



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ALMEIDA, L.H.S. et al. Evolução sedimentar em cavernas: um estudo de caso na Gruta Carneiro (GO). In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.126-131. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_126-131.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

EVOLUÇÃO SEDIMENTAR EM CAVERNAS: UM ESTUDO DE CASO NA GRUTA CARNEIRO (GO)

SEDIMENTARY EVOLUTION IN CAVES: A CASE STUDY IN THE CAVE CARNEIRO

Luís Henrique Sapiensa ALMEIDA (1); Renato Rodriguez Cabral RAMOS (1); Fernando Verassani LAUREANO (2); Nicolás Misailidis STRÍKIS (3); Peter TOLEDO (4); Joaquin ARROYO-CABRALES (5); Leandro de Oliveira SALLES (1)

- (1) Museu Nacional, UFRJ.
- (2) PUC-Minas.
- (3) Universidade Federal Fluminense.
- (4) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- (5) Instituto Nacional de Antropologia e História – México.

Contatos: lhsapiensa@gmail.com; ramos@mn.ufrj.br; verassani@gmail.com; strikis@gmail.com; peter.toledo@hotmail.com; arromatu@hotmail.com; losalles@mn.ufrj.br.

Resumo

Sedimentos preservados em cavernas ganham progressivo valor como objeto focal de uma gama de estudos multidisciplinares por representarem fontes únicas de informação sobre condições ambientais e climáticas no momento da deposição. Adicionalmente, o material preservado em cavernas pode não ter associação direta com elementos do meio externo atual, tratando-se de registros geo-paleontológicos com vínculo a ambientes pretéritos. Na região da Serra da Mesa, norte do estado de Goiás, a caverna Carneiro apresenta sedimentos preservados em seu interior com um potencial para a exploração de dinâmicas de sedimentação em cavernas. Neste trabalho se desenvolve um estudo de caso, que explora essas dinâmicas com o objetivo de contribuir com a evolução sedimentar em cavernas no Brasil Central, hoje vislumbrada por meio de poucos trabalhos incipientes. Muitos dos sedimentos encontram-se preservados na condição de resíduos encrustados nas paredes, alguns metros acima do atual nível do piso da cavidade, sugerindo assim dinâmicas de preenchimentos associados a redistribuição sedimentar na caverna. O perfil revelado na escavação apresenta sedimentos que foram classificados em quatro associações de fácies: (1) ruditos sustentados pela matriz lamosa; (2) arenitos finos estratificados com delgadas crostas de calcita; (3) crostas de calcita; e (4) areias com elevado conteúdo orgânico, compondo o topo da sucessão. As crostas de calcita ocorrem intercaladas por deposições argilo-arenosas, cuja datação pode estabelecer cronologias associadas aos fenômenos geo-paleontológicos encapsulados na caverna. Sob condições particulares, essas crostas podem vir a se configurar como paleo-pisos, potencializando assim a preservação dos depósitos dispostos abaixo. Conforme vislumbrado na Carneiro, paleo-pisos representam, de fato, condições diferenciadas de estruturação sedimentar e de fonte de inferências de temporalidade, assim como de sinais de valor paleoambiental e paleoclimático.

Palavras-Chave: evolução sedimentar; caverna; Brasil Central; Goiás.

Abstract

Sediments preserved in caves gain progressive value as a focal object of a range of multidisciplinary studies because they represent unique sources of information on environmental and climatic conditions at the time of deposition. In addition, material preserved in caves may not have direct association with elements of the current external environment, being geo-paleontological records with links to previous environments. In the Serra da Mesa region, northern Goiás State, the Carneiro cave presents sediments deposits with a potential for the exploration of sedimentation dynamics in caves. In this work, a case study is developed that explores these dynamics with the goal of contributing to the sedimentary evolution in caves in Central Brazil, now glimpsed through meager incipient works. Many of the sediments are preserved in the condition of residues encrusted in the walls, some meters above the current level of the cavity floor, thus suggesting filler dynamics associated with sedimentary redistribution in the cave. The profile revealed in the excavation shows sediments that were classified in four facies associations: (1) rudiths supported by muddy matrix; (2) stratified fine sandstones with thin calcite crusts; (3) calcite crusts; and (4) sands with high organic content, composing the top of the succession. Calcite crusts occur intercalated by sandy-clay depositions, whose dating can establish chronologies associated with the encapsulated geo-palaeontological phenomena in the

cave. Under particular conditions, these crusts can be configured as paleo-floors, thus enhancing the preservation of the deposits arranged below. As seen in the Carneiro, paleo-floors represent, in fact, differentiated conditions of sedimentary structuring and source of temporal inferences, as well as signs of paleoenvironmental and paleoclimatic value.

Keywords: *sediments; cave; Goiás.*

1. INTRODUÇÃO

Sedimentos clásticos em cavernas são ainda pouco explorados cientificamente no Brasil, mas diversos estudos no mundo apontam as cavernas como importantes registros paleoambientais (Sasowsky, 2007), seja através da análise dos sedimentos, dos fósseis, análises químicas e isotópicas de espeleotemas. A região da Serra da Mesa, norte do estado de Goiás (Figura 1), abriga centenas de cavernas, muitas das quais foram inundadas com a construção da represa da UHE Serra da Mesa. Além do patrimônio espeleológico, a região abriga uma fauna e flora diversificada, típica do cerrado e está inserida em um contexto climático e ambiental dinâmico.

multidisciplinar que o presente trabalho se encontra inserido.

A Gruta Carneiro, que representa o sistema cavernícola de interesse focal para este estudo de caso, está inserida no domínio do Grupo Paranoá, que corresponde a uma sucessão psamo-pelito-carbonatada depositada de 1,3 a 1 Ga sobre influência marinha (Lacerda-Filho *et al.*, 2000). Esse pacote sedimentar foi afetado por metamorfismo de baixo grau e pelos sistemas de cavalgamentos Paraná e Rio Maranhão, e também pela faixa de transcorrência Ribeirão São Miguel, o que resultou em deformações com diferentes estilos de dobras (Campos *et al.*, 2013).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversas classificações sobre sedimentos em cavernas já foram publicadas. Laureano & Karmann (2013) fazem uma revisão acerca dos sedimentos clásticos em cavernas e suas relações com os processos geomorfológicos de desnudação, incisão fluvial, entre outros. A classificação faciológica de Bosch & White (2004), amplamente utilizada na literatura, leva em consideração o tamanho das partículas e o grau de seleção. Se destacam as fácies (1) *Diamicton*, que correspondem a sedimentos pobremente selecionados, com partículas tamanho argila a matacão transportados por fluxos de massa durante eventos de alta energia; (2) *Thalweg*, correspondente a sedimentos grossos como seixos, calhaus e matações transportados por fluxo hidrodinâmico de alta energia; (3) de canal que são representados por sedimentos bem selecionados transportados ao longo do contudo, sendo bem distintos as camadas de silte, areia e cascalho; (4) água estagnada, onde predominam os sedimentos pelíticos transportados em suspensão.

As fácies também podem ser agrupadas de acordo a posição do nível d'água, podendo ser formadas em 1) ambientes vadosos; 2) ambientes freáticos; 3) ambientes de oscilação do nível d'água (Laureano & Karmann, 2013). Martini (2011) utiliza como base a classificação de Bosch & White (2004), mas acrescenta alguns subtipos a partir de estudos de sedimentos em cavernas da Itália, como os depósitos de colapso, que correspondem a material autóctone depositado no interior da caverna e os

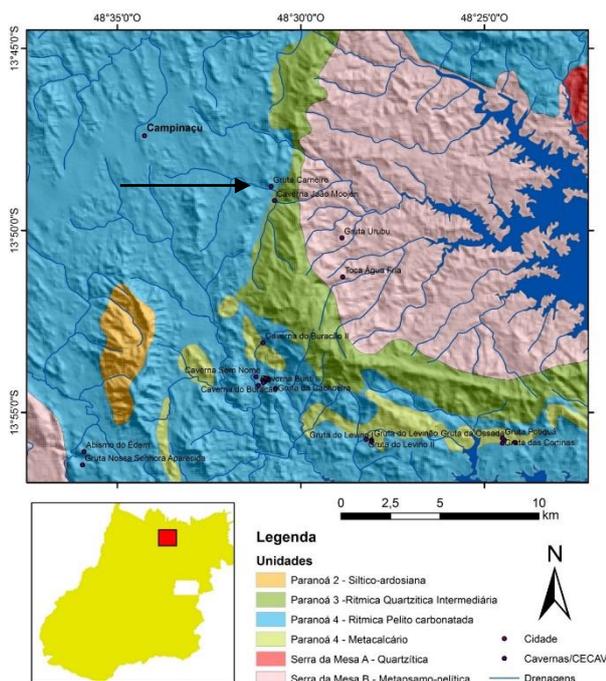


Figura 1: Localização da Gruta Carneiro (seta) em seu contexto geográfico e geológico. A gruta está inserida nos domínios dos calcários do Grupo Paranoá. Modificado de Lacerda-Filho *et al.* (2000).

Estudos vêm sendo desenvolvidos na região para elucidar a estrutura das paisagens e fauna e flora associadas. Os ambientes cavernícolas, por sua vez, foram pouco explorados apesar dos pré-diagnósticos fundamentarem alto valor informativo para estudos geomorfológicos, paleoclimáticos e paleontológicos, alvos do programa de pesquisa

depósitos de talús de entrada de cavidades. Auler *et al.* (2009) ressalta que além da deposição de sedimentos, são importantes as fases de erosão dos depósitos e as fases de precipitação química, que formam espeleotemas como crostas de calcita.

Sobre a proveniência e estratigrafia dos sedimentos Laureano & Karmann (2013) destacam sua importância para estudos de movimentos de contaminantes, assim como para a diferenciação entre origens autóctones e alóctones de sedimentos. Além disso, destacam que a proveniência sedimentar alóctone pode ser alterada ao longo do tempo, com o decorrer da evolução do terreno (Bottrellet *et al.*, 1999), inclusive com sedimentos extra-bacinais. Em regiões áridas com processos eólicos acentuados, a proveniência pode ser de longas distâncias através do vento, contudo o retrabalhamento dos sedimentos na caverna se dá em meio aquoso. É importante sublinhar que no interior de cavernas ocorrem diversos processos deposicionais e erosivos que podem acarretarem complexas variações laterais de fácies, discordâncias e estratigrafia reversa (Osborne, 1984). Auler *et al.* (2009) enfatiza que a baixa taxa de denudação em certas áreas do Brasil favorece a deposição, erosão e retrabalhamento em um mesmo nível de caverna, acarretando em pacotes estratigráficos complexos.

A sedimentação em cavernas pode ocorrer na zona freática como (1) *inputs* discretos em passagens inundadas; (2) sedimentação autogênica derivado de resíduos insolúveis da rocha; (3) preenchimento da cavidade causando desenvolvimento por paragênese (Farrant & Smart, 2011). Nas zonas vadasas, a sedimentação acompanha as variações paleoclimáticas e paleoambientais, assim como a evolução geomorfológica do terreno.

Laureano & Karmann (2013) discorreram sobre os tipos de datação em cavernas, como ¹⁴C, série U-Th, paleomagnetismo e cosmogênicos. Ressaltam que a estratigrafia do depósito deve ser conhecida para as idades terem sentido. Destacam também que a união das técnicas de paleomagnetismo (momento de deposição) e cosmogênicos (momento de soterramento do sedimento) se torna importante para as discussões sobre a entrada de sedimentos nas cavernas e sua deposição final nos condutos.

Quanto à relação dos sedimentos de cavernas e os processos geomorfológicos, Laureano & Karmann (2013) enfatizam que sedimentos podem estar ou não presentes desde o início da abertura de

condutos, e que com raras exceções, são os únicos elementos datáveis dos primórdios das cavernas. Farrant & Smart (2011) discutem o processo aluvial em cavernas, no qual o preenchimento de galerias vadasas por sedimentos acarreta em ampliação lateral dos condutos gerando entalhes ou patamares (*notches*), assim como evolução ascendente da cavidade por paragênese. O desenvolvimento das galerias tem relação com a evolução da superfície, pois a medida que ocorre o soerguimento regional, novos níveis de condutos são formados, de modo que os condutos superiores são sempre mais antigos que os inferiores (Stock *et al.*, 2005). Diversos autores já utilizaram a técnica de datação por paleomagnetismo ou cosmogênicos nos sedimentos de cavernas para indicar taxas de incisão fluvial na superfície. Estes estudos são importantes porque os sedimentos de cavernas ficam bem preservados quanto aos processos intempéricos, são datáveis, e são diretamente relacionáveis aos processos superficiais.

2.1. EXEMPLOS NO BRASIL

No Brasil ainda há poucos trabalhos que endereçam especificamente sedimentologia em cavernas. Os principais destaques são os trabalhos desenvolvidos em cavernas da Bahia e Minas Gerais. Auler *et al.* (2009) desenvolve comparações entre as duas regiões, sob a ótica da estabilidade tectônica e sua associação com o preenchimento e retrabalhamento de sedimentos em cavernas. Laureano *et al.* (2016) faz associações dos sedimentos com evolução geomorfológica, indicando unidades sedimentares de ambientes fluviais e de águas estagnadas no interior de cavernas na Bahia, mostrando a relação da oscilação do lençol freático com os depósitos. Haddad-Martim *et al.* (2017) analisaram fácies sedimentares em depósitos de entrada de cavernas em Minas Gerais e as associaram com a evolução do relevo da área.

3. METODOLOGIA

De forma inédita no Brasil, a pesquisa na Gruta Carneiro teve início nos anos 1990 (Salles *et al.*, 1999) com a abertura de uma escavação de 4x 2 m e 3 m de profundidade, onde os sedimentos acumulados pudessem ser analisados em três dimensões (nas suas diversas faces). As paredes foram descritas sistematicamente quanto aos seus aspectos geológicos e sedimentológicos, como textura, granulometria e composição. Os depósitos foram classificados seguindo o modelo de Bosch & White (2004).

Em paralelo, ainda foram coletadas diversas crostas de calcita, tanto aquelas intercaladas no pacote sedimentar quanto aquelas dispersas ao longo da caverna, além de uma estalagmite localizada ao lado da escavação. Com apoio do Serviço Geológico Britânico, o registro sedimentar pôde então ser datado pelo método U-Th usando como material a calcita pulverizada das crostas e dos espeleotemas.

4. RESULTADOS

A Gruta Carneiro ocorre em baixa vertente, a cerca de 6 m acima do nível da drenagem mais próxima. Apresenta um conduto linear com desenvolvimento total de aproximadamente 60 metros, sendo dividido em dois salões principais. No salão de entrada se formaram crostas e escorrimentos de calcita, de morfologia arredondada, depositadas sobre um antigo pavimento. Essas crostas se localizam na parte direita (nordeste) da caverna (Figura 2), tendo sido alimentadas por uma fratura ocorrente neste lado da cavidade.



Figura 2: Vista do primeiro salão da Gruta Carneiro a partir da entrada. Notar presença de escorrimentos de calcita no lado direito.

O segundo salão, separado do primeiro por um trecho de teto baixo formado por crostas de calcita, apresenta estalactites e estalagmites, e o piso é constituído por sedimentos. A escavação apreciada anteriormente (Salles *et al.*, 2016) se encontra localizada neste segundo salão. Acima do piso, ocorrem diversos pontos em que sedimentos foram preservados nas paredes, em alturas distintas (Figura 3). Estas ocorrências sugerem momentos em que a caverna se encontrava preenchida por volumes expressivos de sedimentos, que posteriormente foram lavados para porções mais profundas da caverna e retrabalhados ao longo dos ciclos de retrabalhamento sedimentar. Essa hipótese está sendo refinada com datações de U-Th das crostas de calcita associadas aos sedimentos.

A maior parte dos sedimentos no interior da cavidade se encontra abaixo do pavimento, e só puderam ser devidamente estudados com a abertura da área de escavação (Figura 4). A análise desses depósitos resultou na divisão de quatro unidades principais:

- Basal, rudítica
- Arenitos estratificados
- Crostas de calcita
- Areia rica em matéria orgânica



Figura 3: Sedimentos (camadas horizontais indicadas pela seta) encrustados na parede do segundo salão.

A unidade basal rudítica pode ser classificada como uma fácies de ambientes vadosos, como a *Diamicton* de Bosch & White (2004). Correspondem a espessos pacotes de brechas sustentados pela matriz, com clastos tamanho seixo a matacão, subangulosos a subarredondados, imersos em uma matriz de areia fina lamosa de coloração amarronzada. Três diferentes pacotes puderam ser identificados, separados por uma superfície erosiva, indicando a ocorrência de eventos de fluxo de massa repetidamente.

O pacote rudítico é separado do pacote arenítico por uma crosta de calcita datada em $182,8 \pm 1,2$ Ka (Salles *et al.*, 2016). No intervalo arenítico predominam arenitos estratificados, com intercalações de crostas de calcita finas a delgadas e por um nível de conglomerado fino, com a presença de oólitos e clastos de arenito cimentado. Em alguns níveis há ocorrência de grânulos dispersos bem como ocorrem feições de bioturbação.

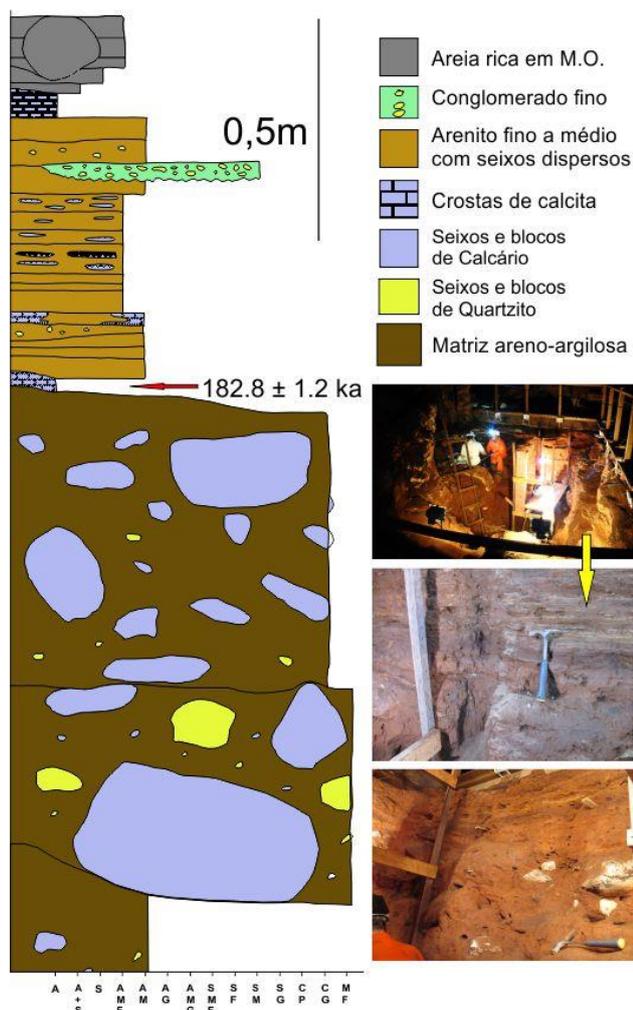


Figura 4: Perfil sedimentar elaborado na escavação aberta no segundo salão. A base do perfil é marcado por brechas matriz suportado, sobreposto por arenitos estratificados e intercalados com diversas crostas de calcita.

No topo deste pacote arenítico ocorre uma outra crosta de calcita, que é sobreposta por areia inconsolidada, de coloração cinza escura e alto conteúdo orgânico (guano) (Figura 4).

Todo o pacote sedimentar analisado apresenta fragmentos de ossos de mamíferos de pequeno e grande porte, sendo estes detalhados em

Salles *et al.* (2016) e em trabalhos que estão sendo desenvolvidos.

A interpretação dessa sucessão sedimentar resultou na divisão em dois processos deposicionais: (1) gravitacional; (2) trativo. Também é notável no perfil sedimentar as ocorrências de níveis conglomeráticos e calcíticos, que indicam variações no aporte sedimentar e no regime hidrológico que afetou a gruta. A presença das crostas sugere períodos em que o aporte sedimentar foi nulo ou muito baixo, propiciando as condições para a precipitação de calcita sobre os sedimentos, protegendo-os contra a erosão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos aspectos de maior importância nesta pesquisa foi utilizar a descrição e classificação desedimentos em cavernas aliadas a abordagem de variação paleoambiental.

A análise preliminar dos sedimentos na Gruta Carneiro mostrou-se promissora para investigações paleoambientais uma vez que fragmentos fossilíferos são observados em diversos níveis. Futuras datações em crostas de calcita, presentes tanto na escavação quanto dispersas na caverna, devem elucidar os intervalos deposicionais, além de fornecer indícios das fases de deposição e erosão dos depósitos. A integração dos dados paleontológico e geológico, juntamente com a idade de deposição das crostas, poderão ser úteis na reconstrução do cenário paleoambiental do Brasil Central durante o Quaternário.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve participação de projetos de pesquisa vinculados ao CNPq (processos nº 141186/2016-0; 483398/2009-8), FAPESP (2017/22269-2), CONACYT (132620, 263301) e FAPERJ (200.101/2019).

REFERÊNCIAS

- AULER, A.; SMART, P.L.; WANG, X.; PILÓ, L.B.; EDWARDS, L.; CHENG, H. Cyclic sedimentation in Brazilian caves: mechanisms and palaeoenvironmental significance. **Geomorphology**, 106, p.142-153, 2009.
- BOSCH, R.F., WHITE, W.B. Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. In: Sasowsky, I.D., Mylroie, J.E. (Eds.), **Studies of Cave Sediments**. Springer, Boston, MA, p. 1-22, 2004.

- BOTTRELL, S.; HARDWICK, P.; GUNN, J. Sediment dynamics in the Castleton Karst, Derbyshire, U.K. **Earth Surface Process and Landforms**, 24, p. 745-759, 1999.
- CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A.; FREITAS-SILVA, F.H.; MARTINS-FERREIRA, M.A.C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Brazilian Journal of Geology**, 43(3), p. 461-476, 2013.
- FARRANT, A. R. e SMART, P.L. Role of sediment inspeleogenesis: alluviation and paragenesis. **Geomorphology**, 134, p. 79-93, 2011.
- HADDAD-MARTIM, P.M.; HUBBE, A.; GIANNINI, P.C.F.; AULER, A.S.; PILÓ, L.B.; HUBBE, M.; MAYER, E.; WANG, X.; CHENG, H.; LAWRENCE EDWARDS, R.; NEVES, W.A. Quaternary depositional facies in cave entrances and their relation to landscape evolution: The example of Cuvieri Cave, eastern Brazil. **Catena**, 157, p. 372-387, 2017.
- LACERDA-FILHO, J.V., REZENDE, A., SILVA, A. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000. 2ª edição. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB, 2000.
- LAUREANO, F.V.; KARMANN, I. Sedimentos clásticos em sistemas de cavernas e suas contribuições em estudos geomorfológicos: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 14(1), p. 23-33, 2013.
- LAUREANO, F.V.; KARMANN, I.; GRANGER, D.E.; AULER, A.S.; ALMEIDA, R.P.; CRUZ, F.W.; STRIKIS, N.M.; NOVELLO, V.F. Two million years of river and cave aggradation in NE Brazil: Implications for speleogenesis and landscape evolution. **Geomorphology**, 273, p. 63-77, 2016.
- MARTINI, M. Cave clastic sediments and implications for speleogenesis: New insights from the Mugnano Cave (Montagna Senese, Northern Apennines, Italy). **Geomorphology**, 134: p. 452-460, 2011.
- OSBORNE, R.A.L. Lateral facies changes, unconformities and stratigraphic reversals: their significance for cave sediment stratigraphy. **Cave Science**, 11(3), p. 175-184, 1984.
- SALLES, L. O.; CARVALHO, G. S.; WEKSLER, M.; SICURO, F. L.; ABREU, F.; CAMARDELLA, A. R.; GUEDES, P. G.; AVILLA, L. S.; ABRANTES, E. A. P.; SAHATE, V.; COSTA, I. S. A.. Fauna de Mamíferos do Quaternário de Serra da Mesa (Goiás, Brasil). **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, RJ, v. 78, p. 1-15, 1999.
- SALLES, L.O.; PERINI, F.A.; TOLEDO, P.M.; GUEDES, P.G.; RAMOS, R.R.C.; STRIKIS, N.M.; OLIVEIRA, L.F.B.; HOFMANN, G.S.; CALVO, E.M.; STAFFORD Jr., T.W. A new record of a Scelidotheriine ground sloth (Xenarthra, Mylodontidae) from Central Brazil: Quaternary cave Stratigraphy, taxonomy and stable isotopes. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 461, p. 253-260, 2016.
- SASOWSKY, I.D. Clastic sediments in caves. Imperfect recorders of processes in Karst. In: Kranjc, A., Gabrovsek, F., Culver, D.C., Sasowsky, I.D. (Eds.), **Time in Karst. Karst Waters Institute Special Publication**, vol. 12, pp. 143-149, 2007.
- STOCK, G.M.; GRANGER, D.E.; SASOWSKY, I.D.; ANDERSON, R.S.; FINKEL, R.C. Comparison of U-Th, paleomagnetism and cosmogenic burial methods for dating caves: Implications for landscape evolution studies. **Earth and Planetary Science Letters**, 236, p. 388-403, 2005.