



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:

BUARQUE, P. F. S. M.; CRUZ JÚNIOR, F. W.; STRIKÍS, N. M.; COELHO, A.; MACÁRIO, K. D.; BERNAL, J. P.; NIGRO, F. G.; REDONDO, L. F.; NOVELLO, V. F.; ALVES, E. D. L.. Megainundações no cânion do rio Peruaçu durante o último milênio. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.138-144. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_138-144.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

MEGAINUNDAÇÕES NO CÂNION DO RIO PERUAÇU DURANTE O ÚLTIMO MILÊNIO

MEGAFLOOD IN RIVER PERUAÇU VALLEY OVER THE LAST MILLENNIUM

Plácido Fabrício Silva Melo BUARQUE^{1,3}; Francisco William da CRUZ JÚNIOR²; Nicolás Misailídis STRIKÍS³; Ataliba COELHO⁴; Kita Damásio MACÁRIO³; Juan Pablo BERNAL⁵; Felipe de Godoy NIGRO²; Luciano Fioroto REDONDO⁶; Valdir Felipe NOVELLO⁷; Elis Dener Lima ALVES¹

¹ Instituto Federal Goiano – Campus Ceres (IFG), Ceres-GO, Brasil

² Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil

³ Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói-RJ, Brasil

⁴ Instituto do Carste, Belo Horizonte MG

⁵ Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro, México

⁶ Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil

⁷ Department of Geosciences, University of Tübingen, Tübingen, Germany

Contatos: placido_buarque@alumni.usp.br

Resumo

No último milênio, a Monção da América do Sul deixou alguns raros vestígios de sua variabilidade hidroclimática extrema. No centro-leste do Brasil, as inundações deixaram pistas de suas ações em registros de espeleotemas, que podem preservar material detrítico fluvial e troncos, os quais podem ser fortes indícios de eventos extremos naturais. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar a reconstituição de eventos extremos de inundação no último milênio ocorridos ao longo do cânion do rio Peruaçu em Minas Gerais. O estudo foi realizado na caverna Lapa da Onça no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, nos quais foram coletadas as estalagmites ONÇA2 e ONÇA4. Ao longo das estalagmites ONÇA2 e ONÇA4, entre os anos de 1300–2016 (CE) foram contabilizadas 154 laminações com material detrítico. Os indicadores de camadas de lama e dos troncos dentro nas cavernas apontaram o registro de 9 eventos de megainundações no cânion do rio Peruaçu.

Palavras-Chave: Paleoclima; Inundação; Espeleotemas; Camada de lama.

Abstract

Over the last millennium, the South American Monsoon has left some rare vestige of its extreme hydroclimatic variability. In central-eastern Brazil, floods left sign of their actions in speleothem records, which can preserve fluvial detrital material and trunks, which can be strong indications of extreme natural events. In this case, the present work aims to reconstruct extreme flood events in the last millennium that occurred along the canyon of the Peruaçu River, in Minas Gerais State. The study was done in the Lapa da Onça cave in the Cavernas do Peruaçu National Park, where the stalagmites ONÇA2 and ONÇA4 were collected. Along the ONÇA2 and ONÇA4 stalagmites, between the years 1300–2016 (CE), 154 laminations with detrital material were recorded. The indicators of mud layers and trunks inside the caves indicated the record of 9 megaflood events in the Peruaçu River canyon.

Keywords: Paleoclimate; Flood; Speleothems; Mud layer.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade hidroclimática da Monção da América do Sul (SAM) caracteriza-se por apresentar eventos extremos em escala interanual. Estes eventos indicam a ocorrência de fortes chuvas em períodos curtos e/ou acumulados que podem ocasionar eventos extremos de inundações fluviais (DENNISTON; LUETSCHER, 2017). Nesse sentido, os efeitos de eventos extremos de inundação têm causado impactos negativos em ecossistemas, paisagens e co-

munidades (DASGUPTA *et al.*, 2010; IPCC, 2019). Nas últimas décadas, diante do aquecimento global e mudanças climáticas, os cientistas têm observado um aumento da ocorrência de eventos de inundação em várias partes do mundo, incluindo o Brasil (DEBORTOLI *et al.*, 2017; BARICHIVICH *et al.*, 2018). Isso ocorre devido às mudanças no padrão de circulação atmosférica e ao aumento da quantidade de vapor de água associado ao rápido aumento da temperatura (DEBORTOLI *et al.*, 2017).

Poucos estudos têm mostrado longa reconstrução anual de chuvas e inundações durante o período pré-industrial devido a escassos registros geológicos e biológicos (FAIRCHILD *et al.*, 2006). Por outro lado, as estalagmites e troncos são capazes de registrar esses eventos (BUARQUE, 2019). Desse modo, torna-se necessário compreender como as inundações passadas e os extremos de chuva são impulsionados pela forçante radiativa para então entender a mudança climática atual, bem como prever eventos catastróficos futuros.

Estudos geoquímicos em espeleotemas durante o último milênio têm-se mostrado promissores na reconstrução hidroclimática a partir de registros isotópicos, elementos traços e material detrítico impregnado nas estalagmites no Cânion do rio Peruaçu no norte de Minas Gerais (BUARQUE, 2019; STRIKÍŠ *et al.*, 2023). Nesse contexto, a sub-bacia do rio Peruaçu perfaz cerca de 100 km desde sua nascente no Planalto dos Gerais na Bahia até desaguar no rio São Francisco em Itacarambi, Minas Gerais. Em Itacarambi está localizado o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu – PNCP que abrange um sistema cárstico formado por um conjunto de galerias subterrâneas e um imponente cânion que é cortado pelo rio Peruaçu (COELHO, 2017; PILÓ, 1989). O cânion do rio Peruaçu é representado por segmentos subterrâneos cársticos, interrompidos por cones de sedimentos clásticos que causam barramento do fluxo do rio e marcado por sumidouros e ressurgências. Assim, os cones de abatimento existentes em dois trechos do cânion seriam os responsáveis pelo represamento temporário e elevação do nível d'água do rio Peruaçu durante eventos extremos de inundação (PILÓ, 1989, 2000; PILÓ *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2008; COELHO *et al.*, 2017; BUARQUE, 2019).

As inundações ocorridas no interior do cânion do rio Peruaçu deixaram vestígios de marcas de nível d'água e lama impressos nas paredes e espeleotemas das cavernas, além de troncos depositados em diferentes posições no interior de cavernas (COELHO *et al.*, 2017; BUARQUE, 2019). Pressupõe-se que estes vestígios marcam o possível nível do rio Peruaçu em dezenas de metros acima do nível atual.

Assim, o objetivo deste trabalho foi reconstituir a frequência de eventos extremos de inundação com base no material detrítico incorporado em estalagmites. Buscou-se também identificar a intensidade e magnitude relativa dos eventos de inundação do rio por meio de elementos traços e troncos, respectivamente.

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu – PNCP (14°54' e 15°15'S / 44°03' e 44°22'W) que está localizado entre os municípios de Januária e Itacarambi no noroeste de Minas Gerais. Este sistema cárstico está distribuído dentro da sub-bacia hidrográfica do rio Peruaçu, em rochas carbonáticas neoproterozoicas do Grupo Bambuí, com cerca de 600 milhões de anos (GUYOT, 1996; IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

Amostras de estalagmites ONÇA2 e ONÇA4 foram coletadas na gruta da Onça (Figura 1) dentro do cânion cárstico do rio Peruaçu no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu (PNCP).

As amostras de estalagmites foram processadas segundo técnicas usuais de espeleologia (CRUZ *et al.*, 2005) no Laboratório de Sistemas Cársticos do Instituto de Geociências (LSC-IGc/USP). Todas as amostras encontram-se depositadas no acervo do LSC-IGc/USP.

A coleta de sedimentos clásticos fluviais do rio Peruaçu foi realizada na gruta Brejal, gruta Onça e gruta do Janelão para análise granulométrica. Foram coletadas 9 amostras de material detrítico ao longo das estalagmites ONÇA2 e 4 para análise de Difração de Raio-X (DRX).

O material carbonático das estalagmites foi datado pelo método U/Th no Laboratório de Geocronologia de *Xi'an Jiaotong University*, China, com a utilização de espectrômetro de massa do tipo ICP-MS. A calcita foi coletada das estalagmites ao longo do eixo principal segundo as técnicas de amostragem de Cruz *et al.* (2005) para análises de isótopos estáveis no Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Pesquisas Geocronológicas (LIE-CPGEO) do IGc/USP, com a utilização de um espectrômetro de massa de fonte gasosa acoplado a um sistema de preparação automática de amostras tipo *Finnigan Gas-Bench II* (CHENG *et al.*, 2009).

O modelo de idades das estalagmites ONÇA2 e 4 foi realizado a partir da contagem de camadas de crescimento anual e datações $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$, segundo metodologia descrita por Buarque (2019).

A análise de elementos traços foi realizada em alta resolução no equipamento ELA-ICP-MS, modelo Thermo X-Series II ICP-MS, no laboratório de Geociências da Universidad Nacional Autónoma de México.

Os troncos de árvores mortas depositadas dentro das cavernas foram amostrados mantendo sempre a integridade, preservação e o local onde se

encontra o material vegetal, sem alterar o contexto da paisagem conforme descrito na licença do ICMBIO. O material lenhoso e exsiccatas foram depositadas nas coleções correspondentes Xiloteca “Nanuza Luíza de Menezes” (SPFW) e Herbário do Departamento de Botânica (SPF), ambos do Instituto de Biociências (IB/USP).

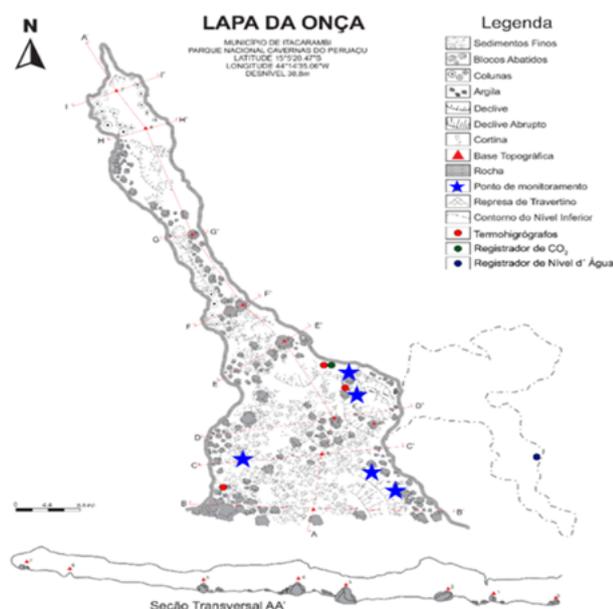


Figura 1: mapa da Gruta da Onça e os pontos de monitoramento hidrogeoquímico (estrela). Fonte: elaborado pelos autores deste trabalho.

As amostras de anéis de crescimento dos troncos foram datadas pelo método de C14 realizadas no Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense no Rio de Janeiro (LAC-UFF) e Centro de Estudos Isotópicos Aplicados da Universidade da Geórgia, Georgia, EUA.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Os alagamentos no cânion do rio Peruaçu deixaram registros de troncos e marcas de nível d’água em posição elevada no interior das grutas Carlúcio ao Arco do André (PILÓ *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2008; COELHO *et al.*, 2017). Além desses registros, uma outra evidência dos alagamentos aqui expostos são as camadas detriticas ou vulgarmente “camada de lama” em estalagmites presentes na gruta da Onça localizada no cânion do rio Peruaçu. As camadas impregnadas com lama são bem visíveis macroscopicamente (Figuras 2A-B e 3). Ao longo da estalagmite ONÇA2, entre os anos de 1857–2016 (CE) foram contabilizadas 23 laminações com material detritico, enquanto na estalagmite ONÇA4, entre os anos de 1300 – 1858 (CE) foram descritas 131 lâminas com alta concentração de material detritico.

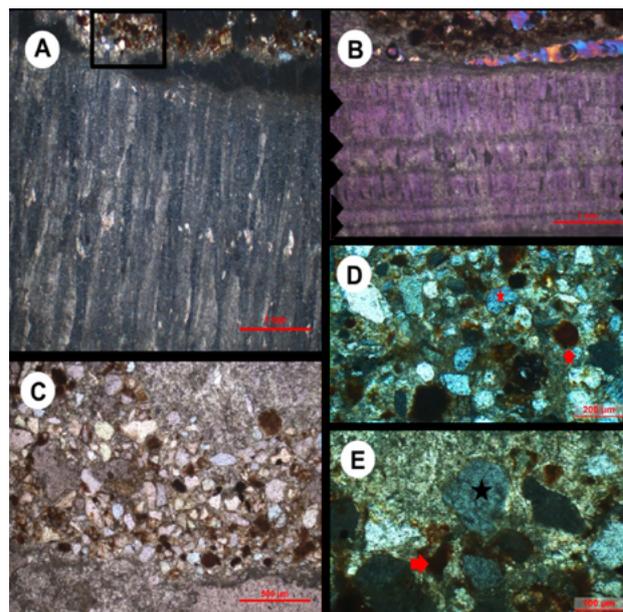


Figura 2: fotomicrografia de lâminas petrográficas da estalagmite ONÇA4. (A) Cristais de calcita colunar com destaque para a camada detritica no topo (retângulo). (B) Camadas de deposição anuais de carbonato. (C) Camada detritica ou rica em “lama”, onde são observados grãos de quartzo. (D) Detalhe da camada detritica revelando grãos de quartzo (*) e material fino constituído de argilominerais (seta) ao redor de grãos minerais. (E) Pormenor da figura anterior com destaque ao grão de quartzo (*) e matriz de argilominerais (seta)

O material detritico é constituído por grãos na fração areia e silte. Na fração areia foram encontrados grãos de quartzo (figuras 2C-E) que estão presentes nas laminações mais espessas das camadas de lama, as quais marcam o número de eventos de inundação (figuras 2D-E). Por outro lado, os grãos na fração silte e areia fina foram observados nas laminações menos espessas nas estalagmites da gruta da Onça.

As frações granulométricas mais grossas são mais coerentes com os sedimentos clásticos dos depósitos fluviais do rio Peruaçu, que preenchem parcialmente cavernas ao longo do seu vale, como: Gruta do Brejal, Lapa da Onça e Janelão. Segundo Gonzalez-Lemos *et al.*, (2015), foram registrados em uma caverna no norte da Espanha que apenas as grandes inundações foram capazes de transportar grãos de quartzo para superfície das estalagmites. Semelhante ao que foi encontrado nas estalagmites ONÇA2-4.

Os níveis com lâminas detriticas podem ser identificadas pela maior concentração de manganês (Mn), para análise geoquímica dos eventos de inundação marcados pelas camadas com detritos ao longo da estalagmite ONÇA2 (Figura 3).

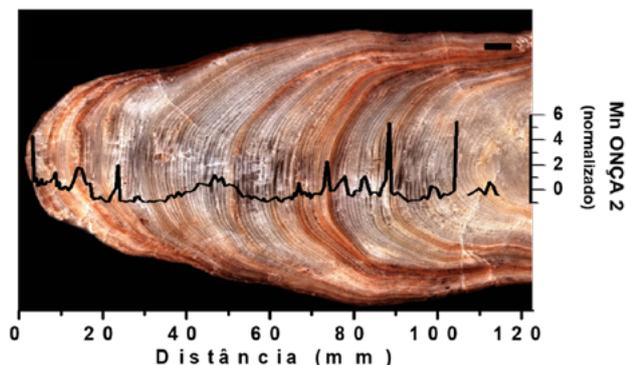


Figura 3: série temporal da concentração de manganês (Mn) ao longo da estalagmite ONÇA2. Barra da escala = 10 mm.

Os eventos de inundações injetam água oxigenada sob um regime turbulento que mobiliza o manganês (Mn^{2+}) da parede da caverna em condições freáticas. Quando o nível d'água desce ocorre a precipitação de óxidos de Mn na água sob condição oxigenada. Assim, ocorre o aumento da concentração deste elemento nas camadas detriticas (GÁZQUEZ *et al.*, 2014). Portanto, a maior concentração de Mn (valores acima de 95% percentil ou 2σ) em camadas detriticas mais espessas são fortes indicadores da intensidade dos eventos de inundações no cânion do rio Peruaçu (Figura 4).

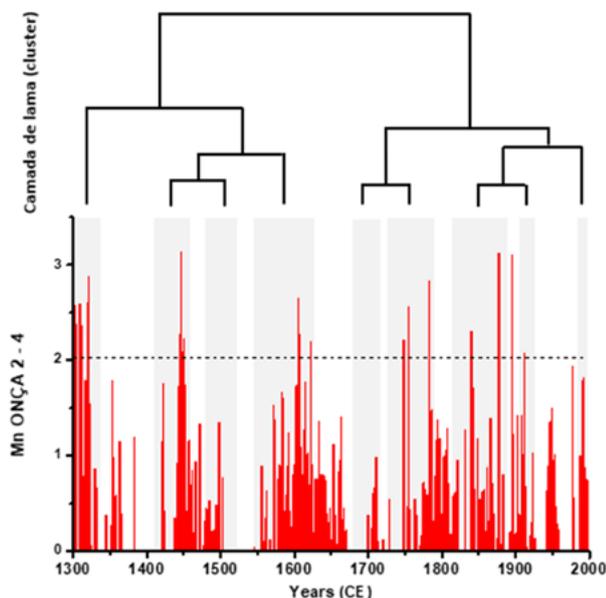


Figura 4: eventos extremos de inundações revelados pela análise de *cluster* das camadas de lama das estalagmites da ONÇA 2-4 (acima). Abaixo, valores da concentração de manganês (Mn) nas estalagmites ONÇA2-4. Valores de 2σ acima da linha pontilhada indicam eventos extremos de inundações. A barra cinza indica agrupamento de anos correspondentes à análise de *cluster*.

A partir da análise estatística de *cluster*, foi possível inferir 9 eventos de grandes enchentes ao longo do cânion do rio Peruaçu (Figura 4).

A frequência do registro de laminações detriticas foi analisada a partir da ciclicidade em escala interanual e centenal. O maior número de camadas de lama foi observado entre os anos de 1300-1400, período que precede a Pequena Idade do Gelo (*Little Ice Age* – LIA 1450 – 1840 CE) e durante a segunda metade do LIA (Figura 5). A menor quantidade de camadas de lama foram encontradas no período quente atual (*Current Warm Period* – CWP 1850-presente).

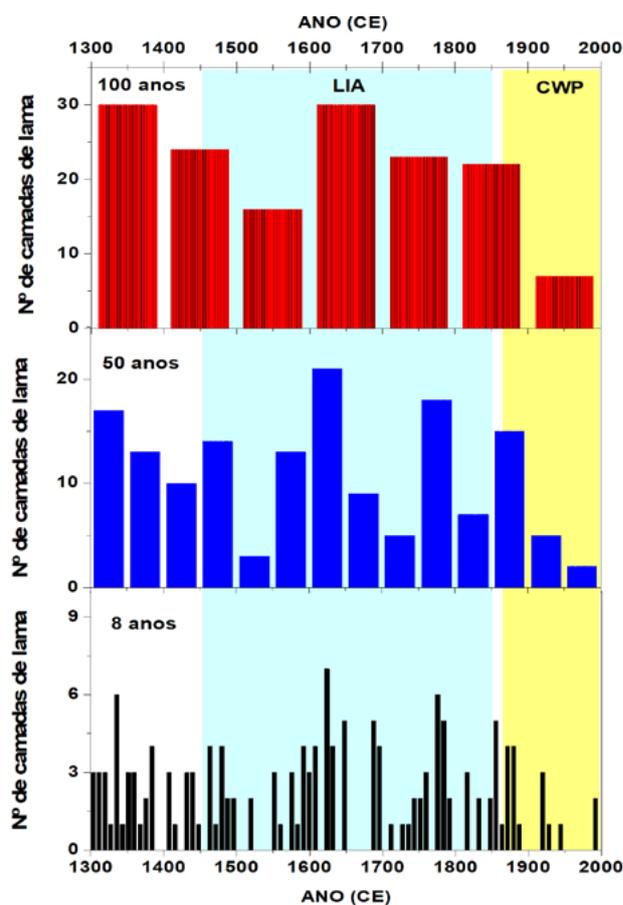


Figura 5: frequência de 8, 50 e 100 anos do número de camadas de lama presentes nas estalagmites ONÇA 2-4. As faixas em azul e amarelo indicam respectivamente a Pequena Idade do Gelo (*Little Ice Age* – LIA 1450 – 1840 CE) e o período quente atual (*Current Warm Period* – CWP 1850-presente).

Os troncos coletados foram depositados em diferentes cotas altimétricas ao longo do cânion do rio Peruaçu, com destaque para as grutas Carlúcio e Brejal, localizadas no segmento mais a montante, e nas cavernas Onça e André situadas no médio curso do vale cárstico (Figura 6). A maior parte dos troncos foi encontrada na gruta do Arco do André, onde foram localizados 3 grandes sítios de depo-

sição de troncos situados em diferentes cotas altimétricas, aqui chamados de pontos P1, P2 e P3 (Figuras 6).

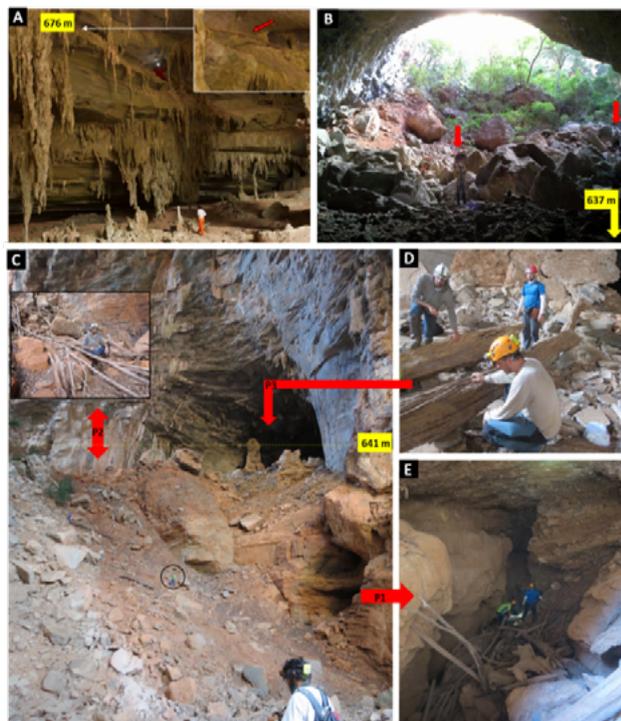


Figura 6: localização dos troncos nas cavernas ao longo do cânion do rio Peruaçu. (A) Caverna do Carlúcio onde está situado o material lenhoso na cota 676 m. (B) Gruta da Brejal onde podem ser observados os locais onde estão os troncos coletados. (C) Gruta do Arco do André, as setas indicam os pontos P1, P2 e P3. Detalhe com alinhamento de troncos, o qual pode indicar fluxo de descarga. (D) Piso superior da entrada da caverna, ponto P3, onde são observados troncos oriundos de enchentes. (E) Cavidade inferior, ponto P1, onde é possível observar uma grande quantidade de troncos. O círculo preto (em C) indica uma pessoa de escala. A imagem (A) foi retirada do trabalho de Coelho (2013).

Todos estes registros indicam que o nível do rio Peruaçu atingiu dezenas de metros acima do atual devido a barramentos do fluxo do rio por grandes cones de material clástico, os quais atingem dezenas de metros de altura. Se-

gundo Coelho *et al.*, (2017) estes cones dividem o cânion a montante nos segmentos Carlúcio – Lapa da Onça com capacidade de reter o escoamento superficial até a cota 676 m (+ 46 m em relação ao nível atual do rio); e a jusante nos trechos Lapa da Onça – Arco do André com capacidade de retenção até a cota 653 m (+ 53 m).

De acordo com Coelho *et al.*, (2017), foram identificados 5 eventos de enchentes no cânion do rio Peruaçu entre os anos de 1300 – 1900 CE, a partir de registros de troncos e marcas d'água ao longo de um perfil topográfico longitudinal do cânion. O presente estudo ampliou o número de eventos para nove, considerando o mesmo intervalo estudado por Coelho *et al.*, (2017), a partir de um maior esforço amostral de troncos datados.

4. CONCLUSÕES

As camadas detríticas nas estalagmites da ONÇA foram associadas aos eventos extremos de inundação no cânion do rio Peruaçu. A análise de agrupamento das camadas de lama e dos troncos dentro nas cavernas indicaram o registro de 9 eventos de megainundações no cânion do rio Peruaçu. A maior frequência do número de camadas de lama ocorreu no século 14 e 17. A alta concentração de manganês associada a camadas de lama parece ser um bom indicador da intensidade dos eventos extremos de inundação. Este estudo sugere que as grandes inundações estejam associadas aos eventos extremos de precipitação provenientes da intensificação de modos climáticos que afetam esta região, a exemplo da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

5. AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (projeto PIRE-CREATE: 2017/50085-3); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG (projeto PDCTR: 202110267000878). Agradece-se também ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio) pela permissão para coleta de amostras de estalagmites.

REFERÊNCIAS

- BARICHIVICH, J.; GLOOR, E.; PEYLIN, P.; BRIENEN, R. J.; SCHÖNGART, J.; ESPINOZA, J. C.; PATTNAYAK, K. C. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*, v. 4, n. 9, p. eaat8785, 2018.
- BUARQUE, P. F. S. M. **Variabilidade paleoclimática do sistema de Monção Sul-Americano no Centro-Leste do Brasil durante os anos de 1255-2016 (CE) a partir de registros em estalagmites e troncos de árvores.** 170 f. Tese (Doutorado em Geoquímica dos Processo Exógenos) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo (SP) 2019.

- CHENG, H.; FLEITMANN, D.; EDWARDS, R. L.; WANG, X.; CRUZ, F. W.; AULER, A. S.; MANGINI, A.; WANG, Y.; KONG, X.; BURNS, S. J.; MATTER, A. Timing; structure of the 8.2 kyr B.P. event inferred from $\delta^{18}\text{O}$ records of stalagmites from China, Oman, and Brazil. **Geology**, v. 37, n. 11, p. 1007-1010, 2009.
- COELHO, A. **Registros de Grandes Alagamentos no Cânion do Rio Peruaçu, Parque Nacional Cavernas do Peruaçu - PNCP, MG**. 136 f.; Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2013.
- COELHO, A. H. F.; PILÓ, L. B.; VALADÃO, R. C. Registros altimétricos, sedimentares e cronológicos de grandes alagamentos no cânion cárstico do Rio Peruaçu, MG. **ANAIS do 34º Congresso Brasileiro de Espeleologia Ouro Preto SP**, 12, 2017. p.427-437. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_427-437.pdf>.
- CRUZ, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, M.; CARDOSO, A. O.; FERRARI, J. A.; DIAS, P. L. S.; VIANA JR, O. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**, v. 434, n. 7029, p. 63-66, 2005.
- DASGUPTA, S.; SAAR, M. O.; EDWARDS, R. L.; SHEN, C.-C.; CHENG, H.; ALEXANDER, E. C. Three thousand years of extreme rainfall events recorded in stalagmites from Spring Valley Caverns, Minnesota. **Earth; Planetary Science Letters**, v. 300, n. 1-2, p. 46-54, 2010.
- DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENGO, J. A.; RODRIGUES, R. R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding: landslide disasters in the context of climate change. **Natural Hazards**, v. 86, p. 557-582, 2017.
- DENNISTON, R. F.; LUETSCHER, M. Speleothems as high-resolution paleoflood archives. **Quaternary Science Reviews**, v. 170, p. 1-13, 2017.
- FAIRCHILD, I. J.; SMITH, C. L.; BAKER, A.; FULLER, L.; SPÖTL, C.; MATTEY, D.; MCDERMOTT, F.; E.I.M.F. Modification; preservation of environmental signals in speleothems. **Earth-Science Reviews**, v. 75, n. 1-4, p. 105-153, 2006.
- GÁZQUEZ, F.; CALAFORRA, J. M.; FORTI, P.; STOLL, H.; GHALEB, B.; DELGADO-HUERTAS, A. Paleoflood events recorded by speleothems in caves: PALEOFLOOD EVENTS IN CAVES. **Earth Surface Processes; Landforms**, v. 39, n. 10, p. 1345-1353, 2014.
- GONZÁLEZ-LEMONS, S.; MÜLLER, W.; PISONERO, J.; CHENG, H.; EDWARDS, R. L.; STOLL, H. M. Holocene flood frequency reconstruction from speleothems in northern Spain. **Quaternary Science Reviews**, v. 127, p. 129-140, 2015.
- GUYOT, J. L. Hidroclimatologia da região = Hydro-climatologie de la région. **Bulletin du Groupe Spéléologique Bagnols Marcoule**. GSBM - Hors série spécial Goiás 94 E Goiás 95: Carste de São Domingos, Goiás, Brasil 43-50. 1996.
- IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Geology**, v. 39, n. 2, p. 256-266, 2009.
- IPCC, PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Sumário para Formuladores de Políticas**. Tradução versão em português: publicada pelo MCTIC. Brasil. Disponível em: www.ipcc.ch (consulta: 23/02/2020), 2019.
- OLIVEIRA, I. P. M. **Barramentos Naturais no Vale do Rio Peruaçu: Consequências Ecológicas e Ambientais de Eventos Pretéritos e Futuros**. Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), 2008.

- PILÓ, L. B. **A morfologia cárstica do baixo curso do Rio Peruaçu, Januária/Itacarambi, MG.** Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 80 f, 1989.
- PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.
- PILÓ, L. B.; MOURA, V.; ALT, L.; CHABERT, C.; BOULLIER, N.; AULER, A. Dados topográficos, morfológicos e orgânicos evidenciam grandes inundações no cânion do Rio Peruaçu - Parque Nacional Cavernas do Peruaçu - MG. In: Workshop - Cadastro e Mapeamento de Cavernas. Belo Horizonte, MG. **Resumos. Belo Horizonte: Redespeleo Brasil**, v. 1, p. 15, 2005.
- STRIKÍS, N. M.; BUARQUE, P. F. S. M.; CRUZ, F. W.; BERNAL, J. P.; VUILLE, M.; SANTOS, M. S.; SHIMIZU, M. H.; AMPUERO, A.; DU, W.; SAMPAIO, G.; SALES, H. R.; CAMPOS, J. L.; KAYANO, M. T.; APAËSTEGUI, J.; FU, R. R.; TEJEDOR, E.; CHENG, H.; EDWARDS, L. R.; MAYTA, V. C.; NOVELLO, V. F. Persistent anthropogenic drought during the last millennium in Central Brazil. In review in **Nature Communications**, 01/01/2023.