



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO DO VALE DO AÇO, MG

Graziele Wolff¹; José Augusto Costa Gonçalves²; Giuslan Carvalho Pereira³;
Daniel Martins-Júnior⁴

RESUMO

A transformação da matéria e a produção de resíduos sólidos fazem parte integrante da vida e da atividade humana. Uma das formas mais adequadas de disposição de resíduos é o aterro sanitário. Toda decomposição de resíduos gera o chorume, com alto potencial poluidor. Sendo assim, o presente trabalho monitorou durante um ano a qualidade da água do lençol freático do aterro sanitário do Vale do Aço, MG. Os parâmetros analisados foram: pH, nitrogênio total (mg L^{-1}), sólidos totais suspensos (mg L^{-1}), fósforo total (mg L^{-1}), coliforme total (UFC) e coliforme fecal (UFC). Ao todo foram realizadas duas campanhas de amostragem no aterro sanitário, englobando período seco e chuvoso, em quatro poços de observação. Em todos os pontos houve ausência de coliformes fecais e totais e pouca variação dos resultados dos demais parâmetros analisados. Os resultados das análises foram comparados com padrões de qualidade estabelecidos, ou com resultados de análises antigas realizadas no local antes da operação do novo aterro. Os resultados demonstraram uma boa qualidade da água subterrânea, na área do aterro sanitário do Vale do Aço, baseado nos parâmetros avaliados, o que demonstra a eficiência do sistema impermeabilização.

Palavras-chave: chorume, qualidade de água, resíduo sólido.

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERIZATION AND QUALITATIVE ASPECTS OF UNDERGROUND WATER AT THE SOLID WASTE LANDFILL IN “VALE DO AÇO”, STATE OF MINA GERAIS

ABSTRACT

Transformation of matter and production of solid waste are part of human life and activities. One of the most adequate waste disposal is the solid waste landfill. All decomposing processes of waste culminate in production of leachate with high potential of pollution. Hence, the aim of this study was to monitor the water quality of the water table in a solid waste landfill located in “Vale do Aço”, State of Minas Gerais, Brazil. The parameters observed were: pH, total nitrogen (mgL^{-1}), total suspended solids (mgL^{-1}), total phosphorus (mgL^{-1}), total coliforms (CFU) and fecal coliforms (CFU). Two sampling campaigns were performed in four observation wells present at the solid waste landfill. These samplings included the dry and rainy seasons. All the parameters analysed have presented small variation on their values. Neither fecal coliforms nor total coliforms were registered at any of the sampling sites. The results were compared to the already established quality patterns and to previews results obtained before the activation of this new solid waste landfill. The results showed a good quality of groundwater in the area of the landfill in Vale do Aço, based on the parameters measured, which demonstrates the efficiency of the waterproofing system.

Keywords: leachate, water quality, solid waste.

Trabalho recebido em 8/06/2009 e aceito para publicação em 27/08/2009.

¹ Eng.^a Sanitarista e Ambiental, Doutoranda em Ecologia Aplicada, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Setor de Ecologia Caixa Postal 3037, Lavras, MG, CEP: 37200-00. E-mail: grazielewolff@gmail.com

² Geólogo, Doutorando em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), e-mail: jaucosta@gmail.com;

³ Biólogo, Doutorando em Ecologia Aplicada, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), e-mail: giuslanp@gmail.com;

⁴ Eng.^o Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, Prof. Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (UnilesteMG), e-mail: danielmrjr@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Desde os primeiros núcleos sociais que se formaram em tempos pretéritos, os seres humanos utilizam os recursos naturais para a sua sobrevivência. Nesses tempos remotos a disposição dos resíduos sólidos não representava ainda um problema ambiental significativo, pois a população era pequena e, grande a disponibilidade de áreas para a disposição dos resíduos. A evolução da população e a forte industrialização ocorrida no último século contribuíram para o aumento vertiginoso na produção de resíduos, das mais diversas naturezas que determinam um processo contínuo da deteriorização ambiental com sérias implicações na qualidade da vida do homem (IPT/CEMPRE, 1995).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2000, no Brasil foram coletadas aproximadamente 125.281 t.dia⁻¹ de resíduos urbanos, sendo que desses 47,1% foram dispostos em aterros sanitários, 22,3% em aterros controlados e 30,5% em lixões. Esta é uma perspectiva favorável, porém quando avaliado em abrangência municipal, a pesquisa revelou que 63,6% dos municípios destinam seus resíduos sólidos para lixões e apenas 13,8% em aterros sanitários.

O gerenciamento integrado dos resíduos e a disposição do mesmo em local adequado podem evitar a proliferação de doenças e possíveis contaminações do solo e dos corpos d'água. Dentre as alternativas existentes para disposição final dos resíduos sólidos domésticos, as mais comuns são o aterro sanitário, compostagem e a incineração. (BIDONE & TEIXEIRA, 1999).

Os resíduos sólidos urbanos têm nos aterros sanitários, como uma solução mais adequada para a disposição final dos mesmos, uma vez que na maioria dos municípios brasileiros ainda existem muitas áreas disponíveis. O aterro sanitário é uma construção que tem por finalidade a deposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar. Esses aterros utilizam critérios de engenharia e normas operacionais específicas que permitem o confinamento de resíduos de forma segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde (CETESB, 1985). Nos aterros sanitários, os resíduos sólidos são reduzidos em volume através de compactação, em seguida são cobertos com terra (MANTELL, 1975). Nos projetos também são contemplados a construção de sistemas de drenagem de águas pluviais, de líquidos percolados e de gases gerados, o leito do aterro (impermeabilização e selamento), preparo e formação das células de lixo e

preparo da cobertura final do maciço (LIMA, 2003).

A decomposição da matéria orgânica nos aterros sanitários gera um líquido de cor escura, o chorume, onde o total de sólidos dissolvidos (TDS) é bastante alto e pode ainda conter muitos contaminantes inorgânicos e orgânicos (MANOEL FILHO, 2000). Este chorume é potencialmente tóxico podendo conter metais pesados e altas concentrações de DBO e DQO. Esses componentes apresentam características que variam em função dos resíduos aterrados e com a idade do aterro, o que os torna uma água residuária de difícil tratamento.

O chorume, se lixiviado causa contaminação do solo e cursos d'água e se infiltrado causa contaminação das águas subterrâneas (BIDONE, 1999).

A contaminação das águas subterrâneas pode ter origens diversas, sendo atualmente mais comuns, aquelas relacionadas diretamente com atividades industriais, domésticas e agrícolas.

A atividade doméstica pode contaminar a água subterrânea através do chorume de aterros sanitários, acidentes com rompimento de fossas sépticas ou de redes de esgotos (MANOEL FILHO, 2000). De acordo com a classificação estabelecida pelo Office of Technology Assessment (OTA) do Congresso dos

Estados Unidos, modificada por Fetter (1993), aterros sanitários são uma das principais fontes de contaminação das águas subterrâneas.

As águas subterrâneas são muito menos vulneráveis à contaminação do que as águas superficiais, mas, uma vez produzida a contaminação, a recuperação pode levar anos e até mesmo tornarem-se economicamente inviáveis, (MANOEL FILHO, 2000).

Em Ipatinga-MG, a Prefeitura Municipal já adota a prática do aterro há muitos anos. O primeiro aterro foi desativado devido ao fato de ter ultrapassado a capacidade máxima e, principalmente, pelas novas técnicas de deposição do lixo.

O novo aterro inaugurado em 2003, a Central de Resíduos do Vale do Aço (CRVA), atende o município de Ipatinga e as regiões rurais. Este é o local de estudo, uma vez que a produção de chorume é intensa e com forte probabilidade de contaminação.

A tecnologia utilizada pela CRVA para proteção do solo e aquíferos é o modelo de aterro sanitário onde, além de argila compactada para dificultar a contaminação do lençol freático e do solo, uma grande manta sintética foi colocada para proporcionar uma melhor impermeabilidade da camada de proteção

inferior. O chorume produzido é conduzido através de valas para um tanque onde é armazenado e posteriormente tratado.

Mas, mesmo aperfeiçoando a cada dia as tecnologias de defesa do meio ambiente, sabe-se que ainda falta muita investigação para chegar à proposição de projetos isentos de impactos ambientais. Desta forma, o sistema de monitoramento tem o papel de acusar a influência de uma determinada fonte de poluição na qualidade da água subterrânea.

Com isso a proposta da pesquisa foi monitorar a qualidade da água do lençol freático sob o maciço de resíduos domésticos da CRVA a fim de identificar se há poluição causada por vazamento do chorume, verificando assim, a eficiência do sistema de impermeabilização inferior do aterro. Tal investigação poderá levar tanto à aprovação da tecnologia adotada, como à proposta de novas formas de deposição de resíduos sólidos em benefício da natureza e, conseqüentemente, da vida na terra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Ipatinga pertence à região metropolitana do Vale do Aço, localizado na bacia do rio Doce, a uma altitude de 220m, apresentando como áreas limítrofes os municípios de Coronel

Fabriciano, Timóteo, Santana do Paraíso e Caratinga (Figura 1).

Os principais acessos ao município são feitos pelas rodovias federais 381 e 262.

O clima da cidade é do tipo tropical subquente e subseco, com temperatura média anual de 23°C, com precipitações máximas entre 1000 e 1300 mm no trimestre de novembro-dezembro-janeiro, e 200 mm no trimestre junho-julho-agosto.

O município consta com mais de 212 mil habitantes e possui um moderno sistema de limpeza urbana, com coleta de 640 t.dia⁻¹ de resíduo sólido domiciliar que é destinado para um aterro sanitário com área de 443.800 m², sendo desses, 169.000 m² ocupados pelo maciço do aterro. Este aterro, está situado a 7 km do centro de Ipatinga nas coordenadas 19°26'35,2"S e 42°30'29,4"O (PREFEITURA MUNICIPAL DE IPATINGA, 2006).

2.2 Os sistemas aquíferos

Ao se considerar o ambiente geológico da área de estudo, identifica-se duas categorias de sistemas aquíferos: um meio granular, caracterizado por depósitos aluvionares que podem atingir até cerca de 30 m de espessura, e um meio fissural, caracterizado pela ausência ou presença muito reduzida de espaços vazios na rocha.

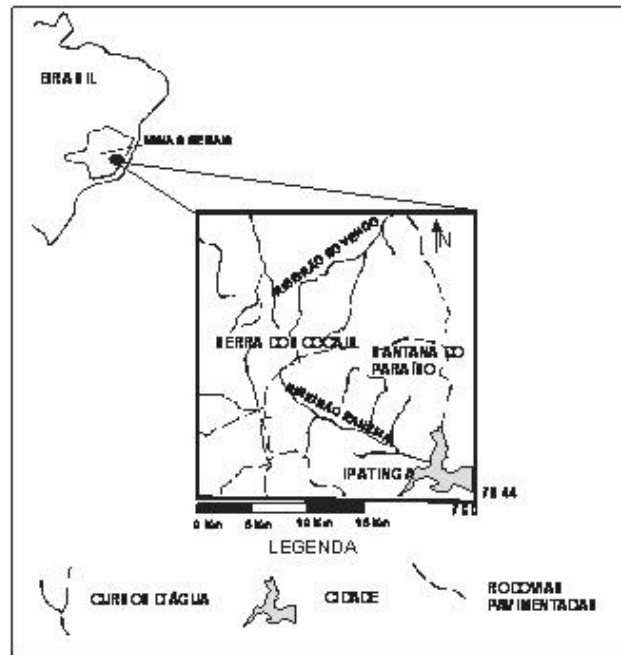


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Na área estudada, predominantemente constituída de rochas cristalinas de baixa permeabilidade primária, existem dois aquíferos de comportamentos bastante distintos: um mais superficial, formado na maioria das vezes pelo regolito intemperizado e/ou depósitos quaternários de comportamento de meio granular e um mais profundo, formado por fraturas de rocha sã. O primeiro é regional e extenso, dando contornos à superfície do relevo. O segundo, subjacente, em geral, apresenta maior condutividade hidráulica e pode atingir profundidades grandes (GONÇALVES et al., 2003).

2.3 Metodologia amostral

As amostras das águas subterrâneas foram efetuadas em quatro poços já existentes, distribuídos estrategicamente nas proximidades da área do maciço, sendo três a jusante e um a montante. A localização estratégica e a construção racional dos poços de monitoramento, aliadas aos métodos eficientes de coleta, acondicionamento e análise de amostras, permitem resultados bastante precisos sobre a influência do método de disposição dos resíduos, na qualidade da água subterrânea (CETESB, 1999). Os poços possuem profundidade entre 6 a 12 metros.

As campanhas foram realizadas no mês de julho, representando a estação seca, e no mês de novembro, representando a estação chuvosa do ano de 2005. As amostras foram coletas nos quatro poços

de monitoramento do aterro, sendo P1 o poço situado à montante do maciço de resíduos e os poços P2, P3 e P4 localizados à jusante. As amostras de água foram coletadas dos poços após bombeamento com bomba submersa e então, acondicionadas adequadamente em frascos de 1000 mL e 200 mL, devidamente esterilizados. Em cada poço foram retiradas seis amostras de água em cada campanha, sendo três amostras para análises físico-químicas (frascos de 1000 mL) e três para análise bacteriológica (frasco de 200 mL). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisas Ambientais (LPA) do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (Unileste-MG).

No LPA as amostras foram submetidas às seguintes análises: Sólidos Totais Suspensos (STS), segundo sugerido por Allen (1989). Esse método consiste em filtrar 100 mL da amostra em filtros secos na estufa e devidamente pesados. Após a filtração, levaram-se os filtros com resíduos para a estufa, onde permaneceram 24h a uma temperatura média de 105° C. Após a evaporação da água, os filtros foram novamente pesados e através da diferença dos pesos dos filtros limpos e com resíduos, obtém-se o teor de sólidos totais suspensos em mg.100 mL⁻¹ de amostra.

As análises para Nitrogênio (N total) e Fósforo (P total) foram determinadas através do espectrofotômetro Nova 400 em amostras não filtradas, com leituras realizadas nos comprimentos de onda 543nm para N total e 880nm para P total. O pH foi determinado por peagâmetro digital. Já as análises bacteriológicas também foram realizadas através do método de cartelas com diluição de 10³, por ser água bruta, sendo o colilert o nutriente utilizado.

Os resultados foram submetidos à uma análise de variância com as médias comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A legislação vigente a cerca da gestão de águas subterrâneas não possui padrões de qualidade de água exclusivo, sendo assim utilizou-se padrões de potabilidade da Portaria n° 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) como referencial de comparação.

3.1 Sólidos totais suspensos (mgL⁻¹)

Nos resultados obtidos, em nenhum poço, as águas analisadas apresentaram valores de S.T.S. acima do limite máximo e/ou aceitável para o parâmetro estudado (Figura 2).

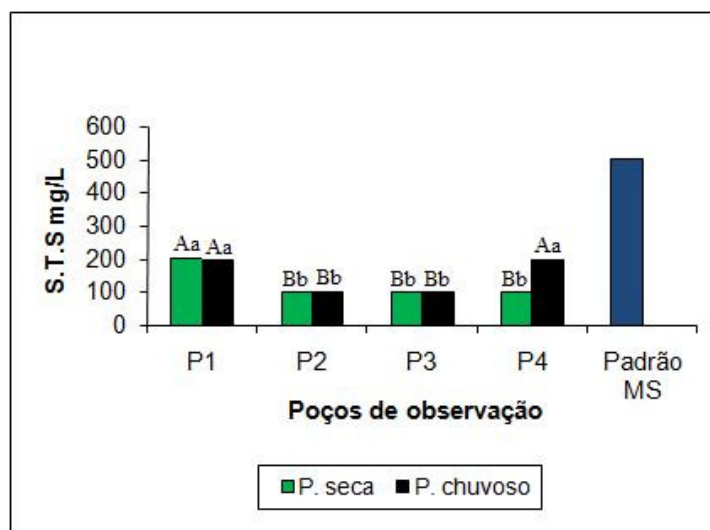


Figura 2. Comparação de teor de sólidos totais suspensos nas análises realizadas face ao padrão da Portaria 518 do Ministério da Saúde, Brasil (2004). * Letras maiúsculas indicam comparação entre poços no mesmo período amostral sendo que as colunas com as mesmas letras não diferiram estatisticamente entre si. Letras minúsculas indicam comparação do mesmo poço nos dois períodos estudados, sendo que as colunas com as mesmas letras não diferem entre si.

No período de seca, o poço referência (P1) apresentou teor médio de S.T.S. de 200 mg.L^{-1} , os demais poços, foram similares estatisticamente entre si, com teor médio de 100 mg.L^{-1} ($p > 0,05$). No período chuvoso, o P4 apresentou teor de S.T.S. semelhante ao P1. A comparação entre os períodos amostrais revelou que apenas P4 diferiu nas duas campanhas de coleta, sendo que o teor de S.T.S. foi maior no período chuvoso, já que neste período o transporte de sedimentos aumenta devido o maior escoamento e infiltração das águas da chuva (CARVALHO et al., 2000).

3.2 pH

Os valores de pH variaram de 5,7 a 6,6 indicando que são águas ligeiramente ácidas (Tabela 1). Essa característica para as águas estudadas possivelmente pode ser explicada em função da composição mineralógica das rochas do aquífero, da cobertura vegetal, da recarga rápida e do processo de interação água-rocha/solo (SILVA, 2001).

3.3 Nitrogênio total (mg.L^{-1})

Pela ausência de padrão na Portaria 518 (BRASIL, 2004) para o parâmetro N total, optou-se em comparar os dados obtidos com aquele preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Tabela 1. Valores de pH dos poços de observação nos dois períodos amostrados.

Poço de observação	Período	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
P1	6,6	6,5
P2	6,5	5,7
P3	6,2	6,1
P4	6,0	6,0

Através do estudo das análises realizadas e comparando-as com padrão da O.M.S., pode-se perceber que nenhum poço observado apresentou concentração de nitrogênio total (mgL^{-1}) além do limite mínimo para considerar que há contaminação por chorume (Figura 3).

Não houve diferença significativa entre os poços analisados dentro do mesmo período amostral. Porém, foi observada uma diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$) para todos os poços, indicando uma tendência de aumento na concentração de N total durante o período seco. Essa tendência também foi observada por Rocha & Horbe (2006), avaliando variáveis físico-químicas no aquífero Alter do Chão em Manaus, AM. Segundo Esteves (1998), os maiores valores de N total na época seca podem ser

consequência dos processos da maior decomposição da matéria orgânica em águas superficiais que libera compostos nitrogenados por infiltração para os lençóis freáticos.

3.4 Fósforo total (mgL^{-1})

Devida a falta de padrão para a concentração de P total na portaria 518 do Ministério da Saúde, optou-se em comparar os resultados das análises com a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) (Figura 4).

No período de seca, os poços P1 e P2 apresentaram concentração de P total inferiores aos poços P3 e P4, enquanto que no período chuvoso, P1 apresentou maior concentração de P total quando comparado aos demais poços ($p < 0,05$).

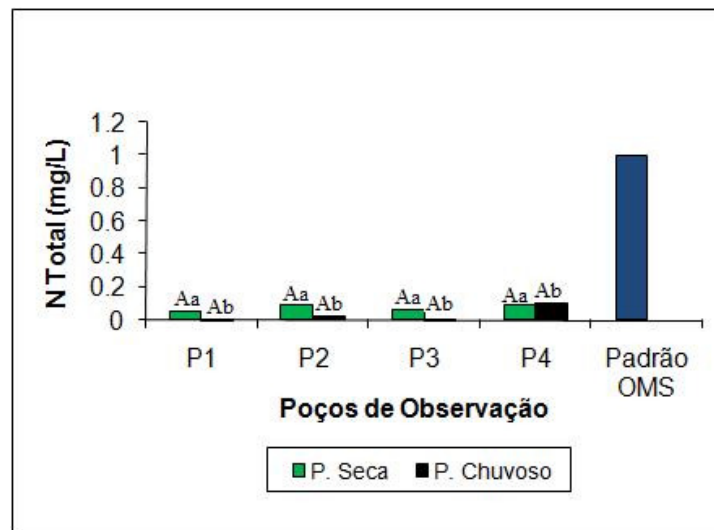


Figura 3. Comparação dos valores de N total nas análises realizadas face a Normas de Potabilidade da Organização Mundial da Saúde (O.M.S.): Indicadores químicos de Poluição (CUSTÓDIO & LLAMAS, 2001). * Letras maiúsculas indicam comparação entre poços no mesmo período amostral sendo que as colunas com as mesmas letras não diferiram estatisticamente entre si. Letras minúsculas indicam comparação do mesmo poço nos dois períodos estudados, sendo que as colunas com as mesmas letras não diferem entre si.

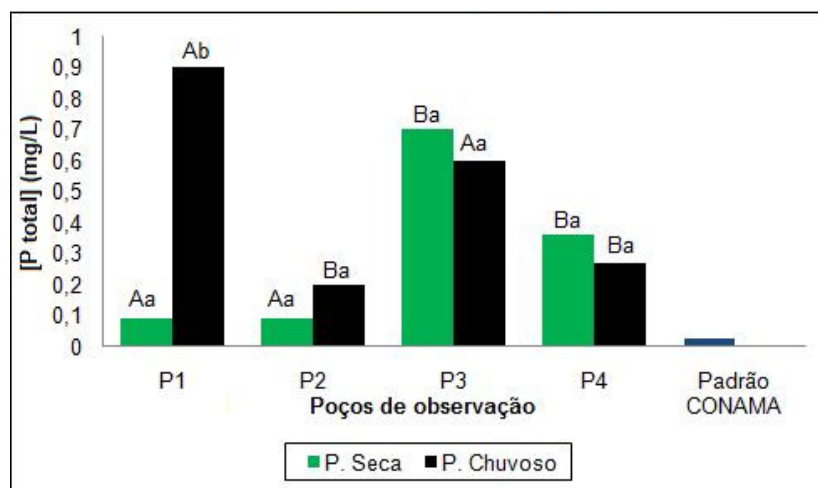


Figura 4. Comparação dos valores de P total nas análises realizadas face a Resolução CONAMA n° 357 - Padrões de qualidade para corpos d'água classe 1, (BRASIL, 2005). * Letras maiúsculas indicam comparação entre poços no mesmo período amostral sendo que as colunas com as mesmas letras não diferiram estatisticamente entre si. Letras minúsculas indicam comparação do mesmo poço nos dois períodos estudados, sendo que as colunas com as mesmas letras não diferem entre si.

Como os aquíferos estão intimamente relacionados com a água superficial que os abastecem, é de se esperar um aumento na concentração de P total no período chuvoso uma vez que este elemento é abundante nas águas superficiais durante essa época, devido o maior aporte de nutrientes e liberação do fosfato pelo sedimento dos rios durante a chuva. A forma constituinte responsável pelo fósforo são os sólidos em suspensão e dissolvidos, e sua origem natural é pela dissolução de compostos do solo e da matéria orgânica (BOTELHO, 2001). Como os valores de teor de sólidos suspensos totais não ultrapassaram o limite permitido em relação aos padrões, entende-se que o alto valor de concentração de fósforo total na água do aquífero sob os maciços dos aterros, pode ser explicada pela decomposição da rocha de origem do solo e/ou pela dissolução de compostos inerentes ao solo. Não se pode afirmar que seja devido à contaminação do lençol freático pelo chorume produzido na decomposição do lixo, pois foram obtidos dados de análises da água do lençol freático realizadas antes da instalação do aterro, cedidas pela Prefeitura de Ipatinga, MG, e, nessas análises o resultado da concentração de P total já se encontrava superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), variando entre os valores de 0,08 mg.L⁻¹ a 0,27

mg.L⁻¹.

3.5 Coliformes

Não foi detectado presença de coliformes totais e termotolerantes nas amostras diluídas, estando em acordo com o padrão, Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde, que estabelece ausência desses organismos em 100mL.

De acordo com esses resultados, verifica-se que as águas subterrâneas não se encontram contaminadas, uma vez que o aparecimento de bactérias do grupo coliforme é um dos primeiros efeitos que surgem quando há contaminação por matéria orgânica, ou pelo chorume.

4. CONCLUSÕES

Através da interpretação dos resultados das análises da água subterrânea do aterro sanitário do Vale do Aço, dentro dos parâmetros avaliados, a qualidade da água é boa, não sendo constatado contaminação por chorume. O sistema impermeabilização tem se mostrado eficiente, evitando o contato do chorume com o solo e conseqüentemente com a água do lençol freático.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, S. E. **Chemical Analysis of Ecological Materials**. Blackwell Scientific Publications. London, 1989. 367 p.
- BIDONE, F. R. A. Uso da vermicompostagem no tratamento de percolado/lixiviado de aterro sanitário. In: BIDONE, F. R. A. (org.). **Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos**, 1a ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.44 - 49.
- BIDONE, F. R. A.; TEIXEIRA, E. N. Conceitos Básicos. In: BIDONE, F. R. A. (org.). **Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1a ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.15 - 21.
- BOTELHO, C. G.; Água In: BOTELHO, C. G.; CAMPOS, C. M.; VALLE, R.; SILVEIRA, I. A. **Recursos Naturais Renováveis e Impacto Ambiental: Água**. Lavras MG UFLA-FAEPE, 2001. 170 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Padrões de Potabilidade da Água**. Portaria n. 518, de 2004.
- BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Padrões de qualidade para corpos d'água**. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.
- CARVALHO, N. DE O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P.M.C. DOS; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.
- CETESB. **Resíduos sólidos industriais** CETESB / ASCETEB, Série Atlas, São Paulo, 1985.
- CETESB. **Construção de poços de monitoramento de aquífero freático** CETESB, Procedimentos, São Paulo, 1999.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R.; **Hidrologia Subterrânea**. 2 ed. Barcelona: Omega, S. A., 2001.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 558 p.
- FETTER, C. W. **Contaminant hydrogeology**. New York: Mc Millan, 1993.
- GONÇALVES, J. A. C.; SCUDINO, P. C. B.; SOBREIRA, F. G. Domínios hidrogeológicos no meio fissural do leste da Zona da Mata-MG e extremo noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Revista Águas Subterrâneas**, nº 17, p. 31-40, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de saneamento Básico 2000**. Comunicação Social 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>>. Acesso em: 23 de agosto de 2007.
- IPT / CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 1a ed. São Paulo, S P: IPT, 1995. Publicação IPT 2163.
- LIMA, J. D. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. [s.l.]: ABES, 2003.
- MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (org.). **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. 2a ed. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 109 - 131.
- MANTELL, C. L. **Solidwaste: origin, collestion, processing and disposal**. New York: Wiley – Interscience, 1975. 127 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE
IPATINGA. **Perfil do Município
de Ipatinga**. 2006. 81 p.
Disponível em: [http://perfil.
ipatinga.mg.gov.br/perf_down.asp](http://perfil.ipatinga.mg.gov.br/perf_down.asp)

ROCHA, L. C. R.; HORBE, A. M. C.
Contaminação provocada por um
depósito de lixo no aquífero Alter
do Chão em Manaus – AM. **Acta
Amazônica**, vol. 36, n. 3, p. 307 –
312, 2006.

SILVA, M., L. Características das águas
subterrâneas numa faixa norte-sul
na cidade de Manaus (AM).
Revista Escola de Minas, Ouro
Preto, v. 54, n. 2 2001.