisada (letra redibulada do buril)
  - Projeção lateral
  - - - Contato inferido
  - Sondagem (tipo poço)
  - ✦ Datação
- \*C 529/10 BP

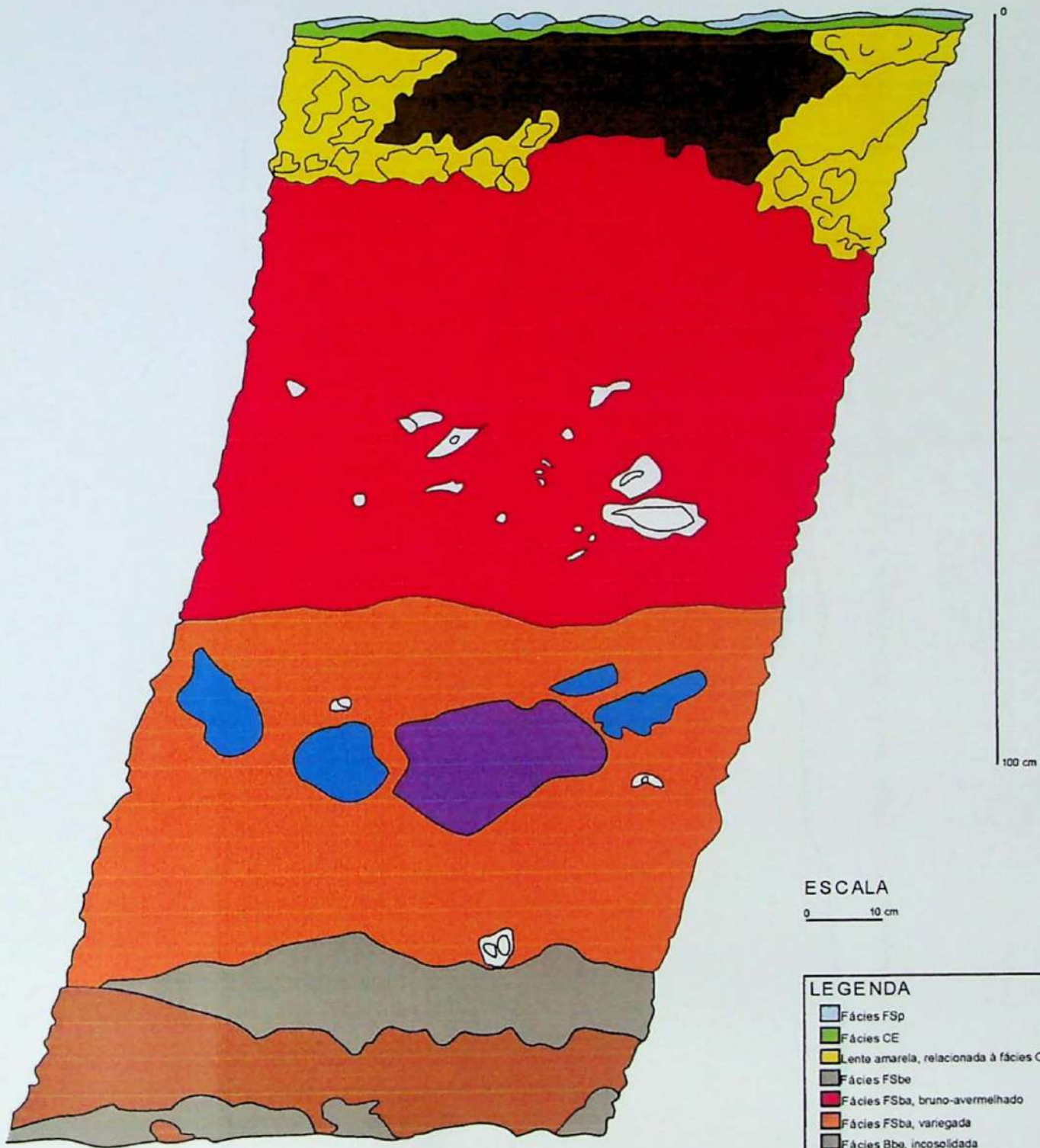
\*Mesma facies sedimentar, com forte mudança de cor. Ver descrição de facies para detalhes.

ULTIMO NÍVEL FOSSILIFERO

?

+1,5m

Anexo VII - Croqui do testemunho norte, Locus 3A



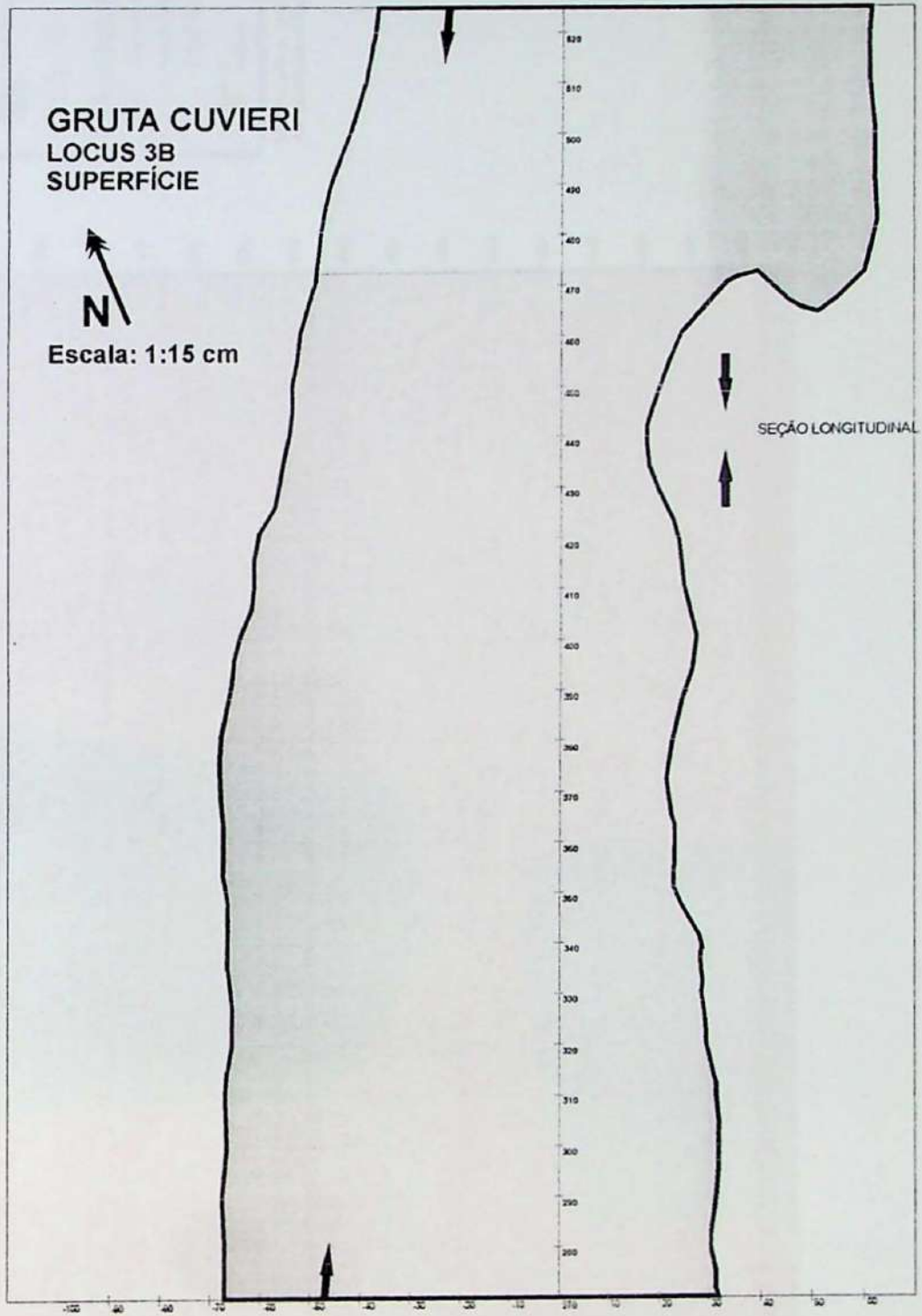
ESCALA

0 10 cm

LEGENDA

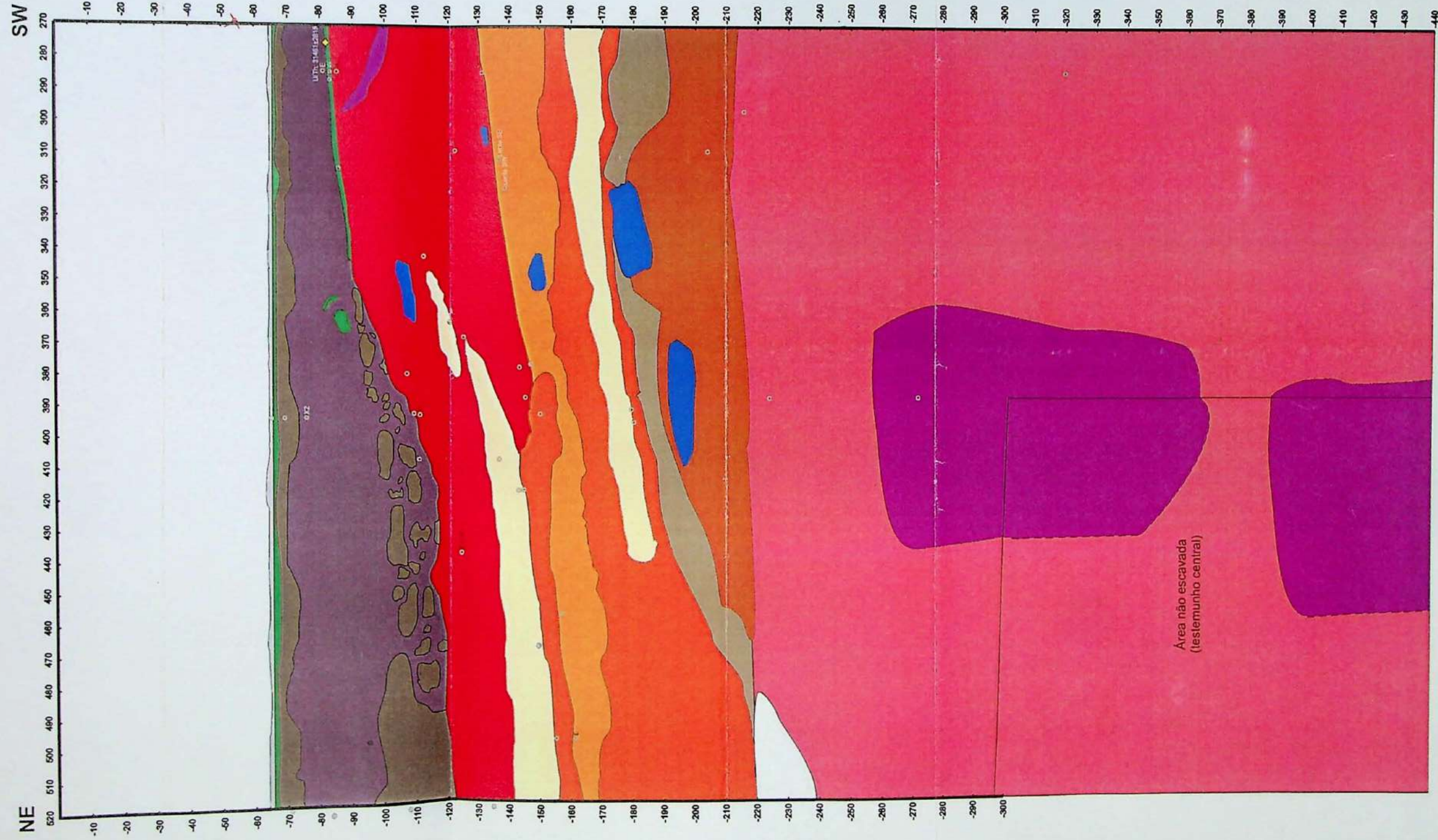
- Fácies FSp
- Fácies CE
- Lente amarela, relacionada à fácies CE (espeleotema decomposto)
- Fácies FSbe
- Fácies FSba, bruno-avermelhado
- Fácies FSba, variegada
- Fácies Bba, inconsolidada
- Fácies Bbe
- Bloco de Calcário
- Bloco de brecha
- Fragmentos de ossos, conchas e quartzo

ANEXO VIII: Planta baixa do *Locus* 3B.



Planta baixa da área de escavação do *Locus* 3B, com a posição da seção longitudinal destacada.

ANEXO VIII: Seção longitudinal - Locus 3B



ESCALA  
0 10 20 30 cm

LEGENDA

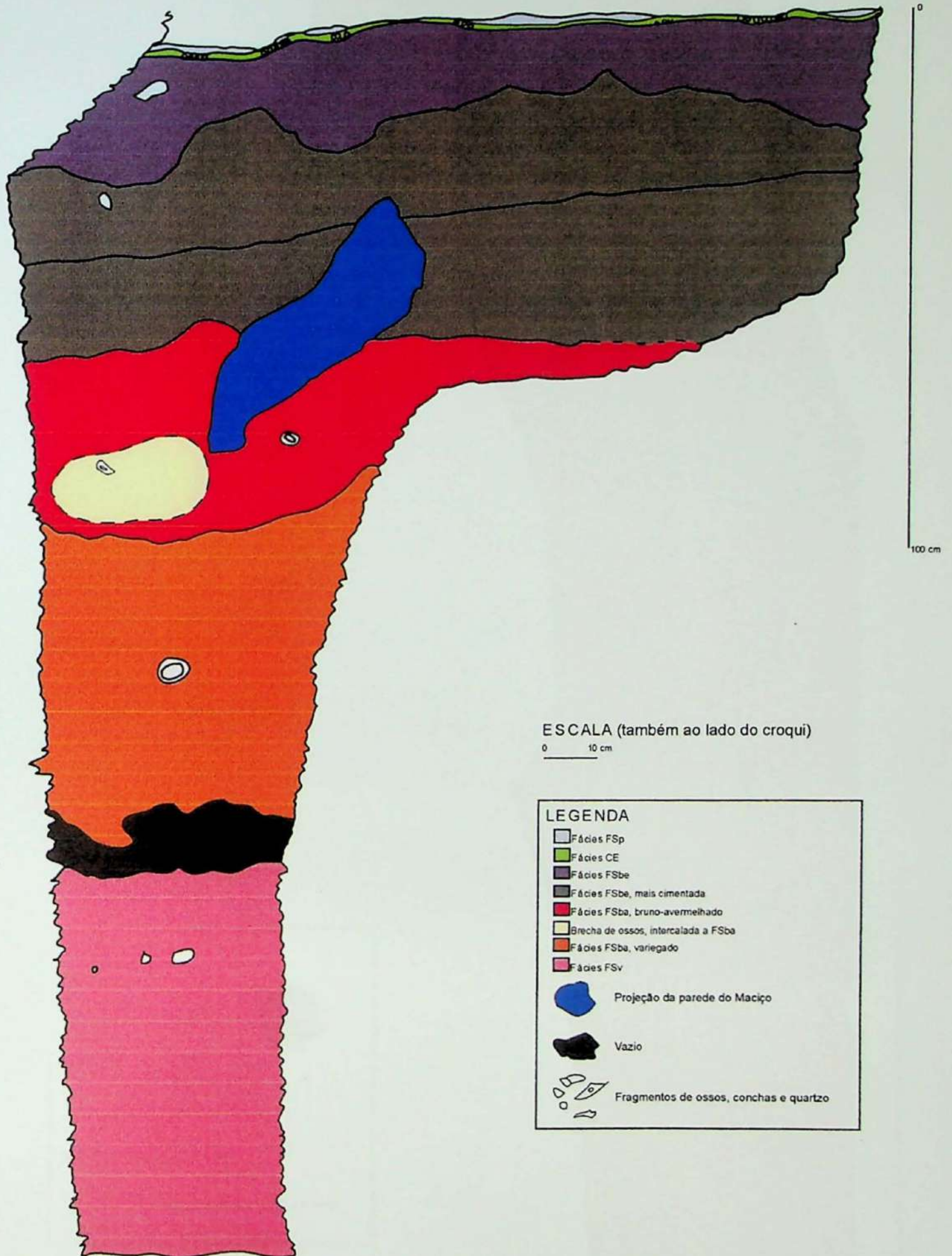
- Fácies FSp - Franco-siliosa, preta
- Fácies CE - Capa estalagmítica
- Fácies FSbe - Franco-siliosa, bruno-escura, inconsolidada
- Fácies FSbe - Franco-siliosa, bruno-escura, cimentada
- Fácies FSba\* - Franco-siliosa, bruno-avermelhada, cimentada
- Brecha de ossos
- Fácies FSba\* - Franco-areno-siliosa, variegada, cimentada
- Fácies FSba - Franco-areno-siliosa, variegada, não cimentada
- Fácies Bbe - Brecha, bruno escuro, inconsolidada
- Fácies Bbe - Brecha, bruno-escuro, cimentada
- Fácies FSv - Franco-siliosa, variegada
- Fácies Bbv - Brecha, bruno e vermelha
- Blocos de calcário (eixo a > 10cm)
- Osso "suspenseo"
- Blocos de brecha
- Vazio

CONVENÇÕES

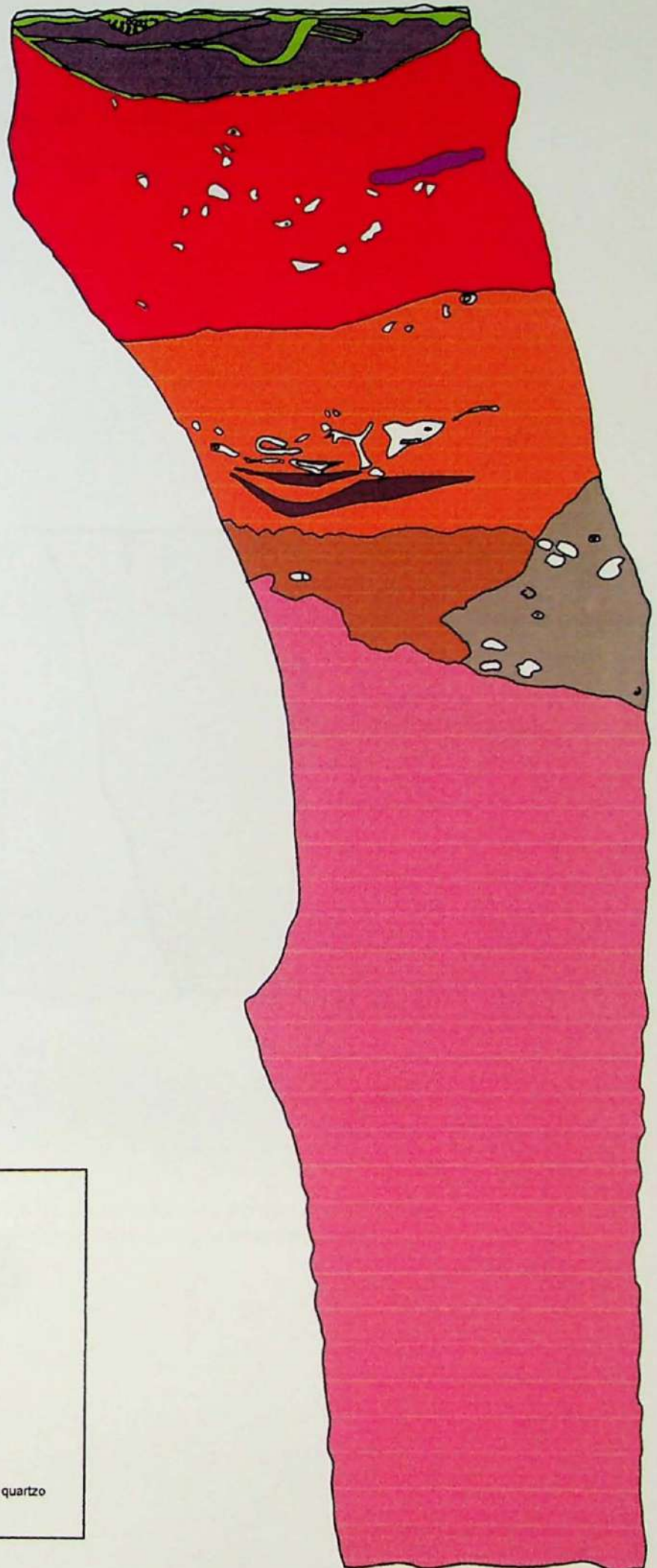
- Amostra de sedimento analisada (area indica base do burro)
- Projeção lateral
- - - Contato inferido
- °C 5250±50 BP
- ★ Datação

\*Mesma fácies, com forte mudança na cor. Ver descrição de fácies para detalhes.

Anexo VIII - Croqui do testemunho norte, Locus 3B



Anexo VIII - Croqui do testemunho sul, Locus 3B




ESCALA (também ao lado do perfil)

0 10 cm

LEGENDA

-  Fácies FSp
-  Fácies CE
-  Fácies FSbe
-  Fácies FSbe, cimentada
-  Fácies FSba
-  Fácies FSba, variegada
-  Fácies Bbe, inconsolidada
-  Fácies Bbe
-  Fácies FSv

 Fragmento de brecha

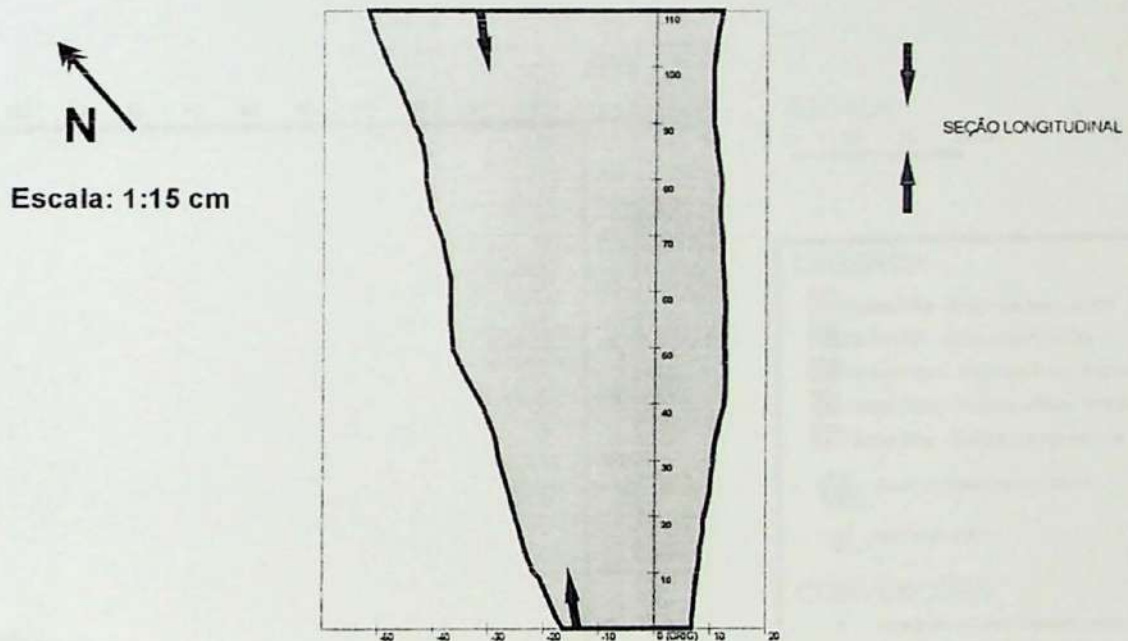
 Fragmentos de ossos, conchas e quartzo

0

100 cm

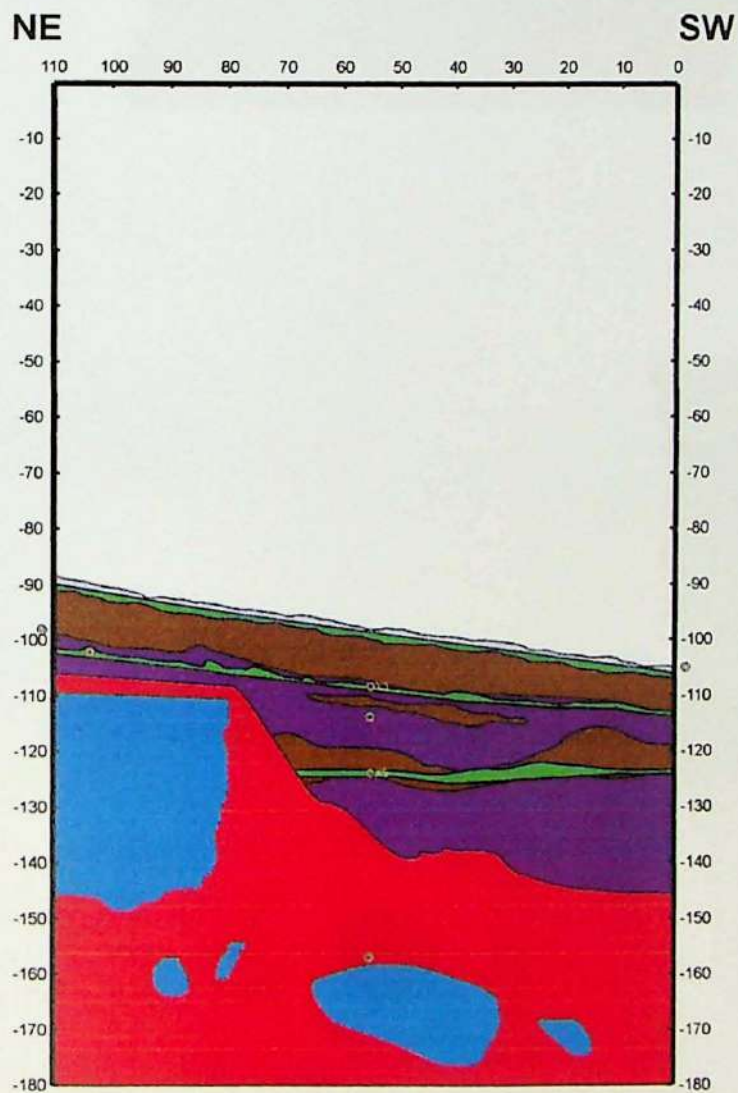
Anexo IX: Planta baixa do *Locus* 3C

GRUTA CUVIERI  
LOCUS 3C  
SUPERFÍCIE



Planta baixa da área de escavação do *Locus* 3C, com a posição da seção longitudinal destacada.

## ANEXO IX: Seção longitudinal Locus 3C



ESCALA

0 10 20 30 cm

### LEGENDA

- Fácies FSp - Franco-siltosa, preta
- Fácies CE - Capa estalagmítica
- Fácies FSbe - Franco-siltosa, bruno-escuro, cimentada
- Fácies FSbe - Franco-siltosa, bruno-escuro, inconsolidada
- Fácies Bbe - Brecha, bruno-escuro

Blocos de calcário (eixo a > 10cm)

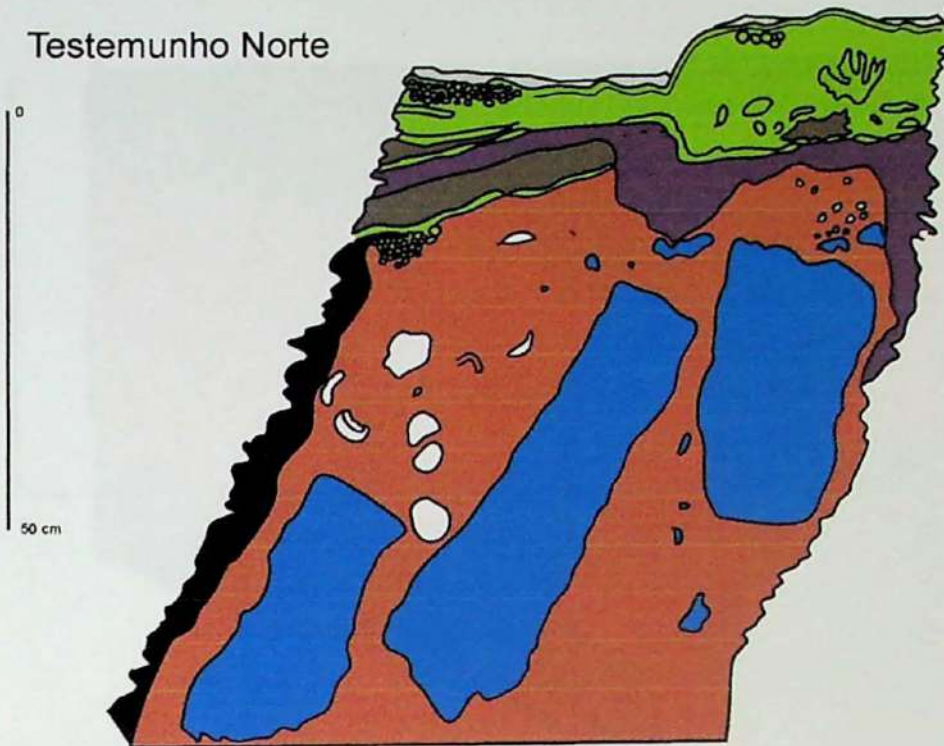
Osso "suspenso"

### CONVENÇÕES

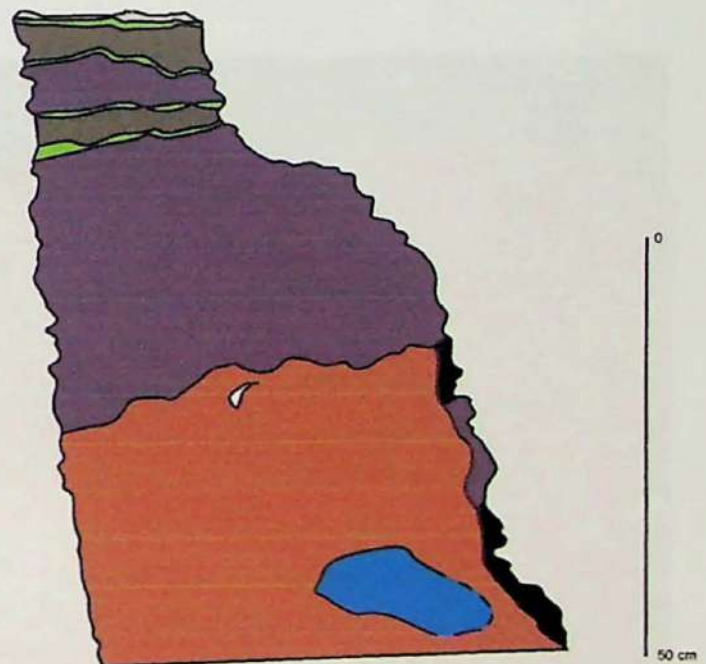
- Amostra de sedimento analisada (letra indica lado do locus)
- Projeção lateral
- Contato inferido

Anexo IX - Croqui dos testemunhos, Locus 3C

Testemunho Norte











Testemunho Sul



ESCALA (também ao lado do perfil)

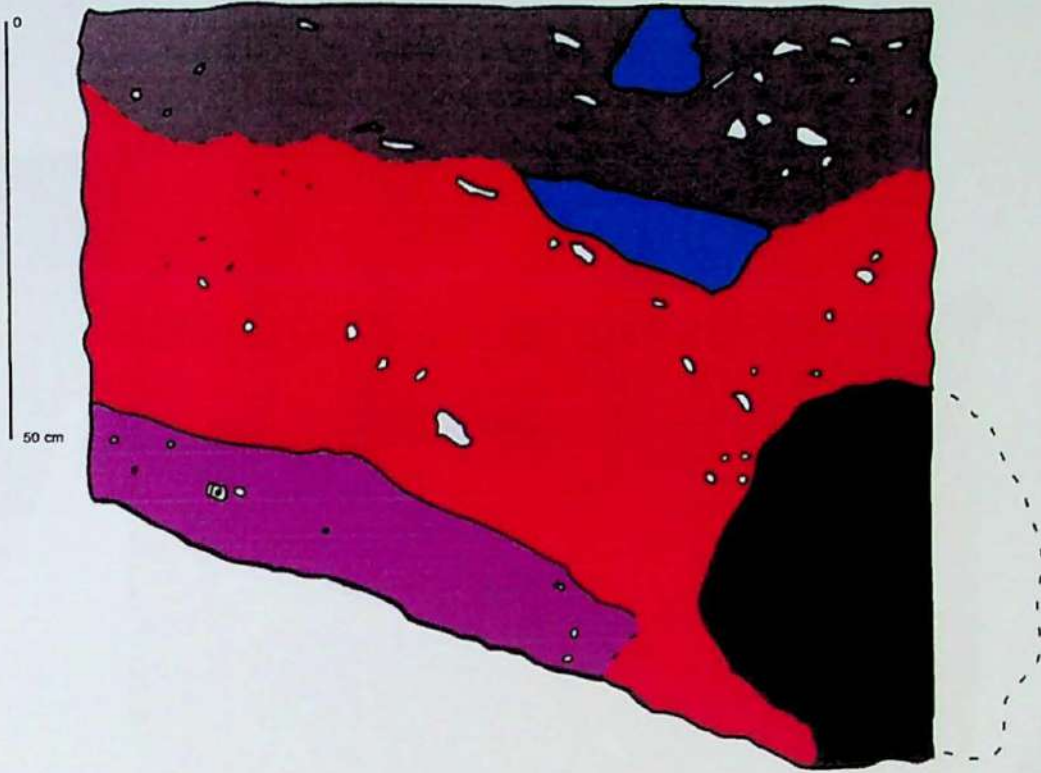
0 10 cm

LEGENDA

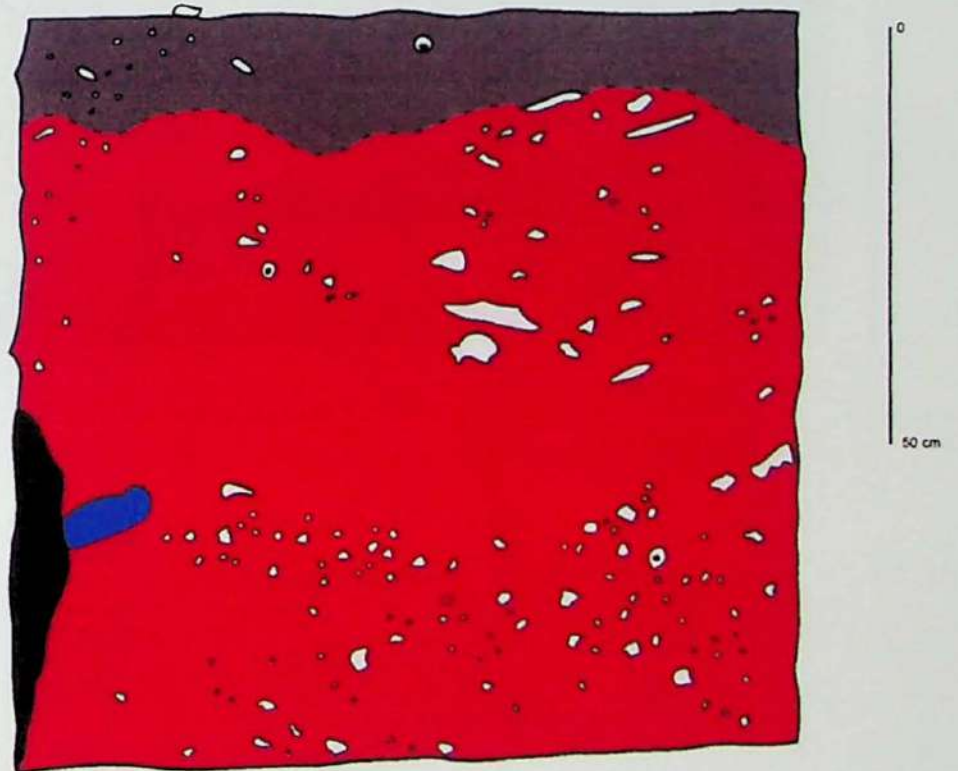
-  Fácies FS<sub>p</sub>
-  Fácies CE
-  Fácies FS<sub>be</sub> cimentada
-  Fácies FS<sub>be</sub> inconsolidada
-  Fácies B<sub>be</sub>
-  Fragmento de brecha
-  Vazio
-  Fragmentos de ossos, conchas e quartzo

Anexo X - Croqui dos testemunhos, Sondagem 01 do Abrigo Cuvieri








Testemunho Norte



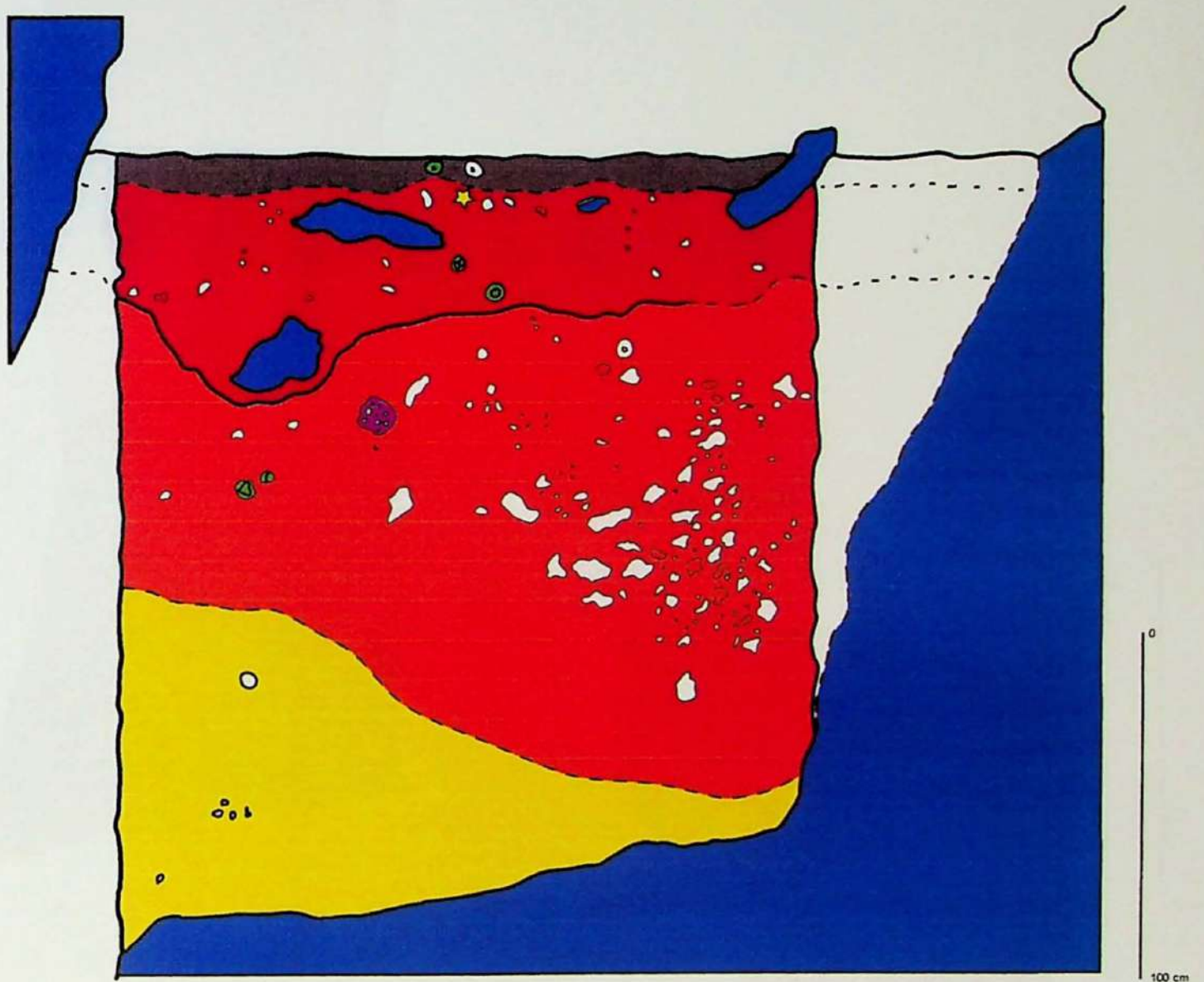
Testemunho Leste



ESCALA (também ao lado do perfil)  
0 10 cm

LEGENDA	
	Horizonte pedológico A (em FASba)
	Fácies FASba
	Fácies Bbv
	Fragmento de calcário
	Vazio
	Amostra descrita
	Fragmentos de ossos, conchas e quartzo

Anexo XI - Croqui do testemunho Oeste, Sondagem 01 da gruta Cuvieri



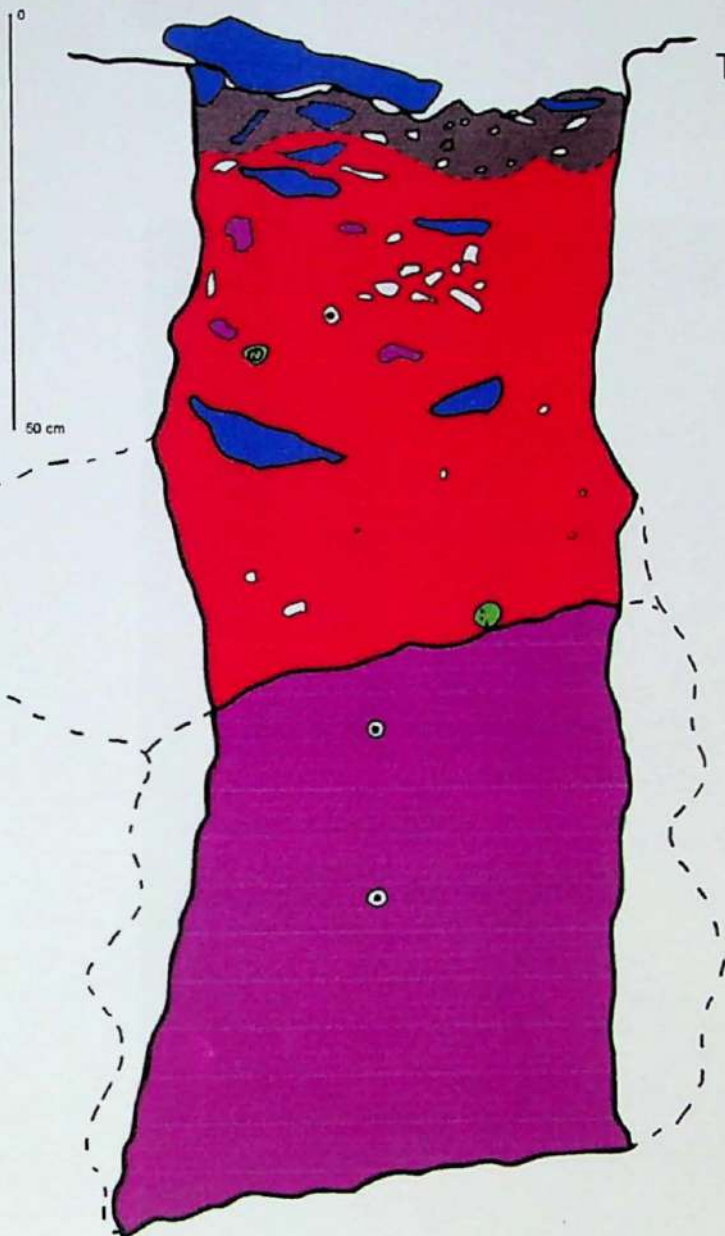
ESCALA (também ao lado do perfil)  
0 20 cm



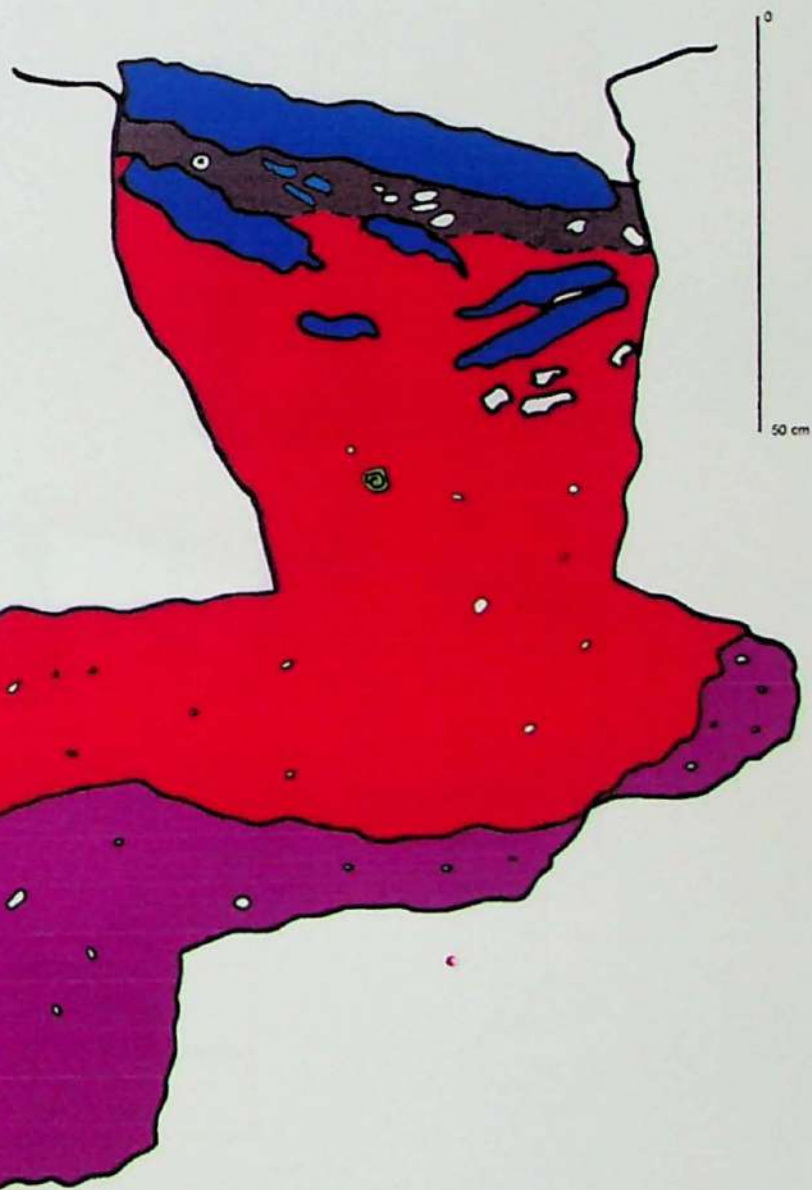
★ Datação  $^{14}\text{C}$  (carvão):  $140 \pm 40$  AP  
(posição aproximada)

Anexo XII - Croqui dos testemunhos, Sondagem 02 da gruta Cuvieri

Testemunho Leste



Testemunho Oeste



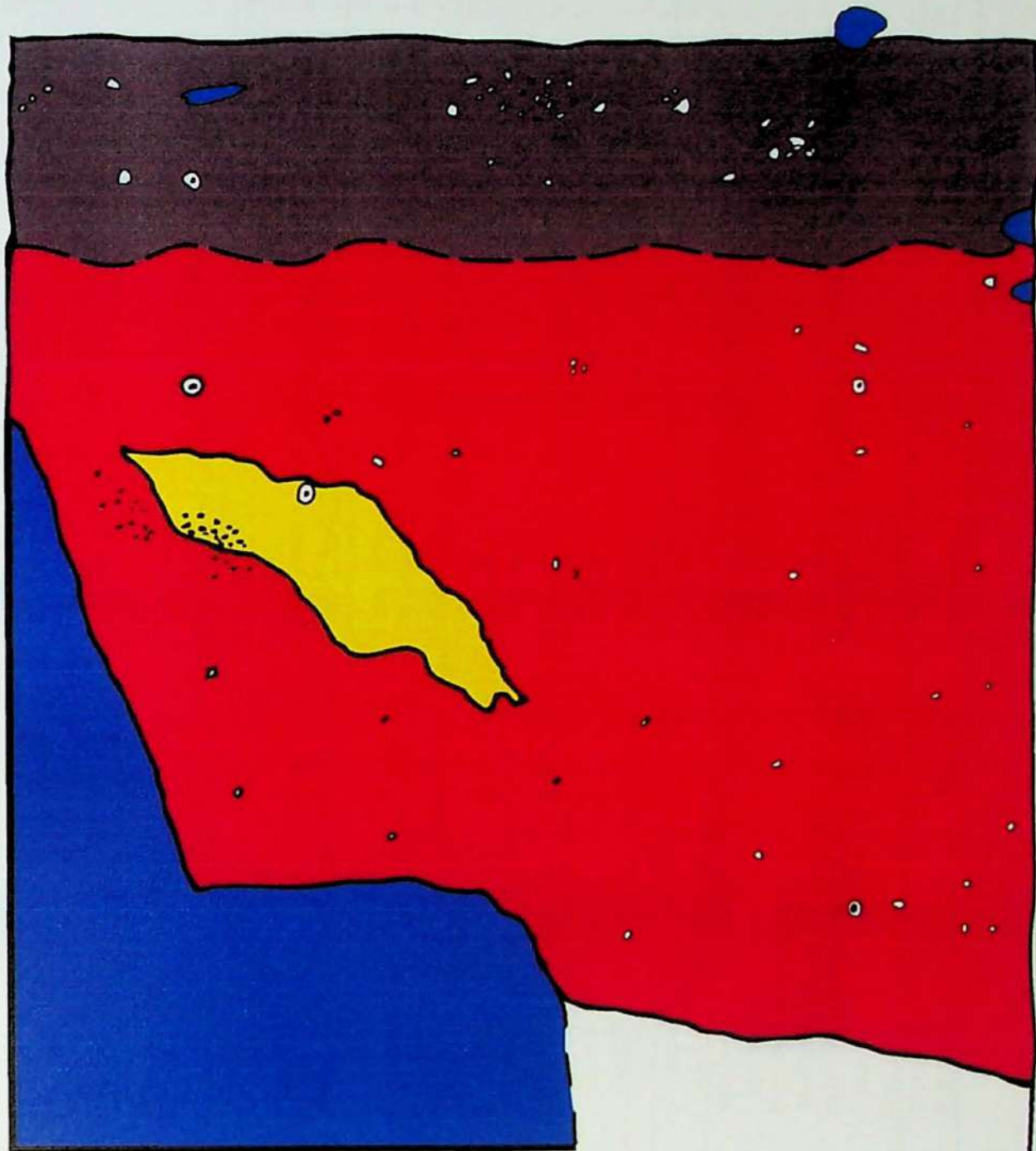
ESCALA (também ao lado do perfil)

0 10 cm

LEGENDA

- Horizonte pedológico A (desenvolvido em FASba)
- Fásies FASba
- Fásies Bbv
- Raízes Amostras descritas
- Fragmento de calcário
- Fragmento de brecha
- Fragmentos de quartzo

Anexo XIII - Croqui do testemunho Leste, Tradagem do Átrio Norte



ESCALA (também ao lado do perfil)  
0 20 cm

LEGENDA	
Horizonte pedológico A (desenvolvido em FASba)	Fragmento de calcário
Fácies FASba	Carvão
Horizonte pedológico B (desenvolvido em FASba)	Amostra descrita
Maciço calcário	Fragmentos de quartzo

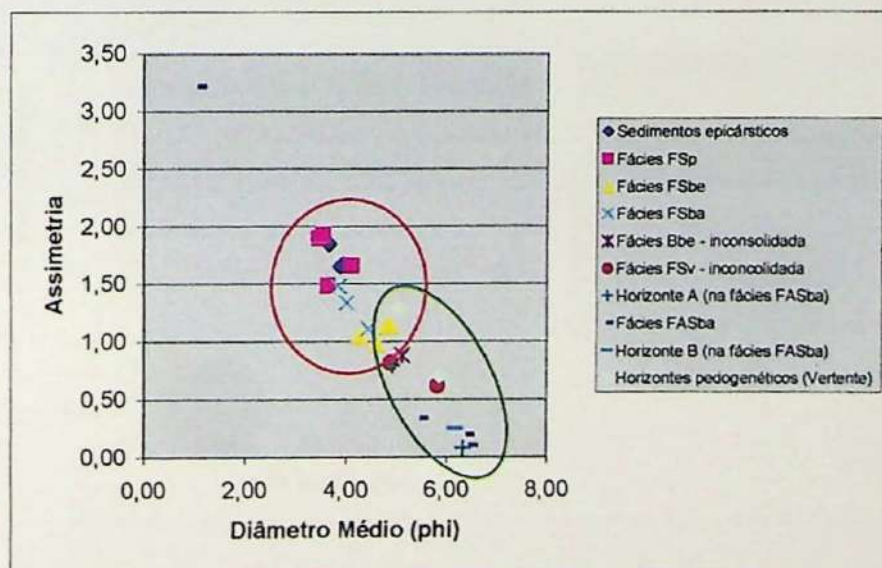
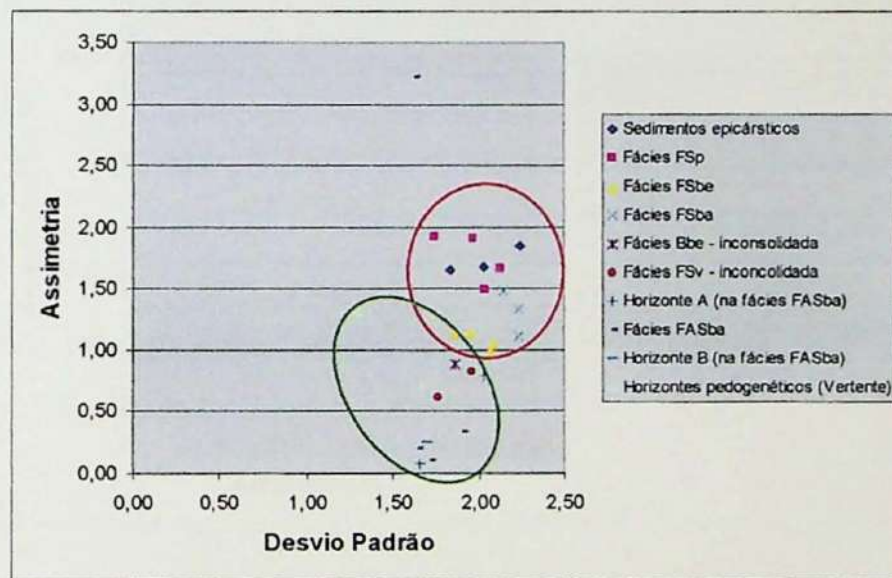
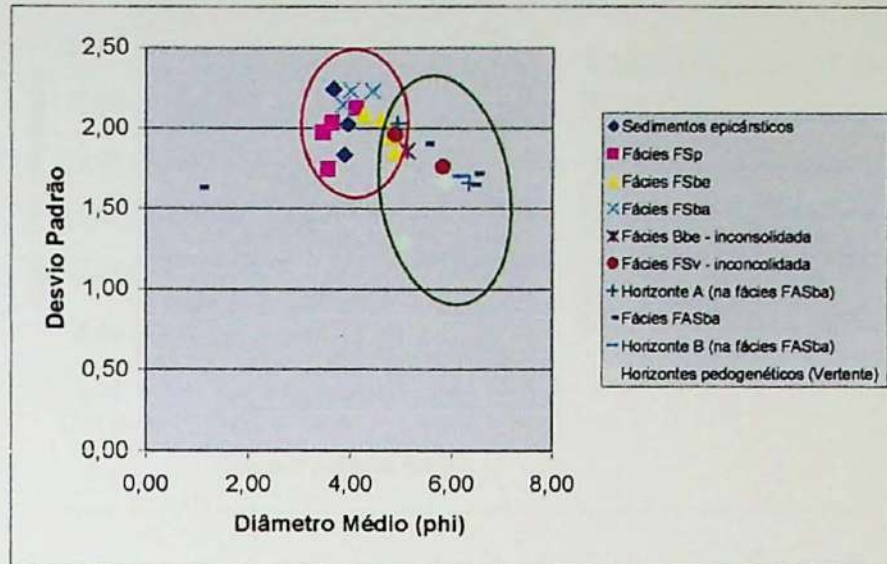
★ Datações U/Th (Brecha Alada):  $300.609 \pm 17.108$  e  $299.317 \pm 19.979$

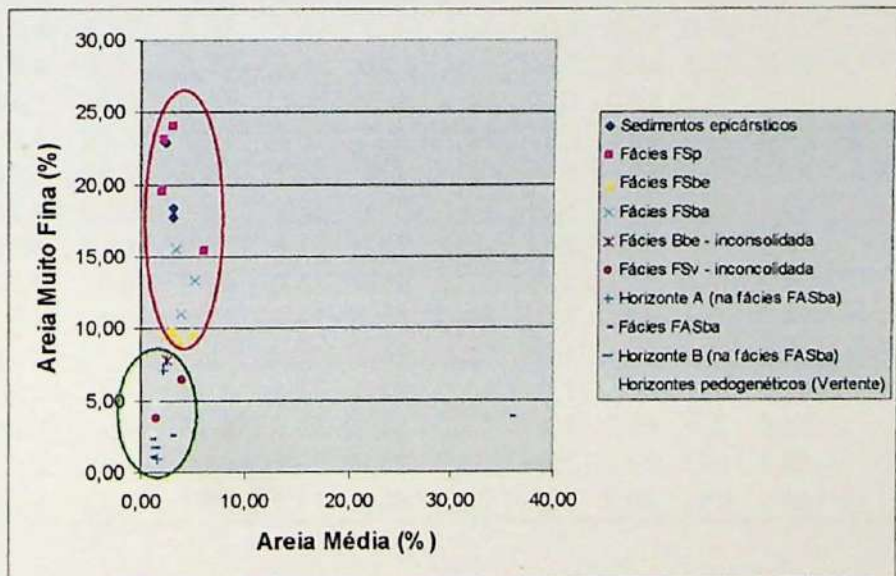
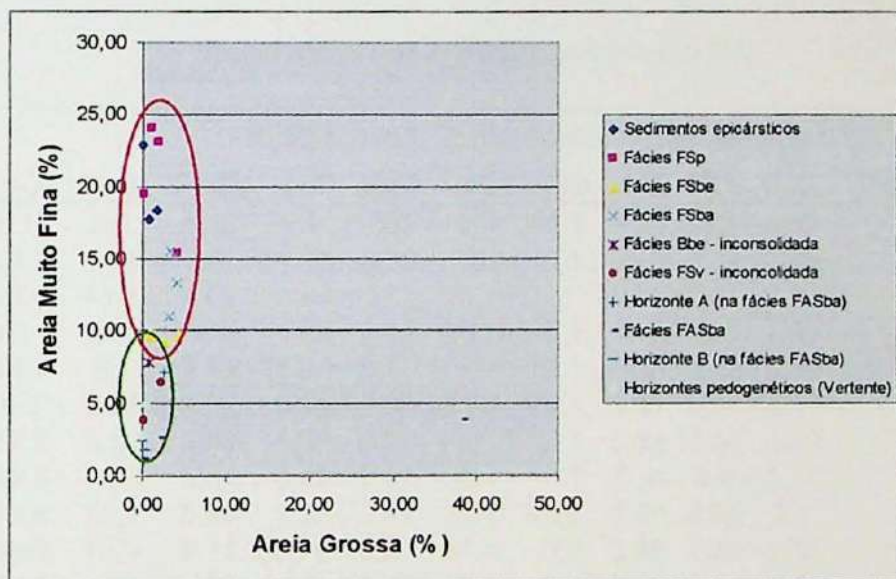
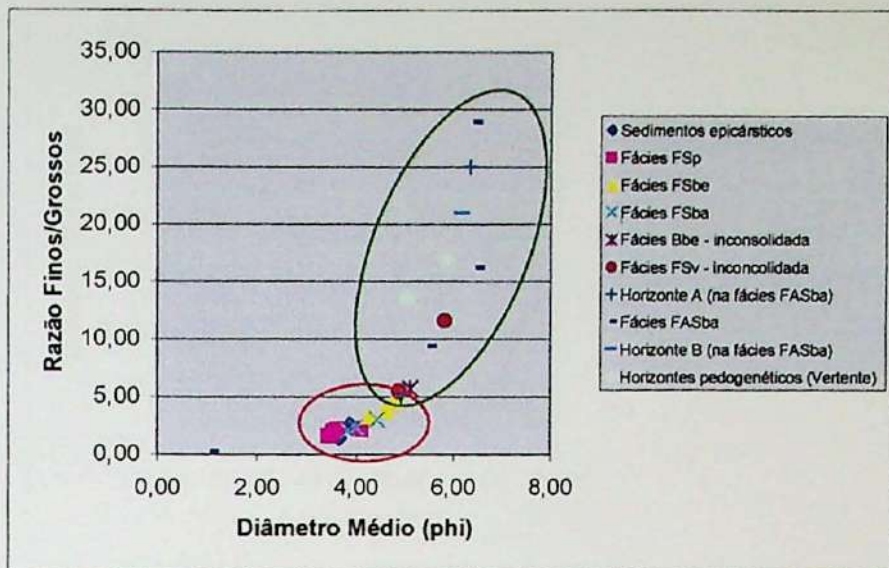
ANEXO XIV: Dados granulométricos e geoquímicos (FRX)

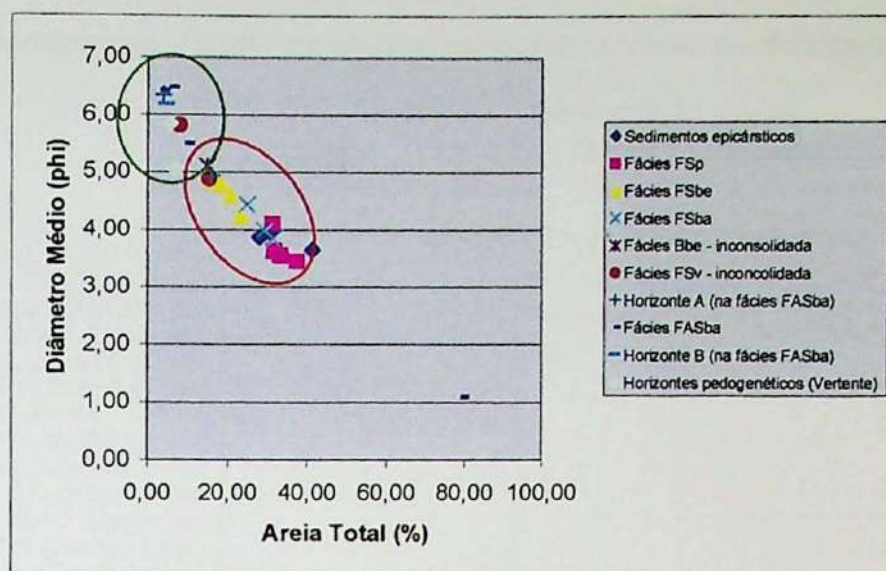
Resultados das análises granulométricas

Fácies	Local	Amostra	Areia	Silte	Argila	Nome da textura	Diâmetro médio	Desvio-padrão	Assimetria	Curtose	Finos/Grossos
Sedimento epicárstico	Mação calcário	CV09	41	46	13	Franca	3,65	2,25	2	4	1
Sedimento epicárstico	Mação calcário	CV10	31	59	10	Franco-siltosa	3,94	2,03	2	4	2
Sedimento epicárstico	Mação calcário	CV12	29	65	6	Franco-siltosa	3,87	1,84	2	4	3
Fácies FSp	Locus 2	CVL2e23/2	31	55	13	Franco-siltosa	4,10	2,13	2	4	2
Fácies FSp	Locus 3B	CVL3Be0	33	62	5	Franco-siltosa	3,55	1,75	2	5	2
Fácies FSp	Locus 3C	CVL3Ce0	33	60	7	Franco-siltosa	3,63	2,04	1	4	2
Lente inserida na fácies FSp	Locus 2	CVL2e23/1	39	53	8	Franco-siltosa	3,46	1,97	2	5	2
Fácies FSbe	Locus 3B	CVL3BpN/3	24	66	9	Franco-siltosa	4,25	2,09	1	3	3
Fácies FSbe	Locus 3B	CVL3BpN/4	18	69	13	Franco-siltosa	4,79	1,95	1	3	5
Fácies FSbe	Locus 3B	CVL3BpN/5	15	73	12	Franco-siltosa	4,87	1,85	1	4	5
Fácies FSbe	Locus 3C	CVL3Ce2	20	68	11	Franco-siltosa	4,60	2,06	1	3	4
Fácies FSba	Locus 3A	CVL3ApN/3	26	60	14	Franco-siltosa	4,43	2,23	1	3	3
Fácies FSba	Locus 3B	CVL3Be16	30	57	12	Franco-siltosa	4,00	2,23	1	3	2
Fácies FSba	Locus 3B	CVL3BpN/6	34	56	10	Franco-siltosa	3,84	2,15	1	4	2
Fácies Bbe, inconsolidada	Locus 3A	CVL3ApN/9	15	73	12	Franco-siltosa	5,12	1,86	1	3	6
Fácies FSv, inconsolidada	Locus 3B	CVL3Be52/1	8	73	19	Franco-siltosa	5,82	1,76	1	3	12
Fácies FSv, inconsolidada	Locus 3A	CVL3Ae72	16	72	12	Franco-siltosa	4,88	1,96	1	3	5
Horizonte A, na fácies FASba	Sond. Gruta 02	CVG2n10-20	19	68	14	Franco-siltosa	4,93	2,03	1	3	5
Horizonte A, na fácies FASba	Átiro Norte	CVAn40	4	75	21	Franco-siltosa	6,34	1,66	0	3	25
Fácies FASba	Sond. Gruta 01	CVG1n55	83	16	2	Areia-franca	1,08	1,63	3	12	0
Fácies FASba	Sond. Gruta 01	CVG1n90	10	75	16	Franco-siltosa	5,50	1,90	0	3	9
Fácies FASba	Sond. Gruta 02	CVG2n30-40	3	74	23	Franco-siltosa	6,41	1,65	0	3	29
Fácies FASba	Átiro Norte	CVAn100/1	6	68	27	Franco-argilo-siltosa	6,47	1,72	0	3	16
Horizonte B, na fácies FASba	Sond. Gruta 01	CVG1n150	5	75	20	Franco-siltosa	6,17	1,70	0	3	21
Horizonte pedológico B (vermelho)	Trad. Vertente	CVTd3n300	7	88	5	Silte	5,05	1,30	1	6	14
Horizonte pedológico B (amarelo)	Trad. Vertente	CVTd3n700	6	78	17	Franco-siltosa	5,85	1,67	1	3	17

## Diagramas de Correlação de parâmetros granulométricos





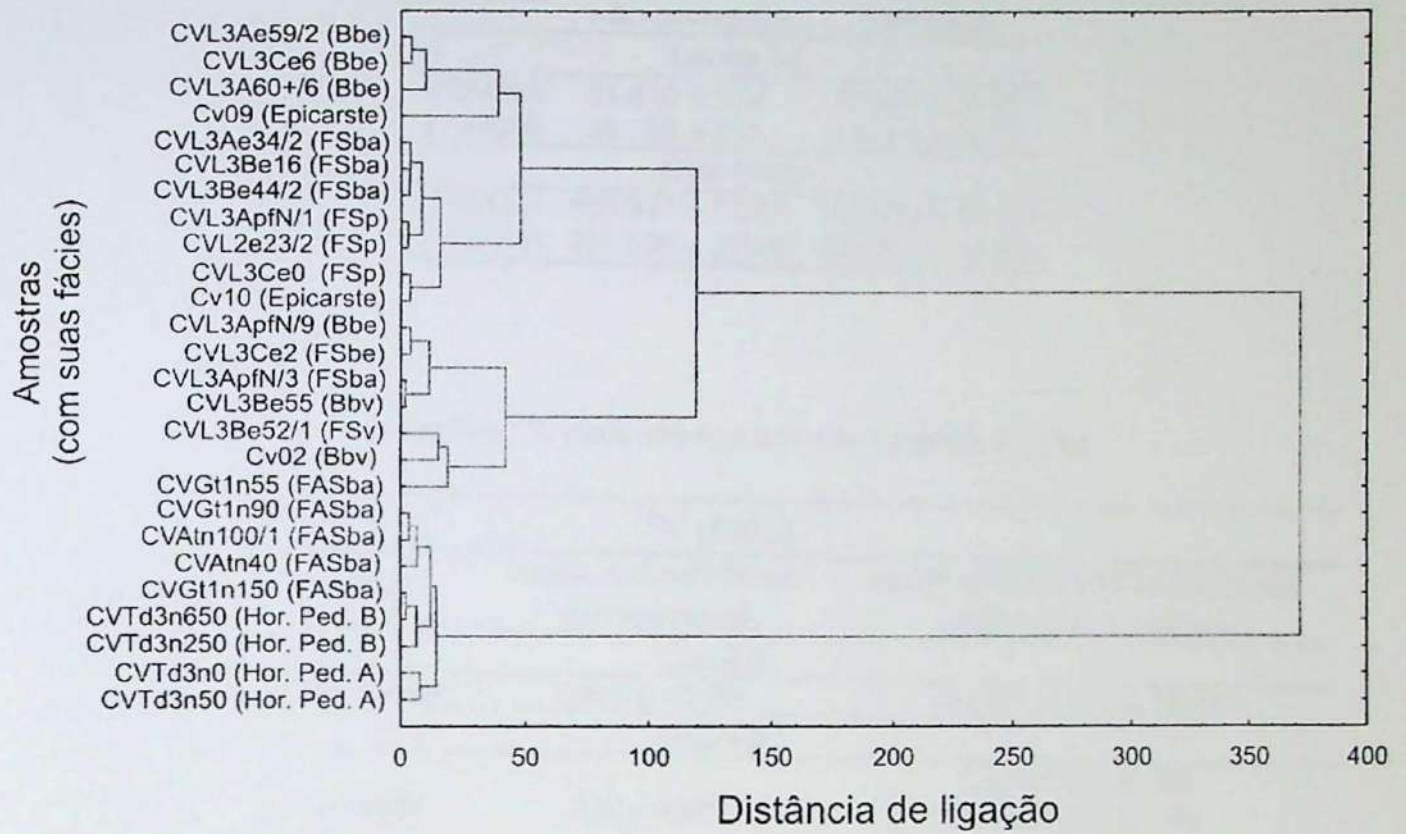


### Resultados das análises químicas (FRX)

Amostra	Elementos Químicos (% em óxidos)										Perda ao Fogo
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
CVL3Ae59/2	6,18	3,4	1,89	0,7	0,2	47	<0,1	0,23	0,2	3,37	36,6
CVL3Ae34/2	14,8	7,76	3,8	1,14	0,36	36	<0,1	0,45	0,42	3,86	30,4
CVL3ApfN/9	18,9	11,8	6,08	2,48	0,71	26,1	0,1	0,65	0,61	7,87	23,5
CVL3ApfN/3	19,6	9,98	4,9	1,35	0,52	29,7	<0,1	0,48	0,56	4,03	27,9
CVL3ApfN/1	14,7	8,1	4,42	1,83	0,59	32	<0,1	0,45	0,42	5,12	30,9
CVL3A60+/6	8,9	5,96	2,72	0,82	0,31	41,9	<0,1	0,31	0,28	3,31	34,9
CVL3Be16	12,8	6,58	3,52	1,48	0,92	37	0,11	0,39	0,36	4,39	32,5
CVL3Be44/2	12,5	7,32	3,54	0,93	0,36	38,4	<0,1	0,4	0,4	5,77	30,1
CVL3Be55	19,6	11,2	5,63	1,38	0,41	29,1	<0,1	0,48	0,55	3,1	27,5
CVL3Be52/1	36,8	19,3	8,11	0,76	0,61	11,4	<0,1	0,96	1,06	1,75	18,9
CVL3Ce6	4,52	2,13	1,35	0,6	0,18	49,3	<0,1	0,18	0,14	2,3	39
CVL3Ce2	20,8	10,7	6,1	2,3	0,68	24,1	<0,1	0,63	0,58	7,12	25,9
CVL3Ce0	12,4	6,32	3,57	1,42	0,4	33,7	<0,1	0,37	0,34	3,97	36,7
CVL2e23/2	16,4	7,7	3,79	0,84	0,48	33,8	<0,1	0,44	0,45	5,38	30,1
CVGt1n90	43,1	21,3	9,54	1,2	0,6	4,59	<0,1	0,97	1,18	2,99	14,1
CVGt1n150	43,1	25,3	11,1	0,61	0,8	1,54	<0,1	1,65	1,3	0,52	13,4
CVGt1n55	28,4	14,9	8,09	1,78	0,5	19	<0,1	0,76	0,77	13,1	12,3
CV10	11,4	5,89	3,01	0,9	0,45	32,1	<0,1	0,42	0,33	6,74	37,9
CV09	3,34	1,53	0,61	0,14	0,67	28,6	<0,1	1,7	<0,1	3,49	58,2
CV02	28,5	14,8	6,33	0,41	0,52	21,1	<0,1	1,11	0,77	0,59	24,9
CVTd3n0	38,2	25,3	10,1	0,47	0,51	0,48	<0,1	0,69	1,45	0,77	21,5
CVTd3n50	39	27,4	11	0,39	0,54	0,3	<0,1	7	1,49	0,56	17,7
CVTd3n650	44,3	25,9	11,8	<0,1	0,76	0,14	<0,1	1,9	1,07	0,38	13
CVTd3n250	40,3	28,5	11,4	0,42	0,47	0,22	<0,1	0,79	1,5	0,37	15,5
CVAtn100/1	42,9	23	11	1,02	0,78	2,65	<0,1	1,51	1,21	1,83	13,5
CVAtn40	38,4	21,7	10,7	1,71	0,76	3,93	<0,1	1,23	1,13	2,93	16,6

Dendrogramas (Análise de *cluster*) para os 10 elementos químicos e perda ao fogo

Método de Ward  
Distância Euclidiana



## ANEXO XV: Datações para a gruta Cuvieri

Datações U/Th para capas estalagmíticas da gruta Cuvieri.

U/Th		
Amostra	Idade não-corrigida	Idade corrigida
<b>Locus 3A</b>		
CUV03A	31.610 ± 552	27.347 ± 2239
CUV03B	36.738 ± 812	31.461 ± 2815
<b>Átrio Norte</b>		
CUV04A	305.311 ± 17687	300.609 ± 17108
CUV04B	305.036 ± 20836	299.317 ± 19979

Datações <sup>14</sup>C para ossos e carvões da gruta Cuvieri.

<sup>14</sup> C (AMS)			
Amostra (BETA #)	Material	Idade radiocarbônica convencional	Idade radiocarbônica calibrada (calibração 2 sigma)
<b>Locus 1</b>			
165398	<i>Catonyx cuvieri</i>	9990 ± 40 BP	Cal AP 11570 to 11250
<b>Locus 2</b>			
205335	<i>Agouti paca</i>	220 ± 40BP	Cal AP 310 to 260 Cal AP 220 to 140 Cal AP 20 to 0
202779	Cervidae	1960 ± 40 BP <sup>a</sup>	Cal AP 1990 to 1830
205334	<i>Tapirus terrestris</i>	2050 ± 40BP <sup>a</sup>	Cal AP 2120 to 1900
202780	Artiodactyla	5250 ± 50 BP <sup>a</sup>	Cal AP 6180 to 5920
218173	<i>Mazama sp.</i>	5200 ± 50 BP	Cal AP 6010 to 5900 Cal AP 11070 to 10950
218174	Cervidae	9500 ± 50 BP	Cal AP 10840 to 10830 Cal AP 10800 to 10660
220396	Cervidae	9740 +/- 40 BP	Cal AP 11210 to 11130
230973	<i>Mazama sp.</i>	6930 +/- 40 BP	Cal AP 7850 to 7680
<b>Locus 3A</b>			
202778	<i>Tapirus terrestris</i>	12390 ± 50 BP	N.D.
202782	<i>Catonyx cuvieri</i>	12510 ± 70 BP	Cal AP 15510 to 14170
<b>Sondagem 01 Gruta Cuvieri</b>			
205336	Carvão	140 ± 40BP	Cal AP 290 to 0
<b>Sondagem 02 Gruta Cuvieri</b>			
205337	Carvão	140 ± 50BP	Cal AP 290 to 0

<sup>a</sup>possivelmente contaminado

DOACAO

IGC-USP

Data: 07/05/08

