

Evidências arqueopalinológicas de atividades e relações de populações pré-coloniais com o ambiente semiárido, Bahia, Brasil

Archaeopalynological evidence of activities and relationships of pre-colonial populations with the semi-arid environment, Bahia, Brazil

José Orlando Bispo dos Santos¹  | Cristiana de Cerqueira Silva-Santana¹  |

Francisco Hilder Magalhães-e-Silva¹ 

¹Universidade do Estado da Bahia. Salvador, Bahia, Brasil

Resumo: Este estudo teve como objetivo a identificação de palinomorfos de sedimentos do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água, no município de Caetité, Bahia, para obtenção de informações sobre espécies vegetais representadas nos registros arqueológicos. Amostras de sedimento foram processadas de acordo com as técnicas recomendadas para grãos de pólen do Quaternário. Para duas amostras foram realizadas datações através do $14C$, para uma foi revelada idade calibrada de 5.650-5.690 anos AP no nível 70-80 cm e outra de 520-540 anos AP no nível 20-30 cm. Foram identificados 44 tipos polínicos em sete das dez amostras analisadas e a maioria deles foi relacionada às famílias Convolvulaceae, Rubiaceae e Asteraceae. Foi registrada maior quantidade de grãos de pólen nas amostras de sedimento mais superficiais, sendo muito reduzidos ou ausentes nas basais. Os tipos polínicos foram relacionados a representantes atuais da flora local, com grande predomínio de plantas de hábito herbáceo-arbustivo, indicativas de vegetação secundária, resultante de possíveis interferências humanas pretéritas. Os resultados palinológicos associados aos vestígios arqueológicos do sítio contribuíram para ampliar a compreensão das relações de habitantes pré-coloniais em ambiente da Caatinga.

Palavras-chave: Caetité. Arqueopalinologia. Caverna.

Abstract: This study aimed to identify palynomorphs from sediments at the Gruta da Caixa d'Água archaeological site (Caetité, Bahia, Brazil), to obtain information about plant species represented in the archaeological records. The sediment samples were chemically treated following the techniques recommended for Quaternary pollen grains at the Laboratório de Estudos Palinológicos (LAEP), Campus VII of Universidade do Estado da Bahia. Permanent slides with the sediments samples were prepared for identification/counting of palynomorphs under light microscopy. Two samples were dated based on $14C$, which 5,650-5,690 Cal yr BP at the 70-80 cm level and 520-540 Cal yr BP at the 20-30 cm level. 44 pollen types were identified in seven of the ten samples analyzed and most of them were related to the families Convolvulaceae, Rubiaceae and Convolvulaceae. A greater quantity of pollen grains was recorded in the more superficial sediments samples, while they were very reduced and/or absent in the basal layers. The pollen types were related to current representatives of the local flora, with a predominance of plants of herbaceous-shrub habit, indicative of secondary vegetation resulting from possible past human interference in the vegetation. The palynological results associated with the site's archaeological remains contributed to broadening the understanding of the relationships between pre-colonial inhabitants and the Caatinga biome environment.

Keywords: Caetité. Archaeopalynology. Cave.

Santos, J. O. B., Silva-Santana, C. C., & Magalhães-e-Silva, F. H. (2025). Evidências arqueopalinológicas de atividades e relações de populações pré-coloniais com o ambiente semiárido, Bahia, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 20(3), e20230100. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2023-0100

Autor para correspondência: Francisco Hilder Magalhães-e-Silva. Universidade do Estado da Bahia. Rodovia Lomanto Júnior, s/n, BR-407, km 127. Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil (fhsilva@uneb.br, hildermagalhaes@hotmail.com).

Recebido em 23/11/2023

Aprovado em 09/07/2025

Responsabilidade editorial: Pedro Glécio Lima



INTRODUÇÃO

Investigações arqueopalinológicas são relevantes tanto para a Arqueologia como para Palinologia, pois possibilitam a obtenção de diversas informações úteis para a compreensão de cenários ambientais no contexto de antigas ocupações e atividades humanas, inclusive sobre a possibilidade de usos de plantas com variadas finalidades. Também podem gerar informações específicas sobre desmatamentos, atividades de cultivos e aproveitamento de espécies, evidenciando processos que modelaram a vegetação e a paisagem por efeitos antrópicos pretéritos (Carrión et al., 2009; C. Oliveira et al., 2015).

Diversos estudos trazem informações arqueopalinológicas para várias partes do mundo, principalmente no Velho Mundo. Para o Brasil, existem poucos, alguns para o Nordeste, porém restritos a Piauí, Pernambuco e Ceará. Chaves e Renault-Miskovsky (1996) analisaram três coprólitos humanos de um sítio arqueológico em abrigo rochoso na Pedra Furada, Piauí, datados de 8.500 a 7.000 AP. A partir dos espectros polínicos obtidos com base nas suas análises, os autores produziram inferências sobre o paleoclima e o paleoambiente da área de estudo e indicaram possíveis usos de plantas, com finalidades alimentícias e medicinais, por grupos que habitaram o abrigo ao longo de 1.500 anos.

Quatro anos depois, Chaves (2000) publicou um novo estudo para o mesmo sítio no Piauí, mas com um número maior de coprólitos humanos e com acréscimo de coprólitos de diversas espécies de animais, totalizando 31 coprólitos. Os resultados deste estudo ampliaram o número de espécies de plantas com uso alimentício e medicinal por humanos que viveram no abrigo e forneceram informações sobre mudanças paleoclimáticas e paleoambientais através dos espectros polínicos dos coprólitos de animais. Resultados parasitológicos dos coprólitos também foram apresentados e discutidos. Acréscimos de outros possíveis usos medicinais de plantas registradas para o sítio Pedra Furada foram feitos por Chaves e Reinhard (2003).

Teixeira-Santos et al. (2015) analisaram grãos de pólen de coprólitos humanos coletados no sítio arqueológico de abrigo rochoso da Furna do Estrago, no estado de Pernambuco, e através dos espectros polínicos indicaram várias espécies que possivelmente foram utilizadas por grupos pré-coloniais para o tratamento de infecções parasitárias intestinais entre 1.860 e 1.610 AP.

Freitas et al. (2015) analisaram artefatos cerâmicos e amostras de sedimento neles contidos, coletados em Baturité, região serrana do estado do Ceará, com idades de 670 a 530 anos, e encontraram tipos polínicos relacionados a diversas espécies potencialmente úteis para alimentação, fins medicinais ou ritualísticos. Mais recentemente, Freitas et al. (2022) analisaram amostras de sedimentos aderidos a remanescentes humanos e do interior de urnas funerárias onde estavam contidas, recuperados do sítio Toca da Baixa dos Caboclos, estado do Piauí. Os autores apresentaram informações sobre a dieta e os usos diversos de plantas, o manejo e o cultivo delas, além de apontarem três mudanças climáticas e de vegetação num período de 510 a 140 AP.

Observa-se que a grande maioria dos estudos arqueopalinológicos publicados enfocou sítios arqueológicos a céu aberto ou associados a abrigos com paredões rochosos. Dados palinológicos específicos para sedimentos de sítios arqueológicos de cavernas são mais restritos e se concentram no Velho Mundo, a exemplo da Espanha (Garcia-Antón & Sainz-Ollero, 1991; Carrión et al., 1995, 1999) e da África do Sul (Carrión & Scott, 1999). Para o Novo Mundo, há poucos dados. Um dos estudos pioneiros foi o de Reinhard et al. (2008), que analisaram o DNA de cloroplastos e grãos de pólen presentes em coprólitos humanos numa caverna no Texas, EUA, e revelaram informações sobre paleodietas de ameríndios. Para o México, o recente estudo de Pucu et al. (2020) também trouxe informações sobre a paleodieta de grupos pré-coloniais com base na análise de grãos de pólen, micro e macrorrestos em coprólitos humanos coletados em caverna.

Outros estudos, porém, fora do contexto arqueológico, trazem informações palinológicas de



cavernas, e apresentam elevado potencial de contribuir para a interpretação de espectros polínicos em sítios arqueológicos nesses tipos de ambientes. Navarro et al. (2002) analisaram grãos de pólen de amostras de sedimento superficiais de duas cavernas de áreas áridas no interior da Espanha. Também na Espanha, Carrión et al. (2005) analisaram grãos de pólen de coprólitos de texugos de uma caverna e inferiram informações sobre a paisagem nos últimos três séculos. Coles e Gilbertson (1994) analisaram e quantificaram a deposição de pólen atual em uma caverna na Inglaterra, e Hunt e Rushworth (2005) realizaram estudo semelhante em uma caverna em Bornéo. Neste último, os autores destacaram a importância de morcegos e aves no transporte passivo de pólen para o interior de caverna.

Estudos anteriores em sedimentos de caverna em contexto de ocupação humana pretérita revelaram informações importantes tanto com relação às baixas quantidades de palinomorfos em amostras, quanto à diversidade de tipos polínicos nelas presentes. Dados de análises palinológicas de amostras de sedimento de cavernas foram encontrados em estudos de Garcia-Antón e Sainz-Ollero (1991), Carrión et al. (1995) e Carrión et al. (1999), os três para a Espanha, e de Carrión e Scott (1999), para a África do Sul.

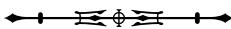
No estudo de Garcia-Antón e Sainz-Ollero (1991), realizado em ambiente de caverna, foram encontrados 58 tipos polínicos nos perfis analisados, a maioria deles com uma soma polínica inferior a 200 grãos de pólen, mas que, segundo os autores, permitiu estabelecer cinco zonas polínicas que indicaram mudanças na vegetação e no clima na área.

Carrión et al. (1995) produziram um estudo sobre a sequência palinológica e sedimentológica na caverna Perneras, numa área semiárida do sudeste da Espanha. Dentro as amostras analisadas, ele verificou que muitas tinham pouco ou nenhum palinomorfo, mas, a partir de poucas amostras, foi possível produzir diagramas polínicos e discutir sobre aspectos paleovegetacionais e

paleoclimáticos da área. Possíveis intervenções humanas na vegetação ou usos de plantas por comunidades pré-coloniais não foram abordadas pelos autores.

Carrión et al. (1999) destacaram o potencial paleoecológico dos registros polínicos em cavernas mediterrâneas da Espanha a partir de sedimentos extraídos de seções litológicas verticais delas. Os autores revelaram que muitas espécies foram representadas nesses sedimentos através de grãos de pólen, especialmente as entomófilas, e que algumas delas foram detectadas em estudos anteriores para a região com base em amostras de sedimentos lacustres e marinhos. O autor ressaltou ainda que a palinologia qualitativa em cavernas sem evidências de ocupação humana é influenciada pelo transporte biótico e pode fornecer descobertas importantes em regiões áridas, que escapam à metodologia paleopalinológica lacustre quantitativa convencional. Segundo os autores, o grande desafio diante da palinologia de cavernas é decidir até que ponto a cobertura vegetal contribui para cada espectro polínico, considerando os processos tafonômicos e deposicionais locais. Possíveis impactos humanos na vegetação ou utilização de plantas por antigos ocupantes da caverna não foram comentados pelo autor.

Carrión e Scott (1999) analisaram os palinomorfos presentes em sedimentos de diferentes níveis de cavernas de Sterkfontein, na África do Sul, um importante complexo arqueológico, e destacaram que não foi possível realizar contagem de grãos de pólen com confiança estatística que permitisse um cálculo seguro das percentagens. Os autores revelaram que muitas amostras não continham palinomorfos, informando que apenas em uma amostra foram encontrados mais de 200 grãos de pólen e que a maioria deles não estava bem preservada. Os autores atribuíram a baixa quantidade de palinomorfos à possível aeriação antiga dos sedimentos carbonáticos antes de processos de cimentação deles, que, inclusive, pode ter ocorrido várias vezes ao longo do tempo, em repetidos ciclos de dissolução e recristalização, e que a oxidação associada a esses processos provavelmente destruiu os



palinomorfos que estavam contidos neles. A discussão dos dados palinológicos pelos autores foi contextualizada apenas com aspectos ambientais e não teve relação com a presença de eventual ocupação humana na caverna estudada.

Assim, conforme observado nos estudos citados, foram frequentes os relatos de quantidades reduzidas de palinomorfos em sedimentos antigos de cavernas e de uma diversidade de tipos polínicos, no geral, pouco expressiva (Garcia-Antón & Sainz-Ollero, 1991; Carrión et al., 1995; Carrión & Scott, 1999), mas representativa de elementos da flora local e/ou regional.

Estudos palinológicos realizados em ambientes de cavernas no Brasil se restringem aos de Coelho e Marinho-Filho (2002) e de Freitas et al. (2020), ambos sem relação com sítios arqueológicos. Coelho e Marinho-Filho (2002) analisaram e identificaram grãos de pólen presentes na superfície corpórea (abdômen, superfície dorsal, asas e cabeça) de morcegos que habitam cavernas em uma área de proteção ambiental do Distrito Federal e inferiram as possíveis espécies de plantas visitadas por eles. Freitas et al. (2020) realizaram os primeiros registros de palinomorfos em sedimentos de caverna no Brasil. A área de estudo foi a caverna Gruta do Urso, situada no estado do Tocantins. Análises foram realizadas em vinte e uma amostras coletadas, sendo quatro em amostras de sedimentos de superfície e dezessete em amostras de sedimentos de subsuperfície em diferentes profundidades. Foram registrados 44 tipos polínicos de angiospermas, distribuídos em 26 famílias e 36 gêneros, que se relacionam com táxons arbustivo-arbóreos e arbustivo-herbáceos ocorrentes atualmente nas comunidades vegetacionais do bioma Cerrado. Os tipos polínicos foram descritos palinologicamente, e informações relacionadas à taxonomia e ecologia das espécies relacionadas a eles foram apresentadas. Os autores destacaram que os dados polínicos obtidos no estudo refletem a paleovegetação do entorno da caverna durante o Último Máximo Glacial e Holoceno, e constituem uma fonte confiável para as investigações paleoecológicas, paleoambientais e paleoclimáticas. Contudo, não foram apresentadas

informações detalhadas sobre os espectros polínicos (quantidade de palinomorfos/diversidade de tipos polínicos) encontrados nos diferentes perfis dos seis pontos de coleta.

Leonor et al. (2019) publicaram dados arqueobotânicos sobre sementes e frutos recuperados de sedimentos de escavações do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água, em Caetité, estado da Bahia. Trata-se de um estudo pioneiro para o estado, e os resultados revelaram a ocorrência de restos de sementes e frutos em diferentes níveis de perfis de escavações, referentes a doze espécies, sendo sete identificadas. As espécies continuam presentes na flora atual da área. Os possíveis usos dessas espécies por comunidades pré-coloniais foram discutidos pelas autoras.

Observa-se, portanto, que inexistem informações palinológicas para sedimentos de sítios arqueológicos em ambientes de caverna no Brasil. Além disso, também inexistem informações arqueopalinológicas para a Bahia, o maior estado do Nordeste. Assim, na perspectiva de reduzir essas lacunas de conhecimento, o presente estudo teve como foco a investigação de palinomorfos presentes em amostras de sedimento do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água (Caetité, Bahia), com o objetivo de compreender as relações de comunidades pré-coloniais com o paleoambiente e, especialmente, com a vegetação do seu entorno.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

A região Caetité está no domínio do Semiárido e faz parte do cinturão geológico do Espinhaço, no qual a existência de minerais é recorrente, o que viabiliza nela a presença de indústrias que extraem minério de ferro (Bahia Mineração Ltda.) e urânio (Indústrias Nucleares do Brasil – INB) (SEI, 2015). O relevo aplanado predomina, sendo suave-onulado nas áreas altas (Silva-Santana, 2010), e a topografia apresenta-se uniforme, com altitude variando de 900 m a 1.230 m, só interrompida pelas drenagens.



A Caatinga Arbórea é predominante na vegetação da região de Caetité, mas é frequente a ocorrência de muitas áreas de contato com outros biomas, a exemplo de contatos variados entre Cerrado, Cerrado Arbóreo e Floresta Estacional. Essas áreas de contato de diferentes vegetações se constituem em áreas de ecótonos (SEI, 2015).

De modo geral, pode-se considerar a região como de médio potencial para o desenvolvimento de cavidades naturais. Foram localizadas e registradas 67 cavernas durante a fase de estudos para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Pedra de Ferro. Dentre essas cavernas, duas foram consideradas pelo estudo como de alta relevância. As cavernas são de rochas ferríferas e, entre essas, quatro foram ocupadas por populações pré-coloniais (Silva-Santana, 2010).

O sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água (765654/8410134 UTM) (Figura 1) é uma dessas cavernas e foi considerado um sítio pré-colonial, localizado a meia encosta de uma pequena serra, numa área de declive. Possui dimensões de 10 m x 17 m e é constituído por grandes paredões rochosos em ferro bandado, os quais, no passado, serviram de abrigo para comunidades antigas que também poderiam usar o local como ponto de observação, pois sua localização permite uma visibilidade ampla de áreas do entorno. O sítio foi escavado entre os anos de 2010 e 2011 e, a partir dele, foi criado um amplo acervo de artefatos líticos e cerâmicos (Silva-Santana, 2010). O entorno da Gruta da Caixa d'Água apresentava, à época da pesquisa, vegetação densa, composta por elementos florísticos característicos de transição entre Caatinga e Cerrado.

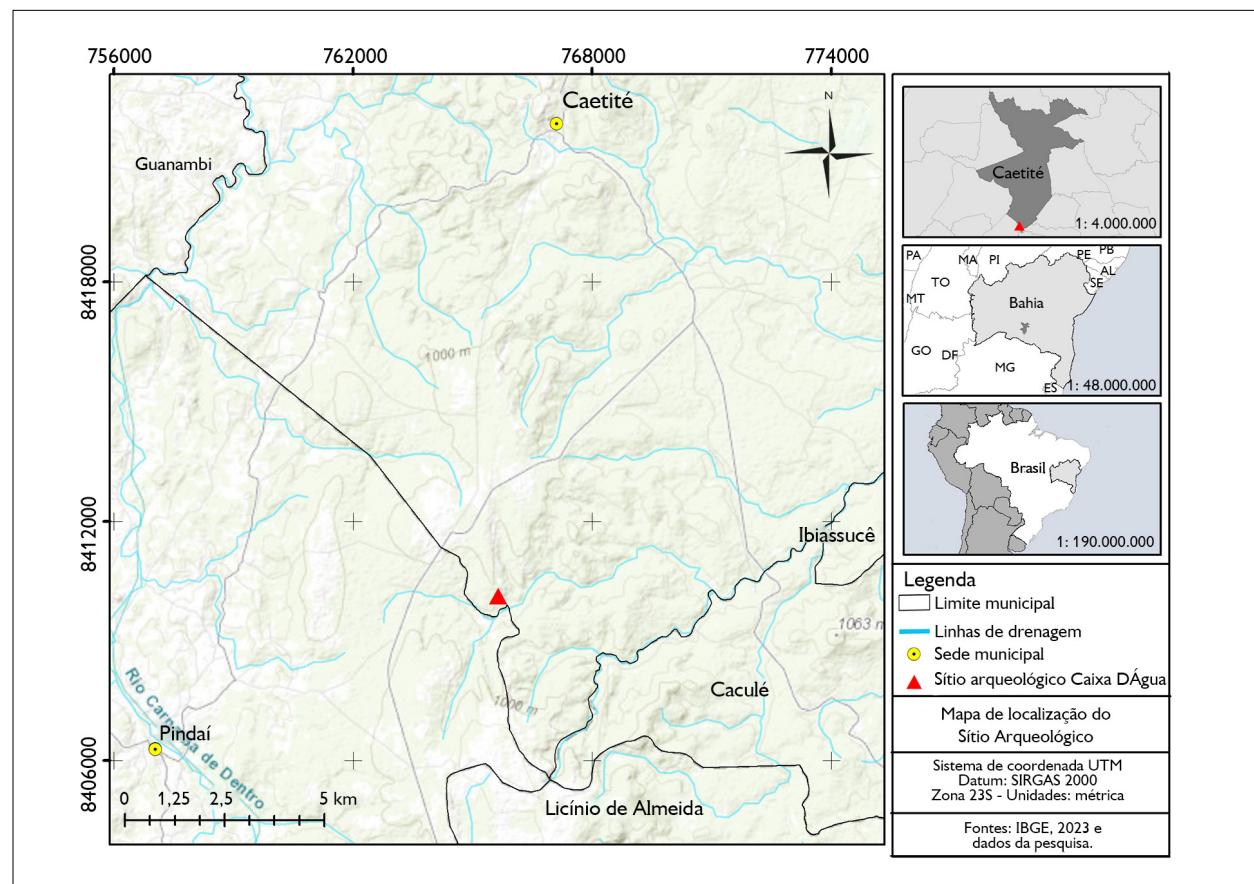


Figura 1. Localização do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água, no município de Caetité, Bahia, Brasil. Fonte: IBGE (2023).

ESCAVAÇÕES, ACHADOS ARQUEOLÓGICOS E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A etapa de pré-escavação do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água constituiu-se na eliminação da vegetação rasteira e na limpeza da superfície da frente e interior da caverna, com a retirada de vegetais decompostos, folhagens, dentre outros materiais que se encontravam dispostos na superfície do sítio. Em seguida, realizou-se a delimitação do sítio e das áreas de escavação, bem como o quadriculamento e a topografia da superfície das quadras.

A escavação foi realizada em 67 quadras de 1 m x 1m (Figura 2), em níveis artificiais, e alcançou profundidade que variou de 80 cm até a máxima de 1,0 m quando alcançada a base rochosa. A natureza dos sedimentos era predominantemente areno-argilosa, de coloração

marrom-escura, provavelmente devido a um grande teor de ferro e da fuligem decorrente de muitas fogueiras.

Na escavação, foram encontrados vestígios até os 80 cm de profundidade, e todos os níveis se mostraram com vestígios, não havendo níveis intermediários estéreis. Os níveis com maior concentração de vestígios foram os de 20-30 cm e o de 70-80 cm.

Os vestígios encontrados, em sua maioria, estavam concentrados na área central da caverna. Nesta, também foi observada presença de boa ventilação e iluminação natural. Os vestígios se constituíram majoritariamente de líticos, alguns fragmentos cerâmicos distribuídos em superfície e dispostos até a profundidade de 20 cm, além de fogueiras contendo carvões e carpos vegetais.

Os vestígios líticos do sítio permitiram tipificá-lo como oficina lítica, com base em dois conjuntos líticos cujas

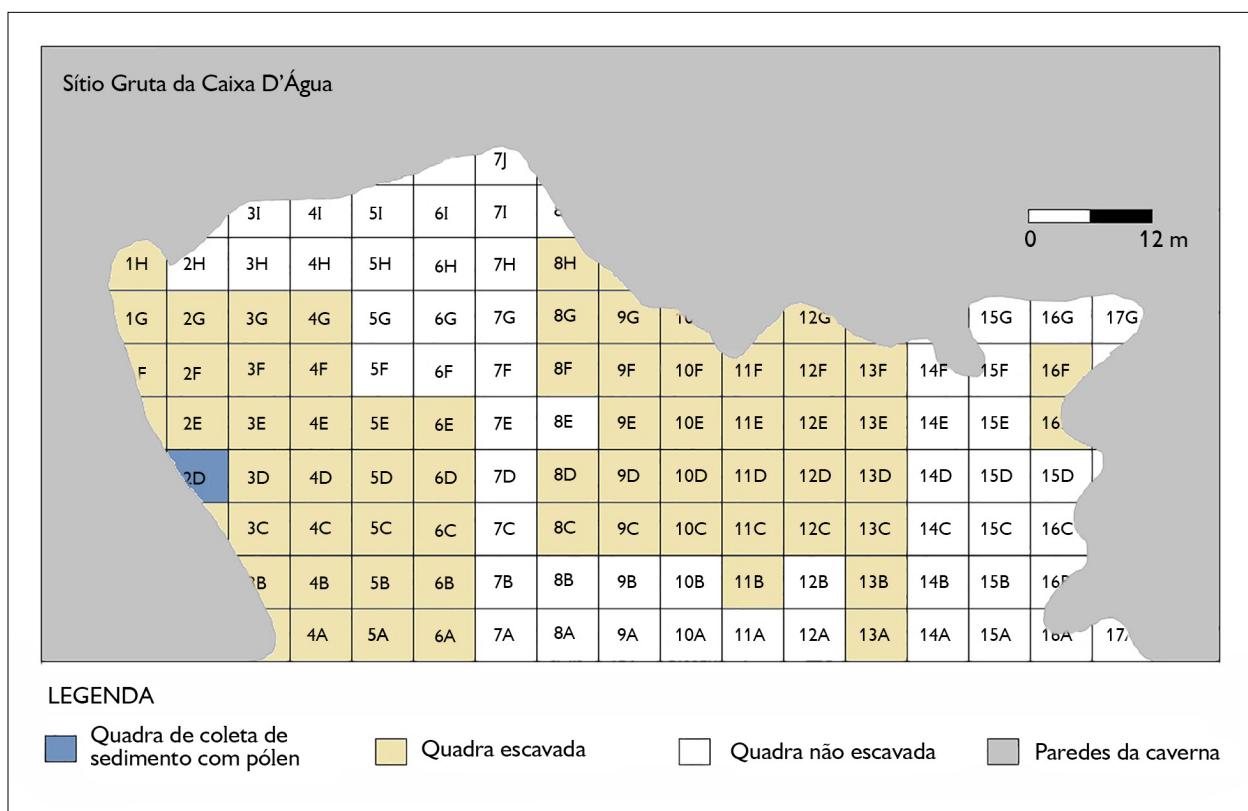


Figura 2. Planta de escavação da Gruta da Caixa d'Água, com destaque para a quadricula 2D, onde foram coletadas as amostras para análises palinológicas. Fonte: Silva-Santana (2010).

características, além do componente cerâmico, sugerem ter havido dois momentos de ocupação. As cerâmicas estavam associadas aos níveis mais superficiais, na maioria finas e com superfície lisa, todavia algumas tinham bordas com decoração plástica unguulada.

No sítio, ocorreram majoritariamente lascas, restos de debitagem, raros polidos e brutos utilizados. Dentre os artefatos, ocorreram lascas simples e retocadas, raspadores e furadores; uma única machadinha foi obtida, no nível de 20 cm.

Com relação às matérias-primas líticas, observou-se predominância do quartzo em todos os níveis. O silex ocorreu em menor quantidade, contudo apresentou maior concentração nos níveis mais inferiores (mais antigos). Outras matérias-primas utilizadas foram a pedra de ferro e ocre (muitos ocre se apresentam raspados). Com relação aos tratamentos dados às peças líticas, destacou-se a ação térmica, visível pela presença de concavidades típicas nas rochas, principalmente no silexito.

A partir do conjunto de evidências arqueológicas, parece ter havido dois momentos distintos de ocupação no sítio. O primeiro foi pré-cerâmico, com intensiva debitagem do quartzo e elaboração de lascas e artefatos em silexito, obtidas por meio de percussão direta, muitas apresentando retoque e marcas de fogo, potencialmente relacionadas a grupos caçadores-coletores. O segundo foi cerâmico, com níveis mais superficiais, com menos artefatos em silexito, caracterizados por lascas simples e majoritariamente sem retoque, sendo os de quartzo mais simples e alguns com lascamento bipolar.

Durante as escavações arqueológicas, foi selecionada a quadrícula 2D (Figura 2), que se situava próximo ao paredão interno, para coletas de amostras de sedimento para testagem de presença de palinomorfos e futuras análises palinológicas, em caso de detecção positiva. No mesmo dia e nas semanas seguintes, as escavações arqueológicas nas demais quadrículas prosseguiram de forma ininterrupta, mas sem coletas para prospecções palinológicas.

COLETAS DE AMOSTRAS DE SEDIMENTO PARA ANÁLISES PALINOLÓGICAS

Foram coletadas dez amostras de sedimentos na quadrícula 2D do sítio, com a profundidade de um metro até a superfície, sendo realizada na base para o topo, de forma sequencial e individual para cada uma das amostras. As coletas foram feitas com uso de coletores universais estéreis, que, ao serem abertos individualmente, foram imediatamente introduzidos no perfil da quadra, previamente raspado, para evitar contaminação com pólen recente. Após a introdução no perfil, cada coletor foi pressionado contra o substrato e girado para uma maior captura de sedimento, sendo, em seguida, puxado de volta e imediatamente tampado, para evitar contaminação. Este procedimento foi realizado para cada uma das dez coletas (Silva-Santana, 2010). Todos os coletores foram identificados e etiquetados com nome do sítio, sigla, município, quadrícula, cor da camada, nível, estrutura, origem, vestígio, coletor e data da coleta. Posteriormente, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Estudos Palinológicos (LAEP), da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus VII, onde foram mantidas sob refrigeração até o momento do processamento químico, que ocorreu após a conclusão das escavações na caverna.

SEPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA PROCESSAMENTO QUÍMICO E DATAÇÃO RADIOCARBÔNICA

De cada uma das amostras de sedimentos armazenadas, foram separadas, no LAEP, subamostras de 2 cm^3 em tubos de ensaio para processamento químico. Para os níveis 70-80 cm e 20-30 cm, foram separadas subamostras para datação através de análise radiocarbônica no Laboratório Beta Analytic Inc., Miami, Flórida, EUA. Ambas as datações radiocarbônicas foram feitas pelo método do C-14 a partir de carvões de fogueiras (Silva-Santana, 2010) e os detalhes estão na Tabela 1.

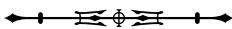


Tabela 1. Datações de radiocarbono para dois perfis do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água, Caetité, Bahia, Brasil.

| Lab. n° | Profundidade (cm) | Material datado | Idade convencional (anos AP) | $\delta^{13}\text{C}$ | Idade calibrada 2 σ mais | Idade calibrada 2 σ menos (anos AP) |
|-------------|-------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|
| Beta 328326 | 20-30 | Material carbonizado | 510 ± 30 | -22.9 | 510-550 | 520-540 |
| Beta 328327 | 70-80 | Material carbonizado | 5.000 ± 30 | -25.6 | 5.820-5.880 | 5.650-5.690 |

PROCESSAMENTO QUÍMICO, IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DOS GRÃOS DE PÓLEN

Para o processamento químico das amostras de sedimento, utilizou-se a técnica recomendada como padrão por Ybert et al. (1992), que consiste na destruição do conteúdo orgânico (exceto a esporopolenina) e inorgânico com uso de ácidos (HCl e HF), hidróxido (KOH) e mistura acetolítica (anidrido acético e ácido sulfúrico, na proporção de 1:10), em concentrações específicas, alternadas com repetidas centrifugações para concentração dos palinomorfos através de centrifugações, seguida de lavagens deles com água destilada e posterior montagem em lâminas para análises, identificações e contagens dos palinomorfos em microscópio óptico. Devido a dificuldades de importação, não foi possível a aquisição de marcadores exóticos para inclusão nas amostras palinológicas. Para cada uma das amostras de sedimento, foram montadas dez lâminas permanentes com gelatina glicerinada, seladas com parafina, para posterior depósito na palinoteca do LAEP, após a conclusão das análises.

As análises qualitativas e quantitativas das lâminas foram feitas em microscópio óptico Zeiss, modelo Axioskop, com uso de objetivas de 40X para contagens e de 100X para visualização mais precisa de detalhes importantes de ornamentação, estrutura da parede e aberturas dos grãos de pólen. Fotomicrografias para ilustração dos principais tipos polínicos foram obtidas a partir de sistema de capturas de imagens, acoplado ao microscópio com uso de objetiva de 100X.

Os grãos de pólen foram quantificados segundo as orientações de Salgado-Labouriau (2006), que consistem

em contagens em transecções verticais de cima para baixo e da esquerda para a direita, com espaçamento entre as linhas de apenas um campo visual para evitar a contagem repetida de um mesmo grão de pólen. Como de praxe nos estudos arqueopalinológicos, nas contagens buscouse chegar a um quantitativo mínimo de 150-200 grãos de pólen e um mínimo de 20 tipos polínicos por amostra (Dimbleby, 1985).

A identificação dos tipos polínicos foi feita por comparações com chaves e catálogos de referência (Roubik & Moreno, 1991; Salgado-Labouriau, 1973; Magalhães-e-Silva, 2007; Cassino & Meyer, 2011; Macedo, 2009; P. P. Oliveira, 2003) e por comparação com lâminas da coleção de referência do LAEP, a qual possui lâminas permanentes de centenas de espécies de biomas presentes na Bahia.

RESULTADOS

A quantidade total de palinomorfos encontrados nas amostras foi de 456 (Tabela 2), sendo 452 grãos de pólen e apenas quatro de esporos de pteridófitas. Deste total, apenas 21 palinomorfos, relacionados a 16 tipos polínicos, não foram identificados, o que representa 4,6% do total. A impossibilidade de identificação de alguns tipos polínicos ocorreu em razão de os grãos de pólen estarem muito deformados e/ou se depositarem nas superfícies das lâminas, em posições que não permitiram a visualização de características importantes, a exemplo de aberturas.

Foram encontrados palinomorfos em sete das dez amostras analisadas (Tabela 2). Eles foram categorizados em 44 tipos polínicos, sendo 28 com indicação de origem botânica (Tabela 3); os mais comuns nas amostras



foram ilustrados (Figura 3). Com relação às quantidades e percentuais de palinomorfos por amostras, observou-se variações entre elas, visto que três amostras não apresentaram nenhum palinomorfo (50-60 cm, 80-90 cm

e 90-100 cm), a maioria apresentou número muito reduzido (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 40-50 cm, 60-70 cm e 70-80 cm) e apenas uma amostra apresentou número alto (30-40 cm) (Figura 4).

Tabela 2. Resultados quantitativos das análises palinológicas nos dez níveis de sedimentos de um perfil da caverna Gruta da Caixa d'Água (Caetité, Bahia, Brasil) com relação aos números absolutos e percentuais de palinomorfos, distribuídos nas categorias herbáceos/arbustivos, arbóreos e indeterminados por níveis das amostras.

| Nível das amostras (cm) | Quantidade e percentual (%) de palinomorfos com relação aos hábitos dos táxons atribuídos aos tipos polínicos | | | Total |
|-------------------------|---|-----------|---------------|-------|
| | Herbáceo/arbustivo | Arbóreo | Indeterminado | |
| 0-10 | 22 (68,8%) | 4 (12,5%) | 6 (18,8%) | 32 |
| 10-20 | 8 (66,7%) | 1 (8,3%) | 3 (25,0%) | 12 |
| 20-30 | 1 (25,0%) | 2 (50,0%) | 1 (25,0%) | 4 |
| 30-40 | 382 (99,0%) | 1 (0,3%) | 3 (0,8%) | 386 |
| 40-50 | 7 (58,3%) | 0 (0,0%) | 5 (41,7%) | 12 |
| 50-60 | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 |
| 60-70 | 2 (66,7%) | 0 (0,0%) | 1 (33,3%) | 3 |
| 70-80 | 5 (71,4%) | 0 (0,0%) | 2 (28,6%) | 7 |
| 80-90 | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 |
| 90-100 | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 |
| Total | 427 (93,6%) | 8 (1,8%) | 21 (4,6%) | 456 |

Tabela 3. Lista de tipos polínicos com valores absolutos e percentuais (%) registrados nos sete níveis de sedimentos de perfil da caverna Gruta da Caixa d'Água (Caetité, Bahia, Brasil), onde foram encontrados palinomorfos e informações sobre a ecologia e a distribuição dos táxons a eles relacionados.

| Tipo polínico | Quantidade e percentagem de palinomorfos por níveis (cm) | | | | | | | | Ecologia e distribuição das espécies relacionadas aos tipos polínicos | Fonte |
|---------------------|--|-------------|------------|---------------|-------|--------------|-------|------|---|------------------------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 60-70 | 70-80 | Soma | | |
| Asteraceae | | | | | | | | | | |
| 1. Asteraceae 1 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 39 (10,1%) | 0 | 0 | 0 | 40 | Lianas, ervas ou arbustos presente em áreas de vegetação aberta. | Marchant et al. (2002) |
| 2. Asteraceae 2 | 1 (3,1%) | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 3. Asteraceae 3 | 0 | 0 | 0 | 5 (1,3%) | 0 | 0 | 0 | 5 | | |
| Arecaceae | | | | | | | | | | |
| 4. <i>Syagrus</i> 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (33,3%) | 0 | 1 | Árvores ou arbustos distribuídos na América do Sul, em regiões de Mata, Cerrado e Caatinga. | Felfili et al. (2007) |
| 5. <i>Syagrus</i> 2 | 1 (3,1%) | 1 (8,3%) | 2 (50%) | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 5 | | |



Tabela 3.

(Continua)

| Tipo polínico | Quantidade e percentagem de palinomorfos por níveis (cm) | | | | | | | | Ecologia e distribuição das espécies relacionadas aos tipos polínicos | Fonte |
|--------------------------|--|-------------|-------|----------------|-------------|-------|--------------|------|---|--------------------------------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 60-70 | 70-80 | Soma | | |
| Cactaceae | | | | | | | | | | |
| 6. <i>Pilosocereus</i> | 2 (6,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Rupícolas ou terrestres. Vivem em Cerrado e Caatinga. Indicadoras de pressão antrópica. | Calvente et al. (2005) |
| Convolvulaceae | | | | | | | | | | |
| 7. <i>Evolvulus</i> | 0 | 0 | 0 | 259 (67,1%) | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 260 | Ervas ou arbustos presentes em áreas áridas. Indicadoras de ação antrópica. | Marchant et al. (2002) |
| 8. <i>Jacquemontia</i> | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 2 | | |
| Euphorbiaceae | | | | | | | | | | |
| 9. <i>Croton</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Ervas ou arbustos comuns em ambientes secos: Florestas Estacionais e Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| 10. <i>Maprounea</i> | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| Fabaceae | | | | | | | | | | |
| 11. <i>Aeschynomene</i> | 7 (21,9%) | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 1 (8,3%) | 0 | 1 (14,3%) | 10 | Ervas comum em áreas perturbadas. | Marchant et al. (2002) |
| 12. <i>Anadenanthera</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Árvores amplamente distribuídas na Caatinga e no Cerrado. | Flora e Funga do Brasil (s.d.) |
| 13. <i>Copaifera</i> | 2 (6,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 14. <i>Zornia</i> 1 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Ervas presentes no Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| 15. <i>Zornia</i> 2 | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| Malpighiaceae | | | | | | | | | | |
| 16. Malpighiaceae | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 2 | Ervas, lianas e árvores que predominam no Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| 17. <i>Byrsonima</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| Malvaceae | | | | | | | | | | |
| 18. <i>Helicteres</i> 1 | 2 (6,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (14,3%) | 3 | Ervas ou arbustos comuns na Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal. Possuem potencial medicinal. | Cristóbal (2001) |



Tabela 3.

(Continua)

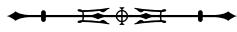
| Tipo polínico | Quantidade e percentagem de palinomorfos por níveis (cm) | | | | | | | | Ecologia e distribuição das espécies relacionadas aos tipos polínicos | Fonte |
|-----------------------------------|--|------------|------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------|--|------------------------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 60-70 | 70-80 | Soma | | |
| 19. <i>Helicteres</i> 2 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | Lorenzi (2002) |
| 20. <i>Melochia/Walteria</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| Nyctaginaceae | | | | | | | | | | |
| 21. Nyctaginaceae 1 | 0 | 0 | 0 | 4 (1%) | 0 | 0 | 0 | 4 | Arbustos e árvores comuns em áreas secas. Presente na Floresta Atlântica e no Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| Poaceae | | | | | | | | | | |
| 22. Poaceae | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 1 | Principalmente ervas que sobrevivem nas estações secas em Savanas e Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| Phyllanthaceae | | | | | | | | | | |
| 23. <i>Phyllanthus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 (16,7%) | 0 | 0 | 2 | Ervas ou arbustos comuns em ambientes secos: Florestas Estacionais e Cerrado. | Marchant et al. (2002) |
| Rhamnaceae | | | | | | | | | | |
| 24. <i>Ziziphus</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (14,3%) | 2 | Arbusto terrícola presente em Mata Atlântica e Floresta Estacional Semidecidual. | Lima (2000) |
| Sapindaceae | | | | | | | | | | |
| 25. <i>Serjania</i> | 0 | 0 | 1 (25%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Lianas presentes em áreas de várzea, no Cerrado, em ambientes áridos. | Marchant et al. (2002) |
| Rubiaceae | | | | | | | | | | |
| 26. <i>Mitracarpus/Spermacoce</i> | 2 (6,3%) | 3 (25%) | 0 | 69 (17,9%) | 1 (8,3%) | 1 (33,3%) | 2 (28,6%) | 78 | Ervas de vegetação aberta, onde há perturbação regular. | Marchant et al. (2002) |
| Gleicheniaceae | | | | | | | | | | |
| 27. <i>Gleichenia</i> | 0 | 3 (25%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | Pteridófitas de distribuição pantropical. Comum em áreas abertas. | Cassino e Meyer (2011) |
| Selaginellaceae | | | | | | | | | | |
| 28. <i>Selaginella</i> | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Pteridófitas bem distribuída na América do Sul. Em locais sombreados ou pastagens. Comum no Cerrado. | Cassino e Meyer (2011) |



Tabela 3.

(Conclusão)

| Tipo polínico | Quantidade e percentagem de palinomorfos por níveis (cm) | | | | | | | | Ecologia e distribuição das espécies relacionadas aos tipos polínicos | Fonte |
|----------------------|--|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------|---|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 60-70 | 70-80 | Soma | | |
| Indeterminados | | | | | | | | | | |
| 29. Indeterminado 1 | 3 (9,4%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | — | — |
| 30. Indeterminado 2 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 31. Indeterminado 3 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 32. Indeterminado 4 | 1 (3,1%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 33. Indeterminado 5 | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 34. Indeterminado 6 | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 35. Indeterminado 7 | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 36. Indeterminado 8 | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 37. Indeterminado 9 | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 38. Indeterminado 10 | 0 | 0 | 0 | 1 (0,3%) | 0 | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 39. Indeterminado 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 1 | — | — |
| 40. Indeterminado 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 (25%) | 0 | 0 | 3 | — | — |
| 41. Indeterminado 13 | 0 | 0 | 1 (25%) | 0 | 1 (8,3%) | 0 | 0 | 2 | — | — |
| 42. Indeterminado 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (33,3%) | 0 | 1 | — | — |
| 43. Indeterminado 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (14,3%) | 1 | — | — |
| 44. Indeterminado 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 (14,3%) | 1 | — | — |
| Totais = | 32 | 12 | 4 | 386 | 12 | 3 | 7 | 456 | — | — |



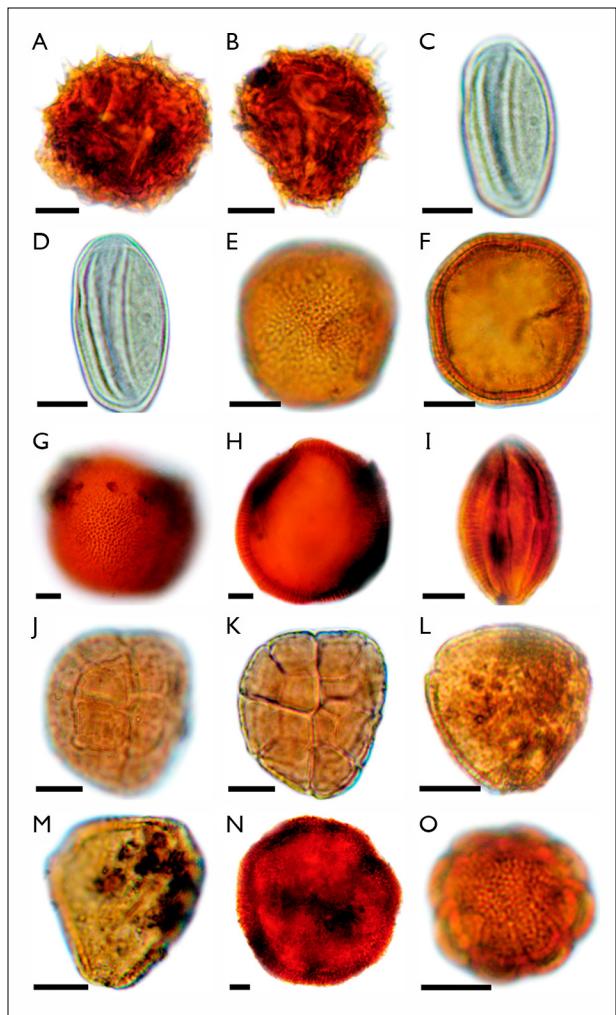


Figura 3. Principais tipos polínicos registrados nos sedimentos do sítio arqueológico Gruta da Caixa d'Água, na região de Caetité, Bahia: Asteraceae: A) Asteraceae 1; B) Asteraceae 3; Arecaceae: C-D) Syagrus 2; Convolvulaceae: E-F) Evolvulus; G-H) Jacquemontia; Euphorbiaceae: I) Maprounea; Fabaceae: J-K) Anadenanthera; Malvaceae: L) Helicteres 1; M) Helicteres 2; Nyctaginaceae: N) Nyctaginaceae; Rubiaceae: O) Mitracarpus/Spermacoce; Barra = 10 micrômetros. Fonte: Santos (2012).

Na quase totalidade das amostras onde foram encontrados palinomorfos, observou-se elevados percentuais de grãos de pólen relacionados a táxons herbáceos/arbustivos. Na amostra 30-40 cm, a que mais se destacou pela maior quantidade de palinomorfos, o percentual de representação de táxons herbáceos/arbustivos chegou a 99,0% e os tipos polínicos mais

representativos foram *Evolvulus* (Figura 3E-3F) (259 grãos de pólen = 67%), *Mitracarpus/Spermacoce* (Figura 3O) (69 grãos de pólen = 17,89%) e Asteraceae 1 (Figura 3A) (39 grãos de pólen = 10,11%). Um total de 15 tipos polínicos foi identificado para esta amostra.

A amostra 0-10 cm foi a que apresentou o segundo maior número de palinomorfos, com 68,8% de representação de tipos polínicos relacionados a táxons herbáceos/arbustivos. Além disso, foi também a que teve a maior diversidade, totalizando 20 tipos polínicos, com identificação para dezenas: Asteraceae 1 (Figura 3A), Asteraceae 2, *Syagrus* 2 (Figura 3C-3D), *Aeschynomene*, *Anadenanthera* (Figura 3J-3K), *Byrsonima*, *Copaifera*, *Croton*, *Helicteres* 1 (Figura 3L), *Helicteres* 2 (Figura 3M), *Melochia/Waltheria*, *Mitracarpus/Spermacoce* (Figura 3O), *Pilosocereus*, *Ziziphus*, *Selaginella* e *Zornia* 1.

Apenas na amostra de 20-30 cm, com ca. 530 anos AP, o percentual de táxons arbóreos chegou a 50% (Tabela 2), com um grão de pólen relacionado a *Syagrus* 2 (Figura 3C-3D), dois grãos de pólen definidos como tipo *Serjania*, e o quarto ficou como indeterminado. Contudo, foi uma das amostras com menor quantidade de palinomorfos encontrados. Na amostra do perfil de 70-80 cm, com ca. 5.760 anos AP, entre os seis tipos polínicos encontrados, foi possível relacionar a origem botânica de quatro táxons herbáceos/arbustivos: *Aeschynomene*, *Helicteres* 1, *Mitracarpus/Spermacoce* e *Ziziphus*.

Após consulta em bancos de dados sobre as espécies ocorrentes em Caetité (SpeciesLink, s.d.), em maio de 2023, verificou-se que a maioria dos tipos polínicos identificados neste estudo tem registros das espécies a eles relacionadas na flora atual, com exceção de *Aeschynomene*, *Helicteres* 1 e *Gleichenia*, que possuem representantes apenas em nível de família. Através do site supracitado, em consulta simples na página de busca, com inserção da palavra 'plantae' no campo reino e de 'Caetité' no campo município, foram encontrados 7.194 registros de espécimes vegetais depositados em herbários, os quais indicam uma grande



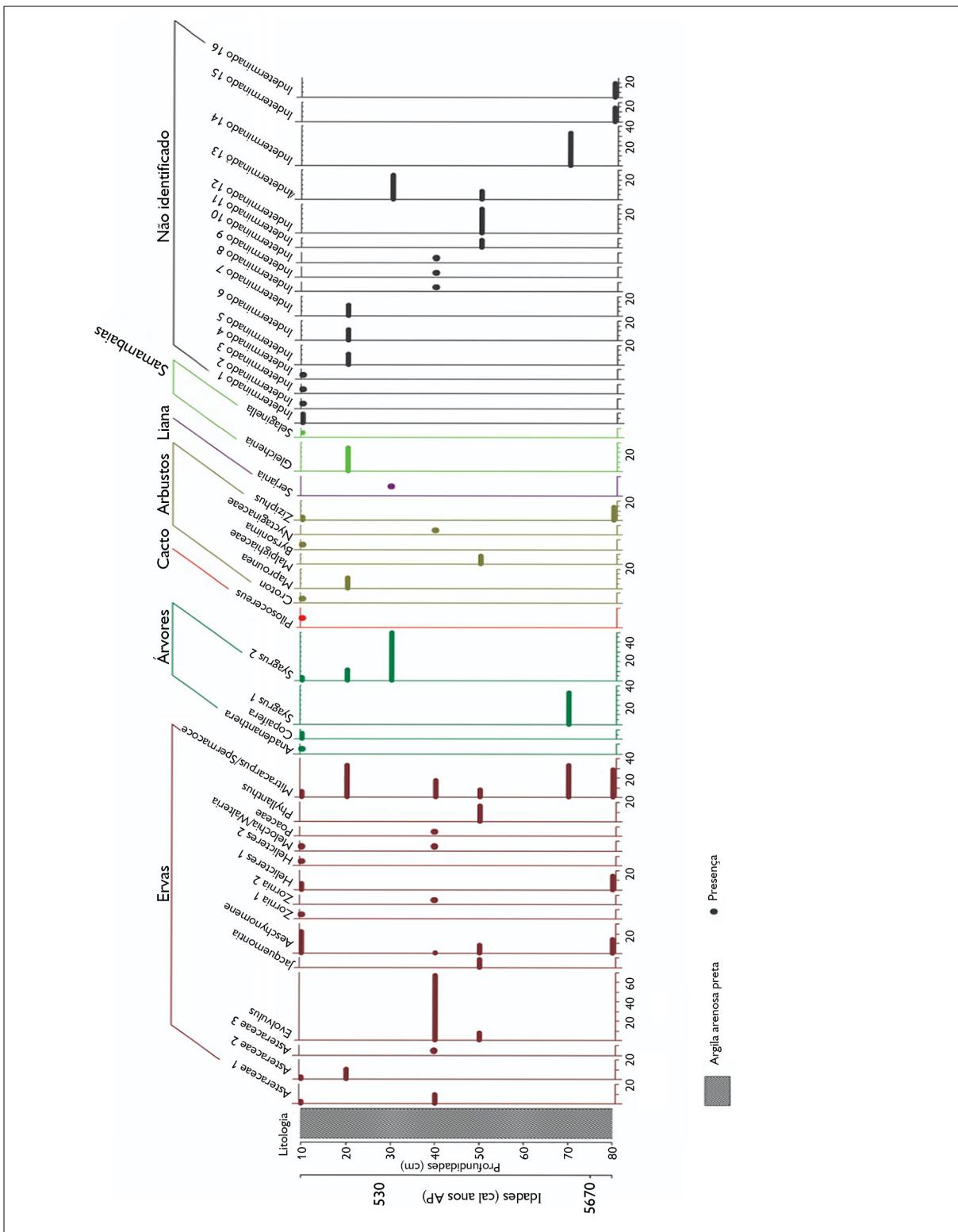


Figura 4. Diagrama polínico da caverna Gruta da Caixa d'Água, no município de Caetité, Bahia, Brasil. Gráfico: P. E. de Oliveira e D. dos S. Duarte.

diversidade florística no município, com centenas de espécies distribuídas em 114 famílias de angiospermas, uma menor parte em nove famílias de plantas vasculares sem sementes e dez em famílias de briófitas.

DISCUSSÃO

SOBRE A DIVERSIDADE E QUANTIDADE DE PALINOMORFOS EM AMBIENTE DE CAVERNA

Conforme observado nos resultados quantitativos, foram encontrados 456 palinomorfos no conjunto de lâminas analisadas, sendo que não houve registro de palinomorfos para algumas amostras e a grande maioria delas apresentou número muito baixo, com exceção da amostra do nível de 30-40 cm, com 386 grãos de pólen, com predomínio de tipos polínicos relacionados a táxons herbáceos (Asteraceae, *Evolvulus* e *Mitracarpus/Spermacoce*) (Figura 4). Com relação aos resultados qualitativos, consideramos o achado de 44 tipos polínicos (28 com indicação de origem botânica) relevante frente à baixa quantidade de palinomorfos na grande maioria das amostras.

Ainda com relação à diversidade de tipos polínicos, é importante ressaltar que os resultados deste estudo foram muito semelhantes aos encontrados por Freitas et al. (2020), no único estudo deste tipo realizado no Brasil, no qual coincidentemente também detectaram 44 tipos polínicos. Contudo, enquanto os tipos polínicos referidos por Freitas et al. (2020) sinalizaram relações deles com diversas espécies de Cerrado que apresentam indivíduos na forma de arbustos e subarbustos, árvores de formações florestais ou ervas de campos abertos, os tipos polínicos deste estudo tiveram uma relação predominante com plantas herbáceas (por exemplo, Asteraceae, *Evolvulus* e *Mitracarpus/Spermacoce*), arbustivas em menor parte, e pouquíssimas espécies arbóreas, que, em conjunto, evidenciam fitofisionomia aberta com plantas de pequeno porte. Por outro lado, é importante destacar que os sedimentos de caverna deste estudo têm relação com um sítio arqueológico, diferente dos sedimentos da caverna estudados por Freitas et al. (2020).

No mesmo sítio arqueológico do presente estudo, Leonor et al. (2019) encontraram vestígios de frutos e/ou sementes de *Qualea* sp., *Enterolobium contortisiliquum* Vell., *Eugenia dysenterica* (Mart.) DC., *Hymenaea courbaril* L., *Couepia grandiflora* Benth. e *Syagrus werdermannii* Burret. Segundo as autoras, os frutos e/ou sementes encontrados no sítio Caixa D'Água apresentam potenciais finalidades medicinais (*Qualea* sp., *E. contortisiliquum*, *E. dysenterica*, *H. courbaril* e *C. grandiflora*) e/ou alimentícias (*E. dysenterica*, *H. courbaril* e *S. werdermannii*) e, no caso de *Syagrus* sp. também apresentou uso em fogueiras, especialmente os mesocarpos, que em combustão ajudam a manter fogo forte e duradouro. Dentre essas espécies, apenas *Syagrus* sp. teve registro nos espectros polínicos, e foi, inclusive, o segundo tipo polínico mais encontrado nos níveis de sedimentos. Essa presença de destaque deve ser decorrente da coleta frequente de frutos na área, além do transporte para dentro da caverna, para uso alimentício e para a combustão de fogueiras, favorecido pela provável presença de grande número de indivíduos e grande produção de frutos. Diferentemente de *Syagrus* sp., as outras espécies provavelmente tiveram coletas esporádicas e/ou usos pontuais, inclusive com indivíduos possivelmente mais distantes da caverna, o que pode ter contribuído para a não detecção dos grãos de pólen delas nos sedimentos analisados.

Sobre a presença do tipo *Serjania* na amostra pertencente ao nível 20-30 cm, tem-se a pontuar que espécies desse gênero apresentam efeitos tóxicos em peixes e mamíferos, sendo utilizadas por grupos indígenas da região amazônica e do Centro-Oeste brasileiro, em atividades de pesca e no envenenamento de pontas de flechas (Pott & Pott, 1994; Lima & Costa, 1997; Lopes, 2012; Soentgen & Hilbert, 2016). Diante disso, pode-se inferir o potencial de utilização deste vegetal para caça, pesca ou envenenamento de pontas líticas, já que o sítio era utilizado como oficina lítica para a confecção de diversos artefatos.



Conforme relatado anteriormente, são poucos os estudos palinológicos em sítios arqueológicos localizados em ambientes de caverna no mundo (Garcia-Antón & Sainz-Ollero, 1991; Carrión et al., 1995, 1999; Carrión & Scott, 1999). Nos estudos, também foram destacadas baixas quantidades de palinomorfos e reduzida diversidade de tipos polínicos. Contudo, apenas em dois deles foi possível obter somas polínicas para algumas amostras, as quais permitiram o estabelecimento de zonas polínicas com indicações de mudanças na vegetação e no clima (Garcia-Antón & Sainz-Ollero, 1991; Carrión et al., 1995).

É valido destacar que o número de amostras de sedimentos dos referidos estudos foi muito maior do que a do nosso estudo. Conforme relatado nos nossos resultados, apenas a amostra do nível de 30-40 cm apresentou um número elevado de palinomorfos (386 grãos de pólen), fato que inviabilizou o estabelecimento de zonas polínicas no diagrama polínico. Por outro lado, as amostras de sedimento deste estudo foram obtidas de uma quadrícula situada próxima ao paredão interno esquerdo e em posição intermediária entre o fundo e a entrada da caverna. Assim, consideramos que, se outras amostras de outras quadrículas tivessem sido analisadas, poderia haver maior possibilidade de detecção de mais tipos polínicos e de obtenção de resultados de contagens de palinomorfos que permitissem o estabelecimento de zonas polínicas. Contudo, essa possibilidade é meramente especulativa, visto que Carrión et al. (1995) e Carrión e Scott (1999) também destacaram que muitas das amostras analisadas tinham poucos ou nenhum palinomorfo, observação também aplicável a este estudo, considerando que não detectamos palinomorfos em três dos dez níveis e que nos demais, com exceção do nível 30-40 cm, a quantidade de palinomorfos foi baixa.

Carrión e Scott (1999) atribuíram a baixa quantidade de palinomorfos à possível aeração antiga dos sedimentos, que tem como resultado a aceleração dos processos oxidativos da esporopolenina presente nas paredes dos palinomorfos. Considerando a natureza

areno-argilosa dos sedimentos da caverna Gruta da Caixa d'Água, a baixa preservação de palinomorfos detectada pode ser decorrente também do mesmo tipo de processo relatado pelos autores, tendo em vista que nesse tipo de substrato os processos oxidativos são favorecidos devido à aeração ser maior quando comparada a de outros tipos de substratos mais consolidados e menos aerados.

Ainda com relação à diversidade de tipos polínicos, Carrión et al. (1999) destacaram que, entre as espécies representadas nos espectros polínicos, se destacaram as que são entomófilas. Ao analisarmos nossos resultados, encontramos uma grande semelhança nesse sentido. No nível 30-40 cm, por exemplo, mais de 98% dos tipos polínicos estão relacionados a famílias e gêneros de plantas que são amplamente reconhecidas por terem suas flores polinizadas por insetos.

SOBRE O FLUXO DE PALINOMORFOS, DEPOSIÇÃO E REPRESENTATIVIDADE DA FLORA EM ESPECTROS POLÍNICOS DE CAVERNA

Antes de discutir sobre a possível cobertura vegetal do entorno da caverna Gruta da Caixa d'Água em tempos passados e de possíveis intervenções de comunidades humanas pré-coloniais no ambiente, é necessário resgatar informações disponíveis na literatura sobre os processos, as dinâmicas e os vetores relacionados ao aporte e depósito de grãos de pólen e esporos em ambientes de cavernas, tanto em contexto de ocupação humana quanto fora dele. Essas informações são fundamentais para discutir sobre as possíveis razões de alguns tipos polínicos estarem mais representados em amostras do que outros e sobre o que o conjunto geral de tipos polínicos sinaliza com relação à vegetação do entorno do sítio arqueológico estudado. Além disso, também é necessário resgatar informações paleoambientais disponíveis para a região, para uma melhor compreensão de qual seria o provável cenário ambiental no período abrangido por esta pesquisa.



Com relação à dinâmica, ao transporte e ao depósito de palinomorfos em cavernas e à efetividade deles na representação da vegetação, algumas investigações palinológicas produziram resultados importantes sobre espectros polínicos de sedimentos superficiais recentes de interiores deste tipo de ambiente (D. Burney & L. Burney, 1993 [Estados Unidos da América]; Coles & Gilbertson, 1994 [Inglaterra]; Navarro et al., 2002 [Espanha]; Hunt & Rushworth, 2005 [Malásia]).

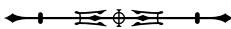
D. Burney e L. Burney (1993) investigaram a deposição moderna de pólen em ambientes de caverna no estado de Nova York. Os resultados de dois anos de experimentos de captura de pólen mostram que os espectros de polínicos de três cavernas estudadas são muito semelhantes à chuva polínica de fora das cavernas. Comparações estatísticas de grãos de pólen modernos depositados em coletores do tipo Tauber, espeleotemas, tapetes de briófitas e sedimentos de lagoas próximas sugeriram que a deposição polínica dentro de cavernas pode fornecer indícios confiáveis da vegetação local e regional, e são diretamente comparáveis aos espectros polínicos mais convencionais derivados de sedimentos de lagos e tapetes de briófitas. Contudo, ressaltaram que os influxos relativamente baixos de pólen dentro de cavernas podem ter relação com características particulares de cada caverna, a exemplo das formas e dimensões da entrada e do interior, sua posição geográfica, entre outros aspectos.

Coles e Gilbertson (1994) investigaram os espectros polínicos recentes de quatro cavernas na Inglaterra no período de um ano, com intervalos mensais, e observaram que eles refletem tanto a vegetação próxima da entrada das cavernas como também de grandes áreas distantes do seu entorno. Ao analisarem as relações entre pólen arbóreo e não arbóreo relacionadas a dezenas de espécies presentes na área, verificaram que os espectros polínicos refletiam as proporções de florestas e de campos abertos presentes num raio de 5 km em relação ao local. A presença elevada de esporos de pteridófitas tiveram relação com a presença dessas plantas na entrada das

cavernas e com a dinâmica de produção e dispersão de esporos delas. Em duas das quatro cavernas, os autores observaram que o número de palinomorfos acumulados por mm^2 caiu à medida que aumentava a distância dos pontos internos até a entrada da caverna.

Navarro et al. (2002) estudaram a chuva polínica no interior de duas cavernas em ambientes áridos com predomínio de plantas entomófilas na Espanha. O papel positivo da aridez na preservação do pólen em sedimentos cavernícolas foi destacado pelos autores, e se refletiu nas amostras através da alta concentração de pólen e diversidade de táxons, tanto locais quanto regionais. A contribuição da aridez para a preservação do pólen foi reforçada quando os autores compararam quantidades e diversidade de palinomorfos encontradas nas duas cavernas com as de outras áreas não áridas da Espanha. Eles destacaram que os espectros de pólen de sedimentos de cavernas, embora fortemente influenciados pelo transporte biótico, podem representar bem a vegetação circundante, ainda melhor do que a chuva de pólen externa, que é influenciada pela produção abundante e dispersão de grãos de pólen de espécies polinizadas pelo vento. Os coeficientes de correlação de Spearman mostraram um gradiente negativo para a concentração de pólen, desde a entrada até o fundo da caverna. A morfologia das cavernas se mostrou relevante no contexto do estudo. A caverna com cavidade longa, estreita e de pequenas entradas apresentou menor concentração de pólen (155.613 grãos de pólen/g) do que a outra com cavidade isodiamétrica e entrada larga (282.470 grãos de pólen/g).

Hunt e Rushworth (2005) pesquisaram sobre a tafonomia e a chuva polínica em uma caverna tropical na Malásia. Os sedimentos eram predominantemente biogênicos (guano de morcegos e aves) e foram extraídos de sítio arqueológico do interior de caverna. Próximo da abertura dela, na parte interna, os espectros polínicos foram semelhantes aos de amostras do solo da floresta fora da caverna. No interior, a sedimentação se mostrou altamente orgânica e composta, em grande parte, por excrementos de



morcegos e pássaros. As assembleias de pólen no interior se revelaram 'tendenciosas', com super-representação de táxons de mangue e matas ciliares, resultante do recrutamento seletivo de grãos de pólen por morcegos e andorinhas que forrageavam preferencialmente nestes ambientes, a cerca de 7 e 2 km da caverna, respectivamente, e retornavam para seus abrigos na caverna. Na frente da caverna, as proporções dos vários grupos de palinomorfos refletiram amplamente a vegetação exterior, a exemplo de algumas pteridófitas, presentes na entrada. Samambaias, táxons de floresta tropical/pântano e ervas daninhas tiveram declínio gradual dos seus sinais polínicos ao longo 30 m dentro da caverna. Tanto os sedimentos quanto o influxo de pólen foram influenciados por dois fatores principais: a proximidade de entradas externas e o fluxo de guano produzido e depositado no interior da caverna.

Com base nos estudos acima citados, observou-se algumas congruências entre eles com relação a dois aspectos relevantes: (1) os espectros polínicos recentes de cavernas refletem de forma muito fiel a vegetação local e regional (D. Burney & L. Burney, 1993; Coles & Gilbertson, 1994; Navarro et al., 2002; Hunt & Rushworth, 2005), e (2) a quantidade e a diversidade de palinomorfos são menores em pontos internos mais distantes da abertura de cavernas e maiores nos pontos mais próximos delas (Coles & Gilbertson, 1994; Navarro et al., 2002).

Assim, com base nessas informações, é possível apoiar três inferências neste estudo: (1) que uma extensa área na frente da Gruta da Caixa d'Água provavelmente tinha vegetação com predomínio de plantas herbáceas no período da deposição de sedimentos do nível 30-40 cm, com grande presença de ervas entomófilas (Asteraceae, *Evolvulus* e *Mitracarpus/Spermacoce*), e que (2) a baixa quantidade de palinomorfos detectada nos outros níveis do perfil, além de poder estar relacionada à localização do perfil, que não era uma das mais favoráveis a um maior acúmulo de palinomorfos quando comparada à de outros pontos mais centrais e próximos à entrada da caverna, pode também estar associada a fatores relacionados a uma

possível diminuição de fluxo de entrada/saída de ocupantes humanos e/ou do incremento de processos degradativos dos palinomorfos, contudo, para uma melhor definição no caso dessa segunda possibilidade, seriam necessárias análises mais detalhadas da composição química, da granulometria das amostras de sedimentos e dos processos tafonômicos desses níveis; além disso, (3) o maior aporte de grãos de pólen nos sedimentos pode ter sido incrementado de forma não intencional pelos seus antigos ocupantes humanos, através do transporte pela superfície do corpo e de materiais trazidos por eles, a partir dos quais caíam grãos de pólen no interior da caverna. O fato de as ervas terem porte mais baixo pode ter favorecido um maior contato físico e consequente aderência de grãos de pólen, principalmente nos pés e pernas dos humanos que transitavam entre o exterior e o interior da caverna, resultando numa super-representação delas nos espectros polínicos com relação às árvores e aos arbustos presentes na área, que foram sub-representados.

Considerando que em todos os níveis havia vestígios arqueológicos, poderia ser esperado que as amostras com maiores concentrações deles, a exemplo dos níveis de 20-30 cm e de 70-80 cm, fossem as que apresentassem as maiores quantidades e diversidade de grãos de pólen, mas isso não ocorreu; ao contrário, esses dois níveis revelaram baixíssimas quantidades e diversidade de palinomorfos. Por outro lado, o nível de 30-40 cm, que não se destacou pela quantidade de vestígios, apresentou a maior quantidade e diversidade de palinomorfos na amostra de sedimentos. Nesse contexto, quais fatores poderiam ter resultado a baixa representatividade da flora local nos espectros polínicos da grande maioria dos níveis?

Uma possível resposta para essa questão é de difícil alcance. Contudo, com base em informações disponíveis em estudos anteriores, é possível levantar algumas possibilidades. Sabe-se, por exemplo, que as condições ideais de preservação de grãos de pólen ocorrem em ambientes permanentemente alagados (e, portanto, anóxicos), de baixa energia, que inibem a degradação



da esporopolenina (Twiddle & Bunting, 2010). Nesse sentido, o esperado seria que realmente a preservação de palinomorfos na caverna Gruta da Caixa d'Água fosse baixa.

Os danos pós-depositionais aos grãos de pólen são geralmente divididos em dois tipos: oxidativo e mecânico. Em amostras provenientes de contextos com boa disponibilidade de oxigênio, os táxons mais suscetíveis geralmente são os que possuem exina mais fina (Havinga, 1964, 1967). Contudo, a susceptibilidade dos grãos de pólen a danos está mais relacionada com a porcentagem de esporopolenina dentro da parede do que propriamente com a espessura. Brooks (1971) descobriu que o conteúdo de esporopolenina varia não apenas entre os táxons, mas também entre os grãos de pólen de um mesmo táxon. Consequentemente, alguns grãos de pólen serão mais resistentes do que outros. Nesse sentido, os grãos de pólen relacionados aos tipos polínicos *Evolvulus*, Asteraceae 1 e *Mitracarpus/Spermacoce* devem apresentar quantidade expressiva de esporopolenina nas paredes, especialmente *Mitracarpus/Spermacoce*, que não foi detectado apenas em uma das amostras de sedimento com palinomorfos, a do nível de 20-30 cm.

Para além da resistência da parede dos palinomorfos, o espectro dos danos tem relação direta com os processos tafonômicos e estes devem ser os mais relevantes no contexto deste estudo. Processos corrosivos ocorrem mais intensamente em ambientes com alta atividade biológica e processos de danos mecânicos, por outro lado, afetam mais os grãos de pólen que são transportados e depositados em ambientes minerogênicos (Twiddle & Bunting, 2010). Assim, os palinomorfos do sítio Gruta da Caixa d'Água, na grande maioria nos níveis, devem ter sido destruídos tanto por danos oxidativos quanto por danos mecânicos, considerando a natureza predominantemente arenosa dos sedimentos, que favorece a aeração e os atritos frequentes com os grãos de areia. Segundo Twiddle e Bunting (2010), a intensidade da destruição por danos mecânicos é significativamente maior em substratos mais ricos em areia; e, se houver presença de partículas minerais maiores no substrato, haverá uma tendência ainda maior

a danos mecânicos, que se refletirão nas porcentagens de grãos de pólen quebrados e muito amassados. Nesse sentido, uma possível análise mineralógica e granulométrica das amostras de sedimentos poderia ter contribuído para elucidar essa questão, especialmente com relação à amostra de sedimentos do nível 30-40 cm, a única que se destacou pela quantidade e diversidade de palinomorfos.

EVIDÊNCIAS SOBRE O CLIMA E POSSÍVEIS EFEITOS ANTRÓPICOS SOBRE A VEGETAÇÃO NO PERÍODO DE FORMAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE SEDIMENTOS DA CAVERNA

Estudos paleoambientais que contemplam períodos de até 6.000 AP não trazem indícios de ocorrência de variações climáticas expressivas que possam ter resultado em mudanças relevantes na vegetação de áreas sob o domínio da Caatinga e do Cerrado, no Nordeste e Centro-Oeste, respectivamente (Parizzi et al., 1998; P. E. Oliveira et al., 1999; Barberi et al., 2000; Medeiros et al., 2018; Horák-Terra et al., 2020). Os principais táxons representativos das espécies da Caatinga, por exemplo, continuam se fazendo representar na chuva polínica atual, em depósitos naturais de pólen (Gomes et al., 2014; Santos et al., 2015; Magalhães-e-Silva & Santos, 2024).

Nesse contexto, considerando a grande diversidade de espécies presentes na área de estudo, com centenas de espécies de angiospermas, conforme relatado nos resultados, naturalmente seria esperada uma diversidade muito maior de tipos polínicos relacionados às espécies com os mais variados hábitos (por exemplo, ervas, arbustos, árvores) nos sedimentos da caverna estudada, o que não ocorreu. Ao invés disso, os resultados sintetizados na Tabela 2 e Figura 4 revelaram predomínio tanto na diversidade quanto na quantidade de palinomorfos relacionados a espécies herbáceas e arbustivas, o que contrasta com a vegetação atual e com as informações presentes na literatura de que não houve mudanças climáticas que pudessem alterar significativamente a vegetação nos últimos seis mil anos. Desse modo, é possível que os ocupantes pré-coloniais da caverna e



do seu entorno fizessem uso constante da vegetação lenhosa secundária e de necromassa (madeira morta) da área sob efeito antropogênico para a produção de fogueiras. As plantas herbáceas naturalmente permaneciam na área com grande número de indivíduos, característico de áreas de vegetação secundária. Os resultados do estudo de Scheel-Ybert et al. (2016), com base em análises antracológicas em sítios de diferentes tradições culturais que ocuparam o território brasileiro nas regiões Sul, Sudeste e Amazônia Central, demonstraram que grupos interagiram com a vegetação natural e transformavam a paisagem de muitas maneiras, particularmente criando áreas de vegetação secundária dentro de florestas. Segundo os autores, devido à sua proximidade, estrutura e/ou significado social, os espaços de vegetação secundária domesticada no entorno dos assentamentos eram possivelmente preferidos para a coleta de lenha.

Em artigo recente, Silva e Souza (2022) revelaram que a estrutura espacial da flora lenhosa da Caatinga ao longo do tempo teve importante influência de alguns fatores ambientais, especialmente durante o Pleistoceno, inclusive de atividades de povos pré-coloniais que habitaram sua área de domínio. Contudo, os autores destacam a necessidade de avanços de estudos arqueológicos associados a indicadores biológicos para melhorar a compreensão de como populações pré-coloniais geravam impactos sobre a biodiversidade e a estrutura da vegetação da Caatinga.

Em alguns níveis, especialmente os mais basais deste estudo, não foi possível realizar inferências sobre a vegetação, visto que apresentaram uma quantidade de palinomorfos muito pequena ou até mesmo ausente. Leonor et al. (2019) relataram diminuição de vestígios macrobotânicos de sementes e frutos nesses níveis. Os sedimentos deles apresentaram coloração amarelada, o que evidencia baixa quantidade de matéria orgânica e consequentemente desfavorece a preservação dos palinomorfos. De acordo com Salgado-Labouriau (2006), substratos pobres em matéria orgânica são muito menos eficientes na preservação de palinomorfos do que substratos nos quais o conteúdo orgânico é abundante.

Por outro lado, um aumento de matéria orgânica não é necessariamente indicador de maior quantidade de palinomorfos no substrato. Os vestígios de partes de plantas encontrados por Leonor et al. (2019) na Gruta da Caixa d'Água tiveram maior quantidade e diversidade nos níveis 40-50 cm e 60-70 cm, sendo encontradas nestes níveis quantidades muito reduzidas de palinomorfos.

Tanto vestígios de partes de plantas quanto carvões foram encontrados em maior quantidade acima dos níveis mais basais. Macrorrestos de *Syagrus* foram os únicos tipos encontrados em todos os níveis por Leonor et al. (2019) no sítio. Conforme destacado nos resultados, o tipo polínico *Syagrus* foi o segundo mais frequente nos níveis onde foram detectados palinomorfos. Este resultado corrobora, portanto, os resultados de Leonor et al. (2019) e coloca o táxon em posição de destaque para inferências paleoambientais na área deste estudo.

CONCLUSÃO

A prospecção de palinomorfos em sedimentos do sítio arqueológico da caverna Gruta da Caixa d'Água revelou uma baixa diversidade de tipos polínicos e uma distribuição irregular de palinomorfos ao longo dos níveis do perfil estudado, predominantemente relacionados a táxons herbáceos e subarbustivos. Tanto a reduzida diversidade como as quantidades irregulares de palinomorfos foram mencionadas por outros autores para ambientes de caverna em contexto arqueológico em várias partes do mundo. Estudos anteriores indicam que não houve mudanças climáticas significativas nos últimos 6.000 anos nas áreas atuais de Caatinga, de modo que a composição e a estrutura da vegetação não devem ter sofrido alterações naturais significativas ao longo deste período. Nesse sentido, os espectros polínicos encontrados na Gruta da Caixa d'Água não refletiram a vegetação característica da Caatinga ou de áreas de ecótono, comuns na área de estudo, representada por elevada diversidade florística, inclusive com centenas de espécies arbóreas e arbustivas. Ao invés disso, eles revelaram uma super-representação de palinomorfos relacionados a táxons herbáceos e subarbustivos,



característicos de áreas com vegetação secundária formada a partir de ações antropogênicas.

É muito provável que esta super-representação seja decorrente da permanência dessas plantas na área e do transporte constante dos seus grãos de pólen para o interior da caverna, principalmente pelos seus ocupantes. Por serem plantas de menor porte e geralmente terem muitos indivíduos nos ambientes de ocorrência, o contato e a aderência de grãos de pólen nas partes inferiores do corpo (pés e pernas) tendem a ser favorecidos, possibilitando maior representatividade de espécies herbáceas e subarbustivas no interior da caverna a partir de desprendimentos contínuos dos corpos de seus ocupantes ao longo tempo. Apesar de quantidades reduzidas, o tipo polínico *Syagrus* foi o segundo mais frequente nos níveis onde foram detectados palinomorfos e isso corrobora informações presentes em estudo paleobotânico recente com relação à presença de indivíduos na área de estudo, cujos usos são referidos em diversos estudos arqueológicos realizados em áreas de ocorrência de suas espécies, inclusive no Semiárido brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira e a Danilo dos Santos Duarte, pela produção do diagrama polínico.

REFERÊNCIAS

- Barberi, M., Salgado-Labouriau, M. L., & Suguio, K. (2000). Paleovegetation and paleoclimate of 'Vereda de Águas Emendadas', central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 13(3), 241-254. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(00\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(00)00022-5)
- Brooks, J. (1971). Some chemical and geochemical studies on sporopollenin. In J. Brooks, P. R. Grant, M. Muir, P. van Gijzel, & G. Shaw (Eds.), *Sporopollenin* (pp. 351-407). Academic Press.
- Burney, D. A., & Burney, L. P. (1993). Modern pollen deposition in cave sites: experimental results from New York State. *New Phytologist*, 124(3), 523-535. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03844.x>
- Calvente, A. M., Freitas, M. F., & Andreata, R. H. P. (2005). Listagem, distribuição geográfica e conservação das espécies de Cactaceae no Estado do Rio de Janeiro. *Rodriguésia*, 56(87), 141-162. <https://doi.org/10.1590/2175-78602005568711>
- Carrión, J. S., Dupré, M., Fumanal, M. P., & Montes, R. (1995). A palaeoenvironmental study in semi-arid southeastern Spain: the palynological and sedimentological sequence at Perneras Cave (Lorca, Murcia). *Journal of Archaeological Science*, 22(3), 355-367. <https://doi.org/10.1006/jasc.1995.0037>
- Carrión, J. S., Munuera, M., Navarro, C., Burjachs, F., Dupré, M., & Walker, M. J. (1999). The palaeoecological potential of pollen records in caves: the case of Mediterranean Spain. *Quaternary Science Reviews*, 18(8-9), 1061-1073. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(98\)00002-X](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(98)00002-X)
- Carrión, J. S., & Scott, L. (1999). The challenge of pollen analysis in palaeoenvironmental studies of hominid beds: the record from Sterkfontein caves. *Journal of Human Evolution*, 36(4), 401-408. <https://doi.org/10.1006/jhev.1998.0276>
- Carrión, J. S., Gil, G., Rodríguez, E., Fuentes, N., García-Antón, M., & Arribas, A. (2005). Palynology of badger coprolites from central Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 226(3-4), 259-271. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.05.016>
- Carrión, J. S., Fernández, S., González-Sampériz, P., Leroy, S. A. G., Bailey, G. N., López Sáez, J. A., . . . Dupré, M. (2009). Quaternary pollen analysis in the Iberian Peninsula: the value of negative results. *Internet Archaeology*, 25, 1-53. <https://doi.org/10.11141/ia.25.5>
- Cassino, R. F., & Meyer, K. E. B. (2011). Morfologia de grãos de pólen e esporos de níveis holocénicos de uma vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, Minas Gerais), Brasil. *Journal of Geoscience*, 7(1), 41-70. <https://revistas.unisinos.br/index.php/gaea/article/view/4523>
- Chaves, S. A. M., & Renault-Miskovsky, J. (1996). Paléoethnologie, paléoenvironnement et paléoclimatologie du Piauí, Brésil: apport de l'étude pollinique de coprolithes humains recueillis dans le gisement préhistorique de Pedra Furada. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, 322(12), 1053-1060.
- Chaves, S. A. M. (2000). Estudo palinológico de coprólitos pré-históricos holocenos coletados na Toca do Boqueirão do Sítio da Pedra Furada: contribuições paleoetnológicas, paleoclimáticas e paleoambientais para a região sudeste do Piauí - Brasil. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, (10), 103-120. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2000.109380>
- Chaves, S. A. M., & Reinhard, K. J. (2003). Paleopharmacology and pollen: theory, method, and application. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98, 207-211. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000900030>
- Coelho, D. C., & Marinho-Filho, J. (2002). Diet and activity of *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera, Phyllostomidae) in the federal district, Brazil. *Mammalia*, 66(3), 319-330. <https://doi.org/10.1515/mamm.2002.66.3.319>



- Coles, G. M., & Gilbertson, D. D. (1994). The airfall-pollen budget of archaeologically important caves: Creswell Crags, England. *Journal of Archaeological Science*, 21(6), 735-755. <https://doi.org/10.1006/jasc.1994.1073>
- Cristóbal, C. L. (2001). Taxonomía del género *Helicteres* (Sterculiaceae). Revisión de las especies americanas. *Bonplandia*, 11(1-4), 1-206. <https://doi.org/10.30972/bon.111-43944>
- Dimbleby, G. W. (1985). *The palynology of archaeological sites* (Studies in Archaeological Science). Academic Press.
- Felfili, J. M., Silva, M. C., Mendonça, R. C., Fagg, C. W., Filgueiras, T. S., & Mecenas, V. (2007). Composição florística da estação ecológica de Águas Emendadas no Distrito Federal. *Heringeriana*, 1(2), 25-85.
- Flora e Funga do Brasil. (s.d.). *Copáifera*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Freitas, A. G., Carrión García, J. S., Fernández Jiménez, S., Pedroza, I., Fernández Caromano, C., Mathews Cascón, L., . . . Oliveira, C. A. (2015). Manejo y cultivo de plantas en sierras húmedas del NE de Brasil ca. 670-530 BP: evidencias palinológicas del yacimiento Evaristo I. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 47, 203-231. <https://doi.org/10.17648/heringeriana.v1i2.126>
- Freitas, A. G., Goncalves-Esteves, V., Mendonça, C. B. F., Fernández, S., & Carrión, J. S. (2020). First quaternary Brazilian cave pollen record: morphological descriptions, taxonomic and ecological data. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 23(1), 32-47. <https://sbpbrasil.org/publications/index.php/rbp/article/view/122>
- Freitas, A. G., Silva Leôncio, Y. B., Sousa-Carvalho, L. M., Nascimento, A. L. M. L., & Miranda Chaves, S. A. (2022). Paisagem, clima e subsistência no Sudeste do Piauí: estudos arqueopalinológicos no Sítio Toca da Baixa dos Caboclos. *CLIO-Arqueológica*, 37(1), 211-283. <https://doi.org/10.51359/2448-2331.2022.254548>
- Garcia-Antón, M., & Sainz-Ollero, H. (1991). Pollen records from the middle Pleistocene Atapuerca site (Burgos, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 85(3-4), 199-206. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90159-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90159-O)
- Gomes, J. M. S., Lima, L. C. L., Santos, F. A. R., & Silva, F. H. M. (2014). First records of pollen rain in bromeliad tanks in an area of caatinga in northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasiliensis*, 28(2), 176-183. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062014000200004>
- Havinga, A. J. (1964). Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen Spores*, 6(2), 621-635.
- Havinga, A. J. (1967). Palynology and pollen preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2(1-4), 81-98. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(67\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90138-8)
- Horák-Terra, I., Martínez Cortizas, A., Luz, C. F. P., Silva, A. C., Mighall, T., Camargo, P. B., . . . Vidal-Torrado, P. (2020). Late Quaternary vegetation and climate dynamics in central-eastern Brazil: Insights from a ~ 35k cal a BP peat record in the Cerrado biome. *Journal of Quaternary Science*, 35(5), 664-676. <https://doi.org/10.1002/jqs.3209>
- Hunt, C. O., & Rushworth, G. (2005). Pollen taphonomy and airfall sedimentation in a tropical cave: the West Mouth of The Great Cave of Niah in Sarawak, Malaysian Borneo. *Journal of Archaeological Science*, 32(3), 465-473. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.11.005>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). *Malha Municipal – Bahia*. IBGE. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-territorial/malhas-territoriais/15774-malhas.html>
- Leonor, M. I. S., Santana, J. A. C., & Silva-Santana, C. C. (2019). Archaeobotanical remains of cave site in Caetité, Bahia, Brazil. *International Journal of Development Research*, 9(3), 26369-26372. <https://www.journalijdr.com/archaeobotanical-remains-cave-site-caetit%C3%A9-bahia-brazil>
- Lima, R. B. (2000). *A família Rhamnaceae no Brasil: diversidade e taxonomia* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo].
- Lima, R. R., & Costa, J. P. C. (1997). *Coleta de plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia brasileira. Parte I: Metodologia e expedições realizadas para coleta de germoplasma*. Embrapa - CPATU. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/385792/coleta-de-plantas-de-cultura-pre-colombiana-na-amazonia-brasileira>
- Lopes, E. T. (2012). *Conhecimentos Bakairi cotidianos e conhecimentos químicos escolares: perspectivas e desafios* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Sergipe]. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/4749>
- Lorenzi, H. (2002). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil* (Vol. 1). Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Macedo, R. B. (2009). *Análise palinológica de um testemunho holocênico em Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17893>
- Magalhães-e-Silva, F. H. (2007). *Contribuição à Palinologia das Caatingas* [Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana]. <https://rcpol.mn.ufrj.br/wp-content/uploads/2016/07/162-Silva-2007-Contribui%C3%A7%C3%A3o-a-palinologia-das-caatingas.pdf>
- Magalhães-e-Silva, F. H., & Santos, F. A. R. (2024). Pollen rain in a semi-arid area of Northeastern Brazil: pollen diversity, concentrations over two years and their relationship with ecological aspects. *Aerobiology*, 2(4), 118-150. <https://doi.org/10.3390/aerobiology2040009>



- Marchant, R., Almeida, L., Behling, H., Berrio, J. C., Bush, M., Cleef, A., . . . Salgado-Labouriau, M. L. (2002). Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 121(1), 1-75. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(02\)00082-9](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(02)00082-9)
- Medeiros, V. B., Oliveira, P. E., Santos, R. A., Barreto, A. M. F., Oliveira, M. A. T., & Pinaya, J. L. D. (2018). New Holocene pollen records from the Brazilian Caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 2011-2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170161>
- Navarro, C., Carrión, J. S., Prieto, A. R., & Munuera, M. (2002). Modern cave pollen in an arid environment and its application to describe palaeorecords. *Complutum*, 13, 7-18.
- Oliveira, C. A., Freitas, A. G., Carrión, J. S., Fernández, S., Valle, F., Miranda, A., . . . Borges, L. E. (2015). Investigações arqueobotânicas na cerâmica pré-histórica de Araripina (Pernambuco): aproximações teórico-metodológicas e primeiros resultados. *Revista Taraiú*, 1(10), 51-75.
- Oliveira, P. E., Barreto, A. M. F., & Suguio, K. (1999). Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152(3-4), 319-337. [https://doi.org/10.1016/S0034-0001-0182\(99\)00061-9](https://doi.org/10.1016/S0034-0001-0182(99)00061-9)
- Oliveira, P. P. (2003). *Registros palinológicos em sedimentos recentes do estuário do rio Caravelas, Bahia* [Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana].
- Parizzi, M. G., Salgado-Labouriau, M. L., & Kohler, H. C. (1998). Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene*, 8(3), 311-321. <https://doi.org/10.1191/095968398670195708>
- Pott, A., & Pott, V. J. (1994). *Plantas do Pantanal*. Embrapa-SPI.
- Pucu, E., Russ, J., & Reinhard, K. (2020). Diet analysis reveals pre-historic meals among the loma san gabriel at La cueva de Los muertos chiquitos, rio zape, Mexico (600-800 CE). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(1), 25. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00950-0>
- Reinhard, K. J., Chaves, S. M., Jones, J. G., & Iniguez, A. M. (2008). Evaluating chloroplast DNA in prehistoric Texas coprolites: medicinal, dietary, or ambient ancient DNA? *Journal of Archaeological Science*, 35(6), 1748-1755. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.11.013>
- Roubik, D. W., & Moreno, J. E. (1991). *Pollen and spores of Barro Colorado Island* (Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 36). Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau, M. L. (1973). *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Academia Brasileira de Ciências.
- Salgado-Labouriau, M. L. (2006). *Critérios e técnicas para o Quaternário*. Editora Edgard Blücher.
- Santos, J. O. (2012). *Estudo arqueopalinológico da Gruta da Caixa d'Água, município de Caetité, Bahia* [Monografia de graduação, Universidade do Estado da Bahia].
- Santos, D. A., Lima, L. C. L., Santos, F. A. R., & Magalhães-e-Silva, F. H. (2015). First report of modern pollen deposition in moss polsters in a semiarid area of Bahia, Brazil. *Acta Botanica Brasiliensis*, 29(4), 532-542. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0128>
- Scheel-Ybert, R., Caromano, C. F., & Azevedo, L. W. (2016). Of forests and gardens: landscape, environment, and cultural choices in Amazonia, southeastern and southern Brazil from c. 3000 to 300 cal yrs BP. *Cadernos do Lepaarrq*, 13(25), 425-458. <https://doi.org/10.15210/lepaarrq.v13i25.7502>
- Silva, A. C., & Souza, A. F. (2022). Spatial structure of the Caatinga woody flora: abundance patterns have environmental, Pleistocene, and indigenous drivers. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(Suppl. 3), e20211019. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211019>
- Silva-Santana, C. C. (2010). *Projeto Arqueológico Pedra do Ferro: relatório final*. Caetité.
- Soentgen, J., & Hilbert, K. (2016). A Química dos povos indígenas da América do Sul. *Química Nova*, 39(9), 1141-1150. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160143>
- SpeciesLink. (s.d.). *SpeciesLink – rede de dados de biodiversidade [Site]*. <https://specieslink.net/>
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). (2015). *Perfil dos territórios de identidade da Bahia* (Vol. 1). Publicações SEI.
- Teixeira-Santos, I., Sianto, L., Araújo, A., Reinhard, K. J., & Chaves, S. A. M. (2015). The evidence of medicinal plants in human sediments from Furna do Estrago prehistoric site, Pernambuco State, Brazil. *Quaternary International*, 377, 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.01.019>
- Twiddle, C. L., & Bunting, M. J. (2010). Experimental investigations into the preservation of pollen grains: A pilot study of four pollen types. *Review Palaeobotany Palynology*, 162(4), 621-630. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.08.003>
- Ybert, J.-P., Salgado-Labouriau, M. L., Barth, O. M., Lorscheitter, M. L., Barros, M. A., Chaves, S. A. M., . . . Vicentini, K. F. (1992). Sugestões para padronização da metodologia empregada em estudos palinológicos do Quaternário. *Revista do Instituto Geológico*, 13(2), 47-49. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19920009>



CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

J. O. B. Santos coontribuiu com conceituação, curadoria de dados, investigação, validação e escrita (rascunho original, revisão e edição); C. C. Silva-Santana com conceituação, análise formal, metodologia e escrita (revisão e edição); e F. H. Magalhães-e-Silva com conceituação, curadoria de dados, análise formal, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração de projeto, recursos, supervisão, validação e escrita (rascunho original, revisão e edição).

DADOS DA PESQUISA

Os dados não foram depositados em repositório.

PREPRINT

Não foi publicado em repositório.

AVALIAÇÃO POR PARES

Avaliação duplo-cega, fechada.