

## III-315 - ESTUDO DA COMPRESSIBILIDADE A CURTO PRAZO NA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE NOVA IGUAÇU

**Ana Ghislane H. Pereira van Elk** <sup>(1)</sup>

D.Sc.em Engenharia Civil, Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ

**Andreia Lima Gontijo, André Sousa de Melo, Anderson Sousa de Melo** <sup>(2)</sup>

Alunos de graduação do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UERJ

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Francisco Xavier 524, Maracanã, Pavilhão João Lyra, Sala 5029F – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (21) 2334 0311 - e-mail: [anavanelk@gmail.com](mailto:anavanelk@gmail.com)

### RESUMO

O comportamento compressivo dos resíduos é um assunto que intervém múltiplos fatores que estão relacionados entre si e que o grau de conhecimento ainda é muito incipiente. Por isto é importante o desenvolvimento de linhas de pesquisa sobre este tema já que à medida que a produção de resíduos e a população aumentam se faz necessário conhecer o comportamento destes materiais para poder garantir a estabilidade do aterro sanitário, cujas rupturas podem ter graves consequências em seu entorno, bem como avaliar a reutilização de áreas de aterros encerrados para uso recreativo ou para a construção de outras estruturas com maiores requerimentos de estabilidade e deformabilidade. Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo da compressibilidade de uma área situada no aterro sanitário Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Nova Iguaçu. Este estudo consistiu de 2 etapas, a primeira foi a seleção do local para realizar o experimento, a segunda etapa consistiu da realização de um ensaio de reconhecimento da área através de método geofísico de eletrorresistividade, de um ensaio de carga e instalação de 18 marcos superficiais. No momento serão apresentados os dados de recalques logo após a instalação da carga, tratando-se, portanto de recalques a curto prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos, Aterros Sanitários, Compressibilidade de Resíduos, Recalques.

### INTRODUÇÃO

O maior desafio da gestão de resíduos sólidos urbanos atualmente é a disposição final, pois aproximadamente 59% dos municípios brasileiros vazam seus resíduos em lixões (MMA 2014), locais inadequados, clandestinos, sem recobrimento e controle de resíduos, impermeabilização, drenagem de lixiviados e gases. Estes vazadouros a céu aberto contaminam o solo, água e o ar pelas emissões de gases de efeito estufa.

Embora o futuro aponte para a minimização desse tipo de disposição, os aterros sanitários constituem uma das formas de disposição de resíduos mais empregadas em todo o mundo, principalmente devido ao seu relativo baixo custo e a sua capacidade de conseguir um controle eficiente e seguro sobre os resíduos, Pereira (2000).

Hoje em dia há uma grande dificuldade de encontrar áreas para aterros sanitários, principalmente nos grandes centros urbanos e em municípios com áreas de proteção ambiental. Dentro dessa perspectiva os aterros são cada vez mais altos, podendo atingir até 100 metros de altura, evidenciando a necessidade de investigar a compressibilidade tanto da massa de resíduos, como da fundação, com vistas a preservar a estabilidade dos taludes e garantir a segurança do empreendimento. (Pereira 2000).

O estudo do comportamento geomecânico dos resíduos é que suas características mudam com o tempo, devido fundamentalmente aos processos de degradação biológica dos materiais que os constituem e que estas variações são distintas em função da sua composição, da forma de disposição no aterro, da climatologia ou variações de temperatura e disponibilidade de umidade.

Esta evolução pode dar-se em dois sentidos: por um lado, os processos de consolidação podem ser causadores de um incremento da resistência do material e por outro a degradação bioquímica do material orgânico pode

resultar em um aumento do índice de vazios gerando recalques adicionais e um enfraquecimento do maciço, Pereira (2000).

O comportamento compressivo dos resíduos é um assunto que intervém múltiplos fatores que estão relacionados entre si e que o grau de conhecimento ainda é muito incipiente. Por isto, é importante o desenvolvimento de linhas de pesquisa sobre este tema já que à medida que a produção de resíduos e a população aumentam se faz necessário conhecer o comportamento destes materiais para poder garantir a estabilidade interna do aterro sanitário, cujas rupturas podem ter graves consequências em seu entorno e avaliar a reutilização de áreas de aterros cujas atividades de recepção de resíduos foram concluídas, para uso recreativo ou para a construção de outras estruturas com maiores requerimentos de estabilidade e deformabilidade, van Elk (2014).

Neste sentido o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento compressivo dos resíduos sólidos urbanos a curto prazo através de realização de um ensaio de carga e medidas de recalques na área selecionada do aterro sanitário Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Nova Iguaçu.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

### **Área em estudo: Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu**

A Central de Tratamento de Resíduos Nova Iguaçu (CTR-NI) teve sua operação iniciada em 13 de fevereiro de 2003, sendo o primeiro aterro sanitário licenciado no Estado do Rio de Janeiro e o primeiro do Brasil a ter um projeto de mitigação de gases de efeito estufa e geração de energia limpa a partir dos resíduos sólidos e venda de crédito de carbono aprovado através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no âmbito do Protocolo de Quioto.

Com uma área de 120 hectares o aterro é composto por 4 vales, estando atualmente com os Vales I e III finalizados e o Vale IV em operação. O aterro recebe entre 3.500 a 6.000 toneladas diárias de resíduos sólidos. A área em estudo está localizada no Vale III. Esta área recebeu resíduos do tipo domiciliar e lodos durante o período de novembro de 2006 a fevereiro de 2014. A cota de fundação do Vale III é de 31m.

O aterro localiza-se no distrito de Vila Cava, a cerca de 10km do centro urbano da cidade de Nova Iguaçu, com acesso pela Rodovia Presidente Dutra, no Sentido Rio-São Paulo, através da Estrada de Adrianópolis (RJ-113) na altura do viaduto da Posse. A área faz divisa com a Subestação de 500 kV de Adrianópolis, de Furnas Centrais Elétricas S A.

A área de implantação situa-se próximo aos centros geradores de lixo, oferecendo economia nos custos de transporte, não dispõe de concentrações urbanas em suas proximidades e apresenta características topográficas e paisagísticas favoráveis à operação do aterro. Os morros que circundam a área constituem uma proteção natural no que diz respeito à dispersão de odores, ao arraste de lixo pelo vento e à agressão à estética.

O terreno possui grandes áreas planas e dispõe de áreas de grandes disponibilidades naturais de solos argilosos que podem ser empregados como área de empréstimo para a cobertura diária dos resíduos.

Os dados das estações pluviométricas e climatológicas disponíveis da região indicam que a distribuição sazonal da média de precipitação pluviométrica apresenta o valor máximo no verão, com 208 mm, e o mínimo no inverno, com 63 mm. O valor médio anual é de 1.595 mm e a variação sazonal mensal mostra que janeiro é o mês mais chuvoso, com 229 mm, e julho o mais seco, com 51,4 mm de precipitação.

Os resíduos recebidos no aterro são lançados em células de até 5,0m de altura, espalhados em camadas inclinadas de espessura máxima de 0,30m, com talude máximo de 1V:2H, e compactadas pela passagem de 6 passadas de trator de esteiras do tipo D6 e/ou similar.

Ao final de cada ciclo de 24h, os resíduos são recobertos com uma camada de solo de espessura mínima de 0,30m, a fim de evitar percolações oriundas de precipitações pluviométricas e, principalmente evitar a

proliferação de insetos, aves e roedores. Os solos da camada de recobrimento são espalhados com tratores de esteira e motoniveladoras, sendo posteriormente compactados pelo trânsito de equipamentos de terraplenagem.

O material para a execução das camadas de cobertura são obtidos das escavações obrigatórias dos retaludamentos dos taludes das encostas do aterro e, excepcionalmente mediante escavação de solo em áreas de empréstimo.

A declividade longitudinal dessas camadas tem inclinação de 2%, no sentido montante / jusante, a fim de assegurar o escoamento dos percolados para fora da área de implantação do aterro. À medida que as células forem sendo recobertas, são instalados os sistemas de drenagem de percolados e gases.

### Ensaio de reconhecimento

Com o objetivo de investigar onde se encontra a maior concentração de lixiviado no aterro e auxiliar no estudo de sua permeabilidade foi executado um ensaio geofísico de eletroresistividade. Este ensaio foi executado em todo o aterro, porem aqui se apresenta apenas os resultados do Vale III, área onde está sendo desenvolvido este projeto. Como foi comentado anteriormente as operações no vale III foram encerradas em 2014, porem em 2015 foi executado o referido ensaio de reconhecimento.

O método de eletroresistividade é um dos recursos da geofísica para prospecção de subsolo em que determina a localização de seus diferentes componentes apresentando a vantagem de não ser invasivo. Trata-se de uma técnica de investigação horizontal, para várias profundidades aproximadamente constantes, a partir de medidas tomadas de forma indireta na superfície do terreno.

O ensaio foi realizado ao longo de perfis paralelos com distância de 25 m entre eles. O arranjo eletrônico de seções utilizado neste trabalho foi o dipolo-dipolo e, neste arranjo, os eletrodos **A** e **B** de envio de corrente e os eletrodos **M** e **N** de potencial ou de recepção são alinhados sobre um mesmo perfil. O arranjo é definido pelos espaçamentos  $L = AB = MN$ , conforme mostra a Figura 1 abaixo.

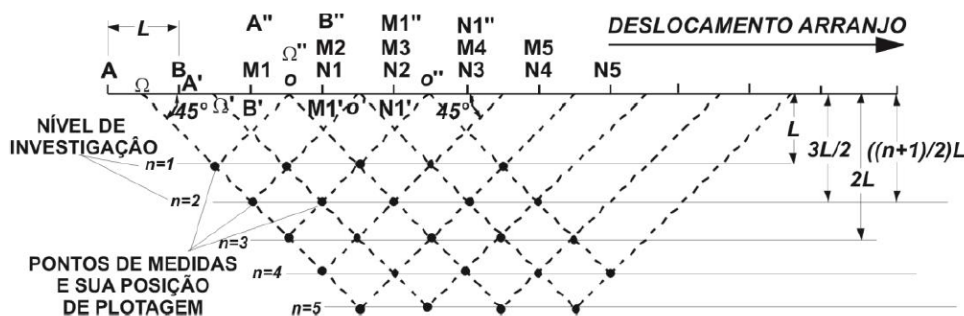


Figura 1 - Exemplo de arranjo utilizando da técnica Dipolo-Dipolo (Intergeo)

Os equipamentos utilizados foram dois conjuntos de equipamentos portáteis compostos por dois módulos, um de transmissão de corrente alimentado por baterias e outro de recepção, designado eletroresistivímetro, da marca ABEM – AC. Como acessórios utilizaram-se fios de conexão, cabos e eletrodos metálicos para o envio de corrente e leitura das diferenças de potencial.

### Plano de Trabalho

A primeira etapa deste trabalho consistiu da seleção da área para o desenvolvimento do estudo da compressibilidade dos resíduos. No caso em questão, a área escolhida situa-se no Vale III da Central de Tratamento de Resíduos (CTR) de Nova Iguaçu.

A segunda etapa consistiu da instalação dos marcos superficiais destinados à campanha de auscultação. Foram instalados 18 marcos superficiais. Logo após sua instalação foi tomada a medida inicial de referência e executado o ensaio de carga. Este consistiu de um talude de terra, construído em camadas, dispostas e espalhadas por uma máquina niveladora, sem compactação. A distribuição dos marcos e as dimensões do ensaio de carga estão detalhadas na Figura 2. Na Figura 3 mostra a execução do ensaio de carga.

As medidas de recalques foram realizadas semanalmente no primeiro mês de instalação dos marcos, em seguida, quinzenalmente, durante os dois primeiros meses, após este período mensalmente. Neste trabalho serão apresentadas apenas as medidas dos primeiros meses do experimento. As medidas foram efetuadas com o auxílio de um topógrafo.

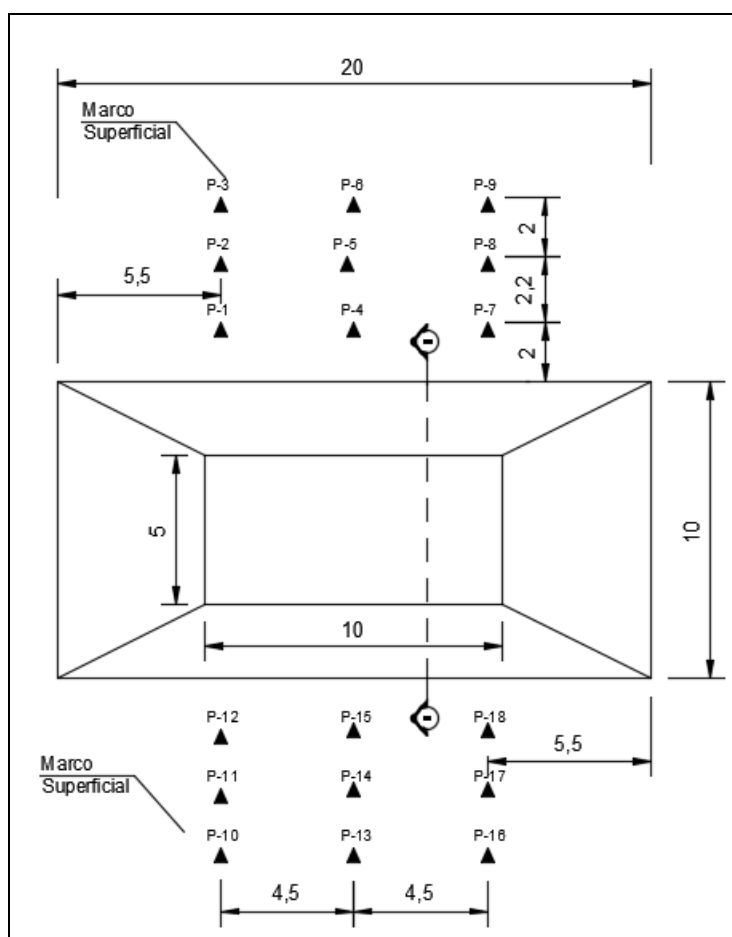


Figura 2: Planta do ensaio de carga e localização dos marcos superficiais

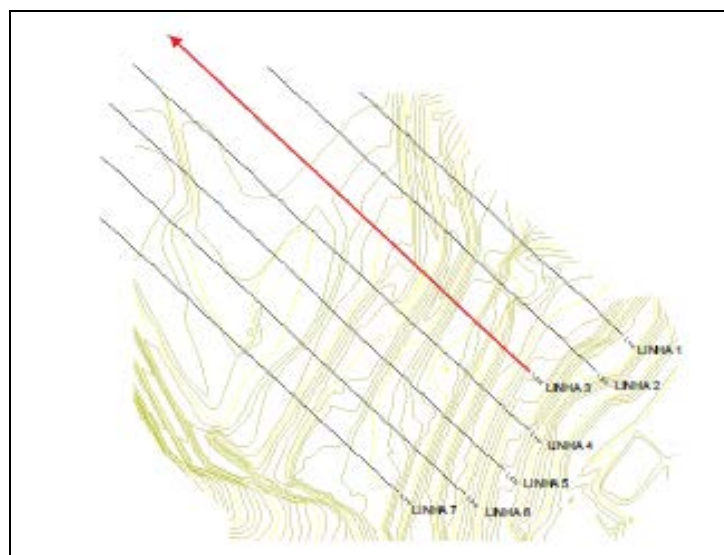


**Figura 3: Confeção do ensaio de carga.**

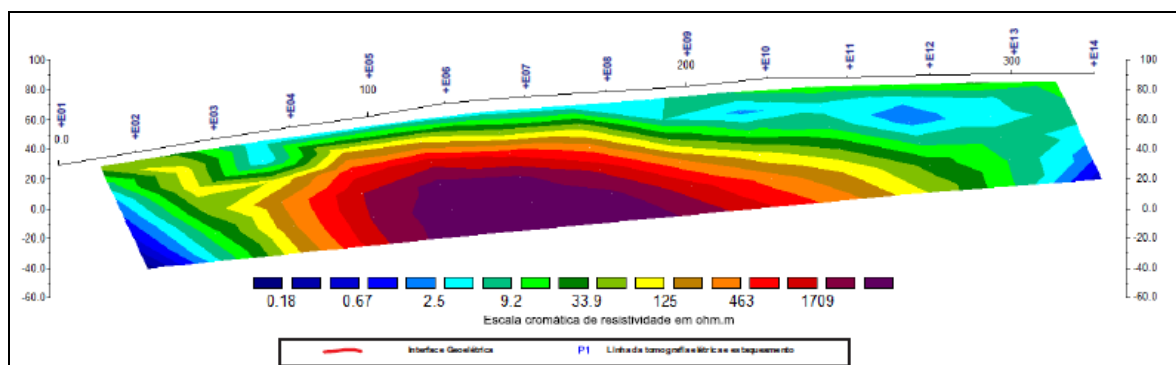
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ensaio Geofísico

Através das figuras 4 e 5 observam-se os valores de resistividade elétrica para os diferentes componentes do subsolo. A linha 3 da figura 4 mostra a área estudada, próxima ao ensaio de carga. Por intermédio delas é possível identificar o acúmulo de lixiviado no aterro. Os locais representados com cores frias são considerados de baixa resistividade elétrica que representam os locais onde há um acúmulo de lixiviado. Já os locais representados com cores mais quentes, qualificados de alta resistividade, predominam os locais onde predominam os resíduos sólidos.



**Figura 4: Seção de tomografia elétrica.**



**Figura 5: Esquema da Eletrorresistividade.**

### Ensaio de Carga e Dados do Monitoramento

A seguir estão apresentados nas tabelas 1 e 2 os dados de recalques obtidos logo após a instalação da carga.

**Tabela 1: Recalque ocorridos no lado norte do ensaio de carga**

DATAS	MOVIMENTO VERTICAL (mm)								
	MARCOS SUPERFICIAIS LADO NORTE								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
18/08/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/09/2016	-42,4	-12,7	-5,5	-49,2	-12,9	-3,6	-39,3	-10,2	-1
30/09/2016	-59,7	-18,2	-5,5	-62,8	-19	-3,6	-50,3	-16,2	-6
06/10/2016	-69,1	-21	-7,6	-70,8	-22,4	-5,7	-60,6	-21,7	-9,3

**Tabela 2: Recalque ocorridos no lado sul do ensaio de carga.**

DATAS	MOVIMENTO VERTICAL (mm)								
	MARCOS SUPERFICIAIS LADO SUL								
	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
18/08/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/08/2016	-25,8	-21,3	-14,9	-24,5	-18,4	-13,3	-25,9	-28,1	-34
14/09/2016	-51,5	-33,5	-26,9	-55,8	-35,1	-24,6	-61,4	-59,9	-70,6
30/09/2016	-61,3	-38,9	-28,2	-63,8	-40,4	-27,9	-73,5	-74,3	-86,7
06/10/2016	-61,3	-38,9	-28,2	-63,8	-40,4	-27,9	-73,5	-74,3	-86,7



Os marcos superficiais são divididos em dois conjuntos: o primeiro é denominado lado norte (parte de cima da figura 3) do talude de carga, e o segundo lado sul (parte de baixo da figura 3). Com os dados do lado norte é possível constatar três grupos de valores de recalques, em que se observa valores de magnitude baixo, valores medianos e valores mais altos com relação aos demais marcos superficiais. Essa diferença se dá pela disposição dos marcos no entorno do talude de carga, pois como é esperado os recalques mais elevados são dos marcos que estão mais próximos ao talude de terra. Isto demonstra a elevada proporção dos recalques imediatos, de curto prazo, que ocorrem durante a disposição das camadas diárias de resíduos, como também a ocorrência de recalques diferenciais.

## **CONCLUSÃO**

O presente trabalho trata do estudo da compressibilidade de resíduos sólidos urbanos da CTR de Nova Iguaçu, que faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, até este ponto do trabalho já é possível concluir que quando os marcos superficiais estão próximos ao ensaio de carga do talude do solo, maior será o recalque sofrido.

Outro fator bastante importante, que já é possível notar neste início de execução do trabalho, é com relação aos níveis de recalques, relativamente altos. Isto pode ser explicado pelo fato de nessa parte do aterro ter havido a disposição de lodos, dentre outros resíduos, que em sua composição apresenta alta faixa de umidade.

No ensaio com a técnica geofísica de resistividade que tem o intuito de detectar anomalias de baixa resistividade, demonstrada através de cores frias, caracterizando os lixiviados, e anomalias de alta resistividade, representadas pelas cores quentes, identificando os resíduos sólidos, foi possível observar que a presença de lixiviado não compromete a estabilidade do talude de resíduos.

Com o andamento da pesquisa, será possível analisar os recalques de curto e longo prazo e as características dos resíduos, através de ensaios de sondagem e, portanto fazer uma análise mais profunda dos parâmetros que influenciam na compressibilidade da massa de resíduos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2016. 92 p. <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>; Acesso em 16/11/2016
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004. Resíduos Sólidos: Classificação – NBR 10.004/2004. <http://www.abnt.org.br> Acesso em 16/10/2016.
3. MMA. Ministério do Meio Ambiente. Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos. <http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>. Acesso em 11/12/2016.
4. MOREIRA, A.M., GODOY, L.H., SARDINHA, D.S., CONCEIÇÃO. F.T., ROVERI. C.D. Caracterização Geofísica em Aterro de Resíduos Sólidos Para Avaliação de Condicionantes de Instabilidade Geotécnica. São Paulo, 2012. Revista do Instituto de Geociências-Universidade Estadual de São Paulo, v.13, n.1, p.25-35, Mar. 2013.
5. PEREIRA, A.G.H. Compresibilidad de Los Residuos Sólidos Urbanos. Oviedo, 2000. Tesis Doctoral- Dpto de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo, 2000, 281p.
6. PRS. Portal Resíduos Sólidos. Aterro Sanitário. 18 de junho de 2013. <http://www.portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>. Acesso em 15/11/2016
7. VAN ELK, A.G.P., MAÑAS, L.M.S., BOSCOV, M.E.G. Field Survey of Compressibility of Municipal Solid Waste. Soils and Rocks.v. 37, n. 1, p 85-95 January-April 2014