

## **ANÁLISE DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE RECALQUES UTILIZADO EM MONITORAMENTO GEOAMBIENTAL**

**Raquel Freitas Reis<sup>1</sup>**  
**Cláudio Luís de Araújo Neto<sup>2</sup>**  
**Breno Moura de Araújo Nóbrega<sup>3</sup>**  
**Vanderson de Lima Reis<sup>4</sup>**  
**William de Paiva<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,5</sup> Grupo de Geotecnia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba, Brasil, raquel\_f\_r@hotmail.com; claudioluisneto@gmail.com  
breno.moura.n@gmail.com; wili123@ig.com.br

<sup>4</sup> Professor e Pesquisador do Campus Manaus Distrito Industrial, Instituto Federal do Amazonas, Manaus – Amazonas, Brasil, king75br@gmail.com

### **Introdução**

Para compreender qualquer fenômeno é necessário observar comportamentos, para isso, os sistemas de medições são aliados importantes para o desenvolvimento científico, pois através das informações obtidas pelos instrumentos é possível analisar os parâmetros e chegar a possíveis conclusões daquilo que se está investigando. Os sistemas de medições devem apresentar exatidão e precisão em suas leituras, com pouca margem de erro, para gerar resultados confiáveis e interpretações seguras. Para Marconi (2016), os dados adquiridos pelos sistemas de medições são os alicerces para a compreensão e interpretação de um fenômeno em investigação.

Na geotecnia ambiental, o uso dos sistemas de medições é de fundamental importância, visto que obra de aterro sanitário é uma alternativa amplamente utilizada para a disposição e tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Para Boscov (2008) o monitoramento geotécnico e ambiental de aterros sanitários, possui como função, fornecer informações para o controle da estabilidade estrutural e do impacto ambiental, além do conhecimento do comportamento mecânico e físico dos resíduos e dos materiais que o compõe.

Os sistemas de medições utilizados para o monitoramento de recalques (deformações verticais) geralmente são as adaptadas da geotecnia clássica, embora os maciços de RSU apresentem um comportamento diferenciado dos observados em solos. Para o monitoramento de recalques em profundidade, a compreensão dos comportamentos requer maior atenção. Segundo Melo (2003) os recalques que se dão ao longo da profundidade da massa de lixo, apresentam diferentes velocidades de degradação ao longo do tempo, fator que pode comprometer na estabilidade do maciço. Swati e Joseph (2008) afirmam que compreender os padrões de recalques dos RSU é fundamental para a concepção de um aterro eficiente, mantendo os vários elementos de engenharia de uma instalação.

Uma das metodologias utilizadas para monitoramentos de recalques em profundidade é descrita por Leite (2008) e Farias (2014), e consiste na distribuição de placas magnéticas ao longo da profundidade do maciço. Nas placas são acoplados ímãs axiais, para geração do campo magnético e possuem um orifício central que as permitem transcorrer por um tubo guia que é instalado verticalmente na base inferior da massa de resíduo e se prolonga até a camada superior do maciço. O processo de medição se dá através da inserção no tubo guia de um fio graduado, que possui em uma de suas extremidades uma sonda composta por um sensor que detecta o campo magnético, viabilizando assim o conhecimento do posicionamento das placas.

O presente trabalho tem como objetivo analisar os sistemas de medições que são utilizados pelo Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA), da Universidade Federal de Campina Grande – PB, para medir recalques em profundidade em escala real e escala de laboratório, calibrando-os com aceitação de erros toleráveis nas medidas.

## Material e Métodos

Para a elaboração deste trabalho, desenvolveu-se um ensaio para analisar os sistemas de medições que são utilizados pelo Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Paraíba, para monitorar os recalques em profundidade.

### *Os sistemas de medições*

Foram analisados dois sistemas de medições, o primeiro é o sistema de medição utilizado para monitorar recalques em profundidade na célula experimental (lisímetro). Este sistema possui um fio graduado de 5 m de extensão, em uma das suas extremidades possui um sensor que identifica o campo magnético e na outra extremidade possui um multímetro que é acionado com a identificação do campo magnético, como pode ser observado na Figura 1a. O outro sistema de medição é utilizado para medir recalques em profundidade no aterro sanitário de Campina Grande/PB, Este sistema possui um fio graduado de 30 m, em uma de sua extremidade existe um sensor que identifica o campo magnético, e na outra extremidade possui um diodo emissor de luz e uma buzina que são acionados quando é identificado o campo magnético, conforme observado na Figura 1b.



Figura 1. Sistemas de Medições de Recalques em Profundidade.

### *O ensaio*

Para analisar os dois sistemas de medições desenvolveu-se um protótipo para testes, este protótipo simula em escala reduzida a metodologia de placas magnéticas, sendo composta de um tubo guia e placas magnéticas distribuídas ao longo da profundidade. No tubo guia realizou-se um corte transversal de 0,04 m de largura e 1,5 m de altura. No interior do tubo guia, foi fixada uma fita métrica de 1,5 m, com a função de analisar as medidas, através da observação visual da localização da placa magnética. As placas magnéticas ficam seguras através de cabos de nylon, o qual possuem ajustes que proporcionam o deslocamento das placas.

Foram selecionadas 5 pessoas (operadores), que usualmente realizam esta atividade de medição, utilizando a metodologia já citada na revisão. Inicialmente a placa magnética foi alocada a uma altura de 0,70 m da base do protótipo, essa altura foi visualizada a partir da fita métrica posicionada no interior do tubo guia, após essa etapa o tubo guia foi lacrado, para que os operadores não visualizassem o local da placa magnética. Os operadores foram solicitados individualmente para realizarem as medidas com ambos os sistemas de medição, sem que mantivessem contato posterior a medição, para que não houvesse influência na leitura dos dados coletados. Posteriormente, a placa magnética foi deslocada para a altura de 1,47 m da base do protótipo e realizou-se o mesmo procedimento. Cada operador realizou três leituras com os determinados sistemas de medições, nas alturas pré-estabelecidas. As etapas podem ser observadas na Figura 2.



Figura 2. O ensaio para análises dos sistemas de medição.

## Resultados e Discussão

Realizaram-se seis leituras por operador, sendo três medições com o sistema de medição utilizado no aterro sanitário, identificado como SM1 e três medições com o sistema de medição utilizado na célula experimental identificado como SM2, para cada altura. O comportamento das médias das leituras por operador para a altura de 0,70 m, está sendo demonstrado na Figura 3.

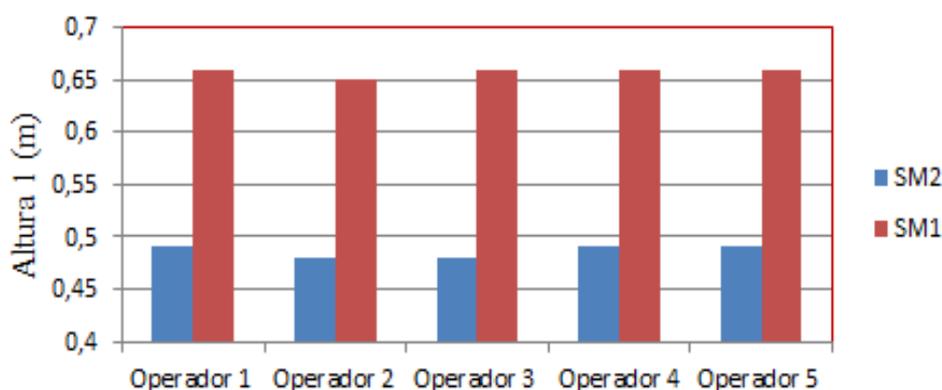


Figura 3. Dados da análise para 0,70 m de altura.

Para calcular a faixa de erro média das medidas, utilizaram-se as Equações 1 e 2. Sendo a Equação 1 a média das medidas e a Equação 2 a faixa de erro média.

$$M_{med} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5}{5} \quad (1)$$

Para a altura de 0,70 m, seguem os seguintes resultados: para o SM1 o  $M_{med}=0,65$  m e para o SM2 o  $M_{med}=0,48$  m. Na altura de 1,47 m, para o SM1 o  $M_{med}=1,46$  m e para o SM2 o  $M_{med}=1,27$  m.

$$FE_{med} = \frac{(M_{máx} - M_{med}) + (M_{med} - M_{mín})}{2} \quad (2)$$

As faixas de erros médias são de aproximadamente: Para a altura de 0,70m, o SM1 é igual a 0,005 m e para o SM2 igual a 0,005 m. Para a altura de 1,47 m, para SM1 o resultado foi de 0,005 m e para SM2 o resultado foi de 0,01 m. Observando assim, que os erros de medidas entre operadores não foram tão discrepantes.

Para calibração dos sistemas de medições, verifica-se que o erro tolerável entre a SM1 fica em aproximadamente 0,20 m e para o SM2 fica em aproximadamente 0,04 m, sendo que esses valores devem ser descontados ou considerados na realização das medidas.

## Conclusão

As leituras não apresentaram grande faixa de erros de medição nas medidas realizadas entre os cinco operadores. Embora tenham apresentado diferenças nas medições de pequena significância para

este tipo de monitoramento, estes podem ser explicados pelo fato das interferências externas o qual este processo de medição está sujeito, como: vento, temperatura, a fadiga do operador, o erro de visualização das medidas e a falta de periodicidade de calibração do sistema de medição.

Quando comparado o valor que mais se aproxima do valor real (medido pela fita métrica), com o valor de identificação do campo magnético, observa-se que a SM1 apresenta maiores diferenças, isso devido ao fato dos sistemas de medições utilizados nesta análise possuem sensores com especificações técnicas diferenciadas, como a sensibilidade apresentadas por cada sensor. O que explica a diferença de identificação do campo magnético entre os dois sistemas de medições, verificando que o sensor utilizado no monitoramento do aterro sanitário, possui maior sensibilidade, identificando o campo magnético mais facilmente.

Os sistemas de medições analisados neste trabalho apresentam boas respostas de medições, entretanto, propõe-se como pesquisas futuras, o aprofundamento de melhorias de técnicas de medições, como a automatização do sistema, para diminuição dos erros e a mínima necessidade da presença de operadores em campo para realizarem monitoramentos, principalmente quando se trata de aterros sanitários, que são ambientes insalubres e de grandes áreas de investigação.

### **Referências**

- BOSCOV, M. E. G. Geotecnia Ambiental. Oficina de Textos. 2008.
- MANCONI, A. Monitoring. In: Encyclopedia of Engineering Geology: Springer. 2016.
- MELO, M. C. Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de resíduos sólidos da Muribeca. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2003.
- FARIAS, R. M. S, VIEIRA, J. M, RIBEIRO, L. S, MONTEIRO, V. E. D. Estudo de parâmetros de resíduos sólidos urbanos em uma célula experimental. VII Congresso de Iniciação Científica da UFCG. 2011.
- SWATI, M. JOSEPH, K. Settlement analysis of fresh and partially stabilised municipal solid waste in simulated controlled dumps and bioreactor landfills. Waste Management, v. 28, p.1355–1363. 2008.
- LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – PB. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Campina Grande. 2008.