

## **EFLORESCÊNCIAS SALINAS DO SÍTIO DE ARTE RUPESTRE PEDRA DO CASTELO, PIAUÍ, BRASIL**

Luis Carlos Duarte Cavalcante<sup>1</sup>

José Domingos Fabris<sup>2</sup>

Maria Conceição Soares Meneses Lage<sup>3</sup>

### **RESUMO**

As fases mineralógicas das amostras de eflorescências salinas do sítio de arte rupestre Pedra do Castelo, Piauí, Brasil, foram estudadas por difração de raios X pelo método do pó e consistem essencialmente de newberita ( $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de alumínio e potássio ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ),  $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ , taranakita, ( $\text{H}_6\text{K}_3\text{Al}_5(\text{PO}_4)_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) e quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). Gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e fosfato de alumínio ( $\text{AlPO}_4$ ) também foram identificados. A análise das eflorescências salinas é muito importante, não apenas de um ponto de vista químico-mineralógico, mas também da arte rupestre e das paredes de arenito que estão em processo acelerado de degradação. Os depósitos salinos estão causando a destruição das pinturas rupestres.

**Palavras-chave:** Arte rupestre; eflorescência salina; difração de raios X.

---

<sup>1</sup> Docente, Mestrado em Arqueologia, UFPI.

<sup>2</sup> Departamento de Química, UFMG.

<sup>3</sup> Docente Mestrado em Arqueologia, UFPI.

## **ABSTRACT**

The mineralogical phases of the samples of saline efflorescences from Pedra do Castelo rock art site, Piauí, Brazil, were studied by powder X-ray diffraction and essentially consist of magnesium hydrogen phosphate hydrate (newberyite,  $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), potassium aluminum hydrogen phosphate hydrate (taranakite,  $\text{H}_6\text{K}_3\text{Al}_5(\text{PO}_4)_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), potassium aluminum sulfate ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ), potassium aluminum sulfate hydroxide ( $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ) and silicon oxide (quartz,  $\text{SiO}_2$ ). Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and aluminium phosphate ( $\text{AlPO}_4$ ) were also identified. The analysis from the saline efflorescences is very important, not only of a point of view chemical-mineralogical, but also of the rock art and of the sandstone walls that are in process accelerated of degradation. The saline deposits are causing the destruction of the rock paintings.

121

**KEYWORDS:** Rock arts; aline efflorescence; X-ray diffraction.

## **A ARQUEOMETRIA NO PIAUÍ**

Remontar o quebra-cabeças capaz de contar a história dos grupos humanos que habitaram o território que atualmente corresponde ao Piauí é uma tarefa difícil, nada trivial e repleta de desafios. Sempre restam mais lacunas que espaços preenchidos, aspecto naturalmente desafiador para os pesquisadores que atuam na área. Uma maneira inteligente de abordar a questão é congrega o maior número possível de especialistas de diferentes campos do conhecimento humano e contar, preferencialmente, tanto com os conhecimentos teórico-técnicos, quanto com as habilidades práticas, mas, também, em grande medida, com a intuição e sensibilidade desses profissionais. Nesse caldeirão de possibilidades, a Arqueometria — que corresponde à aplicação de técnicas de

exames e de análises científicas na investigação de materiais arqueológicos — tem um papel importante, uma vez que consegue evidenciar informações e detalhes nem sempre observáveis a olho nu. Dados químicos e mineralógicos, por exemplo, não seriam obtidos de outra maneira se não fosse com o auxílio de ferramentas arqueométricas.

Diferentes técnicas arqueométricas, notadamente as não destrutivas, têm sido empregadas no estudo dos mais variados vestígios arqueológicos pré-históricos do Piauí, visando auxiliar os arqueólogos na elaboração de suas sínteses sobre os sítios estudados. A maioria dos trabalhos aborda exames e análises químico-mineralógicas de pigmentos de pinturas rupestres pré-históricas (LAGE, 1990; LAGE, 1996; CAVALCANTE *et al.*, 2008a; CAVALCANTE *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2011; CAVALCANTE, 2012; CAVALCANTE *et al.*, 2013a, 2013b), de pigmentos minerais, inclusive de material pigmentante utilizado em rituais funerários antigos (LAGE, 1990; CAVALCANTE *et al.*, 2008b; CAVALCANTE *et al.*, 2011; CAVALCANTE, 2012), de eflorescências salinas, como problemas de conservação de sítios de arte rupestre (CAVALCANTE *et al.*, 2007a; CAVALCANTE, 2012), de paleossedimentos, na busca de marcadores químicos de ocupação humana pré-histórica (LAGE *et al.*, 2007; CAVALCANTE e LAGE, 2010) e de restos esqueléticos humanos, na tentativa de efetuar a reconstituição de paleodieta (FARIAS FILHO *et al.*, 2012).

O objetivo primordial deste trabalho foi realizar a análise arqueométrica de eflorescências salinas do sítio de arte rupestre Pedra do Castelo (Imagem 1), um monumento geológico existente no município de Castelo do Piauí. A identificação mineralógica foi efetuada por difração de raios X, usando o método do pó.

A relevância deste estudo se justifica pela importância arqueológica e geológica do sítio em questão e visa principalmente fornecer dados que auxiliem nos trabalhos de conservação de arte rupestre, que buscam barrar ou minimizar a ação dos diferentes depósitos de alteração os quais atuam impedindo a perfeita visualização e destruindo os registros rupestres ou o suporte rochoso usado como tela das representações antigas.

As eflorescências salinas são filmes de sais que se formam na superfície das rochas, por vezes sobre as pinturas rupestres, e são resultantes da cristalização desses compostos oriundos do interior do suporte rochoso (expulsos por diferença de pressão e/ou de temperatura, ou por migração de água). Quando a cristalização ocorre em regiões imediatamente anteriores à película superficial externa da rocha suporte, verifica-se o fenômeno da escamação, que consiste no desprendimento ou no esfacelamento da fina película protetora externa. Infelizmente, em muitos casos, a escamação ocorre em áreas com pinturas rupestres. Essas são as eflorescências salinas resultantes de migração do interior da rocha matriz (CAVALCANTE, 2012).

A formação das eflorescências salinas pode originar-se ainda quando sais solúveis, ou mesmo insolúveis, são dissolvidos e/ou carreados pelas águas, pois, ao escorrerem nos paredões rochosos, formam finos filmes com a água que, ao evaporar, deposita os cristais salinos. São as eflorescências salinas oriundas de escoamento (*ibid.*).



Imagem 1: Vista panorâmica do sítio Pedra do Castelo.

## **O SÍTIO PEDRA DO CASTELO**

O sítio arqueológico Pedra do Castelo é uma gruta arenítica localizada nas coordenadas geográficas 5° 12' 05,0", de latitude sul, e 41° 41' 15,1", de longitude oeste, a uma altitude de aproximadamente 193 metros em relação ao nível médio do mar. As notícias sobre o monumento geológico remontam, conforme a tradição oral, ao ano de 1742 (MARQUES, 2010), aparecendo em documentos escritos a partir do ano 1796 e 1957 (D'ALENCASTRE, 1857). Distante 20 km da sede do município de Castelo do Piauí

(Imagem 2), possui cerca de 15 metros de altura e aproximadamente 300 de perímetro. A gruta contém vários salões escuros, interligados por corredores mais claros iluminados por uma abertura natural no teto (chamada de clarabóia). Alguns recintos da gruta eram usados também para a realização de enterramentos humanos, como reporta D’Alencastre (1857), sendo que um salão era cemitério exclusivo de crianças (MARQUES, 2010).

Há uma escada natural, cravada na rocha por processos erosivos, a partir da qual se pode ter acesso ao topo do monumento. Uma vez sobre o “castelo”, verifica-se que o desgaste do arenito deixou o teto plano e que nos sedimentos resultantes da erosão se prolifera um capim agreste. Essas características fornecem ao local um misto de encantamento e magia, local de rituais fúnebres e ecumenismo, que consegue congrega diferentes formas de professar a fé. Atualmente, os rituais religiosos acontecem especialmente na sexta-feira da Paixão, na Semana Santa, e no Dia de Finados, em 2 de novembro de cada ano (LAGE *et al.*, 2009).

A tradição oral atribui ao local um caráter fantasmagórico, de modo que os populares referem-se muito ao monumento, de forma lendária, como sendo um reino encantado. Segundo uma lenda corrente ainda hoje, reis e princesas realizavam ali festas barulhentas, cujos ruídos são ouvidos, às vezes, na calada da noite, por quem se arrisca a aproximar-se do “castelo”. Atualmente no local, acontecem rituais católicos como missas, batizados e casamentos, além de rituais evangélicos e de umbanda. O monumento também recebe peregrinos que pagam promessas e acendem velas. Um dos fatos mais curiosos talvez seja o costume dos populares de fazer chá da Pedra do Castelo, pois a consideram milagrosa. É comum as pessoas rasparem e/ou retirarem

fragmentos da rocha para fazer chá, na crença de ficarem curadas de males do corpo ou da alma. (CAVALCANTE *et al.*, 2007b).

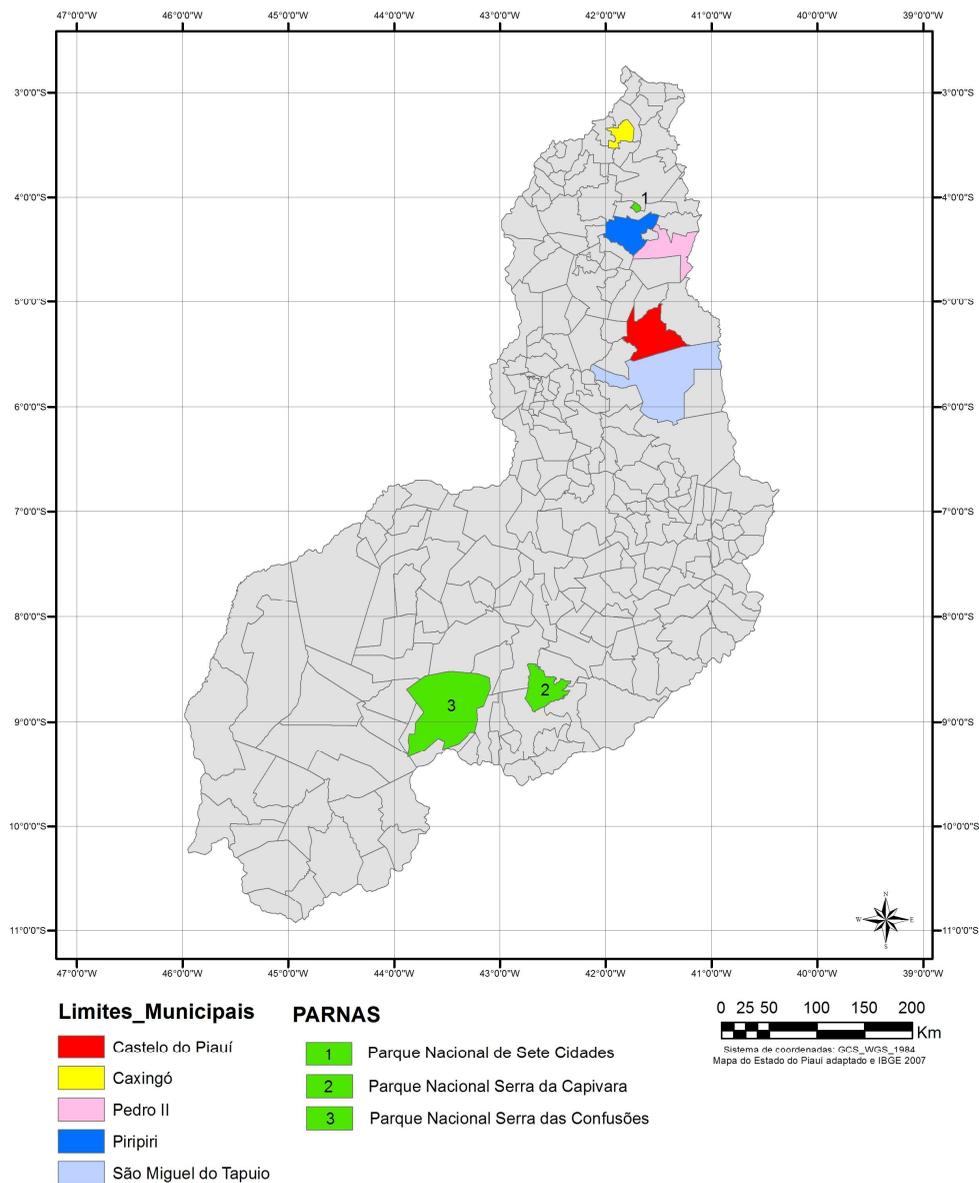


Imagem 2: Mapa do Piauí com destaque para o município de Castelo do Piauí, em vermelho.

Na realidade, o sítio Pedra do Castelo revela a presença de grupos humanos pré-históricos através das pinturas e gravuras rupestres ali deixadas nas paredes e no teto dos salões que compõem a gruta. Os artistas pré-históricos realizaram pinturas com as mais variadas formas, como grafismos puros e geometrizados, em diversas tonalidades de vermelho. Em alguns blocos do solo e paredes dos abrigos, foram executadas gravuras, utilizando-se a técnica da raspagem, fato que sugere a presença de grupos culturais diferentes no local. Pelas condições de habitabilidade que oferece, acredita-se que o local tenha sido usado como moradia (*ibid.*).

As práticas decorrentes da ocupação desordenada em tempos atuais, além de transformarem a Pedra do Castelo em cemitério e ponto de peregrinação — associadas à presença de animais domésticos, como suínos, caprinos e bovinos —, revolveram o solo, danificando as camadas arqueológicas mais externas (*ibid.*).

Mesmo não havendo qualquer estrutura que ofereça um mínimo de apoio para o turista, há muito a Pedra do Castelo transformou-se em local de visitação pública. Centenas de pessoas visitam o monumento, geralmente em ônibus alugados. Essa prática tem agravado em muito os problemas de conservação, uma vez que o sítio não foi preparado para tal fim; tampouco há vigilância alguma, ficando o monumento geológico e as pinturas e gravuras rupestres à mercê dos que desejam deixar marcada a sua passagem pelo local com pichações gravadas e/ou pintadas (Imagens 3 e 4). A gravidade dos atos de vandalismo é tamanha que, praticamente, não existem mais grafismos pré-históricos intactos (*ibid.*).



Imagem 3: Pintura rupestre que foi atacada com atos de vandalismo com pichações em branco e preto.



Imagem 4: Grafismos rupestres parcialmente recobertos com pichações em branco e preto.

Portanto, a beleza e autenticidade das pinturas e gravuras rupestres do sítio Pedra do Castelo estão sujeitas a vários problemas de conservação, tanto naturais quanto antrópicos. A rocha suporte é um arenito muito friável em acelerado processo de degradação (Imagem 5), que está exposto aos intemperismos e agentes erosivos. Entre os principais problemas de conservação, foram identificados as eflorescências salinas (oriundas de escorrimento, Imagem 6, ou de migração do interior do arenito suporte, Imagem 7), que recobrem as pinturas ou arrastam partículas do pigmento, além de ninhos de vespas, galerias de cupins, ninhos de marimbondos e colmeias de abelhas. As pichações com nomes de pessoas parecem ter sido feitas com tinta a óleo, corretivo escolar (Imagem 8) e carvão (Imagem 9), muitas delas sobrepondo as pinturas. Observaram-se ainda restos de parafina antiga (das velas queimadas pelos peregrinos) encontrados no interior da gruta, visto que a gruta é um local onde os fiéis pagam promessas e depositam ex-votos. As velas, que são acesas pelos romeiros, também produzem fuligem que se deposita nos paredões, cobrindo as pinturas. Além dos problemas já citados, ainda há o agravante de deslocamentos do suporte rochoso, associados ao processo natural de decomposição da rocha (*ibid.*).

129

## **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Cinco amostras de eflorescências salinas foram coletadas em fevereiro de 2008, com procedimento de amostragem realizado com o uso de ferramentas microcirúrgicas. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos limpos e secos ou em frascos convenientes e etiquetadas.

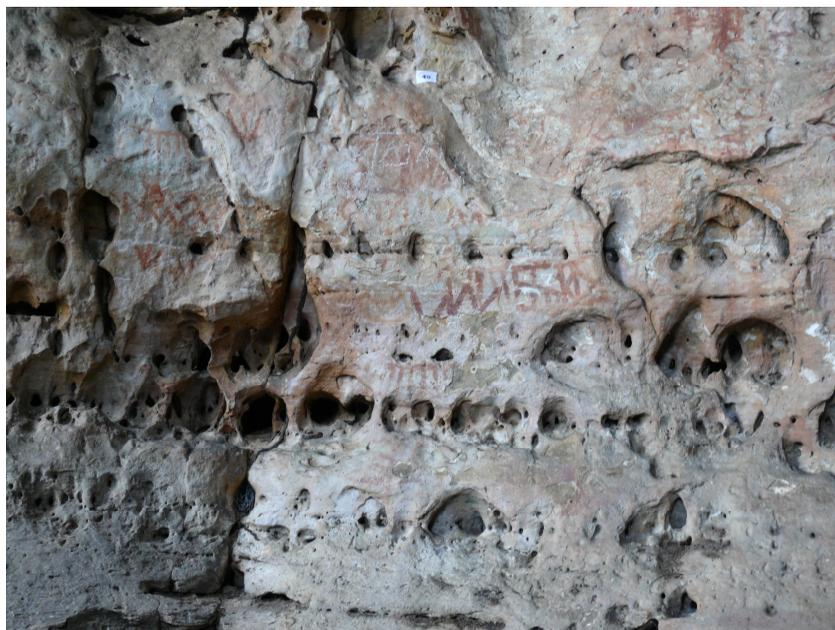


Imagem 5: Suporte rochoso em acelerado processo de degradação.

130



Imagem 6: Eflorescência salina de escoamento, sobrepondo pinturas rupestres.

Os depósitos minerais foram raspados, e o pó obtido foi submetido à análise por difração de raios X, para a identificação das fases cristalinas presentes nas eflorescências salinas. Utilizou-se um difratômetro Rigaku, modelo Geigerflex, com tubos de cobalto (Co  $K\alpha$ ) ou de cobre (Cu  $K\alpha$ ), operando com tensão de 32,5 kV e corrente de 25,0 mA. As varreduras foram feitas no intervalo de 4 a 90° (2 $\theta$ ), com velocidades de 1, 2 e 4° (2 $\theta$ )/min.



131

Imagem 7: Eflorescência salina de migração do interior do suporte rochoso.

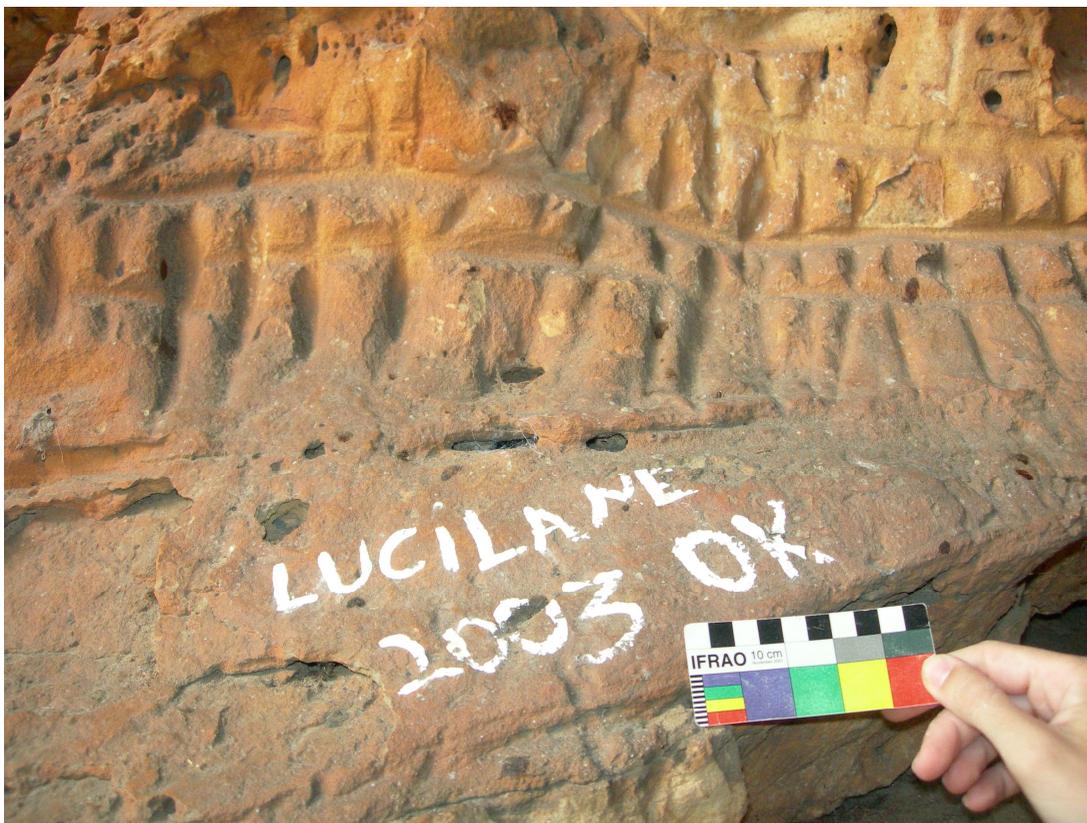


Imagem 8: Vandalismo em painel de gravuras rupestres.

A identificação dos minerais foi feita em comparação com as fichas padrão do Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS, 1980), e os reflexos cristalográficos foram corrigidos em relação ao padrão de silício, analisado nas mesmas condições experimentais em que as amostras foram medidas.



133

Imagem 9: Pichação sobre grafismos rupestres, feita com carvão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Imagem 10 ilustra os difratogramas obtidos para as amostras PC5, PC7, PC12 e PC13, sendo que PC5, PC12 e PC13 foram analisadas com o tubo de cobalto e a amostra PC7 com o tubo de cobre. Os reflexos cristalográficos indicaram que PC5 e PC7 consistiam basicamente de quartzo,  $\text{SiO}_2$  (análise qualitativa feita por comparação com a ficha JCPDS 46-1045) e que a amostra PC12 é constituída do mineral  $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (ficha JCPDS 35-780). A PC13 consiste de uma mistura de fases

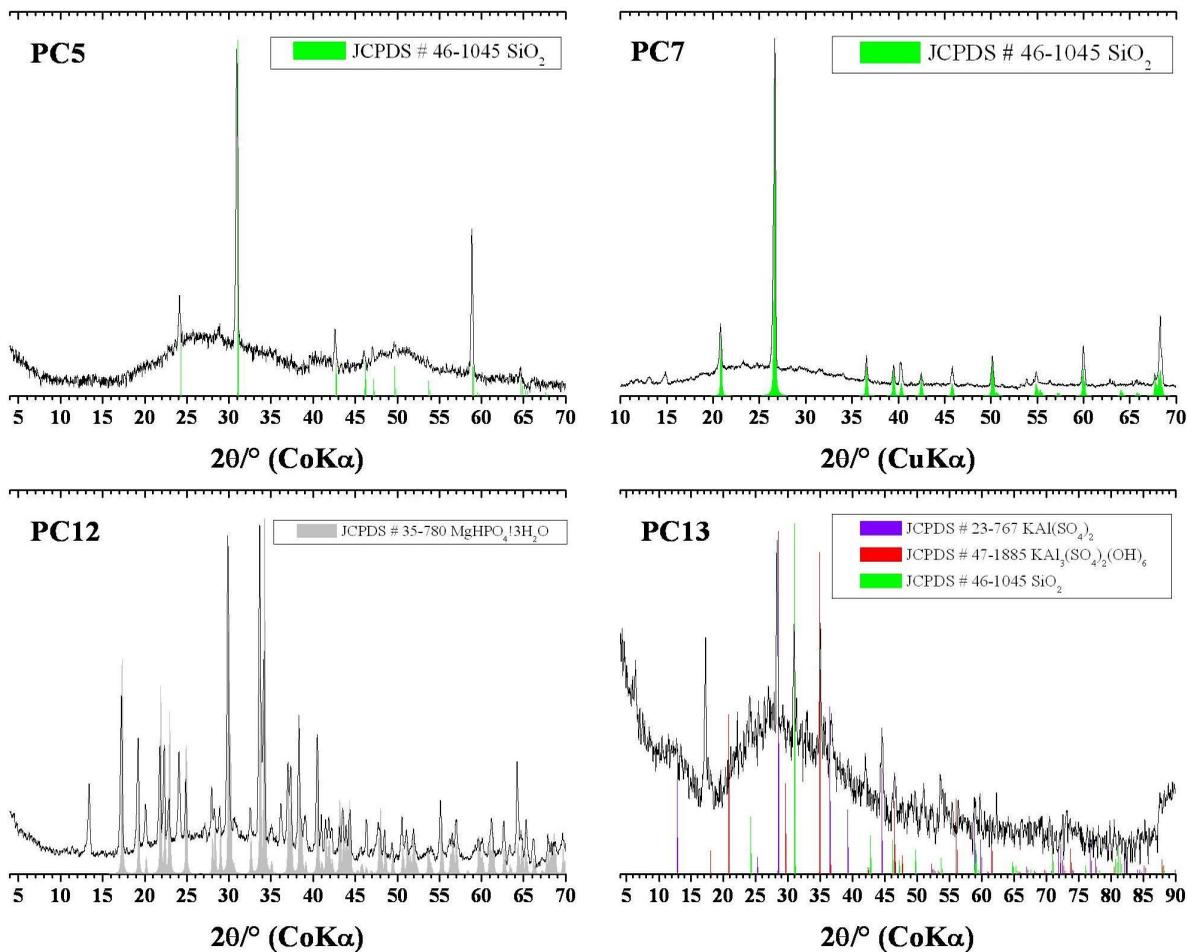
minerais, essencialmente  $KAl(SO_4)_2$ ,  $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$  e quartzo,  $SiO_2$  (fichas JCPDS 23-767, 47-1885 e 46-1045, respectivamente).

Os depósitos de quartzo, provavelmente, são oriundos de sílica solúvel, também chamada de reativa, um constituinte de todas as águas naturais, que geralmente está presente em águas brutas na forma de ácido silícico e silicatos solúveis, cuja concentração pode variar, segundo cita Morgado (1999), desde 2 a mais de 100 ppm. Esse tipo de sílica em combinação com a dureza (relacionada à presença de íons  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) forma incrustações duríssimas e de difícil remoção.

Na solução do solo, conforme reportam Rajj e Camargo (1973), a sílica encontra-se, provavelmente, na forma de ácido monossilícico,  $Si(OH)_4$ .

Observa-se, pelo perfil dos difratogramas, que há também algumas fases de baixa cristalinidade, especialmente evidentes nas amostras PC13 e PC5.

A eflorescência salina identificada como PC9 foi analisada tanto com o tubo de cobalto quanto com o tubo de cobre e é essencialmente constituída de taranaquita,  $H_6K_3Al_5(PO_4)_8 \cdot 18H_2O$  (ficha JCPDS 29-981) (Imagem 11). Os reflexos cristalográficos no difratograma obtido com o tubo de cobalto apresentam-se aparentemente com menos intensidade, porém, isso acontece porque essa medida foi coletada em uma faixa mais ampla de ângulos na escala  $2\theta$  (4-90°), de forma que o reflexo muito intenso em aproximadamente  $5^\circ(2\theta)$  provocou esse fenômeno de aparente diminuição de intensidade dos demais sinais.

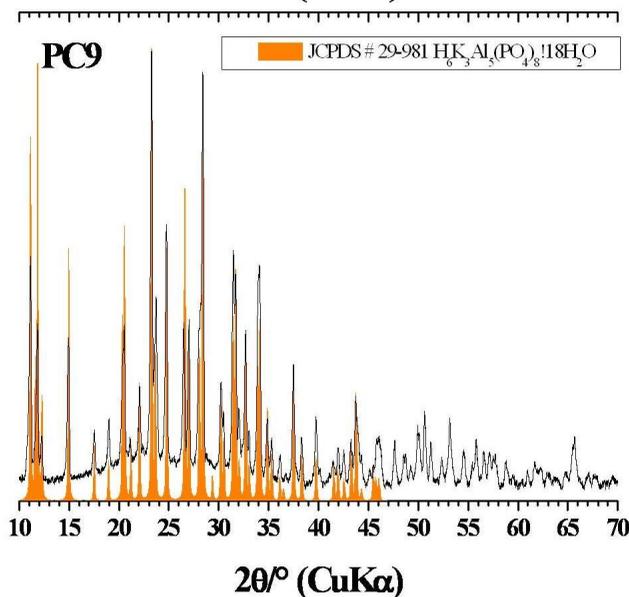
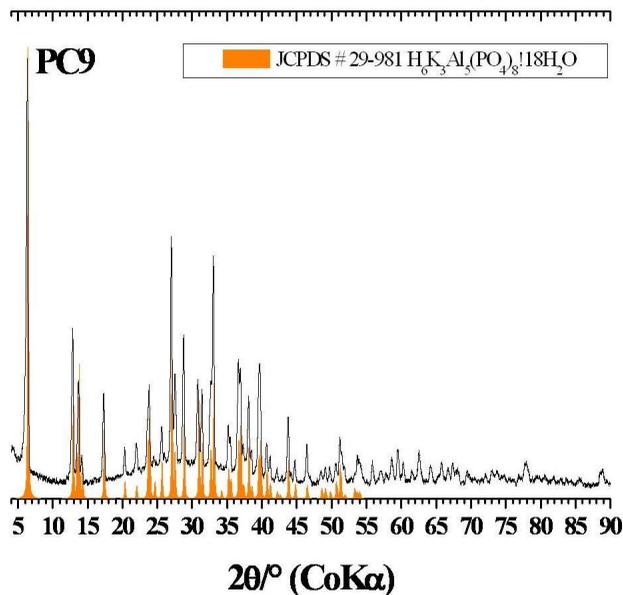


35

Imagem 10: Difratogramas de raios X das amostras PC5, PC7, PC12 e PC13. Números das fichas padrões JCPDS e espécies minerais correspondentes identificadas em cada amostra.

Embora não sejam mostradas aqui, as análises das pinturas rupestres também apontaram a existência de depósitos salinos sobre as camadas de tinta pré-históricas, como gipsita,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (JCPDS # 33-311), em cima de pintura vermelho-escura, e fosfato de

alumínio,  $\text{AlPO}_4$  (JCPDS # 3-447), na parte interna do arenito, logo abaixo do filme de tinta (CAVALCANTE, 2012).



136

Imagem 11: Difratomogramas de raios X da amostra PC9, obtidos com tubos de cobalto e cobre. Número da ficha padrão JCPDS e espécie mineral correspondente identificada na amostra.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos resultados apresentados, pode-se concluir que a técnica de difração de raios X do pó mostrou-se substancialmente eficiente na identificação de fases cristalinas das amostras de eflorescências salinas, com os difratogramas exibindo excelentes perfis cristalográficos. Não é necessária nenhuma alteração especial no difratômetro, pois os procedimentos de rotina operacional exibiram resultados muito satisfatórios. Os tubos de cobalto e de cobre apresentaram perfis cristalográficos agudos e intensos, mostrando-se ambos adequados para uso nesse tipo de amostra.

A identificação do quartzo nos depósitos salinos, muito provavelmente oriundo de sílica solúvel, é um complicador analítico, pois sua estrutura produz reflexos cristalográficos muito intensos, camuflando o reconhecimento de outras substâncias, exceto se presentes em elevada concentração e com razoável padrão de cristalinidade. Quando a sílica reativa forma compostos com tendência amorfa, a linha base do difratograma pode sofrer alterações que dificultam ou impedem completamente a identificação dos constituintes mineralógicos existentes nas eflorescências salinas, exigindo outra estratégia analítica ou uma ou mais técnicas que complementem os resultados de difração de raios X.

Deve-se ressaltar o desafio que é trabalhar com esse tipo de amostra, dada a elevada complexidade dos materiais. Uma vez que, geralmente, as eflorescências salinas são compostas por misturas de substâncias com diferentes naturezas químico-estruturais, isso dificulta grandemente a caracterização química e mineralógica dessas espécies. A abordagem que vem sendo aplicada nos sítios do Nordeste brasileiro consiste no uso concomitante de várias técnicas analíticas, com destaque para difratometria de raios X,

espectroscopia de energia dispersiva e fluorescências de raios X, além de ensaios qualitativos de rotina laboratorial, como dissolução, por exemplo, seguida de reações seletivas para identificação de cátions e ânions.

A espectroscopia de energia dispersiva, apesar de não identificar a fase mineralógica, tem o forte apelo de fornecer a composição química elementar e de permitir, via mapeamento químico, a associação entre elementos químicos, mostrando-se uma ferramenta muito útil quando há materiais de baixa cristalinidade, pois a associação entre os elementos químicos pode fornecer indícios para a elucidação das espécies com tendência amorfa.

A identificação da natureza químico-mineralógica das eflorescências salinas é de importância crucial, sobretudo, para a ciência da conservação, pois nenhuma intervenção poderá ser planejada ou implementada em sítios de arte rupestre sem que essas substâncias sejam previamente conhecidas, ante o perigo iminente de destruição dos painéis pictóricos. Sem a identificação desses depósitos de alteração, a utilização de quaisquer soluções solubilizantes, por mais diluídas que sejam, poderá ter resultados desastrosos, sem considerar as hipóteses mais inimagináveis, como a completa remoção das camadas de tinta pré-histórica, por exemplo. Dessa forma, tanto os filmes pictóricos, quanto as eflorescências salinas e biodepósitos precisam ser rigorosamente examinados e analisados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Disponíveis na forma impressa

ALVES, T. L.; BRITO, M. A. M. L.; LAGE, M. C. S. M.; CAVALCANTE, L. C. D.; FABRIS, J. D. 2011. “Pigmentos de pinturas rupestres pré-históricas do sítio Letreiro do Quinto, Pedro II, Piauí, Brasil”. *Química Nova* vol. 34 (2) 181–185.

CAVALCANTE, L. C. D. 2012. *Caracterização arqueométrica de pinturas rupestres pré-históricas, pigmentos minerais naturais e eflorescências salinas de sítios arqueológicos*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

CAVALCANTE, L. C. D.; ABREU, R. R. S.; LAGE, M. C. S. M. 2009. “Pigmentos pré-históricos e eflorescências salinas na Toca do Estevo III”. *Fundamentos* vol. 1 (8) 107–114.

CAVALCANTE, L. C. D.; ABREU, R. R. S.; LAGE, M. C. S. M.; FABRIS, J. D.; PINTO, C. O. B. M. 2007a. “Eflorescências salinas na Toca do Boqueirão da Pedra Furada e Toca do Fundo do Baixão da Pedra Furada”. *Canindé* vol. 10 239–249.

CAVALCANTE, L. C. D.; GONÇALVES, R. N.; FABRIS, J. D. 2013a. “Análise química e mineralógica de pinturas rupestres da Pedra do Dicionário, Piripiri, Piauí, Brasil”. In: ALBUQUERQUE, M. L.; BORGES, S. E. N. *Identidades e diversidade cultural: patrimônio arqueológico e antropológico do Piauí-Brasil e do Alto Ribatejo-Portugal*. Teresina – Mação: FUNDAC – CEIPHAR / ITM, p. 34–52.

CAVALCANTE, L. C. D.; LAGE, M. C. S. M. 2010. “Fósforo inorgânico, fósforo orgânico e fósforo total como indicadores de ocupação humana pré-histórica: otimização e validação de metodologia em paleossedimentos”. *Clio Arqueológica* vol. 25 (2) 11–36.

CAVALCANTE, L. C. D.; LAGE, M. C. S. M.; FABRIS, J. D. 2008b. “Análise química de pigmento vermelho em osso humano”. *Química Nova* vol. 31 (5) 1117–1120.

CAVALCANTE, L. C. D.; LAGE, M. C. S. M.; SANTOS, L. M.; FARIAS FILHO, B. B.; FONTES, L. M. 2007b. “Pedra do Castelo: arqueologia, fé, mistério e encantamento”. *Clio Arqueológica* vol. 1 (22), 215–229.

140

CAVALCANTE, L. C. D.; LUZ, M. F.; GUIDON, N.; FABRIS, J. D.; ARDISSON, J. D. 2011. “Ochres from rituals of prehistoric human funerals at the Toca do Enoque site, Piauí, Brazil”. *Hyperfine Interactions* vol. 203 (1–3), 39–45.

D’ALENCASTRE, J. M. P. 1857. “Memoria Chronologica, Historica e Corographica da Provincia do Piahy”. *Revista do Instituto Historico e Geographico Brasileiro*, tomo XX, 1º trimestre, 5–164.

FARIAS FILHO, B. B.; LAGE, M. C. S. M.; FONTES, L. M.; SANTOS, L. M.; CAVALCANTE, L. C. D.; FABRIS, J. D.; BENDASSOLLI, J. A. 2012. “Reconstituição da paleodieta de populações humanas de sítios arqueológicos do Parque Nacional Serra da Capivara”. *Revista de Arqueología Americana* vol. 30, 219–240.

JCPDS – Joint Committee on Powder Diffraction Standards. 1980. *Mineral Powder Diffraction Files Data Book*. Pennsylvania: Swarthmore.

LAGE, M. C. S. M. 1996. “Análise química de pigmentos de arte rupestre do sudeste do Piauí”. *Revista de Geologia* vol. 9, 83–96.

LAGE, M. C. S. M. 1990. *Etude archéométrique de l’art rupestre du sud-est du Piauí – Brésil*. Tese de Doutorado, Université de Paris I (Pathéon – Sorbonne), Paris, França.

LAGE, M. C. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; SANTOS, J. S. 2007. “Estudo químico de sedimentos arqueológicos do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí – Brasil”. *Fundamentos* vol. 1 (6) 106–114.

141

LAGE, M. C. S. M.; SILVA, J. C.; MAGALHÃES, S. M. C.; CAVALCANTE, L. C. D.; MARTINS, L.; FERRARO, L. 2009. “A restauração do sítio arqueológico Pedra do Castelo”. *Clio Arqueológica* vol. 24 (2) 67–82.

RAIJ. B. V.; CAMARGO, O. A. 1973. “Sílica solúvel em solos”. *Bragantia* vol. 32(11) 223–236.

Disponíveis exclusivamente na forma on-line

CAVALCANTE, L. C. D.; FARIAS FILHO, B. B.; SANTOS, L. M.; FONTES, L. M.; LAGE, M. C. S. M.; FABRIS, J. D. 2013b. “Letreiro dos Tanques I e II: problemas de

conservação e análises químicas de pinturas rupestres e eflorescência salina”.  
*Arqueología Iberoamericana* vol. 18 3–13.

<<http://www.laiesken.net/arqueologia/pdf/2013/AI1801.pdf>>.

CAVALCANTE, L. C. D.; LAGE, M. C. S. M.; PEREIRA, M. C.; FABRIS, J. D.  
2008a. “Estudo químico e espectroscópico dos pigmentos pré-históricos do sítio de arte rupestre Arco do Covão, Piauí, Brasil”. *International Journal of South American Archaeology* vol. 3 59–66.

<<http://www.ijsa.syllabapress.com/issues/abstract/ijsa00020.html>>.

MARQUES, M. 2010. “La multivocalidad: cultos cristianos y arte rupestre”.  
*Rupestreweb – Arte Rupestre en América Latina*. Não paginado, 14 p.

<<http://www.rupestreweb.info/multivocalidad.html>>.

142

MORGADO, A. F. 1999. *Águas naturais*. Apostila da Disciplina Química Tecnológica (EQA 5114). Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina.

<<http://lema.enq.ufsc.br/Arquivos/AGUAS%20NATURAIS.htm>>.