



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.; ASSUMPÇÃO, E. L. G.; JÚNIOR, F. W. C.; BOHRER, V. F.; NIGRO, F. G.; MELLO, P. T.; SANTOS, L. P.; ALVES, E. D. L.; STRIKÍS, N. M.. Monitoramento hidrogeoquímico na Lapa da Onça - Cânion do Rio Peruaçu. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.383-387.
Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_383-387.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO NA LAPA DA ONÇA – CÂNION DO RIO PERUAÇU

HYDROGEOCHEMICAL MONITORING IN LAPA DA ONÇA – PERUAÇU RIVER VALLEY

Plácido Fabrício Silva Melo BUARQUE (1,2,3); Evandro Luiz Garcia ASSUMPÇÃO (3); Francisco William da Cruz JÚNIOR (4), Vanessa Faria BOHRER (4); Felipe de Godoy NIGRO (4); Pablo Teixeira de MELLO (3); Lucimar Pereira dos SANTOS (5); Elis Dener Lima ALVES (1); Nicolás Misailidis STRIKÍS (3);

- (1) Instituto Federal Goiano – Campus Ceres (IFG), Ceres-GO, Brasil
(2) Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária Iporá - GO
(3) Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói-RJ, Brasil
(4) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil
(5) Instituto Chico Mendes, ICMBIO-PNCP, Belo Horizonte-MG

Contatos: placido_buarque@alumni.usp.br; evluga@gmail.com.

Resumo

Este estudo foi realizado através de monitoramento hidrogeoquímico na Lapa da Onça, situada no Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, onde foram instalados cinco pontos de monitoramento. O monitoramento ocorre em período mensal através da coleta dos dados ambientais, da água de gotejamento e medição da taxa de gotejamento das estalactites, e da coleta de material de precipitação de carbonato sobre vidros de relógio, que simulam estalagmites, instalados em cada ponto monitorado. Os parâmetros ambientais analisados são temperatura, umidade e saturação em gás carbônico para o entendimento de seu controle sobre o fracionamento isotópico e deposições químicas do carbonato que nas estalagmites da caverna. Como resultado foi possível observar que os dados hidrogeoquímicos e do crescimento dos espeleotemas da Lapa da Onça estão associados ao regime hidrológico e condições de evaporação dentro da caverna.

Palavras-Chave: Paleoclimatologia; Espeleotemas; Geoquímica.

Abstract

This study was carried out through hydrogeochemical monitoring in Lapa da Onça, located in the Cavernas do Peruaçu National Park, where five monitoring points were installed. Monitoring takes place on a monthly basis through the collection of environmental data, dripping water and measurement of the dripping rate of stalactites, and the collection of carbonate precipitation material on watch glasses, which simulate stalagmites, installed at each monitored point. The environmental parameters analyzed are temperature, humidity, and carbon dioxide saturation to understand their control over isotopic fractionation and chemical deposition of carbonate in the cave stalagmites. As a result, it was possible to observe that the hydrogeochemical data and the growth of the speleothems of Lapa da Onça are associated with the hydrological regime and evaporation conditions inside the cave.

Keywords: Paleoclimatology; Speleothems; Geochemistry.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o intuito de apresentar os dados prévios do monitoramento da Caverna Lapa da Onça no vale do Rio Peruaçu. Trata-se de uma Caverna de bem ventilada, onde o fluxo de energia e matéria tem grande influência do meio externo.

Os parâmetros ambientais como temperatura, umidade e saturação em gás carbônico controlam as taxas da água de gotejamento, fracionamento isotópico e deposições químicas do carbonato que ocorrem nas estalagmites de cavernas (FAIRCHILD, 2016). Assim, torna-se relevante a importância do

estudo destes parâmetros associados a deposição do carbonato para paleoclimatologia. Pois, para que haja um entendimento da assinatura isotópica no carbonato depositado na estalagmite, é necessário o monitoramento dos fatores abióticos microambiental da cavidade *in-situ* e das reações hidrogeoquímicas da água de gotejamento da cavidade subterrânea.

Dessa forma, é possível interpretar corretamente o sinal isotópico do carbonato da estalagmite que será utilizado no estudo da paleoclimatologia. Entretanto, a literatura ainda é carente de dados acerca dos estudos paleoclimáticos de espeleotemas em

condutos de cavernas ventiladas (BUARQUE, 2019).

Por esse motivo, tornamos pioneiros no Brasil em realizar monitoramento hidrogeoquímico de cavernas em condutos abertos com ventilação, juntamente com RIBEIRO (2019) e SEKON *et al.*, (2021). Este estudo no centro-leste brasileiro justifica-se pelo fato, da região do Brasil central está em um contexto aquecimento e evaporativo regional. Uma vez que, nas últimas décadas, a região central do Brasil apresenta alarmante aumento da temperatura e evapotranspiração em consequência do aquecimento global antropogênico (STRÍKIS *et al.*, 2023). Este fato, tem provocado uma tendência de déficit hídrico no balanço hidrológico regional que não tem sido identificada no período pré-industrial em nossos registros de estalagmites (BUARQUE, 2019).

Neste sentido, as mudanças climáticas e o aquecimento global antropogênicos são uns dos maiores desafios enfrentados pela humanidade atualmente (IPCC, 2019). As atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, são os principais causadores do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Como resultado, a temperatura média da Terra está aumentando, e entender isso em escala regional por meio de espeleotemas também ajudaria a entender quais seriam impactos da alteração antrópica na dinâmica evolutiva de cavidades subterrâneas. Com os resultados desse estudo poderemos entender melhor como a alteração da temperatura, umidade e ventilação influem nos depósitos geoquímicos das estalagmites da caverna Lapa da Onça. Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar o monitoramento de parâmetros ambientais e hidrogeoquímicos da caverna Gruta da Onça, a fim de entender os fatores que controlam a taxa de deposição sazonal de carbonato e a variação nas razões isotópicas do carbono e oxigênio em caverna do tipo aberta e ventilada.

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 de formação carbonática neoproterozóicas do Grupo Bambuí de cerca de 600 milhões de anos (GUYOT, 1996; IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

O monitoramento hidrogeoquímico foi instalado na Lapa da Onça, uma caverna que se encontra na porção central do Cânion do Rio Peruaçu. O monitoramento dos parâmetros ambientais de temperatura, umidade e saturação de CO₂ na caverna da Lapa da Onça teve início em

2018 e continua em funcionamento até hoje, contudo para o presente trabalho iremos apresentar apenas os dados do primeiro ano de monitoramento entre as datas de 02/2018 a 02/2019. Para mensurar os fatores abióticos foram instalados três dataloggers.

Na Gruta da Onça foi realizada a instalação de cinco pontos de monitoramento identificados como P1, P2, P3, P4 e P5 (Figura 1).

A coleta dos dados ambientais e hidrogeoquímico é realizada em períodos mensais para mensurar a taxa de gotejamento, coletar a água do gotejamento e também do material de precipitação de carbonato sobre vidros de relógio instalados em cada ponto monitorado.

A análise química isotópica da água e carbonato dos vidros de relógios referentes aos dados hidrogeoquímicos foram processadas no laboratório de Sistemas Cársticos do IGc/USP e 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*. Todas as técnicas de amostragem foram realizadas segundo o protocolo de coleta utilizado por CRUZ *et al.*, (2005); CHENG *et al.*, (2009); STRÍKIS (2015).

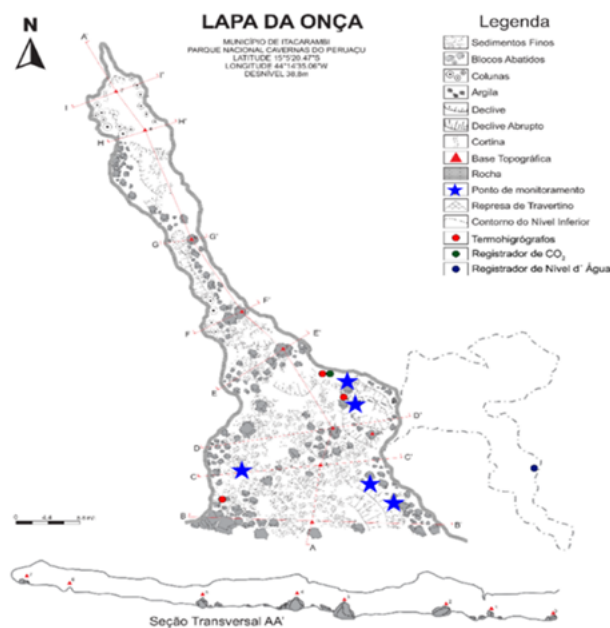


Figura 1: Mapa da Gruta da Onça e localização dos 5 pontos de monitoramento. Neste mapa é possível observar o nível do rio Peruaçu dentro da caverna.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do monitoramento apontam um maior controle da vazão de gotejamento nas variações das taxas de deposição de CaCO₃, a qual é substancialmente maior durante período chuvoso. Uma vez que, a maior deposição de CaCO₃ ocorre durante a estação chuvosa, com valores máximos no mês de

janeiro nos pontos 3 e 5, e em março em no ponto 1, e em abril no caso dos P4 e P5 (Figura 2). Por outro lado, a deposição é bem reduzida na estação seca, entre junho e outubro (Figura 2). Nota-se que a maior taxa de deposição de calcita no período chuvoso está claramente associada as mais altas taxas de gotejamento.

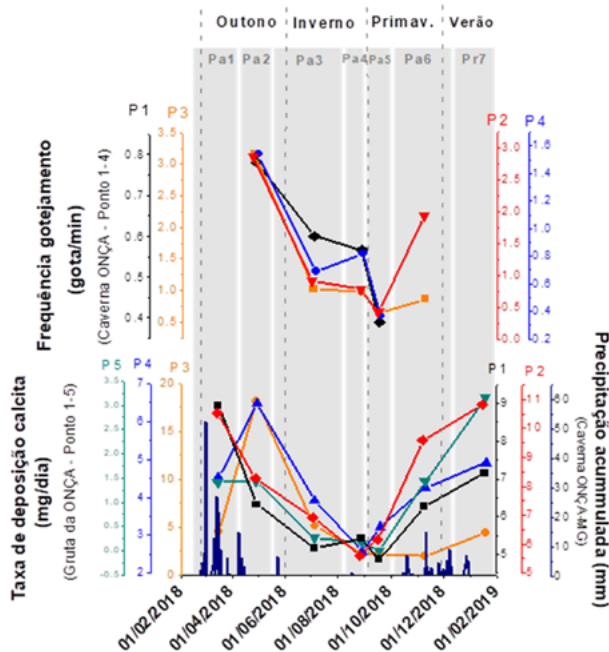


Figura 2: Comparação entre as taxas de deposição de calcita dos pontos P1-P5 com as taxas de gotejamento da caverna da Onça. As linhas verticais tracejadas indicam as estações trimestrais. As barras cinzas indicam o Período de Amostragem (Pa), ou seja, data de início e remoção dos vidros de relógio.

A relação entre a taxa de gotejamento e a taxa de deposição de CaCO_3 permite avaliar que a disponibilidade de solução de gotejamento saturada em carbonato de cálcio é o principal fator que controla a deposição de espeleotemas na Gruta da Onça. De modo geral, a maior deposição de carbonato ocorre no período em que o gotejamento possui maior fluxo (Figura 2). A maior taxa de deposição de CaCO_3 também ocorre no período em que as concentrações de CO_2 são mais altas, ou seja, nos meses mais chuvosos (Figura 2). No entanto não existe uma relação aparente entre a deposição de calcita com as variações de temperatura ou do gradiente entre a temperatura externa e da temperatura da caverna.

Essa relação está provavelmente associada à maior/menor disponibilidade de solução saturada em carbonato ao longo do ano que segue o regime de chuvas na região. Esse tipo de condição ambiental é favorável a formação de laminações anuais de espeleotemas, uma vez que, a deposição de calcita ocorre

preferencialmente na estação chuvosa, nos meses de verão. Estes dados da taxa de deposição de CaCO_3 diferem daquelas obtidos no monitoramento da caverna Lapa dos Anjos, situada nos arredores da cidade de Januária e cerca de 40 km da gruta da Onça, onde a deposição de carbonato nos espeleotemas ocorre preferencialmente nos meses de inverno (STRÍKIS, 2015).

Foi observada uma diferença muito significativa na amplitude dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre os pontos de gotejamento monitorados, que variam na faixa de 1 a 3,5‰ (Figura 3).

Na maioria dos pontos monitorados, os valores mais empobrecidos em ^{18}O ocorrem nos meses mais chuvosos durante os períodos de amostragem Pa7 e Pa1, exceto para o Pa6 (Figura 3). Por outro lado, os valores mais enriquecidos em ^{18}O são registrados no período de estiagem nos períodos de Pa3 e Pa4, exceto Pa5, quando ocorre forte diminuição da vazão de gotejamento (Figura 3) e mínima deposição de CaCO_3 .

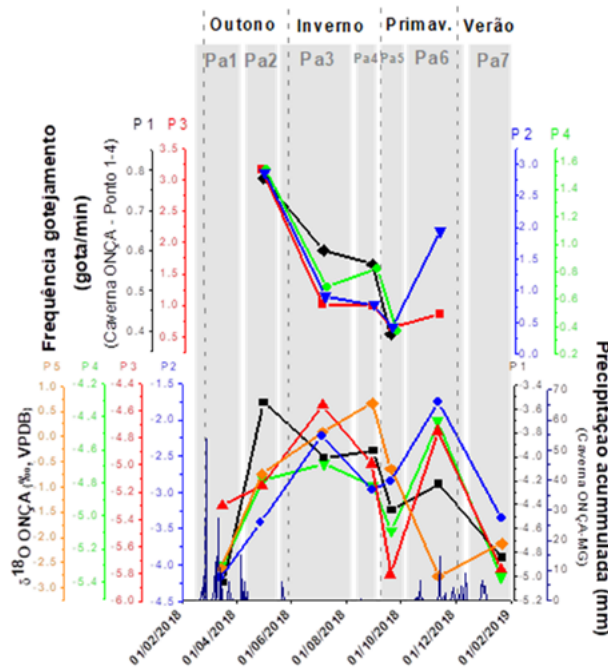


Figura 3: Variação dos dados de $\delta^{18}\text{O}$ e da taxa de gotejamento nos cinco pontos monitorados (P1 a P5) na caverna da Onça.

Na Figura 4 observa-se no ponto P2 variação inversa entre os valores de $\delta^{18}\text{O}$ da água de gotejamento e do carbonato precipitado, enquanto no ponto P5 a variação é positiva.

A composição isotópica da calcita e da água de gotejamento indica que eventuais efeitos isotópicos relacionados ao fracionamento cinético possam estar ocorrendo mais efetivamente no ponto P2 do

que no ponto P5 (Figura 4). Essa é uma importante informação obtida com os dados preliminares do programa de monitoramento da gruta Onça, entretanto não conclusiva para a interpretação do sinal isotópico de $\delta^{18}\text{O}$ das estalagmites atualmente em estudo, devido ao pouco número de dados até então obtidos.

Na gruta da Onça, as mudanças de degaseificação devido as variações de Pco_2 da atmosfera da caverna parecem não serem suficientes para afetar significativamente o crescimento dos espeleotemas. Além disso, o período de maior gradiente de temperatura parece não estar relacionado com as variações de Pco_2 da atmosfera da caverna e por conseguinte com a deposição de CaCO_3 (Figura 4).

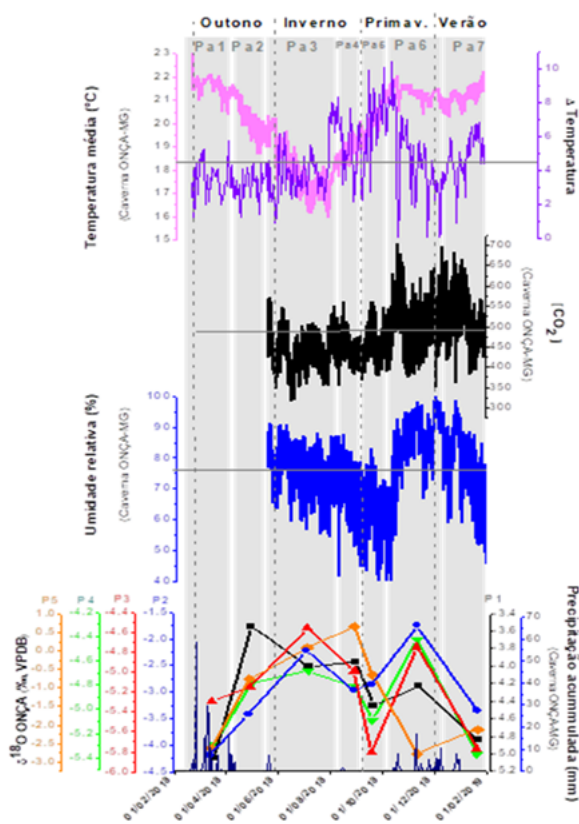


Figura 4: Variações dos dados de $\delta^{18}\text{O}$ dos 5 pontos (P1 a P5) monitorados na caverna da Onça. Do topo para a base são apresentadas as variações de temperatura e de seu gradiente, concentração de CO_2 , umidade relativa do ar e precipitações na estação climática nas proximidades da caverna. As barras cinza indicam o período de coleta dos vidros de relógio, que são representados pela sigla (Pa). A linha tracejada indica as estações climáticas.

As condições evaporativas dentro da caverna que predominam no período de estiagem são caracterizadas por mínimos valores de umidade relativa (~40% UR) e máximos valores de temperatura (~26°C), o que proporciona o fracionamento cinético durante a deposição de CaCO_3 com maiores valores

de $\delta^{18}\text{O}$ durante o período de chuvas (Figura 4). Assim, durante os anos em que o ar da atmosfera da caverna estiver mais seco, a umidade relativa irá exercer um papel muito importante sobre o controle da evaporação.

Portanto, em anos hidrológicos mais secos na região de Januária ocorre a diminuição da precipitação e umidade associado ao aumento da evaporação e temperatura. Diante destas condições, o ar da atmosfera da gruta da Onça fica mais seco assemelhando as condições externas da caverna. Assim, os valores isotópicos das estalagmites da ONÇA mostraram em escala interanual uma alta correlação do sinal direto da evaporação externa ($R = 0.6$) e indireto da temperatura ($R = 0.7$) ao controlar a evaporação, ao longo dos últimos 103 anos. Além disso, a ventilação de ar na caverna pode ocorrer sazonalmente, com maior entrada de ar externo na estação seca e menor entrada de ar externo na estação chuvosa. Com isso, durante a estação seca, a maior ventilação pode induzir o equilíbrio isotópico na assinatura de CO_2 atmosférico.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento a partir das análises do monitoramento ambiental e isotópico realizado na Lapa da Onça ajuda na entender a relação entre os dados isotópicos e microclimáticos com efeitos sazonais externos. Além disso, permitiu interpretar os dados isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ dos espeleotemas e apresentam uma importante contribuição na compreensão da variabilidade dos parâmetros ambientais na formação de espeleotemas. Entretanto, a continuidade do monitoramento é fundamental para gerar uma malha de pontos estatisticamente significativos para definir com maior clareza a relação entre a composição isotópica da calcita com a solução de gotejamento, além de avançar no entendimento sobre o fracionamento isotópico em cavernas bem ventiladas.

O entendimento do controle da taxa de deposição e fracionamento isotópico neste tipo de ambiente é essencial para estudos em espeleotemas, onde a partir do controle dos parâmetros ambientais pode-se inferir com maior precisão as análises geoquímicas. Além disso, o entendimento dos mesmos na gênese evolutiva das cavidades nos trará maior confiabilidade a respeito de influências do aquecimento antrópico (*Global Warming*) no meio estudado. Como consequência também auxiliará em aumentar a conscientização e a educação sobre as mudanças climáticas e a influência em cavidades, e em como cada indivíduo pode contribuir para a redução dos efeitos antrópicos de escala global.

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 Pes-

quisa do Estado de Goiás - FAPEG (projeto PDCTR: 202110267000878). Agradecemos também ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio) pela permissão para coleta de amostras de estalagmites. Universidade Federal Fluminense (UFF) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- 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., *et al.* Timing and structure of the 8.2 kyr BP event inferred from $\delta^{18}\text{O}$ records of stalagmites from China, Oman, and Brazil. **Geology**, v. 37, n. 11, p. 1007-1010, 2009.
- CHENG, H., FLEITMANN, D., EDWARDS, R. L., WANG, X., CRUZ, F. W., AULER, A. S., MANGINI, A., WANG, Y., KONG, X., BURNS, S. J. AND MATTER, A.: Timing and 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.
- 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.
- CRUZ, F. W.; FRANCISCO, W., *et al.* Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature**, v. 434, n. 7029, p. 63-66, 2005.
- FAIRCHILD, I. J., *et al.* Modification and preservation of environmental signals in speleothems, **Earth-Science Reviews**, v. 75, n. 1-4, p. 105-153, 2006
- FAIRCHILD, I. J.; SMITH, C. L.; BAKER, A.; FULLER, L.; SPÖTL, C.; MATTEY, D.; MCDERMOTT, F.; E.I.M.F.: Modification and preservation of environmental signals in speleothems, **Earth-Science Reviews**, v. 75, n. 1-4, p. 105-153, 2006.
- GUYOT, J. L. Hidroclimatologia da região = Hydro-climatologie de la région. **Bulletin du Groupe Spéléologique Bagnols Marcoule. GSBM - Hors série spécial Goiás 94 & 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.
- SEKHON, N.; NOVELLO, V. F.; CRUZ, F. W.; WORTHAM, B. E.; RIBEIRO, T. G.; BREECKER, D. O. Diurnal to seasonal ventilation in Brazilian caves. **Global and Planetary Change**, v. 197, p. 103378, 2021.
- STRÍKIS, N. M. **Atividade do Sistema de Monção Sul-americana na porção central do Brasil durante o último período glacial a partir da aplicação de isótopos de oxigênio em espeleotemas.** Tese (Doutorado em Geoquímica dos Processo Exógenos) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2015.
- STRÍKIS, N. M.; BUARQUE, P. F. S. M.; CRUZ, F. W.; *et al.* Persistent anthropogenic drought during the last millennium in Central Brazil. **In review in Nature Communications**, 2023.