

# Caracterização Físico-Química das Cerâmicas Arqueológicas de Cusco - Peru

Patricia Ramos Carvalho; Casimiro Sepúlveda Munita  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

## INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da arqueologia é a reconstrução da cultura e história das sociedades passadas, por meio de sua cultura material, ou registro arqueológico [1]. As análises físico-químicas dos vestígios arqueológicos têm sido realizadas por meio das ciências exatas sob a denominação de Arqueometria, uma área interdisciplinar de estudos que liga as ciências exatas à conservação, restauração e estudo do patrimônio.

As cerâmicas tem sido o principal foco de estudos arqueométricos devido ao fato de serem encontradas com maior frequência nos sítios arqueológicos, por serem duráveis e resistentes às variações climáticas.

Para a determinação da composição química dos fragmentos cerâmicos, o método da análise por ativação com nêutrons instrumental (*INAA*) se destaca por apresentar várias vantagens, entre outras, por ser multielementar [2].

Devido à determinação quantitativa de vários elementos, se faz necessário utilizar métodos estatísticos multivariados para agrupar as amostras por sua composição química, de forma que os grupos formados tenham algum significado arqueológico e/ou geoquímico [3].

Os estudos de datação representam um campo importante para teorias arqueológicas, permitindo contextualizar os vestígios arqueológicos em seu espaço temporal. Dentre os métodos físicos existentes para esse estudo se destaca o de termoluminescência (*TL*) [4].

Para o entendimento da tecnologia empregada pelos povos antigos na fabricação de utensílios cerâmicos utiliza-se o estudo da temperatura de queima. Entre os métodos existentes para sua determinação, o mais usado, é a ressonância paramagnética eletrônica (*EPR*), que baseia-se na mudança das características físicas que ocorre quando a argila sofre aquecimento.

Neste trabalho, os estudos das cerâmicas arqueológicas, em seu contexto arqueológico, visam compreender a ocupação das sociedades Incas e pré-Incas que habitaram a região e entender o modo de vida das comunidades e seu desenvolvimento tecnológico.

## OBJETIVO

Trata-se de um estudo interdisciplinar envolvendo a aplicação de três técnicas analíticas, *INAA*, *TL* e *EPR* a 48 fragmentos cerâmicos de Cusco; Peru, proveniente dos sítios arqueológicos Batan Urqu Waro, Quenqo Pas, Ollanta Urubumba, Qotaqalle San Sebastian e Quiscapata San Cristobal. O conjunto das análises tem como propósito contribuir com a discussão sobre os materiais empregados na sua manufatura, a tecnologia utilizada na sua produção e a determinação da idade dos objetos cerâmicos visando encontrar a relação com os dados arqueológicos já existentes.

## METODOLOGIA

Inicialmente, para a análise por *INAA*, as amostras na forma de pó foram irradiadas por 8 h sob um fluxo de nêutrons térmicos da ordem de  $10^{12} \text{n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , onde realizaram-se duas medidas, determinando:

após 7 dias de decaimento K, La, Lu, Na, Nd, Sm, U e Yb e após 25-30 dias de decaimento, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sc, Ta, Tb e Th.

O método da datação por *TL* consiste em submeter a amostra, na forma de pó, à um tratamento químico para extração dos grãos de quartzo, que posteriormente foram irradiados com radiação- $\gamma$ . A idade da cerâmica é dada pela razão entre a dose acumulada ( $D_{ac}$ ) e a dose anual ( $D_a$ ). A  $D_{ac}$  foi determinada extrapolando a curva de calibração, que relaciona a intensidade de luz emitida com a dose de radiação absorvida, até o eixo, e a  $D_a$  foi calculada através de valores tabelados, utilizando como parâmetro as concentrações de U, Th e K, e informações como a altitude, longitude e profundidade, na qual as amostras se encontravam quando foram coletas.

Para o estudo por *EPR* separam-se 10 alíquotas de cada amostra, dessas 9 foram queimadas em mufla a partir de 400 °C, em incrementos de 50 °C, até 850 °C, por 30 min. Utilizando um espectrômetro *EPR Bruker EMX*, monitoraram se os valores de temperatura até que o valor de  $g$  sofra uma variação, pois a temperatura ou faixa de temperatura em que isso ocorre é a temperatura na qual o material cerâmico foi queimado.

## RESULTADOS

Inicialmente, determinou-se a precisão do método de *INAA* por meio da análise de 18 amostras do material de referência IAEA Soil-7. O estudo da precisão do método mostrou que os elementos Na, K, La, Sm, Yb, Sc, Cr, Fe, Cs, Ce, Eu, Hf e Th apresentaram uma precisão  $\leq 10\%$ , os que foram usados no estudos subsequentes.

A análise por *INAA* teve como propósito estudar a similaridade/dissimilaridade entre as amostras. Os resultados foram

interpretados por métodos estatísticos multivariados: como análise de conglomerados, análise discriminante e gráficos biplots. Mostrando a existência de três grupos composicionais distintos, onde a proveniência dos sítios arqueológicos não influenciou na sua formação. Escolheram-se 2 amostras de cada grupo de composição química similar, para realizar a datação e determinar a temperatura de queima. Os resultados de *TL* mostraram que as idades variam de  $574 \pm 166$  a  $1505 \pm 152$  anos d.C. O estudo por *EPR* permitiu inferir que a temperatura de queima das cerâmicas foi inferior a 600° C.

## CONCLUSÕES

A análise das 48 amostras dos 5 sítios de Cusco, Peru, mostrou que a pasta usada na fabricação das peças cerâmicas é diferente entre os sítios. Esta diferenciação não é concordante com a localização dos mesmos. Fato justificado pelo estudo da variação temporal, onde há dois grupos de amostras pertencentes ao período da civilização Inca e um grupo pertencente ao período pré-inca. Pelo estudo de *EPR*, não foi possível diferenciar as amostras de cada grupo. Os resultados encontrados neste trabalho são concordantes com os dados arqueológicos da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [156] Jones, A. *Archeometry*, 46, 327-338, 2004.
- [157] Glascock, D., Neff, H., Vaughn, J. *Hyperfine Interactions*, 154, 95-105, 2004.
- [158] Munita, S. *Canindé*, 6, 159-181, 2005.
- [159] Rocca, R. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2012.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq – CNEN.