



ANAIS do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Curitiba - Paraná, 26 a 29 de julho de 2023



O artigo a seguir é parte integrante dos Anais do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

FERNANDES, I.; VASCONCELOS, A. G.; CAMPOS, A. L.. Minerais envolvidos nos processos de fossilização de vertebrados em cavernas carbonáticas brasileiras: modo e forma de ocorrência. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.326-331. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_326-331.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

MINERAIS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE FOSSILIZAÇÃO DE VERTEBRADOS EM CAVERNAS CARBONÁTICAS BRASILEIRAS: MODO E FORMA DE OCORRÊNCIA

MINERALS INVOLVED IN VERTEBRATE FOSSILIZATION PROCESSES IN BRAZILIAN CARBONATE CAVES: MODE AND FORM OF OCCURRENCE

Ingrid FERNANDES (1); André Gomide VASCONCELOS (1); Alexandre Liparini CAMPOS (1)

(1) Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (PPG-IGC/UFMG)

Contatos: ingrid-fernandes@hotmail.com, andregomide86@gmail.com, alexandreliparini@yahoo.com.br.

Resumo

As cavernas formadas em rochas calcárias apresentam diversos tipos de minerais em seu interior. Atualmente, são conhecidos cerca de oito minerais, sendo que a calcita, aragonita, hidromagnesita, gipsita, óxidos/hidróxidos e fosfatos estão entre os minerais mais frequentes. O objetivo do trabalho foi analisar os processos de fossilização em ossos de mamíferos quaternários coletados nesses ambientes. Os resultados, mostraram a presença de calcita, dolomita, aragonita, argilominerais, intraclastos (fragmento da rocha carbonática) e extraclastos (quartzo). Os resultados ressaltaram a importância da análise microscópica, que permitiu discriminar tipos de materiais e minerais que não haviam sido diferenciados pela avaliação macroscópica, melhorando a definição dos minerais participantes no processo fossildiagenético de fragmentos de ossos de vertebrados coletados em cavernas carbonáticas.

Palavras-Chave: fossildiagenese, vertebrados, análise macroscópica, análise microscópica, depósitos sedimentares, MEV.

Abstract

Caves formed in limestone rocks have several types of minerals inside them. Currently, about eight minerals are known, of which calcite, aragonite, hydromagnesite, gypsum, oxides/hydroxides and phosphates are among the most frequent minerals. The objective of the work was to analyze the fossilization processes in Quaternary mammal bones collected in these environments. The results showed the presence of calcite, dolomite, aragonite, clay minerals, intraclasts (carbonate rock fragment), and extraclasts (quartz). The results highlighted the importance of microscopic analysis, which allowed discriminating material types and minerals that had not been differentiated by macroscopic evaluation, improving the definition of minerals participating in the fossildiagenetic process of vertebrate bone fragments collected in carbonate caves.

Keywords: *fossildiagenesis, vertebrates, macroscopic analysis, microscopic analysis, sedimentary deposits, SEM analysis.*

1. INTRODUÇÃO

Cavernas funcionam como armadilhas, aprisionando os sedimentos originados na superfície do relevo ao seu redor ou em seu interior. Essa variação está relacionada com o tipo de conexão da caverna com a parte externa, com a dinâmica sedimentar e com o fluxo de água existente no interior da própria caverna (LUND, 1836; SIMMS, 1994). Dessa forma, a origem dos sedimentos encontrados em depósitos cavernícolas pode ser dividida em biogênicos, clásticos e químicos. Nos biogênicos, podem ser citados o guano, fragmentos de madeira, folhas, ossos. Os clásticos podem ser classificados quanto sua origem em alóctones e autóctones (JENNINGS, 1971; FORD; WILLIAMS, 1989), sendo alóctone o sedimento que

vem de fora da caverna, classificado como o material de categoria gravitacional, oriundo do ambiente superficial e o autóctone, o sedimento cuja a formação ocorreu no interior da caverna, que são os sedimentos derivados de abatimento de blocos e resíduos insolúveis da rocha, como SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 (SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 (WHITE, 2007; GILLIESON, 2009)). Já os sedimentos químicos, na maioria das vezes, são caracterizados por precipitações em cavidades. Esses depósitos são representados pelos espeleotemas, que são formados basicamente por processos químicos de dissolução e precipitação de minerais (JENNINGS, 1971). Para cada conjunto de minerais presentes e de acordo com a morfologia que assumem, é dado um nome específico ao espeleotema, e as formas mais

comuns observadas nas cavidades são as estalactites, estalagmites, coraloides, colunas e paleopiso.

Em cavernas carbonáticas, os minerais mais comuns encontrados são a calcita, aragonita, hidromagnesita, gipsita, óxidos/hidróxidos e fosfatos. A evolução química da água de cavernas calcárias gera espeleotemas com formas e dimensões variadas, como coraloides, estalactites, estalagmites, cortinas, helectites, escorrimentos, entre outros (HOLLAND *et al.*, 1964)

Assim, como diferentes minerais são depositados dentro da caverna, esses mesmos materiais podem participar no processo de fossilização de restos de vertebrados encontrados em seu interior. Alguns minerais participantes do processo fossilizante já foram relatados em cavernas carbonáticas, como calcita, argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (Quadro 1; ROGÓŽ *et al.*, 2008; MALLOL; CABANES; BAENA, 2010; LIMA, 2017). Entende-se por fossilização, o conjunto de processos pelos quais os restos e/ou vestígios orgânicos, incorporados nos sedimentos, se preservam (PROTHERO, 2007). Variados são os processos que podem propiciar a preservação das partes duras (ex. ossos e conchas) e das partes moles (ex. músculos e pele) dos organismos (CARVALHO, 2000). Dentre os processos de fossilização descritos para os fósseis encontrados em cavernas, cinco deles são mais recorrentes: incrustação, permineralização substituição, mumificação e impressões e moldes (LUND, 1836; CARTELLE, 1994; ROGOZ *et al.*, 2009; LIMA, 2017).

O objetivo desse trabalho foi caracterizar os minerais envolvidos no processo de fossilização de fragmentos de ossos e dentes de vertebrados coletados em cavernas carbonáticas brasileiras.

Quadro 1: Tipos de minerais e depósitos químicos descritos para cavernas carbonáticas. Fonte: ROGÓŽ *et al.*, 2008; MALLOL; CABANES; BAENA, 2010; LIMA, 2017).

Minerais	Principais espeleotemas
calcita, aragonita, hidromagnesita, gipsita, óxidos/hidróxidos e fosfatos.	Coraloides, estalactites, estalagmites, cortinas, helectites e escorrimentos.

2. METODOLOGIA

Para esse estudo, foram analisadas, macro e microscopicamente, 40 amostras de fragmentos de ossos provenientes de cavernas distribuídas na Província Espeleológica dos Grupos Bambuí e Una (MG e BA), e na Formação Caatinga (BA; Figura 1; KARMANN; SÁNCHEZ, 1979; RUBBIOLI *et al.*, 2019).

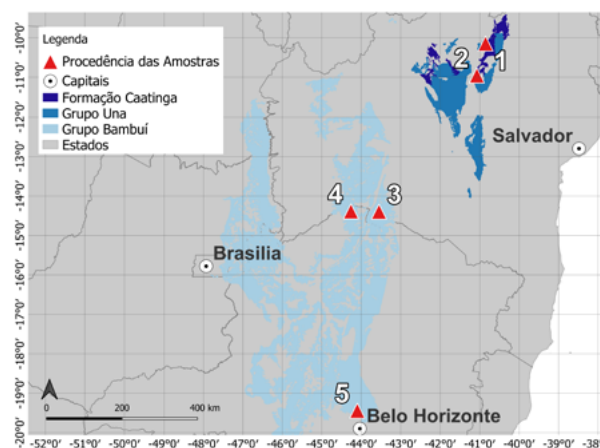


Figura 1: Procedência das amostras. (1) Região de Campo Formoso (BA), (2) Região de Ourolândia (BA), (3) Região de Iuiú (BA), (4) Carste de Montalvânia (MG), (5) Maço do Escrivânia (Prudente de Moraes, MG).

As amostras foram coletadas em campo (BAR e TBV); disponibilizadas pelo Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB-UFGM – MCL e TOS); Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da UFOP (IO), e pelo Laboratório de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC/MG (amostras MCL, MON, SN, TON e TOS).

2.1 Análises macroscópicas

As amostras foram descritas macroscopicamente, observando-se as alterações a olho nu ou com o auxílio de lupa de mão, na qual foram pontuadas as alterações na coloração, precipitação e deposição de minerais e materiais (MENDES, 1988; PROTHERO, 2007). Em relação aos minerais precipitados, os carbonatos foram identificados pela coloração bege e reação ao ácido clorídrico [10%], já os depositados, óxidos/hidróxidos de ferro e manganês, por sua aparência amorfa, coloração, cinza-escura a preta e seu brilho semimetálico e metálico; e argilominerais, classificados por partículas agregadas do tamanho argila, de coloração castanha- avermelhada característica.

2.2 Análises microscópicas

A descrição sob microscópio petrográfico, com luz normal e polarizada, buscou avaliar os minerais presentes. Para isso, foram confeccionadas 40 lâminas delgadas com resina impregnada que foram analisadas, sob luz normal e polarizada no microscópio óptico da marca LEICA DMLP com sistemas de luz transmitida e refletida, e com câmera Zeiss AxioCam MRc5.

Pelo microscópio óptico a calcita foi determinada pelo hábito, coloração creme sob luz polarizada e alta birrefringência, a aragonita pelo hábito acicular e coloração creme; os argilominerais pela coloração castanha-avermelhada e aparência amorfa; os intraclastos (minerais autóctones) foram identificados como fragmentos de car-

bonatos de coloração creme sob luz polarizada e alta birrefringência; e os extraclastos (minerais alóctones) foram classificados como partículas de origem externa à caverna, compostas por grãos de quartzo, por exemplo.

2.3 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Adicionalmente, foram selecionadas 19 lâminas delgadas para a identificação dos elementos químicos ali presentes detalhamento com análises em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), marca JEOL – JSM-6510 Series Scanning Electron Microscope – acoplado a um Energydispersive X-ray spectroscopy (EDS), da marca Oxford Instruments Nanoanalysis. Essas análises foram feitas no Laboratório de Microscopia e Microanálises (Lmic/UFOP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização mineralógica

Com a análise macroscópica foram identificados os carbonatos, argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn. Já pela análise microscópica, foi possível discriminar carbonatos como a calcita, dolomita, aragonita, e argilominerais, intraclastos e extraclastos, (Tabela 1; Figuras 2, 3 e 4).

Calcita (CaCO₃)

A calcita é o mineral mais presente nas amostras analisadas, tendo sido identificado em todas as amostras avaliadas. Sua forma precipitada mais comum é a de mosaico fino (Figura 2; 3A-C); mosaico fino de calcita, aragonita e argilominerais (Figura 2E e H; 3B); mosaico fino de calcita associado a argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn e extraclastos (Figura 4). É possível encontrar também minerais carbonáticos cimentados com clastos de calcita e outros aglomerados minerais.

Aragonita (CaCO₃)

A aragonita, polimorfo da calcita, não tão frequente quanto a calcita, ocorre na forma de grandes cristais aciculares que formam uma espécie de leque. É comum sua presença associada com a calcita nos processos de fossilização, quer seja preenchendo juntas as porosidades dos ossos ou alternadas em camadas individualizadas (Figura 2D-H; 3A e B). Diferentemente do que ocorre com a calcita, não costuma envolver grãos sedimentares.

Dolomita (MgCaCO₃)

A dolomita é o mineral mais raro nas amostras analisadas. Ocorre apenas substituindo a calcita que forma o mosaico fino (Figura 2A e B).

Tabela 1: Identificação anatômica/taxonômica e minerais encontrados nas amostras.

CÓDIGO DA AMOSTRA	MATERIAL	MINERAIS/MATERIAIS
BAR-001	Costela (Artiodactyla)	Calcita, aragonita e argilominerais
BAR-002	Podial (Artiodactyla)	Calcita, aragonita e argilominerais, intraclastos e extraclastos
ESC-001	Dente (Tayassuidae)	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
ESC-059	Costela (<i>Catonyx cuvieri</i>)	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
ESC-079	Mandíbula com dentes (<i>Tayassu pecari</i>)	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
ESC-093	Osteroderma (Dasyopidae)	Calcita e argilominerais
ESC-145	Costela (<i>Catonyx cuvieri</i>)	Argilominerais
ESC-146	Costela (Scelidotheriinae)	Argilominerais
IO-002	Dente	Argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-004	Não identificado	Calcita, argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-008	Dente	Argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-012	Não identificado	Argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-025	Não identificado	Argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-026	Não identificado	Calcita, Argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
IO-027	Não identificado	Argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn
MCL-001	Cintura pélvica (<i>Panthera onca</i>)	Calcita, aragonita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
MCL-012	Cintura pélvica (<i>Panthera onca</i>)	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
MON-008	Costela (<i>Catonyx cuvieri</i>)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
MON-009	Costela (<i>Notiomastodon platensis</i>)	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
SN-001	Não identificado	Calcita, argilominerais, intraclastos e extraclastos
TBV-001	Calcâneo (Artiodactyla)	Calcita, aragonita e argilominerais
TBV-002	Maxila com dentes (Tayassuidae)	Calcita, aragonita* e argilominerais
TBV-003	Costela (<i>Nothrotherium maquinense</i>)	Calcita, aragonita, e argilominerais
TBV-17 ^a	Costela (<i>Nothrotherium maquinense</i>)	Argilominerais e extraclastos
TON-001	Costela (<i>Eremotherium laurillardii</i>)	Calcita e argilominerais
TOS-001	Cintura pélvica (não identificada)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos* e extraclastos*
TOS-002	Ossos longo (não identificado)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-003	Não identificado	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-004	Não identificado	Argilominerais
TOS-006	Podial (não identificado)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-007	Não identificado	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-008	Não identificado	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-010	Ossos longo (não identificado)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-011	Não identificado	Calcita e argilominerais
TOS-020	Metapodial (Perissodactyla)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos
TOS-021	Dente (Pilosa)	Calcita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos

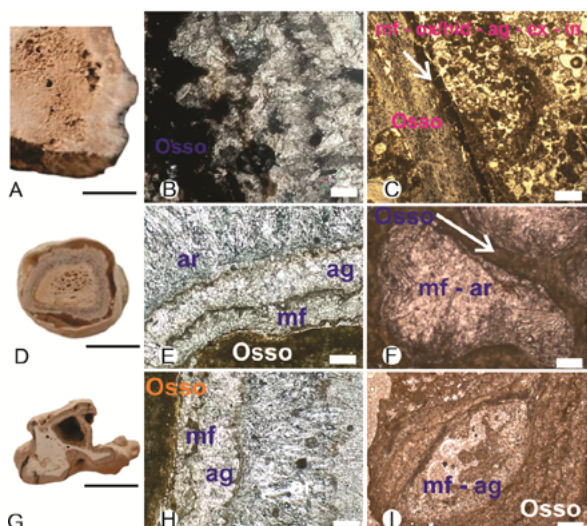


Figura 2: Fragmento de osso atribuído à megafauna (TOS-001; A) e ossos incrustados (D e G), sendo: calcâneo de Artiodactyla (TBV-001; D) e maxila com dentes de Tayassuidae (TBV-002; G). Ao lado, suas respectivas lâminas. Legenda: aragonita (ar); argilominerais (ag); dolomita (do); extraclastos (ex); intraclastos (in); mosaico fino de calcita (mf) e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (ox/hid). Análises com nicóis cruzados (B) e luz polarizada (C, E, F, H, I). Escalas: 2 cm (A); 100 µm (B e F); 3 cm (G); 500 µm (C, E, H e I).

Argilominerais

Os argilominerais apresentaram coloração castanha-avermelhada, e participaram dos processos de fossilização. Ocorreram associados ao mosaico fino de calcita (Figura 2D-H; 3A e C); com óxidos/hidróxidos de ferro e manganês e extraclastos (Figura 3D-F); e com mosaico fino de calcita, extraclastos (quartzo), e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (Figura 4). Sua separação dos demais materiais foi possível com a utilização do MEV, que registrou elevados teores de alumínio.

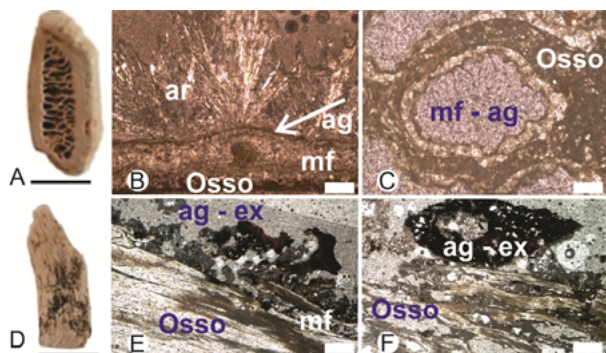


Figura 3: Fragmentos de costelas de *Nothrotherium maquinense* (Lund, 1839; A: TBV-002 e D: TBV-003) e suas respectivas lâminas. Legenda: aragonita (ar); argilominerais (ag); extraclastos (ex); mosaico fino de calcita (mf) e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (ox/hid). Análises em luz polarizada (B, C, E e F). Escalas: 1 cm (A e D); 500 µm (B); 100 µm (C, D e F).

Óxidos/hidróxidos de Fe e Mn

A precipitação de óxidos/hidróxidos de ferro e manganês ocorre preferencialmente como estruturas amorfas e sua coloração pode ser castanho-avermelhada ou preta (opaca). É comum envolver grãos sedimentares, como o quartzo (Figura 4).

Extraclastos (minerais alóctones)

Foram classificados como extraclastos os minerais de quartzo que estavam envolvidos no processo de fossilização. O quartzo ocorreu associado a argilominerais (Figura 3D-E); ao mosaico fino de calcita, argilominerais e óxidos/hidróxidos de ferro e manganês (Figura 4). Sua classificação foi possível com a utilização do microscópio óptico, unida à análise MEV.

Intraclastos (minerais autóctones)

São fragmentos tamanho silte/areia que provêm diretamente de rochas pré-existentes, rochas carbonáticas, formados no interior da caverna. Foram determinados a partir da presença de carbonatos de tamanhos diferentes, agregados ou não aos argilominerais e pela reação com o ácido clorídrico.

3.2 Discussão

Em cavernas, os processos de gotejamento, escorrimento e percolação de água pelo teto e paredes, promovem a precipitação de minerais e a movimentação materiais clásticos que constituem os espeleotemas. Diferentes eventos químicos (precipitação de carbonatos) e físicos (infiltração mecânica de argilas e agregação de intra e extraclastos) permitem a ocorrência dos processos diagenéticos nos ossos e dentes depositados no interior da caverna. Nas amostras analisadas, esses processos estão retratados por variados materiais e minerais, com alternância de uma ou mais lâminas de diferentes espessuras, podendo representar diferentes gerações diagenéticas associadas a episódios ambientais em diferentes escalas temporais e espaciais, como ocorre com a formação de espeleotemas (PERRIN *et al.*, 2014).

A precipitação de calcita em ossos e dentes coletados em cavernas (LUND, 1836; CARTELLE, 1994; BAELE *et al.*, 2011; LIMA, 2017; SOUSA *et al.*, 2020; TRIFILIO *et al.*, 2022) pode estar relacionada à percolação de fluidos saturados em carbonato de cálcio ou exposição a dinâmicas freáticas cársticas.

Argilominerais participando de processos diagenéticos em cavernas carbonáticas, também foram descritos formando finas camadas sobre os restos (ALLISON; PYE, 1994; MALLOL; CABANES; BAENA, 2010; BAELE *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*,

2020) e se assemelham às argilas mecanicamente infiltradas em arenitos, que formam pequenas cutículas envolvendo grãos. Sua gênese está possivelmente relacionada a águas com grandes cargas de sedimentos adentrando as cavernas, por exemplo, na forma de enxurradas (WALKER, 1979).

A presença de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn pode estar associada à fossilização em condições oxidantes, recorrente em ambientes carbonáticos (ALLISON; PYE, 1994; MALLOL; CABANES; BAENA, 2010; BAELE *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*, 2020) Muitas das camadas carbonáticas e de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn agregam partículas sedimentares oriundas da própria caverna (intraclastos) e de fora da caverna (extraclastos). Geralmente, essas partículas são compostas por grãos tamanho silte/areia envolvidos por de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (ALLISON; PYE, 1994; BAELE *et al.*, 2011; MALLOL; CABANES; BAENA, 2010; SOUSA *et al.*, 2020). Essas partículas, mobilizadas pela água (escoamento superficial, correntes fluviais ou enxurradas), são aprisionadas na medida em que ocorre a precipitação desses materiais.

Dessa forma, a quantidade de minerais e materiais participantes dos processos de fossilização em cavernas depende do volume e intensidade de água circulante em seu interior e da origem do material (interna ou externo ao depósito).

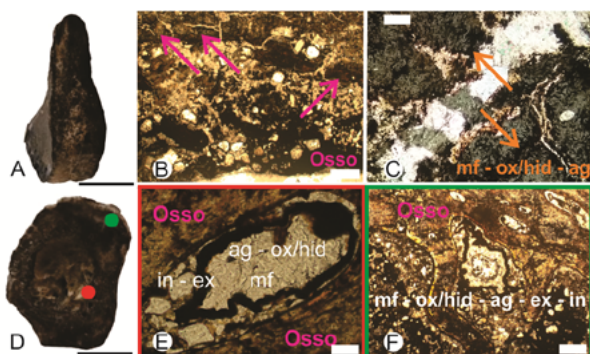


Figura 4: Fragmento de ossos atribuídos à megafauna (A: TOS-006 e D: TOS-007) e suas respectivas lâminas. Legenda: argilominerais (ag); extraclastos (ex); intraclastos (in); mosaico fino de calcita (mf) e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn (ox/hid). Análises com nicóis cruzados (C) e luz polarizada (B, E e F). Escalas: 0,50 cm (A e D); 500 μ m (B, C e F) e 50 μ m (E).

4. CONCLUSÕES

O estudo macroscópico de 40 fragmentos de ossos e dentes de vertebrados encontrados em cavernas carbonáticas de Minas Gerais e Bahia permitiu identificar de uma forma geral a presença de carbonatos, argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe e Mn. Já nas análises microscópicas puderam ser discriminados calcita, aragonita, dolomita, argilominerais, óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, intraclastos e extraclastos. Além disso, a análise microscópica também permitiu examinar a disposição e relações entre os materiais constituintes, potencializando a identificação de gerações diagenéticas e o histórico tafonômico envolvido.

Ainda, foi possível confirmar que todos os minerais comumente encontrados em cavernas carbonáticas (i.e. calcita, aragonita, hidromagnesita, gipsita, óxidos/hidróxidos e fosfatos (HOLLAND *et al.* 1964), participam de alguma maneira do processo de fossilização nas cavernas carbonáticas estudadas.

Estudos adicionais poderão relatar de forma mais efetiva a maneira com que cada material e mineral influencia a preservação dos fragmentos. Além disso, demonstrar que o ambiente cavernícola pode preservar os ossos e dentes de forma mais efetiva do que outros depósitos fossilíferos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecemos os curadores do Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da UFOP, do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais (MHNJB-UFMG), e do Laboratório de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC/MG, pela concessão das amostras. Ao Laboratório integrante da RMIC. Rede de Microscopia e Microanálise de Minas Gerais UFOP – FAPEMIG, pela disponibilidade no processo de preparo e análises de amostras.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, P. A.; PYE, K. Early Diagenetic Mineralization and Fossil Preservation in Modern Carbonate Concretions. *Palaios*, v. 9, n. 6, p. 561–575, 1994.
- BAELE, J-M.; PAPIER, S.; BARRIQUAND, L.; BARRIQUAND, J. Insights into the use of cathodoluminescence for bone taphonomy in the fossil bear deposit of azé cave, saône-et-loire, France. *Quaternaire*, v. 4, n. 4, p. 291–296, 2011.

- CARTELLE, C. Presença de lhama (*Artiodactyla*, Camelidade) no Pleistoceno final-Holoceno da Bahia. **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 17, p. 399–410, 1994.
- FORD, DEREK. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst Geomorphology and Hydrology**. England: John Wiley & Sons, 1989.
- GILLIESON, D. **Caves: processes, development and management**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2009.
- HOLLAND, H. D.; KIRSIPU, T. W.; HUEBNER, J. S.; OXBURGH, U. M. On Some Aspects of the Chemical Evolution of Cave Waters. **The Journal of Geology**, v. 72, n. 1, p. 36–67, 1964.
- JENNINGS, J. N. **Karst**. Cambridge, Massachusetts and London, England: The M.I.T. Press, 1971. v. 7.
- KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. H. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-tema**, v. 13, p. 105–167, 1979.
- LIMA, J. DE S. **Análise tafonômica da acumulação esquelética na gruta da presa, no município de Paripiranga, BA: inferências paleoambientais e paleoclimáticas**. Dissertação—Recife: UFPE, 2017.
- LUND, P. W. Cavernas existentes no calcário do interior do Brasil, contendo algumas delas ossadas fósseis. Em: **Memórias sobre a Paleontologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1836. p. 68–106.
- MALLOL, C.; CABANES, D.; BAENA, J. Microstratigraphy and diagenesis at the upper Pleistocene site of Esquilleu Cave (Cantabria, Spain). **Quaternary International**, v. 214, n. 1–2, p. 70, 2010.
- MENDES, J. C. **Paleontologia Básica**. São Paulo: T. A. Queiroz Ed. USP, 1988.
- PROTHERO, D. R. **Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology**. Edição: 3 ed. New York: Columbia University Press, 2013.
- ROGOZ, A.; SAWLOWICZ, Z.; SOCHA, P.; STEFANIA, K. Mineralization of teeth and bones of the cave bear (*Ursus spelaeus*) from the Biśnik Cave, Southern Poland. **Mineralogia**, v. 40, n. 1–4, p. 65–84, 31 dez. 2008.
- RUBBIOLI, E., MOURA, V. **Cavernas. Atlas do Brasil Subterrâneo**. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2019.
- SIMMS, M. J. Emplacement and preservation of vertebrates in caves and fissures. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 112, p. 261–283, 1994.
- PERRIN, C.; PRESTIMONACO, L.; SERVELLE, G.; TILHAC, R.; MAURY, M.; CABROL, P. Aragonite–calcite speleothems: identifying original and diagenetic features. **Journal of Sedimentary Research**, v. 84, n. 4, p. 245–269, 2014.
- PROTHERO, D. R. **Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters**. Columbia University Press. 2007.
- SOUSA, D. V.; ELTINK, E.; OLIVEIRA, R. A. P.; FÉLIX, J. F.; GUIMARÃES, M. Diagenetic processes in Quaternary fossil bones from tropical limestone caves. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 21425, 8 dez. 2020.
- TRIFILIO, L. H. M. S.; ARAÚJO-JÚNIOR, H. I.; PORPINO, K. O.; BARBOSA, F. H. S. Mammal Taphonomy in a Cave Deposit From Quaternary of Brazil. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, 2022.
- WALKER, R. G. Deep-Water Sandstone Facies and Ancient Submarine Fans: Models for Exploration for Stratigraphic Traps1: REPLY. **AAPG Bulletin**, v. 63, n. 5, p. 811, 1 maio 1979.
- WHITE, W. B. Cave sediments and paleoclimate. **Journal of Cave and Karst studies**, v. 69, n. 1, p. 76–93, 2007.