

APLICAÇÃO DA NAA NO ESTUDO DO COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DE ELEMENTOS DE INTERESSE EM SEDIMENTOS LACUSTRES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Andreza P. Ribeiro*, Ana Maria G. Figueiredo*, Joel B. Sígolo**, Rubens C. L. Figueira***

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, Supervisão de Radioquímica-Laboratório de Ativação Neutrônica, Caixa Postal 11049, CEP 05422-970, São Paulo-SP. andreza@curiango.ipen.br

**Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP. jbsigolo@usp.br

***Universidade Cruzeiro do Sul – CETEC/UNICSUL

RESUMO

O presente trabalho utilizou a técnica de análise por ativação com nêutrons para determinação de teores de 24 elementos químicos em sedimentos de fundo coletados de um lago pertencente à estação de tratamento de esgoto (ETE) de Barueri, com o intuito de se verificar uma possível contaminação deste lago devido aos resíduos produzidos no local. Os resultados obtidos foram comparados aos teores encontrados em um perfil de solo e um fragmento de rocha, *in natura*, representativa da região onde a ETE de Barueri está situada. As análises foram realizadas em amostras coletadas em períodos seco e chuvoso. O tratamento dos dados mostrou não haver uma variação significativa nas concentrações dos elementos analisados nos diferentes períodos estudados, com exceção do As. Os resultados obtidos demonstram haver uma distribuição homogênea dos elementos ao longo de todos os pontos de coleta do lago, e indicam que somente o As, o Cr e o Zn podem ter sua origem associada aos resíduos dispostos no entorno do lago.

Keywords: NAA, lake sediments, heavy metals

I. INTRODUÇÃO

Os sedimentos são camadas de materiais pouco espessos que cobrem fundo de rios, riachos, lagos, reservatórios, baías, estuários e oceanos. Eles normalmente são constituídos de uma mistura de minerais com dimensões granulométricas finas, médias e grossas, incluindo argilas, silte e areia. Conforme SALOMONS e SITIGLIANI[1], os sedimentos retêm quantidades significativas de metais tóxicos, na forma precipitada ou complexada, a partir de condições físico-químicas apropriadas. Os metais retidos nos sedimentos de fundo geralmente estão associados à fração granulométrica fina, em decorrência da grande área superficial destas partículas. Portanto, no que diz respeito à poluição ambiental, o estudo sobre a distribuição dos metais em sedimentos é de grande importância, já que, de acordo com a literatura sobre sistemas aquáticos, os sedimentos podem funcionar como reservatório ou fonte de metais pesados[2].

Na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Barueri, São Paulo, existem dois ambientes lacustres artificiais, sendo que um deles possui metade de seu entorno constituído de depósitos de resíduo do tratamento da ETE de Barueri (lodo de esgoto). Essa estação processa esgotos de uma parcela da região metropolitana da cidade de São Paulo. O resíduo final do processo de tratamento

foi depositado no período compreendido entre 1988 e 1996 diretamente sobre o solo, ao ar livre[3].

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de metais (Ba, Co, Cr, Cs, Fe, Hf, Rb, Sc e Zn), semi-metais (As, Sb e Se), actínídeos (U e Th) e terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb e Lu), em sedimentos de fundo de uma das lagoas da ETE de Barueri. Com base nos resultados das análises realizadas, foram estudadas as prováveis fontes dos elementos determinados, considerando os resíduos dispostos no entorno do lago como seus principais emissores, e verificando, por meio da análise de amostras da litologia circundante, possíveis fontes naturais dos elementos analisados.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Amostragem e Preparação das Amostras

Os sedimentos de fundo foram coletados manualmente por meio de um coletor de gravidade, modelo Kajak modificado. Em termos gerais, as amostras referentes ao topo do core foram subamostradas nos primeiros 3 ou 5 cm, enquanto que houve variação na subamostragem basal devido à profundidade do core recuperado. A Figura 1 apresenta malha de amostragem da lagoa com os respectivos pontos de coleta dos sedimentos. Um perfil de solo, com profundidade de 4 m, fracionado a intervalos de 20 cm, e a rocha sã, também foram coletados da margem oeste da lagoa. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, conforme recomendações encontradas em MUDROCK e ACZUE[4] e encaminhadas ao laboratório. As amostras de sedimento de fundo e solo foram secas a 40°C em estufa, moídas em almofariz de ágata e armazenadas em sacos de polietileno até a análise. As amostras de sedimento foram também submetidas à análise granulométrica. A rocha sã, primeiramente foi fracionada e pulverizada, sendo também acondicionada em sacos de polietileno.

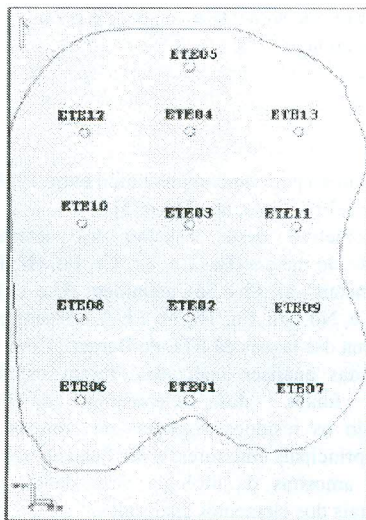


Figura 1: Malha amostragem da lagoa

NAA

Aliquotas convenientes de soluções de concentração conhecida, dos elementos analisados, foram pipetadas em pedaços de 1 cm² de papel de filtro Whatman 40 e evaporadas à secura sob lâmpadas de raios infravermelhos. Os padrões, assim preparados, foram acondicionados em envelopes de polietileno e selados a quente. Cerca de 100 mg das amostras (sedimento de fundo, solo e rocha) e dos materiais de referência Buffalo

River Sediment (NIST SRM 2704) e BE-N (IWG) foram pesados e acondicionados da mesma forma que os padrões.

Amostras, padrões e materiais de referência foram inseridos em recipientes de alumínio e irradiados no reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP, em fluxo de nêutrons térmicos de cerca de 10^{13} n cm⁻² s⁻¹, durante 16 horas. As medidas da radiação gama induzida foram realizadas em um espectrômetro de raios gama, consistindo de um detector de Ge hiperpuro, modelo GX 2020 (CANBERRA) ligado a um sistema eletrônico.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição granulométrica é uma importante ferramenta para que se possa estabelecer uma correlação entre os teores de concentração dos elementos e a porcentagem de finos existentes nas amostras, uma vez que a literatura sobre estudos de contaminação tem demonstrado a forte tendência da fração mais fina do sedimento adsorver as espécies químicas da água. Assim sendo, os sedimentos finos interagem mais facilmente com rejeitos biológicos, compostos químicos, gases e outras espécies poluentes na água[2]. A Tabela 1 apresenta a distribuição granulométrica (realizada no Instituto de Geociências-Universidade de São Paulo) obtida para as amostras de sedimentos[5]. Pode-se verificar a similaridade dos sedimentos no que diz respeito às porcentagens de finos, entre 80 e 100% para a maioria das amostras; dessa forma, não se justificaria a aplicação de um tratamento estatístico para os dados de granulometria, já que o mesmo não traria informações relevantes.

TABELA 1 - Distribuição granulométrica dos sedimentos

Amostras de Topo (seco)	Argila + Silte (%)	Areia (%)	Areia (> 1mm) (%)
01	60	22	18
03	89	11	0
04	87	11	2
05	86	13	1
06	93	5	2
07	88	12	0
09	91	8	1
10	94	6	0
11	73	21	6
12	94	3	3

Empregou-se a correlação de Pearson para as diferentes estações de amostragem no lago, com relação aos teores encontrados para os elementos. Assim, talvez fosse possível observar se alguns dos elementos analisados estavam se concentrando preferencialmente nos pontos de coleta próximos à margem, onde os resíduos do tratamento do esgoto foram depositados. De acordo com os resultados obtidos para r ($r > 0,99$), não se observou um ponto preferencial onde qualquer um dos elementos pudesse

concentrar-se, ao contrário, observou-se uma distribuição uniforme de todos os elementos ao longo de todas as estações de amostragem da lagoa. Tais resultados não puderam fornecer informações suficientes que permitissem afirmar se existe, ou não, uma fonte antrópica para os elementos estudados.

Foram determinadas as concentrações de 24 elementos químicos num total de 41 amostras, representando os dois períodos distintos de coleta (seco e chuvoso), além das amostras do perfil do solo e da rocha sã. A Tabela 2 apresenta as faixas de concentração dos elementos analisados, para a fração superficial dos sedimentos, além da concentração média obtida para os mesmos. Também são apresentados os valores médios obtidos para o perfil do solo, para a rocha sã e os teores do xisto. Um critério usualmente adotado para verificar se o teor de um elemento pode ser considerado "natural" é compará-lo aos valores das concentrações médias da crosta terrestre para as rochas sedimentares, o *shale* ou xisto[6]. Este critério tem suas restrições, já que adota teores de rochas sedimentares, que podem ser muito distintas das encontradas em países tropicais. A comparação com os valores obtidos no perfil de solo e na

rocha sã nos dá um parâmetro mais real do ambiente estudado, pois podemos associar a concentração encontrada no sedimento às litologias da região.

Por meio do teste estatístico *t de Student* (ao nível de significância de 0,05) verificou-se que os teores obtidos para os elementos analisados não diferem significativamente de um período para o outro, com exceção do As. Isto era esperado, em se tratando de um ambiente lacustre, onde a variação do volume d'água, do período chuvoso para o seco, não foi suficiente para causar modificações drásticas das condições físico-químicas do meio (como pH e Eh) que pudessem causar alterações acentuadas na concentração dos elementos nos sedimentos de fundo.

De acordo com os critérios adotados como indicadores de contaminação (comparação aos teores no xisto, no perfil do solo e na rocha sã), a maioria dos elementos determinados podem ser considerados de origem natural.

TABELA 2: Teores de concentração obtidos para as amostras de sedimento, perfil do solo e rocha sã em $\mu\text{g g}^{-1}$.

Elementos	Faixa de concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Média das concentrações ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Xisto	Média das concentrações no perfil do solo ($\mu\text{g g}^{-1}$)			Rocha sã
	Topo seco	Topo chuvoso	Topo seco	Topo chuvoso		Aluvionar	Argila	Saprolito	
As	2,4 - 5,3	0,5 - 2,7	4 ± 1	2 ± 1	13	---	---	---	8,5 ± 0,4
Ba	585 - 945	318 - 1357	726 ± 136	732 ± 254	580	953 ± 53	920 ± 106	655 ± 47	592 ± 6
Co	13 - 54	13,7 - 61	17 ± 3	21 ± 13	19	7,2 ± 0,2	14 ± 4	9 ± 1	4,9 ± 0,3
Cr	58 - 89	40 - 90	77 ± 10	76 ± 13	90	18,6 ± 0,5	42 ± 4	49 ± 11	12 ± 1
Cs	4,4 - 9,0	3,7 - 7,5	6 ± 1	5 ± 1	5	3,0 ± 0,4	7 ± 10,1	3,3 ± 0,4	2,8 ± 0,4
Fe (%)	3,6 - 5,2	2,7 - 5,5	4,7 ± 0,4	5 ± 1	4,7	1,7 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,6 ± 0,4	1,80 ± 0,03
Rb	88 - 189	98 - 232	143 ± 33	159 ± 41	140	138 ± 1	223 ± 43	132 ± 45	251 ± 10
Sb	0,21 - 1,3	0,46 - 1,49	0,95 ± 0,39	0,8 ± 0,3	1,5	0,082	0,14 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,30 ± 0,03
Sc	12 - 16	7,6 - 16,3	15 ± 1	15 ± 3	13	4,3 ± 0,2	9,5 ± 0,2	10,4 ± 0,4	10,7 ± 0,4
Se	0,34 - 1,6	0,4 - 2,0	0,9 ± 0,6	0,8 ± 0,6	0,6	1,07 ± 0,04	1,3 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Ta	1,3 - 2,9	1,0 - 2,0	1,7 ± 0,4	1,5 ± 0,3	1,8	1,20 ± 0,04	1,6 ± 0,1	2,5 ± 0,2	0,48 ± 0,03
Th	25 - 32	19,6 - 31,1	31 ± 8	29 ± 3	12	51 ± 1	40 ± 2	37 ± 6	27 ± 1
U	4,0 - 7,0	2,1 - 7,9	6 ± 1	4 ± 2	3,7	4,1 ± 0,5	4,4 ± 0,6	4 ± 1	7 ± 1
Zn	95 - 174	68 - 170	134 ± 29	128 ± 28	95	55 ± 5	115 ± 25	58 ± 20	59 ± 4
La	138 - 227	105 - 179	192 ± 34	151 ± 25	92	177 ± 9	262 ± 50	249 ± 71	55 ± 3
Ce	133 - 257	102 - 265	184 ± 36	190 ± 50	80	288 ± 21	217 ± 6	374 ± 66	86 ± 1
Nd	96 - 188	56 - 160	125 ± 29	100 ± 31	24	109 ± 9	179 ± 20	162 ± 27	43 ± 3
Sm	16 - 31	17,0 - 25,1	24 ± 4	19 ± 3	6,4	20 ± 0,4	29 ± 7	29 ± 6	11,9 ± 0,3
Eu	2,7 - 5,0	2,8 - 5,0	4 ± 1	4 ± 1	1,0	2,4 ± 0,1	4,8 ± 0,4	4,4 ± 0,4	1,10 ± 0,02
Tb	1,4 - 2,1	1,60 - 2,7	1,7 ± 0,2	1,9 ± 0,3	1,0	1,4 ± 0,2	2,2 ± 0,1	3 ± 1	1,0 ± 0,1
Yb	2,9 - 5,5	2,4 - 4,7	4 ± 1	3,5 ± 0,8	2,6	2,3 ± 0,2	4,4 ± 0,8	5 ± 1	4,6 ± 0,1
Lu	0,50 - 0,70	0,44 - 0,93	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,7	0,4 ± 0,04	0,65 ± 0,05	0,7 ± 0,1	1,0 ± 0,1

(---) Valores não determinados

Com relação ao As, os teores de concentração observados estão em concordância com os teores do xisto. Contudo, o fato de se encontrar valores significativos de As no sedimento, parece mostrar uma forte tendência de a origem desse elemento estar atribuída a processos antrópicos, visto que, embora o mesmo tenha sido encontrado na rocha sã, a análise do solo demonstrou que ele não é remobilizado ao longo do perfil estudado.

A Figura 2 apresenta a distribuição da concentração do As por estação de amostragem, para as frações superficiais das amostras de sedimentos. Considerando-se que o único (ou pelo menos mais importante) agente de aporte de sedimento para o lago é a água proveniente da chuva, notou-se que, no período de maior pluviosidade, a concentração de As foi menor que no período mais seco, sugerindo que o mesmo é remobilizado para o lago no período chuvoso, ficando em suspensão, e no período mais seco, deposita-se no sedimento de fundo. Tal fato permite associar a origem do As com o lodo disposto no entorno da lagoa.

Não se pode deixar de considerar que, por tratar-se de um ambiente lacustre, não existe uma dinâmica de fluxo, portanto seria de se esperar que os resultados obtidos no período seco fossem praticamente os mesmos que para o período chuvoso. Entretanto, de acordo com GUIMARÃES[5], que analisou amostras de sedimentos de fundo, coletadas da mesma lagoa da ETE de Barueri, este fato pode estar relacionado com os valores de pH e Eh (básico e redutor), determinados no sedimento de fundo. Assim, ambientes lacustres, mesmo não sendo a área investigada de origem natural, representam meios extremamente sensíveis as modificações climáticas, no que diz respeito aos seus parâmetros físico-químicos.

Portanto, a ligeira alteração dos valores de pH e Eh, de uma estação climática chuvosa (pH variou de 7,42 a 8,12; Eh variou de -201 a -347 mV) para uma estação de baixo índice de pluviosidade (pH variou de 6,97 a 7,48; Eh variou de -228 a -307 mV) pode ter contribuído para a redistribuição dos elementos, como é o caso do As e de alguns metais, nos sedimentos. A afirmação de GUIMARÃES[5] encontrou apoio no trabalho de HAKANSON e JANSSON[7] que apresentaram os valores ideais de pH e Eh, para a retenção e concentração de metais em sedimentos.

Com relação ao elemento Co, as discrepâncias obtidas nas estações 04 e 08, podem ser consideradas como resultados anômalos, já que os mesmos concordam com os observados nos indicadores de contaminação adotados neste estudo. Conforme mostra a Figura 3.

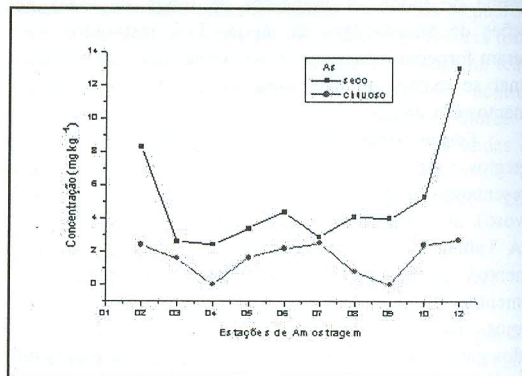


Figura 2: - Distribuição das concentrações de As na fração superficial do sedimento.

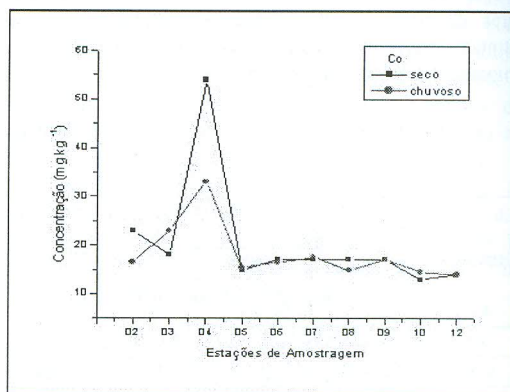


Figura 3: - Distribuição das concentrações de Co na fração superficial do sedimento

Os resultados obtidos para o Zn, na fração superficial de sedimento, em praticamente todas as estações de amostragem, apresentam valores superiores ao xisto, sugerindo também uma contaminação pelo lodo residual (o mesmo teor foi encontrado por GUIMARÃES[5]). Entretanto, observa-se que o Zn tende a se concentrar ao longo do perfil solo, já que sua concentração na rocha é da ordem 60 mg g^{-1} , enquanto que no solo argiloso a concentração média encontrada é de 115 mg g^{-1} . Além disso, de acordo com o estudo feito por ASSUNÇÃO e SÍGOLO[3], a respeito da evolução geoquímica dos lodos gerados na ETE de Barueri, verificou-se que o Zn e o Cr mostraram concentrações de até 910 mg kg^{-1} (base seca), para o Cr e 2750 mg kg^{-1} (base seca) para o Zn, no resíduo disposto no entorno da lagoa. Neste mesmo estudo, os autores verificaram que, tanto o Cr como o Zn foram remobilizados, de forma mais intensa, para a base do pacote de resíduos. Ainda segundo esses autores, este comportamento pode sugerir uma remoção dos metais do resíduo para o meio externo, de forma mais acentuada no topo do pacote. Por outro lado,

Cr e Zn foram os metais que apresentaram as menores parcelas solúveis em uma extração com água deionizada a quente (< 1% do seu total), que seriam as formas mais disponíveis para o meio ambiente. Portanto, o padrão de distribuição apresentado pelo Zn permite associar sua origem tanto a uma fonte natural, quanto a um processo antrópico. Como mostra a Figura 4.

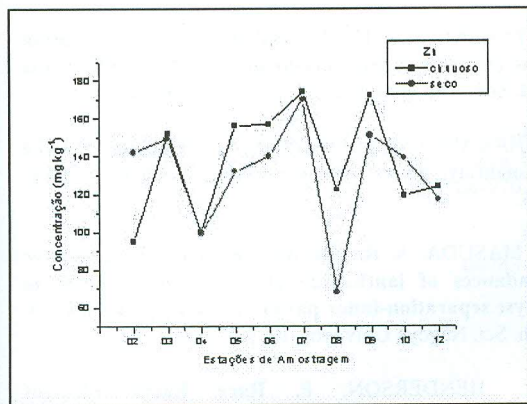


Figura 4: - Distribuição das concentrações de Zn na fração superficial do sedimento

O elemento Cr, mostrado na Figura 5, da mesma forma que o As, apresenta teores concordando com os valores do xisto, porém a sua concentração no sedimento de topo mostrou-se consideravelmente acima do teor observado na rocha e no perfil do solo, sugerindo que sua origem está associada ao depósito do lodo residual. Além disso, conforme já mencionado, de acordo com ASSUNÇÃO e SÍGOLO[3], o Cr contido no resíduo apresentou o mesmo comportamento descrito para o Zn, o que pode indicar, ser sua origem antrópica.

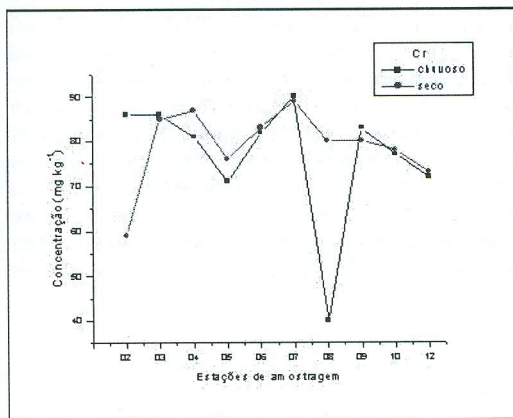


Figura 5: - Distribuição das concentrações de Cr na fração superficial do sedimento

Com relação aos elementos terras raras (ETR), os valores de concentração obtidos, tanto para as amostras de

sedimento, quanto para o perfil do solo e para a rocha sã, foram normalizados em relação às concentrações nos condritos[8].

O padrão de distribuição obtido para estes elementos (no sedimento de topo) que apresentou maior concentração dos ETR leves em relação aos ETR pesados, mostra uma assinatura de rochas graníticas[9], semelhante ao encontrado por FERREIRA[10] em rochas do Complexo de Itaqui, conforme mostra a Figura 6 O mesmo padrão de distribuição dos ETR foi observado para o perfil de solo coletado, como mostra a Figura 7. Esses resultados confirmam a hipótese de que a origem desses elementos está associada à litologia da região e não a um enriquecimento devido à contribuição antrópica. Os teores de U, Th também podem estar relacionados à fonte granítica do Complexo de Itaqui.

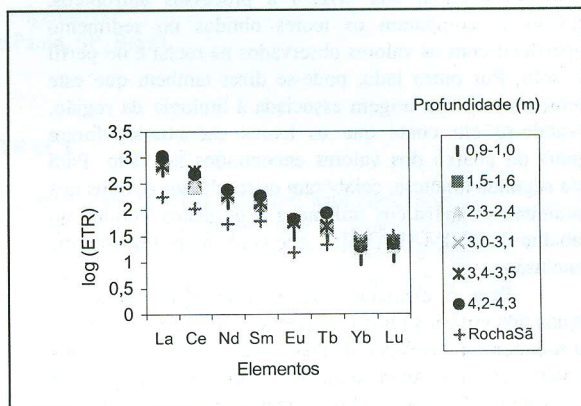


Figura 6: - Valores dos ETR normalizados para os valores de condritos, referentes à fração topo dos sedimentos amostrados (sedimento argiloso).

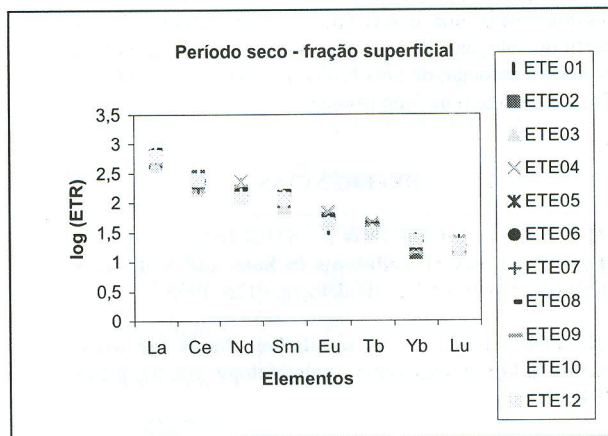


Figura 7: - Valores dos ETR normalizados para os valores de condritos, para o perfil de solo coletado à margem oeste da lagoa da ETE de Barueri.

IV. CONCLUSÕES

Considerando-se que as amostras analisadas eram provenientes de uma estação de tratamento de esgoto, cujos resíduos (que carregam consigo um grande potencial poluidor) foram acumulados durante dez anos no entorno do lago, esperava-se que a concentração da maioria dos elementos estudados superasse significativamente os teores encontrados no xisto (*shale*), ou mesmo as concentrações encontradas para o perfil do solo e para a rocha sã.

Levando-se em conta a proposta deste trabalho, que era a determinação das possíveis fontes emissoras dos elementos de interesse, pode-se observar que, dos elementos estudados, apenas o As, Cr e o Zn merecem uma atenção especial.

Os valores de concentração obtidos para o Cr, permitem associar sua origem a processos antrópicos, quando se comparam os teores obtidos no sedimento superficial com os valores observados na rocha e no perfil do solo. Por outro lado, pode-se dizer também que este elemento tem sua origem associada à litologia da região, levando-se em conta que os teores encontrados foram iguais ou abaixo dos valores encontrados no xisto. Para esta segunda hipótese, colaboram os resultados obtidos nos tratamentos estatísticos utilizados e os dados obtidos no trabalho de GUIMARÃES[5], que também levam à mesma conclusão.

Para o elemento Zn, os resultados obtidos, e alguns dos critérios utilizados para o estudo de sua origem no sedimento (correlação de Pearson e valores encontrados no perfil do solo), aparentemente demonstram ser natural a sua origem. Contudo, pode-se sugerir uma fonte antrópica de Zn, considerando-se que, foram encontradas elevadas concentrações deste elemento no resíduo disposto no terreno da ETE de Barueri[3]. A mesma constatação foi encontrada por GUIMARÃES[5] em seu trabalho.

Com relação ao As, as concentrações obtidas foram da ordem ou inferiores aos teores no xisto, da mesma forma que o Cr. Porém, teores encontrados no perfil do solo, na rocha sã, além dos valores de pH e Eh[5], permitem associar, de uma forma mais intensa que o Cr e o Zn, a sua origem no lodo residual.

REFERÊNCIAS

- [1] SALOMONS, W.; STIGLIANI, W. M. **Biogeochemistry of Pollutants in Soils and Sediments**. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 412p, 1995.
- [2] FORSTNER, U. **Accumulative phases for heavy metals in limnic sediments**. *Hydrobiology*. vol. 91, p 269-284, 1984.
- [3] ASSUNÇÃO, J.C.B.; SÍGOLO, J.B. **Influência do ambiente tropical em lodos gerados na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri-SP: comportamento dos metais pesados**. *Revista Brasileira de Geociências* vol. 27, p 335-364, 1997.

[4] MUDROCH, A.; AZCUE, J.M. **Manual of aquatic sediment sampling**. Lewis Publishers, 219p, 1995.

[5] GUIMARÃES, V. **Distribuição de metais pesados provenientes dos resíduos de lodo de esgoto em ambiente lacustre**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

[6] TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. **Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust**. *Geol. Soc. Am. Bull.* vol. 72, p 175-191, 1961.

[7] HAKANSON, L.; JANSSON, M. **Principles of Lake Sedimentology**. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 316p, 1983.

[8] MASUDA, A. **Regularities in variation of relative abundances of lanthanide elements and attempt to analyse separation-index patterns of some minerals**. *J. Earth. Sci. Nagoya Univ.* vol. 10, p 173-187, 1962.

[9] HENDERSON, P. **Rare Earth Element Geochemistry**. Elsevier, The Netherlands, 510p, 1984.

[10] FERREIRA, C.J. **Geoquímica e análise da deformação do Complexo Itaqui, SP: evolução de granitos cálcio-alcálicos poli-intrusivos**. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro.

ABSTRACT

Neutron activation analysis have been employed to determine 24 elements in bottom sediments from one lake of the Wastewater Treatment Plant (WTP) of Barueri, SP, aiming to verify a possible contamination of this lake due to the wastes produced in the plant. The results obtained were compared with the concentration determined in soil profile and in a sample of rock, *in natura*, representing the lithologies of the region. Analysis was used in dry and wet seasons. The analysis of the data did not show a significant variation in concentration levels during the different periods, except for As. The results obtained showed a homogeneous distribution of the elements all along the lake and indicate that only As, Cr and Zn can have their origin associated with the residues disposed around the lake.