

III-029 - ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE UM TALUDE DE LIXO EM LABORATÓRIO VISANDO O DIMENSIONAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS

André Geraldo Cornelio Ribeiro⁽¹⁾

Professor Adjunto na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Geotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Roberto Francisco de Azevedo⁽²⁾

Professor Titular na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ). PhD em Civil Engineering - University of Colorado (EUA) e Pós-Doutorado pela Concordia University/Canadá e pela Ecole Central de Paris/França.

Ronaldo Fia⁽³⁾

Professor Adjunto na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira⁽⁴⁾

Professor Associado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Engenheiro Agrícola pela Escola Superior Agrícola de Lavras (ESAL). Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Fátima Resende Luiz Fia⁽⁵⁾

Professora Adjunta na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutora em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia – BLOCO I, S/N – Campus Universitário, Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: (35) 2142-2188 - e-mail: andreribeiro@deg.ufla.br

RESUMO

A escassez de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem aumentado a cada ano, devido ao grande volume de lixo gerado diariamente. Em função disso, frequentemente, é necessário aumentar a capacidade de aterros sanitários já existentes, ou dispor resíduos em aterros já encerrados. Dessa maneira, taludes de lixo cada vez maiores, têm sido comuns nos aterros sanitários, levando os projetistas a se preocuparem mais com a estabilidade desses taludes. Logo, é de grande importância conhecer, além de outras propriedades mecânicas, os parâmetros de resistência dos RSU, essenciais para análises de estabilidade de talude.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação, pela simulação em laboratório, da estabilidade de taludes de lixo a fim de se estimar os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) dos resíduos sólidos urbanos (RSU), necessários para o dimensionamento de aterros sanitários. Para tal, fizeram-se as simulações de diversas situações de ruptura por meio de uma retro análise da ruptura do talude observada no ensaio, variando além do peso específico, o teor de umidade dos RSU. Após a compactação dos RSU numa caixa de madeira (80x80x80cm), carregou-se um talude vertical de resíduos até a ruptura, por meio de um atuador de pressão e uma sapata rígida de madeira (70x10x10 cm). Pelo método de estabilidade de taludes de Bishop Simplificado, determinaram-se os parâmetros, estimando a coesão e calculando o ângulo de atrito, para um coeficiente de segurança $F=1$.

Observou-se que para um mesmo peso específico, quanto menor for a umidade, mais rígidos e resistentes ficam os RSU, o que leva a conclusão da dependência dos parâmetros de resistência com o peso específico e a umidade dos resíduos em análises de estabilidade de taludes de lixo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Aterro Sanitário, Estabilidade de Talude, Parâmetros de Resistência.

INTRODUÇÃO

A escassez de áreas tem-se constituído em um dos maiores problemas na disposição de resíduos sólidos urbanos nos últimos anos em razão, principalmente, do crescente volume de resíduos gerado diariamente.

Devido às regulamentações ambientais restritivas para esse tipo de obra é cada vez mais difícil encontrar novas áreas adequadas e próximas aos centros geradores e, além disso, existe grande resistência por parte da população na aceitação de depósitos na vizinhança de suas propriedades, o que leva à necessidade de otimizar a capacidade dos depósitos em operação (Oliveira, 2002).

Para tentar solucionar esse problema tem-se construído aterros cada vez mais altos, o que, se por um lado ameniza o problema da escassez de áreas, por outro gera uma preocupação maior dos projetistas em relação a problemas com a estabilidade dos taludes e com recalques cada vez maiores. Portanto, a obtenção de propriedades dos RSU, como resistência e compressibilidade, tem importância fundamental na elaboração e execução de projetos de aterros sanitários.

O comportamento mecânico dos resíduos sólidos urbanos tem por base as teorias da mecânica dos solos (Dixon & Jones, 2005). No entanto, devido à grande diversidade, degradabilidade e tamanho dos materiais que compõem os RSU, ainda não há ensaios padronizados para a determinação de suas propriedades mecânicas, diferentemente do que acontece com os solos (Durmusoglu et al., 2006). Torna-se, portanto, necessário desenvolver equipamentos próprios para o estudo desse material.

Dessa maneira, o presente trabalho visa estimar os parâmetros de resistência dos RSU por meio de avaliações de taludes de lixo rompidos em uma caixa de madeira construída em laboratório.

Vale ainda ressaltar que os projetos de construção de aterros sanitários no Brasil têm sido caracterizados pela adoção de critérios e parâmetros de projetos “importados”, ou seja, baseados na literatura internacional. Assim torna-se necessário validar estes parâmetros para o tipo de resíduo local, pois as propriedades mecânicas do mesmo variam com sua composição, teor de umidade, peso específico, etc.

Apresentam-se, em seguida, os materiais e os métodos usados nos ensaios, os resultados obtidos e as principais conclusões extraídas desse trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização dos ensaios, foram coletados em 18 tambores de 200 L, aproximadamente 900 kg de RSU provenientes da cidade de Viçosa-MG, que seriam dispostos no aterro sanitário do município. O material foi despejado num pátio sobre uma lona preta e homogeneizado. Em seguida, se iniciou o processo de quartejamento segundo a NBR 10007 (ABNT, 2004) para a determinação da composição gravimétrica dos RSU (Figura 1).



Figura 1: Quartejamento e determinação da composição gravimétrica dos RSU.

O equipamento desenvolvido para a simulação de um talude de lixo é constituído por uma caixa de madeira de 80x80x80 cm, contendo uma das paredes laterais removível, na qual, após a compactação dos RSU (Figura 2a), esta era removida para iniciar a aplicação do carregamento no talude de lixo (Figura 2b).



(a)



(b)

Figura 2: a) Compactação dos RSU na caixa de madeira. b) Retirada da parede removível para iniciar o ensaio.

O sistema de carga consiste em um atuador de pressão com pistão fixado a uma viga de 100 cm de comprimento apoiada em canaletas soldadas em diversas alturas, em dois pilares de aço, como pode ser observado na Figura 2b.

O pistão é acionado através da aplicação de uma pressão de ar regulada por uma válvula e por um manômetro situados num painel. Além do painel para regular a pressão, o equipamento inclui um outro painel, fixo no pilar

ao lado da caixa, com quatro válvulas que servem para aplicação e liberação do ar no atuador de pressão, podendo-se assim realizar o carregamento e o descarregamento do ensaio (Figura 3).

Para monitorar os recalques dos resíduos, foram adaptados ao equipamento, dois relógios medidores de deslocamentos, com precisão de 0,01 mm, e capacidade de medir até 100 mm de deslocamento (Figura 3).

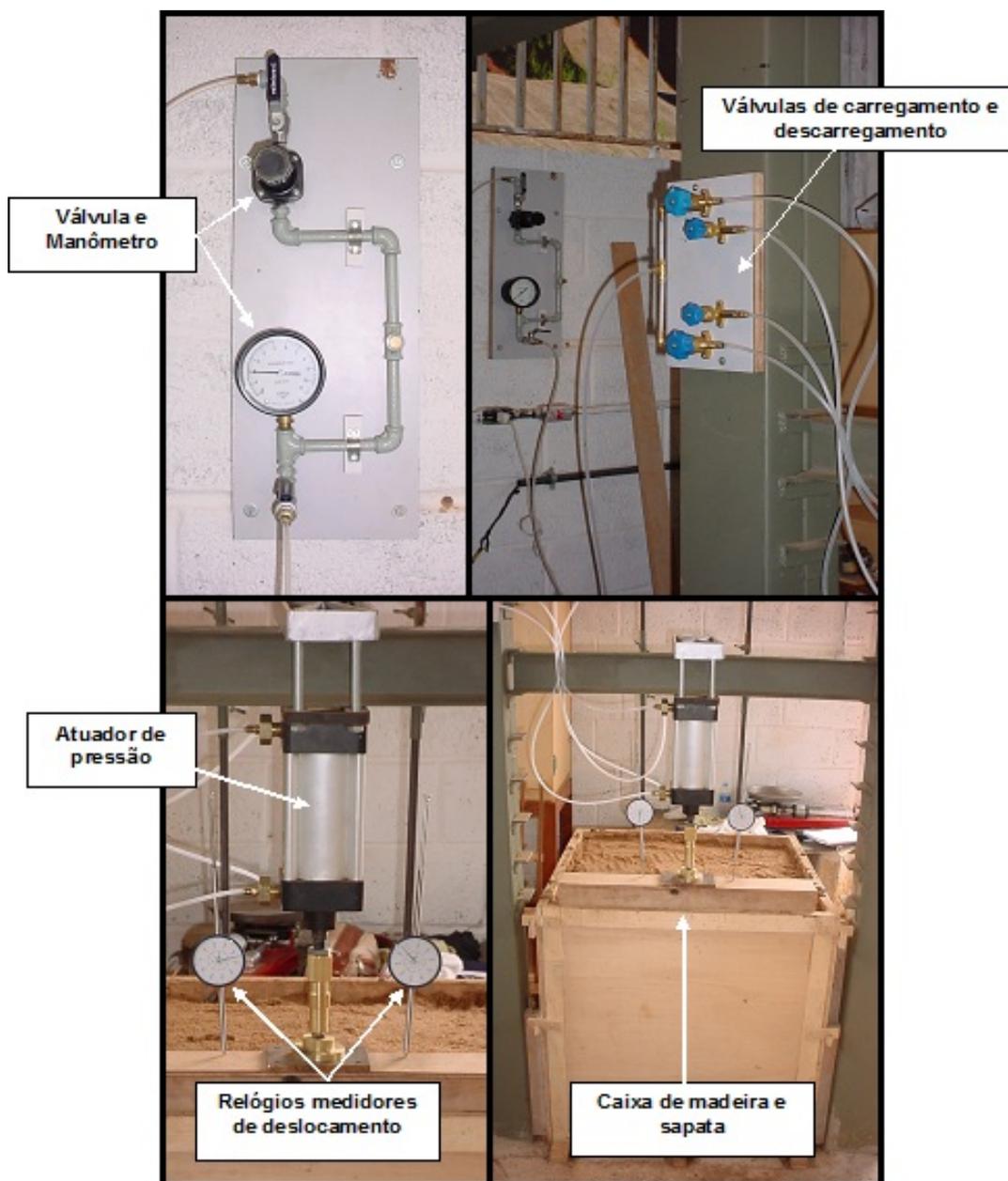


Figura 3: Detalhes do sistema de carregamento.

Foram preparados 6 (seis) ensaios, sendo que nos 3 (três) primeiros ensaios os RSU foram compactados dentro da caixa de madeira buscando um peso específico igual a 7 kN/m^3 e teores de umidade de aproximadamente 40, 60 e 80%. Nos outros 3 (três) ensaios, os resíduos foram compactados buscando um peso específico igual a 5 kN/m^3 e teores de umidade de aproximadamente 40, 60 e 80%.

Os taludes de resíduos foram carregados até a ruptura, por meio do atuador de pressão e uma sapata rígida de madeira com 70 cm de comprimento (Figura 3).

A Figura 4 ilustra a ruptura dos taludes para os 6 (seis) ensaios realizados. Com base nas geometrias das superfícies de ruptura, foi possível realizar uma retro análise da estabilidade dos taludes utilizando um programa computacional que utiliza o método de estabilidade de talude de Bishop.



Figura 4: Ruptura dos 6(seis) taludes de lixo ensaiados.

Determinaram-se os parâmetros de resistência dos RSU, sendo que para tal, estimou-se a coesão (c) e calculou-se o ângulo de atrito (ϕ), supondo o coeficiente de segurança da superfície de ruptura observada igual a 1(um) (Figura 5).

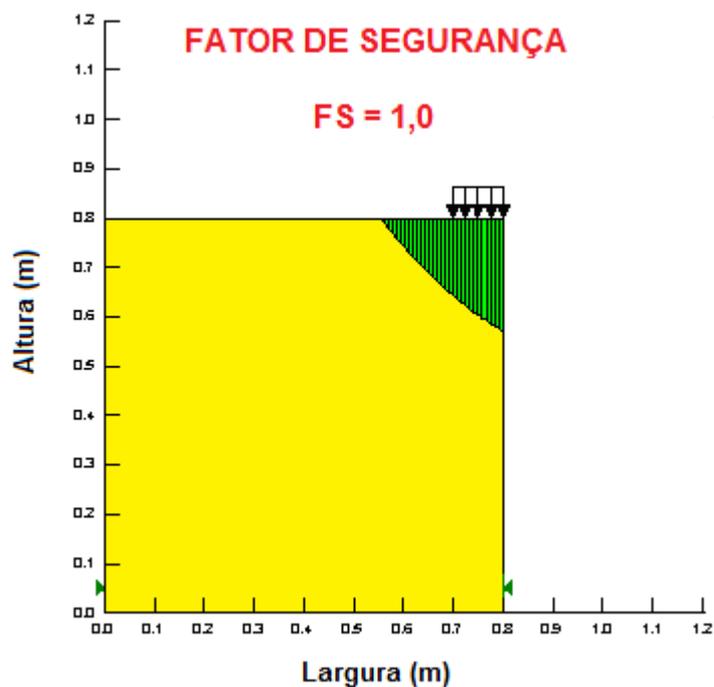


Figura 5: Retro análise da ruptura para determinação dos parâmetros de resistência.

RESULTADOS

Na Tabela 1, é apresentada a composição gravimétrica das amostras de RSU, utilizadas nos ensaios.

Tabela 1: Composição gravimétrica dos RSU ensaiados.

MATERIAL	PESO TOTAL (Kg)	% em Peso
Matéria orgânica*	182,70	60,48
Papel e Papelão	37,90	12,55
Plásticos	39,80	13,17
Vidros	6,10	2,02
Alumínio	3,00	0,99
Metais Ferrosos	2,90	0,96
Borracha e Couro	2,70	0,89
Madeira	2,00	0,66
Trapo	8,90	2,95
Outros**	16,10	5,33
Total	302,10	100,00

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados, respectivamente, as curvas tensão x deslocamento e os valores dos parâmetros de resistência encontrados em todos os ensaios, em função do teor de umidade e do peso específico dos resíduos.

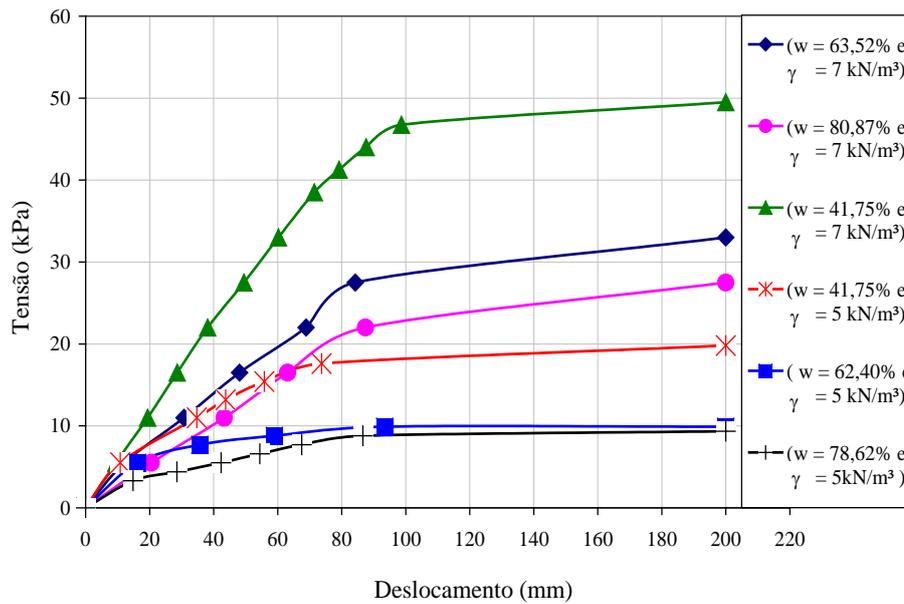


Figura 6 - Tensão x Deslocamento em função do teor de umidade e peso específico dos RSU.

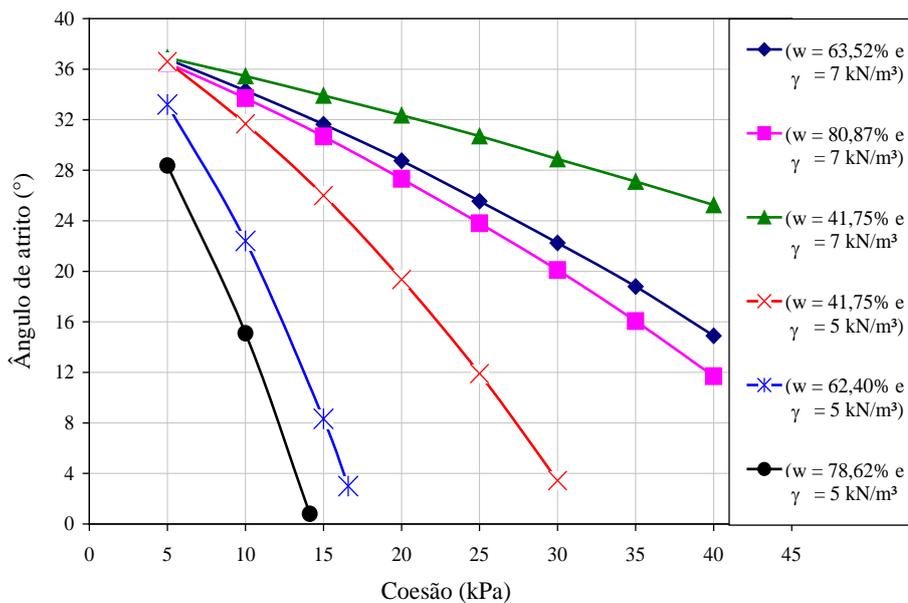


Figura 7 - Parâmetros de resistência dos RSU obtidos por retro análise da ruptura dos taludes ensaiados.

Pode-se observar na Figura 6 que para uma mesma umidade, quanto maior o peso específico, mais rígidos e resistentes são os RSU. Por outro lado, para um mesmo peso específico, quanto menor for a umidade, mais rígidos e resistentes são os RSU.

Na Figura 7 observa-se que para valores de umidade praticamente iguais, os parâmetros de resistência são menores nos ensaios realizados com peso específico igual a 5 kN/m³, coerentes com os encontrados na literatura.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados nesse trabalho, pode-se concluir que a umidade e o peso específico, são de extrema importância para se analisar a resistência dos RSU, uma vez que quanto maior a umidade e menor o peso específico, menor foram os parâmetros de resistência obtidos.

Os valores de coesão e ângulo de atrito, estimados com a metodologia apresentada, foram bastante coerentes com os encontrados na literatura, o que permite ao projetista dimensionar um aterro sanitário de acordo com as características dos resíduos o qual este aterro irá receber.

Por fim, conclui-se que a adoção de parâmetros de resistência, $c = 12$ kPa e $\phi = 30^\circ$, bem próximos da envoltória proposta por Kavazanjian et al. (1995) que pode ser aproximada por uma reta com coesão e ângulo de atrito iguais a 10 kPa e 28° , respectivamente, correspondente a RSU com peso específico igual a 5 kN/m^3 e teor de umidade em torno de 50%, parecem adequados para serem usados em projetos de aterros sanitários da cidade de Viçosa-MG e região.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto de pesquisa ao qual resultou-se nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
2. DIXON, N., JONES, D. R. V. Engineering properties of municipal solid waste. Geotextiles and geomembranes. vol. 25, nº. 3, pp. 205-212, 2005.
3. DURMUSOGLU, E., SANCHEZ, I. M., CORAPCIOGLU, M. Y. Permeability and compression characteristics of municipal solid waste samples. Journal Environmental Geology. vol. 50, nº 6, pp. 773-786, 2006
4. OLIVEIRA, D. A. F. Estabilidade de Taludes de Maciços de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação de Mestrado, G.DM-095º/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 155 p, Brasília- DF 2002.
5. KAVAZANJIAN, E.; MATASOVIC, N.; BONAPARTE, R. & SCHMERTMAM, G. R. Evaluation of MSW properties for seismic analysis. Geoenvironment 2000: Characterization, Containment, Remediation, and performance in Environmental Geotechnics, ASCE GSP 46, Y. B. Acar e D. E. Daniel (eds), vol. 2, pp. 1126-1142, New Orleans, 1995.