

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS EM AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO BILLINGS, BRAÇO RIO GRANDE, POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

Eleine Bostelmann¹, Déborah I.T. Fávaro², Francisco J. Ferreira¹, José Eduardo Bevilacqua³

¹Laboratório de Química Inorgânica e Radioatividade - EAAI - CETESB – SP
Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345
05459-900 São Paulo - SP
eleineb@cetesb.sp.gov.br

²Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica – LAN-CRPq,
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP São Paulo
defavaro@ipen.br

³Divisão de Qualidade das Águas – EEQ – CETESB – São Paulo, Brasil

RESUMO

O Reservatório do Rio Grande, faz parte do sistema de abastecimento da cidade de São Paulo. As amostras de sedimentos de fundo do reservatório foram coletadas em 2004, no período de estiagem (maio-agosto 2004). Para cada ponto de amostragem foi efetuada uma amostragem simples, utilizando um *piston corer* e uma amostragem composta, com o amostrador *Van Veen*. Os pontos de amostragem foram definidos, visando cobrir a área de aporte de contaminantes, área de depuração (meio do reservatório) e área depurada (captação de água para abastecimento público). As amostras de sedimentos foram submetidas à análise por ativação neutrônica instrumental e os seguintes elementos foram determinados: As, Ba, Br, Co, Cr, Cs, Fe, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U e Zn e os elementos terras raras Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb e Yb. Observou-se uma grande variação de concentração dos elementos nos 4 pontos de amostragem e, principalmente para os elementos As e Cr no ponto 1, foram encontrados teores mais elevados do que os valores de TEL e PEL do Canadian Sediment Quality Guidelines do Environment Canada, para esses elementos.

1. INTRODUÇÃO

Os sedimentos dos sistemas aquosos representam uma grande fonte de estudo, pois são formados por material sólido carregado pelo vento, gelo e água da superfície da terra. Também se originam pela deposição de material orgânico, proveniente de animais e vegetais, que vivem no local [1]. Eles constituem uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas. Esses materiais, em sua maioria, são depositados nos

rios, lagos e reservatórios, durante muitos anos. Processos biogeoquímicos controlam o acúmulo e a redistribuição das espécies químicas [2].

Os sedimentos de fundo, desempenham um papel importante no esquema de poluição dos rios, por metais pesados. Eles refletem a qualidade corrente do sistema aquático e podem ser usados para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis, após seu lançamento em águas superficiais. Mais do que isso, os sedimentos agem como carreadores e possíveis fontes de poluição, pois os metais pesados não são permanentemente fixados por eles, e podem ser ressolubilizados para a água por mudanças nas condições ambientais[2].

As propriedades de acúmulo e de redistribuição de espécies nos sedimentos os qualificam como de extrema importância em estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente, os efeitos de contaminação [2].

Os sedimentos dos ambientes aquáticos podem também ser utilizados no estudo de poluição, como indicadores da presença e dos níveis de metais pesados. Além disso, a análise de perfis de metais pesados, permite o levantamento histórico da ação antrópica do local de estudo [3].

O método de ativação neutrônica tem sido extensivamente empregado em estudos geoquímicos devido à viabilidade de se quantificar, em uma única análise instrumental, muitos elementos, com precisão da ordem de 1% e exatidão ao redor de 10%, sem requisitar qualquer procedimento de digestão prévio [4,10]. Os limites de detecção para a técnica variam, para a maioria dos elementos, entre 0,01 e 1 mg kg⁻¹ [6].

O Reservatório do Rio Grande, objeto do presente estudo, é responsável pelo abastecimento de quatro municípios da Região Metropolitana de São Paulo, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Santo André e Diadema, atendendo a uma população aproximada de 1,7 milhões de habitantes [10]. Então, a verificação da qualidade de suas águas é de extrema importância e são críticas em se considerando não somente os riscos que podem acarretar à saúde da população, como também os riscos ambientais devido ao recebimento contínuo de cargas poluentes dos lançamentos residenciais e industriais. Neste estudo, amostras de sedimentos (superficial e testemunhos) foram submetidas à análise por ativação neutrônica instrumental para a determinação da concentração dos seguintes elementos: As, Ba, Br, Co, Cr, Cs, Fe, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U e Zn e os elementos terras raras Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb e Yb.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostragem

As amostras de sedimentos do reservatório Rio Grande foram coletadas, no período de estiagem (maio – agosto 2004), por amostragem direta do sedimento de fundo utilizando-se o amostrador *piston corer*.

Os pontos de amostragem foram definidos, utilizando aparelho GPS (incerteza de medição 30 metros), ao longo da área do reservatório:

- P4 (S 23° 43' 92.4" e O 46° 25' 61.2") e P3 (S 23° 43' 99.1" e O 46° 26' 08.1"): área de aporte de contaminantes, situada junto à desembocadura do Rio Grande e Ribeirão Pires
- P2 (S 23° 45' 16.8" e O 46° 28' 34.3"): área de depuração, porção central do reservatório
- P1 (S 23° 46' 11.7" e O 46° 31' 95.9"): área depurada, junto à captação de água para abastecimento público.

Na Figura 1 estão apresentados os pontos de amostragem de sedimentos (P1, P2, P3 e P4), no braço Rio Grande, Reservatório Billings.



Figura 1. Localização dos pontos de amostragem

Para cada ponto foi efetuada uma amostragem simples (piston core), no ponto central de uma área triangular de aproximadamente 50 metros de aresta, e uma amostragem composta, (Van Veen) formada pela homogeneização de amostras coletadas em cada um dos vértices da área triangular. As amostras coletadas com o piston core, foram divididas em seções de 0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-20 cm e 20-30cm, conforme tabela abaixo(Tabela 1):

Tabela 1. Descrição das amostras de sedimentos coletadas

<i>Ponto</i>	<i>Amostra (código)</i>	<i>Amostrador</i>	<i>Coleta</i>	<i>Seção (cm)</i>	<i>pH</i>
P1	88949	Piston core	Simples	0 – 5	6,8
	88950			5 – 10	6,8
	88951			10 – 20	6,8
	88952			20 – 30	6,7
	88953			Van Veen	Composta
P2	88954	Piston core	Simples	0 – 5	6,7
	88955			5 – 10	6,8
	88956			10 – 20	6,7
	88957			20 – 30	6,5
	88958			Van Veen	Composta
P3	88959	Piston core	Simples	0 – 5	6,8
	88960			5 – 10	6,7
	88961			10 – 20	6,5
	88962			20 – 30	6,5
	88963			Van Veen	Composta
P4	88964	Piston core	Simples	0 – 5	6,8
	88965			5 – 10	6,8
	88966			10 – 20	6,7
	88967			20 – 30	6,7
	88968			Van Veen	Composta

2.2 Preparação das amostras de sedimentos

A preparação das amostras de sedimentos envolveu as seguintes etapas:

- Homogeneização: efetuada manualmente com auxílio de colheres de material plástico, previamente descontaminado,
- Secagem: efetuada em frascos de polipropileno injetado (Ziploc - Johnson), em estufa à 40°C até peso constante,
- Peneiramento: efetuada em peneiras de nylon, fração <0,62 mm,
- Estocagem: efetuada em frascos de polietileno

2.3. Análise por Ativação Neutrônica Instrumental (AANI)

2.3.1. Irradiação das amostras e padrões - Cerca de 200 mg de amostra (duplicata), materiais de referência e padrões sintéticos dos elementos de interesse foram irradiados por 16 horas, sob um fluxo de nêutrons térmicos de 10^{12} n cm⁻² s⁻¹. Duas séries de contagens foram realizadas: uma após uma semana de decaimento, durante a qual as amostras e materiais de referência foram contadas por duas horas, e os padrões sintéticos por meia hora cada um. Nessas condições foi possível a quantificação dos seguintes elementos: As, Br, K, La, Na, Nd, Sm e U. A segunda contagem foi feita após 20 dias de decaimento e os seguintes elementos puderam ser determinados: Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Tb, Th, Yb, Zn e Zr. A espectrometria gama foi feita utilizando-se um detector de Ge hiperpuro da ORTEC e eletrônica associada. A resolução foi de 0,88 keV e 1,90 keV para os fotopicos de 121,97keV do ⁵⁷Co e 1332,49 keV do ⁶⁰Co, respectivamente. A análise dos dados foi feita pelo programa VISPECT2, usado para identificar os picos de raios gama e pelo programa ESPECTRO, para calcular as concentrações. Ambos os programas foram desenvolvidos no LAN/CRPq do IPEN.

2.3.2. Validação da Metodologia

Para a validação da metodologia de AANI, os materiais de referência WQB-3 (a Lake Ontario Blended Sediment for Trace Elements) do Environmental Canada, Montana Soil (NIST SRM 2711) do National Institute of Standards and Technology e BEN (Basalt- IWG-GIT), foram analisados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para controle de qualidade dos resultados obtidos pela técnica de AANI, tem sido bastante utilizado o critério de Z-score [11]. O cálculo da diferença padronizada ou valor de Z de um resultado analítico é dado por

$$Z_i = C_i - C_{ref,i} / (s_i^2 + s_{ref,i}^2)^{1/2}$$

Onde

C_i = concentração do elemento i na análise do MR,

$C_{ref,i}$ = valor certificado de concentração ou de consenso para o elemento i,

s_i = incerteza da concentração do elemento i na análise do MR,

$S_{ref,i}$ = incerteza do valor de consenso certificado para o elemento i

No caso da técnica de AANI, o uso do valor de Z para aprovação dos resultados considera que se $|Z| < 3$ tem-se que o resultado individual da amostra controle, no nosso caso o material de referência que está sendo analisado, deve estar dentro de 99% do intervalo de confiança do valor esperado. Observa-se pela Figura 2, que os resultados obtidos nas análises dos materiais de referência, se encontram dentro do critério de $|Z| < 3$, indicando uma boa precisão e exatidão dos resultados analíticos. Uma única exceção foi o Na no material BEN-Basalt, com valor de z-score de $-3,2$.

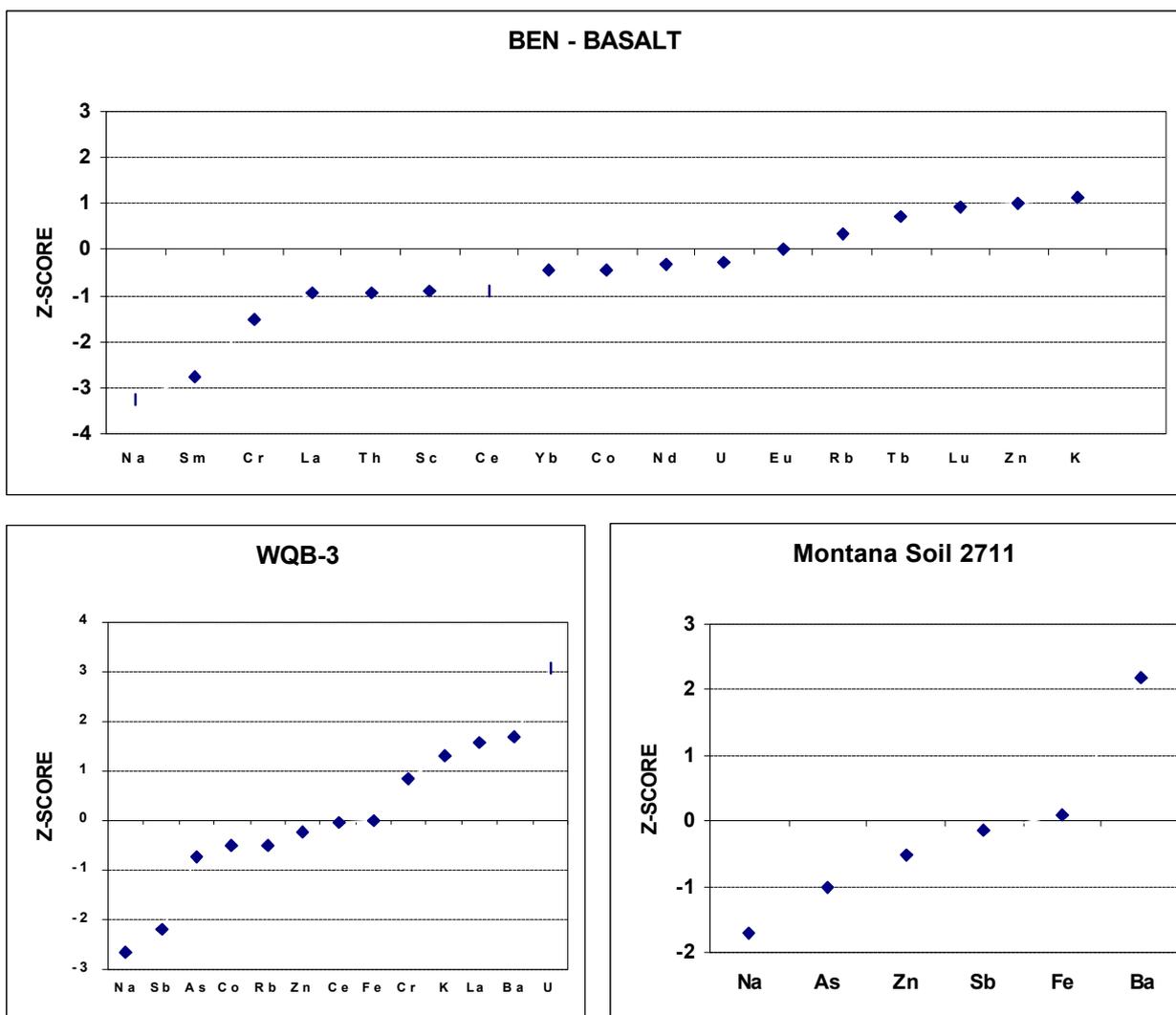
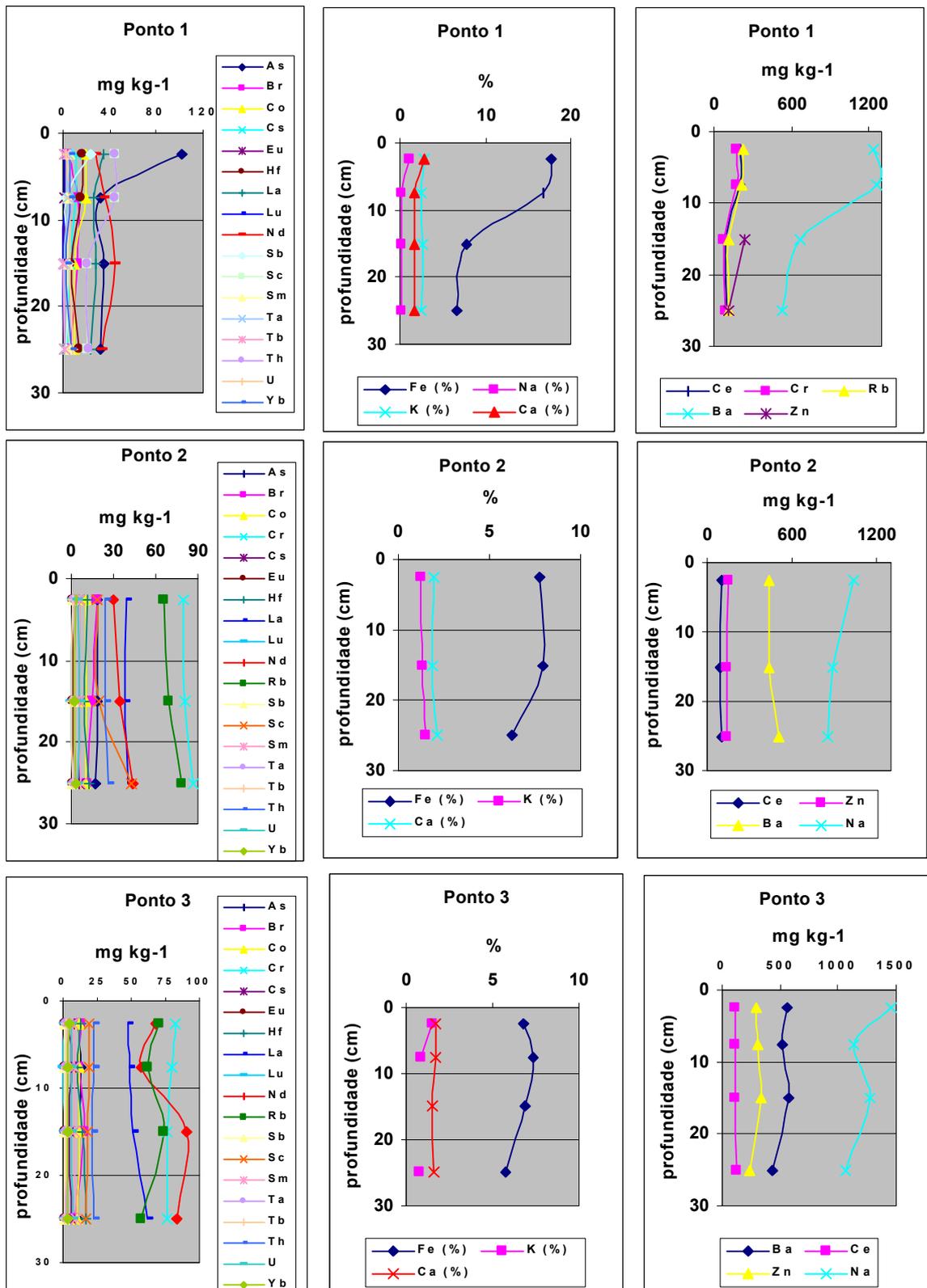


Figura 2 – Valores de Z-score obtidos nas análises dos materiais de referência

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises das amostras de sedimentos, os valores médios de concentração, mínimos e máximos, para cada ponto de amostragem. Apresenta também os valores de TEL(Threshold Effect Level) e PEL (Probable Effect Level) para água doce, Interim sediment quality guideline (ISQG) do Environmental Canada [12], para As, Cr e Zn. Observa-se que os valores médios encontrados para As excedem o valor de TEL ($5,9 \text{ mg kg}^{-1}$) nos 4 pontos e o valor de PEL (17 mg kg^{-1}), nos pontos 1 e 2. Para o Cr, os valores médios excedem os valores de PEL nos 4 pontos amostrados. Para o Zn, os valores médios

excedem o valor de TEL(123 mg kg⁻¹) nos 4 pontos e o valor de PEL (315 mg kg⁻¹) , no ponto 4. Deve-se ressaltar que o ponto 1 está situado próximo a captação de água para distribuição. Para os demais elementos analisados, não existem valores para comparação.

A Figura 3 apresenta os gráficos de variação de concentração dos elementos analisados com a profundidade, para os 4 pontos de amostragem. No ponto 1 observa-se uma grande variação



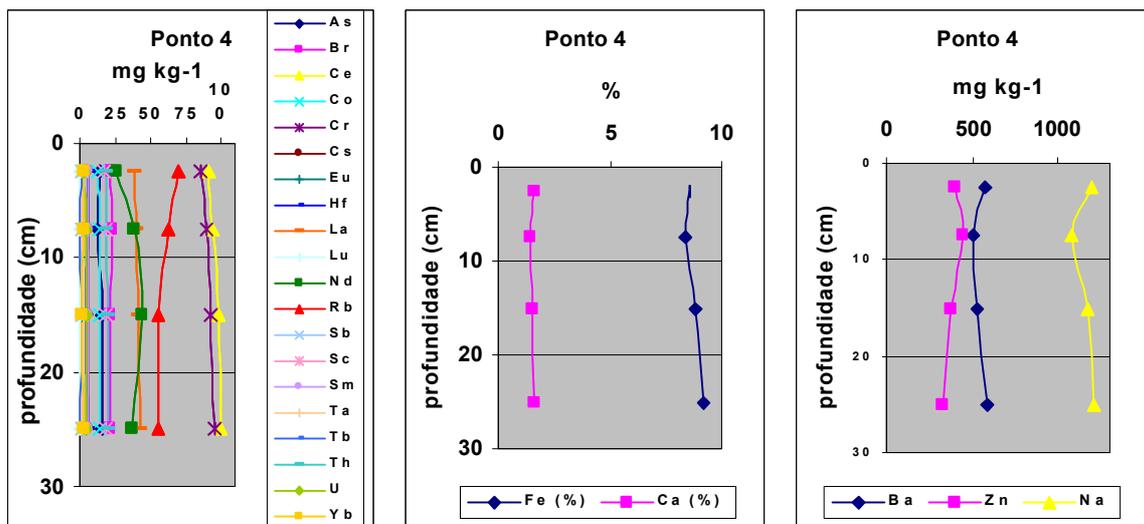


Figura 3 – Variação de concentração dos elementos determinados em função da profundidade, nos pontos 1, 2, 3 e 4.

de concentração com a profundidade para os elementos As, Ba e Fe. No ponto 2, observa-se um decréscimo de concentração para os elementos Fe e Na. No ponto 3, também para Fe e Na e um aumento para Nd. No ponto 4, observa-se um decréscimo de concentração para os elementos Cr e Rb.

A Figura 4 apresenta a análise de agrupamentos para as amostras analisadas. Verifica-se que as amostras 949 e 950, formaram um grupo separado das demais amostras do ponto 1, 951 e 952. Estas, por sua vez, ficaram junto com as demais amostras do ponto 2 (954, 956 e 957). As demais amostras se agruparam de acordo com os seus respectivos pontos de amostragem: ponto 3, 959 a 962 e ponto 4, 964 a 967 .

Com o objetivo de investigar a associação entre os elementos nas amostras de sedimentos, a Análise Fatorial, modo R com rotação Varimax, foi realizada. Quatro fatores foram extraídos, de acordo com o critério de Kaiser, correspondendo a 90,75% da variância total. De acordo com as cargas fatoriais (Tabela 2), as associações entre os elementos são dados a seguir:

- Fator 1 (correspondendo a 55,6 % da variância total) é formado pelos elementos Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Rb, Sc, Ta, Th e Zn. Esses elementos estão relacionados, em sua maioria, ao grupo do Fe.
- Fator 2 (18,1% da variância total), para os elementos La, Nd, Sm e Tb. Esse fator está ligado a litologia da região, visto que agrupa alguns elementos terras raras.
- Fator 3 (8,7% da variância total), onde Br apresentou uma alta correlação negativa com os elementos Hf, Lu e Yb.
- Fator 4 (8,4 % da variância total), para os elementos As, Ca, Na e Sb. Os elementos Ca e Na estão relacionados com a litologia da região, porém os elementos As e Sb apresentam valores de concentração muito acima dos valores da crosta terrestre (1,0 e 0,20 mg kg⁻¹, respectivamente), indicando possivelmente uma contribuição antrópica.

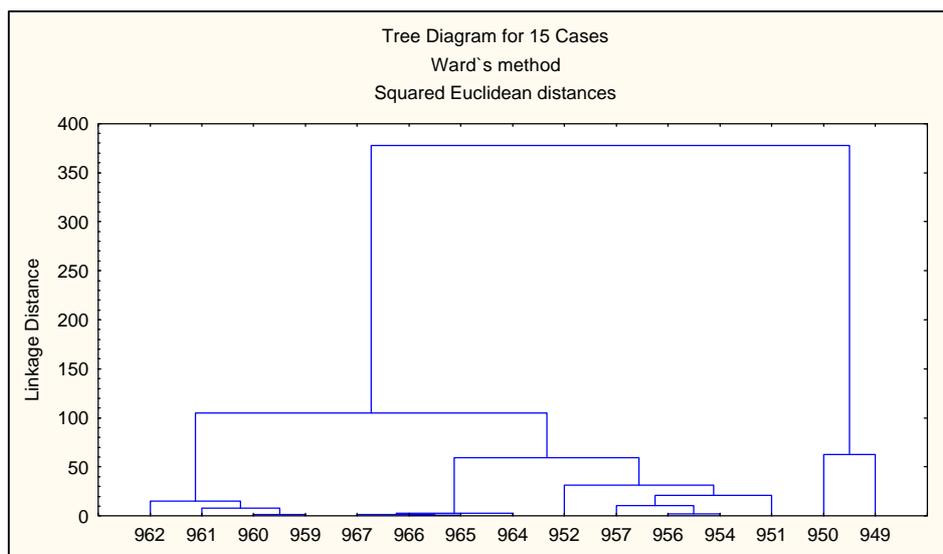


Figura 4 – Análise de agrupamentos para as amostras nos pontos 1,2,3 e 4

Tabela 2 – Cargas Fatoriais extraídas por Componentes Principais, com rotação Varimax

	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
AS	0,41	0,26	0,18	0,82
BA	0,85	0,22	0,22	0,33
BR	-0,15	0,04	-0,85	-0,39
CA	0,26	0,06	0,14	0,88
CE	0,88	-0,05	0,32	0,34
CO	0,91	0,16	-0,17	0,23
CR	0,90	0,25	0,15	0,30
CS	0,90	0,17	0,09	0,36
EU	0,88	-0,12	0,05	0,21
FE	0,87	0,28	0,02	0,37
HF	0,36	-0,48	0,70	0,29
LA	-0,15	-0,94	-0,25	-0,10
LU	0,32	0,01	0,83	0,33
NA	0,42	0,00	0,03	0,88
ND	-0,15	-0,85	0,21	-0,26
RB	0,74	0,30	0,40	0,42
SB	0,41	0,06	0,08	0,88
SC	0,66	0,21	0,31	0,39
SM	-0,26	-0,95	0,07	0,02
TA	0,81	0,10	0,26	0,26
TB	-0,08	-0,77	0,29	-0,03
TH	0,82	0,11	0,37	0,39
U	-0,35	-0,38	0,57	-0,50
YB	0,13	-0,12	0,89	-0,26
ZN	0,96	0,11	0,00	-0,04

CONCLUSÕES

A técnica de AANI se mostrou uma ferramenta bastante poderosa na análise de sedimentos, permitindo a quantificação de cerca de 25 elementos, em diferentes níveis de concentração (de % a mg kg^{-1}), numa análise puramente instrumental.

O ponto 1, próximo ao ponto de captação de água para distribuição, apresentou valores médios de concentração maiores para As, Ba, Ca, Cr, Fe, Rb, Sb, Sc e Th, do que nos demais pontos. Para As e Cr, os valores de concentração excederam os valores de TEL e PEL, do Canadian Sediment Quality Guidelines, indicando uma forte contribuição antrópica para esses elementos. Para os demais pontos de amostragem, observou-se também valores médios de concentração elevados, para a maioria dos elementos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Atomic Energy Agency. Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements, IAEA-TEC-DOC 1360, July, 2003.
- [2] J.E. Bevilacqua – Estudos Sobre a Caracterização e a Estabilidade de amostras de Sedimento do Rio Tietê, S.P. – Tese de Doutorado – Instituto de Química – São Paulo, 1996.
- [3] F. Campagnoli, B.P. Mazzilli; S.R.D. Moreira. Datação de sedimentos aplicada ao monitoramento ambiental de bacias hidrográficas: exemplo da bacia do Rio Grande - Billings, SP. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Livro de resumos - ABRH, 1999, p. 155.
- [4] J. Al-Jundi; K. Randle. Instrumental neutron activation analysis (INAA) of estuarine sediments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **249**, nº 2, p. 361-367, 2001.
- [5] J. Al-Jundi. Determination of trace elements and heavy metals in the Zarka River sediments by instrumental neutron activation analysis. *Nuclear Instrumental Methods Physical Res.*, Sector B, **170** (1-2), pp. 180-186, 2000.
- [6] I.C. Dinescu; O.G. Dului. Heavy metal pollution of some Danube Delta lacustrine sediments studied by neutron activation analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, nº **54**, pp. 853-859, 2001.
- [7] I.C. Dinescu, O.G. Dului, M. Badea, N.G. Mihăilescu, I.M. Vanghelie. Investigation of the vertical distribution of major and trace elements in Matita Lake (Danube Delta) sediments by activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **238**, nºs 1-2, pp. 75-81, 1998.
- [8] C. Gonçalves, D.I.T. Fávaro, A.J. Melfi, S.M.B. Oliveira, M.B.A. Vasconcellos, M.C. Forti, A.H. Fostier, J.R.D. Guimarães, R. Boulet. Aplicação da Análise por Ativação Neutrônica à Investigação da Composição de Solos e Sedimentos da bacia do rio Vila Nova e vale do rio Amapari, Amapá, Brasil. *Geochim. Bras.*, **13**, nº 1, p. 27-39, 1999.
- [9] F. E. Larizzatti, D.I.T. Favaro, S.R.D. Moreira, B.P. Mazzilli, E.L. Piovano – Multielemental Determination by Instrumental Neutron Activation Analysis and Recent Sedimentation Rates Using ^{210}Pb Dating Method at Laguna del Plata, Cordoba, Argentina. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **249**(1), pp.263-268, 2001.
- [10] D.I.T. Fávaro, S.R.D. Moreira, V. A. Campos, B.P. Mazzilli, F. Campagnoli – Determinação Multielementar por Ativação Neutrônica de Sedimentos do Reservatório Billings, Braço Rio Grande, São Paulo –. In: ENCONTRO NACIONAL DE APLICAÇÕES NUCLEARES, 5. 2000, Rio de Janeiro, Anais ... Rio de Janeiro: ABEN, 2001, CD Rom.
- [11] P. Bode. Instrumental and organizational aspects of a neutron activation analysis laboratory, Interfaculty Reactor Institut, Delft, Netherlands, p. 147, 1996.
- [12] Canadian Environmental Quality Guidelines - Summary Tables.- <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/ceqg/sediment/default.cfm>

Tabela 1 – Resultados obtidos (mg kg⁻¹) nas análises das amostras de sedimentos por ativação neutrônica

		As	Ba	Br	Ca (%)	Ce	Co	Cr	Cs	Eu	Fe (%)	Hf	K (%)	La	Lu	Na	Nd	Rb	Sb	Sc	Sm	Ta	Tb	Th	U	Yb	Zn
Ponto 1	949	101,5	1232	4,8	2,8	202	19,9	171	10,7	1,6	17,8	16,8	2,94	35	1,1	12073	28	231	2,6	44	5,9	3,6	1,01	44,2	2,4	2,7	n.d.
	950	32,7	1258	8,6	1,7	202	19,7	179	10,8	1,8	16,7	15,1	2,52	27	1,0	1581	36	219	3,0	44	4,0	4,0	0,80	44,2	5,2	5,1	n.d.
	951	35,2	673	8,6	1,7	93	9,3	79	5,2	0,8	7,9	6,9	2,59	28	0,4	1419	44	108	3,5	20	4,5	2,0	0,62	21,3	6,1	2,3	239
	952	32,0	533	5,5	1,6	99	10,4	87	4,5	0,9	6,7	13,3	2,39	24	1,2	1289	34	108	2,5	21	5,2	1,9	0,94	22,2	5,8	5,8	116
	media	50,4	924	8,6	2,0	149	14,8	129	7,8	1,3	12,3	13,0	2,61	29	0,9	4091	36	166	2,9	32	4,9	2,9	0,84	33,0	5,4	5,0	177
	dp	34,1	375	4,0	0,6	61	5,8	53	3,4	0,5	5,8	4,3	0,24	5	0,3	5323	6	68	0,5	14	0,9	1,1	0,18	12,9	2,3	2,0	87
	min	32,0	533	4,8	1,6	93	9,3	79	4,5	0,8	6,7	6,9	2,39	24	0,4	1289	28	108	2,5	20	4,0	1,9	0,62	21,3	2,4	2,3	116
max	101,5	1258	12,2	2,8	202	19,9	179	10,8	1,8	17,8	16,8	2,94	35	1,2	12073	44	231	3,5	44	5,9	4,0	1,01	44,2	7,9	7,2	239	
composta	953	90,7	591	4,2	1,6	96	8,2	77	4,8	0,7	7,1	7,8	2,72	31	0,5	11035	25	113	n.d.	22	5,2	1,8	n.d.	21,8	2,1	2,8	224
Ponto 2	954	18,7	436	18,1	2,0	102	10,4	80	5,6	1,2	7,7	11,7	1,24	39	0,6	1041	30	65	1,6	19	6,2	2,6	0,9	24,2	5,1	3,3	151
	956	18,8	436	14,8	1,9	97	10,5	81	5,6	1,2	7,9	8,7	1,36	38	0,5	883	34	69	1,9	19	6,0	2,7	0,6	24,2	5,2	2,7	143
	957	16,9	501	11,6	2,2	103	10,4	86	6,2	1,2	6,2	12,3	1,47	40	0,7	848	44	78	1,2	43	6,5	2,7	1,0	26,0	5,0	2,9	141
	media	18,1	457,7	14,8	2,0	100	10,4	82,4	5,8	1,2	7,3	10,9	1,36	38,9	0,6	924	36,4	70,8	1,5	26,9	6,2	2,7	0,8	24,8	5,1	3,0	145
	dp	1,1	37,6	3,3	0,2	3	0,1	3,4	0,3	0,0	0,9	1,9	0,12	0,9	0,1	103	7,2	6,4	0,4	13,9	0,2	0,1	0,2	1,1	0,1	0,3	6
	min	16,9	435,6	11,6	1,9	97	10,4	79,7	5,6	1,2	6,2	8,7	1,24	38,1	0,5	848	30,4	65,5	1,2	18,6	6,0	2,6	0,6	24,2	5,0	2,7	141
	max	18,8	501,1	18,1	2,2	103	10,5	86,2	6,2	1,2	7,9	12,3	1,47	39,9	0,7	1041	44,4	78,0	1,9	43,0	6,5	2,7	1,0	26,0	5,2	3,3	151
composta	958	20,8	475	16,4	1,5	88	10,0	86	6,0	1,0	8,1	7,0	1,19	32	0,5	974	37	73	1,9	20	5,0	2,6	0,8	23,5	4,6	2,6	146
Ponto 3	959	10,3	568	12,9	1,7	107	11,5	82	5,2	1,1	6,8	12,8	1,47	48	0,7	1460	68	71	1,4	19	7,7	2,6	2,6	22,8	5,7	4,2	296
	960	12,7	525	11,7	1,7	111	11,4	80	5,5	1,1	7,4	11,0	0,83	48	0,6	1135	57	62	1,5	19	7,8	2,3	2,6	22,6	5,7	3,4	310
	961	12,4	573	16,0	1,5	113	11,7	76	4,4	1,0	6,9	14,4	n.d.	51	0,7	1271	91	74	1,7	18	8,4	1,9	1,9	21,9	6,1	3,9	341
	962	10,4	439	8,2	1,6	124	10,3	76	5,6	1,4	5,8	16,7	0,71	61	0,7	1067	83	58	1,1	17	9,9	2,1	1,6	22,6	7,1	4,1	236
	media	11,4	526,2	12,2	1,6	114	11,2	78,4	5,2	1,2	6,7	13,7	1,00	52,2	0,7	1233	74,8	66,2	1,4	18,2	8,5	2,2	2,2	22,5	6,2	3,9	296
	dp	1,3	61,8	3,2	0,1	7	0,6	2,8	0,5	0,3	0,7	2,4	0,41	6,3	0,1	173	15,3	7,5	0,3	0,7	1,0	0,3	0,5	0,4	0,7	0,3	44
	min	10,3	439,2	8,2	1,5	107	10,3	76,1	4,4	1,0	5,8	11,0	0,71	47,9	0,6	1067	56,6	57,7	1,1	17,2	7,7	1,9	1,6	21,9	5,7	3,4	236
max	12,7	572,7	16,0	1,7	124	11,7	81,6	5,6	1,7	7,4	16,7	1,47	61,3	0,7	1460	90,8	74,1	1,7	18,7	9,9	2,6	2,6	22,8	7,1	4,2	341	
composta	963	12,0	613	14,3	1,5	98	10,9	75	4,9	1,0	6,8	9,2	2,03	48	0,5	1276	82	62	1,5	17	7,6	2,3	2,3	20,8	4,3	2,9	311
Ponto 4	964	14,7	572	21,6	1,7	91	13,2	86	5,7	1,1	8,5	6,1	n.d.	38	0,4	1193	26	70	1,3	18	5,5	1,8	0,7	18,3	3,3	2,4	402
	965	13,5	498	23,1	1,7	95	14,5	89	5,5	1,1	8,4	5,7	n.d.	39	0,3	1072	38	62	1,2	18	5,6	2,1	0,5	19,2	3,9	2,2	442
	966	16,2	529	20,8	1,5	98	13,9	93	6,0	1,1	8,8	4,7	n.d.	42	0,3	1168	45	56	1,0	19	5,7	2,3	0,8	20,0	3,9	2,0	371
	967	16,2	591	21,7	1,6	100	14,4	96	5,8	1,2	9,2	5,8	n.d.	43	0,3	1204	37	55	1,1	19	5,9	2,0	0,7	19,8	4,9	2,2	327
	media	15,2	547,3	21,8	1,6	96	14,0	91,2	5,8	1,1	8,7	5,6		40,5	0,3	1159	36,6	60,8	1,2	18,2	5,7	2,0	0,7	19,3	4,0	2,2	385
	dp	1,3	41,9	0,9	0,1	4	0,6	4,5	0,2	0,0	0,4	0,6	n.d.	1,9	0,0	60	7,8	6,8	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1	0,8	0,6	0,2	49
	min	13,5	498,0	20,8	1,5	91	13,2	85,9	5,5	1,1	8,4	4,7	n.d.	38,3	0,3	1072	26,0	55,5	1,0	17,6	5,5	1,8	0,5	18,3	3,3	2,0	327
max	16,2	590,6	23,1	1,7	100	14,5	96,2	6,0	1,2	9,2	6,1	n.d.	42,5	0,4	1204	44,9	69,9	1,3	18,6	5,9	2,3	0,8	20,0	4,9	2,4	442	
composta	968	15,8	612	20,2	1,6	102	15,0	93	6,3	1,1	7,6	10,6	n.d.	43	0,5	1260	47	71	1,4	19	6,3	1,7	0,0	20,4	4,5	3,0	455