

MONITORAMENTO AMBIENTAL E GEOTÉCNICO DE ATERROS SANITÁRIOS

Cícero Antonio Antunes Catapreta (*) Gustavo Ferreira Simões

*Engenheiro Civil (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais), Mestre e Doutor em Saneamento, meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. Professor Adjunto da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e do Centro Universitário UNA – Belo Horizonte, MG. Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG. Brasil - Tel: (31) 3277-8303 – e-mail: catapret@pbh.gov.br.

RESUMO

O monitoramento de aterros sanitários se destaca pela sua importância dentro do contexto da disposição final de resíduos, pois permite o controle operacional desses sistemas e contribui para a minimização dos impactos ambientais provocados por essas unidades. Os resultados obtidos com o monitoramento são empregados para orientar a operação e a manutenção dos aterros sanitários, contribuindo para evitar a formação de processos de instabilização dos maciços e permitir o correto controle ambiental. Neste sentido, este trabalho apresenta os objetivos, atividades e diretrizes gerais dos monitoramentos ambiental, operacional e geotécnico executados em aterros sanitários, assim como a experiência desenvolvida no aterro sanitário de Belo Horizonte desde 1998. São apresentados e comentados alguns resultados obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Disposição Final, Resíduos Sólidos, Monitoramento Ambiental, Monitoramento geotécnico.

INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) sem o devido controle pode gerar impactos ambientais e sociais significativos, principalmente em relação à poluição do solo, do ar e de recursos hídricos, através da migração dos elementos constituintes dos efluentes líquidos e gasosos gerados.

Desta forma, a necessidade de se dispor adequadamente sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, os resíduos sólidos urbanos, industriais e de mineração gerados pelas atividades da sociedade, tem gerado uma significativa evolução no estudo do comportamento geomecânico desses materiais.

Os objetivos do monitoramento são acompanhar o comportamento geomecânico e o desempenho ambiental do aterro, de forma a permitir a identificação, em tempo hábil, de alterações no padrão de comportamento previsto e a proposição de medidas preventivas e corretivas, orientando os trabalhos de conservação e manutenção.

Os monitoramentos geotécnico e ambiental de um aterro sanitário são realizados por meio dos resultados das observações de campo, da análise da instrumentação instalada e das análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de águas superficiais e subterrâneas, e em amostras de líquidos lixiviados. São monitoradas ainda as condições de qualidade dos solos e do ar. As atividades envolvidas nos monitoramentos geotécnico e ambiental compreendem:

- Definição do padrão de desempenho esperado seja o mecânico (comportamento das deformações) ou o ambiental (atendimento aos padrões de referência de qualidade ambiental);
- Definição dos indicadores e parâmetros para análise do desempenho;
- Definição e obtenção dos dados necessários para análise e interpretação do desempenho geotécnico e ambiental (observacionais e instrumentais);
- Análise e interpretação dos dados obtidos e comparação com os padrões de desempenho esperados e de referência de qualidade ambiental;
- Aplicação dos resultados para a operação, conservação e manutenção do aterro: medidas preventivas e corretivas, e de remediação de áreas que eventualmente apresentem alterações na qualidade ambiental ou desempenho geomecânico inadequado.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como finalidade descrever os objetivos, atividades e diretrizes gerais dos monitoramentos ambiental, operacional e geotécnico executados em aterros sanitários, baseando-se na experiência desenvolvida no aterro sanitário de Belo Horizonte desde 1998.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO (BELO HORIZONTE)

Localizada na Região Sudeste do Brasil, Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, é a sexta cidade mais populosa do país, possuindo uma população estimada de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes e se insere em uma Região Metropolitana, formada por 34 municípios, cuja população é estimada em 5,4 milhões, sendo a terceira maior aglomeração populacional brasileira, sétima da América Latina e 62º do mundo.

O município é delimitado pelas latitudes 19°46'35'' e 20°03'34'' Sul e pelas longitudes 43°51'47'' e 44°03'47'' Oeste, e possui altitudes variando de 750 a 1.390 metros, assim como possui uma área de aproximadamente 330 km². Belo Horizonte possui clima ameno, com temperatura média anual de 21°C, possuindo ainda um alto índice de área verde por habitante (27,15m²) e 69 parques municipais. Possui períodos chuvosos e secos bem definidos, sendo que o chuvoso dura cerca de 5 meses (outubro a março) e o seco, aproximadamente, 7 meses (abril a setembro).

CTRS BR 040

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 (CTRS BR 040) (Figura 1) se encontra localizada às margens da Rodovia BR 040, na região Noroeste de Belo Horizonte e iniciou sua operação em 1975, com início das atividades do aterro sanitário e Usina de Reciclagem e Compostagem. O aterro sanitário funcionou durante 14 anos como um aterro convencional, instalado e operado de conformidade com as normas que então regulamentavam o funcionamento desse tipo de instalação, passando a energético em 1989, com o biogás gerado, sendo captado e utilizado como combustível para veículos. A extração de gases foi paralisada em 1995. Nesse mesmo ano, passou-se a adotar a técnica de biorremediação como forma de tratar a massa de resíduos aterrada. A partir de 2002, o aterro voltou a ser operado de forma convencional, tendo sido encerrado e descomissionado em 2007, após de 32 anos de funcionamento. Em 2009, a exploração (captação e reaproveitamento) de biogás voltou a ser realizada.

A CTRS BR 040 ocupa uma área de 144 hectares, sendo que o aterro sanitário ocupa uma área de 65 hectares subdivididos em 7 áreas (células), que foram utilizados para a disposição dos RSU, e possui 65 m de altura no ponto mais elevado. Aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos foram dispostos neste aterro durante sua operação.

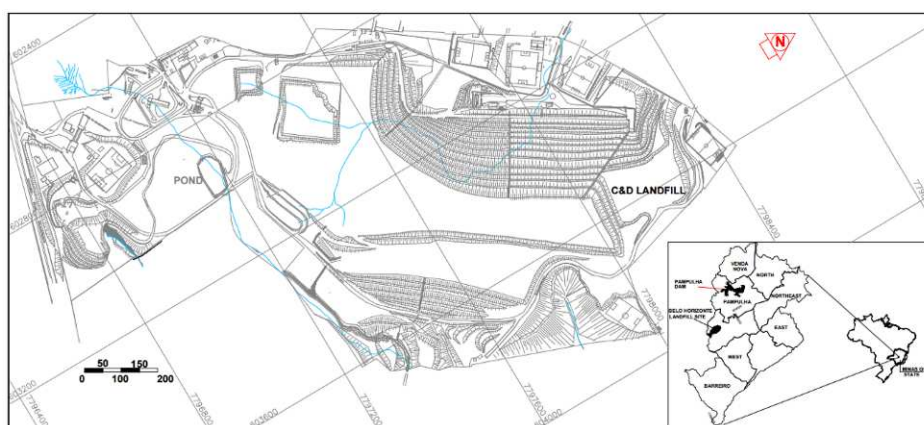


Figura 1: Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 – layout geral.

PROGRAMAS DE MONITORAMENTO

O Programa de monitoramento do aterro sanitário de Belo Horizonte incluía, enquanto encontrava-se em operação, os seguintes acompanhamentos:

- Monitoramento ambiental (qualidade das águas subterrâneas e superficiais, qualidade do ar, pressão sonora, líquidos lixiviados – qualidade-, biogás, dados pluviométricos e vazões de líquidos);
- Monitoramento Operacional (inclinação das rampas de aterragem, compactação dos resíduos, cobertura);

- Monitoramento geotécnico (poro-pressão nos diques e no interior das células de resíduos, recalques superficiais, medidas de permeabilidade, movimentações internas, ensaios de campo, controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados e inspeções de campo).

Após o seu descomissionamento, o aterro sanitário de Belo Horizonte passou a ter os seguintes monitoramentos:

- Monitoramento ambiental (qualidade das águas subterrâneas e superficiais, qualidade do ar, pressão sonora, líquidos lixiviados – qualidade -, biogás, dados pluviométricos e vazões de líquidos);
- Monitoramento geotécnico (poro-pressão nos diques e no interior das células de resíduos, recalques superficiais, movimentações internas e inspeções de campo).

Monitoramento Ambiental

- Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e superficiais

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e superficiais visa ao acompanhamento das condições dos mananciais superficiais e subterrâneos na área de influência dos aterros sanitários e tem a finalidade de verificar a possibilidade de contaminação destes.

O monitoramento das águas superficiais permite avaliação das alterações causadas pelo aterro sanitário nos cursos de água da região por migração lateral de líquidos lixiviados ou pela contaminação das águas pluviais drenadas da superfície do aterro. No primeiro caso o monitoramento é feito coletando amostras a montante e a jusante dos corpos d'água. No segundo caso, pode-se água drenada em tanques ou lagoas, avaliando a contaminação e a necessidade de tratamento.

Para avaliação das águas subterrâneas tem-se adotado o padrão de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano, estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Os parâmetros monitorados nos mananciais de superfície são comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), para coleções de água da Classe 2, e, quando pertinente, Resolução CONAMA nº 430 (CONAMA, 2011)..

No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, as coletas de amostras dos mananciais de superfície são realizadas em 3 córregos existentes, enquanto que, no caso das águas subterrâneas, utiliza-se um conjunto de 39 poços construídos para essa finalidade. De maneira geral, a frequência de monitoramento é mensal para as águas superficiais, e trimestral, para as águas subterrâneas.

- Monitoramento da qualidade do ar

A qualidade do ar na área dos aterros sanitário é avaliada, geralmente, por meio do monitoramento dos níveis de partículas totais e inaláveis em suspensão, obtidos por meio de equipamentos e métodos em conformidade com a ABNT (NBR nº 9.547 e NBR nº 13.412), com periodicidade estabelecida em cronograma e em pontos localizados na periferia interna da área. Os resultados obtidos são comparados com os limites de máximos definidos na legislação vigente.

Pelo fato de o aterro sanitário de Belo Horizonte situar-se na área urbana do município, este monitoramento é extremamente importante, haja vista a proximidade das residências a este. Nesse caso, o monitoramento é realizado somente uma vez ao mês, já que o movimento de máquinas, equipamentos e veículos é baixo, face ao descomissionamento da aterragem de resíduos.

Monitoramento de pressão sonora

O monitoramento da emissão de ruídos visa à obtenção dos níveis de pressão sonora por meio de equipamentos e métodos apropriados, com periodicidade estabelecida em cronograma e em pontos periféricos e externos à área do aterro sanitário. Esse monitoramento possibilita identificar os possíveis impactos provocados pela operação do aterro, junto à comunidade do entorno, causados principalmente pela movimentação de máquinas e veículos pesados, e às pessoas que trabalham no próprio aterro.

No caso do aterro de Belo Horizonte, esse monitoramento é realizado mensalmente, em 5 pontos externos à área da CTRS, uma vez ao mês, pelo mesmo motivo comentado no item anterior.

- Monitoramento dos líquidos lixiviados

O monitoramento dos líquidos lixiviados geralmente consiste na sua avaliação quali-quantitativa (medição da vazão e análises físico-químicas).

O controle dos parâmetros físico-químicos dos líquidos lixiviados visa à avaliação da eficiência do tratamento adotado, além de fornecer parâmetros de controle capazes de indicar a existência de desequilíbrios nos fatores abióticos que interferem no processo e que podem causar a inibição do mesmo. Permite também, conhecer as características dos líquidos lixiviados, para que os mesmos possam ser encaminhados a estações de tratamento de esgotos - ETE, para tratamento em conjunto com os esgotos domésticos, sem trazer prejuízo ao tratamento destes.

O controle quantitativo possibilita a verificação de variações da vazão dos líquidos lixiviados ao longo do tempo, assim como identificar a ocorrência de problemas, como infiltrações, na massa de resíduos já disposta, vazamentos, por meio de migrações nas faces dos taludes, e eventual colmatção de drenos no aterro sanitário.

No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, o monitoramento dos líquidos lixiviados vem sendo realizado de forma sistemática, diariamente, desde 1998. São monitorados os aspectos qualitativos e quantitativos dos líquidos lixiviados, através da determinação de suas características físico-químicas e microbiológicas e da medição de sua vazão.

Desde o ano de 2002, o volume de líquidos percolados gerados no aterro é transportado para um ponto da rede de esgoto, para posterior encaminhamento à Estação de Tratamento de Esgoto municipal. Essa solução só foi viabilizada, pois os resultados apresentados indicaram que os lixiviados estavam dentro dos padrões de efluentes para rede coletora de esgotos exigidos pela COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

- Monitoramento dos gases

O monitoramento qualitativo e quantitativo do biogás gerado nos aterros sanitários deve ser realizado no intuito de estabelecer a quantidade gerada e a sua composição. Em alguns aterros este monitoramento é utilizado para determinar as fases de degradação e o grau de estabilização dos resíduos, assim como o seu potencial energético.

O monitoramento quantitativo é mais complexo, pois depende de diversos fatores, além das características físicas do aterro. No Brasil, existem poucos dados sobre quantidades de gases emitidas em aterros.

Ressalta-se que, além do monitoramento qualitativo e quantitativo realizado no aterro, diretamente nos drenos, deve-se prever a realização de amostragens em outros pontos do mesmo, buscando verificar a possível migração destes gases pela camada de impermeabilização dos taludes e de cobertura final do aterro e se esta migração está colocando em risco a saúde dos residentes no entorno (se houver) e o meio ambiente.

No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, pode-se destacar que esse monitoramento é realizado de forma qualitativa e sistemática, trimestralmente, desde 1998, assim como vem sendo captado e utilizado para reaproveitamento de energia, desde 2009 (Figura 2). Como já comentado anteriormente, esse é a segunda experiência de Belo Horizonte em termos de reaproveitamento de biogás.



Figura 2 -Reaproveitamento de biogás - Usina termelétrica – belo horizonte (Fonte: SLU, 2011)

- Registro de dados pluviométricos e de vazão

Como atividade complementar ao monitoramento, também deve ser realizado o registro dos dados pluviométricos e de vazão de líquidos lixiviados, preferencialmente, em diversos pontos do aterro sanitário, o que pode contribuir para um melhor gerenciamento desses líquidos e contribuir mais efetivamente para a avaliação do balanço hídrico no aterro. O ideal é que os aterros possuem estações meteorológicas próprias, para não dependerem de dados de outras instituições e órgãos.

No aterro sanitário de Belo Horizonte, existem um pluviógrafo e um pluviômetro, que facilita a obtenção de dados pluviométricos. Outros dados climatológicos, quando necessário, são obtidos em estações localizadas próximas a esse aterro.

Monitoramento geotécnico

- Medidas de poro-pressão nos diques e no interior das células de resíduos

Com o objetivo de acompanhar os níveis de pressões nos líquidos e gases e identificar a possível formação de níveis suspensos de líquidos no interior das células de resíduos, sugere-se que sejam instalados piezômetros tipo Vector (ou outros modelos) em várias profundidades. Esses piezômetros (Vector), descritos por Antoniutti Neto *et al.* (1995) (Figura 3), são constituídos de dois tubos concêntricos, o interno para o registro da pressão de líquidos lixiviados e o externo para a avaliação da pressão no biogás. Além dos piezômetros, o monitoramento do nível de líquidos no interior das células de resíduos também pode ser realizado em poços, que são constituídos de tubos de concreto perfurados, ao longo de toda a extensão (profundidade) do aterro.

Em Belo Horizonte, foram instalados 9 piezômetros no dique de contenção desse aterro, e outros seis (provisórios) no topo (3 piezômetros) e taludes do aterro sanitário (3 piezômetros).

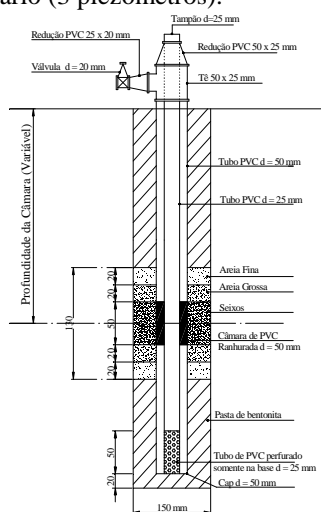


Figura 3. Detalhe do piezômetro (adaptado de Antoniutti Neto *et al.*, 1995)

- Medidas de recalques superficiais

O conhecimento dos recalques é de suma importância em qualquer obra geotécnica. No caso dos aterros de disposição de RSU tal conhecimento permite, por exemplo:

- A avaliação das condições de estabilidade dos maciços de resíduos;
- A estimativa da vida útil dos mesmos, fator importante no gerenciamento dos RSU;
- A avaliação da integridade dos sistemas de revestimento, de cobertura e dos dispositivos de drenagem de líquidos percolados e gases;
- O desenvolvimento de estudos para reaproveitamento das áreas ocupadas após o fechamento dos aterros.

Os recalques, e a verificação visual da ocorrência de trincas na cobertura de bermas e taludes, são indicadores das falhas e comprometimento da estabilidade da massa de resíduos. Os medidores são formados por uma base de concreto, instalada entre o topo dos resíduos e a camada de cobertura final, e uma haste de aço (Figura 4). Os recalques são medidos, geralmente, utilizando-se equipamentos topográficos (estação total e prisma ótico).



Figura 4 – Medidores de recalques

No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, os recalques superficiais vêm sendo obtidos através de um conjunto de 130 medidores instalados nas bermas e no topo do aterro.

A análise conjunta dos registros das movimentações horizontais e verticais dos medidores possibilita a avaliação mais completa dos padrões de deslocamento e a identificação de problemas de estabilidade, conforme mostrado na Figura 5.

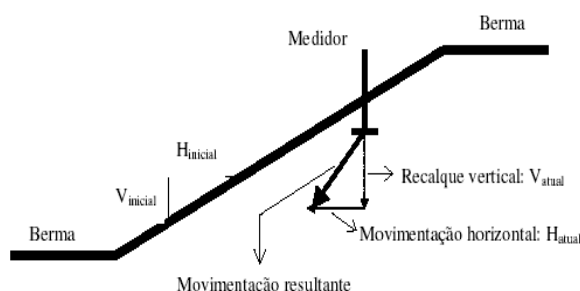


Figura 5 – Esquema das movimentações em perfil dos medidores de recalques superficiais (Simões *et al*, 2010)

Com relação aos padrões de movimentações em perfil, observa-se que a resultante dos deslocamentos apresenta uma tendência de se manter com inclinações superiores àquelas observadas no instante da instalação dos mesmos, indicando reduções do volume de resíduos e sugerindo que as movimentações observadas não se figuram como indicativos de instabilidade dos taludes.

- Medidas de permeabilidade

O controle da permeabilidade dos diversos materiais (camada de impermeabilização de base, diques, camadas de cobertura e resíduos) deve ser realizado por meio de ensaios de campo e de ensaios de laboratório.

A permeabilidade dos resíduos, quando necessário, deve ser avaliada com a realização de ensaios de perda d'água em furos de sondagem. Destaca-se, novamente, a dificuldade de se realizar ensaios de campo no interior da massa de resíduos.

Os ensaios de permeabilidade foram realizados no aterro sanitário de Belo Horizonte, quando da implantação das bases das novas áreas de disposição de resíduos (entre 1995 e 2006).

- Controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados

O controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados na construção da base e dique de contenção do aterro sanitário deve ser realizado por meio de ensaios de laboratório (caracterização geotécnica, compactação, permeabilidade, adensamento, cisalhamento direto e compressão triaxial) e de ensaios de campo (controle de compactação e permeabilidade).

Os ensaios geotécnicos foram realizados no aterro sanitário de Belo Horizonte, quando da implantação das novas áreas de disposição (entre 1995 e 2006) e do dique de contenção desse aterro.

- Medidas de movimentações internas

Sugere-se que sejam instalados inclinômetros nos diques de contenção dos aterros sanitários, pois permitem acompanhar as possíveis movimentações do maciço.

Em Belo Horizonte, no aterro sanitário, na etapa inicial do monitoramento, foram instalados 8 (oito) inclinômetros em um dos diques de contenção do aterro.

- Sondagens a percussão

Com o objetivo de avaliar a variação resistência dos resíduos com a profundidade, podem ser realizadas sondagens à percussão, avaliando a variação do número de golpes com a profundidade.

- Inspeções de campo

Inspeções de campo devem ser realizadas regularmente, durante o período de operação do aterro sanitário e após o seu encerramento, e tem como objetivo avaliar as condições dos sistemas de drenagem de águas pluviais, controle de processos erosivos, ocorrência de trincas nos taludes, dentre outras. Em Belo Horizonte, esse monitoramento é realizado de forma sistemática, diariamente, desde 1998.

- Verificação do nível de líquidos lixiviados no interior do aterro sanitário

Com o objetivo acompanhar o evolução das poro-pressões no interior da massa de resíduos, subsidiando, dessa forma, a avaliação da estabilidade geotécnica do aterro sanitário, deve ser realizado o monitoramento do nível de líquidos lixiviados no seu interior. Este acompanhamento é realizado regularmente pelo registro das profundidades do nível de líquidos nos piezômetros, definidos em projeto e explicados anteriormente nesse trabalho. A presença de camadas de cobertura diária, muitas vezes de espessura significativa e baixa permeabilidade, pode resultar na formação de bolsões de líquidos.

Desde 2001, esse monitoramento é realizado no aterro sanitário de Belo Horizonte. No início, semanalmente, e, posteriormente, esse acompanhamento passou a ser quinzenal.

Monitoramento operacional

- Controle da densidade dos resíduos aterrados

O controle da densidade dos resíduos aterrados fornece elementos indispensáveis à avaliação da estabilidade e da vida útil do aterro. Esse controle deve ser efetuado ao longo do período de operação do aterro sanitário, por meio do registro topográfico semanal da frente de serviço associado à pesagem dos veículos na central de balanças.

O número e as características dos equipamentos utilizados na compactação, bem como a inclinação das rampas de compactação e o número de passadas, também vêm sendo monitoradas. Enquanto estava em operação, esse monitoramento foi realizado no aterro de Belo Horizonte, entre os anos de 2001 e 2007, semanalmente.

- Inclinação das rampas de aterragem

O controle da inclinação das rampas de aterragem visa verificar a eficiência dos equipamentos compactadores, haja visto que essa inclinação pode afetar a compactação dos resíduos. Esse controle é realizado por meio acompanhamento topográfico no momento da aterragem de resíduos. Enquanto estava em operação, esse monitoramento foi realizado no aterro de Belo Horizonte, entre os anos de 2001 e 2007, semanalmente.

3.3.1 Plano de monitoramento pós-fechamento

Após o encerramento das atividades, sugere-se que se dê continuidade à execução dos monitoramentos descritos, porém, com algumas alterações, principalmente em função de sua adequação a novas técnicas e do término das atividades operacionais.

Até o 5º ano após o encerramento das atividades de aterragem de RSU será executado o plano que atualmente vem sendo conduzido. A frequência prevista para ser adotada após o 5º ano de encerramento de atividades deverá ser revista, ou discutida, antes do final do 4º ano e após este, anualmente, devendo se estender, no mínimo, por um período de 20 anos.

No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, o monitoramento realizado permaneceu praticamente o mesmo, desde o descomissionamento desse aterro em 2007. Poucas modificações e adequações foram realizadas, assim como o monitoramento operacional deixou de ser realizado.

CONCLUSÕES

Foram apresentados os aspectos básicos de uma sistemática de monitoramento ambiental, operacional e geotécnico, que deve ser empregada em um aterro sanitário. Obviamente, esse monitoramento pode variar em função do porte e tipo de aterro sanitário, devendo ser avaliado caso a caso.

Também foram apresentados alguns aspectos relacionados ao programa de monitoramento que vem sendo realizado no aterro sanitário de Belo Horizonte, desde 1998, sendo eu o monitoramento permanece praticamente o mesmo, após o encerramento das atividades de disposição de resíduos nesse aterro (dezembro/2007), tendo sido realizadas poucas modificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIUTTI NETO, L.; VAL, E.C. E ABREU, R.C. **Desempenho de piezômetro Vector em aterro sanitário.** In: III Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos, 1995, Ouro Preto. Anais do III Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos. Vol.2: 593-601, 1995.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.**
3. CATAPRETA, C.A.A.; BATISTA, H.P.; SIMÕES, G.F. **Monitoramento qualitativo do biogás gerado no aterro sanitário de Belo Horizonte, MG.** Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, 2006.
4. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.** Brasília: CONAMA, 2005.
5. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357.** Brasília: CONAMA, 2011.
6. SIMÕES, G.F.; CATAPRETA, C.A.A.; MARTINS, H.L. **Avaliação do desempenho geomecânico do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG, por meio do acompanhamento da evolução dos recalques.** Anais do VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, 2006.
7. SIMÕES, G.F.; CATAPRETA, C.A.A.; MARTINS, H.L. **Monitoramento Geotécnico de Aterros Sanitários – Trabalhos Realizados na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040 em Belo Horizonte, MG.** In: Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamento de Resíduos Sólidos, 2006, Rio de Janeiro. Anais do Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamento de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: COOPE-UFRJ, 2006.
8. SLU - Superintendência de Limpeza Urbana. **Experiência de Aproveitamento Energético do Biogás do Aterro Sanitário de Belo Horizonte.** In: Workshop Digestão Anaeróbia como Alternativa para o Manejo de Resíduos Sólidos em Municípios. Belo Horizonte, 2011