

Aplicação de métodos estatísticos multivariados a estudos arqueométricos

SEPULVEDA MUNITA, C.J.A.

P.M.S. Oliveira¹, C.S. Munita², A. Nascimento³, S. Luna³, S.B. Schreiber², R.P. Paiva²,
M.A. Alves⁴, E. F. Momose²

¹Instituto de Matemática e Estatística – USP C.P. 66281, CEP 05315-970, São Paulo, SP, Brasil

²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP C.P. 11049, CEP 05422-970, São Paulo, SP, Brasil

³Núcleo de Estudos Arqueológicos, Pós-Graduação em História 10º andar, UFPE, Pernambuco, PE, Brasil

⁴Museu de Arqueologia e Etnologia – USP Av. Prof. Almeida Prado, 1466, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil

Introdução

Nos últimos anos, a determinação da composição química em cerâmicas arqueológicas tem tido uma grande expansão, em parte devido ao desenvolvimento de técnicas analíticas com boa precisão, exatidão e sensibilidade para determinar elementos ao nível de traços e ultratraços, e, em parte, ao reconhecimento que as cerâmicas são uma ferramenta fundamental para derivar informação arqueológica e ajudar a entender como viveu uma comunidade sem escrita (1,2). As cerâmicas podem ser consideradas como um meio que sozinha ou combinada com outras evidências são capazes de revelar vários aspectos relacionados à cultura pré-histórica, incluindo provável lugar de fabricação, origem da matéria prima, métodos de produção, comércio, etc. (3,4,5). Estes estudos são de muito interesse para arqueólogos, antropólogos, etnoarqueologistas, químicos e geólogos.

A caracterização das cerâmicas envolve vários estudos, tais como forma, cor, decoração, desenho, etc., até a determinação da composição química. Os estudos tecnotipológicos são úteis quando se aplicam a objetos completos ou reconstruídos. Entretanto, tem sido provado que são de menor ajuda para objetos em condições fragmentadas. Os fragmentos cerâmicos constituem a maior parte dos materiais recuperados de sítios arqueológicos e parecem ser muito semelhantes, inclusive na observação microscópica. Os elementos ao nível de traços ou, ainda, ao nível de ultratraços, cuja presença na argila é efetivamente “acidental” é o que proporciona as bases para a análise da matéria prima; como resultado, uma técnica analítica altamente sensível, como a análise por ativação com nêutrons instrumental, AANI, que permite a determinação simultânea de 20 a 30 elementos químicos é frequentemente usada.

É razoável antecipar que a mais completa análise, especialmente aquela que determine elementos traços, aumentará a probabilidade de sucesso quando é usada a caracterização química para determinar a fonte de matéria prima das cerâmicas, uma vez que os níveis de concentração de vários elementos maiores, tais como Al, Fe e Si são frequentemente similares para diferentes amostras de argila.

PRODUÇÃO TECNICO CIENTÍFICA
DO IPEN
DEVOLVER NO BALCÃO DE
EMPRÉSTIMO

8960

Neste trabalho 229 amostras de fragmentos cerâmicos de 9 sítios arqueológicos foram analisadas usando AANI para determinar a concentração de As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb e Zn para caracterizar as fontes de matéria prima.

Método de análise por ativação com nêutrons

Em linhas gerais o método de AAN baseia-se nas propriedades dos núcleos, no qual um neutro incidente interage com o núcleo do elemento alvo. Durante o bombardeamento da amostra com nêutrons uma pequena fração do núcleo de cada um dos elementos constituintes da amostra será transformada em isótopos radioativo instável, que decaem com uma meia vida característica. Durante o decaimento, esses isótopos emitem raios gama com uma energia que é característica para cada elemento. A medida de esses raios gama permite a determinação qualitativa e quantitativa dos elementos na amostra (6,7).

Preparação das amostras

A superfície externa dos fragmentos cerâmicos foram lixados com lima rotativa de carbeto de tungstênio adaptadas a uma furadeira com velocidade variável. Cerca de 300 mg de amostra, na forma de pó, foram obtidas fazendo-se de 3 a 5 orifícios na parte interna do fragmento com brocas, evitando que atravessasse as paredes do fragmento, para evitar contaminação. O pó foi colocado em estufa a 100°C por 24 horas e armazenado em dissecador (6,7).

Procedimento analítico

Cerca de 100 mg de amostra foram pesados em envelopes de polietileno e submetidos a irradiação sob um fluxo de nêutrons térmicos da ordem de 10^{12} n cm⁻² s⁻¹ por 8 horas no Reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP, juntamente, com cerca de 100 mg de dois materiais de referência: Buffalo River Sediment (NIST-SRM-2704) e Coal Fly Ash (ICHTJ-CTA-FFA-1) utilizados como padrão.

Foram feitas duas medidas, sendo determinados na primeira contagem, após 7 dias de decaimento, As, Ba, K, La, Na, Nd, Sm, e Yb e na segunda contagem, após 25 dias Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sb, Sc, Ta, Tb, Th, U e Zn (6,7).

Resultados e Discussão

Inicialmente, as concentrações elementares foram convertidas a log base 10 porque se a dispersão dos resultados é pequena em relação à média, a transformação por log base 10 se aproxima à distribuição normal (8). Por outro lado, assumindo que a distribuição log base 10 é conveniente porque compensa as grandes diferenças em magnitude entre elementos que estão em altas concentrações (%) e os elementos ao nível de traços (ppm ou ppb). Então, a transformação log base 10 produz uma quase conveniente normalização o que facilita a aplicação dos métodos estatísticos multivariados.

O log das concentrações dos resultados foram estudados pelo método de análise de conglomerados (cluster analysis) porque é uma rápida e eficiente técnica para avaliar a relação entre o grande número de amostras.

entre as amostras de cada sítio. Os resultados mostram que a matéria prima usada nos fragmentos cerâmicos analisados, dos três sítios, é diferente, indicando que as comunidades que habitaram esses locais não tiveram contato o que confirma os estudos tecnotipológicos.

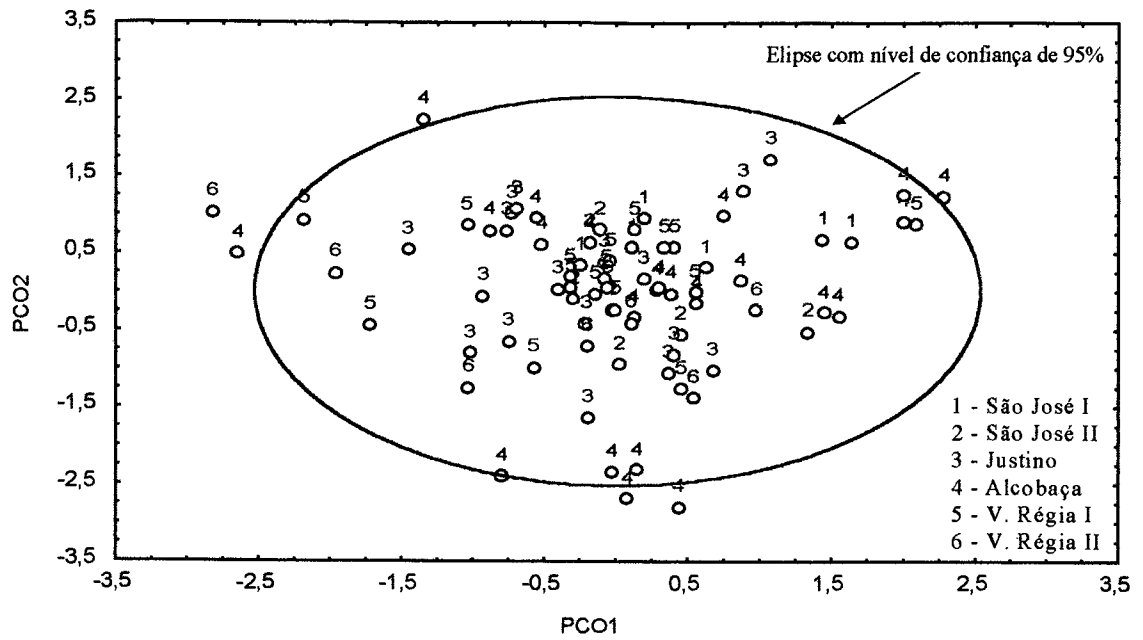


Figura 1. Gráfico dos dois primeiros componentes para os sítios do Nordeste

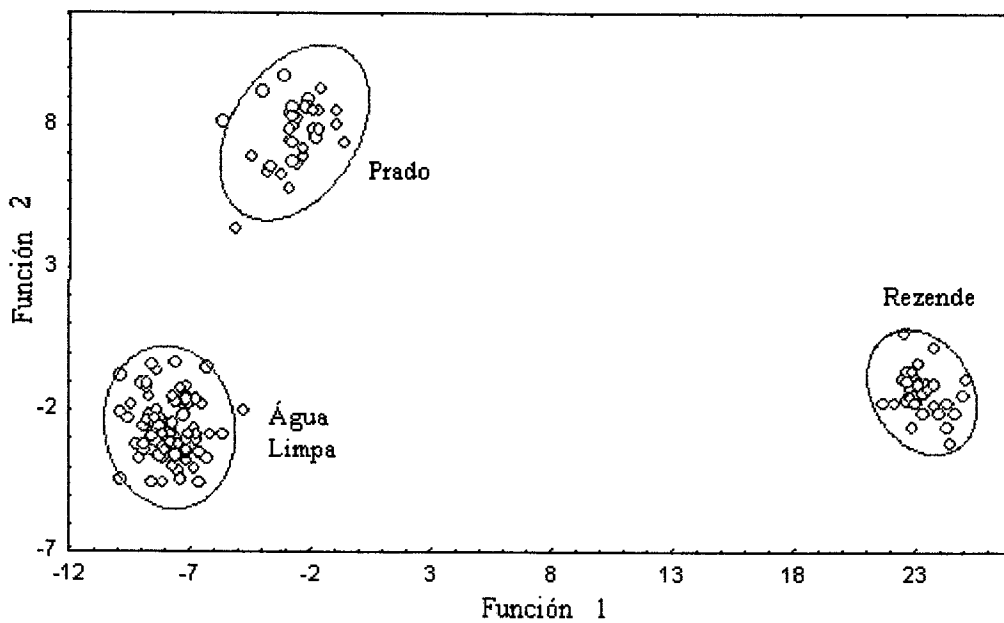
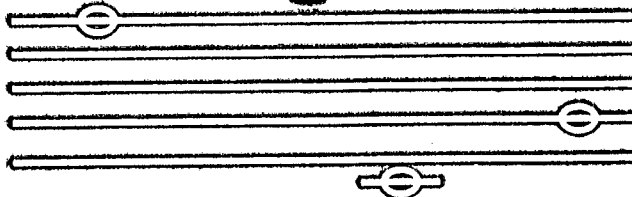


Figura 2. Função Discriminante da elipse com nível d confiança de 95% para os sítios do Sudeste.

Referências

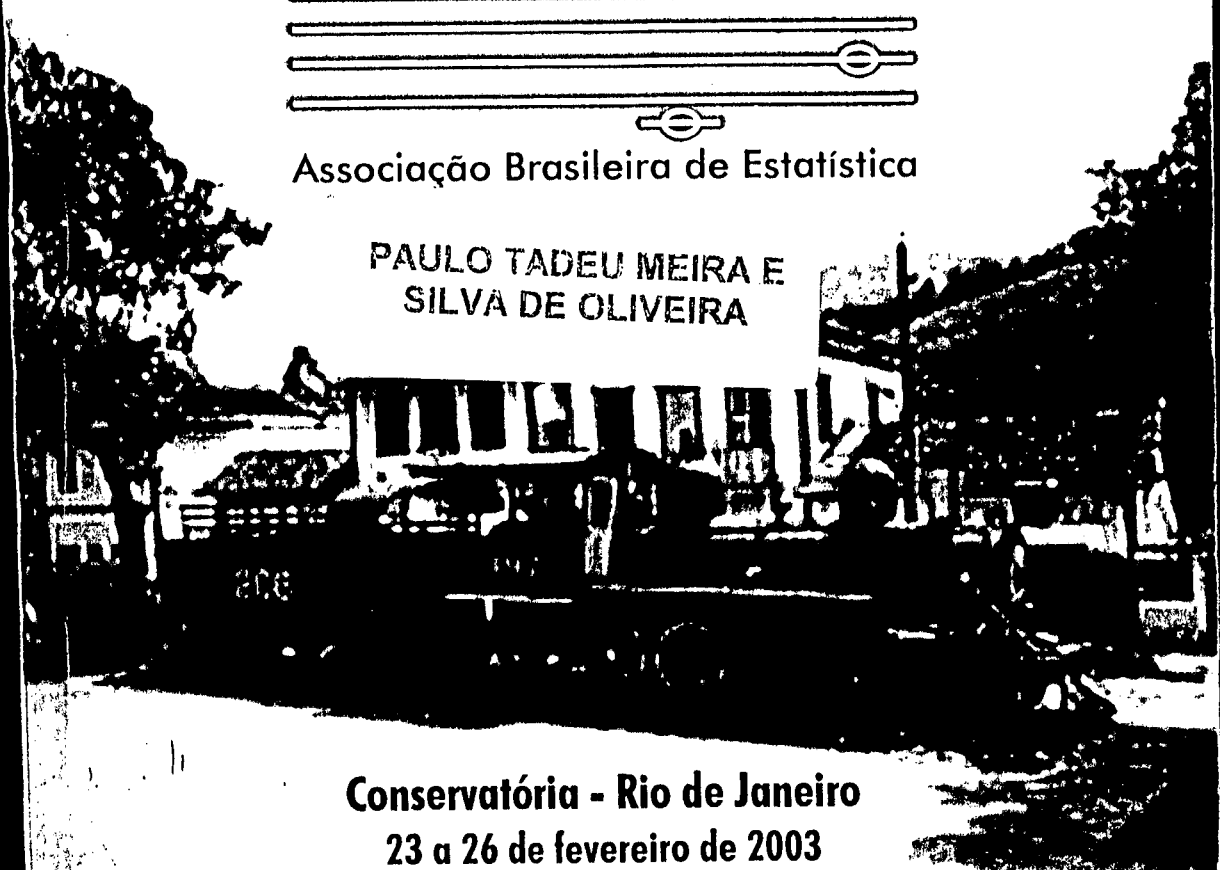
1. A.M. Pollard, C. Heron. The geochemistry of clays and the provenance of ceramics. In: Archaeological chemistry, Chapter 4. The Royal Society of Chemistry (Ed).
2. C. Chapdelaine, G. Kennedy, S.U. Castillo. Neutron activation analysis of metal artefacts from the moche site, north coast of Peru. *Archaeometry* 43(3), 373-391, 2001
3. M.T. Stark, R. Bishop, E. Miksa. Ceramic technology and social boundaries: cultural practices in Kalinga clay selection use. *J. Archaeol. Method and Theory*, 7(4), 295-325, 2000.
4. D.E. Arnold. Does the standardization of ceramic pastes really mean spacialization? *J. Archaeol. Method and Theory*, 7(4) 333-375, 2000.
5. M.S. Tite. Pottery production, distribution, and consumption - the contribution of the physical sciences. *J. Archaeol. Method and Theory*, 6(3), 181-233, 1999.
6. C.S. Munita, R.P. Paiva, M.A. Alves, P.M.S. Oliveira. Contribution of neutron activation analysis to archaeological studies. *J. Trace and Microprobe Techn.* 18(3), 381-387, 2000.
7. C.S. Munita R.P. Paiva, M.A. Alves, P.M.S. Oliveira, E.F. Momose. Major and trace element characterization of prehistoric ceramic from Rezende archaeological site. *J. Radioanal. and Nucl Chem.*, 248(1), 9396, 2001.
8. L.H. Ahrens. The lognormal distribution of the elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 5, 49-73, 1954.

8ª Escola de Modelos de Regressão



Associação Brasileira de Estatística

PAULO TADEU MEIRA E
SILVA DE OLIVEIRA



Conservatória - Rio de Janeiro
23 a 26 de fevereiro de 2003

Programa e Resumos

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS MULTIVARIADOS A
ESTUDOS ARQUEOMÉTRICOS**

P.M.S. Oliveira

Instituto de Matemática e Estatística – USP

C.S. Munita; R.P. Paiva; E. F. Momose

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP

A. Nascimento; S. Luna

Núcleo de Estudos Arqueológicos, UFPE

M.A. Alves

Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE) – USP

Neste trabalho 229 amostras de fragmentos cerâmicos de 9 sítios arqueológicos foram analisadas usando análise por ativação com nêutrons instrumental para determinar a concentração de As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, d, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb e Zn para caracterizar as fontes de matéria prima. Com o propósito de elucidar a maior variação do conjunto de resultados é indispensável usar métodos estatísticos que aplicados a dados de composição química visam explorar os dados, gerar hipóteses, verificar a hipótese e diminuir o número de variáveis o que é proporcionado pelos métodos multivariados, que usam a correlação das concentrações dos elementos. Os resultados das concentrações foram estudados por meio de análise de conglomerados (cluster analysis), análise de componentes principais e discriminante. Os resultados mostraram que a análise por discriminante e componentes principais são adequados para separar ou agrupar os elementos nas amostras.

*Endereço para correspondência: Paulo Tadeu Meira e Silva de Oliveira,
Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, Caixa
Postal 66.281, CEP 05311-970, e-mail: poliver@ime.usp.br*

IPEN/CNEN-SP
BIBLIOTECA
"TEREZINE ARANTES FERRAZ"

Formulário de envio de trabalhos produzidos pelos pesquisadores do IPEN para inclusão na
Produção Técnico Científica

AUTOR(ES) DO TRABALHO:

P. M. S. Oliveira, C. S. Menita, A. Nascimento, S. Luna,
S. B. Schreiber, P. P. Paiva, M. A. Alves, E. F. Momose

LOTAÇÃO: CRN

RAMAL: 9289

TIPO DE REGISTRO:

art. / períod.:
cap. de livro

Publ. IPEN
art. conf

resumo
outros

(folheto, relatório, etc...)

TITULO DO TRABALHO:

Aplicação de métodos estatísticos multivariados
a estudos arqueométricos.

APRESENTADO EM (informar os dados completos - no caso de artigos de conf., informar o título
da conferência, local, data, organizador, etc..)

8ª Escola de Modelos de Regressão, Associação Brasileira
de Estatística, Conservatória, Rio de Janeiro, 23-26
de fevereiro 2003

PALAVRAS CHAVES PARA IDENTIFICAR O TRABALHO:

- arqueometria - análise de componentes principais
- análise de traços - análise por discriminante

ASSINATURA: 

DATA: 13/03/03

74 MAR 2003