

# APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS EM METAIS TOTAIS DE SEDIMENTO DE LAGOA

Gatti, L.V.<sup>(1,2)</sup>, Mozeto, A.A.<sup>(1)</sup> - Artaxo, P.<sup>(3)</sup>

1- Departamento de Química / UFSCar - 2- Divisão de Química Ambiental / IPEN - CNEN/SP

3- Departamento de Física Aplicada / Instituto de Física / USP - SP

palavras-chaves - sedimento, metais, estatística multivariada.

## Introdução

Dentre os sistemas aquáticos continentais, os Lagos constituem-se em ecossistemas potenciais para acúmulo de metais pesados, especificamente o sedimento. O particulado suspenso, geralmente, uma fração rica em matéria orgânica na coluna d'água de um lago, tem fundamental papel na distribuição de metais pesados no ambiente, uma vez que exerce a função de "carreador" dos íons metálicos dissolvidos na água e seu destino é o fundo do lago. Na área da planície de inundação do Rio Moji-Guaçu na Estação Ecológica de Jataí estão contidas diversas lagoas marginais ao Rio. A planície é submetida anualmente a inundação que transporta para o interior das lagoas, grandes quantidades de material suspenso rico em nutrientes e supostamente, em metais pesados produzidos na planície de inundação.

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada aplicada a um conjunto de variáveis com o objetivo de reduzir sua dimensão, isto é, substituir um grupo de variáveis intercorrelacionadas por uma variável independente(1). A partir dos resultados da ACP também é possível determinar a contribuição de cada no valor absoluto de cada variável medida, que é a chamada análise de componente principal absoluto (ACPA). Aplicando-se a ACP e ACPA aos perfis de concentração dos elementos medidos, podemos obter as fonte ou os processos ligados aos elementos e como eles estão correlacionados no sedimento.

## Metodo

Três testemunhos do sedimento de fundo da Lagoa do Infernã, localizada na estação Ecológica de Jataí no município de Luis Antonio/SP, de aproximadamente 50 cm de comprimento foram fatiados em intervalos de 1 cm e as três fatias de cada testemunho, foram unificadas em uma amostra composta para obtenção de um resultado médio. As amostras foram peneiradas úmidas em peneira de nylon de 63 µm, secadas em estufa de circulação a 60°C e moídas em almofariz. A determinação dos metais totais no sedimento foi feita por análise PIXE (Particle induced X-ray emission), que consiste no bombardeamento da amostra por um feixe de prótons de alta energia (2,4 MeV). Raios-X característicos de cada elemento são emitidos e coletados por detectores de alta e baixa energia simultaneamente. As amostras foram depositadas em filtro Nuclepore. A análise PIXE fornece a concentração total de cerca de vinte elementos, entre os quais, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, V, Co, Ca, Si, Ti, K, S, P, Rb, Sr, Zr e Ba. Além da determinação de metais, foram realizadas análises de Carbono Orgânico Total (COT) em equipamento TOC Analyzer 5000 Shimadzu.

## Resultados e Discussões

Foram determinadas cm a cm as concentrações totais dos metais : Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Pb e o COT. Os perfis de concentração elementar mostram uma variação diferenciada em função da profundidade para os elementos analisados, conforme mostram os gráficos I, II e III. Os exemplos abaixo apresentam três comportamentos distintos, no entanto, existem ainda outros elementos com perfis diferenciados.

Gráfico I - Perfil de Concentração do Fe no Sedimento da Lagoa Infernã

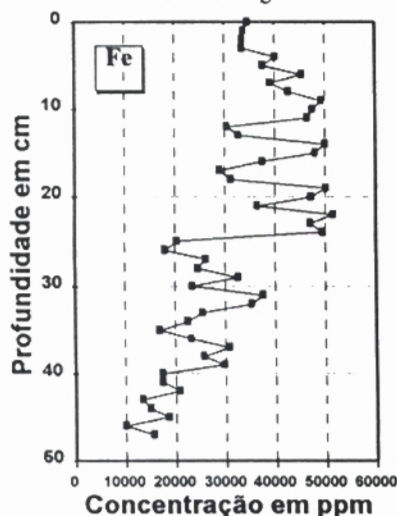


Gráfico II - Perfil de Concentração do COT no Sedimento da Lagoa Infernã

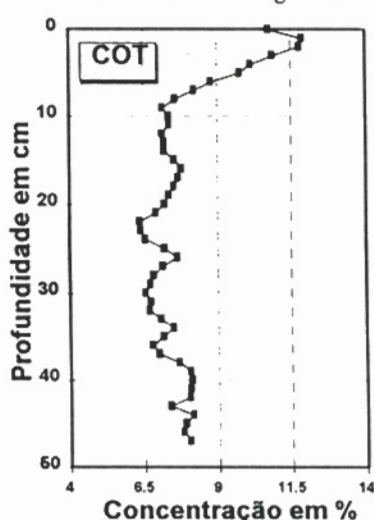
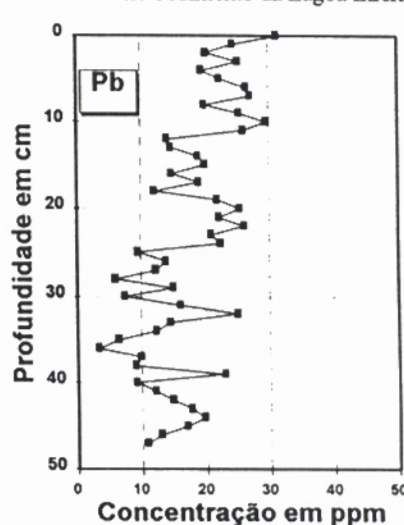


Gráfico III - Perfil de Concentração do Pb no Sedimento da Lagoa Infernã



multivariada, a ACP, utilizando software SPSS (Statistical Package for Social Science). Foram identificadas cinco componentes principais, que explicam 96 % da variabilidade dos elementos no perfil. A matriz dos "Factor Loading" para os cinco componentes retidos, submetida à rotação varimax, é mostrada na tabela I.

Analisando a tabela I, identificamos o Fe, Co, Al, Ti, V, Mn, Ni, K, Sr, Cu, Zr, Zn, S, P e Rb como sendo os elementos associados a primeira componente. Os elementos associados à segunda componente são o COT, Ca, S e Cr, além de Zn, Cu e P apresentarem um menor grau de associação. Na terceira componente identificamos associação do Si e Rb e em menor grau o P e K. Os elementos associados à quarta e quinta componentes são Pb e Cr, respectivamente.

■ A técnica ACPA de quantificação à partir da matriz das concentrações dos elementos nas amostras e da matriz dos factor loading, forneceu as quantidades em µg/g (ppm) para cada elemento em cada fator. Estes resultados são mostrados na tabela II, e no gráfico IV é apresentado a significância quantitativa de cada componente no sedimento. Também na tabela II é apresentado o valor médio das concentrações elementares no perfil como massa total.

**Tabela I - Matriz dos Factor loading para análise de componentes principais do sedimento na Lagoa Infernã**

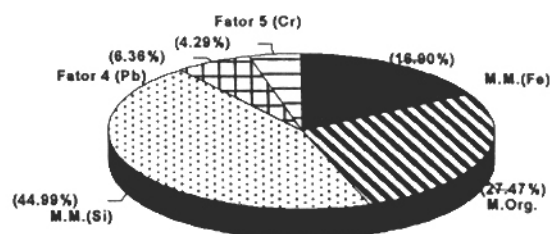
	Fator 1	Elemento	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Comunalidade
Fe	0.96	0.08	0.15	0.20	0.03	0.99
Co	0.94	0.11	0.16	0.23	0.06	0.98
Al	0.91	0.15	0.31	0.17	0.08	0.99
Ti	0.91	0.09	0.34	0.14	0.15	0.99
V	0.91	0.23	0.26	0.12	0.13	0.97
Mn	0.87	0.12	0.32	0.17	0.28	0.97
Ni	0.86	0.16	0.17	0.19	0.33	0.95
K	0.84	-0.03	0.48	0.06	0.17	0.96
Sr	0.82	0.09	0.29	0.40	0.12	0.94
Cu	0.82	0.41	0.25	0.16	0.19	0.97
Zr	0.82	0.18	0.17	0.45	-0.07	0.94
Zn	0.80	0.42	0.36	0.09	0.16	0.98
S	0.72	0.62	0.12	0.18	0.06	0.96
P	0.68	0.39	0.43	0.28	0.19	0.92
Rb	0.61	0.31	0.58	0.19	-0.25	0.90
COT	-0.15	0.96	0.03	0.12	0.11	0.98
Ca	0.44	0.81	0.24	0.10	0.21	0.97
Si	0.43	0.18	0.79	0.18	0.29	0.96
Pb	0.48	0.31	0.21	0.76	0.16	0.97
Cr	0.24	0.49	0.17	0.12	0.75	0.90
Variância explicada %	56	16	11	7.1	5.9	

**Tabela II-Distribuição Quantitativa das massas em para os elementos nos cinco componentes**

Elemento	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	massa Total
Al	20177	12862	25585	4750	1963	65337
Si	10911	15605	54409	3872	5574	90372
P	129	189	240	55.3	27.9	642
S	391	727	-	98.9	-	1216
K	817	245	1594	78.5	179	2913
Ca	88.2	328	-	-	-	416
Ti	1312	686	1766	255	223	4242
V	53.6	40.4	43.0	8.01	6.64	152
Cr	7.58	33.7	16.5	3.53	17.9	79.2
Mn	36.7	22.4	46.6	8.45	11.9	126
Fe	11935	5661	9694	3315	729	31334
Ni	6.76	4.72	4.85	1.82	2.67	20.8
Cu	9.50	11.6	6.08	2.00	1.59	30.8
Zn	16.6	20.5	15.4	1.56	1.94	56.0
Rb	12.5	14.6	32.5	3.63	-	63.3
Sr	12.0	5.17	11.8	6.21	1.58	36.7
Zr	18.8	13.3	16.4	11.9	-	60.4
Pb	3.56	5.03	2.42	5.71	0.80	17.5
COT	-	38235	28883	4821	2923	74861
Soma das massas no fator	45974	74727	122398	17310	11668	

Analisando os resultados encontrados observamos que no primeiro fator estão associados ao Fe, Co, Al, Ti, V, Mn, Ni, K, Sr, Cu, Zr, Zn, S, P e Rb e que este fator representa 17% da massa total no sedimento. Em função dos elementos encontrados, observamos que este fator está correlacionado a matriz mineralógica. No entanto, o terceiro fator também representa a matriz mineralógica, pois ele além de estar associado ao Si principalmente, em termos de massa é 45% do sedimento, e conforme pode ser observado na tabela II, os elementos do fator 1 estão quantitativamente com peso significativo no fator 3, o que demonstra que

**Gráfico IV - Distribuição Quantitativa dos Fatores Principais**





tanto o fator 1 quanto o 3 representam a matriz mineralógica. Podemos ainda supor que cada componente está correlacionada a frações diferentes da mesma matriz mineralógica. Para auxiliar na análise da contribuição de cada componente, foi montado um gráfico que mostra cm a cm qual a massa associada a cada fator, conforme mostrado no gráfico V.

A segunda componente está claramente correlacionada a matéria orgânica, em função dela estar associada ao COT, Ca, S, e Cr, além do P, Cu e Zn. Estes elementos participam de reações com a matéria orgânica, como no caso do S e P, ou ainda formam complexos com metais.

Gráfico V - Distribuição Quantitativa para o Fe nos cinco componentes principais cm a cm no sedimento da lagoa Infernã

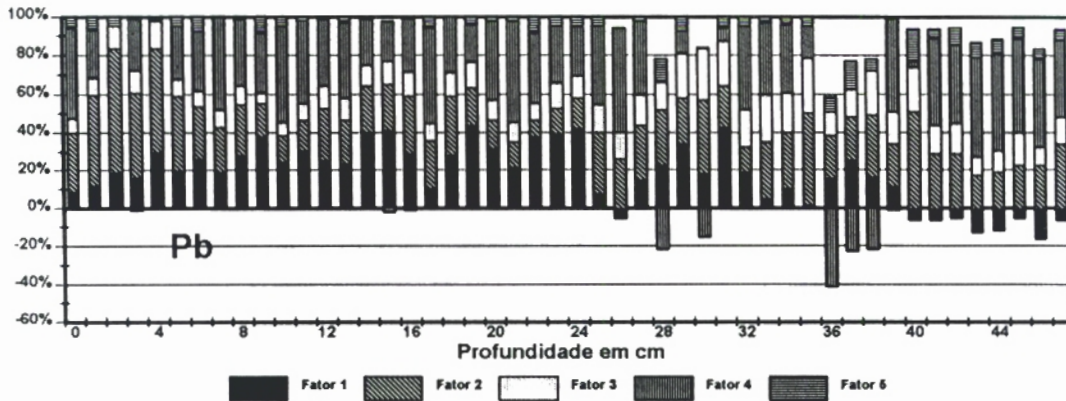
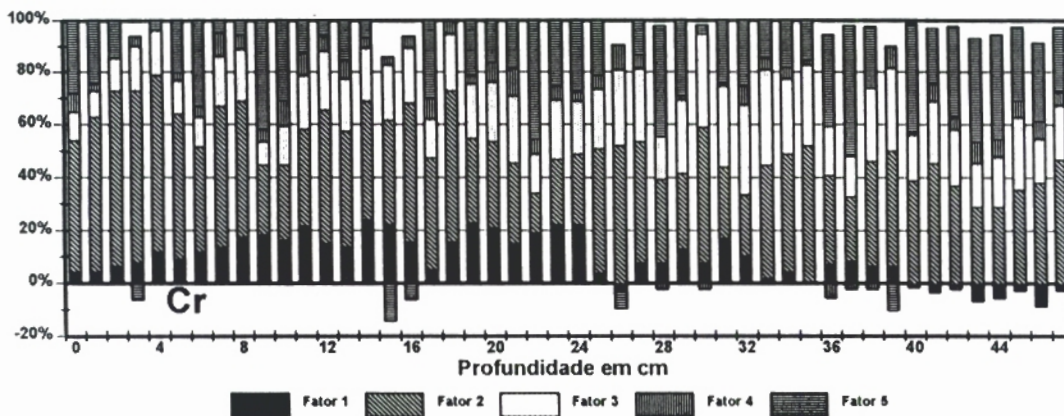


Gráfico VI - Distribuição Quantitativa para o Cr nos cinco componentes principais cm a cm no sedimento da lagoa Infernã



A quarta componente está principalmente associada ao Pb com pequenas contribuições de outros elementos. Esta componente pode significar um processo geoquímico diferenciado que envolve o Pb em associação com outros metais, e o mesmo deve acontecer ao Cr, quanto à quinta componente. Poderia significar deposição antropogênica se estas componentes tivessem em termos de massa, sua maior contribuição nos primeiros 10 cms do sedimento. No entanto, conforme pode ser observado nos gráficos V e VI, as massas estão distribuídas por todo o comprimento do sedimento estudado e não nos primeiros centímetros como seria de se esperar.

### Conclusões

Elementos traços em sedimentos são importantes indicadores de atividade antropogênica e de poluição por metais pesados em meios lacustres. A técnica PIXE empregada para determinação dos metais totais é vantajosa em relação à técnicas mais tradicionais por dispensar a digestão total e por fornecer em uma única análise, a composição elementar do sedimento de interesse ecológico, com alta sensibilidade analítica. A aplicação de análise multivariada em bases de dados multi-elementares fornece subsídios para uma interpretação dos processos geoquímicos envolvidos na deposição de metais pesados em sedimentos lacustres. Também possibilita entender como os elementos estão associados no sedimento. Como resultado das análises elementares e multivariadas, observa-se que não é significativa a contribuição antropogênica na lagoa do Infernã.