RESEARCH ARTICLE

ANÁLISE ARQUEOMÉTRICA DE OCRES AMARELOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO PEDRA DO ATLAS, BRASIL

Archaeometric Analysis of Yellow Ochres from the Pedra do Atlas Archaeological Site, Brazil

Luis Carlos Duarte Cavalcante, Victor Hugo Gomes Tostes



Laboratório de Arqueometria, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Brasil (cavalcanteufpi@ufpi.edu.br)

Figura 1. Localização geográfica do sítio arqueológico Pedra do Atlas. Vista panorâmica das formações rochosas e da vegetação da área do Buriti dos Cavalos e detalhes do abrigo arenítico e das pinturas rupestres.

RESUMO. A Pedra do Atlas é um abrigo sob-rocha arenítica localizado na área rural do município de Piripiri, no norte do Piauí, Brasil, decorado com 423 pinturas rupestres, além de algumas inscrições gravadas. Recentemente,

Recibido: 29-12-2019. Aceptado: 6-1-2020. Publicado: 14-1-2020. Edited & Published by Pascual Izquierdo-Egea. English proofreading by Rocío M. López Cabral. Arqueol. Iberoam. Open Access Journal. License CC BY 3.0 ES. http://purl.org/aia/4501. fragmentos cerâmicos, pigmentos minerais e alguns líticos foram encontrados no solo superficial desse sítio arqueológico. Amostras representativas dos ocres amarelos foram analisadas por fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF), análise elementar por CHN, microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de energia dispersiva (EDS), espectroscopia de absorção de energia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e difratometria de raios X (DRX) do pó, visando determinar a composição químico-mineralógica e identificar as espécies ferruginosas desses materiais pictóricos. O teor de ferro nesses pigmentos minerais, como determinado por EDXRF, aqui expresso como Fe_2O_3 , é ~42 a ~68 massa%. A proporção de carbono, como determinada via análise elementar por CHN, varia de 0,16 a 0,65 massa%. As micrografias de MEV mostraram a micromorfologia das amostras investigadas e os espectros EDS revelaram a composição química de microáreas ricas em espécies ferruginosas. Os dados de DRX e de FTIR mostram que esses materiais pictóricos contêm goethita (α -FeOOH) como fase mineral dominante. Quartzo, caulinita e anatásio foram encontrados, em baixas proporções, como minerais associados.

PALAVRAS-CHAVE. Ocre amarelo; Goethita; FTIR; DRX; Arqueometria.

ABSTRACT. The Pedra do Atlas is a sandstone shelter, located in the rural area of the municipality of Piripiri, in the north of Piauí, Brazil, decorated with 423 rupestrian paintings, as well as some engravings. Recently, ceramic fragments, mineral pigments and some lithic artifacts were found on the superficial soil layer of this archaeological site. Samples of the yellow ochres were analyzed by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF), CHN elemental analysis, scanning electronic microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and powder X-ray diffractometry (XRD), aiming to determine the chemical-mineralogical composition and to identify the ferruginous species of these pictorial materials. The iron content in the ochres, as determined by EDXRF, expressed as Fe_2O_3 , is -42 to -68 mass%. The carbon proportion, as determined by CHN elemental analysis, is 0.16 to 0.65 mass%. The SEM micrographs showed the micromorphology of the investigated samples and the EDS spectra revealed the chemical composition of microareas rich in ferruginous species. The XRD and FTIR data show that these pictorial materials contain goethite (α -FeOOH) as the dominant mineral phase. Quartz, kaolinite and anatase were found, in low proportions, as associated minerals.

KEYWORDS. Yellow ochre; Goethite; FTIR; XRD; Archaeometry.

INTRODUÇÃO

O vale verdejante do riacho Corrente, na área rural do município de Piripiri, norte do Piauí, no Nordeste do Brasil, contém um considerável acervo arqueológico, essencialmente composto por abrigos sob-rocha ou blocos areníticos nos quais são encontradas inscrições rupestres pré-históricas (Cavalcante et al. 2014; Cavalcante 2015a, 2016). Desse acervo, destaca-se, aqui, o sítio arqueológico Pedra do Atlas (Figura 1), situado no povoado Buriti dos Cavalos, um abrigo sob-rocha arenítica ruiniforme circundado por densa vegetação característica da província fitogeográfica do cerrado. As paredes, saliências e reentrâncias rochosas desse abrigo esculpido por erosão diferencial encontram-se ornamentadas com 423 pinturas rupestres confeccionadas em padrões policrômicos, havendo ainda algumas, poucas, inscrições gravadas (Cavalcante e Rodrigues 2009).

A área em que as inscrições rupestres são encontradas tem dimensão total de aproximadamente 13,80 metros de extensão e 6,38 metros de altura, esta última estimada a partir do grafismo mais baixo, 1,62 metros, e do mais alto, 8,00 metros, ambos em relação ao nível do solo atual (Cavalcante e Rodrigues 2009). As pinturas rupestres (Figura 1) representam figuras abstratas com tendência geométrica, antropomorfos, zoomorfos, carimbos de mãos e propulsores de dardos realizados em diversos padrões cromáticos: branco, cinza, verdeoliva, vinho, laranja, amarelo e, predominantemente, em diferentes tonalidades de vermelho (Cavalcante e Rodrigues 2009). Sobreposições e recorrências dos motivos pintados são frequentes.

Mais recentemente, fragmentos cerâmicos, ocres e alguns líticos foram encontrados na superfície do solo abrigado desse sítio arqueológico (Cavalcante e Tostes 2017). Supõe-se que os ocres encontrados no sítio podem ter sido usados na preparação das tintas utilizadas na confecção das pinturas rupestres que decoram o abrigo (Cavalcante 2015b). Presume-se ainda que tais ocres possam ter sido obtidos a partir de jazidas de pigmentos de cores correspondentes, existentes nas proximidades do abrigo, os quais devem ter sido concentrados em um mineral específico para se obter a cor de interesse (Silva *et al.* 2017).

O objetivo central deste trabalho foi realizar a análise arqueométrica de ocres amarelos coletados dos sedimentos superficiais do sítio arqueológico Pedra do Atlas com foco na identificação das espécies ferruginosas constituintes desses materiais pictóricos. Para se atingir o objetivo proposto utilizou-se uma gama de técnicas analíticas na busca por informações mais consistentes e aprofundadas de cada amostra analisada. A investigação priorizou o maior número possível de técnicas analíticas não-destrutivas.

Arqueometria

A Arqueometria é um campo de pesquisa interdisciplinar e multidisciplinar do conhecimento humano que utiliza técnicas científicas de exames e de análises das ciências naturais, especialmente da Química e da Física, para investigar os mais diversificados tipos de materiais arqueológicos (Scott e Meyers 1994; Wagner e Kyek 2004; Cavalcante 2015b, 2018).

Ocre

O ocre é descrito na literatura científica como o pigmento mineral mais encontrado em sítios arqueológicos (Mortimore et al. 2004; Marshall et al. 2005; Cavalcante et al. 2017; Silva 2018), tendo sido utilizado desde a antiguidade em diversas atividades humanas, como de caráter simbólico, no uso funcional ou artístico, por exemplo, na confecção de pinturas rupestres (Popelka-Filcoff et al. 2007; Cavalcante 2012; Cavalcante et al. 2017; Silva 2018), em pinturas corporais (Bahn 1998; Cavalcante et al. 2005; Barnett et al. 2006), na conservação de alimentos (Audouin e Plisson 1982; Bahn 1998; Wadley et al. 2004; Rifkin 2011), no uso medicinal (Contin 2005; Forshaw 2009) e em contextos funerários (Martin 2008; Ramos 1995; Cavalcante et al. 2005; Elias et al. 2006; Guidon e Luz 2009; Padilla et al. 2012; Roebroeks et al. 2012). O ocre ainda é interpretado como evidência do simbolismo das cores (Watts 1999, 2002, 2009) e como um proxy para a origem da linguagem (Barham 2002; Knight 2008; Henshilwood e Dubreuil 2009).

A origem do termo ocre vem do grego ώχρόζ ou ochros que significa amarelo, tornando a expressão ocre amarelo tautológica (Barnett *et al.* 2006; Rifkin 2012).

Contudo, a cor do ocre varia em um amplo espectro cromático, desde a cor amarela até a púrpura, a depender do óxido/oxidróxido de ferro dominante em sua composição, como a hematita (fórmula ideal: α -Fe₂O₃) para a cor vermelha e a goethita (α -FeOOH) para a cor amarela (Mortimore *et al.* 2004; Cavalcante *et al.* 2017).

A coloração desse material pictórico é influenciada por três fatores: (i) o tipo de óxido/oxidróxido de ferro dominante em sua composição, conforme supramencionado (Bikiaris *et al.* 2000; Mortimore *et al.* 2004; Marshall *et al.* 2005; Elias *et al.* 2006; Montalto *et al.* 2012); (ii) a ampla diversificação em relação aos minerais constituintes do ocre, podendo tanto ser composto por um óxido de ferro puro quanto por misturas de óxidos de ferro entre si, ou ainda por óxidos de ferro com outros minerais, como argila, silicatos, entre outros (Cornell e Schwertmann 2003; Popelka-Filcoff *et al.* 2007); e (iii) a distribuição de tamanho de partículas no material (Marshall *et al.* 2005).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As amostras de ocres amarelos analisadas neste trabalho foram coletadas diretamente do solo superficial abrigado do sítio arqueológico Pedra do Atlas, em duas expedições a campo, realizadas em 2014 e 2017. Os critérios adotados para a seleção de amostras representativas para as medidas experimentais foram: (i) ocres com padrões cromáticos na cor amarela e (ii) quantidade adequada de material disponível para as medidas experimentais.

Porções representativas de três amostras selecionadas (PA.2014.26, PA.2017.45 e PA.2017.50) foram pulverizadas usando almofariz e pistilo de ágata e os pós obtidos, em seguida, submetidos às análises arqueométricas.

A determinação da composição química elementar foi realizada por fluorescência de raios X por dispersão de energia usando um espectrômetro *Shimadzu EDX-720*, equipado com tubo de Rh, potenciais de 15 kV (Na-Sc) e 50 kV (Ti-U), energias correspondentes de 20 keV (Na-Sc) e 40 keV (Ti-U) e corrente variável, com as amostras sob vácuo de 40 Pa e usando um colimador de 10 mm.

A quantificação dos teores de carbono foi realizada em um analisador elementar *CHNS/O PerkinElmer*, modelo *2400 Series II*, com as amostras acondicionadas em cadinhos de estanho.

| | Teor de óxidos/massa% | | |
|--------------------------------|-----------------------|------------|------------|
| | PA.2014.26 | PA.2017.45 | PA.2017.50 |
| Fe ₂ O ₃ | 41,58(3) | 68,47(5) | 48,39(4) |
| SiO ₂ | 50,35(9) | 17,54(8) | 38,07(9) |
| Al_2O_3 | 3,954(9) | 12,19(9) | 11,07(9) |
| SO_3 | 0,621(9) | 0,300(9) | 0,598(9) |
| P_2O_5 | 1,04(2) | 0,57(2) | 0,737(9) |
| TiO ₂ | 2,023(9) | 0,655(9) | 0,977(9) |
| V_2O_5 | 0,084(5) | 0,076(4) | 0,041(4) |
| Cr_2O_3 | 0,059(3) | 0,128(3) | 0,053(3) |
| ZrO ₂ | 0,289(2) | 0,073(1) | 0,068(1) |

Tabela 1. Composição química elementar, determinada por EDXRF, expressa em proporção em massa, na forma do óxido mais comum do elemento correspondente.

Os números entre parênteses são incertezas sobre o último dígito significativo, como fornecido pelo espectrômetro.

A micromorfologia dos materiais pictóricos foi investigada usando um microscópio eletrônico de varredura com emissão por efeito de campo, *FEG-MEV Zeiss*, modelo *SIGMA VP*, acoplado a um espectrômetro de energia dispersiva de raios X (EDS), da *Bruker Nano GmbH*, modelo *XFlash 410-M*, para a realização de microanálise química. Para as medidas experimentais, as amostras foram fixadas em fita condutora adesiva dupla face de carbono e, posteriormente, cobertas por eletrodeposição com um filme de ouro.

Análises complementares por espectroscopia de absorção de energia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) também foram realizadas. Espectros coletados em um espectrômetro *FTIR Perkin-Elmer Spectrum BX*, foram obtidos com as amostras em pastilhas de KBr, em varreduras na faixa de 4.500 a 370 cm⁻¹, com 64 varreduras.

As fases cristalinas das amostras foram analisadas por difratometria de raios X (DRX) pelo método do pó, usando um difratrômetro *Rigaku D/Max Ultima Plus*, com tensão de 40,0 kV e corrente de 30,0 mA, equipado com um tubo de raios X de cobre (CuK α ; $\lambda = 1,541838$ Å). As medidas experimentais foram realizadas no intervalo de 5 a 65° (2 θ), com velocidade de varredura de 1° (2 θ) min⁻¹. O silício foi usado como um padrão externo. As fases minerais foram identificadas qualitativamente por comparação com fichas cristalográficas JCPDS (JCPDS 1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de composição química elementar dos ocres amarelos, conforme determinada por EDXRF, expressa em proporção em massa, na forma do óxido mais comum do elemento correspondente, encontram-se sumarizados na Tabela 1. De modo geral, esses dados sugerem, para a maioria das amostras, uma constituição majoritária por espécies ferruginosas e minerais silicatados ricos em alumínio.

Os teores de ferro, expressos como Fe_2O_3 , variam de 41,58(3) massa% a 68,47(5) massa% nesses materiais pictóricos e são comparáveis aos encontrados em ocres amarelos do sítio arqueológico Pedra do Cantagalo I (Silva 2018), um outro abrigo arenítico decorado com pinturas e gravuras rupestres, existente no vale do riacho Corrente e localizado a aproximadamente 5 km de distância da Pedra do Atlas.

A proporção de carbono nos ocres amarelos varia de 0,16(1) massa% na PA.2014.26 a 0,65(9) massa% na PA.2017.50, enquanto na PA.2017.45 é de 0,26 (1) massa%. Esses dados são comparativamente mais baixos do que os teores de carbono encontrados por Silva (2018) para ocres amarelos do sítio Pedra do Cantagalo I, que mostraram teores entre 0,99(6) a 1,3 (1) massa%, consideravelmente mais altos.

As micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura paras as amostras PA.2014.26 e PA.



Figura 2. Micrografias de MEV para as amostras PA.2014.26 e PA.2017.50 e espectros EDS correspondentes.

2017.50 ilustram as micromorfologias dos ocres amarelos e os espectros EDS mostram a composição química elementar pontual desses materiais (Figura 2). A aglomeração das partículas desses materiais pictóricos dificulta a observação da forma acicular típica da goethita, melhor preservada na PA.2017.50.

Os espectros de absorção de energia na região do infravermelho (Figura 3) obtidos para os ocres amarelos mostram bandas intensas de absorção em ~398, ~406, ~460, ~668, ~798, ~896 e ~902 cm⁻¹ correspondentes às vibrações de goethita (Cornell e Schwertmann 2003; Mortimore *et al.* 2004; Salama *et al.* 2015; Silva 2018). As bandas de absorção em ~694, ~780, ~796, ~1082, ~1166 e ~1098 cm⁻¹ são atribuíveis ao quartzo (Genestar e Pons 2005; Darchuk *et al.* 2010; Salama *et al.* 2015; Silva 2018). O perfil espectral exibiu ainda sinais em ~910, ~1010, ~1032 e ~1114 cm⁻¹ atribuíveis à caulinita (Bikiaris *et al.* 2000; Genestar e Pons 2005; Salama *et al.* 2015; Silva 2018). Os espectros das amostras PA.2017.45 e PA.2017.50 mostram ainda sinais em ~468 e ~534 cm⁻¹ e ~472 e ~536 cm⁻¹, respectivamente, atribuíveis à hematita (Cornell e Schwertmann 2003; Mortimore *et al.* 2004; Marshall *et al.* 2005; Salama *et al.* 2015). O espectro da PA.2014.26 mostra um sinal residual em ~616 cm⁻¹ atribuível ao anatásio (Murador Filho 2012).

Os perfis difratométricos (Figura 4) das fases cristalinas desses ocres amarelos mostram reflexões de Bragg características dos minerais goethita (α -FeOOH; JCPDS # 29-713), quartzo (SiO₂; JCPDS # 46-1045), caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄; JCPDS # 29-1488), hematita (α -Fe₂O₃; JCPDS # 33-664) e anatásio (TiO₂; JCPDS # 21-1272).

A amostra PA.2017.45 contém a goethita com maior cristalinidade, entre os ocres amarelos investigados neste trabalho, exibindo picos de difração intensos e bem definidos, revelando esse oxidróxido de ferro como fase cristalina dominante.



Figura 3. Espectros de absorção de energia na região do infravermelho obtidos para as amostras investigadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizou-se neste trabalho a análise arqueométrica de ocres amarelos encontrados no sítio arqueológico Pedra do Atlas e a goethita foi identificada como espécie ferruginosa inequivocamente responsável pelos padrões cromóforos desses materiais pictóricos. Quartzo, caulinita e anatásio foram encontrados como minerais associados. Resíduos de hematita foram identificados em duas amostras.

As evidências experimentais obtidas por EDXRF, FTIR e DRX são plenamente concordantes entre si, mostrando-se ferramentas analíticas poderosas quando o interesse é a caracterização químico-mineralógica de materiais pictóricos do patrimônio arqueológico.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil), pela concessão da



Figura 4. Padrões de DRX obtidos para os ocres amarelos. G = goethita, Q = quartzo, K = caulinita, H = hematita e A = anatásio.

bolsa de IC a Victor H. G. Tostes (processo 142658/ 2017-0) e da bolsa de produtividade em pesquisa a Luis C. D. Cavalcante (Processo 313431/2017-5); à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio financeiro (CT-INFRA-PROINFRA 01/2009 Ref. 0813/10). Em especial ao Sr. Luiz C. Silva (CDTN) pelas medidas de EDXRF, ao Sr. João B. S. Barbosa (CDTN) pelas medidas de DRX, ao Dr. Tércio Assunção Pedrosa e ao Sr. Rafael L. Souza (CDTN) pelas medidas de microanálise com MEV-EDS, à Sra. Ana Cristina Morgado (UFMG) pelas medidas de FTIR e ao Sr. Marley A. P. Assis (UFMG) pelas medidas de CHN.

REFERÊNCIAS

AUDOUIN, F., H. PLISSON. 1982. Les ocres et leurs temoins au Paléolithique en France: enquête et expériences sur leur validité archéologique. *Cahiers du Centre de recherches préhistoriques* 8: 33-80.

- BAHN, P. G. 1998. *The Cambridge Illustrated History of Prehistoric Art.* Cambridge: Cambridge University Press.
- BARHAM, L. S. 2002. Systematic Pigment Use in the Middle Pleistocene of South-Central Africa. *Current Anthropology* 43/1: 181-190.
- BARNETT, J. R. *ET ALII*. 2006. Colour and art: a brief history of pigments. *Optics & Laser Technology* 38/4-6: 445-453.
- BIKIARIS, D. *ET ALII*. 2000. Ochre-differentiation through micro-Raman and micro-FTIR spectroscopies: application on wall paintings at Meteora and Mount Athos, Greece. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 56/1: 3-18.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2012. Caracterização arqueométrica de pinturas rupestres pré-históricas, pigmentos minerais naturais e eflorescências salinas de sítios arqueológicos. Tese de Doutorado, Ciências (Química). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2015a. Pinturas rupestres da região arqueológica de Piripiri, Piauí, Brasil. *Arqueología Iberoamericana* 26: 6-12.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2015b. Arqueometria em sítios de arte rupestre da região arqueológica de Piripiri, Piauí, Brasil. *Cadernos do CEOM* 28/43: 7-19.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2016. Sítios arqueológicos do vale do Buriti dos Cavalos: uma breve revisão. *Arqueología Iberoamericana* 30: 16-22.
- CAVALCANTE, L. C. D. 2018. Arqueometria e o sítio arqueológico Pedra do Cantagalo I: uma estratégia de investigação como modelo para a América do Sul. *Cadernos do LEPAARQ* 15/30: 315-326.
- CAVALCANTE, L. C. D. *ET ALII*. 2005. Estudo de pigmento em osso humano do sítio Morro dos Ossos, Piauí. *Mneme* 7/18: 531-549.
- CAVALCANTE, L. C. D. *ET ALII*. 2014. Pedra do Cantagalo I: uma síntese das pesquisas arqueológicas. *Arqueología Iberoamericana* 23: 45-60.
- CAVALCANTE, L. C. D. *ET ALII*. 2017. Red and yellow ochres from the archaeological site Pedra do Cantagalo I, in Piripiri, Piauí, Brazil. *Hyperfine Interactions* 238/1: 22.1-22.7.
- CAVALCANTE, L. C. D., P. R. A. RODRIGUES. 2009. Análise dos registros rupestres e levantamento dos problemas de conservação do sítio Pedra do Atlas, Piripiri, Piauí. *Clio Arqueológica* 24/2: 154-173.
- CAVALCANTE, L. C. D., V. H. G. TOSTES. 2017. Espécies ferruginosas em pigmentos minerais do sítio arqueológico Pedra do Atlas. *Arqueología Iberoamericana* 36: 48-53.
- CONTIN, F. 2005. La medicina nell'antico Egitto. *Antrocom* 1/2: 115-120.

- CORNELL, R. M., U. SCHWERTMANN. 2003. *The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses.* Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- DARCHUK, L. *ET ALII*. 2010. Argentinean prehistoric pigments' study by combined SEM/EDX and molecular spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 75/5: 1398-1402.
- ELIAS, M. *ET ALII*. 2006. The colour of ochres explained by their composition. *Materials Science and Engineering B* 127/1: 70-80.
- FORSHAW, R. J. 2009. The practice of dentistry in ancient Egypt. *British Dental Journal* 206/9: 481-486.
- GENESTAR, C., C. PONS. 2005. Earth pigments in painting: characterisation and differentiation by means of FTIR spectroscopy and SEM-EDS microanalysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 382: 269-274.
- GUIDON, N., M. F. LUZ. 2009. Sepultamentos na Toca do Enoque (Serra das Confusões-Piauí). Nota prévia. *Fumdhamentos* 8: 115-123.
- HENSHILWOOD, C. S., B. DUBREUIL. 2009. Reading the artefacts: Gleaning language skills from the Middle Stone Age in southern Africa. In *The Cradle of Language*, eds. R. Botha, C. Knight, pp. 41-61. Oxford: Oxford University Press.
- JCPDS (JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STAN-DARDS). 1980. *Mineral Powder Diffraction Files Data Book*. Pennsylvania: Swarthmore.
- KNIGHT, C. 2008. Language co-evolved with the rule of law. *Mind & Society* 7: 109-128.
- MARSHALL, L. J. R. *ET ALII.* 2005. Analysis of ochres from Clearwell Caves: the role of particle size in determining colour. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 61/1-2: 233-241.
- MARTIN, G. 2008. *Pré-história do Nordeste do Brasil*. Recife: Ed. Universitária da UFPE.
- MONTALTO, N. A. *ET ALII*. 2012. The provenancing of ochres from the Neolithic Temple Period in Malta. *Journal of Archaeological Science* 39/4: 1094-1102.
- MORTIMORE, J. L. *ET ALII*. 2004. Analysis of red and yellow ochre samples from Clearwell Caves and Çatalhöyük by vibrational spectroscopy and other techniques. *Spectrochimica Acta A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 60/5: 1179-1188.
- MURADOR FILHO, A. 2012. Síntese e caracterização de ZnO/ TiO_2 nanoestruturado. Dissertação de Mestrado, Ciência e Tecnologia de Materiais. Bauru: Universidade Estadual Paulista.
- PADILLA, J. A. L. *ET ALII*. 2012. Ocre y cinabrio en el registro funerario de El Argar. *Trabajos de Prehistoria* 69/2: 273-292.

- POPELKA-FILCOFF, R. S. *ET ALII*. 2007. Trace element characterization of ochre from geological sources. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 272/1: 17-27.
- RAMOS, A. C. P. T. 1995. O sítio pré-histórico rupestre Pedra do Alexandre em Carnaúba dos Dantas, RN: estudo dos pigmentos. Dissertação de Mestrado, História. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- RIFKIN, R. F. 2011. Assessing the efficacy of red ochre as a prehistoric hide tanning ingredient. *Journal of African Archaeology* 9/2: 131-158.
- RIFKIN, R. F. 2012. Processing ochre in the Middle Stone Age: Testing the inference of prehistoric behaviours from actualistically derived experimental data. *Journal of Anthropological Archaeology* 31/2: 174-195.
- ROEBROEKS, W. *ET ALII*. 2012. Use of red ochre by early Neandertals. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences)* 109/6: 1889-1894.
- SALAMA, W. ET ALII. 2015. Spectroscopic characterization of iron ores formed in different geological environments using FTIR, XPS, Mössbauer spectroscopy and thermoanalyses. Spectrochimica Acta A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 136/C: 1816-1826.
- SCOTT, D. A., P. MEYERS, EDS. 1994. Archaeometry of Pre-Columbian Sites and Artifacts. Los Angeles: UCLA Institute of Archaeology, Getty Conservation Institute.

- SILVA, H. K. S. B. 2018. Análise químico-mineralógica de ocres e a busca por correlações arqueológicas com os pigmentos de pinturas rupestres do sítio Pedra do Cantagalo I. Dissertação de Mestrado, Arqueologia. Teresina: Universidade Federal do Piauí.
- SILVA, H. K. S. B. ET ALII. 2017. Características químicomineralógicas de fontes de pigmentos minerais em depósitos naturais do entorno do sítio arqueológico Pedra do Cantagalo I, em Piripiri, Piauí, Brasil. Arqueología Iberoamericana 36: 36-42.
- WADLEY, L. *ET ALII*. 2004. Ochre in hafting in Middle Stone Age southern Africa: a practical role. *Antiquity* 78/ 301: 661-675.
- WAGNER, F. E., A. KYEK. 2004. Mössbauer spectroscopy in archaeology: introduction and experimental considerations. *Hyperfine Interactions* 154/1-4: 5-33.
- WATTS, I. 2002. Ochre in the Middle Stone Age of southern Africa: ritualised display or hide preservative? *South African Archaeological Bulletin* 57/135: 1-14.
- WATTS, I. 2009. Red ochre, body-painting, and language: interpreting the Blombos ochre. In *The Cradle of Language*, eds. R. Botha, C. Knight, pp. 62-92. Oxford: Oxford University Press.
- WATTS, I. 1999. The origin of symbolic culture. In *The Evolution of Culture*, eds. R. Dunbar, C. Knight, C. Power, pp. 113-146. Edinburgh: Edinburgh University Press.