

DIAGNÓSTICO GEOQUÍMICO E BIÓTICO PRELIMINAR NA ÁREA DA RESERVA ESTADUAL DE GURJAÚ, PERNAMBUCO.

Geraldo Jorge Barbosa de Moura¹
João Adauto de Souza Neto¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, geraldojbm@yahoo.com.br.

RESUMO: A Reserva Estadual de Gurjaú localiza-se a cerca de 28 km ao sul da cidade do Recife, e sua área abrange os municípios de Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e Moreno. A Reserva apresenta uma área total de 1.077 ha, dos quais 400 ha representam remanescentes de Mata Atlântica. Desde sua implantação, é administrada pela Companhia Pernambucana de Saneamento e Águas (COMPESA), a qual mantém uma estação de tratamento e de distribuição de água na área da Reserva, abastecendo os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes, resultando do represamento do rio Gurjaú. Trimestralmente, a COMPESA elimina efluentes químicos resultantes da limpeza de seus tanques de decantação, diretamente no rio Gurjaú, à jusante da captação de água de sua estação de tratamento. Um monitoramento ambiental, utilizando anuros, que por apresentar um ciclo de vida em ambientes diferentes, tornam-se excelentes bioindicadores; evidenciou que das 25 espécies de anuros listadas para a Reserva Estadual de Gurjaú, seis encontram-se nas proximidades do rio. Neste monitoramento, na região localizada após a eliminação dos efluentes detectou-se uma diminuição de 50% na densidade populacional dos anuros e 100% de abstinência a água, o que evidencia um drástico impacto na biota. Objetivando investigar a eventual presença de contaminantes nos sedimentos de fundo que possam ser oriundos da estação de tratamento em questão, foi realizada coleta (período seco: Janeiro/2005) de 03 amostras de sedimento em estações de amostragem, sendo duas amostras (uma principal e uma duplicata) no trecho do rio que fica no ponto de eliminação dos efluentes, e uma outra amostra 200 m à jusante deste ponto. Estas amostras foram preparadas (peneiradas e secas), e a fração < 63 µm das mesmas foi analisada para um pacote analítico multi-elementar (34 elementos, incluindo metais pesados), por digestão com água-régia e leitura em ICP-AES. Os resultados de tais análises revelaram que Fe (13 %), Hg (2 ppm) e Pb (30 ppm) estão em níveis acima dos valores considerados de referência (composição média do folhelho). Entre as estações não houve variação considerável de concentração dos elementos investigados. Os resultados sugerem um aporte de tais elementos, os quais podem estar relacionados à atividade da estação de tratamento, ou de outras atividades antrópicas mais à montante da área investigada, ou ainda podem se tratar de uma assinatura geogênica particular da área. Estes resultados preliminares representam o início de uma investigação minuciosa dos trechos mais à montante da estação de tratamento, com o objetivo de melhor se precisar a provável fonte dos contaminantes ora detectados.

Palavras chave: Sedimento de fundo, geoquímica multi-elementar, biota, Reserva Estadual de Gurjaú.

ABSTRACT The Gurjaú state reserve is situated about 28 km to the south of the Recife city, and comprises the Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, and Moreno counties. The Gurjaú reserve has a total area of 1.077ha, from which 400ha contain Atlantic Rainforest. Since its creation, this reserve is administrated by the state company of sanitary and water affairs (COMPESA). This company has a dam (in the Gurjaú river) and a water treatment and distribution plant within the reserve area, which is used to supply the Cabo de Santo Agostinho and Jaboatão dos Guararapes counties. Each three month, this company releases chemical effluents from the cleanup of the decantation tanks, directly in the river, downstream from its water collection points. An environmental monitoring program, using anurans (present a life cycle in different environments and for this they are considered excellent bio-indicators), evidenced that six species of these organisms were found in the proximities of the river, from a total of twenty-five species found in the reserve area. During this monitoring, it was detected a decreasing of 50 % in the anure population and 100 % of water abstinence, in the part of the Gurjaú river located downstream from the point of the effluent discharge, evidencing a drastic impact in this biota. Aiming to investigate the eventual presence of contaminants in the stream sediment, that could be linked to the water treatment plant, it was executed a sediment geochemical survey using three samples collected during the dry season (January 2005) in two sampling stations in the Gurjaú river: two samples (one principal and other duplicate) from the part of the river under influence of the effluent discharge, and one sample for the river part located 200m from the discharge point. These sediment samples were prepared (sieved and dried), and the $< 63 \mu\text{m}$ fraction of them was analyzed for a multi-elementar package (34 chemical elements, including the heavy metals), using aqua-regia digestion and ICP-AES running. The results of these geochemical analyses revealed that Fe (13 %), Hg (2 ppm), and Pb (30 ppm) show concentration above the reference values (average shale composition). No significant variation in the amounts of the investigated elements was observed among the sampling stations. The results suggest a Fe, Hg and Pb charge to the stream sediment, which could be related to the water treatment activity in the reserve area, or to other anthropogenic activities upstream of the studied area, or it could be a particular geogenic signature of the area. These preliminary results represent a beginning of a detailed investigation of the upstream part of the Gurjaú river that pretends to well constrain the source of the detected chemical contaminants.

Keywords: Stream sediment, multi-elementar geochemistry, biota, Gurjaú State Reserve

INTRODUÇÃO A Mata Atlântica é considerada um dos *hot spot* de biodiversidade do mundo, apresentando alta incidência de endemismo e elevado número de animais e plantas. No Brasil, início do século XVI, este ecossistema ocupava cerca de 12% do território nacional, estendendo-se pela área costeira e interiorana, daí a origem do nome. Atualmente ocupa aproximadamente 5% de sua área original, sendo classificada como um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA 1992, Myers *et al.* 2000).

No Nordeste do Brasil a situação não é diferente. Nesta região do País, a Mata Atlântica encontra-se reduzida a cerca de 3% de sua área original, sendo composta por fragmentos desconectados que se distribuem desde o estado da Bahia até o estado do Ceará (Câmara 1992, Tabarelli & Silva 2002).

A Reserva Estadual Gurjaú (RESG), remanescente de Mata Atlântica, localiza-se 28 Km ao sul da cidade do Recife, compreendida entre os municípios de Jaboatão dos

Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e Moreno (Fig. 1). A RESG foi instituída em 1987 pela Lei Estadual nº 9.989, a qual regulamenta os remanescentes de Mata Atlântica da região metropolitana do Recife, apresentando uma área total de 1.077,10 ha, dos quais 400 ha representam áreas florestadas. Desde sua implantação, esta reserva é administrada pela Companhia Pernambucana de Saneamento e Águas (COMPESA), a qual mantém uma estação de tratamento de água no território da Reserva, a partir do represamento do Rio Gurjaú (Carnaval & Moura 2003).

Trimestralmente, a COMPESA elimina efluentes oriundos do tratamento químico da água, após a limpeza de seus tanques de decantação, diretamente no rio Gurjaú, ocasionando um forte odor de cloro na água do rio, sentido até uma distância de pelo menos 10m da margem do rio, afetando provavelmente a comunidade local (ribeirinha), assim como a fauna e a flora aquáticas (Carnaval & Moura 2003).



Figura 1 – Localização Geográfica da Reserva Estadual de Gurjaú no estado de Pernambuco.

Através da aplicação de questionários sócio-econômicos e ambientais junto à comunidade local, foi detectado que a população ribeirinha utiliza o rio Gurjaú como fonte de água para beber, lazer, higiene, obtendo também alimentos e produtos primários para comercialização, como peixe e diversas espécies de camarão entre elas, o pitu, *Macrobrachium carcinus* (Larrazábal 2003).

Este trabalho teve como objetivo avaliar preliminarmente o efeito da eliminação dos efluentes provenientes da estação de tratamento de água em questão, sobre a biota, assim como o diagnóstico geoquímico preliminar dos sedimentos de fundo de rio, a partir da análise geoquímica multi-elementar dos mesmos, na área da Reserva Estadual de Gurjaú, estado de Pernambuco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo O estudo foi realizado em fragmento de mata atlântica na Reserva Estadual de Gurjaú (08° 14' 20" de latitude sul e 35° 59' 00" de longitude oeste, na sede da RESG), Pernambuco, Brasil. Está assentada sobre terrenos geológicos do embasamento cristalino (gnaisse-migmatítico) e da formação Cabo (arenitos e conglomerados), que apresentam relevo com altitudes que variam entre 80 e 130m. O clima é do tipo As' quente e úmido (classificação de Köppen), típico desta porção oriental do Nordeste. As chuvas são de outono-inverno, que caracterizam a Zona da Mata Pluvial, com precipitações de 1.900 mm anuais. O período das chuvas vai de março a agosto, e o de estiagem, de setembro a fevereiro (FADURPE 2003).

A área de Gurjaú está inserida na bacia hidrográfica do rio Gurjaú, principal afluente do rio Pirapama. O rio Gurjaú tem cerca de 30 km de extensão, nascendo no município de Moreno em altitudes que ultrapassam 150 m, em área de resquício de mata atlântica dos engenhos Contra-Açude e Novo da Conceição (FADURPE 2003).

O ponto de eliminação dos efluentes oriundos da estação de tratamento da COMPESA encontra-se no centro da área de estudo, com o fluxo do rio na direção nordeste. Assim sendo, a nordeste do ponto de eliminação dos efluentes estendem-se 200m do curso do rio à montante que não está sob influência dos efluentes da COMPESA, e a sudoeste estendem-se 200m do rio sob influência direta dos efluentes trimestralmente lançados. Durante o trabalho de amostragem da biota, realizada no ano de 2003, houve quatro lançamentos de efluentes, nos dias 23 de Janeiro, 07 de maio, 30 de Agosto e 08 de Dezembro.

Amostragem Semanalmente anuros adultos foram coletados de forma ativa durante o ano de 2003, ao longo de um trecho do rio Gurjaú de 200m de extensão, sendo dois trechos de 100m cada simetricamente antes e depois do ponto de eliminação dos efluentes, localizada às margens do rio Gurjaú. A área de coleta envolve desde a margem do rio até os cinco primeiros metros de margem, medidos perpendicularmente ao canal do mesmo. Cada coleta foi iniciada no final da tarde (18h) com duração de 4 horas, e executada por duas pessoas, totalizando 400 horas-homem de busca ativa.

Objetivando investigar a eventual presença de contaminantes nos sedimentos de fundo que possam ser oriundos da estação de tratamento de água em questão, foi realizada uma coleta (período seco: Janeiro/2005) de amostras de sedimento de fundo do rio Gurjaú, em 2 estações de amostragem: uma no ponto de eliminação dos efluentes (RG-0: 08° 14' 13,7" de latitude sul e 35° 03' 04,5" de longitude oeste) e outra (RG-200: 08° 14' 27,2" de latitude sul e 35° 03' 10,7" de longitude oeste), situada a 200 m à jusante da anterior (Fig. 2). Uma amostra em duplicata (RG-00) também foi coletada no ponto de eliminação do efluente, cerca de 5 m da amostra principal (RG-0) desta estação, e mais próxima deste ponto de eliminação de efluente. Com o propósito de

se amostrar apenas o sedimento recentemente depositado, apenas a camada superficial de sedimento foi coletada. Nesta coleta foram usadas pás de plástico e recipiente de vidro com tampa de plástico. As amostras de sedimento de fundo foram coletadas e acondicionadas em campo de acordo com os procedimentos estabelecidos por protocolos internacionalmente acreditados (Morgan 1996, APHA-AWWA-WEF 1998).

Preparação de amostras As amostras de sedimento de fundo ainda molhadas foram peneiradas usando-se água deionizada e com auxílio de peneiras plásticas, objetivando se obter a fração < 63 μm de cada amostra para ser usada nas análises geoquímicas. A preferência pelo peneiramento a úmido é devido ao aumento da eficiência de captação do sedimento fino, em comparação com o peneiramento a seco (Soares *et al.* 1999). Por outro lado, este tamanho de partícula é o mais indicado para análises geoquímicas, principalmente por se tratar da fração do sedimento que acumula as maiores concentrações de contaminantes, sendo

equivalente ao tamanho do material particulado em suspensão e também que permanece por muito tempo no sistema fluvial (Mantei & Sappington 1994, Mudroch & Azcue 1995, Herr & Gray 1997, Texeira *et al.* 1997, Datta & Subramanian 1998, Soares *et al.* 1999, Luiz-Silva *et al.* 2002, Nascimento 2003).

Procedimentos analíticos Após o peneiramento, a fração < 63 μm das amostras de sedimento de fundo passaram por um processo de secagem em estufa sob temperaturas entre 40 e 50°C, tidas como suficientes para evitar perdas da matéria orgânica e da água absorvida (Kralik 1999). Subseqüentemente, as amostras foram digeridas em água-régia (mistura HCl-HNO₃, na proporção 3:1) e analisadas para um pacote multi-elementar com 34 analitos, incluindo metais pesados (Ag, As, Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Ti, Tl, U, V, W, e Zn), com leitura em ICP-AES. Estas análises foram executadas no laboratório comercial da ALS Chemex, no Canadá.

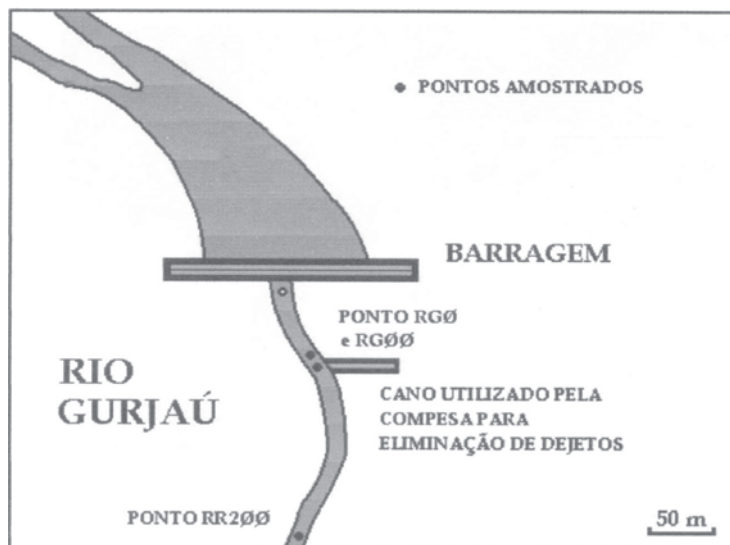


Figura 2 – Desenho esquemático da área da Reserva Estadual de Gurjaú, no trecho do rio represado, contendo as estações de amostragem de sedimento de fundo de rio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento biótico realizado durante o ano de 2003, utilizando espécies de anfíbios anuros como bioindicadores da qualidade ambiental, detectou-se a ocorrência de 25 espécies listadas para a RESG, das quais seis foram observadas nas proximidades do rio, a saber: *Hyla semilineata*, *Adenomera cf. marmoratus*, *Scinax x-signatus*, *Rana palmipes*, *Leptodactylus labyrinthicus* e *Pseudopaludicola falcipes*. Nos pontos localizados à jusante do ponto de lançamento de efluentes, os anuros apre-

sentaram comportamento repulsivo à água, com diminuição de aproximadamente 50% da densidade populacional e 100% de abstinência à água. Nos pontos à montante do lançamento de efluentes não foram evidenciadas variações populacionais nos períodos de lançamento, exceto nos primeiros metros próximo ao cano de descarga (Moura 2004, Moura & Larrazábal 2004).

Por outro lado, os resultados das análises geoquímicas efetuadas nas amostras de sedimento de fundo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados analíticos de elementos químicos em sedimento de fundo de rio na área da Reserva Estadual do Gurjaú. As amostras RG-0 e RG-200 representam as estações de amostragem no sentido nascente-foz, enquanto que a amostra RG-00 é uma duplicata coletada na estação RG-0. Mostra dados da composição de folhelhos (intervalo e média), e o valor de 1,5 vezes o valor da composição média de folhelhos. Todos os valores estão em mg/Kg.

Elementos químicos	Amostras			Composição de Folhelhos		
	Principais		Duplicata	Intervalo	Média	1,5 x Média
	RG-0	RG-200	RG-00			
Ag	<0,2	<0,2	<0,2		0,07	0,105
Al	63.700	61.300	67.700		80.000	120.000
As	11	8	11	3,2 – 18	13	
B	<10	<10	<10	25 – 800	100	
Ba	120	110	120	83 – 866	580	
Be	1,1	1,0	1,1	0,2 – 7,0	3,0	
Bi	<2	<2	<2		0,4	0,6
Ca	400	600	500		22.100	33.150
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	< 0,30 – 2,60	0,22	
Co	7	6	6	11 – 22	19	
Cr	31	29	31	35 – 185	90	
Cu	21	15	12	21 – 67	45	
Fe	117.500	125.000	128.500		47.200	70.800
Ga	20	20	20		19	28,5
Hg	<1	1	2		0,4	0,6
K	400	400	400	80 – 70.600	26.600	
La	30	20	30		24	36
Mg	500	400	500		15.000	22.500
Mn	555	466	576	130 – 820	670	
Mo	2	2	2		2,6	3,9
Na	100	100	200	1.000 – 92.000	9.600	
Ni	6	4	4	20 – 90	68	
P	1.730	1.700	1.810	390 – 7.090	700	
Pb	30	23	26	17,6 - 28	20	
S	1.500	1.300	1.600	2.400 – 69.000	2.400	
Sb	<2	<2	<2	0,1 – 3,0	1,5	
Sc	6	6	7		13	19,5
Sr	24	23	24	20 - 360	300	
Ti	300	200	200	4.200 – 6.400	4.600	
Tl	<10	<10	<10	0,36 – 1,4	1,0	
U	<10	<10	<10	2,0 – 8,0	3,7	
V	66	62	65	98 - 260	130	
W	<10	<10	<10	1,5 – 3,8	1,8	
Zn	38	28	26	46 - 197	95	

A escolha dos limites de tolerabilidade (ou de referência) para o caso de sedimentos de fundo tem especificidades que diferem do caso de água, a qual possui limites estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), MS (Ministério da Saúde), OMS (Organização Mundial de Saúde), *US EPA* (*United States Environmental Protection Agency*) e por outros órgãos do Brasil e do Exterior. Embora haja na literatura mundial algumas propostas para valores de referência em sedimentos (ver discussão em Ankley *et al.* 1996), elas não contemplam casos específicos, tais como a composição química específica da fração granulométrica $< 63 \mu\text{m}$ mediante ataque químico com água régia a quente, que foram as condições analíticas usadas neste trabalho. Por isso, para se avaliar a magnitude das concentrações obtidas nos sedimentos de fundo deste diagnóstico optou-se por comparar estas concentrações com aquelas correspondentes à composição de folhelhos, já que a composição granulométrica (e mineralógica) desta rocha está englobada na fração $< 63 \mu\text{m}$. Com base nessa premissa, o valor de referência máximo acima do qual considerou-se violação foi o limite superior do intervalo de composição de folhelhos (por exemplo, 18 ppm para As). Entretanto, no caso de elementos em que a literatura consultada fornece o valor médio, mas não o intervalo de composição de folhelhos (Al, Bi, Ca, Fe, Ga, Hg, La, Mg, Mo, e Sc), o valor máximo de referência foi aqui definido como sendo igual a uma vez e meia o valor médio de folhelhos (no caso de Al: 8 ppm $\times 1,5 = 12$ ppm). Na Tabela 1 encontram-se também o intervalo e média da composição de folhelhos (Mason & Moore 1982, Govett 1983), assim como o valor correspondente a uma vez e meia a média da composição de folhelhos.

Cabe ressaltar que amostras de sedimento de fundo de trechos ambientalmente não impactados (ou minimamente impacta-

dos), obtidas em estudos que usaram a mesma fração granulométrica ($< 63 \mu\text{m}$) e ataque químico com água régia a quente (ou similar, a base de HNO_3 a quente) fornecem resultados comparáveis com aqueles da composição de folhelhos mostrados na Tabela 1 (Mantei & Sappington 1994, González & Ramírez 1995, Ciszewski 1997), legitimando assim o uso de folhelhos como material de referência para a presente investigação.

Desta forma, tomando-se preferencialmente o valor superior do intervalo de composição de folhelhos ou, secundariamente, o valor correspondente a uma vez e meia a média desta composição, observa-se que a maioria dos elementos investigados não apresenta violações, exceto Fe, Hg e Pb, que ocorrem em níveis acima dos valores de referência usados. Os resultados revelaram que estes elementos atingem concentrações de até 128.500 ppm, 2 ppm e 30 ppm, respectivamente. Tais concentrações estão cerca de 2 e 3 vezes superiores aos valores de referência, no caso do Fe e Hg, e um ligeiramente acima do valor de referência para o caso do Pb, considerando-se os valores de referência para estes elementos de, respectivamente, 70.800 ppm, 0,6 ppm, e 28 ppm (Fig. 3). Entre as estações de amostragem não foi observada variação considerável de concentração dos elementos químicos investigados (Tabela 1), assim como também não foi detectada variação significativa na concentração dos elementos químicos investigados entre as amostras duplicata (RG-00) e principal (RG-0) coletadas na mesma estação de amostragem (Tabela 1). A proximidade dos valores de concentração obtidas entre amostras duplicata e principal revela uma homogeneidade natural do material na estação de amostragem. As concentrações obtidas neste diagnóstico podem ser consideradas as máximas esperadas para a área, uma vez que para as análises geoquímicas foi usada a fração $< 63 \mu\text{m}$ das amostras de sedimento de fundo, e que foram coletadas no período seco (máxima concentração de substâncias).

Estes resultados sugerem um aporte anômalo de Fe, Hg e Pb nos sedimentos de fundo de rio da área da Reserva Estadual do Gurjaú, que pode estar relacionado à atividade da estação de tratamento de água situada na área da reserva, ou ainda estar relacionado a outras atividades antrópicas à montante da área investigada, ou mesmo pode se tratar de uma assinatura geogênica particular da área.

Para um maior detalhamento com o objetivo de se elucidar a fonte de tais elementos, se faz necessário uma amostragem sistemática em um maior número de estações no rio Gurjaú, principalmente no seu trecho à montante do ponto de lançamento de efluentes da estação de tratamento de água da COMPESA. Acrescenta-se que, especificamente para as análises de Hg (elemento químico)

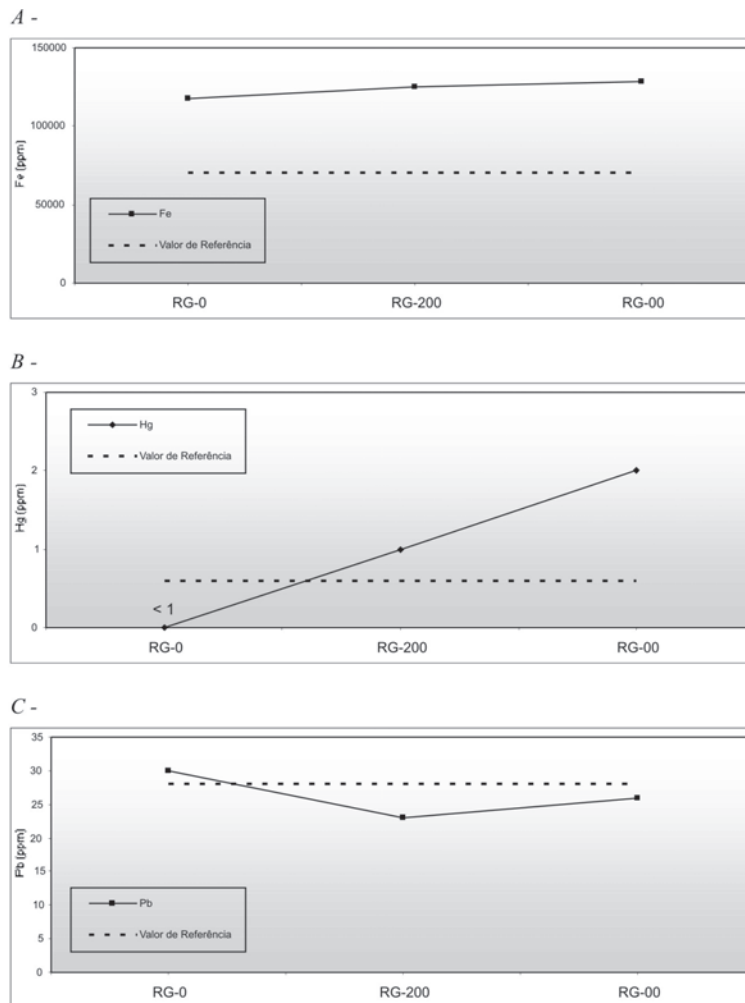


Figura 3 – Diagrama de variação de elementos químicos em amostras de sedimento de fundo coletadas em estações de amostragem ao longo do trecho estudado do rio Gurjaú. A – Fe; B – Hg; C – Pb. O Eixo das abcissas representa as estações, no sentido nascente-foz (RG-0 e RG-200). A amostra RG-00 é uma duplicata coletada na estação RG-0. A linha tracejada representa o valor de referência (composição de folhelhos) para o elemento químico.

mico com ponto de volatilização relativamente baixo), se faz necessário análises complementares usando-se o acessório para geração de vapor frio, após o ataque químico com água-régia. Isto para se evitar que parte do Hg da amostra seja volatilizada durante o ataque químico. Neste caso, é de se esperar que os teores de Hg por geração de hidretos sejam ainda mais elevados em relação aos relatados neste trabalho.

CONCLUSÕES

As alterações identificadas no comportamento da comunidade de anuros estudada acoplada aos resultados do diagnóstico geoquímico indicam uma alteração significativa no ecossistema analisado, podendo ser atribuído ao procedimento inadequado desempenhado atualmente pela COMPESA por ocasião da metodologia de tratamento da água, ou pode estar relacionada a outras atividades antrópicas à montante da área investigada.

Os resultados do diagnóstico geoquímico onde se realizou as análises multi-elementares (34 elementos químicos) em amostras de sedimento de fundo de rio coletadas em duas estações de amostragem na área da Reserva Estadual de Gurjaú, sugerem um aporte de Fe, Hg e Pb, que pode estar relacionados à atividade da estação de tratamento de água existente na área da reserva, ou a outras atividades antrópicas à montante da área investigada, ou mesmo pode se tratar de uma assinatura geogênica particular da área.

Salienta-se que estes resultados preliminares representam o início de uma investigação minuciosa dos trechos mais à montante do trecho onde se situa o lançamento de efluentes provenientes da estação de tratamento de água, visando melhor se precisar a provável fonte dos contaminantes ora detectados.

Caso confirmada a origem do impacto resultante do procedimento de tratamento

de água, evidenciamos a necessidade rápida de mudança na metodologia aplicada pela Companhia Pernambucana de Saneamento e Águas na Estação de Tratamento de água de Gurjaú, visando mitigar os impactos dessa atividade. Vale ressaltar que existem técnicas conhecidas que são comprovadamente reconhecidas por permitirem o reaproveitamento das substâncias químicas utilizadas no tratamento da água (e.g. sulfato de Alumínio, óxido e carbonato de Cálcio, e Cloro), possibilitando a redução dos custos operacionais, além de não permitir a entrada desses compostos nos ecossistemas naturais.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar os sinceros agradecimentos à turma 2º/2004 da Disciplina Geoquímica Ambiental, do Curso de Geologia da UFPE (Adele Cabral, Bruno Freires, Cleidiane Vasconcelos, Dayse Lima, Elida Melo e Silva, Everton Menor, Fernanda Miranda, Francis Virtuoso, Thiago de Paula, Thiago da Silva e Vanja Alcântara), e igualmente à doutoranda Christianne Barbosa do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, pela coleta e preparação das amostras de sedimento de fundo.

REFERÊNCIAS

- Ankley G.T., Di Toro D.M., Hansen D.J., Berry W.J. 1996. Technical basis and proposal for deriving sediment quality criteria for metals. *Environ. Toxicol. Chem.*, **15**: 2056-2066.
- APHA-AWWA-WEA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20ª Edição. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington. Composto de 10 partes paginadas individualmente.
- Câmara I.G. 1992. *Plano de Ação para a Mata Atlântica*. Editora Interação, São Paulo, 152 pp.

- Carnaval A. C. O. Q., Moura G. J. B. 2003. A anurofauna da Reserva Estadual de Gurjaú. In: FADURPE (Fundação Apolônio Sales de Desenvolvimento Educacional). *Levantamento da Biodiversidade da Reserva de Gurjaú*. Recife, pp.: 07-31.
- Ciszewski D. 1997. Source of pollution as a factor controlling distribution of heavy metals in bottom sediments of Chechlo River (south Poland). *Environmental Geology*, **29**:50-57.
- Datta D. K., Subramanian V. 1998. Distribution and fractionation of heavy metals in surface sediments of Ganges-Brahmaputra-Meghna river system in Bengal basin. *Environmental Geology*, **36** (1-2): 93-101.
- FADURPE (Fundação Apolônio Sales de Desenvolvimento Educacional). 2003. *Levantamento da Biodiversidade da Reserva de Gurjaú*. Recife, 157 pp.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 1992. *Dossier Atlantic Rainforest (Mata Atlântica)*. FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, São Paulo, 107 pp.
- González H., Ramírez M. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *Jour. Geoch. Explor.*, **52**:183-192.
- Govett G. J. S. 1983. *Rock Geochemistry in Mineral Exploration*. Handbook of Exploration Geochemistry Serie. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, v. 3, 461 pp.
- Herr C., Gray N. F. 1997. Sampling riverine sediments impacted by acid mine drainage: problems and solutions. *Environmental Geology*, **29** (1/2): 37-45.
- Kralik M. 1999. A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Applied Geochemistry*, **14**: 807-816.
- Larrazábal M. E. 2003. Biologia da Conservação. In: FADURPE (Fundação Apolônio Sales de Desenvolvimento Educacional). *Levantamento da Biodiversidade da Reserva de Gurjaú*. Recife, pp.: 136 – 157.
- Luiz-Silva W., Matos R. H. R., Kristosch G. C. 2002. Geoquímica e índice de geoacumulação de mercúrio em sedimentos de superfície do estuário de Santos-Cubatão (SP). *Química Nova*, **25** (5): 753-756.
- Mason B., Moore C.B. 1982. *Principles of Geochemistry*. 4ª ed. Wiley & Sons, Nova Iorque, 344 pp.
- Mantei E. J., Sappington E. J. 1994. Heavy metal concentrations in sediments of streams affected by a sanitary landfill: A comparison of metal enrichment in two size sediment fractions. *Environmental Geology*, **24**: 287-292.
- Morgan J.H. (ed.). 1996. *Sampling Environmental Media*. American Society for Testing and Materials (ASTM), West Conshohocken (Philadelphia), 393 pp.
- Moura G. J. B. 2004. Utilização da Anurofauna como Bioindicador do Efeito da Eliminação de Resíduos Tóxicos nos Recursos Hídricos da Reserva Estadual de Gurjaú. PE. Monografia de Especialização em Zoologia, Departamento de Biologia, UFRPE, 23 pp.
- Moura G. J. B., Larrazábal M. E. L. 2004. Utilização da Anurofauna Como Bioindicador do Efeito da Eliminação no Rio Gurjaú, PE. In: Congresso Brasileiro de Zoologia, 25, *Anais*, Resumos (CD-ROM): 1 p.
- Mudroch A., Azcue J.M. 1995. *Manual of Aquatic Sediment Sampling*. Lewis Publishers, Boca Raton, 219 pp.
- Myers, N., R. A. Mittermeier; C. G. Mittermeier; G. B. A. da Fonseca, J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**: 853-858.
- Nascimento, M. R. L. 2003. Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da bacia do Rio Tie-tê, SP. São Carlos-SP-UFSCar, Programa de Pós-graduação em Química. Tese de Doutorado. 215 p.

- Soares, H. M. V. M., Boaventura, R. A. R., Machado, A. A. S. C., Esteves da Silva, J. C. G. 1999. Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. *Environmental Pollution*, **105**: 311-323.
- Tabarelli, M., Silva, J.M.C.S. 2002. (Orgs). Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. 2º volume. Recife. Secretária de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente (SETMA). Editora Massangana: 259-535.
- Texeira, E. C., Sanchez, J. D., Fernandes, I. D. Formoso, M. L. L. Pegorini J., Pestana, M. H. D. 1997. Estudo preliminar dos metais em sedimentos de área de influência do processamento de carvão e da siderurgia-região do Baixo Jacuí, RS. *Geochimica Brasiliensis*, **11** (1): 39-52.