

Contaminação de recursos hídricos: estudo de caso do lixão de São Pedro da Aldeia (RJ)

Water resources contamination: A study of São Pedro da Aldeia's open dump

Elisabeth Ritter

D.Sc., UERJ. Rua São Francisco Xavier, 524, 5029F
20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
ritteruerj@gmail.com

João Alberto Ferreira

D.Sc., UERJ. Rua São Francisco Xavier, 524, 5029F
20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
joaf@uerj.br

Robson Cardoso Porto

Engenheiro, Light. Av. Marechal Floriano, 168, bloco 4, 4º andar
20080-002, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
robson.cardoso@light.com.br

José da Silva Lima

M.Sc., Georadar Levantamentos Geofísicos S/A,
Rua Ludovico Barbosa, 60, Pau Pombo, 34000-000, Nova Lima, MG, Brasil
joselima@georadar.com.br

Resumo

O trabalho apresenta os resultados de monitoramento das águas subterrâneas e lagoas superficiais adjacentes ao lixão de São Pedro da Aldeia (RJ). Seis piezômetros, três lagoas e um poço cacimba a jusante foram utilizados para coleta de amostras. São apresentados os parâmetros físico-químicos determinados no campo: pH, condutividade elétrica (CE), potencial redox (Eh), e os resultados de íons analisados em laboratório: Cl⁻, Na⁺, K⁺, e NH₄⁺. Os resultados mostraram que a influência do lixão sobre as águas superficiais e subterrâneas, após 17 anos em atividade, atinge entre 150 e 200 metros de distância, não se observando uma atenuação.

Palavras-chave: lixão, contaminação, recursos hídricos, São Pedro da Aldeia (RJ).

Abstract

The paper presents the results of the monitoring of underground water and superficial lagoons nearby the São Pedro da Aldeia (RJ, Brazil) open dump. Six piezometers, three lagoons and one water hole were utilized to obtain the samples. Results of field measures of pH, conductivity, redox potential and laboratory analyses of Cl⁻, Na⁺, K⁺, e NH₄⁺ are presented. Results show the open dump influence on superficial and underground water, after 17 years of operation, reaches between 150 and 200m of distance, with no attenuation.

Key words: open dump, contamination, water resources, São Pedro da Aldeia (RJ).

1. Introdução

A disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, o despejo de efluentes industriais em lagoas, vazamentos de depósitos de produtos químicos, entre outras, constituem fontes de contaminação de recursos hídricos, particularmente, das águas subterrâneas. O uso de águas contaminadas para

abastecimento doméstico, para atividades comerciais e industriais, para irrigação de hortaliças, etc., conformam uma situação de risco à saúde pública e ao meio ambiente.

De acordo com ABRELPE (2009) apenas 38% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em aterros sanitários. Todos os demais destinam seus resíduos em aterros controlados e lixões. Ressalte-se ainda, que não existem informações sobre antigos lixões já fechados e abandonados, quase que com certeza, sem nenhum tipo de cuidado técnico que possa minimizar os riscos de contaminação ambiental. Assim, identificar e avaliar os impactos ambientais dos lixões (os atuais e os encerrados) é sem dúvida tarefa importante para que possam ser tomadas decisões sobre recuperação e encerramento adequado destas fontes poluidoras.

O presente artigo apresenta os resultados dos estudos realizados sobre a contaminação das águas subterrâneas no entorno do antigo lixão, onde o município de São Pedro da Aldeia (RJ) vazou seus resíduos sólidos urbanos (e provavelmente outros tipos de resíduos) durante muitos anos, antes de passar a utilizar o aterro sanitário de uma empresa privada desde 2008. Ao longo de 2000, 2001, 2002, 2003 e 2007 (RESUB, 2001; Lima, 2003; Salles, 2003; Cardoso, 2007) foram realizados trabalhos de campo e coleta de amostras em 6 piezômetros, instalados no entorno do lixão, 3 lagoas e um poço de cacimba existentes no local. As medidas de concentrações apresentadas comparam parâmetros comuns às 3 campanhas realizadas (Lima, 2003; Salles, 2003; Cardoso, 2007). Na primeira campanha foram analisados muitos elementos entre eles metais pesados. As medidas de concentração de cromo total, chumbo, cádmio, cobre e mercúrio ficaram abaixo do nível de detecção do equipamento. Neste trabalho são comparados pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), medidos no campo e cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+) e nitrogênio amoniacal (NH_4^+), medidos em laboratório.

2. Descrição da Área

O município de São Pedro da Aldeia está situado na região dos Lagos, que dista cerca de 150 km da cidade do Rio de Janeiro, sendo um importante pólo turístico do Estado. Cerca de 15% da área total da região é composta por lagoas hipersalinas e salinas, sendo as mais conhecidas as de Araruama e Saquarema.

A população da região dos Lagos é de 340 mil habitantes, enquanto que a de São Pedro da Aldeia é de 63.227, distribuídos em 50 bairros (IBGE, 2000). A população atual (2010) é estimada em 80.000 habitantes. No entanto, na época de férias e feriados prolongados esta população pode aumentar em até duas vezes. O sistema de abastecimento público de água na região depende basicamente de concessionárias privadas. Nas áreas rurais é prática comum que o abastecimento de água seja feito através a captação de águas subterrâneas.

De acordo com instrumentalização instalada na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia, a área se caracteriza como de baixo nível pluviométrico. A temperatura média da região varia de 21 a 28°C.

O lixão de São Pedro da Aldeia está localizado em área predominantemente rural, em Campo do Alecrim, distando aproximadamente 2,0 km do centro urbano do município e ocupa cerca de 22.000 metros quadrados. Ele operou de 1990 a 2008 e a produção de resíduos urbanos em 2007 era cerca de 1.900 ton/mês.

A área pode ser considerada como um pequeno vale, sendo que o lixo foi disposto no topo de uma ondulação. À jusante da área, até 2003, existiu uma vala que drenava o lixiviado do aterro, e servia de limite com o terreno adjacente. Na direção da linha de drenagem, a partir dessa vala, existem quatro pequenas lagoas para armazenamento de água de consumo animal.

O aumento da área do lixão se deu de forma tão desordenada que ultrapassou a área delimitada para sua ocupação e avançou sobre o terreno de uma fazenda à jusante que era utilizada como pasto para gado e equinos. Como o lixão não possuía barreiras físicas para impedimento de animais e catadores de lixo, alguns catadores construíram moradias com materiais provenientes do lixão e viviam sob condições sub-humanas.

Foram realizadas 19 sondagens à percussão para caracterizar a área do entorno do Lixão (RESUB, 2001). Posteriormente, com o objetivo de instalar piezômetros para o monitoramento, foram efetuadas 14 sondagens a trado.

O perfil geotécnico da área consiste de uma camada superficial de solo aluvionar argilo-arenoso acinzentado nos primeiros metros, devido à presença de matéria orgânica, e amarelado nos últimos metros, sendo que esta camada apresentou uma variação de 0,50 m a 3,5 m de espessura. Subjacente a esta camada observa-se a ocorrência de um solo residual jovem silto-arenoso altamente micáceo (biotita) de coloração cinza escura com cerca de 1,0 m a 3,0 m de espessura. O topo rochoso foi detectado em profundidades que variaram de 1,0 m a 8,0 m. Ensaios de infiltração "in situ" efetuados na camada superficial do solo argilo-arenoso resultaram em valor de coeficiente de permeabilidade de 5×10^{-6} cm/s (RESUB, 2001).

Em um processo de avaliação de contaminação de um local é fundamental a determinação de referências de concentração naturais da região, sem o efeito da ação antrópica. Neste sentido, foram definidos dois poços de cacimba, Pau Ferro e Alecrim, localizados, respectivamente, a sudoeste e oeste, cerca de 1,5 e 1,0 km do lixão de São Pedro da Aldeia. A Tabela 1 apresenta os níveis de referência para pH, condutividade elétrica (CE), cloreto (Cl^-) e sódio (Na^+). Os valores de cloreto e sódio estão elevados, porém refletem a natural salinidade da região. A resolução CONAMA 357 (CONAMA, 2005) limita em 250 mg/L a concentração para

cloreto para água Classe 1, sendo este valor também indicado pela portaria 518 do Ministério da Saúde que dá limites de qualidade da água para consumo humano.

Tabela 1: Concentrações em locais de referência da região.

Pontos	Pau Ferro	Alecrim
pH	6,63	6,91
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3700	1734
Cl (mg/L)	615	238
Na (mg/L)	571	316

3. Materiais e Métodos

Os piezômetros foram instalados em furos efetuados à trado (Lima, 2003), e foram construídos dentro dos parâmetros preconizados pela ABNT, NBR 13895 “Construção de poços de monitoramento e amostragem”. Somente em 6 dos 14 furos apareceu água. A Figura 1 apresenta a localização dos piezômetros (P1, P2, P3, P12, P13, P14), da vala de drenagem (VD), das 3 lagoas (L1, L2 e L3) e um poço tipo cacimba (PC15), identificado no Haras Cabo Frio, a 420 m da vala de drenagem, todos à jusante da área. O piezômetro P8 está à montante do lixão. A vala de drenagem recebia o lixiviado, conforme se observa na Figura 2.

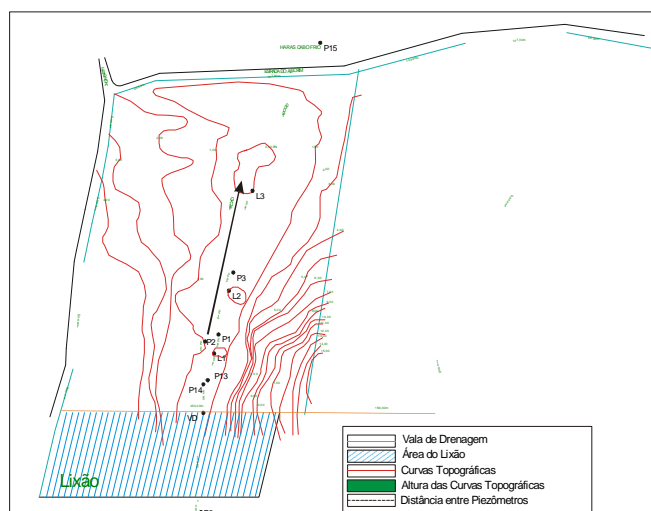


Figura 1: Localização dos pontos de amostragem (Lima, 2003).



Figura 2: Vala de drenagem (Lima, 2003).

Foram realizadas as seguintes campanhas de amostragem: nos meses de fevereiro, abril, junho e setembro de 2000, e fevereiro, abril, agosto e setembro de 2001; novembro e dezembro de 2002 e fevereiro e abril de 2003; e por fim em junho de 2007. Nessa última campanha alguns pontos do monitoramento não foram encontrados, possivelmente por falta de manutenção. A vala de drenagem (VD), que havia sido um marco nas campanhas anteriores, estava coberta de lixo, pois a disposição avançou para essa área. Assim, na amostragem de 2007, foram mantidos os piezômetros P8, P14, P2 e P3 e as lagoas superficiais L1, L2 e L3. A Tabela 2 apresenta um resumo das profundidades e distância em relação à vala de drenagem dos pontos onde foi efetuada a coleta de amostras para o monitoramento.

Tabela 2: Pontos de monitoramento

Pontos	Profundidade (m)	Distância em relação à VD (m)
P8	8,1	- 143,0
VD	0,0	0,0
P14	1,7	22,0
L1	0,0	44,0
P2	7,5	74,0
L2	0,0	134,0
P3	3,0	151,0
L3	0,0	229,0
PC15	0,0	419,0

Os níveis d'água obtidos nos piezômetros nos meses de máxima pluviometria em 2000 e 2001 estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que próximo ao lixão, à montante, o lençol freático está mais profundo, e à jusante mais aflorante. Na região dos piezômetros P14 e P13, em época de chuva, aflora lixiviado.

Tabela 3: Níveis d'água nos piezômetros.

Piezômetros	Profundidade (m)	
	Setembro 2000	Abril 2001
P8	6,82	7,12
P14	0,58	0,50
P13	1,12	1,00
P2	2,30	5,60
P1	1,90	4,20
P3	3,21	3,70

Os parâmetros físico-químicos medidos no campo foram: pH, temperatura, condutividade elétrica (CE). Em laboratório foram medidos cloreto (Cl^-), sódio (Na^+), potássio (K^+) e nitrogênio amoniacal (NH_4^+). A Tabela 4 apresenta os equipamentos utilizados.

Tabela 4: Equipamentos utilizados

Parâmetros	Equipamento	Modelo	Fabricante
pH	pHmetro	DM21	DIGIMED
CE	Condutivímetro	DM3	DIGIMED
NH_4^+	Eletrodo Seletivo	ORION 290 A+	THERMO
Na^+ , K^+	Fotômetro de Chama	B462	MICRONAL
Cl^-	Método titulométrico		

4. Resultados e Discussão

Os parâmetros medidos são apresentados e analisados comparando os resultados obtidos na campanha de 2007 com os resultados anteriores. Para tanto foram escolhidos das pesquisas anteriores os resultados dos monitoramentos nos mesmos meses, ou meses próximos ao monitoramento de 2007, em função das variações de pluviometria ao longo do ano.

Os gráficos das análises efetuadas nas amostras das águas superficiais e subterrâneas do entorno do lixão do município de São Pedro da Aldeia estão apresentados nas Figuras 3 a 8. Os parâmetros físico-químicos e químicos das amostras estão apresentados nos eixos das ordenadas; as nomenclaturas e respectivas distâncias dos piezômetros e das lagoas, em relação à vala de drenagem do lixiviado (VD), estão apresentadas nos eixos das abscissas.

A Figura 3 apresenta a variação do pH nos pontos de monitoramento ao longo dos anos de pesquisa. Verifica-se que o piezômetro 14 (P14) tem valor mais próximo do lixiviado (VD), enquanto P2 e P3 estão com valores mais próximos do PC15, e com os valores medidos (6,63 e 6,91) dos poços de cacimba instalados na região (Tabela 4). A lagoa superficial L1 está apresentando valor mais elevado, enquanto que

os valores de pH para junho de 2007 são maiores que os valores dos anos anteriores, neste mesmo período, o que pode indicar um aumento na contaminação das águas devido à presença de lixiviado do lixão. Souto e Povinelli (2007), em pesquisa realizada com lixiviados de vários locais de disposição de resíduos no Brasil indicam valores de pH acima de 7,2 (em 78% das medidas), indicando um pH alcalino.

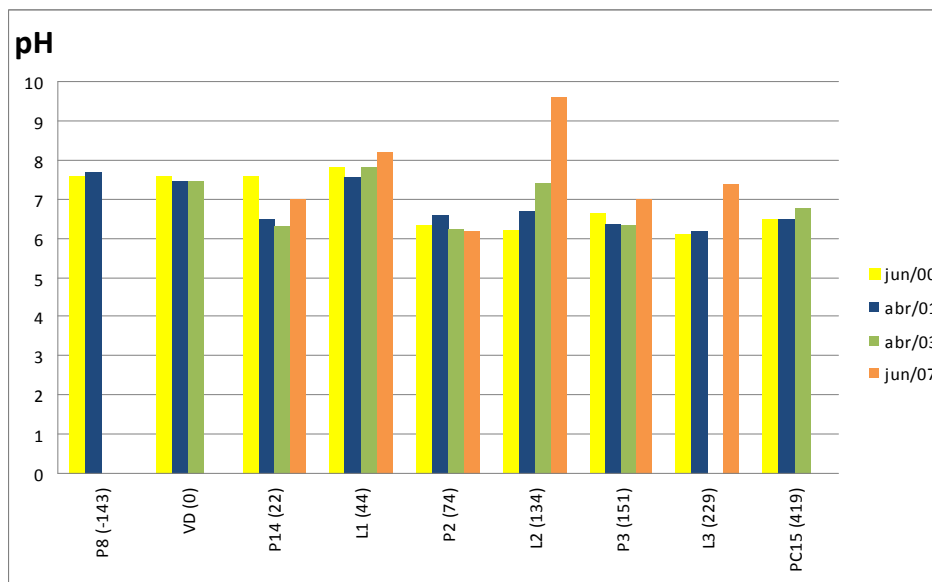


Figura 3: Potencial Hidrogeniônico (pH).

A condutividade Elétrica (CE) é definida como a medida da habilidade da água de conduzir uma corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons (na sua concentração total, mobilidade e valência) e na temperatura de medição. A Figura 4 apresenta a variação da CE nos pontos de monitoramento. Nos pontos próximos à vala de drenagem (VD), podem-se verificar valores elevadíssimos de CE, especialmente nas campanhas de 2003 e 2007. Valores típicos de lixiviado segundo Souto e Povinelli (2007) variaram de 3000 a 10.000 uS/cm em 44% dos aterros pesquisados, de 10.000 a 18.000 uS/cm em 33% e acima deste valor até 25.000 uS/cm em 22% deles. As medidas no lixiviado de São Pedro da Aldeia indicaram valores até próximo de 35.000 uS/cm. Uma observação importante a ser considerada é que a partir de outubro de 1999 a prefeitura do município passou a vazar cerca de 20 t/dia de algas marinhas provenientes da laguna de Araruama e de 10 t/dia de sedimentos derivados das salinas do município, o que potencializa a característica salina da região. Tanto os piezômetros P14 e P2 (medida de 2007) como a lagoa L1 indicam as consequências do impacto desta disposição de resíduos. Ocorre um decaimento nas concentrações somente nos pontos mais a jusante, porém indicando ainda altos valores para as águas subterrâneas, especialmente na medida de 2007, para o piezômetro P3 a 150 m de distância, mostrando que possivelmente o processo de contaminação está avançando, não se observando uma atenuação. Nas águas superficiais mais a jusante

não ocorreu mudança considerável, diminuindo sensivelmente o nível medido anteriormente; no entanto, em L2 a CE medida pode ser considerada alta.

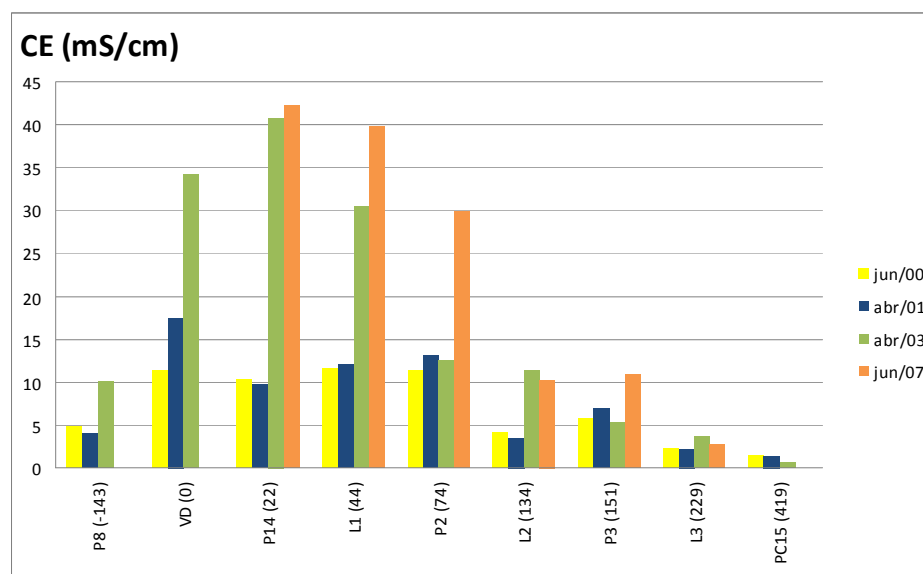


Figura 4: Condutividade Elétrica (CE).

A Figura 5 apresenta a variação do Cl^- . O cloreto é um dos melhores indicadores da contaminação por lixiviado. Assim como a condutividade elétrica, as análises de cloreto apresentaram elevados valores de concentração no lixiviado da vala de drenagem, pois o menor valor determinado foi de cerca de 8000 mg/L, em 2000/2001 indo para quase 14000 mg/L em 2003. Souto e Povinelli (2007) verificaram que 72% dos aterros tem cloreto até 3000 mg/L. Sendo assim as concentrações de São Pedro da Aldeia são totalmente fora de padrão normal. A concentração de cloreto na lagoa de Araruama é de 41.100mg/L, maior do que a salinidade do mar (cerca de 35000 mg/L). Sendo assim, considerando a disposição dos sedimentos da lagoa no lixão e a condição local, os valores são excepcionais. Verifica-se, consequentemente, um elevado grau de contaminação das águas subterrâneas próximas ao lixão (P14), pois as os valores das medições triplicaram em 2003 quando relacionadas com as de 2000 e 2001, indicando o aumento da contaminação. As medições de 2007 nos 3 piezômetros indicam o avanço do processo da contaminação; ressalta-se ainda que a concentração no piezômetro P3 é cerca de 5 vezes a concentração de referência do local, Pau Ferro (Tabela 1), que é elevada. Somente o poço de cacimba, distante mais de 400 m, indicou nas medições até 2003 que a pluma de contaminação não havia chegado até lá; porém, em 2007 esse poço não foi localizado. As águas superficiais das lagoas existentes indicam um decaimento somente a partir de 200 m, mas mantém valores da ordem de 500 mg/L em 2007.

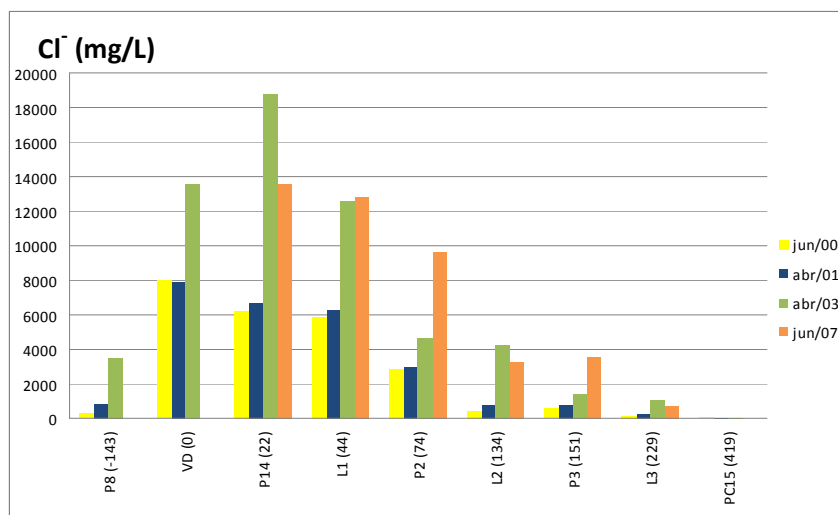


Figura 5: Cloreto (Cl⁻).

A Figura 6 apresenta a variação de Na⁺ nos pontos de monitoramento ao longo dos anos não tendo sido, no entanto, monitorado por Salles (2003). O valor de sódio medido para o lixiviado em 2001 (5500 mg/L) está significativamente superior ao valor médio de cerca de 3000 mg/L (Ritter *et al.*, 2003) do Aterro de Gramacho, junto a Baía de Guanabara, que atende a cidade do Rio de Janeiro. Souto e Povinelli (2007) não indicaram valores para sódio. Porém, possivelmente esta presença de Na pode estar ligada à disposição de algas. Os valores registrados nos pontos P14 e P2 em 2007 acompanham as observações anteriores, indicando o avanço da contaminação.

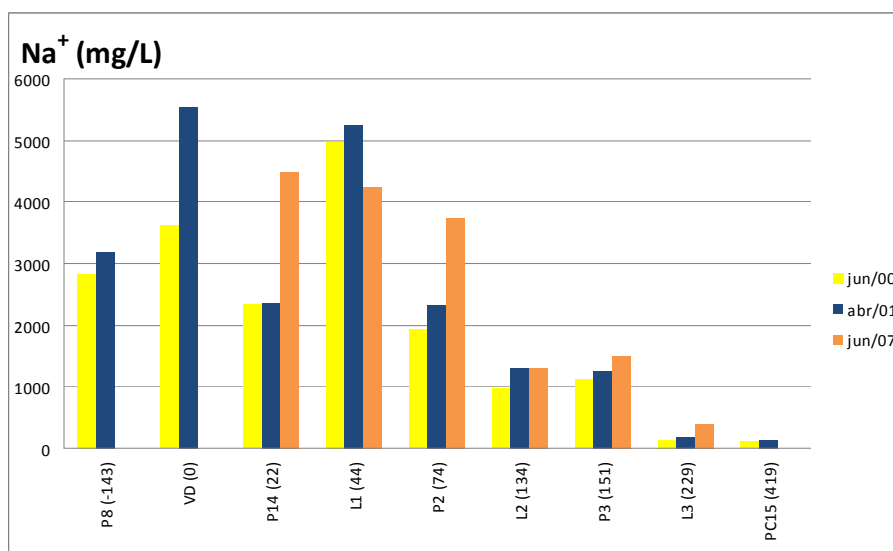


Figura 6: Sódio (Na⁺).

A Figura 7 apresenta a variação de K⁺ nos pontos de monitoramento ao longo dos anos, não tendo sido monitorado por Salles (2003). Neste íon verifica-se claramente o aumento da contaminação em todos os pontos monitorados, na campanha de 2007, pois os valores medidos superam em muitos os valores dos monitoramentos dos anos anteriores. Verifica-se ainda indicação de potássio em P3 e LJ 14, acompanhando o avanço de cloreto e sódio. Comparando novamente os valores de potássio do lixiviado do lixão de São

Pedro da Aldeia com os valores do aterro de Gramacho (cerca 1700 mg/L), o valor registrado nesta pesquisa é superior.

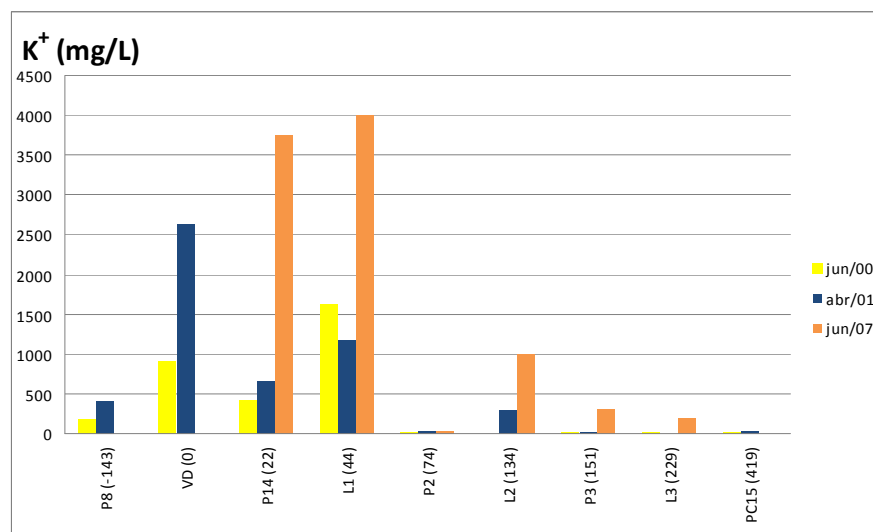


Figura 7: Potássio (K^+).

A Figura 8 apresenta a variação de nitrogênio amoniacal. O valor máximo de 450 mg/L medido no lixiviado, em 2003, está dentro da faixa de observação de 0 a 600 mg/L, registrado por Souto e Povinelli (2007) em 31% dos aterros pesquisados. Os valores apresentados por Leal (2003), nos pontos de maior contaminação (VD, P14 e L1), mais próximo ao limite do lixão, são muito inferiores aos valores de 2007. Este fato pode estar relacionado a algum problema na coleta ou nas análises de laboratório. Evidencia-se ainda um comportamento diferenciado do nitrogênio amoniacal em relação aos demais íons referente ao avanço da pluma de contaminação, pois o valor indicado em 2007 no piezômetro P14, situada a 22 m de distância da fonte de contaminação, é extremamente alto (cerca de 450 mg/L), e os valores a partir do piezômetro P2 são muito baixos. As medidas em 2001 indicam tanto para P2 como para L2 cerca de 20 mg/l, ou seja, na área de influência do lixão, o íon NH_4^+ apresenta concentrações expressivas para um íon que normalmente não faz parte dos íons maiores da água, porém, sempre presente de forma significativa em lixiviados (Deutsch, 1997; Christensen *et al.*, 2001). A resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005) determina para água – Classe 1 o limite de 2,0 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0 e 20 mg/L para lançamento de efluentes. O nitrogênio amoniacal pode ter um comportamento reativo sendo sorvido pelo solo, ocorrendo assim o seu retardamento (Ritter e Campos, 2006; Ferreira *et al.*; 2007; Lins, 2008), o que justificaria o não aparecimento nos demais piezômetros. Observa-se ainda que as medidas do poço de cacimba realizadas em 2000 e 2001 mostram valores mais altos do que os detectados no lixiviado (VD) naquela data, indicando possivelmente outra causa desta contaminação. Uma possibilidade é que este poço de cacimba, situado num haras, tenha tido como causa da contaminação os excrementos de cavalos. A medida de água superficial (L1) também indica valor significativo.

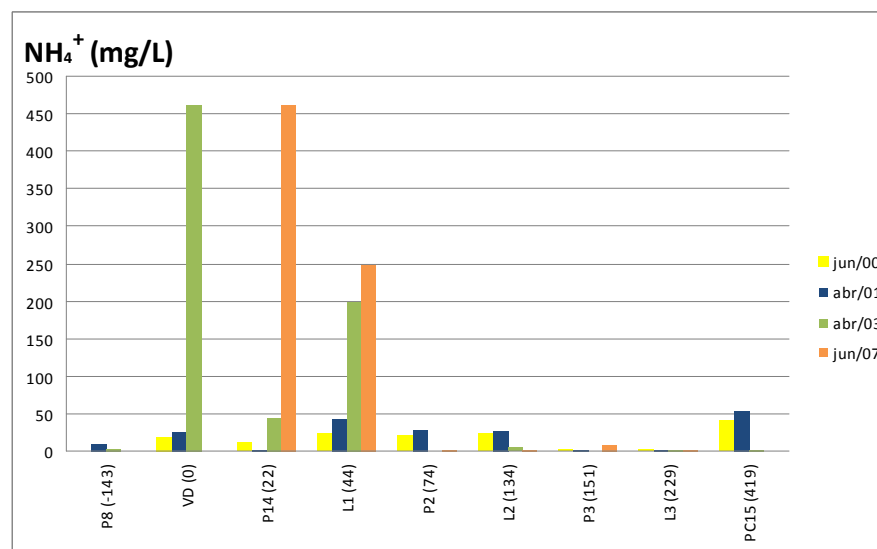


Figura 8: Nitrogênio Amoniacal (NH_4^+).

5. Conclusão

Os resultados das análises nas águas superficiais e subterrâneas no entorno do lixão de São Pedro da Aldeia mostraram que os impactos atingiram cerca de 150 metros de distância, e as medidas realizadas 7 anos após o primeiro monitoramento indicam que possivelmente o processo de contaminação está avançando, não se observando uma atenuação. O avanço pode se estender ao longo do tempo e comprometer o uso especialmente das águas subterrâneas. Os parâmetros analisados mostraram uma contaminação típica de lixiviados de depósitos de resíduos no solo sem proteção e controle. O presente estudo reforça a necessidade de que sejam efetuados esforços para identificação e recuperação de áreas degradadas, por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, encontradas em quase todos os municípios brasileiros e que representam uma fonte permanente de poluição potencial do meio ambiente, em particular, dos recursos hídricos.

Referências

- ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. 2009. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2009*. São Paulo, ABRELPE, 208 p.
- CARDOSO, R.P. 2007. *Monitoramento da pluma de contaminação do lixão do município de São Pedro da Aldeia*. Rio de Janeiro, RJ. Trabalho de conclusão de curso. UERJ, 59 p.
- CHRISTENSEN, T.H.; KJELSEN, P.; BJERG, P.L.; JENSEN, D.L.; CHRISTENSEN J.B.; ANDERS, B.; ALBRECHTSEN, H.J.; HERON G. 2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*, **16**:659-718. [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927\(00\)00082-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927(00)00082-2)

- CONAMA. 2005. CONAMA 357/2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. 23 p.
- DEUTSCH, W.J. 1997. *Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. New York, Lewis Publishers, 218 p.
- FERREIRA, J.A.; RITTER, E.; PIRES, J.A.; VALADÃO, I.C.R.P. 2007. Diffusion on the compacted soil foundation and geomembrane in Rio das Ostras sanitary landfill, Brazil. *In: INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM*, 11, Sardinia, 2007. *Anais...* Sardinia, 2007, p. 839-840.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2000. *Censo 2000*. Rio de Janeiro, IBGE.
- LIMA, J.S. 2003. *Avaliação da contaminação do lençol freático do Lixão de São Pedro da Aldeia-RJ* Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. UERJ, 78 p.
- LINS, C.M.M. 2008 *Avaliação da zeólita natural para aplicação em barreiras reativas permeáveis no tratamento do lixiviado do Aterro da Muribeca/PE*. Recife, PE. Dissertação de Mestrado. UFPE, 130 p.
- RESUB. 2001. Projeto RESUB Lagos. *Caracterização Hidrogeológica do Município de São Pedro da Aldeia e Iguaba Grande*. Relatório final de pesquisa. Niterói, UFF, 72 p.
- RITTER, E.; CAMPOS, J.C.; GATTO, R.L. 2003. Medida do Processo de contaminação da argila orgânica da barreira lateral do Aterro Metropolitano de Gramacho. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, REGEO'03*, 5, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 12 p. [CD-Rom]
- RITTER, E.; CAMPOS, J.C. 2006. Avaliação da Sorção e Difusão Molecular de Íons Inorgânicos do chorume e da Argila Orgânica do Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ). *Solos e Rochas – Revista Latino-americana de Geotecnia*, **29**(1):77-88.
- SALLES, J.L. 2003. *A avaliação ambiental e adaptação do lixão de São Pedro da Aldeia (RJ) em Aterro Controlado*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. UERJ, 111 p.
- SOUTO, G.B.; POVINELLI, J. 2007. Características do Lixiviado de Aterros Sanitários no Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 24, Belo Horizonte, 2007. *Anais...* Belo Horizonte, 10 p. [CD-Rom].

Submissão: 04/11/2010
Aceite: 08/11/2010