

# REVISTA DE ARQUEOLOGIA

Volume 36 No. 2 Maio - Agosto 2023

ESPECIAL ARQUEOMETRIA

## APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ARQUEOMÉTRICAS NO ESTUDO E NA CONSERVAÇÃO DO SÍTIO MORRO DO LETREIRO, PALMEIRAIS, PIAUÍ: UM ESTUDO DE CASO

Danyel D. M. Almeida\*

Maria Conceição S. M. Lage\*\*

Benedito B. Farias Filho\*\*\*

Wilkins O. Barros\*\*\*\*

### RESUMO

A arte rupestre representa um importante patrimônio arqueológico, no entanto, devido à exposição ao ar livre, apresenta uma série de problemas que afetam a sua integridade. Considerando isso, utilizamos uma série de ferramentas arqueométricas não destrutivas a fim de conhecer os principais agentes causadores da degradação e dos componentes das tintas pretéritas do sítio de arte rupestre Morro do Letreiro, localizado no município de Palmeirais/PI. A partir das análises por EDXRF e por microscopia Raman, foi possível entender que o elemento ferro (Fe) é o principal constituinte das tintas rupestres, na forma de hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Além disso, foi encontrada uma série de problemas de conservação naturais e antrópicos presentes no sítio, de modo que foram estabelecidas propostas interventivas para sua conservação e que podem ser utilizadas em trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Sítio Morro do Letreiro; arqueometria; conservação de arte rupestre.

\* Doutorando; Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Antropologia com concentração em Arqueologia, Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre. Bolsista CAPES. E-mail: [danyelstaffs@gmail.com](mailto:danyelstaffs@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6265-1704>.

\*\* Doutora; Universidade Federal do Piauí (UFPI); Professora do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia e do Programa de Pós-Graduação em Química, Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre. E-mail: [meneses.lage@gmail.com](mailto:meneses.lage@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8445-8112>.

\*\*\* Doutor; Universidade Federal do Piauí (UFPI); Professor do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, do Programa de Pós-Graduação em Química e do Departamento de Química; Laboratório de Arqueometria e Arte Rupestre e Laboratório de Química Analítica. E-mail: [beneditofarias@ufpi.edu.br](mailto:beneditofarias@ufpi.edu.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6728-0815>.

\*\*\*\* Graduando; Universidade Federal do Piauí (UFPI); Departamento de Química; Laboratório de Química Analítica. E-mail: [wilkins\\_wl@hotmail.com](mailto:wilkins_wl@hotmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9031-852X>.

## APPLICATION OF ARCHAEOMETRIC TOOLS IN THE STUDY AND CONSERVATION OF THE MORRO DO LETREIRO SITE: A CASE STUDY

### ABSTRACT

Considered an important archaeological heritage, rock art presents problems that affect its integrity due to exposure to open air. Thus, non-destructive archaeometric tools were applied to identify the main degradation-causing agents and the paint components of the Morro do Letreiro site's rock art, located in Palmeirais, Piauí, Brazil. EDXRF analysis and Raman Microscopy revealed that Iron (Fe), in the form of hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), is the main constituent of the rock paints. Given the series of natural and anthropic conservation problems found in the site, intervention measures were proposed for its conservation, which can be used in future works.

**Keywords:** Morro do Letreiro Site; archaeometry; rock art conservation.

## APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ARQUEOMÉTRICAS EN EL ESTUDIO Y CONSERVACIÓN DEL SITIO MORRO DO LETREIRO, PALMEIRAIS, PIAUÍ: UN ESTUDIO DE CASO

### RESUMEN

El arte rupestre es un patrimonio arqueológico importante, sin embargo, la exposición al aire libre produce una serie de problemas que afectan su integridad. Teniendo esto en cuenta, utilizamos una serie de herramientas arqueométricas no destructivas para conocer los principales agentes causantes de la degradación y de los componentes de las pinturas pasadas del sitio de arte rupestre Morro do Letreiro, ubicado en el municipio de Palmeirais, en Piauí (Brasil). A partir de los análisis por fluorescencia de rayos X dispersiva en energía (EDXRF) y por microscopía Raman, fue posible comprender que el elemento hierro (Fe) es el principal constituyente de las pinturas rupestres, en forma de hematites ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Además, se hallaron una serie de problemas de conservación naturales y antrópicos presentes en el sitio, por lo que se establecieron propuestas de intervención para su conservación y que puedan ser utilizadas en futuros trabajos.

**Palabras clave:** Sitio Morro do Letreiro; arqueometría; conservación del arte rupestre.

## INTRODUÇÃO

A arte rupestre pode ser entendida como qualquer manifestação humana (social ou comunicativa) pintada ou gravada em superfície rochosa e que retrate o universo simbólico e ritualístico, o cotidiano, as ideias, as formas de comunicação e a perspectiva artística de seus autores (GUTIÉRREZ, 2012; MARTIN, 2013; PROUS, 2019). Esse material arqueológico pode ser encontrado nos diversos continentes, sendo diferenciado especificamente de acordo com a região e cultura de seus autores, mesmo que algumas figuras apresentem semelhança, tanto em forma quanto em técnica, estando a milhares de quilômetros de distância umas das outras (JUSTAMAND, 2014).

Imagina-se que a produção dos grafismos rupestres tenha surgido no Paleolítico Superior, entre 40.000 e 11.000 anos AP (Antes do Presente), quando os grupos humanos já possuíam características físicas comuns ao homem moderno (BAHN, 2012; LEROI-GOURHAN, 1984). Com uma das datações mais antigas do mundo, a arte rupestre desse período chegou a datas nas cavernas de Fumane (Itália), entre 32.000 e 36.500 anos AP, e de Chauvet (França), entre 30.000 e 32.000 anos AP (SAUVET *et al.*, 2014), enquanto as pinturas na Caverna de Altamira foram datadas de 13.500 a 19.000 anos AP (CLOTTE, 2008), o que revela a impressionante antiguidade das figuras.

No Brasil, as primeiras descrições sobre grafismos rupestres constam de relatos de cronistas, aventureiros e missionários que, ainda nos primeiros séculos do descobrimento, exploravam o país em busca de registros de “antigas civilizações” (MARTIN, 2013). Mesmo assim, as pesquisas mais sistemáticas sobre essas figuras no país acontecem inicialmente na região Nordeste, mais precisamente no estado do Piauí, na década de 1970, com grande colaboração da escola francesa, cujos estudos estavam baseados na exaustiva documentação (por fotografias ou decalque) e de análises morfológicas do *corpus* gráfico do registro rupestre (LAGE, 2007).

Os sítios de arte rupestre, como parte da cultura material e objeto de estudo da ciência arqueológica, configuram um importantíssimo patrimônio cultural e identitário. De acordo com a Declaração do México, “cada cultura representa um conjunto de valores único e insubstituível já que as tradições e formas de expressão de cada povo constituem sua maneira mais acabada de estar presente no mundo” (CONSELHO INTERNACIONAL DE MONUMENTOS E SÍTIOS, 1985, p. 2). Desta forma, quando se fala em identidade cultural, cada grupo, em sua mais singela particularidade, representa o modo de existir e de se adaptar ao mundo, criando o nosso próprio jeito de ser em uma diversidade de opções que nos torna únicos, e por isso mesmo deve ser valorizada, conservada e compartilhada por e para todas as gerações. Assim, entende-se a razão e o porquê da necessidade de se empreender esforços, como o do presente trabalho, para a preservação de sítios arqueológicos.

Trabalhos de conservação de sítios de arte rupestre vêm sendo realizados no Piauí, desde 1991, sobretudo no Parque Nacional (PARNA) Serra da Capivara, e alguns pontuais no PARNA de Sete Cidades e em sítios de Castelo do Piauí e Pedro II. Eles partem da análise dos agentes de degradação, que podem ser de origem natural e/ou antrópico (LAGE, 2007; LAGE *et al.*, 2005), comumente chamados de depósitos de alteração. De acordo com Lage *et al.* (2010), após a avaliação e o diagnóstico desses problemas de conservação e das análises arqueométricas, segue-se com as intervenções, na tentativa de eliminar e/ou controlar os problemas, sendo que todas as ações devem ter por base uma metodologia pautada nas normas predeterminedas nas Cartas Internacionais da UNESCO (Veneza, Burra, Restauro, Lausanne etc.) que abordam sobre a conservação e restauração patrimonial.

Como mencionado, a etapa de diagnóstico parte de análises arqueométricas. Para Liritzis e colaboradores (2020), a arqueometria utiliza-se das ciências da natureza e exatas como forma de aprofundar os estudos dos vestígios arqueológicos, chegando a ir além de descrições em nível macroscópico. Em arqueometria, a análise físico-química fornece respostas sobre o estado do bem cultural, aspectos a serem levados em conta em trabalhos conservativos, caracterização do material deteriorado e original, bem como as vias de decomposição (reações químicas entre os compostos originais e os produtos químicos presentes no ambiente circundante) (MADARIAGA, 2015).

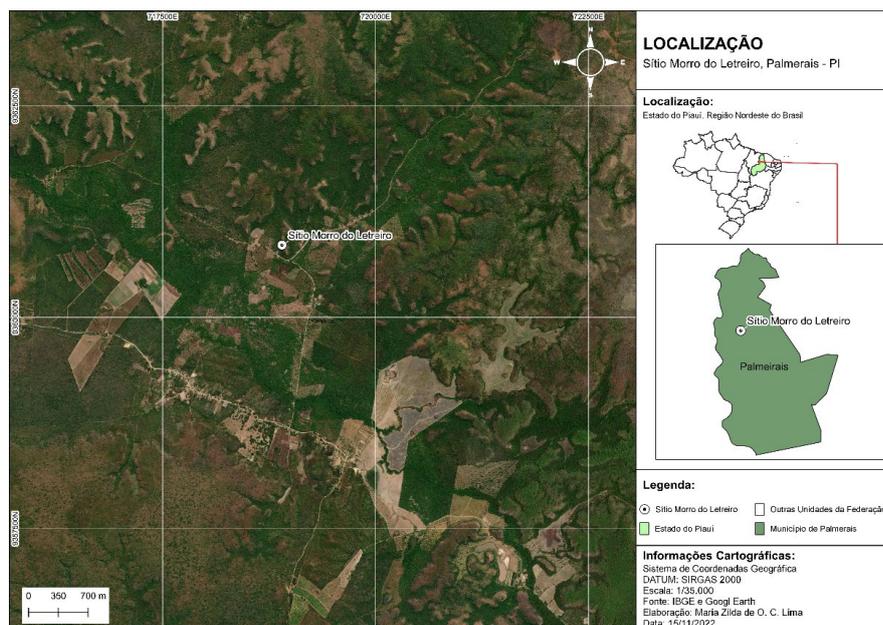
Atualmente, dispõe-se de diversas técnicas analíticas que englobam preferencialmente das mais simples aos mais complexos equipamentos portáteis, garantindo análises *in situ*, sem que haja a necessidade de coleta de amostras. É a partir dos dados obtidos dessas análises arqueométricas que se pode desenvolver algumas estratégias de intervenção e de preservação dos sítios. Sem um prévio estudo da composição molecular desses agentes degradantes, fica impossível encontrar produtos químicos que auxiliem em sua retirada, podendo influenciar negativamente na integridade das tintas pré-coloniais. Isso trará danos não somente às figuras rupestres, como também ao próprio substrato rochoso (CAVALCANTE, 2018).

A partir do que foi descrito, considerando a importância da arte rupestre como um patrimônio da humanidade e entendendo a sua vulnerabilidade, a presente pesquisa teve o objetivo geral de propor medidas de conservação de grafismos rupestres a partir da documentação e caracterização químico-mineralógica dos pigmentos e depósitos de alteração encontrados no sítio arqueológico Morro do Letreiro, município de Palmeiras, Piauí, Brasil.

#### CONTEXTO ETNOHISTÓRICO, HISTÓRICO E GEOAMBIENTAL DE PALMEIRAS

O sítio arqueológico Morro do Letreiro fica inserido no perímetro rural do município de Palmeiras, na localidade Boa Nova, estando posicionado sob coordenadas geográficas UTM 23 M 078918 de latitude e 9360827 de longitude (Figura 1), com uma altitude de 125 metros.

**Figura 1.** Mapa de localização do sítio arqueológico Morro do Letreiro. Fonte: Maria Lima, 2022.



O município atual de Palmeirais/PI fazia parte dos limites territoriais da antiga Vila de São Gonçalo do Amarante, que tinha como sede a atual cidade de Regeneração, sendo responsável, também, pela origem do município de Amarante. A missão de São Gonçalo do Amarante teve início no ano de 1772 com um marco de paz entre os Acaroás e os portugueses, sendo estabelecida na cabeceira do rio Mulato, que desagua no rio Parnaíba. Essa missão culminou no aldeamento de um pouco mais de 1.230 indígenas da etnia Acaroá, sendo administrada pelo tenente-coronel João do Rego Castelo Branco e um pároco (APOLINÁRIO, 2005). Além dos Acaroá, posteriormente, foram deslocados os Gueguês para o mesmo aldeamento. Os Acaroá, de família linguística Jê e falantes da língua Timbira, também são assinalados graficamente por outros autores como “[...] Acoroá, Acroá, Akroá, Acaroazes, Acuruás e Acrás” (OLIVEIRA, 2007, p. 54).

Todo o município de Palmeirais é coberto pela Bacia do Parnaíba. De acordo com Goés e Feijó (1994), essa bacia cobre uma área de aproximadamente 600.000 km<sup>2</sup>, localizada na região leste do Nordeste brasileiro. A Bacia do Parnaíba é formada principalmente por sedimento siliciclástico, possuindo em menor porcentagem calcário, anidrita, sílex, diabásio e basalto, tendo sua coluna sedimentar dividida em cinco grupos, em que o Grupo Balsas se destaca como mais significativo para a área de estudo (ARAÚJO, 2015; GÓES; FEIJÓ, 1994).

O município de Palmeirais possui duas formações geológicas principais, que cobrem quase toda a sua totalidade: Formação Piauí e formação Pedra de Fogo. A Formação Piauí compõe cerca de 48% da área do município Palmeirais (AGUIAR; GOMES, 2004), sendo composta principalmente por arenitos, siltitos e folhelhos. A Formação Piauí é originada de sedimentos transportados por água e ventos em um paleoambiente de extrema aridez continental litorâneo (GÓES; FEIJÓ, 1994), sendo datada do Pensilvaniano (DAEMON, 1974; DINO; PLAYFORD, 2002). A Formação Pedra de Fogo cobre cerca de 49% do município de Palmeirais (AGUIAR; GOMES, 2004) e é composta por rochas com sílex, calcário e, por vezes, estromatólitos, de coloração creme a branca, sequenciadas por arenitos de granulometria fina ou muito fina à média, amareladas, folhelho cinza, e dolomito ou anidrita branca (GÓES; FEIJÓ, 1994; SANTOS, 2005).

A vegetação do município de Palmeirais é constituída por dois biomas, caatinga e campo cerrado, sendo este último mais dominante na região, e um interespaço de transição formado por mata de cocais. Quanto à pedologia, os solos da localidade transitam de rasos a uma fase pedregosa, sendo um dos fatores que contribuem, também, com a vegetação do município.

## METODOLOGIA

Para que os objetivos desta pesquisa fossem alcançados, foram desenvolvidos trabalhos de campo, laboratório e gabinete. Os trabalhos para as atividades de campo já são largamente utilizados pelo grupo de arqueometria da Universidade Federal do Piauí (UFPI) (CAVALCANTE; RODRIGUES, 2020; LAGE; FARIAS FILHO, 2018; LAGE *et al.*, 2021) e constaram de etapas de reconhecimento da arte e dos problemas presentes a partir da divisão da mancha gráfica em painéis, delimitados de acordo com a sua continuidade ou descontinuidade, sempre orientada segundo a direção da esquerda para a direita e de cima para baixo, para um observador voltado para a parede decorada. O tamanho do painel seguiu medidas de largura e comprimento, além de sua distância ao chão. Também foram tiradas as medidas do sítio arqueológico e a orientação de sua abertura.

As primeiras variáveis coletadas foram as climáticas, como temperatura, umidade, velocidades dos ventos e luminosidade. Elas foram medidas pelo aparelho Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital Portátil (Thal-300 Digital Instruments), sendo realizadas a cada hora, das 7 (sete) horas da manhã às 17 (dezesete) horas da tarde.

Todas as medidas seguiram o mesmo padrão de coleta, uma vez que o equipamento é muito sensível, ainda mais quando se trata das variáveis de luminosidade. Para isso, assim que foi definido o local de coleta, ele não foi mais alterado. Além disso, realizaram-se medidas de temperatura do suporte rochoso com e sem pinturas utilizando-se um Termômetro Infravermelho ITTI-550 da marca Instrutherm. Esses procedimentos foram realizados em três etapas de campo, de modo a caracterizar cada estação do ano (uma de estiagem, com altas temperaturas e algumas precipitações, e outra chuvosa), obtendo uma melhor compreensão sobre o microclima do sítio arqueológico e seu impacto sobre as figuras rupestres.

Para uma melhor delimitação dos procedimentos de estudos, foram separadas nove amostras de pinturas, uma amostra de eflorescência salina e uma amostra do suporte rochoso (branco analítico). A separação de cada uma das amostras levou em consideração a sua individualidade em relação às demais encontradas na mancha gráfica, buscando-se por tonalidades diferentes e por tintas que teriam tido técnica de preparo ou aplicação diferentes.

Com as amostras definidas, foram iniciadas observações em nível macro e microscópico. As cores de cada amostra foram definidas a partir da utilização da escala internacional de cores baseada no código Munsell – Sistema Internacional de Cores (MUNSELL COLOR, 1975), servindo como forma de identificar as tonalidades dos pigmentos presentes nas pinturas do sítio arqueológico Morro do Letreiro. Essa cartela serve como um parâmetro internacional para uniformizar a nomenclaturas das cores, sendo que qualquer acadêmico interessado no assunto pode identificar a coloração de um pigmento independente do país em que esteja.

Estabelecidas as tonalidades das pinturas, deu-se início aos exames por microscópio óptico portátil (ProScope HR CSI Avantscope) com conexão USB ao computador, tendo como objetivo identificar visualmente as características das pinturas, depósitos de alteração e paredão rochoso que não poderiam ser observadas a olho nu. Sendo assim, essa técnica de exame foi orientada para caracterizar microscopicamente o material analisado. Desta maneira, os exames foram efetuados diretamente sobre as amostras *in situ* utilizando uma lente de aumento (Scalar) de 30x.

Em uma última etapa de campo, as amostras foram analisadas por espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) portátil. Os procedimentos metodológicos deram-se a partir de medidas realizadas *in situ* diretamente sobre as pinturas, depósitos de alteração e suporte rochoso, com o intuito de preservar a sua integridade. As medidas foram realizadas em um espectrômetro de EDXRF portátil (Thermo Scientific, XLt3) equipado com tubos de raios X de prata (Ag), operando a uma tensão máxima de 50 kV, com corrente de 200  $\mu$ A e potência de 2 W, utilizando quatro filtros (*main, low, high e light*) de medidas para varredura espectral. O tempo de análise foi de 120 segundos realizado sob atmosfera.

A técnica por EDXRF permite uma análise qualitativa e semiquantitativa dos elementos presentes na amostra analisada. Ainda assim, ocorreu a necessidade de um conhecimento sobre a composição molecular das amostras arqueológicas estudadas. Para isso, recorreu-se a técnicas analíticas não portáteis, como a espectroscopia Raman, que exigem a coleta de amostras para obtenção de informações. Desta forma, foram retiradas microamostras de pinturas rupestres e de eflorescências salinas.

Como forma de preservar ao máximo as pinturas, as amostras selecionadas seguiram como padrão de coleta a escolha de áreas já deslocadas, não ultrapassando o limite máximo de 0,5 cm. Logo depois da sua retirada, os pigmentos coletados foram depositados em um frasco de polipropileno esterilizado. Ainda assim, caso alguma pintura apresentasse integridade ou demonstrasse qualquer resistência para a coleta, optava-se

por não efetuar retiradas. Todo o procedimento foi realizado com o auxílio de luvas, máscaras e equipamentos microcirúrgicos.

As microamostras recolhidas em campo foram selecionadas para análises por espectroscopia Raman de bancada, que consistiu em uma análise direta sobre as amostras, sem que ocorresse o seu preparo, utilizando uma objetiva de 50x. O microscópio Raman utilizado foi de um modelo Senterra, da marca Bruker, com dispositivo de carga acoplada (Charge Coupled Device – CCD) que permite a detecção de luz espalhada, sendo associado com um microscópio Olympus BX50. O equipamento operou com uma resolução de  $3\text{-}5\text{ cm}^{-1}$  e linha de laser estabilizada com uma excitação de 785 nm e potência de 50 mW, sendo utilizado o tempo de integração de 20 segundos e faixa espectral entre 100 e  $1.200\text{ cm}^{-1}$  para as amostras de pigmento e entre 100 e  $1.800\text{ cm}^{-1}$  para a amostra de efluorescência salina.

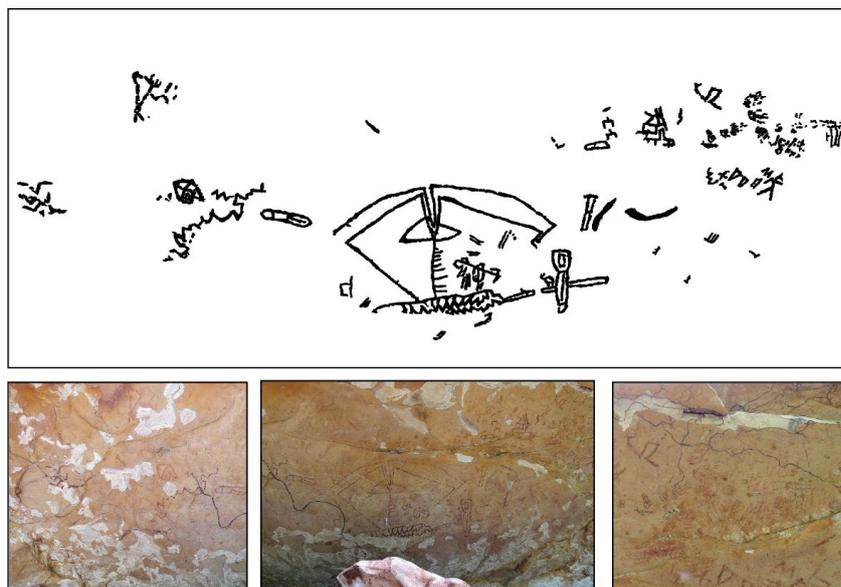
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sítio Morro do Letreiro é um abrigo de formação arenítica com 29 metros de extensão, 3,6 metros de profundidade e 2,75 metros de altura, no qual foi pintado o painel gráfico. O abrigo apresenta orientação norte-sul, sendo que sua abertura é voltada para o sudoeste, fazendo que pela manhã a luz solar não entre com grande intensidade nele. No horário vespertino, ocorre maior entrada de luz solar na área interna do abrigo, contudo, não chega a incidir diretamente sobre o painel rupestre, uma vez que este se encontra localizado no teto do abrigo.

Quanto ao estudo inicial do painel gráfico encontrado no sítio, ele apresenta um comprimento de 4 metros de extensão e 2 metros de profundidade, tendo sido produzido no teto do abrigo. Do painel ao piso é calculado 2,65 metros de altura, onde há também um bloco tombado que chega a uma proximidade de 0,79 metros das pinturas, sendo a parte mais cômoda para sua produção, ao contrário de outros locais mais altos.

O painel gráfico é formado por pinturas de coloração vermelha, que variam de tonalidade de um vermelho mais claro para um vermelho mais intenso e escuro. Os grafismos, em sua ampla maioria são não figurativos, sendo que alguns, pequenos e desgastados, trata-se de carimbos de mãos (FIGURA 2). Ainda assim, Campelo (1992) acredita que há uma pintura reconhecível que se trata de uma ema.

**Figura 2.** Vetorização do painel rupestre do sítio Morro do Letreiro. Fonte: Danyel Almeida, 2021.



Como apresentado na Figura 2, os desenhos do painel arqueológico têm características únicas em comparação com outros sítios arqueológicos produzidos no estado do Piauí. Em um primeiro momento, pode ser observada uma grande pintura central com aspectos peculiares, sendo constituída por grandes linhas que se encontram e lembram o formato de um losango com outra figura por dentro, formada por uma linha vertical e outras pequenas linhas na horizontal. Além disso, é possível identificar outra grande pintura que sugere se tratar de suporte para a já descrita, sendo produzida em zigue-zague. As outras pinturas que chamam mais atenção de início são compostas por formas geométricas entre linhas, retângulos e triângulos, possuindo resultados complexos e de difícil interpretação. Por isso mesmo, Campelo (1992) define essas pinturas como pertencentes à Tradição Geométrica.

Quando analisado o método de pintura do painel, percebem-se duas técnicas principais. A mais utilizada foi derivada a partir do preparo de tinta, produzida com maior e menor viscosidade, o que explica as diferentes tonalidades de vermelho. Sua aplicação provavelmente deu-se por meio da utilização dos dedos de seus autores, gerando as mais diferentes formas. Ainda assim, não descartamos a possibilidade da utilização de outra ferramenta que auxiliasse na realização das pinturas. A segunda técnica é derivada da fricção da matéria-prima, sem nenhum tratamento, sobre o suporte rochoso, tratando-se de um *crayon*. Ela também apresenta formas diferentes, levando-nos a considerar qual a razão dessa mudança. Por exemplo, se poderia estar relacionada ao tipo específico de grafismo que gostariam de retratar.

Além das pinturas que chamam muita atenção dos observadores no painel gráfico, outras características também são observáveis, como, por exemplo, os diversos problemas de conservação. Para que fossem estudados, inicialmente optamos por realizar as análises dos pigmentos rupestres, empreendendo uma série de técnicas arqueométricas.

Os primeiros estudos foram iniciados com uma descrição colorimétrica das amostras selecionadas por meio do código de cores Munsell, sendo possível estabelecer as diferentes tonalidades de vermelho encontradas no sítio Morro do Letreiro, como pode ser observado na Tabela 1:

**Tabela 1.** Código Munsell das amostras de pinturas rupestres do sítio Morro do Letreiro.

Amostra	Cor visível no campo	Munsell
SML01	Vermelho escuro	10R 3/6 (Dark Red)
SML02	Vermelho escuro	10R 3/3 (Dusky Red)
SML03	Vermelho escuro	10R 3/3 (Dusky Red)
SML04	Vermelho claro	10R 6/8 (Light Red)
SML07	Vermelho escuro	10R 3/4 (Dusky Red)
SML08	Vermelho claro	10R 6/4 (Pale Red)
SML09	Vermelho	10R 5/6 (Red)
SML10	Vermelho escuro	10R 3/2 (Dusky Red)
SML11	Vermelho	2,5YR 4/6 (Red)

Fonte: Danyel Almeida, 2022.

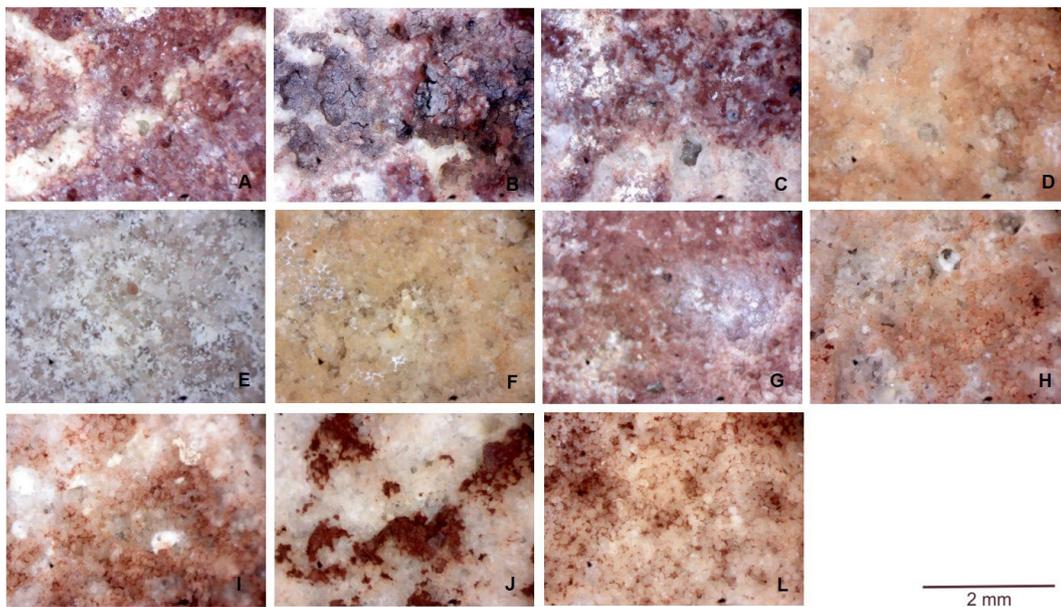
Como foi apresentado na Tabela 1, é possível observar uma variação de tonalidade do vermelho, sem que fosse identificada outra cor nas pinturas. A partir de uma observação pessoal em campo, as tonalidades das cores foram segregadas em vermelho, vermelho escuro e vermelho claro. Enquanto isso, quando utilizada a escala Munsell,

os códigos das cores passam por diferentes mudanças, classificando as tonalidades de forma mais precisa.

Outra questão a ser ressaltada são os métodos de exames e análises que contribuíram de forma complementar para o estudo em nível microscópico dos pigmentos das pinturas. O primeiro método aplicado foi o exame sob microscópio óptico, utilizando uma objetiva de aumento de 30x. De acordo com Farias Filho *et al.* (2017), esse tipo de microscópio permite visualizar informações das eflorescências e dos pigmentos como coloração, tamanho e forma de partículas, bem como sua aderência ao paredão rochoso, características não disponíveis a olho nu.

A partir dos exames por microscopia óptica, foi possível observar que os grafismos foram pintados com pigmentos de massa heterogênea em uma superfície irregular, apresentando pontos de eflorescências salinas e com a presença de grãos de quartzo de aproximadamente 0,2 mm. Nas amostras SML01, SML02 e SML03, de coloração vermelha escura, o pigmento foi elaborado em sua forma pastosa. Nas amostras SML04, SML08, SML09 e SML11, os pigmentos são de cor vermelha clara, sendo que é possível observar que sua aplicação se deu em estado líquido (suspensão), assim como a amostra SML07, de coloração vermelha escura. Por fim, a amostra SML10 representa uma pintura feita de maneira direta (*crayon*) e grosseira por fricção da matéria-prima no suporte rochoso, não ocorrendo o preparo da tinta (FIGURA 3).

**Figura 3.** Exames das amostras por microscópio USB com objetiva de aumento 30x: A) SML01; B) SML02; C) SML03; D) SML04; E) SML05; F) SML06; G) SML07; H) SML08; I) SML09; J) SML10; L) SML11.



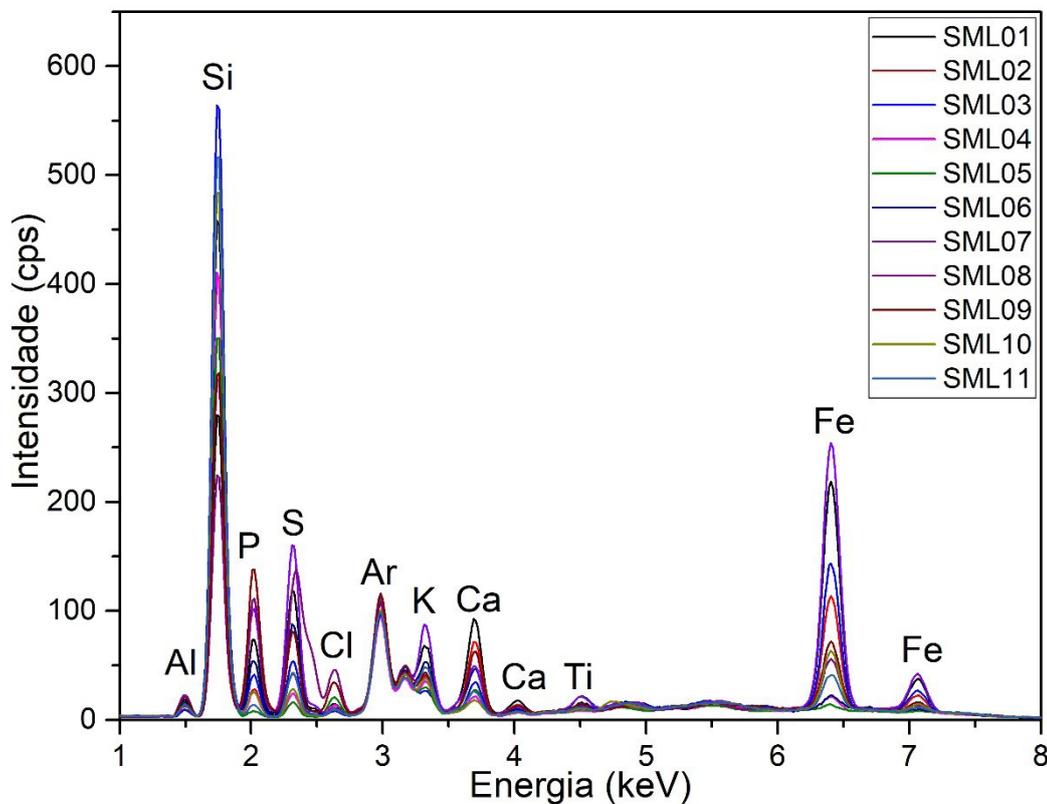
Fonte: Danyel Almeida, 2019.

As informações produzidas a partir da microscopia óptica revelaram aspectos não observáveis a olho nu, evidenciando a distribuição dos pigmentos sobre a matriz rochosa, a deposição das eflorescências salinas, os grãos de quartzo da formação rochosa, entre outros aspectos. Todas as observações foram realizadas sem a necessidade de coletar amostras, o que faz que o microscópio em questão seja mais viável para a realização de trabalhos conservacionistas.

As análises químicas elementares das amostras empregando a EDXRF foram realizadas considerando primeiramente a rocha (amostra SML06) que foi tomada como a referência para posterior realização das medidas dos pigmentos (amostras SML01 a SML04 e da SML07 a SML11) e depósito de alteração (amostra SML05) referente a eflorescência salina (FIGURA 4).

Sobre a matriz rochosa, o principal componente elementar trata-se do silício (Si), evidenciando a composição química de uma rocha silicatada ( $\text{SiO}_2$  – quartzo). O aparecimento do alumínio (Al) também está ligado à formação química natural da rocha, sendo oriundos principalmente de aluminossilicatos. O cloro (Cl), enxofre (S), ferro (Fe), potássio (K) e o cobre (Cu) são elementos que assim como os demais fazem parte da composição química da rocha, sendo que estão em proporções menores que a do Si. Destaca-se aqui o ferro, que é um elemento comum em pigmentação rupestre e foi detectado na rocha, o que demonstra a necessidade de se trabalhar com comparações (rocha e pigmento) para evitar interpretações equivocadas sobre composição elementar da arte rupestre. Quanto ao elemento cálcio (Ca), detectado na superfície rochosa, em parte pode ser oriundo da própria matriz ou ter contribuições químicas da presença de eflorescências salinas (conforme mostram os exames microscópicos). Por fim, o elemento fósforo (P) pode ser relacionado com uma possível contaminação biológica, por insetos que habitam a região, presentes na área analisada. A amostra SML 05, referente ao depósito salino, revelou uma composição química elementar bastante similar ao da matriz rochosa, o que revela que a eflorescência salina está em um processo de silicificação.

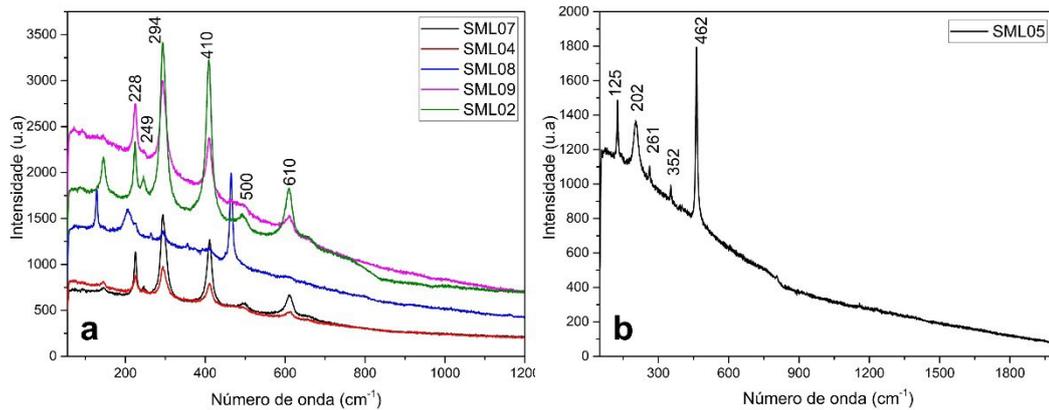
**Figura 4.** Espectro da composição química elementar com os dados das análises das amostras do sítio Morro do Letreiro obtidos por EDXRF.



Fonte: Benedito Farias Filho, 2022.

As microamostras recolhidas em campo foram analisadas pelo microscópio Raman, no qual se obtiveram as composições moleculares das amostras de pigmentos rupestres e efluorescências salinas. Os resultados apontam que a hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) é o composto responsável pela pigmentação das tintas rupestres (FIGURA 5), estando de acordo com as análises obtidas por EDXRF, em que se atestou que o ferro é o elemento mais representativo presente nos pigmentos. A literatura aponta que essa matéria-prima era comumente utilizada em diversas partes do mundo como material para a confecção das tintas vermelhas (LAGE, 1996, 2007; GIALANELLA *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2019; MOYO *et al.*, 2016).

**Figura 5.** Espectro Raman com os resultados das amostras: (a) pigmento e (b) efluorescência salina.



Fonte: Benedito Farias Filho, 2023.

Como fica evidenciado na Figura 5a, as bandas que comprovam a existência da hematita se encontram em 225, 250, 293, 410, 500 e 610  $\text{cm}^{-1}$ , representativas de ligações de vibrações Fe-O (BONNEAU *et al.*, 2012; MURAD, 1997; FARIA *et al.*, 2011). As bandas presentes na Figura 5a foram detectáveis nas amostras SML02, SML07 e SML09, especialmente por essas amostras apresentarem pigmentos mais concentrados (vermelho escuro). Enquanto isso, nas amostras coletadas que apresentavam menor acumulação de tinta, como as SML04 e SML08, foi possível detectar a fase mineral da hematita e do quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), principal componente da matriz rochosa. Ainda assim, considerando as análises obtidas, confirma-se que o principal componente presente nas pinturas do sítio Morro do Letreiro é a hematita. A amostra SML05, que representa uma efluorescência salina, também foi analisada por espectroscopia Raman (FIGURA 5b) cujas principais bandas detectadas referem-se às frequências em 125, 202, 261, 352, 465 e 495  $\text{cm}^{-1}$ , é atribuída à presença de silicatos, particulares de ligações de vibrações Si-O do quartzo (BONNEAU *et al.*, 2012; FARIA *et al.*, 2011; BRIGGS; RAMDAS, 1977). Associada às análises por EDXRF, verificou-se que essa amostra já apresentava uma grande quantidade de Si, comprovando que esse depósito está na fase mineral de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). Assim, a amostra SML05 corresponde à efluorescência salina cristalizada, em que o processo de silicificação está completo, ou seja, os sais presentes no sítio apresentam-se fortemente fixados à matriz rochosa, o que deixa esse problema de conservação ainda mais difícil de ser solucionado (FARIAS FILHO *et al.*, 2017). Desta maneira, possivelmente esse depósito de alteração não possa ser retirado. Ainda assim, comentaremos mais sobre esse problema de conservação adiante.

## MICROCLIMA

É importante destacar que o clima afeta de forma direta e indireta na conservação das pinturas rupestres, isso porque pode acelerar o processo de intemperismo do suporte rochoso, assim como contribuir para formação de condições favoráveis para proliferação de microrganismos, animais e vegetação.

O ambiente em que se encontra o sítio arqueológico possui múltiplas variáveis. As primeiras delas são as duas estações bem determinadas da região, uma seca e outra chuvosa. Ainda assim, é possível destacar os momentos de transição, que chegam a ser outra variável, uma vez que o período chuvoso transaciona para o seco, e o seco para o chuvoso. Além disso, ocorrem também algumas chuvas nos períodos mais secos e ensolarados, que provocam dinamismo na estabilidade do microclima do sítio arqueológico.

Ao longo das etapas de campo, colheram-se medidas de temperatura da rocha, das pinturas e do ambiente, além da incidência de luz solar, da umidade e da velocidade dos ventos. Essas medidas permitem entender a dinâmica do sítio arqueológico ao longo do ano e como essas variáveis podem influenciar na estabilidade da superfície rochosa e na conservação das pinturas.

As primeiras variáveis a serem analisadas são as temperaturas, sendo considerados três dias analisados: o primeiro (30 de outubro de 2020) de seca e sem nenhum sinal de precipitação, o segundo (6 de fevereiro de 2021), período chuvoso, e o terceiro (2 de outubro de 2021), período quente com leve precipitação. No primeiro dia de análise da temperatura do suporte rochoso, a maior amplitude térmica foi de 5,8 °C, enquanto no segundo dia foi de 2,6 °C e, no terceiro, de 4 °C. De acordo com as análises da temperatura das pinturas, foi possível observar valores muito próximos aos do suporte rochoso, variando entre 0,1 °C a 0,2 °C de um ao outro, para mais ou para menos, sendo que em quase sua totalidade as medidas das duas temperaturas não coincidem.

Ao serem coletadas as medidas do microclima do sítio Morro do Letreiro, observaram-se grandes variações térmicas, ainda mais nos meses mais quentes. O início da manhã possui as mínimas na temperatura, ao passo que, nos horários da tarde, podem ser identificadas máximas na temperatura, principalmente entre às 13h e 17h da tarde. O primeiro dia chega a uma alteração de 10 °C, enquanto no segundo dia essas mudanças foram de 5,9 °C, menor em consideração aos outros dias porque é um dos períodos do ano com muitas chuvas e o céu fica encoberto, reduzindo essas grandes oscilações de temperatura. Por fim, o terceiro dia teve uma alternância de temperatura marcando a maior amplitude térmica, de 11 °C.

As medidas das variáveis climáticas são muito sensíveis, e por isso mesmo diversos fatores podem afetar os resultados ao longo dos dias e, principalmente, no decorrer dos meses e do ano. O dinamismo da temperatura do suporte rochoso, das pinturas e do ambiente mostra que a temperatura das pinturas estava menor que a do suporte, porque a do ambiente estava menor também, ao passo que as temperaturas das pinturas ficam superiores às do suporte rochoso quando a do ambiente passa a ficar mais alta. Isso pode estar ligado à composição química das próprias pinturas que, por ser metálica, comprovado pelas análises por EDXRF e Raman, são sensíveis ao acúmulo de calor.

Quando tratados aspectos sobre condução de calor, observa-se que as variações térmicas do ambiente são maiores que as do suporte rochoso, ainda mais nas estações mais quentes do ano. Isso ocorre principalmente pela localização do suporte rupestre, produzido em uma área que não recebe incidência direta de luz solar, evitando maior transferência de calor.

Outro fator que influencia na permanência das pinturas trata-se da irradiação solar. Ao analisar a influência da irradiação solar no sítio em questão, identifica-se que não há qualquer evidência de irradiação direta no sítio arqueológico entre os horários das 7h da manhã até às 9h da manhã, isso porque nessa parte do dia há maior sombra no abrigo, já que fica em direção oposta do nascer do Sol. Ainda assim, a partir das 10h da manhã, pode ser identificado o avanço da luz solar ficando mais perto do abrigo, tendo maior proximidade de sua entrada ao meio-dia.

É no horário da tarde que a luz solar invade o abrigo rochoso, às 13h da tarde pode ser visualizado esse fenômeno, tendo o seu ápice às 17h da tarde, quando o abrigo está completamente coberto de irradiação e esta começa a progredir até o teto do abrigo. Por mais que a luz solar tenha entrado no recinto, em nenhum momento foi identificada incidência direta sobre painel gráfico, mesmo que ocorra maior reflexão de luz nesses horários.

A irradiação direta sobre o painel gráfico pode acelerar o processo de desgaste das pinturas, contribuindo para o seu esmaecimento. Por mais que a luz ainda afete o sítio Morro do Letreiro, os seus efeitos ainda são menores que em locais que recebem irradiação direta.

Épocas com precipitação ou de muita insolação influenciam diretamente a umidade do ambiente, mais uma das variáveis analisadas, que sofre diversas alterações de acordo com a progressão do dia e dos fenômenos naturais. No primeiro dia de análise, observou-se que a umidade era mais baixa do que em outras épocas do ano, com o maior ápice às 8h da manhã, 64,3%, e menor umidade às 16h, chegando a medidas de 36,5%. Enquanto isso, no segundo dia, esse ápice foi de 82,6% às 8h da manhã e os menores valores às 12h, com 67,5%, tendo uma discrepância de 15,1%. Por fim, no terceiro dia, a umidade concentrava-se mais às 7h da manhã, quando havia ocorrido uma leve precipitação, em que se mediu 83,2%, e foi reduzida por cerca de 47,2% até chegar à marca de 36,0% no final do dia, às 17h.

Ao reconhecer as consequências da umidade aqui destacada, ela possui profundos efeitos sobre outros problemas de conservação que afetam o sítio considerado, ainda mais em períodos de precipitação, em que ocorre a infiltração de água na rocha e que contribui para a formação de eflorescências salinas.

De acordo com Darvill e Fernandes (2014), com base nos resultados obtidos com a metodologia aplicada no Parque Arqueológico do Vale do Côa em Portugal, quando são iniciados os trabalhos que objetivem a avaliação do estado de conservação do registro rupestre, é necessária uma análise do micro e do macroambiente em que o sítio arqueológico está inserido. Isso faz que sejam entendidas as relações de intempéries sobre os grafismos presentes no suporte rochoso, e o grau de exposição do suporte. Por isso devem ser realizadas medidas de temperatura do ambiente e do suporte rochoso e a sua variação ao longo do dia e do ano, os índices pluviométricos, a umidade ambiental, velocidade e orientação das correntes de ar etc. Desta maneira, deve-se buscar, durante toda a pesquisa, as mais diversas informações sobre esses fenômenos, tanto anteriores ao início das investigações quanto atuais, para que sejam traçadas estratégias pertinentes.

## OS PROBLEMAS DE CONSERVAÇÃO

A partir da breve contextualização dos fenômenos naturais que constituem o microclima do sítio arqueológico Morro do Letreiro, deu-se início à descrição dos problemas de conservação que agem de forma negativa sobre as pinturas, buscando sempre que possível formular medidas que assegurem a permanência dos grafismos rupestres.

Com os dados obtidos nas visitas de campo em períodos sazonais, foi possível identificar diversos agentes degradantes, sendo estes naturais ou antrópicos. Quanto aos naturais, separamos em agentes biológicos (animais, vegetação e microrganismos) e agentes abióticos (eflorescências salinas, deslocamento, chuvas, intemperismo etc.). Os agentes antrópicos partem de uma série de problemas que são de origem humana (pichação, queimadas e desmatamento) e que afetam o sítio arqueológico.

Os agentes de degradação são visíveis em todo o sítio arqueológico e devem ser considerados não apenas sobre o painel gráfico. Isso acontece porque deve-se atentar a todos os problemas presentes no sítio e como eles podem interferir de maneira direta ou indireta na conservação das pinturas. Mesmo entendendo a problemática, a Figura 6 apresenta um mapa com a delimitação dos problemas de conservação que atuam nas pinturas no painel arqueológico, sendo que são comentados especificamente cada um deles e dos demais agentes que atuam sobre o sítio.

**Figura 6.** Mapa com destaque dos problemas de conservação presentes no painel gráfico do sítio Morro do Letreiro.



**Legenda**

<span style="color: purple;">■</span> Galeria de Cupins	<span style="color: yellow;">■</span> Fatores Antrópicos	<span style="color: lightblue;">■</span> Eflorescência Salina
	<span style="color: orange;">■</span> Ninhos de Vespas	<span style="color: lightgreen;">■</span> Deslocamento

Fonte: Danyel Almeida, 2022.

De acordo com a Figura 6, o deslocamento (cor verde), representa o problema de conservação de maior proporção do painel arqueológico, sucedido pelos ninhos de vespas (laranja), eflorescências salinas (azul), galerias de cupins (roxa) e fatores antrópicos (amarela). Esses problemas impactam diretamente o painel gráfico, fazendo que muitas informações tenham sido perdidas. Por isso mesmo, esse sítio foi escolhido como objeto de estudo do presente trabalho.

Animais e vegetação são fatores que podem contribuir de forma positiva ou negativa para conservação de sítios arqueológicos. O equilíbrio biológico é fundamental para preservação ambiental e de sítios arqueológicos, no entanto, quando animais ou

vegetações impactam as pinturas rupestres, tornam-se um problema que necessitará de solução, isso porque deve ser considerada e ponderada a relevância do patrimônio arqueológico em relação aos agentes biológicos.

Quando considerado o sítio arqueológico Morro do Letreiro, foram identificados três animais que agem sobre as pinturas rupestres, sendo dois insetos (vespas e térmitas) e um roedor (*Kerodon rupestris*) popularmente conhecido como mocó, enquanto foi possível identificar uma diversidade de árvores que estão presentes sobre o abrigo arqueológico e uma bromélia próxima do painel pré-colonial.

Embora desativados, os ninhos de insetos construtores, principalmente de vespas, são um dos problemas que mais recobrem as pinturas. As galerias de cupins podem ser facilmente retiradas com o utensílio de materiais de conservação, enquanto os ninhos de vespas já exigem outros métodos, ainda mais porque alguns deles já estão em um processo avançado de fossilização, ou seja, estão com grande dureza, sendo necessário maior atenção na sua retirada e utilização de reagentes químicos.

Os dejetos de roedores estão presentes em todo o piso do abrigo rupestre e do bloco rochoso que fica próximo às pinturas, no entanto, eles não apresentam um grande problema em relação à conservação das pinturas. Por outro lado, é possível identificar grande quantidade de vegetação na parte superior do abrigo rupestre, assim como uma bromélia em uma área do paredão relativamente próxima do painel gráfico. As raízes dessas vegetações permitem a abertura de fendas e maior infiltração de água, que por sua vez pode trazer diversos prejuízos para o abrigo arqueológico e, conseqüentemente, para as pinturas.

Alguns agentes naturais não biológicos também afetam as pinturas rupestres, sendo um dos mais difíceis de serem controlados, ainda mais por serem originados de eventos climáticos. Além disso, alguns desses problemas podem contribuir para o surgimento ou aumento de outros. A precipitação é o fator de maior preocupação para o sítio Morro do Letreiro, não por afetar diretamente as pinturas, já que não há o escoamento de água sobre elas, mas sim por ser responsável pela geração de outros problemas de conservação, como eflorescências salinas e deslocamentos, além de permitir condições favoráveis para proliferação de microrganismos.

As eflorescências salinas são de fenômenos naturais e podem recobrir partes ou até mesmo uma pintura rupestre por completo (FARIAS FILHO *et al.*, 2017). No caso do sítio arqueológico Morro do Letreiro, onde as pinturas foram produzidas na superfície rochosa de matriz arenítica e Formação Piauí, que por sua vez, teve desenvolvimento em ambiente litorâneo, estão presentes, no interior dessa rocha, diversos sais. Desta maneira, a origem das eflorescências salinas ocorre e é facilitada com a deposição de sedimento que proporcionou o crescimento da vegetação acima do abrigo rupestre e, por esse motivo, facilita a infiltração das águas de chuvas para o interior da rocha. A matriz rochosa do sítio em questão, por ser porosa, tem seus sais diluídos pela água, que são transportados juntamente com ela para o exterior da rocha. Quando aflorados e a água é evaporada, cristais de sais começam a formar uma fina película sobre a superfície, impactando as pinturas do painel gráfico.

De acordo com as análises do efeito das eflorescências salinas sobre o painel gráfico, observou-se que ao passo que os sais são expelidos, eles causam maior pressão sobre a superfície rochosa, que por sua vez facilitam a descamação e deslocamento rochoso, tanto é que nas áreas deslocadas são encontradas eflorescências de sais. Mas não somente elas causam os deslocamentos, estes também são influenciados pelas diferenças térmicas alternadas entre períodos de grandes temperaturas e de chuvas.

Situação similar com a do sítio Morro do Letreiro foi identificada por Meiklejohn e colaboradores (2009), ao estudarem os efeitos do intemperismo em sítios arqueológicos africanos do povo San (Battle Cave), onde perceberam que a infiltração de água é um dos principais contribuintes para a degradação das rochas, ademais, ligaram o deslocamento às camadas de sais de feldspato, uma vez que esses sais estavam presentes em pedaços de rocha descamadas.

Além desses problemas, outros ainda causam preocupações, embora sejam proporcionalmente menores. Entre os agentes antrópicos, foi possível identificar pichações em corretivo líquido no painel rupestre e, nas imediações do sítio, pichações gravadas nas proximidades do painel (mas não sobre ele) e indício de queimadas em frente ao painel gráfico. Essas ações, mesmo que menores, ainda afetam o sítio arqueológico e podem influenciar outras pessoas a fazerem o mesmo, levando-nos a estabelecer alguns trabalhos junto com a comunidade de modo que seja instigada a prática de conservação.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS FUTURAS

Como pôde ser observado, por mais que as figuras rupestres sejam um importante patrimônio cultural que guarda a forma dos grupos humanos pretéritos estarem presentes no mundo, elas passam por diversos problemas que afetam a sua conservação. Considerando isso, partimos do estudo do sítio Morro do Letreiro, em que foram aplicados métodos da arqueometria para o estudo dos pigmentos rupestres e dos problemas de conservação, para estabelecer metodologias úteis para a conservação de sítios com arte rupestre.

As ferramentas metodológicas utilizadas, como o microscópio óptico e espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia, representam um importantíssimo valor para as atividades de conservação, permitindo que as informações das pinturas selecionadas fossem observadas em nível microscópico, enquanto a técnica por EDXRF permitiu a análise elementar das pinturas, sem que fosse retirada nenhuma amostra. Até mesmo as análises por microscopia Raman, em que houve a retirada de microamostras, ainda pode ser considerada favorável, uma vez que as coletas são de pequenas dimensões, não comprometendo a integridade das pinturas.

Com a utilização das técnicas arqueométricas, conhecemos os elementos e minerais presentes nos pigmentos, formados principalmente por ferro (Fe) na forma de hematita ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), além disso, foi possível entender a formação de eflorescências salinas e sua presença junto com os pigmentos em nível microscópico, sendo possível entender que elas se encontravam silicificadas pois detectou-se apenas o mineral quartzo ( $\text{SiO}_2$ ).

Em se tratando dos problemas de conservação, observamos que os insetos construtores, ainda mais os ninhos de vespas, e as chuvas são os principais problemas do sítio em questão. Para isso, propõe-se que os trabalhos interventivos envolvam a retirada de ninhos de vespas e galerias de térmitas. Todas elas estão baseadas nas cartas patrimoniais, em que se utiliza principalmente tratamentos mecânicos para retirada dos depósitos de alteração ou com o auxílio de reagentes voláteis (álcool ou acetona) e água destilada. Ainda assim, deve-se garantir que nenhum desses insetos esteja em atividade quando forem realizados os trabalhos, pois podem retornar de maneira mais agressiva sobre as pinturas, invadindo outras regiões. Desta maneira, recomenda-se que seja identificada a rainha dos insetos construtores e utilizados biocidas como forma de barrar a sua atividade. Posteriormente, antes de serem realizadas as etapas de intervenção sobre as pinturas, sugere-se que sejam feitos testes prévios em áreas circunvizinhas, sem pinturas, garantindo a eficácia da metodologia e o sucesso dos produtos.

Ainda é complicado estabelecer uma proposta para o controle de água sem que interfira em todo o microambiente do sítio arqueológico, que por consequência irá também dificultar o controle do aparecimento das eflorescências salinas. Para isso, será necessário um estudo dedicado apenas a esse problema e quais as melhores técnicas para seu controle, de modo que não afete significativamente o abrigo arqueológico.

Nas áreas intemperizadas pelo deslocamento rochoso, recomenda-se a utilização de consolidantes. Para isso, é preciso utilizar sedimentos mais parecidos possíveis com a tonalidade das rochas, obedecendo ao princípio de compatibilidade de materiais (Carta do Restauro), acompanhados de algum ligante (como argamassa, por exemplo), que devem estar em proporções pequenas. Antes da aplicação sobre às áreas deslocadas, deve-se realizar testes que garantam a reversibilidade de qualquer ação.

Para que sejam evitadas mais pichações e queimadas, ou algum outro problema de conservação de origem humana, sugere-se a utilização de metodologias da Educação Patrimonial ou da Arqueologia Social Inclusiva. Esse tipo de trabalho já vem sendo realizado por alguns arqueólogos como forma de promover a sensibilização da comunidade para esse tipo de patrimônio cultural (FORDRED, 2011; JOLLY, 2012; LAGE *et al.*, 2021; LERNIA; GALLINARO, 2011). A partir dessa interação entre profissionais da conservação e a comunidade, é gerada uma série de trocas de conhecimento, de profissionais com conhecimentos acadêmicos sobre esse tipo de patrimônio e, por outro lado, de membros da comunidade que detêm diversos saberes a respeito do povoamento da localidade passados de geração a geração por meio de discurso oral, além de ter sua forma de interpretar as imagens pictográficas e interesse pela conservação do seu patrimônio.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida a Danyel Douglas Miranda de Almeida, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa à Maria Conceição Soares Meneses Lage e bolsa de Iniciação Científica a Wilkins Oliveira Barros, ao laboratório de Física dos Materiais (FISMAT) e aos demais envolvidos no trabalho que o fizeram possível.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Robério Bôto de; GOMES, José Roberto de Carvalho. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Palmeirais*. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2004. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16341>. Acesso em: 7 out. 2021.
- APOLINÁRIO, Juciene Ricarte. *Os Akroá e outros povos indígenas nas fronteiras do sertão: as práticas das políticas indígenas e indigenistas no norte da capitania de Goiás – século XX*. 2005. Tese (Doutorado em História) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/7522>. Acesso em: 7 out. 2021.
- ARAÚJO, Raphael Neto. *Depósitos lacustres rasos da Formação Pedra de Fogo, permiano da bacia do Parnaíba, Brasil*. 2015. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14772>. Acesso em: 13 jun. 2021.
- BAHN, Paul. *Cave Art: a Guide to the Decorated Ice Ages Caves of Europe*. London (GB): Frances Lincoln, 2012.

- BONNEAU, Adelphine; PEARCE, David G.; POLLARD, Alan M. A multi-technique characterization and provenance study of the pigments used in San rock art, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, v. 39, n. 2, p. 287-294, 2012. DOI: 10.1016/j.jas.2011.09.011.
- BRIGGS, Richard; RAMDAS, Anant. Piezospectroscopy of the Raman spectrum of  $\alpha$ -quartz. *Physical Review B*, v. 16, n. 3815, 1977.
- CAMPELO, Sônia Maria. Morro do Letreiro, Palmeirais: uma estação no caminho do homem pré-histórico que habitou o Piauí. *Cadernos de Pesquisa*, v. 10, p. 71-87, 1992.
- CAVALCANTE, Luís Carlos Duarte. Caracterização químico-mineralógica de eflorescências salinas do sítio arqueológico Pedra do Atlas. *Arqueologia Iberoamericana*, v. 38, p. 55-60, 2018. DOI: 10.5281/zenodo.3474433.
- CAVALCANTE, Luís Carlos Duarte; RODRIGUES, Andrews Araújo. Arte rupestre e problemas de conservação do sítio arqueológico Caminho da Caiçara II. *Arqueologia Iberoamericana*, v. 45, p. 93-100, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3903991.
- CLOTTE, Jean. *Cave art*. London (GB): Phaidon Press, 2008.
- CONSELHO INTERNACIONAL DE MONUMENTOS E SÍTIOS. Declaração do México. México, DF, 1985. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Declaracao%20do%20Mexico%201985.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.
- DAEMON, Roberto F. Palinomorfos-guias do Devoniano Superior e Carbonífero Inferior das bacias do Amazonas e Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 46, n. 3-4, p. 549-587, 1974.
- DARVILL, Timothy; FERNANDES, António Pedro Batarda. Open-Air Rock-Art Preservation and Conservation: a Current State of Affair. In: DARVILL, Timothy; FERNANDES, Antonio Pedro Batarda (ed.). *Open-Air Rock-Art Conservation and Management: State of the Art and Future Perspectives*. Abingdon (GB): Routledge, 2014. p.1-16. DOI: 10.4324/9780203754177.
- DINO, Rodolfo; PLAYFORD, Geoffrey. Stratigraphic and palaeoenvironmental significance of a Pennsylvanian (Upper Carboniferous) palynoflora from the Piauí Formation, Parnaíba Basin, northeastern Brazil. *Paleontological Research*, v. 6, n. 1, p. 23-40, 2002. Disponível em: <https://biostor.org/reference/118092>. Acesso em: 13 maio de 2023.
- FARIA, Dalva Lúcia A. de; LOPES, Francisco N.; SOUZA, Luiz Antônio Cruz; CASTELLO BRANCO, Helena David de Oliveira. Análise de pinturas rupestres do Abrigo do Janelão (Minas Gerais) por microscopia Raman. *Química Nova*, v. 34, n. 8, p. 1358-1364, 2011. DOI: 10.1590/S0100-40422011000800012.
- FARIAS FILHO, Benedito Batista; LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; LIMA, Rássius Alexandre Medeiros. Estudo químico de eflorescências salinas do sítio arqueológico Toca Exú do Jurubeba do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Química Nova*, v. 40, n. 9, p. 983-988, 2017. DOI: 10.21577/0100-4042.20170100.
- FORDRED, Claire Louisa. *The Management and Conservation of Rock Art Sites and Paintings in the Ukhahlamba-Drakensberg Park, Kwazulu-Natal, South Africa*. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – University of Pretoria, Pretoria (ZA), 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2263/23428>. Acesso em: 18 set. 202.
- GIALANELLA, Stefano; BELLI, Romina; DALMERI, Geam Paolo; LONARDELLI, Ivan; MATTARELLI, Maurizio; MONTAGNA, Maurizio; TONIUTTI, Laura. Artificial or Natural Origin of Hematite-based Red Pigments in Archaeological Contexts: the Case of Riparo Dalmeri (Treno, Italy). *Archaeometry*, v. 53, n. 5, p. 950-962, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00594.x>.

- GÓES, Ádson M.; FEIJÓ, Flávio J. Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 8, n. 1, p. 57-67, 1994.
- GUTIÉRREZ, Rafael Montes. Teorías interpretativas del arte rupestre. *Tiempo y Sociedad*, n. 9, p. 5-22, 2012.
- JOLLY, Pieter. Two related rock art conservation/education projects in Lesotho. In: SMITH, Benjamin; HELSKOG, Knut; MORRIS, David. *Working with Rock Art: Recording, Presenting and Understanding Rock Art Using Indigenous Knowledge*. Johannesburg (ZA): Wits University Press, p. 257-271, 2012. DOI: 10.18772/22012125454.
- JUSTAMAND, Michel. As pinturas rupestres do Brasil: memória e identidade ancestral. *Revista Memore*, v. 1, n. 2, p. 118-141, 2014. DOI: 10.19177/memore.v1e22014118-141.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses. Análise química de pigmentos de arte rupestre do sudeste do Piauí. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, supl. 2, p. 89-101, 1997.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses. A conservação de sítios de arte rupestre. *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, n. 33, p. 95-107, 2007. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/revista\\_33compressed.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/revista_33compressed.pdf). Acesso em: 2 jan. 2020.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; BORGES, Jóina Freitas; ROCHA JÚNIOR, Simplicio. Sítios de registros rupestres: monitoramento e conservação. *Mneme*, v. 6, n. 13, p. 28-51, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/mneme/article/view/269>. Acesso em: 2 jan. 2020.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; FARIAS FILHO, Benedito Batista. Arqueometria aplicada à conservação de sítios de arte rupestre. *Cadernos do Lepaarq*, v. 15, n. 30, p. 327-343, 2018. DOI: 10.15210/LEPAARQ.V15I30.13812.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; FARIAS FILHO, Benedito Batista; ARAÚJO, Igor Linhares de; LAGE, Welington; ALMEIDA, Danyel Douglas Miranda de; LAGE, Pablo Meneses. Arqueologia social inclusiva e conservação da arte rupestre dos sítios Barro Branco I e Templo dos Pilares – Alcinópolis-MS. In: CAVALCANTI, Vanessa Ribeiro Simon; SILVA, Antonio Carlos da (org.). *Ciências humanas: caráter polissêmico e projeção interdisciplinar*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. p. 148-161. DOI: 10.22533/at.ed.31921040612.
- LAGE, Maria Conceição Soares Meneses; SILVA, Jacionira Coelho; MAGALHÃES, Sônia Maria Campelo; CAVALCANTE, Luís Carlos Duarte; MARTINS, Lívia; FERRARO, Lorena. Pedra do Castelo: um exemplo de aplicação da arqueometria na conservação patrimonial. *Fundamentos*, n. 9, p. 1035-1045, 2010.
- LERNIA, Savino di; GALLINARO, Marina. Working in a UNESCO WH Site. Problems and Practices on the Rock Art of Tadrart Akakus (SW Libya, Central Sahara). *Journal of African Archaeology*, v. 9, n. 2, p. 159-175, 2011. DOI: 10.3213/2191-5784-10198.
- LEROI-GOURHAN, Andre. *Arte y grafismo en la Europa prehistoria*. Madrid (ES): Colegio Universitario de Ediciones Istmo, 1984.
- LIRITZIS, Ioannis; LASKARIS, Nikos; VAFIADOU, Asimina; KARAPANAGIOTIS, Ioannis; VOLONAKIS, Pantelis; PAPAGEORGOPOULOU, Christina; BRATITSI, Maria. Archaeometry: an Overview. *Scientific Culture*, v. 6, n. 1, p. 49-98, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3625220.
- MADARIAGA, Juan Manuel. Analytical Chemistry in the Field of Cultural Heritage. *Analytical Methods*, v. 7, n. 12, p. 4848-4876, 2015. DOI: 10.1039/C5AY00072F.
- MARTIN, Gabriela. *Pré-história do Nordeste do Brasil*. 5. ed., Recife: Editora Universitária da UFPE, 2013.

- MEIKLEJOHN, Ian; HALL, Kevin; DAVIS, Jacqueline. Weathering of Rock Art at Two Sites in the KwaZulu-Natal Drakensberg, Southern Africa. *Journal of Archaeological Science*, v. 36, n. 4, p. 973-979, 2009. DOI: 10.1016/j.jas.2008.11.020.
- MOYO, Stanley; MPHUTHI, Dikeledi; CUKROWSKA, Ewa; HENSHILWOOD, Christopher S.; NIEKERK, Karen van; CHIMUKA, Luke. Blombos Cave: Middle Stone Age Ochre Differentiation through FTIR, ICP OES, ED XRF and XRD. *Quaternary International*, v. 404, p. 20-29, 2016. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.09.041.
- MUNSELL COLOR. *Munsell Soil Color Charts*. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.
- MURAD, Enver. Identification of Minor Amounts of Anatase in Kaolins by Raman Spectroscopy. *American Mineralogist*, v. 82, n. 1/2, p. 203-206, 1997. DOI: 10.2138/am-1997-1-222.
- OLIVEIRA, Ana Stela de Negreiros. *O povoamento colonial do sudeste do Piauí: indígenas e colonizadores, conflitos e resistência*. 2007. Tese (Doutorado em História) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- PROUS, André. *Arqueologia brasileira: a pré-história e os verdadeiros colonizadores*. Cuiabá: Archaeo: Carlini & Caniato Editorial, 2019.
- SANTOS, Victor Hugo. *Sequências Siluro-Devoniana e Eocarbonífera da bacia do Parnaíba, Brasil, como análogos para a exploração de hidrocarbonetos*. 2005. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2005.
- SAUVET, Georges; SAINZ, Cesar González; SANCHIDRIÁN, José Luis; VILLAVÉRDE, Valentín. Europe: Prehistoric Rock Art. In: SMITH, Claire. (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*. New York (US): Springer, 2014, p. 2599-2612. DOI: 10.1007/978-1-4419-0465-2\_1278.
- SILVA, Allan Leonardo; OLIVEIRA, Cláudia Alves de. Estudos sobre caracterização e classificação da decoração da cerâmica arqueológica pintada. *Fundamentos*, v. 16, n. 1, p. 55-76, 2019.