

Recebido em 03/11/2022 e aprovado em 5/2/2023

AVALIAÇÃO QUÍMICA *IN SITU* DA ARTE RUPESTRE POLICROMÁTICA DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO TOCA DO ARAPUÁ DO GONGO, PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CAPIVARA, PIAUÍ

IN SITU CHEMICAL EVALUATION OF POLYCHROMATIC ROCK ART FROM THE ARCHAEOLOGICAL SITE TOCA DO ARAPUÁ DO GONGO, SERRA DA CAPIVARA NATIONAL PARK, PIAUÍ

Ana Luísa Meneses Lage do Nascimento¹

<https://orcid.org/0000-0002-6953-4065> / analage@ufpi.edu.br

Benedito Batista Farias Filho²

<https://orcid.org/0000-0002-6728-0815> / beneditofarias@ufpi.edu.br

Rebeca Jade dos Santos Silva³

<https://orcid.org/0009-0009-1007-6336> / arqueobeca@gmail.com

55

RESUMO

A análise é referente à identificação química elementar do material policromático vermelho e amarelo presente respectivamente no contorno e preenchimento da arte rupestre do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo. Foram utilizadas as técnicas analíticas como a microscopia óptica e a espectrometria de Fluorescência de Raios X portátil. Os espectros de raios X apresentaram como principais elementos o Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Fe, Zn e Cr. O Mn, presente apenas na amostra de pigmento vermelho, pode ser considerado como um marcador químico, o que sugere o uso de matéria-prima distinta para o preparo da arte rupestre.

Palavras chaves: arte rupestre; pigmentos policromáticos; Fluorescência de Raios X portátil.

¹ Docente, Curso de Arqueologia, UFPI, Piauí.

² Docente, Departamento de Química, UFPI, Piauí.

³ Discente, Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, UFPI, Piauí.



ABSTRACT

The analysis refers to the elementary chemical identification of the red and yellow polychromatic material present respectively in the outline and filling of the rock art of the archaeological site Toca do Arapuá do Gongo. Analytical techniques such as optical microscopy and portable X Ray Fluorescence spectrometry were used. The X-ray spectra showed as main elements Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Fe, Zn and Cr. Mn, present only in the red pigment sample, can be considered as a chemical marker, which suggests the use of a different raw material for the preparation of rock art.

Keywords: rock art; polychromatic pigments; X Ray Fluorescence.

CONTEXTO DA PESQUISA

A arte rupestre se refere a um vestígio cultural do universo simbólico que comprovam a passagem de grupos humanos em determinadas áreas, realizadas sob a forma de pinturas e/ou gravuras, em diversos suportes rochosos, como paredões, abrigos, matacões, blocos. As características físicas, (tintas), e temáticas, (antropomorfos, fitomorfos, zoomorfos), podem trazer muitas informações sobre o modo de vida de uma sociedade pretérita. As formas de descrição da arte rupestre se baseiam, principalmente, em unidades como a técnica, a temática, o pigmento utilizado, o suporte, o traço artístico dentre outros parâmetros que permitem entender melhor sobre os nossos antepassados, (BARNETT et al, 2006).

Como forma de colaborar com os estudos relacionados aos grupos humanos de antes da colonização, as análises arqueométricas de pigmentos rupestres têm sido utilizadas, sobretudo, para caracterização químico mineralógicas dessas pinturas, a fim de obter dados sobre a matéria-prima utilizada e padrões de modo de preparo, (BROOK et al, 2018; DE FARIA, LOPES 2007), dados importantes a serem levantados para elaboração de um diagnóstico de conservação da arte rupestre. Muitos são os agentes de deterioração que podem ameaçar o desaparecimento acelerado desse patrimônio arqueológico no qual inclui os aspectos como sujeiras, deslocamento, desintegração pictórica causadas sobretudo por fatores ambientais, (BAYARRI et al, 2019).

Para estes estudos se faz necessário a utilização de técnicas de análises não-destrutivas ou semi-destrutivas que fornecem informações sobre as características química elementar de arte policromática utilizadas para tomadas de decisões interventivas durante a etapa de conservação da

arte rupestre. Para a caracterização químico mineralógica dos compostos inorgânicos que fazem parte do pigmento pré-colonial, têm-se utilizadas as técnicas analíticas como a Fluorescência de Raios X (BEDFORD et al, 2018; GAY et al, 2016), a Difração de Raios X (MARINANGELI et al, 2015; BECK et al, 2014), Espectroscopia Raman (AMBERS, 2004; Rousaki et al, 2015), a Espectroscopia Mössbauer, (FLORESTA et al, 2015; SANTOS et al, 2018).

A técnica analítica de Fluorescência de Raios X, (FRX), tem sido atrativa em análises do patrimônio material, devido suas características multielementares simultâneos, rapidez nas medidas e caráter não-destrutivo, (RENDA et al, 2019; PANCHUK et al, 2018). Além disso, a portabilidade da técnica tem permitido: realizar todas as medidas *in situ*, excluindo a etapa de coleta da amostra, que devido a quantidade do material coletado (ordem de microgramas), são mais propícios a erros nas medidas, (CESAREO et al, 2004; LONGONI et al, 1998); realizar o mínimo de intervenção química sobre o pigmento e o suporte rochoso a fim de garantir a sua integridade.

57

Apesar da técnica de FRX não distinguir a composição mineralógica para inferir sobre o tipo de matéria-prima utilizada para o preparo da tinta pré-histórica, a composição química elementar pode informar sobre a origem do pigmento, sobretudo quando se detecta um marcador químico diferenciador ou quando se utiliza em conjunto com um tratamento quimiométrico, (LUQUE DE DUQUE, JURADO-LÓPEZ, 2019; MANTLER, SCHREINER, 2000). Permite ainda compreender sobre as características química e morfológicas do agente degradante, do pigmento e do suporte rochoso, ações indispensáveis para o trabalho de conservação de arte rupestre.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se existe similaridade na composição química elementar dos pigmentos, (contorno vermelho e preenchimento amarelo), utilizados no preparo da arte rupestre do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo, localizado no Parque Nacional Serra da Capivara, (estado do Piauí, Brasil), por meio da FRX portátil. Dessa forma, obter informações de aspectos tecnológicos utilizados pelos paleoindígenas para a elaboração das tintas vermelha e amarela, importante dado para diagnóstico de conservação de arte rupestre.

AREA ARQUEOLÓGICA EM ESTUDO



O sítio arqueológico em estudo denomina-se Toca do Arapuá do Gongo, localizado no município de João Costa, (Figura 1a), fazendo parte do enclave que compõe o Parque Nacional Serra da Capivara, região rica em arte rupestre, conhecido mundialmente e considerado Patrimônio Cultural da Humanidade desde dezembro de 1991.

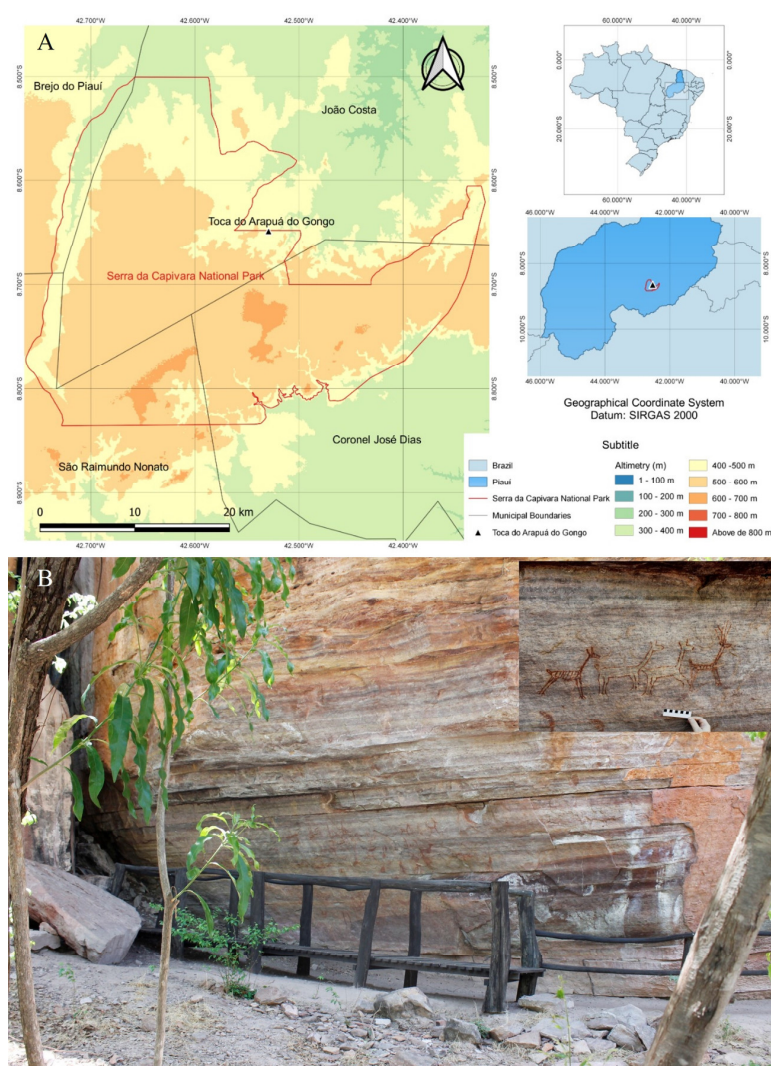


Figura 1. (a), mapa de localização geográfica e, (b), vista frontal com detalhe dos quatro cervídeos policromáticos do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo na região que compõe o Parque Nacional Serra da Capivara.

A Toca do Arapuá do Gongo é um abrigo de rochas areníticas contendo arte rupestre e onde foram encontrados dois enterramentos, identificado como pertencentes ao esqueleto juvenil com idade aproximada de 3 a 6 anos de idade, (COOK, SOUSA, 2012). As manifestações rupestres presentes

no sítio arqueológico possuem diferentes tonalidades de vermelhos e como destaque no painel pintado, uma pintura policromática, representando uma sequência de quatro cervídeos os quais os dois do meio apresentam o preenchimento do corpo de uma coloração vermelho amarelada, (Figura 1b). Essa policromia levanta duas hipóteses acerca da técnica de preparo e aplicação da tinta sobre o suporte rochoso: foram utilizadas duas fontes de matérias-primas diferentes, correspondentes a cada uma das cores que compõem a arte rupestre dos cervídeos; ou foi utilizado a mesma fonte de matéria-prima, todavia, o pigmento de cor amarelo possui duas moléculas de água em sua estrutura, precisando passar por um processo de desidratação através do aquecimento que o transformou em um material pigmentante de cor vermelho, processo comum entre os artistas que lá habitavam antes da colonização..

METODOLOGIA

Amostras de pigmentos rupestres

Foram estudados três pontos, (dois pigmentos e o suporte rochoso), de análise da arte rupestre do sítio arqueológico Toca Arapuá do Gongo, dando prioridade à policromia vermelha e amarelo de um grafismo representativo de quatro cervídeos. O ponto de análise foi escolhido tomando como base a região da arte rupestre que não se encontrava desgastada e onde os pigmentos visualmente estavam concentrados em uma camada extensa de tinta. Também foi analisado uma região do suporte rochoso livre de pigmentos rupestres que serviu como referência para as medidas.

Observação sob microscopia óptica

As amostras de pigmentos rupestres e do suporte rochoso foram examinadas sob a ocular de um microscópio óptico portátil, (ProScope HR CSI Avantscope), com conexão USB ao computador. As imagens das amostras foram obtidas utilizando lentes, (Scalar), de 100x realizando um exame rigoroso dos pigmentos.

Análise por Fluorescência de Raios X portátil, (pXRF)

Foi utilizado um sistema de FRX portátil, (Thermo Fisher Scientific, Niton XL3t Ultra), equipado com tubo de raios X com um anodo de prata e um detector de deriva de silício, (SDD). As condições

experimentais de medidas do equipamento foram voltagem máxima de 50 kV, corrente de 200 μ A, tempo de medida de 120 segundos e área de irradiação sobre a amostra de cerca de 29 mm². A calibração utilizada para a determinação semiquantitativa foi baseada no método dos parâmetros fundamentais, (PF), que consiste num modelo teórico para correção de interferências por efeitos de matriz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de estudar a policromia da arte rupestre do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo, foi aplicada a técnica de processamento de imagens para realce das duas cores de interesse presentes no contorno, (vermelho), e preenchimento, (amarelo). Para isso utilizou-se o plugin DStretch®, uma ferramenta de melhoramento de imagens baseada no estiramento de correlação, (EVANS, MOURAD, 2018). Foi desenvolvido em 2005, especificamente para estudo de arte rupestre e tem sido muito utilizado para tornar visível as pinturas e/ou gravuras devido aos problemas de desgastes naturais ou antrópicos, ações de sobreposição de tintas, distinção de policromias etc, (PALOMAR-VASQUEZ et al, 2017; BEA, ANGÁS, 2017; ROGERIO-CANDELERIA, 2016; McDONALD et al, 2016). A Figura 2 apresenta as fotografias originais e após tratamento de imagem por DStretch usando o filtro LXX.

Como pode ser observado na Figura 2, o tratamento de imagem por filtros DStretch permitiu obter os detalhes gráficos não visíveis a olho nu, como as etapas de elaboração da arte, no qual observa-se que o preenchimento, devido a sua delicadeza de aplicação, foi realizado somente após os traços gráficos. Além disso, observa-se que apesar de ser visível a cor amarela nos dois cervídeos do centro, as imagens mostram que aqueles que se encontram na extremidade da arte rupestre foram elaborados baseados apenas nos traços vermelhos.

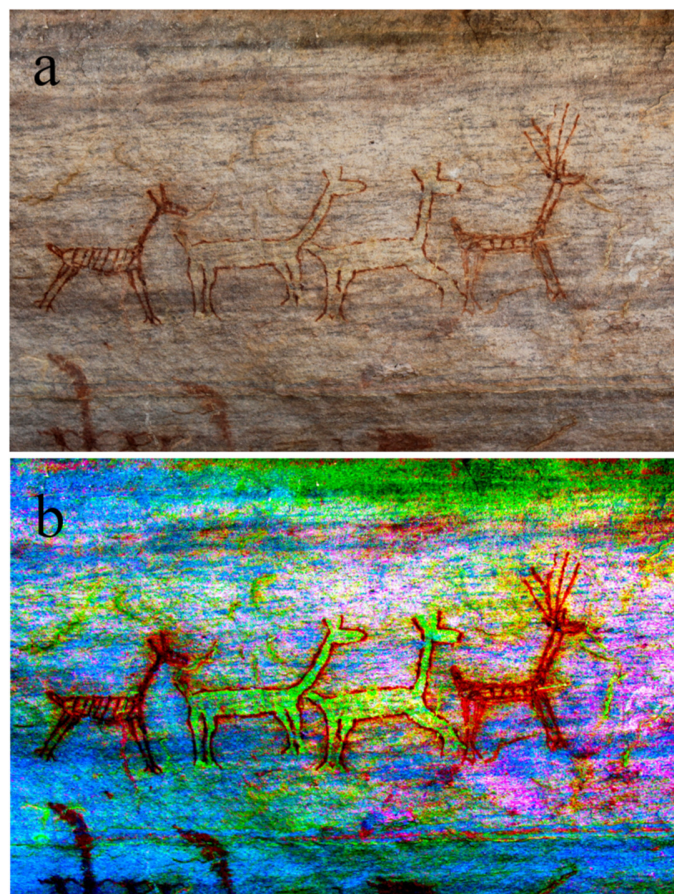


Figura 2. Cervídeos policromáticos do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo, (a), imagem original e, (b), imagem processada por DStretch utilizando o filtro LXX.

A Figura 3 mostra os detalhes morfológicos das duas áreas de tintas analisadas da arte rupestre, contorno de coloração vermelha e o preenchimento em amarelo, a fim de obter informações sobre os aspectos tecnológicos de elaboração e aplicação das tintas no suporte rochoso.

A avaliação microscópica da arte rupestre revelou que os pigmentos se encontram dispersos nos traços que compõe os grafismos e com boa aderência no suporte rochoso sugerindo o uso das tintas no estado líquido, pois caso tivesse sido aplicado na forma pastosa o pigmento apareceria com uma camada espessa, sem tanta aderência à rocha.

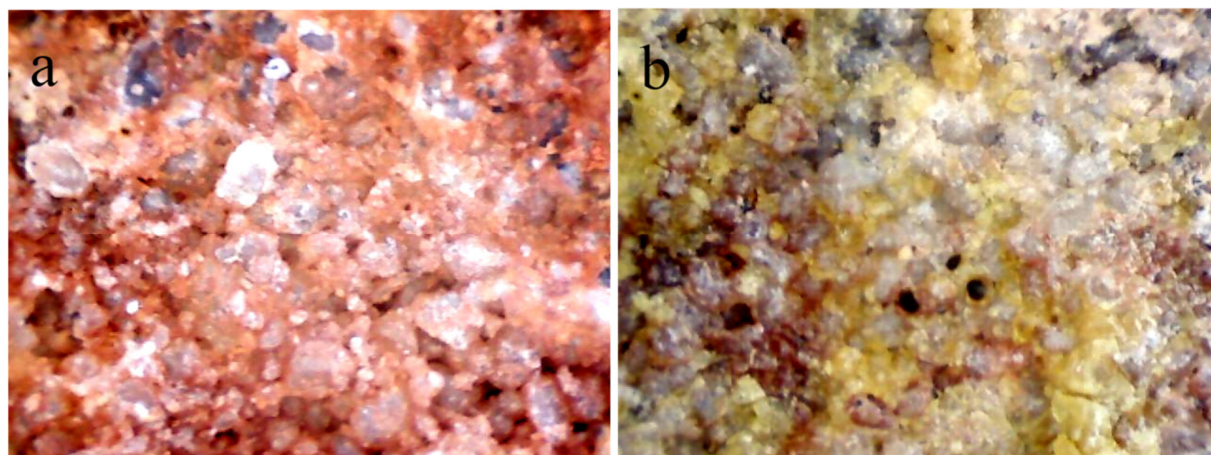


Figura 3. Imagem microscópica com aumento de 100x para as amostras de pigmentos, (a), contorno vermelho, (b), preenchimento amarelo.

A Figura 3a mostra que a tinta do contorno vermelho foi aplicada no suporte rochoso em várias camadas, pois o pigmento se encontra uniformemente distribuído no filme pictórico ao traçar as linhas da arte rupestre. Em se tratando do preenchimento de coloração amarelo, pode-se observar na Figura 3b que foi aplicada inicialmente por uma camada avermelhada e posteriormente por uma amarelada. O preenchimento amarelado foi elaborado de forma mais grosseira, com a aplicação da tinta possivelmente em apenas uma única camada, no qual teve como resultado apenas alguns pontos de aderência no suporte rochoso. A tonalidade de cor visualmente observada no preenchimento da arte rupestre é devida principalmente a forma de aplicação em camada no suporte rochoso e não ao tamanho de partícula dos pigmentos.

Os resultados da análise química semi-quantitativa elementar dos pigmentos rupestres vermelhos e amarelos, bem como o do suporte rochoso por FRX portátil é apresentado na Tabela 1.

Elemento	Amostra, (%)		
	Pigmento vermelho	Pigmento amarelo	Suporte rochoso
Si	8,2 ± 0,1	20,0 ± 0,2	30,8 ± 0,2
Fe	6,3 ± 0,1	0,69 ± 0,02	0,32 ± 0,02
Mn	0,02 ± 0,01	< LD	< LD
Ba	<LD	0,011 ± 0,007	0,012 ± 0,007
Al	1,15 ± 0,08	2,7 ± 0,1	1,31 ± 0,09
S	3,89 ± 0,05	3,13 ± 0,06	2,26 ± 0,04
P	2,88 ± 0,05	4,1 ± 0,6	1,50 ± 0,04
K	1,13 ± 0,03	1,22 ± 0,03	0,51 ± 0,02
Ca	0,65 ± 0,03	0,45 ± 0,03	0,06 ± 0,03
Ti	0,072 ± 0,005	0,276 ± 0,004	0,088 ± 0,005
V	0,011 ± 0,003	0,007 ± 0,004	<LD
Cr	0,009 ± 0,002	0,006 ± 0,002	< LD
Zn	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	<LD
Sr	0,002 ± 0,001	0,002 ± 0,001	0,002 ± 0,001

LD = limite de detecção

Tabela 1. Concentração elementar das amostras de pigmentos e suporte rochoso em porcentagem, (média com os correspondentes desvios padrão).

Os resultados das medidas semi-quantitativas obtidos por FRX portátil são referentes apenas ao conjunto dos principais elementos químicos detectados para as amostras analisadas. Conforme pode-se observar, os elementos determinados semi-quantitativamente foram Si, Fe, Mn, Ba, Al, S, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Zn e Sr. Apesar dos erros instrumentais inerentes à técnica analítica, a área de irradiação pequena sobre a amostra permitiu obter um ponto focal de análise satisfatório principalmente para a região da arte rupestre que se encontra dispersa, como é o caso do preenchimento amarelo. Como exemplo, observa-se na Tabela 1 que a rocha de matriz silicatada, (30,8% de Si), apresentou teor superior quando comparada ao do contorno vermelho, (8,2% de Si), e do preenchimento amarelo, (20,0% de Si). Ainda em relação ao suporte rochoso, os elementos detectados como o Al, Ca, Ti, K, S, P, Sr e Ba fazem parte da matriz silicatada, uma vez que é comum em sítios de arte rupestre do Brasil.

De acordo com a Tabela 1, o cálcio do suporte rochoso apresentou teor inferior, (0,06%), quando comparado ao do pigmento vermelho, (0,65%), e amarelo, (0,45%). Isto pode sugerir que este elemento químico é um componente da arte pré-histórica, provavelmente utilizado como forma de fixador, material que dá aderência à tinta na rocha, muito comumente utilizado pelos artistas pré-históricos.

As diferenças entre os teores de ferro de cada amostra, utilizados como material pigmentante, reforça a ideia de uma tinta mais concentrada para o pigmento vermelho, (6,3% de Fe), uma vez que a intenção dos autores era de utilizar como contorno da arte, por isso, os traços deveriam ser mais nítidos para distinguir o preenchimento amarelo, (0,69% de Fe). Por fim, elementos como o V, Cr e Zn, estiveram ausentes no suporte rochoso, mas em concentrações similares para as duas amostras pictóricas, o que sugere uma detecção similar na camada de pigmento vermelho que se encontra abaixo do amarelo na arte rupestre.

Os elementos Al, Ti, K, Ca e Fe foram detectados em ambos os pigmentos rupestres e são derivados da composição química de argilominerais que fazem parte da mistura, (pigmento, fixador e aglutinante), que compõe a tinta pré-histórica. Qualquer variação existente entre a composição química elementar das argilas é devido a processos físicos de substituição dos átomos na estrutura do silicato, (SUGUIO, 1992). Esse processo físico irá ocorrer se o ambiente onde contém a matéria-prima for diferente em função das condições climáticas, propriedades da rocha, vegetação etc, (SUGUIO, 1982; SALOMONS, FORSTNER, 1984). Dessa forma, a detecção do Mn, (0,02%), apenas na amostra de pigmento vermelho, confere distinção em relação à origem da matéria-prima utilizada para a confecção da arte rupestre. Assim, se entende que os autores pré-históricos dos grafismos em estudo buscaram fontes pictóricas diferentes para o preparo da arte.

Embora é conhecido a prática de se utilizar o pigmento amarelado, que sob aquecimento, provoca a desidratação do óxido de ferro, transformando-o em pigmento de coloração vermelha sendo utilizado para elaboração policromática de pinturas. A forma gráfica, em relação a policromia observada nos cervídeos do sítio arqueológico Toca do Arapuá do Gongo sugere um trabalho intencional para elaboração da arte rupestre, seja pelo detalhe gráfico que requer coloração de tonalidade diferentes, ou seja pelo aproveitamento de diferentes fontes de matéria-prima disponíveis na região e por tanto uma forma de explorar os recursos do meio..

CONCLUSÕES

A análise *in situ* da arte rupestre policromática por FRX do sítio Toca do Arapuá do Gongo permitiu a obtenção de respostas arqueométricas sobre a tecnologia empregada pelos autores pré-coloniais

na elaboração e execução dessa manifestação artística, sem agredir o patrimônio material, mas oportunizando conhecer sobre o período de antes da colonização regional.

As tintas foram preparadas através do processo de decantação para retirada dos grãos de quartzo maiores e só então aplicadas sobre o suporte rochoso no estado líquido. Para o contorno da arte, foi colocado uma tinta vermelha com material pigmentante mais concentrado, enquanto que no preenchimento foi aplicado inicialmente uma pequena camada de tinta vermelha e em seguida a tinta amarelada, que pouco aderiu ao suporte rochoso.

A análise química elementar da policromia revelou que houve intenção dos artistas pré-históricos de utilizar fontes de matéria-prima diversificadas para a produção da arte rupestre, explorando os recursos naturais disponíveis na região para deixar suas marcas estilisticamente elaboradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBERS, J. 2004. "Raman analysis of pigments from the Egyptian Old Kingdom". *Journal of Raman Spectroscopic* vol 35, (68-69), 768 – 773.

BARNETTA, J. R.; MILLER, S.; PEARCE, E. 2006. "Colour and art: A brief history of pigments". *Optics & Laser Technology* vol 38, (4-6), 445 – 453.

BAYARRI, V.; SEBASTIÁN, M. A.; RIPOLL, S. 2019. "Hyperspectral Imaging Techniques for the Study, Conservation and Management of Rock Art". *Applied Sciences*. vol 9, 5011 – 5033.

BEA, M.; ANGÁS, J. 2017. "Geometric documentation and virtual restoration of the rock art removed in Aragón, (Spain)". *Journal of Archaeological Science: Reports* vol 11, 159 – 168.

BECK, L.; ROUSSELIÈRE, H.; CASTAING, J.; DURAN, A.; LEBON, M.; MOIGNAR, B.; PLASSARD, F. 2014. "First use of portable system coupling X-ray diffraction and X-ray fluorescence for in-situ analysis of prehistoric rock art". *Talanta* vol 129, 459-464.

BEDFORD, C.; ROBINSON, D. W.; GANDY, D. 2018. "Emigdiano Blues: The California indigenous pigment palette and an in situ analysis of an exotic colour". *Open Archaeology*. vol 4, 152 - 172.

BROOK, G. A.; FRANCO, N. V.; CHERKINSKY, A.; ACEVEDO, A.; FIORE, D.; POPE, T. R.; WEIMAR, R. D.; NEHER, G.; EVANS, H. A.; SALGUERO, T. T. 2018. "Pigments, binders, and ages of rock art at Viuda Quenzana, Santa Cruz, Patagonia, (Argentina)". *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol 21, 47 - 63.

CESAREO R.; CASTELLANO, A.; BUCCOLIERI, G.; QUARTA, S.; MARABELLI, M.; SANTOPADRE, P.; LEOLE, M.; Brunetti, A. 2004. "Portable equipment for energy dispersive X-ray fluorescence analysis of Giotto's frescoes in the Chapel of the Scrovegni". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms vol 213, 703–706.

COOK, D. C.; DE SOUZA, S. M. F. M. 2012. "Tocas do Gongo, São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil: Uma Bioarqueologia Retrospectiva". Revista de Arqueologia vol 24, 30-49.

DE FARIA, D. L. A.; LOPES, F. N. 2007. "Heated goethite and natural hematite: Can Raman spectroscopy be used to differentiate them?". Vibrational Spectroscopy vol 45, (2), 117 - 121.

EVANS, L.; MOURAD, A. 2018. "DStretch® and Egyptian tomb paintings: A case study from Beni Hassan". Journal of Archaeological Science: Reports vol 18, 78 - 84.

FLORESTA, D. L.; FAGUNDES, M.; FABRIS, J. D.; ARDISSON, J. D. 2015. "Iron-containing pigment from an archaeological rupestrian painting of the Planalto Tradition in Minas Gerais, Brazil". Hyperfine Interactions vol 232, (1), 29 - 40.

GAY, M.; MÜLLER, K.; PLASSARD, F.; CLEYET-MERLE, J. J.; ARIAS, P.; ONTAÑÓN, R.; REICH, I. 2016. "Efficient quantification procedures for data evaluation of portable X-rayfluorescence–Potential improvements for Palaeolithic cave art knowledge". Journal of Archaeological Science: Reports vol 10, 878 - 886.

LAGE, M. C. S. M. 1997. "Análise química de pigmentos de arte rupestre do Sudoeste do Piauí". Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia vol 2, 89 - 101.

LONGONI, A.; FIORINI, C.; LEUTENEGGER, P.; SCIUTI, S.; FRONTEROTTA, G.; STRUDER, L.; LECHNER, P. 1998. "A portable XRF spectrometer for non-destructive analyses in archaeometry". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment vol 409, (1-2), 407 - 409.

LUQUE, D. E.; CASTRO, M. D.; JURADO-LÓPEZ, A. 2019. "The role of analytical chemists in the research on the cultural heritage". Talanta, vol 205, 120106.

MANTLER, M.; SCHREINE, M. 2000. "X-Ray Fluorescence Spectrometry in Art and Archaeology". X-Ray Spectrometry vol 29, (1), 3-17.

MARINANGELI, L.; POMPILIO, L.; BALIVA, A.; BILLOTTA, S.; BONANNO, G.; DOMENEGHETTI, M. C.; FIORETTI, A. M.; MENOZZI, O.; NESTOLA, F.; PILUSO, E.; PONDRELLI, M.; LA SALVIA, V.; SOMMA, M. C.; TATEO, F.; PETRINCA, P.; DI GIULIO, C.; TANGARI, A. C. 2015. "Development of an ultra-miniaturised XRD/XRF instrument for the in situ mineralogical and chemical analysis of planetary soils and rocks: implication for archaeometry". Rendiconti Lincei vol 26: 529 - 537.

MCDONALD, J.; CATACORA, A.; DE KORNING, S.; MIDDLETON, E. 2016. "Digital technologies and quantitative approaches to recording rock art in the Great Basin, USA". Journal of Archaeological Science: Reports vol 10, 917 - 930.

PALOMAR-VAZQUEZ, J.; BASELGA, S.; VIÑALS-BLASCO, M. J.; GARCÍA-SALES, C.; SANCHO-ESPINÓS, I. 2017. "Application of a combination of digital image processing and 3D visualization of graffiti in heritage conservation". *Journal of Archaeological Science: Reports* vol 12, 32 - 42.

PANCHUK, V.; YAROSHENKO, I.; LEGIN, A.; SEMENOV, V.; KIRSANOV, D. 2018. "Application of chemometric methods to XRF-data – A tutorial review". *Analytica Chimica Acta* vol 1040, (21), 19-32

RENDÁ, V.; NARDO, V. M.; ANASTASIO, G.; CAPONETTI, E.; VASI, C. S.; SALADINO, M. L.; ARMETTA, F.; TRUSSO, S.; PONTERIO, R. C. 2019. "A multivariate statistical approach of X-ray fluorescence characterization of a large collection of reverse glass paintings". *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* vol 159. 105655.

ROGERIO-CANDELERÁ, M. A. 2016. "Digital image analysis-based strategies for quantitative monitoring of rock art sites". *Journal of Archaeological Science: Reports* vol 10, 864 - 870.

ROUSAKI, A.; BELLELLI, C.; CALATAYUD, M. C.; ALDAZABAL, V.; CUSTO, G.; MOENS, L.; VANDENABEELE, P.; VÁZQUEZ, C. 2015. "Micro-Raman analysis of pigments from hunter-gatherer archaeological sites of North Patagonia, (Argentina)". *Journal of Raman Spectroscopy* vol 46, (10), 1016 - 1024.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Berlin: Springer-Verlag,

SANTOS, L. M.; OLIVEIRA, F. M.; FARIAS FILHO, B. B.; FONTES, L. M.; LAGE, M. C. S. M.; SILVA, H. K. S. B.; CAVALCANTE, L. C. D.; FABRIS, J. D. 2018. "Chemical and mineralogical characteristics of the pigments of archaeological rupestrian paintings from the Salão dos Índios site, in Piauí, Brazil". *Journal of Archaeological Science: Reports* vol 18, 792 - 797.

SUGUIO, K. 1982. *Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica*. São Paulo: Edgard Blucher.