



**III-076: CONSIDERAÇÕES SOBRE A REMEDIAÇÃO E MONITORAMENTO
GEOTÉCNICO E AMBIENTAL DO LIXÃO DE SALVATERRA – JUIZ DE FORA
/ MG**

Gisele Pereira Teixeira⁽¹⁾

Engenheira Civil e Especialista em Gestão Ambiental em Municípios pela UFJF
Mestre em Engenharia Ambiental – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UERJ
Engenheira do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Juiz de Fora – MG
Professora Adjunta I da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC/JF

Elisabeth Ritter

D.Sc. em Engenharia Civil – PEC/COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Civil – PUC/RJ.
Professora Adjunta do Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ

Gleide Borges Moraes Lacerda

Engenheira Civil pela UFRJ
Especialista em Gestão Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos pela UFRJ
Mestre em Engenharia Ambiental – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UERJ
Diretora da empresa Thecnna Engenharia Ltda.

João Alberto Ferreira

D.Sc. em Saúde Pública pela ENSP- Fundação Oswaldo Cruz e M.Sc em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College (New York-USA). Professor Adjunto do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia e Coordenador Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UERJ

Roberto de Avelar França

Engenheiro Civil pela UFMG
Supervisor de Contratos da Diretoria de Meio Ambiente da Construtora Queiroz Galvão S.A.

Endereço⁽¹⁾: Rua Palmares, 271 – Monte Castelo – Juiz de Fora - MG - CEP: 36.081-030 - Brasil - Tel: (32) 223-3614 ou (32) 3690-3507. e-mail: gisele@demlurb.pjf.mg.gov.br

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo apresentar e analisar a Remediação do Lixão de Salvaterra, localizado no município de Juiz de Fora – MG, destacando os dados históricos do monitoramento ambiental e geotécnico implantados na área após a sua desativação. São apresentados alguns resultados do monitoramento geotécnico, com implantação de marcos superficiais e instalação de piezômetros no interior do Aterro, e do monitoramento de gases. Apresentam-se ainda resultados de monitoramento do chorume, águas superficiais e subterrâneas ao longo de um ano. Os resultados indicam recalques compatíveis com o tipo de estrutura, não indicando movimentação excessiva. O monitoramento ambiental vem indicando que o Aterro não está impactando significativamente a região, no que tange aos recursos hídricos.

Palavras-Chave: Lixão; Resíduos Sólidos; Monitoramento Geotécnico; Monitoramento Ambiental.

INTRODUÇÃO

O município de Juiz de Fora, localizado a Sudeste do Estado de Minas Gerais, na Mesorregião da Zona da Mata Mineira, possui aproximadamente 513 mil habitantes (projeção em 2005). Com uma área territorial de 1.429,875 km², faz limites com os seguintes municípios: ao norte, Ewbanck da Câmara e Santos Dumont; a nordeste, Piau e Coronel Pacheco; a leste, Chácara e Bicas; a sudeste, Pequeri e Santana do Deserto; e a noroeste, Bias Fortes e Santos Dumont. Estima-se que a geração total de resíduos sólidos do município já alcança aproximadamente cerca de 500 toneladas por dia, considerando todas as fontes geradoras.

O atual aterro do Município de Juiz de Fora, Aterro Sanitário Salvaterra, teve seu início em janeiro de 1999 e localiza-se nas margens da Rodovia BR-040, Km 797+180 m. A história de ocupação da Gleba Salvaterra para seu uso como área para disposição final de resíduos sólidos não é muito diferente da maioria dos vazadouros espalhados pelo Brasil. Desde janeiro de 1999, todos os resíduos gerados no município, inclusive hospitalar e industrial, eram depositados nesta área e, por muito tempo, caracterizou-se como um procedimento



inadequado, que representava no início do ano de 2005 um passivo ambiental de 6 (seis) anos, perfazendo cerca de 800.000 toneladas de resíduos dispostos em forma de aterro controlado ou lixão.

Durante este período ocorreram dois grandes deslizamentos, o primeiro em 11 de janeiro de 2002 e o segundo em 05 de abril de 2004. Esses deslizamentos contribuíram para a ocorrência de alguns impactos na região do entorno, principalmente naquelas localizadas a jusante do mesmo. Portanto, após a desativação do lixão de Salvaterra, foi executado um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) e, posteriormente, definiu-se um Plano de Monitoramento da área de influência, incluindo a coleta e análise de dados primários de comportamento geotécnico do maciço, além de análises de águas superficiais e subterrâneas, dentre outros.

Com o passar dos anos, espera-se que os dados de monitoramento geotécnico e ambiental possam contribuir para uma análise mais aprofundada acerca da influência do lixão do Salvaterra nos meio físico da área de entorno.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para apresentação deste estudo de caso de remediação de lixão foi realizado inicialmente um levantamento qualitativo da situação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Juiz de Fora no período que antecedeu a erradicação do Lixão do Salvaterra.

Posteriormente, buscou-se relatar de forma sistematizada os dados quantitativos das leituras da instrumentação geotécnica implantada no lixão encerrado, as análises dos gases coletados no sistema de drenagem de gases, além dos resultados do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas do entorno, bem como os dados pluviométricos e de caracterização dos percolados.

RESULTADOS OBTIDOS

Levantamento do Histórico Recente da Destinação Final de Resíduos Sólidos em Juiz de Fora-MG

Durante muito tempo o município de Juiz de Fora passou por sérios problemas em relação à destinação final de seus resíduos sólidos. De abril de 1987 até dezembro de 1998 utilizou como sítio para disposição final dos resíduos sólidos coletados pelo sistema de limpeza urbana, uma gleba localizada no município vizinho de Matias Barbosa-MG. Neste período, foram realizadas intensas interpelações judiciais para a desocupação e recuperação do lixão, que ocorreu a partir de outubro de 1997. Estando dada como finda a vida útil daquela gleba com a superação das cotas do projeto de remediação e fim do contrato de locação, o proprietário do imóvel usou o direito de interditar a área em 29 de dezembro de 1999.

Em janeiro de 1999, o município passou a dispor seus resíduos em vazadouro localizado às margens da Rodovia BR – 040, em gleba de cerca de 40 hectares, na região denominada Salvaterra, situada a 11 km do centro da cidade. O desnível da área é de cerca de 70,0 m, indo da cota 779,00 m nas proximidades da BR – 040 até a cota 710,00 m no seu ponto mais baixo.

Observando-se a área a partir da Rodovia BR-040, nota-se que a mesma se divide em duas vertentes, da Direita e a da Esquerda. A vertente Esquerda foi utilizada para disposição dos resíduos a partir de 1999 e constitui o denominado Lixão de Salvaterra, erradicado em maio de 2005 e que é o foco principal do presente artigo. A espessura de lixo depositado varia de 15 a 35 m.

A vertente direita é atualmente (2007) ocupada pelo Aterro Sanitário de Salvaterra, licenciado pelo órgão ambiental do estado de Minas Gerais onde são dispostos, de forma adequada, os resíduos Classe II A (segundo ABNT, 2004) do município.

No talvegue que divide as duas vertentes encontram-se as nascentes do córrego Salvaterra, afluente do Córrego São Mateus que deságua no Rio do Peixe, formando parte de uma bacia hidrográfica de grande importância ambiental (Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe).

Conforme já citado, desde o seu início ocorreram dois grandes deslizamentos no lixão de Salvaterra, o primeiro em 11 de janeiro de 2002 e o segundo em 05 de abril de 2004. Neste último, constatou-se que as suas causas decorreram do acúmulo de bolsões de gases e percolados (principais responsáveis por problemas de



estabilidade até mesmo em aterros sanitários) no interior da massa de resíduos, após um período excessivamente chuvoso entre outubro de 2003 e março de 2004. O volume de resíduos mobilizado no deslizamento foi de aproximadamente 70.000,00 m³. Dentre os principais impactos ambientais observados destacam-se o impedimento da passagem das águas do curso d'água e das nascentes, exposição de resíduos, causando forte odor devido à emissão de biogás, presença de aves e moscas, perda da conformação geométrica do maciço e total obstrução das vias internas e comprometimento da utilização da área total licenciada para a disposição dos resíduos sólidos coletados no município.

Remediação do Lixão de Salvaterra

Além dos fatos relatados anteriormente, a utilização do Salvaterra como aterro controlado ou lixão provocou diversos impactos ambientais nas áreas do entorno, despertou o interesse da sociedade civil pela questão do destino do lixo, além de gerar vários autos de infração, multas e ações judiciais para a Prefeitura de Juiz de Fora e o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DEMLURB).

Diante da cobrança de providências por parte da sociedade, das organizações ambientais, em especial do Governo do Estado de Minas Gerais – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, do Ministério da Defesa, da Promotoria de Meio Ambiente, etc, iniciou-se, através de Decreto do Executivo Municipal, uma obra de emergência em 1º de abril de 2005. Esta obra proporcionou a paralisação do lixão do Salvaterra na Vertente Esquerda e execução das 1ª e 2ª Fases do Aterro Sanitário Salvaterra abrangendo: (a) a correta operação da disposição dos resíduos na Vertente Esquerda com valas especiais para os resíduos de serviços de saúde; (b) a recuperação da Vertente Esquerda com a reconformação geométrica do maciço de lixo, camada de confinamento, sistemas de drenagem de gases, de percolados (chorume) e de águas pluviais (Plano de Recuperação de Área Degradada -PRAD); (c) a reconformação geométrica, estabilização e plano de escavação da área de empréstimo de material de cobertura para os resíduos, evitando processos erosivos intensos; (d) a recuperação e ampliação da primeira célula de Aterro Sanitário na Vertente Direita e também das duas Valas Sépticas para resíduos de serviços de saúde e carcaças de animais; (e) a disposição de resíduos em Aterro Sanitário e Valas Sépticas assim que eles apresentaram condições de serem operados como tais; e (f) limpeza de todo o lixo carreado pelo córrego Salvaterra para as propriedades à jusante.

Durante a execução do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) no maciço da Vertente Esquerda, o mesmo foi dividido em dois níveis de reconformação geométrica cada um com um conjunto de procedimentos e parâmetros operacionais, sendo:

- NS – Nível Superior, que se encontrava sem geometria definida e sem drenagem de águas pluviais, chorume ou gases, com diversas trincas, em parte com cobertura, porém disforme. Nesta área, após as intervenções das obras emergenciais, todo o chorume foi coletado por drenos instalados ao longo das bermas, com profundidades de 1,50 a 2,00 metros, executados com o emprego de brita nº 04, tubos de PEAD perfurados de 10 cm de diâmetro, envoltos por manta geotêxtil. Estes drenos foram interligados ao sistema de drenagem de percolados do Aterro Sanitário e, conseqüentemente, também encaminhados ao Tanque de Armazenamento de Percolados.
- NI – Nível Intermediário, que se encontrava na vertente esquerda em área abaixo do NS, sem cobertura de lixo (provavelmente lixo proveniente dos dois deslizamentos ocorridos), demonstrando pouca compactação. Nesta área, após as obras emergenciais, também foram implantados drenos de percolados conforme em NS. Porém estes drenos foram interligados diretamente ao Tanque de Armazenamento de Percolados através de tubulação de PVC, aproveitando a topografia local.

Finalizada a primeira etapa das obras do PRAD na Vertente Esquerda, foi dado início à camada final de confinamento dos resíduos com a cobertura vegetal e o Plano de Monitoramento Geotécnico e de Gases, com a finalidade de monitorar a movimentação do aterro, eliminando a iminência de novos deslizamentos e possibilitando conhecer a composição química dos fluidos gasosos gerados pela decomposição dos resíduos confinados.

Também foi estabelecido um Plano de Monitoramento Ambiental com a finalidade de acompanhar os possíveis impactos ambientais decorrentes nas águas subterrâneas e nas águas superficiais dos Córregos Salvaterra e São Mateus e Rio do Peixe.

A experiência do município de Juiz de Fora nas obras de recuperação do antigo lixão do Salvaterra tem sido exemplo para outros municípios que se encontram ainda em situação irregular quanto à disposição de seus resíduos sólidos. A operação adequada do Aterro Sanitário Salvaterra e o atendimento às condicionantes da Licença de Operação, proporcionaram a Juiz de Fora a inclusão na lista dos municípios inscritos no ICMS Ecológico, Sub-critério Saneamento.

No entanto, embora o Aterro Sanitário na região do Salvaterra seja uma realidade, alguns impactos ambientais ocorreram, principalmente porque em 1999 o lixo passou a ser lançado no solo sem nenhuma preocupação técnica e/ou ambiental. Esse fato causou diversos impactos às áreas do entorno e, portanto, faz-se necessário um Plano de Monitoramento para avaliar tais impactos ao longo do tempo.

Monitoramento Geotécnico e de Gases

O sistema de instrumentação geotécnica do Salvaterra foi implantado para subsidiar os serviços de manutenção e acompanhamento e é composto de: marcos superficiais, que permitem o acompanhamento da movimentação dos taludes e platôs, e piezômetros para avaliar a pressão de líquidos e gases no interior dos maciços. Além disso, são realizados diariamente a inspeção e acompanhamento visual de trincas nas bermas e plataformas dos maciços NS e NI.

No NS estão implantados atualmente (2007) 05 marcos superficiais (MR1; MR2 A; MR4 e MR 5) e 02 piezômetros. Já em NI, são 03 marcos superficiais (MR3; MR6 e MR7) e 02 piezômetros. A **Figura 1** apresenta como exemplo a curva tempo x recalque para os marcos MR1; MR3 e MR4.

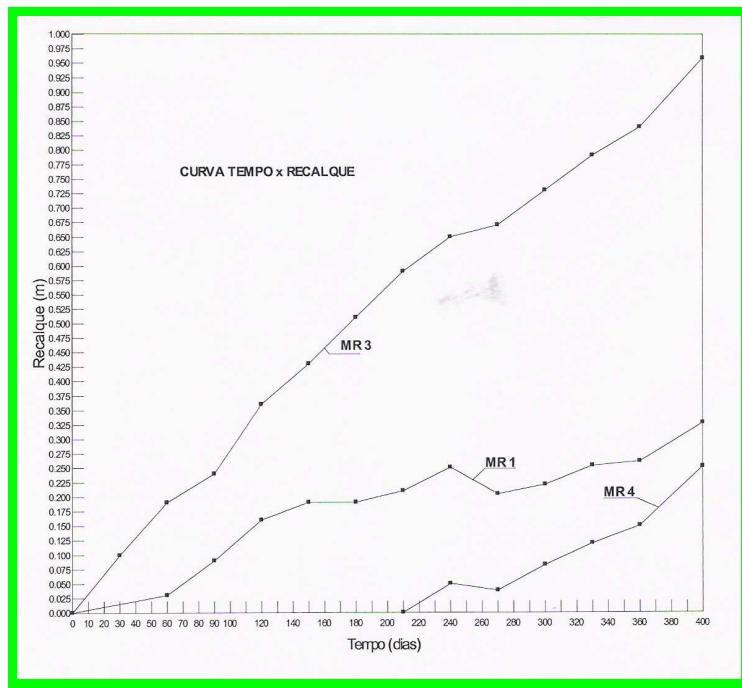


Figura 1: Curva Tempo X Recalque no Lixão de Salvaterra Remediado (2006/2007)

Os recalques e os deslocamentos horizontais de NS e NI não são significativos, demonstrando que não existe uma movimentação no maciço ao longo do tempo que possa culminar em deslizamentos como aqueles ocorridos nos anos de 2002 e 2004, quando o lixão não possuía nenhum sistema de drenagem de chorume ou gases. O maior recalque observado está no marco MR-3 (vide **Figura 1**), que, no entanto representa cerca de 0,3 % da altura do aterro. As leituras indicam a ocorrência de deformações compatíveis com este tipo de estrutura, dentro da ordem de grandeza de medições reportadas em outras obras do gênero (PCE Engenharia Ltda., 2007).

As leituras dos piezômetros já indicaram um nível piezométrico bastante elevado no final do verão de 2006 (cerca de 3 a 5 m de profundidade em pontos onde a altura de lixo alcança de 20 a 34 m). Esses dados de



monitoramento apontaram para implantação de uma nova rede de drenagem de percolados mais profunda (aproximadamente 7 m) em pontos estratégicos de NS, acompanhando a rede hídrica superficial existente no local antes da sua utilização como lixão. Essa rede de drenagem profunda foi implantada em julho de 2006 e, após essa data, o monitoramento dos níveis piezométricos indicou um alívio nas pressões de líquidos no interior do maciço. Análises da estabilidade dos taludes utilizando o método de Spencer, através do programa computacional *Slope/W-Versão 4* (PCE Engenharia Ltda., 2007) indicaram fatores de segurança superiores a 1,3 valor este adequado para a situação existente.

As leituras das pressões de gases no interior dos maciços de NS e NI demonstram que o sistema de drenagem de gases tem se mostrado eficiente, o que também é caracterizado pela combustão constante dos 08 flares implantados na Vertente Esquerda. Porém, não se pode avaliar a perda (ou fuga) de gases pela superfície. Quanto à composição dos gases gerados no antigo lixão, o monitoramento demonstra que o mesmo se assemelha aos gases gerados em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos em regiões de clima tropical, conforme apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1: Composição dos gases gerados no Lixão do Salvaterra Remediado

Poço	Local	Data Coleta	Parâmetros					
			CH ₄ (% volume)	CO ₂ (% volume)	CO (% volume)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (% volume)	N ₂ (% volume)
PG 01	NS	16/02/2006	50,00	38,00	0,00	0,007	2,27	8,83
PG 03	AS	12/05/2006	ND	40,10	0,00	<0,0015	5,80	ND
PG 03	AS	14/08/2006	74,40	20,00	0,020	0,0032	2,20	2,25
PG 02	NS	20/12/2006	ND	36,80	<0,20	<0,0001	5,00	ND
PG 02	NS	20/12/2006	47,80	39,50	<0,20	<0,0001	3,50	8,30

Legenda: ND: Não Determinado; AS: Aterro Sanitário na Vertente Direita
Fonte: ECOAMB, 2006/2007

A pluviometria local e a geração de percolados são dados importantes que auxiliam na interpretação das informações geradas pelas leituras da instrumentação geotécnica. As vazões de líquidos percolados são medidas pela variação do nível de chorume nos dois tanques de acumulação de percolados existentes. As medições dos índices pluviométricos são realizadas a partir das leituras no pluviômetro existente próximo à guarita do aterro.

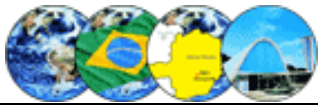
Monitoramento Ambiental

As atividades de monitoramento ambiental são consideradas como elementos componentes de um aterro sanitário. Em Salvaterra, o sistema de monitoramento ambiental é composto de monitoramento das águas subterrâneas e de águas superficiais e nascentes. Foram implantados poços de monitoramento de águas subterrâneas no entorno do aterro que têm a função de monitorar os lençóis subterrâneos à montante do aterro, como um “background” constante, e também a jusante. A coleta de amostras é realizada por técnicos especializados, seguindo as normas específicas. Os resultados das análises laboratoriais são consubstanciados em relatórios e apresentados ao órgão ambiental competente.

A qualidade dos percolados armazenados nos tanques também é objeto de monitoramento periódico visando a determinação de suas características físico-químicas, garantindo assim o bom funcionamento dos sistemas da Estação de Tratamento de Esgotos escolhida para descarte e tratamento final. A **Tabela 2** apresenta os dados das análises do percolado no tanque de armazenamento existente na Gleba Salvaterra.

Tabela 2 – Análise dos Percolados do Aterro Salvaterra

Parâmetros	Unidade	Data Coleta: 14/02/2006	Data Coleta: 08/06/2006	Data Coleta: 03/10/2006	Data Coleta: 06/02/2007	Norma Método de Ensaio
pH	-	7,5	8,0	8,2	7,67	SM 4500 H ⁺
Turbidez	UNT	132,8	296	221,6	395	SM 2130 (B)
Condutividade Obs.: $\mu = 10^{-6}S$;	S/cm	$12,4 \times 10^{-3}$	$19,5 \times 10^{-3}$	$17,2 \times 10^{-3}$	$15,5 \times 10^{-3}$	SM 2510 (B)
Cor	uH	880	3.983	4983	1160	SM 2120(B)



DBO	mg O ₂ /L	17.137	4.852	966	5718	SM 5210 (B)
DQO	mg O ₂ /L	34.839	8.494	3290	7046,3	SM 5220 (B)
Dureza	mgCaCO ₃ /L	52,2	1.807	793,6	1386	SM 2340 (C)
Oxigênio Dissolvido	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	SM 4500 – O (C)
Óleos e Graxas	mg/L	30,4	20,5	17,1	20,7	SM 5520 (D)
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	12.683	13.772	10.271	8919	SM 2540 (C)
Sólidos Fixos Totais	mg/L	7.482	9.112	8.066,2	6221,7	SM 2540 (E)
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	832	546	430	711,67	SM 2540 (D)
Sólidos Voláteis Totais	mg/L	6.032	5.206	2.635	3409	SM 2540 (E)
Sólidos Totais	mg/L	13.515	14.318	10.701	9630,67	SM 2540 (B)
Cádmio Total	mg/L	0,01	0,025	< 0,001	< 0,0234	ICP-OES
Cloreto	mg/L	2.131	3.077,4	3027,1	2149,75	SM 4500 Cl ⁻ (B)
Zinco Total	mg/L	0,37	0,50	0,37	0,04	ICP-OES
Nitrato	mg NO ₃ ⁻ N /L	22,46	266,4	203,5	15,65	SM 4500 NO ₃ ⁻ (D)
Nitrito	mg NO ₂ ⁻ N /L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	SM 4500 NO ₂ ⁻ (B)
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH ₄ ⁺ /L	1.173	1915	1256,9	1273,38	SM4500 NH ₃ (F)
Coliformes Totais	NMP/100 mL	90.600	17.820	270.000	57300	*
<i>Escherichia coli</i> (Coliforme Fecal)	NMP/100 mL	24.300	<100	134	84	*

Fonte: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ (2006/2007).

Diante dos dados da **Tabela 2**, pode-se concluir que os percolados apresentam características de chorume velho, com reação DBO/DQO igual a 0,81 e pH em torno de 7. Os valores ao longo do ano para as concentrações de cloreto (variou de 2100 a 3000 mg/L) e nitrogênio amoniacal (variou de 1100 a 1900 mg/L) são característicos de chorume brasileiro. As concentrações de metais pesados são todas abaixo do nível de lançamento de efluentes do CONAMA 357.

Em relação aos dados quantitativos, não é possível ainda avaliar a geração de percolados do antigo lixão, visto que a drenagem implantada não possui medidores de vazão e todo percolado do aterro (antigo lixão e atual aterro sanitário) se mistura na entrada do tanque de armazenamento com capacidade de 2.400 m³. No entanto, é facilmente percebido, após um ano de implantação do PRAD, a não existência de afloramento de chorume nas bermas de NS e NI.

Após um tempo de detenção, todo o percolado dos tanques que exceda ao nível máximo de armazenamento é encaminhado, através de caminhão pipa, a ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) existente no município para co-tratamento com os esgotos domésticos. O primeiro transporte de chorume ocorreu no dia 19 de setembro de 2005, dia em que o tanque atingiu sua capacidade máxima de armazenamento. A partir desta data, o volume de chorume encaminhado a ETE tem sido estabelecido pelos técnicos da Cia de Saneamento Municipal (CESAMA) de forma a não prejudicar a eficiência no tratamento. Basicamente, nas primeiras semanas o volume transportado foi de 6 m³/dia passando para até 60 m³ nos períodos chuvosos. Para maior segurança, foi implantado em 2006 um novo tanque de armazenamento de percolados com capacidade de 800 m³.

As amostras para análise das águas superficiais são retiradas em 4 (quatro) pontos estratégicos: PONTO 1 – Córrego Salvaterra a jusante do aterro; PONTO 2 – Córrego São Mateus; PONTO 3 – Rio do Peixe, a montante do encontro com o Córrego São Mateus e PONTO 4 – Rio do Peixe, a jusante do encontro com o Córrego São Mateus. As análises das águas superficiais consideram os seguintes parâmetros: (a) a cada quatro meses: Condutividade, Cor, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrito, Cloreto, DBO, DQO, Oxigênio



Dissolvido, Zinco, pH, Coliformes Fecais, Coliformes Totais; e (b) a cada 12 meses: Óleos e graxas, Sólidos Totais Dissolvidos, Alumínio, Cádmiu, Chumbo, Cobre, Cromo Total, Ferro, Manganês, Mercúrio, Benzeno, Cloreto de Vinila, Tolueno/Metilbenzeno, Tricloroetileno/Tricloroetano, Xilenos e Cloreto de Metileno.

Os valores de concentração de nitrogênio amoniacal estão abaixo do permitido pela resolução CONAMA; ressalta-se que este elemento é indicativo de possível impacto causado pela Aterro na região, em função da alta presença deste elemento no chorume. As concentrações de alumínio e ferro e manganês (em algumas amostragens) foram acima do permitido pela resolução CONAMA para rios classe 1 (Rio do Peixe); no entanto, estas concentrações no chorume são baixas, exceto para o ferro que estava um pouco mais elevada. Possivelmente a origem destes elementos está através da lixiviação do solo argiloso da região. Em relação aos índices bacteriológicos, coliformes fecais e totais, a Deliberação Normativa COPAM N^o 10 é mais restritiva do que o CONAMA, fixando em 200 e 1000 NMP/100mL respectivamente para coliformes fecais e totais. Para estes índices todas as águas superficiais estão fora do padrão permitido, ressaltando-se, no entanto, que a medição para coliformes fecais está maior no Rio do Peixe (montante e jusante) do que no córrego São Mateus, e cujo valor é maior do que o apresentado pelo chorume, indicando que possivelmente estes índices provém de outras fontes existentes na região.

As análises das águas subterrâneas consideram os seguintes parâmetros: (a) a cada quatro meses: Condutividade, Cor, Nitrogênio Amoniacal, Cloreto, DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido, Zinco, pH, Coliformes Fecais, Coliformes Totais, Sólidos Totais Dissolvidos; e (b) a cada 12 meses: Óleos e graxas, *Pseudomonas Aeruginosa*, *Salmonella* SP, Fenóis, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio *Kjeldahl*, Dureza Total, Turbidez, Alumínio, Cádmiu, Chumbo, Bário, Cobre, Potássio, Sódio, Cromo Total, Ferro, Manganês, Mercúrio, Benzeno, Cloreto de Vinila, Tolueno/Metilbenzeno, Tricloroetileno/Tricloroetano, Xilenos e Cloreto de Metileno.

Em geral, em um dos poços de monitoramento, foram detectados valores de turbidez, alumínio, ferro e manganês e coliformes totais um pouco acima do permitido para padrão de potabilidade da Portaria 518 do Ministério da Saúde. Ferro e manganês e eventualmente alumínio estão presentes em solos tropicais, portanto não podem ser considerados elementos que preocupem.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O acompanhamento do antigo lixão remediado e da Licença de Operação do atual aterro sanitário é realizado através de visitas periódicas dos analistas ambientais da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) e do envio de Relatórios Trimestrais sobre o Monitoramento Geotécnico e Ambiental.

Nota-se, portanto, que a partir da remediação do lixão do Salvaterra o município pôde resolver, em grande parte, a questão do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos. Desde o início da operação do aterro sanitário na vertente direita (30 de maio de 2005) não foi mais registrado nenhum auto de infração por parte do órgão de controle ambiental.

No entanto, a partir dos resultados de monitoramento ambiental e geotécnico, alguns problemas ainda são identificados, principalmente no que se refere às características peculiares do meio físico e a localização da gleba, tais como:

- Grande presença de surgências de águas subterrâneas em toda a gleba, se agravando nos períodos chuvosos. O soterramento de nascentes pelo antigo lixão associado à inexistência de drenos de base contribuiu para a presença de linha piezométrica elevada na vertente esquerda (3 a 5 metros de profundidade). A partir da instalação de nova drenagem profunda em julho de 2006 prevê-se que a linha piezométrica da vertente esquerda ficará abaixo de 5 m de profundidade.
- As medições realizadas nos marcos superficiais indicam valores relativamente elevados nas velocidades e valores absolutos nos recalques. Porém, as leituras indicam a ocorrência de deformações compatíveis com este tipo de estrutura, dentro da ordem de grandeza de medições reportadas em outras obras do gênero (PCE Engenharia Ltda., 2007).
- O monitoramento ambiental vem indicando que o Aterro não está impactando significativamente a região, no que tange aos recursos hídricos. Os valores encontrados nas análises do chorume são característicos da situação atual do Aterro Salvaterra com a presença na lagoa de acumulação, de uma mistura de chorume velho, da área já encerrada e nova do aterro sanitário em operação.
- Há que se ressaltar a necessidade de maiores estudos quantitativos para adequar a compatibilização do tratamento de chorume na ETE Barbosa Laje e a capacidade de acumulação dos tanques de percolados existentes no aterro Salvaterra.



- Ressalta-se, ainda a necessidade de maiores estudos quantitativos e qualitativos dos gases gerados não só pelo lixão remediado, mas também pelo novo Aterro Sanitário que está em operação, com objetivo promover sua recuperação ou a queima controlada mais eficiente, diminuindo seus efeitos adversos para o efeito estufa e aquecimento global.

Destaca-se como principal razão de ser realizar o monitoramento ambiental, a de se identificar problemas e, se for necessário, tomar medidas de remediação.

Diante do pessimista quadro brasileiro de destinação final do lixo urbano, pode-se concluir que o município de Juiz de Fora se encontra em um patamar favorável, restando ainda à administração municipal aprimorar a experiência adquirida e somar esforços no sentido de planejar a implantação de um novo aterro sanitário para o município, visto que o atual Aterro Sanitário Salvaterra, embora seja hoje um exemplo muito positivo, encontra-se em final de sua vida útil (até final de 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, Norma Brasileira Regulamentada, NBR 13896. Aterros de Resíduos não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação. Junho, 1997.
2. BRAGA, B. *et al.*. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002. v. 1, 305 p.
3. CONSTRUTORA QUEIROZ GALVÃO S/A E THECNNA ENGENHARIA LTDA. Relatórios Gerenciais de Atividades de Operação e Manutenção do Aterro Sanitário Salvaterra. Juiz de Fora – MG, Abril/2005 a Setembro/2006.
4. ECOAMB. Relatórios de Amostragem e Análises de Efluentes Gasosos do Aterro Salvaterra. Juiz de Fora-MG, 2006 e 2007.
5. PCE ENGENHARIA LTDA. Relatórios de Monitoramento Geotécnico do Aterro Salvaterra. Juiz de Fora-MG, 2006 e 2007.
6. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD, Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, Diretoria de Infra-Estrutura e Monitoramento – DIREM, Divisão de Saneamento – DISAN. Orientações Técnicas Para Operação de Aterros Sanitários. Abril, 2005.
7. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UERJ. Centro de Tecnologia e Ciências da Faculdade de Engenharia. Laboratório de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – LES. Estudos Relativos à Prevenção dos Impactos Ambientais do Aterro Sanitário de Salvaterra e do Aterro Controlado de Salvaterra. Juiz de Fora-MG – Relatórios de Abril, Julho, Outubro de 2006 e Março de 2007.