

MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL DO ATERRO METROPOLITANO CENTRO

Fernando Antônio do Carmo Silva¹

Sandro Lemos Machado²

Miriam de Fátima Carvalho³

Kleber Azevedo Dourado⁴

RESUMO: Neste trabalho é apresentado o resultado do monitoramento geotécnico que a equipe do Laboratório de Geotecnia Ambiental da UFBA (GeoAmb) vem desenvolvendo no Aterro Metropolitano Centro, em Salvador-Ba, desde 2003. Além das séries de medidas de temperatura e nível piezométrico, são apresentados, ainda que de forma superficial, detalhes construtivos da instrumentação empregada. As medidas de temperatura mostraram que o resíduo sólido urbano (RSU) disposto no local apresenta uma tendência ao equilíbrio, a curto prazo, entre as temperaturas de 40 e 45°C, isto após atingir um valor de pico, e o acompanhamento realizado em dois piezômetros mostrou que o nível de chorume se apresenta de forma totalmente independente, indicando ser difícil e demorada a comunicação entre o manancial de chorume dentro do maciço de lixo.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos urbanos; Aterro sanitário; Monitoramento ambiental.

1 – INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os centros urbanos têm experimentado um acelerado crescimento populacional e industrial. Este crescimento traz consigo inúmeras preocupações de ordem ambiental, tais como a geração e a destinação inadequada dos resíduos sólidos, uma vez que a geração de resíduos estabelece uma relação direta com o número de habitantes de uma cidade, ou seja, quanto maior a população, mais lixo ela produzirá. Esta situação é agravada por diversos fatores, que vão desde os padrões de embalagens utilizados pelas indústrias até o uso indiscriminado de produtos químicos no meio doméstico, que tem tido como destino final os aterros de classe II.

Impactos ambientais resultantes da disposição inadequada dos resíduos sólidos são frequentes, contaminando solos e mananciais das regiões atingidas. Todos estes fatores têm despertado a atenção dos governantes, estudiosos e da sociedade civil, para a importância de estudos que primem pelo desenvolvimento de novas técnicas e aprimoramento das existentes, visando à minimização da geração de resíduos e reaproveitamento de matéria-prima.

Nos países em desenvolvimento a técnica mais utilizada para destinação final de resíduos sólidos é o aterro sanitário, por sua praticidade e por apresentar um custo relativamente baixo, quando comparado a outras técnicas, além da possibilidade de reutilizar a área após o término das suas atividades. Por se tratar de estruturas que necessitam, em sua maioria, de grandes áreas para seu funcionamento, faz-se necessário o desenvolvimento de novas técnicas que possibilitem a otimização do uso dos aterros sanitários, aumentando assim a sua vida útil, e tornando-os mais seguros do ponto de vista sanitário (MARIANO, 1999; MONTEIRO, 2003).

Compreender o comportamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no interior de um

1 Iniciação científica – UFBA, e-mail: feusilva@gmail.com; Autor

2 Professor Doutor da Universidade Federal da Bahia; e-mail: smachado@ufba.br; Orientador

3 Professora Doutora da Universidade Católica do Salvador; e-mail: miriam@ucsal.br ; Co-orientadora

4 Professor Mestre da Universidade Católica do Salvador; e-mail: kleber_dourado@yahoo.com.br ; Co-orientador

aterro sanitário requer um conhecimento geotécnico diferenciado no que diz respeito à compressibilidade, estabilidade de taludes e capacidade de carga. A dificuldade nestes estudos ocorre devido à heterogeneidade na formação dos resíduos, conferindo-lhes características particulares, como alta compressibilidade, grande tempo de estabilização das deformações e irregularidades das deformações, o que dificulta a adaptação dos procedimentos e teorias existentes.

Os recalques sofridos pelos maciços de RSU é um tema de grande importância no que diz respeito à otimização do uso da área do aterro, e isto se dá pelo fato de que os materiais depositados em um aterro sofrem grandes perdas, cerca de 30% de sua altura inicial (SOWERS, 1973 apud MARIANO, 1999), diminuindo o seu volume e aumentando a capacidade de armazenagem.

Neste sentido, o projeto de Monitorização Geotécnica e Ambiental de Aterros Sanitários, um convênio de cooperação técnica firmado entre a Universidade Federal da Bahia – UFBA e a BATTRE – Bahia Transferência e Tratamento de Resíduos S.A., tem buscado entender o comportamento mecânico dos maciços de resíduos sólidos urbanos (RSU), no interior de uma célula de disposição, através do estudo da temperatura e pressão interna do maciço, nível de chorume, recalques internos e superficiais. As leituras em campo são efetuadas no Aterro Metropolitano Centro (AMC), gerenciado pela BATTRE, e responsável por atender as demandas das cidades de Salvador, Simões Filho e Lauro de Freitas.

2 – MONITORAMENTOS DE CAMPO EM MACIÇO DE RSU

Atualmente o GeoAmb realiza o monitoramento de três parâmetros, *in situ*, no Aterro Metropolitano Centro. São eles: temperatura, nível de chorume e recalque. Para que estas medidas fossem realizadas, foi necessária a implementação de alguns equipamentos, que são apresentados a seguir de forma resumida, em conjunto com as séries de dados que vêm sendo registrados desde 2003.

2.1 – Monitoramento de temperatura

Para o monitoramento da temperatura no maciço de RSU se utilizou um cabo tipo termopar, protegido por uma mangueira de $\frac{1}{4}$ de polegada, com uma das extremidades embutida numa cápsula de PVC de 110mm, que é preenchida com nata de cimento. A outra extremidade fica livre para leitura no indicador digital de temperatura.

As sondas são depositadas no maciço em cotas conhecidas, dispostas na horizontal e saindo em uma das bermas do aterro. A Figura 1 mostra o esquema do equipamento utilizado em campo na medição da temperatura.

Os medidores de temperatura, termopares, foram instalados em 11 pontos, distribuídos do modo seguinte: oito na célula 05, dois na célula 06 e um na macro-célula. O monitoramento da temperatura tem sido realizado desde 2003 com leituras semanais.

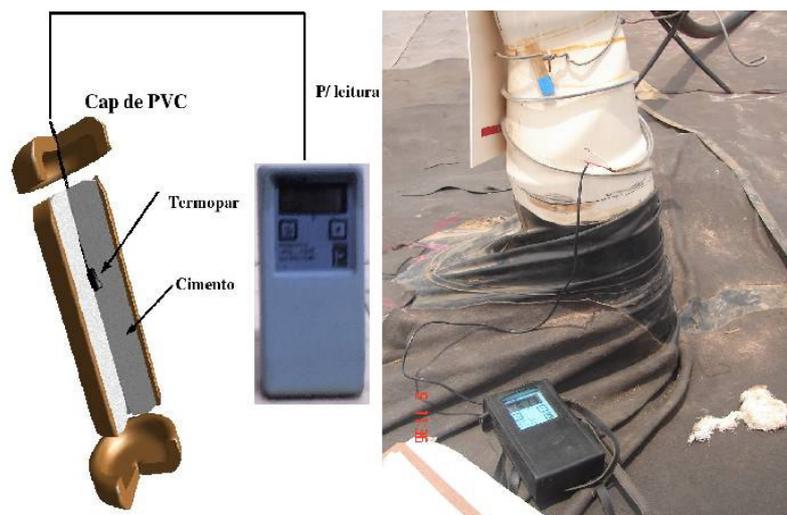


Figura 1 - Cápsula com fio termopar para leitura da temperatura interna do RSU.

Na Tabela 01 são apresentadas as informações relativas ao local, cota, data de instalação e encerramento dos cinco termopares que funcionaram por período superior a 4 meses. A Figura 02 trás as séries de leituras realizadas nestes termopares, nas quais são observados:

- Parece haver uma tendência ao equilíbrio em uma temperatura entre 40 e 45°C, ainda que a curto prazo, sendo este equilíbrio alcançado, em alguns casos, após um decaimento da temperatura de pico;
- O sensor Cel.05 – cota 41,1m apresentou comportamento atípico nas primeiras 12 leituras, que permaneceram sem muita variação em torno dos 28 °C, fato explicado devido ao elevado nível de chorume na célula 05, no período de sua instalação, e que o sensor nele permaneceu submerso, ficando indiretamente em contato com a atmosfera;
- O sensor Cel. Macro – cota 70,0m teve comportamento similar aos demais até o mês de agosto, quando experimentou uma variação de temperatura que saiu do entorno de 40°C para 32°C. O fato coincide com o retorno da operação para a Macro-célula, quando foi reaberta para lançamento de RSU no local. Esperava-se que o comportamento deste ponto de leitura fosse normalizado com o fechamento da célula, o que não aconteceu. Foram registradas duas leituras com valores próximos aos 14°C, o que é improvável, para o ambiente em questão.

Em síntese, pode-se dizer que os termopares atuam como um bom indicativo da influência da operação no processo de decomposição dos resíduos, estando as variações nos valores de temperatura obtidos intimamente ligados às operações de reabertura de célula e às variações no nível de chorume dentro do maciço.

Tabela 01 - Termopares com série de medidas em tempo superior a quatro meses.

Termopar	01	06	07	08	11
Local	Célula 05	Célula 06	Célula 06	Célula 05	Macro-Célula
Cota (m)	41,1	45,7	50,4	60,0	70,0
Instalação	16/09/03	09/07/04	09/07/04	12/08/04	01/03/05
Encerramento	11/02/04	02/02/05	01/03/05	03/06/05	19/04/06

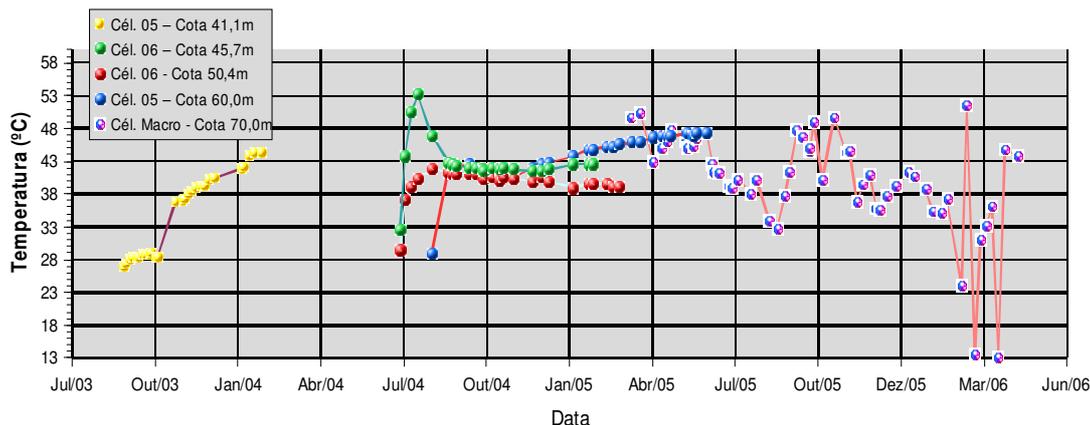


Figura 02 - Séries de acompanhamento da temperatura no interior das células de deposição por termopar.

2.2 - Medidas de nível de chorume

O monitoramento do nível de chorume no AMC teve início a partir da macro célula onde se utilizou um piezômetro simples, que consiste em: um tubo de pvc de 50mm, instalado na vertical, com ranhuras em sua base, construído ao longo da evolução do maciço; este tubo está protegido por manilhas de concreto para evitar que, pelos movimentos internos do maciço, haja o fechamento da seção do tubo, que tem uma parede relativamente fina. Verificou-se, no entanto, que em função do borbulhamento do gás no interior do tubo, havia produção de espuma, dificultando a tomada do nível de chorume.

Desta forma, passou-se a adotar o piezômetro tipo VECTOR, no Aterro Metropolitano Centro, sendo um destes piezômetros ilustrado na Figura 3. A Figura 4 mostra os detalhes construtivos do equipamento. Trata-se de dois tubos concêntricos, os quais servem para isolar as leituras de nível do chorume da influência da pressão de gás, com a criação de um sifão. O sifão, quando cheio com o líquido percolado, permite a leitura do nível de chorume e da pressão de gás através do tubo interno. Aplicando-se o princípio dos vasos comunicantes, a pressão do gás é dada pela diferença entre os níveis de chorume antes e após a abertura do tubo externo para a atmosfera.

Durante o processo de leituras se utilizou um detector elétrico de nível que permite a regulagem de sensibilidade, disparando somente em contato com o chorume líquido (sensibilidade mínima do aparelho). A sonda é inserida no tubo e quando sinaliza tem-se a posição da coluna de chorume com relação ao topo do tubo.



Figura 03 – Piezômetro tipo Vector instalado no Aterro Metropolitano Centro para monitoramento do nível de chorume.

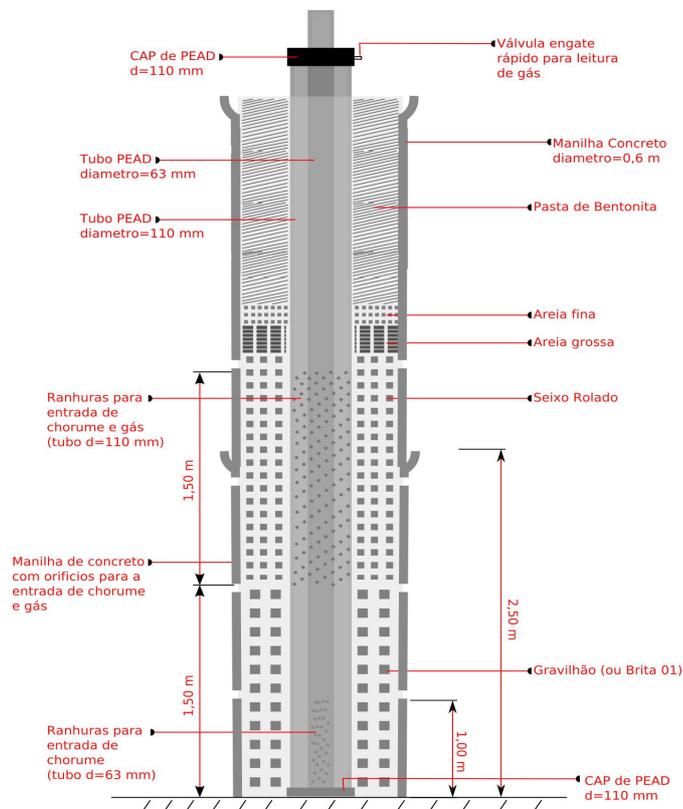


Figura 04 - Esquema descritivo do piezômetro tipo VECTOR

As Figuras 05 e 06 apresentam um resumo dos resultados obtidos a partir dos piezômetros 1 e 2, respectivamente, instalados no Aterro Metropolitano Centro. Conforme se

pode observar nestas figuras, o nível do chorume se comportou de forma totalmente independente nos diferentes piezômetros, indicando ser difícil e demorada a comunicação entre o manancial de chorume dentro do maciço de lixo. Este comportamento pode em boa parte ser creditado ao efeito do material fibroso do RSU e também ao efeito de sobre-pressão causado pela disposição do resíduo e sua compactação. Pode-se dizer, contudo, que a longo prazo, os piezômetros tendem a apresentar resultados similares. Ademais, verificou-se que em alguns momentos a altura de chorume dentro da célula superou os 10 metros, que somado à pressão de gás, provocou a surgência de chorume nas bermas do maciço (a profundidade da base com relação ao nível do terreno é de aproximadamente 12 metros, no local).

Com relação ao comportamento no ano 2005 e início de 2006, observa-se nas Figuras 05 e 06, que o nível de chorume, em ambos os piezômetros, apresentou uma tendência de decaimento entre os meses de janeiro e setembro, registrando uma redução que girou em torno de 1m, neste tempo. Vale frisar que no referido período se concentram os meses de maior intensidade pluviométrica do local, tendo, em princípio, duas justificativas para tal redução: a ação do sistema de drenagem-bombeamento, que retira chorume do interior da célula, e o fato do maciço de resíduos possuir um sistema de cobertura que diminui a infiltração de águas pluviais.

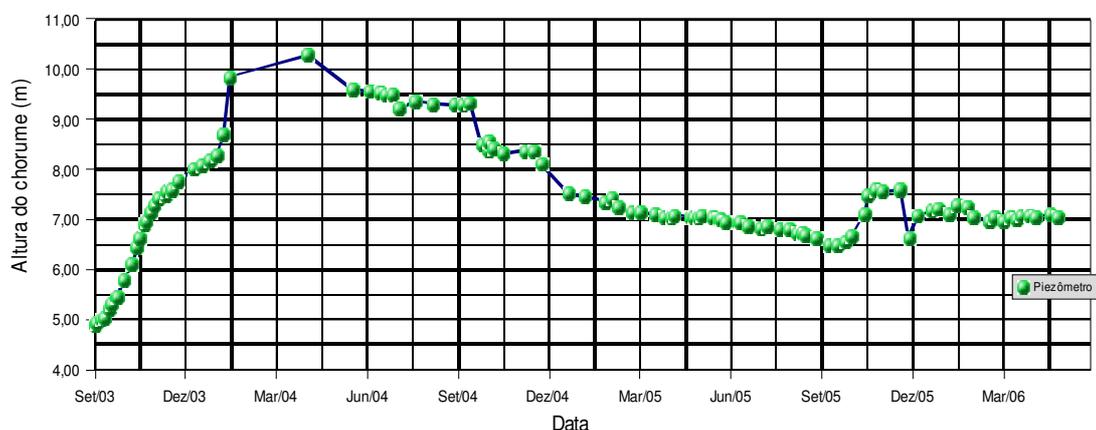


Figura 05 – Gráfico ilustrando a variação da cota do nível de chorume e a espessura da coluna de chorume durante o período monitorado. Piezômetro 1.

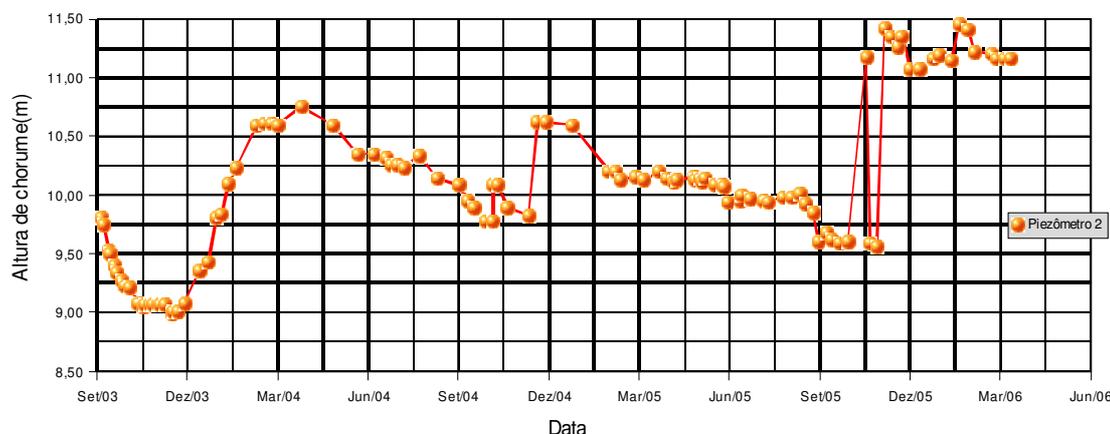


Figura 06 – Gráfico ilustrando a variação da cota do nível de chorume e a espessura da coluna de chorume durante o período monitorado. Piezômetro 2

Uma quebra na tendência de decaimento é verificada a partir de outubro, quando é

registrado um aumento na coluna de chorume, sendo este aumento de aproximadamente 1,0m no piezômetro 01 e de 2,5m no piezômetro 02. O fato está associado ao retorno da operação no local, com disposição de resíduo. Isto sugere que a elevação do nível de chorume é decorrente da redução de vazios no interior do maciço durante o processo de compressão do lixo.

2.3 – Medidas de recalques internos

Para a monitoração dos recalques em profundidade do maciço, inicialmente foi prevista a instalação de placas de recalque magnéticas. Foram adquiridas junto ao IPT, 15 placas de recalque, feitas em alumínio e com um ímã central (preso a elas através de placas de *nylon*), que cria um campo magnético, detectado por um sensor, conforme ilustrado na Figura 07. As placas foram instaladas no maciço em cotas conhecidas, tendo um tubo de PEAD como guia.

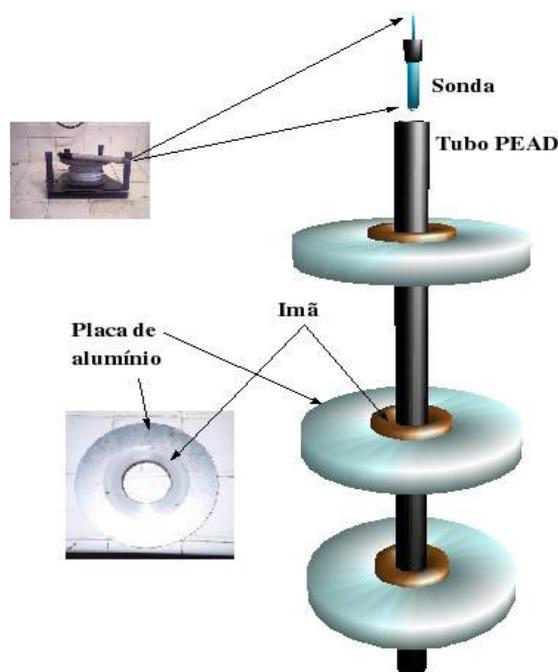


Figura 07 – Esquema de funcionamento do sistema de medida de recalques com placas magnéticas.

Infelizmente, ao contrário dos outros equipamentos do processo de monitoramento instalados, as placas de recalques apresentaram uma série de problemas, como obstrução dos tubos-guia e incerteza da cota do topo dos tubos. Em virtude destes problemas, diversos dados foram perdidos ou as séries se apresentam descontínuas (atualmente não há nenhuma placa magnética funcionando).

Diante do insucesso das medidas de recalque em profundidade através das placas magnéticas e para dar continuidade às leituras de recalque, desenvolveu-se outro equipamento, a fim de traçar um perfil do recalque em profundidade a partir da pressão de água indicada em um transdutor de pressão, tendo como referência um nível externo de cota conhecida. A Figura 08 ilustra como se dá a colocação do equipamento no maciço de RSU, consistindo de um tubo de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com diâmetro nominal de 110 mm e pressão nominal de 1600 kPa, que fica disposto no interior do maciço de RSU, inicialmente instalado na horizontal com uma das extremidades com saída para a atmosfera. Por esta saída se faz percorrer, por todo o comprimento do tubo, uma sonda que contém o transdutor de pressão com fundo de escala de

50 kPa, que funciona ligado a um reservatório de água.

A cada três metros são anotados os valores de pressão que, posteriormente, serão tratados e comparados com os valores obtidos no momento da instalação. Como referência é utilizado um valor de pressão em um ponto de cota conhecida, isento de influências dos recalques.

Duas tentativas de utilização do novo sistema foram realizadas, nas quais foram utilizados tubos de PEAD tipo PN6 com diâmetro de 110mm, tendo ambas fracassado por fechamento da seção. Com a substituição do tubo de PEAD para o tipo PN16, em mesmo diâmetro, na instalação de duas novas seções, obteve-se êxito no método, estando ambas em funcionamento, atualmente. Estas seções estão identificadas como Seção 01 e Seção 02. A Figura 09 mostra a entrada do tubo por onde a sonda é inserida para a realização das leituras, juntamente com o transdutor de pressão. As medidas realizadas pelo novo sistema de medida de recalque ainda está em tratamento.

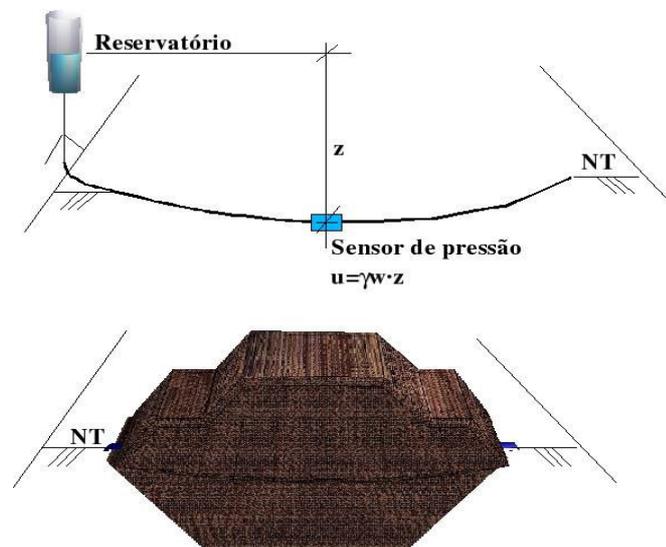


Figura 08 – Equipamento para medição do recalque em profundidade.



Figura 9 – Entrada do tubo de PEAD e sonda com o transdutor de pressão

3 – CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou as atividades de monitoramento que vem sendo desenvolvido pela equipe do Laboratório de Geotecnia Ambiental da UFBA no Aterro Metropolitano Centro, em Salvador – BA, compreendendo: medidas piezométricas de chorume, temperatura e recalque no interior do maciço de resíduo sólido urbano (RSU). As medidas de temperatura mostraram que o RSU disposto no local apresenta uma tendência ao equilíbrio, a curto prazo, entre as temperaturas de 40 e 45°C, isto após atingir um valor de pico, e que o sistema de cobertura exerce relativa influência na temperatura no interior do maciço. O acompanhamento realizado em dois piezômetros mostrou que o nível de chorume se apresenta de forma totalmente independente, dependendo da posição geográfica, indicando ser difícil e demorada a comunicação entre o manancial de chorume dentro do maciço de lixo, bem como, que o nível de chorume também é sensível à novas sobrecargas aplicadas ao maciço, sugerindo uma relação entre a elevação do nível de chorume e a redução de vazios no interior do maciço, durante o processo de compressão do lixo.

REFERÊNCIAS

MARIANO, Maria Odete Holanda. **Recalques no aterro de resíduos sólidos da Muribeca-PE**.1999. 110 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MONTEIRO, Veruschka Escarião Dessoles. **Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do Aterro da Muribeca**. 2003. 225 f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.