

# DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS E OUTROS ELEMENTOS DE INTERESSE EM AMOSTRAS DE SOLO PROVENIENTES DA SERRA DO NAVIO, AMAPÁ, POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS

Cristina Gonçalves\*, Déborah I.T. Fávaro\*, Marina B.A. Vasconcellos\*, Sonia M.B. de Oliveira\*\*

\*Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Travessa R, 400 - Cidade Universitária CP11049  
05422-970 São Paulo - SP Brasil

\*\*Instituto de Geociências - USP  
Rua do Lago, 562 - Cidade Universitária  
01498-970 São Paulo - SP Brasil

## RESUMO

A concentração de metais pesados (Co, Cr, Mn, V, Zn) e de outros elementos como As, Ba, Br, Ce, Cs, Fe, Hf, K, Mg, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Tb, Th, Ti, U, W, Zr e terras raras, em amostras de solo foram determinadas pelo método de análise por ativação neutrônica instrumental (AANI). O método foi aplicado a amostras de solo da região da Serra do Navio, no Estado do Amapá, próxima a atividades de garimpo de ouro. Para background, foram coletadas amostras da bacia do igarapé Pedra Preta, onde a floresta encontra-se preservada de qualquer ação antropogênica. A análise dos materiais de referência Buffalo River Sediment (NIST SRM 2704) e Soil 7 (AIEA) mostraram a exatidão e a precisão do método.

## INTRODUÇÃO

O ambiente tropical florestal vem sendo degradado por diversos processos físico-químicos, tais como a poluição provocada por metais pesados [1]. A entrada desses poluentes no meio líquido representa um risco potencial à biota e à população humana da região, já que os metais podem se acumular em sítios bióticos e abióticos preferenciais[2].

Diversos estudos têm sido realizados sobre a poluição causada por metais pesados, incluindo o Hg, o único metal conhecido por sérios envenenamentos que resultaram em mortes [3, 4]. Pfeiffer, Lacerda e colaboradores [5-8] têm pesquisado a distribuição de Hg em sedimentos e peixes de diversas regiões brasileiras, tais como o Rio Madeira (Rondônia), o Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro) e áreas da Amazônia, onde a atividade garimpeira encontra-se em pleno desenvolvimento. Os níveis de concentração de Hg atingiram valores acima do limite considerado como normal.

Além do Hg, outros metais pesados têm sido analisados. Faria e colaboradores [9], Lacerda [10] e Mestrinho e colaboradores[11] têm estudado os níveis de poluição de diversos metais pesados, entre eles Zn, Cr, Co e Mn em amostras de sedimentos provenientes da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro), Pantanal Matogrossense (Mato Grosso) e do Rio Paraguaçu (Bahia),

respectivamente, e observaram que a concentração de metais pesados tem se modificado ao longo do tempo, indicando um aumento do nível de poluição nestas regiões.

O presente trabalho, que faz parte do projeto "Estudo do Hg no Ecossistema da Floresta Amazônica" (FINEP/PADCT), apresenta o estudo de uma região de garimpos numa área próxima à Serra do Navio, no Estado do Amapá, onde, no seio de um ambiente de floresta equatorial, ocorrem numerosos meios aluviais/cluviais da exploração de ouro e onde a utilização de Hg é intensa, devido à técnica extrativa empregada (amalgamação). Para servir de background para a realização de balanços quantitativos, foi selecionada uma área localizada no Vale do Rio Amapari, a montante da Serra do Navio, onde a floresta encontra-se totalmente preservada de qualquer tipo de contribuição antropogênica.

Foram analisadas, no presente trabalho, amostras de solo separadas em frações de diferentes granulometrias, em relação ao teor de metais pesados e outros elementos de interesse por análise por ativação neutrônica instrumental (AANI). A concentração dos seguintes elementos foi determinada: As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Ho, K, La, Lu, Mn, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, W, Yb, Zn e Zr.

## PARTE EXPERIMENTAL

**Preparação dos Padrões Sintéticos.** Os padrões sintéticos dos elementos a serem analisados foram preparados pipetando-se 50 µl das soluções-padrão dos elementos, em alguns casos soluções multielementares, sobre uma tira de papel de filtro Whatman nº41, a qual foi deixada à temperatura ambiente para sua secagem. Em seguida, essas tiras de papel foram acondicionadas em envelopes de polietileno, previamente limpos com ácido nítrico diluído e água destilada, e estes foram selados usando ferro de solda.

Estas soluções-padrão foram preparadas dissolvendo-se os elementos na forma de sais ou óxidos, espectroscopicamente puros, em ácidos inorgânicos em concentrações adequadas.

Como padrões certificados foram utilizados Buffalo River Sediment (NIST 2704) e Soil 7 (AIEA), que não sofreram nenhum tratamento prévio.

**Descrição das Amostras.** As amostras de solo foram coletadas a fim de avaliar o impacto ambiental causado pelo garimpo. Nos rios Amapari e Vila Nova encontram-se as atividades garimpeiras. Como área de referência foi considerada a bacia do igarapé Pedra Preta, por encontrar-se totalmente afastada das regiões de garimpos.

Foram coletadas dez amostras de solo no Amapá, as quais são descritas a seguir:

TABELA 1. Amostras de Solo Analisadas

Solo	Tipo de amostra	Profundidade (cm)
SN1	solo	0-10
SN1	bloco	40-50
SN1	solo	160-170
VN2	aluviões	0-7
VN2	aluviões	60-70
VN2	couraça do lençol	
VN3		0-10
VN3		200
VN4		0-10
VN4		100

SN1 - Poço sobre topo da topossequência no vale do Igarapé Pedra Preta

VN2 - Poço sobre aluviões do rio Vila Nova, garimpo do Chicão

VN3 - Poço sobre rocha cristalina no garimpo do Vicente

VN4 - Tradagem sobre rocha cristalina no garimpo do Vicente

As amostras coletadas foram congeladas e transportadas até o Departamento de Geologia Geral (IGUSP), onde foram tratadas.

As dez amostras de solo foram separadas, por peneiramento, em duas frações de acordo com a granulometria: AREIA (entre 2 e 0.062 mm) e SILTE + ARGILA (menor que 62 µm).

**Irradiações Longas.** Na análise por ativação com nêutrons instrumental, amostras, materiais de referência e padrões foram irradiados no reator IEA-R1 do IPEN por 16 horas, em um fluxo de nêutrons térmicos de  $10^{12}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Foram realizadas duas séries de contagens, uma cerca de cinco dias após a irradiação com tempo de contagem de aproximadamente duas horas, quando foram determinados os seguintes elementos: As, Br, Ho, K, La, Lu, Nd, Sb, Sm, U e W.

A segunda série de contagens foi feita após um período de quinze a vinte dias e um tempo de contagem de aproximadamente 12 horas. Os seguintes elementos foram determinados: Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Tb, Th, W, Yb, Zn e Zr.

**Irradiações Curtas.** Amostras e padrões foram irradiados por um minuto, sob um fluxo de nêutrons térmicos de  $10^{11}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Após um tempo de resfriamento de cinco minutos, foram feitas contagens de cinco minutos. Por meio da atividade de seus respectivos radioisótopos de meia-vida curta, os seguintes elementos foram determinados: Mg, Mn, Na, Ti e V.

**Contagens.** As medidas da atividade gama induzida foram feitas em um sistema de espectrometria gama de alta resolução com detector de Ge hiperpuro GEM 20190 ligado a uma placa ORTEC 8K e eletrônica associada, com resolução de 1,81 keV para o pico de 121,97 keV do <sup>57</sup>Co e de 2,28 keV para o pico de 1332,49 keV para o <sup>60</sup>Co.

Utilizou-se o programa de computação VISPECT, em linguagem TURBO BASIC para processamento dos espectros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 2, 3, 4 e 5 encontram-se os resultados obtidos para as amostras de solo, frações silte e areia. Pela análise dos resultados, pode-se ver a potencialidade do método de ativação neutrônica para solos. É possível determinar cerca de 30 elementos numa análise puramente instrumental.

As amostras foram separadas nas frações silte e areia para o estudo do comportamento do Hg, uma vez que se tem conhecimento de que o Hg se encontra preferencialmente na fração silte.

Analisando-se a amostra de solo VN2 (0-7 cm), observa-se que os teores de Fe estão em torno de 2,5 % nas 8 frações silte e areia (tabela 2). Os teores em traços são ligeiramente maiores na fração silte, com exceção do As, Ba, Cr e Mn, que se apresentam mais concentrados na fração areia. Na amostra VN2 (60-70 cm), a concentração dos elementos é maior na fração silte, com exceção do Ce, cujo teor é de 37 ppm na fração silte e 43 ppm na areia.

A concentração dos traços de Fe nas duas frações da amostra VN3 (0-10 cm) são equivalentes. A amostra de maior profundidade (190-200 cm) contém Fe em torno de 10 % em ambas as frações, sendo que os teores de traços são ligeiramente enriquecidos na fração silte (tabela 3).

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos na análise da amostra de solo VN4 nas diferentes profundidades. Pela

análise da amostra de solo VN4 (0-10 cm), observa-se que a concentração de Fe e dos elementos traços são equivalentes nas duas frações, excetuando As e Cr que são mais enriquecidos na fração areia. O teor de Fe na amostra de solo VN4 (1m) é ligeiramente maior na fração silte. Os teores de traços também são mais enriquecidos na fração silte, com exceção do Cr, que apresenta 82 ppm na fração silte e 143 ppm na areia (tabela 4).

TABELA 2. Resultados Obtidos, em µg/g, na Análise da Amostra de Solo VN2 (frações silte e areia nas diferentes profundidades) por Ativação com Nêutrons Instrumental

Elemento	VN2 0-7cm silte	VN2 0-7cm areia	VN2 60-70cm silte	VN2 60-70cm areia	VN2 couraça do lençol
As	93±4	121,5±0,7	21,1±0,2	17,4±0,6	77,7±1,2
Ba	87,5±0,7	55±1	113±1	79±6	155,2±7,9
Br	9,8±0,3	8,8±0,4	10,95±0,07	8,73±0,04	6,05±0,21
Ce	39 ±	24,2 ± 1,1	37 ± 2	43±3	45,0±0,4
Co	8,3±0,6	8,39±0,02	6,75±0,07	5,1±0,1	4,84±0,11
Cr	328±3	295,5±0,7	456±3	403±2	551,3±8,1
Cs	1,34±0,01	1,17±0,07	1,9±0,1	1,43±0,01	1,61±0,09
Eu	0,63±0,03	0,42±0,01	0,80±0,01	0,56±0,01	0,63±0,04
Fe <sup>a</sup>	2,47±0,08	2,35±0,07	2,39±0,01	1,85±0,04	8,73±0,06
Hf	68,5±0,7	38,4±0,2	88,8±0,4	60±1	30,3±0,9
K	630±36	5182±328	952±36	882±3	2133±112
La	16,4±0,6	14,2±0,1	21,2±0,4	18,45 ± 0,07	27,6±0,4
Lu	1,365 ± 0,007	0,78±0,01	1,89±0,04	0,88±0,01	0,63±0,07
Mg <sup>a</sup>	1,69±0,11	1,22±0,21	2,24±0,21	1,76±0,06	2,70±0,23
Mn	469,9±4,1	579±1	407,6±5,2	312,9±0,6	225,1±4,3
Na	192±6	189±3	216, ±9 8	190,4±6,8	264,8±2,1
Nd	-	11±1	15,2±0,2	11,7±0,9	16,4±1,9
Rb	4,5±0,2	4,6±0,4	-	4,1±0,1	5,23±0,02
Sb	1,40±0,03	1,12±0,02	2,34±0,09	0,93±0,04	1,27±0,31
Sc	8,54±0,09	7,03±0,01	10,8±0,1	8,4±0,1	18,9±0,6
Se	1,6±0,2	1,6±0,2	2,2±0,3	1,5±0,1	2,21±0,13
Sm	3,1±0,4	2,65±0,07	3,8±0,2	2,7±0,1	1,98±0,31
Ta	3,35±0,07	3,55±0,01	5,2±0,6	4,1±0,4	3,08±0,12
Tb	1,105 ± 0,007	0,655 ± 0,007	1,65±0,07	1,13±0,04	0,93±0,10
Th	15,45 ± 0,07	12±1	24,9±0,1	19,3±0,1	29,9±1,1
Ti <sup>a</sup>	1,40±0,06	0,95±0,06	1,64±0,04	1,31±0,14	1,045 ± 0,007
U	7,60±0,01	6,2±0,2	10,0±0,4	6,9±0,4	6,99±0,37
V	78,4±3,6	65,9±1,6	184±19	78,9±7,4	294, ±7,1
W	7,8±0,4	4,8 ±0,07	6,15±0,07	5,3±0,1	3,83±0,48
Yb	9,95±0,07	5,35±0,07	13,4±0,1	9,1±0,2	7,91±0,25
Zn	114±5	102,5±0,7	100±2	79±3	-
Zr	1194±10	626±60	-	-	543±44

a - Concentração em % (g/100g)

A amostra de solo SN1 (0-10 cm) apresenta um teor de Fe ligeiramente maior na fração areia (5,3%) do que na silte (4,7%). Os teores de traços também são maiores na fração areia (tabela 5). A concentração dos traços e Fe na amostra de profundidade 160-170 cm são equivalentes em ambas as frações.

Pode-se concluir, pelos resultados, que os elementos traços, em geral, se apresentam ligeiramente mais concentrados na fração silte em amostras de solo.

TABELA 3. Resultados Obtidos, em µg/g, na Análise da Amostra de Solo VN3 (frações silte e areia nas diferentes profundidades) por Ativação com Nêutrons Instrumental

Elemento	VN3 0-10cm silte	VN3 0-10cm areia	VN3 200cm silte	VN3 200cm areia
As	11,0±0,5	12,05±0,07	17±1	12,7±0,1
Ba	19±3	21±7	36±5	-
Br	19,2±0,2	14,9±0,2	5,8±0,8	3,9±0,1
Ce	14,0±0,1	12±1	26,5±0,7	18,5±0,7
Co	11,6±0,1	7,85±0,06	8,25±0,07	11,35±0,07
Cr	99,5±0,7	95±2	103±2	99±2
Cs	0,42±0,01	0,315±0,007	1,4±0,1	2,1±0,4
Eu	0,305±0,007	0,24±0,01	0,465±0,007	0,575±0,007
Fe <sup>a</sup>	7,24±0,02	6,1±0,1	11,6±0,2	10,0±0,1
Hf	11,85±0,07	7,25±0,07	8,2±0,2	5,9±0,1
K	113±23	145±14	1294±117	2364±83
La	7,95±0,07	5,95±0,07	12,6±0,3	8,45±0,07
Lu	0,465±0,007	0,35±0,01	0,39±0,02	0,495±0,007
Mg <sup>a</sup>	2,94±0,09	2,18±0,19	5,06±0,28	3,48±0,19
Mn	633,2±2,6	523±15	320,0±4,9	559,6±6,1
Na	348,7±3,6	272,1±8,6	151,7±19,6	224,9±11,7
Nd	4,15±0,07	4,2±0,1	8,5±0,7	-
Rb	4,5 0,7	2,0±0,1	19±1	41±4
Sb	0,32±0,01	0,25±0,01	0,41±0,02	0,31±0,04
Sc	21,4±0,2	18,1±0,1	49±1	43,5±0,5
Se	48±2	44±2	42,0±0,5	-
Sm	1,53±0,04	1,10±0,05	1,95±0,07	2,1±0,1
Ta	2,62±0,07	3,0±0,1	3,3±0,1	6±1
Tb	0,46±0,01	0,30±0,01	0,35±0,01	-
Th	4,0±0,2	3,45±0,07	7,2±0,2	5,8±0,3
Ti <sup>a</sup>	2,52±0,01	1,49±0,01	1,38±0,12	1,63±0,12
U	2,1±0,3	2,45±0,07	5,4±0,5	3,40±0,01
V	265,3±1,5	236,2±10,4	520,5±7,3	376,1±5,8
W	11,1±0,5	7,5±0,7	21,9±0,1	11,4±0,4
Yb	2,10±0,01	1,70±0,01	1,90±0,01	2,45±0,07
Zn	188,5±0,7	116±1	53,8±0,6	224±17
Zr	211±13	182±18	90,5±0,7	-

a - concentração em % (g/100g)

TABELA 4. Resultados Obtidos, em  $\mu\text{g/g}$ , na Análise da Amostra de Solo VN4 (frações silte e areia nas diferentes profundidades) por Ativação com Nêutrons Instrumental

Elemento	VN4 0-10cm silte	VN4 0-10cm areia	VN4 100cm silte	VN4 100cm areia
As	11,65±0,07	23,5±0,7	27,5±0,7	22,8±0,1
Ba	-	36±1	67,5±0,7	37,6±0,1
Br	17,2±0,4	16,5±0,1	13,0±0,3	5,7±0,1
Ce	16,5±0,7	18,5±0,3	20,5±0,2	10,9±0,1
Co	8,04±0,01	7,48±0,09	7,23±0,04	5,00±0,01
Cr	77,5±0,7	148±4	82±2	142,7±4,3
Cs	1,0±0,1	1,1±0,1	1,35±0,07	0,59±0,02
Eu	0,31±0,03	0,34±0,01	0,345±0,007	0,23±0,01
Fe <sup>a</sup>	5,37±0,01	5,92±0,04	7,55±0,07	6,55±0,07
Hf	14,2±0,2	13,3±0,1	15,6±0,4	8,6±0,1
Hg	1,4±0,2	-	8,1±0,1	-
K	-	655±26	1341±149	729±21
La	11,1±0,2	10,1±0,5	14,1±0,6	7,2±0,1
Lu	0,49±0,01	0,39±0,04	0,42±0,04	0,265±0,007
Mg <sup>a</sup>	2,76±0,11	2,16±0,14	3,57±0,24	2,00±0,09
Mn	642,7±13,8	506,8±3,1	483,3±4,2	315,0±1,2
Na	464,5±25,3	407,2±20,9	302,0±43,7	290±2
Nd	10,1±0,6	11,8±0,2	13,3±0,4	-
Rb	-	-	11±3	5,0±0,2
Sb	0,37±0,01	0,29±0,03	0,36±0,04	0,33±0,01
Sc	13,35±0,07	15,75±0,07	20,6±0,1	15,1±0,1
Se	1,59±0,01	1,75±0,07	1,17±0,09	0,86±0,04
Sm	1,50±0,02	1,45±0,06	2,0±0,1	1,005±0,007
Ta	3,3±0,2	3,30±0,02	3,7±0,1	2,7±0,1
Tb	0,49±0,02	0,40±0,02	0,40±0,01	0,27±0,01
Th	6,9±0,1	6,72±0,02	14,5±0,7	6,55±0,07
Ti <sup>a</sup>	1,67±0,06	1,40±0,03	1,77±0,02	0,98±0,08
U	3,1±0,1	3,0±0,2	4,2±0,2	2,65±0,07
V	169,4±3,7	180,1±2,3	272,6±3,0	166±4
W	7,8±0,3	-	-	6,3±0,1
Yb	3,16±0,06	2,4±0,1	2,8±0,3	1,71±0,01
Zn	114±3	146±5	140±4	99±1
Zr	200±6	265±14	309±27	165±5

a- Concentração em % (g/100g)

TABELA 5. Resultados Obtidos, em  $\mu\text{g/g}$ , na Análise da Amostra de Solo SN1 (frações silte e areia nas diferentes profundidades) por Ativação com Nêutrons Instrumental

Elemento	SN1 0-10cm silte	SN1 0-10cm areia	SN1 40-50 cm bloco	SN1 160-170cm silte	SN1 160-170cm areia
As	19,8±0,6	28,5±1,1	142,1±0,8	57,7±4,0	54,3±0,3
Ba	70,5±14,8	108,1±7,8	147,2±5,2	125,3±6,0	98,2±4,7
Br	25,6±1,1	21,8±2,6	1,23±0,11	4,96±0,41	4,7±0,2
Ce	33,4±2,5	24,1±0,6	12,2±0,1	29,2±1,7	24,5±0,4
Co	5,545 ± 0,007	4,30±0,01	20,67±0,06	3,18±0,19	3,41±0,01
Cr	222±10	288±2	412,1±0,7	322,2±3,6	360,8±0,6
Cs	1,10±0,13	0,85±0,07	0,49±0,01	1,13±0,03	0,85±0,02
Eu	0,58±0,02	0,46±0,01	0,40±0,01	0,37±0,02	0,36±0,01
Fe <sup>a</sup>	4,70±0,13	5,3335 ± 0,007	4,43±0,04	6,35±0,09	6,555 ± 0,007
Hf	23,3±0,8	14,7±0,1	3,545 ± 0,007	8,45±0,22	7,35±0,01
Ho	2,5±0,2	1,1±0,3	0,98±0,09	1,62±0,27	0,9±0,1
K	-	1343±161	3024±483	3835±1143	2552±186
La	19,5±0,1	15,6±0,3	5,05±0,11	17,49±0,20	15,25±0,07
Lu	0,63±0,01	0,57±0,04	0,40±0,01	0,23±0,03	0,215 ± 0,007
Mg <sup>a</sup>	4,275 ± 0,007	2,66±0,36	0,99±0,04	4,94±0,19	4,60±0,23
Mn	302,7±2,3	231,4±7,1	145,3±0,3	86,8±2,6	94,7±1,2
Na	362,2±5,4	322,3±1,2	170,5±4,0	219,5±17,2	252,0±15,6
Nd	15,9±0,8	13,0±1,7	15,5±1,9	10,48±2,9	12,7±0,7
Rb	10,9±0,3	11,60±0,07	16,3±0,5	26,4±2,8	21,9±1,6
Sb	0,28±0,07	0,34±0,01	1,05±0,01	0,39±0,09	0,40±0,03
Sc	19,8±0,08	16,7±0,3	36,2±0,3	36,63±0,64	30,4±0,2
Se	2,2±0,1	1,32±0,04	0,39±0,04	0,66±0,04	0,14±0,03
Sm	2,59±0,07	-	1,29±0,16	-	1,61±0,05
Ta	6,06±0,50	4,9±0,2	0,95±0,07	3,44±0,14	2,66±0,06
Tb	0,66±0,06	0,60±0,01	0,37±0,08	0,26±0,03	0,225 ± 0,007
Th	17,1±0,9	13,8±0,4	15,3±0,3	18,74±0,37	-
Ti <sup>a</sup>	2,685 ± 0,007	1,47±0,08	0,437 ± 0,003	1,38±0,13	1,57±0,07
U	7,0±0,3	5,3±0,1	4,08±0,04	4,03±0,52	3,66±0,13
V	264,7±5,0	245,1±1,1	365,7±6,0	438,8±17,5	370,0±11,7
W	-	-	-	-	2,17±0,16
Yb	4,52±0,04	3,7±0,3	2,67±0,11	1,46±0,13	1,35±0,14
Zn	147,1±1,8	91±1	580,0±7,8	161,1±13,6	73,1±4,0
Zr	422±12	476±2	261,4±32,2	178,6±19,4	212,5±15,6

a- Concentração em % (g/100g)

## AGRADECIMENTOS

CNPq, FINEP/PADCT.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRYAN, G.W. *Proc. R. Soc. Lond.*, B77, p 389-410, 1971
- [2] FILHO, C.M.L.; FILHO, E.V.S.; WASSREMAN, J.C. & PATCHINEELAM, S.R. *Distribuição de Metais Pesados nos Sedimentos de Fundo da Baía de Sepetiba - RJ*, V Cong. Bras. de Geol. e III Cong. dos Países de Língua Portug., RJ, 1995.
- [3] FORSTNER, U. and WITTMAN, G.T.W. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, Springer Verlag, Berlin, p 486, 1983.
- [4] FUJIKI, M. In: 6th Int. Conf. Water Pollut. Res. paper n° 12, 1972.
- [5] PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; SILVEIRA, E.G. & BASTOS, W.R.. *Environmental Mercury Concentrations in Inland Waters of Gold Mining Areas in Rondonia, Brazil*, *Sci. Tot. Environm.* vol 87/88, p 233-240, 1989.
- [6] LACERDA, L.D. and PFEIFFER, W.C. *Mercury from Gold Mining in the Amazon Environment - An Overview*, *Química Nova*, vol. 15, p 155-160, 1992.
- [7] PFEIFFER, W.C.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; LACERDA, L.D.; SILVEIRA, E.G. & BASTOS, W.R.. *Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondonia*, *Forest Ecology and Management*, vol. 38, p 239-245, 1991.
- [8] LACERDA, L.D.; CARVALHO, C.E.V.; REZENDE, C.E. & PFEIFFER, W.C.. *Mercury in Sediments from the Paraíba do Sul River Continental Shelf, S.E. Brazil*, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 26, p 220-222, 1993.
- [9] FARIA, M.M.; SANCHEZ, B.A. DE S.; SMITH, B.J. and McALISTER, J.J. *Níveis de Poluição por Metais Pesados em Sedimentos Superficiais da Porção Norteste da Baía de Guanabara*, V Congresso Bras. de Geoquímica e III Congresso dos Países de Língua Portuguesa, RJ, 1995.
- [10] LACERDA, L.D. *Trace Metals Distribution in Sediment Profiles from Remote Lakes in the Pantanal Swamp, Central Brazil*, *Geochim. Brasil.*, vol. 6, p 103-109, 1992.
- [11] MESTRINHO, S.S.P.; LINHARES, P.S. and LUZ, J.A. *Metais nos Sedimentos de fundo do Baixo*

*Paraguaçu e de seu Ambiente Estuarino, Bahia - Brasil*, V Cong. Bras. de Geol. e III Cong. dos Países de Língua Port, RJ, 1995.

## ABSTRACT

In this paper the concentration of heavy metals (Co, Cr, Mn, V, Zn) and other elements, such as As, Ba, Br, Ce, Cs, Fe, Hf, K, Mg, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Tb, Th, Ti, U, W, Zr and rare earths were determined in soil samples by instrumental neutron activation analysis. The method was applied to soil samples from Serra do Navio region, Amapa State, near gold mining activities. Background samples were collected from the igarapé Pedra Preta basin, where the forest is found totally preserved from any anthropogenic contribution. Analysis of the reference materials Buffalo River Sediment (NIST SRM 2704) and Soil 7 (AIEA) showed the accuracy and precision of the method.