

## **INFLUÊNCIA DA PLASTICIDADE E MINERALOGIA DO SOLO NO DESEMPENHO DE LINERS EM ATERROS SANITÁRIOS**

DANIELA LIMA MACHADO DA SILVA<sup>1\*</sup>; JEOVANA JISLA DAS NEVES SANTOS<sup>2</sup>; CLÁUDIO LUIS ARAÚJO NETO<sup>3</sup>; PABLO DA SILVA ARAÚJO<sup>4</sup>; VERUSCHKA ESCARIÃO DESSOLES MONTEIRO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, Campina Grande-PB, danielamachado33@gmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande-PB, jeovana\_jisla@hotmail.com

<sup>3</sup>Me. Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, Campina Grande-PB, claudioluisneto@gmail.com

<sup>4</sup>Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, Campina Grande-PB, pablloso@gmail.com

<sup>5</sup>Dra. em Geotecnia, Profa. Associada I CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, veruschkamonteiro@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Os aterros sanitários são obras de engenharia projetados para destinação adequada dos resíduos sólidos, de forma que seja coibida a contaminação do subsolo e dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais e do ar, devido a percolação de líquidos e emanção de gases para o solo e atmosfera, respectivamente. Para isto é necessário isolamento entre o ambiente dos resíduos e o meio externo, e este isolamento pode ser feito por camadas de solo compactado, denominadas de liners. O objetivo desse estudo foi de utilizar o Índice de Plasticidade (IP) e as composições química e mineralógica de uma amostra de solo do município de Boa Vista-PB para avaliar a sua empregabilidade como liner de um aterro sanitário em escala piloto. Foram realizadas as etapas de preparação das amostras de solo para os ensaios de limites de consistência, determinação do limite de liquidez e determinação do limite de plasticidade. Foram realizadas também as análises química e mineralógica por meio de Fluorescência de Raios X (EDX) e Difração de Raios X (DRX), respectivamente. A predominância de quartzo e presença do feldspato indica a presença da fração areia nesse solo, estando de acordo com a predominância do SiO<sub>2</sub> na composição química. Os resultados também indicaram a presença da esmectita, que é um componente comum na fração argila. Esse solo apresentará comportamento adequado caso seja utilizado em liners de aterros sanitários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterros sanitários, liners, composição mineralógica.

## **INFLUENCE OF PLASTICITY AND MINERALOGY SOIL LINERS IN PERFORMANCE IN LANDFILL SANITARY**

**ABSTRACT:** Landfills are engineering works designed for proper disposal of solid waste, so that it is restrained contamination of underground and underground and surface water and air, due to fluid seepage and gas emanation into the soil and atmosphere, respectively. This requires insulation between the waste environment and the external environment, and that isolation can be done by layers of compacted soil, called liners. The aim of this study was to use the Plasticity Index (PI) and the chemical and mineralogical composition of a soil sample in the city of Boa Vista-PB to assess their employability as liner of a landfill on a pilot scale. the stages of preparation of soil samples were taken for tests consistency limits, determining the liquid limit and determination of the plastic limit. were also carried out chemical and mineralogical analysis by X-Ray Fluorescence (EDX) and X-Ray Diffraction (XRD), respectively. The predominant presence of quartz and feldspar indicates the presence of the sand fraction that soil, being in agreement with the predominance of SiO<sub>2</sub> in chemical composition. The results also indicated the presence of the smectite, which is a common component in the clay fraction. This soil will present appropriate behavior if used in liners of landfills.

**KEYWORDS:** Landfills , liners , mineralogical composition.

## INTRODUÇÃO

Uma das tecnologias mais utilizadas para tratamento e destinação final dos RSU, os aterros sanitários são como obras de engenharia projetados para destinação adequada dos resíduos sólidos, de forma que seja coibida a contaminação do subsolo e dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais e do ar, devido a percolação de líquidos e emanação de gases para o solo e atmosfera, respectivamente. Sendo assim, a saída desses gases deve ser anulada por meio de isolamento entre a massa de resíduos e o meio externo. Esse isolamento geralmente é realizado por meio de uma camada de solo compactado em sua umidade ótima e que possua baixa permeabilidade, onde esse elemento pode ser denominado liner.

O termo liner é normalmente utilizado para designar camadas de baixa permeabilidade, constituídas de materiais naturais, artificiais ou a combinação de ambos, e que têm como objetivo proteger as vizinhanças da percolação de fluidos. Esses dispositivos são utilizados em diversos tipos de obras como canais, reservatórios, diques, lagoas de rejeito, lagoas de tratamento de resíduos e aterros sanitários (LEITE, 1997).

No entanto, a baixa permeabilidade não deve ser o único parâmetro utilizado na escolha do material adequado para confecção de liners, pois existem outras propriedades geotécnicas que devem ser avaliadas para a análise da viabilidade técnica do emprego desse solo.

A plasticidade do solo é um dos parâmetros indispensáveis durante essa avaliação, a qual consiste numa propriedade restrita dos solos coesivos, onde segundo Pinto (2006), pode ser definida como a maior ou menor capacidade do solo ser moldado sob determinadas condições de umidade, sem que ocorra variação de volume. A plasticidade do solo é mensurada por meio do Índice de Plasticidade (IP). Essa propriedade dita o comportamento do solo nas mais diversas aplicações, sendo influenciada diretamente, segundo Caputo (2015) pela granulometria, umidade, geometria das partículas e pelas composições química e mineralógica do solo.

A mineralogia e o percentual dos principais óxidos presentes no solo, correspondente à composição química, fornecendo informações acerca da estrutura desse solo a nível microscópico, o que irá definir o comportamento do solo em escala macroscópica, tal como a compressibilidade, a expansão e plasticidade dos solos coesivos.

Segundo Chaves e Guerra (2006), a presença do argilo-mineral caulinita é um fator comum em solos pouco plásticos, pouco expansivos e com pequena capacidade de troca catiônica. Já solos que possuem o argilo-mineral esmectita em sua constituição, possuem alta superfície específica e alta capacidade de troca catiônica, o que confere a esse tipo de solo uma grande facilidade em adsorver íons e água, sendo interessante a sua utilização em liners de aterros sanitários, para atuar como uma barreira natural para os líquidos lixiviados que percolam devido ao fluxo ascendente.

Os solos advindos do município Boa Vista-PB tiveram sua caracterização geotécnica realizada e apresentada no estudo de Araújo et al., (2014), trabalho no qual esse solo foi classificado como uma argila de baixa compressibilidade. Araújo et al., (2016) ainda realizou a análise da viabilidade técnica da utilização desse solo como impermeabilizante em aterros sanitários, utilizando para isso a caracterização geotécnica.

Com isso, o objetivo desse estudo foi de utilizar o IP e as composições química e mineralógica de uma amostra de solo do município de Boa Vista-PB para avaliar a sua empregabilidade como liner de um aterro sanitário em escala piloto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O solo analisado é proveniente do município de Boa Vista-PB, que fica localizado na região metropolitana da cidade de Campina Grande-PB. O procedimento de coleta do solo baseou-se na norma DNER-PRO 003/94. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Geotecnia Ambiental (LGA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Posteriormente, foi realizada a preparação das amostras de solo para caracterização a partir da norma da ABNT, a NBR-6457 (ABNT, 2016). Após a preparação foram realizados os ensaios para determinação dos limites de consistência do solo. A determinação do limite de liquidez foi feita a partir da norma NBR 6459 (ABNT, 2016) e a determinação do limite de plasticidade a partir da NBR 7180 (ABNT, 2016)..

Para a determinação das composições química e mineralógica do solo foram utilizadas as análises de Fluorescência de Raios X (EDX) e Difração de Raios X (DRX). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, da UFCG. A análise química por EDX foi realizada em equipamento EDX 720 da marca Shimadzu, conforme Figura 1, a fim de determinar, semi-quantitativamente, os elementos presentes em forma de óxidos na amostra.

Figura 1. Espectrômetro de Fluorescência de Raios X.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Figura 2. Difratorômetro de Raios X.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

A análise mineralógica do solo foi feita com o equipamento XRD 6000 da Shimadzu. As do  $C_u$  (40,0 KV/30mA), à velocidade do goniômetro de  $0,02^\circ$  para  $2\theta$  por passo com tempo de contagem de 1,0 segundo por passo, Figura 2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os dados referentes aos limites de consistência do solo, bem como a atividade da fração argilosa.

Tabela 1: Limites de consistência do solo em estudo.

Limites de consistência (NBR's 7180 e 6459 (ABNT, 1984))	Limite de Liquidez (LL)	31,00
	Limite de Plasticidade (LP)	18,00
	Índice de Plasticidade (IP)	13,00
	Índice de atividade	0,59

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Conforme observa-se na Tabela 1, o LL e o LP do solo são de, 31% e 18%, respectivamente. Com os valores do LL e do LP foi possível determinar o IP, o qual é resultante da subtração entre os valores dos dois limites anteriormente citados. Logo, o IP determinado para esse solo foi de 13%, sendo possível considerá-lo como medianamente plástico segundo a classificação de Jenkins (CAPUTO, 2015).

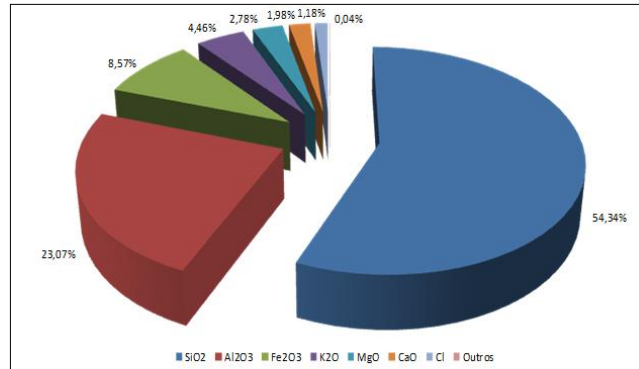
Ribeiro (2002) cita que a norma britânica preconiza que o material a ser utilizado em liners deve apresentar os índices de plasticidade consistentes, isto é, limite de liquidez e índice de plasticidade não devem ultrapassar a 90% e 65%, respectivamente. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1993) sugere que para um solo coesivo ser adequado para uso em aterros sanitários, ele deve apresentar LL maior ou igual a 30% e LP maior ou igual a 15%. Rowe et al. (1995) cita que o bom desempenho de barreira de solos argilosos compactados o LP deve ser superior a 7%, o que indica que o solo de Boa Vista-PB é adequado para ser utilizado como liner em aterros sanitários, em acordo com essas especificações.

O índice de atividade de Skempton é um parâmetro usado como um indicativo do potencial de expansão de solos coesivos. Foi obtido um índice de atividade de 0,59 que, segundo Pinto (2006), caracteriza uma argila inativa, o que sugere que essa argila possui pouca facilidade em expandir quando em contato com água. Esse comportamento é adequado para o uso em liner de aterros sanitários, já que o solo estará exposto à precipitação e o aumento de volume do solo acarretaria na formação de fissuras

quando ocorresse a secagem. Além disso, processo de expansão do solo das liners também pode proporcionar uma desestabilização do maciço sanitário.

Nas Figuras 3 e 4 encontram-se ilustradas as composições química e mineralógica do solo utilizado para a confecção de liner de um aterro sanitário em escala piloto, respectivamente.

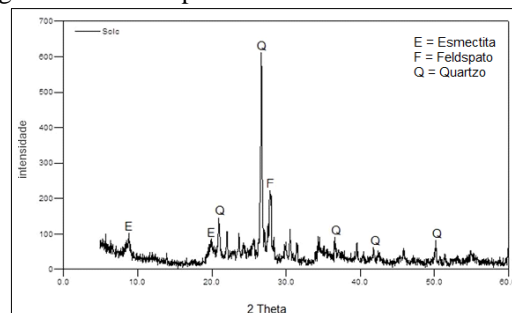
Figura 3: Principais óxidos presentes no solo de Boa Vista-PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Observa-se que o teor de sílica encontrado foi de 54,34%, consistindo num percentual significativo desse óxido na composição do solo. Esse resultado pode ser justificado pela presença de camadas tetraédricas de sílica, que, segundo Carvalho (1997), compõem parte da estrutura do argilo-mineral esmectita, corroborando com os resultados da composição mineralógica contida na Figura 4. A análise química por fluorescência de raios X identificou o SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que, segundo Marques (2014), são os principais constituintes dos solos transportados.

Figura 4: Minerais presentes no solo de Boa Vista-PB.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A predominância de quartzo foi confirmada pelas análises em DRX, mostrada na Figura 4, indicando a presença da fração areia nesse solo, estando de acordo com a predominância do SiO<sub>2</sub> na composição química do solo. A análise também mostrou a presença da esmectita e do feldspato, os quais são componentes comuns das argilas. Esse resultado é contraditório, demonstrando a necessidade da realização de um DRX com a amostra total, visto que esse resultado mostra o DRX obtido pela análise da lâmina preparada com amostra de solo na fração inferior a 0,075 mm.

Quanto a composição química do solo de Boa Vista-PB, a análise de EDX mostrou resultados semelhantes a composição química de uma bentonita cálcica caracterizada por Santos (2002), o qual encontrou teores para os óxidos de sílica, ferro, magnésio e cálcio de 55%, 12%, 2,65%, e 1,26%, respectivamente. Além disso, o teor de óxido de alumínio (23,07%) foi próximo ao teor desse óxido encontrado na composição química das argilas betoníticas de Boa Vista-PB, segundo o estudo de Ferreira et al. (2013). Ademais, a ausência de óxido de sódio e presença significativa dos óxidos de magnésio e cálcio na composição desse solo, tornam a composição química desse solo ainda mais semelhante com a composição de bentonitas cálcicas, que são argilas da família das montmorilonitas e possuem baixo potencial de expansão, corroborando com o indicativo obtido a partir do índice de atividade. Vale ressaltar que as bentonitas sódicas são aquelas que apresentam alto potencial de expansão,

enquanto que as betonitas cálcicas possuem essa capacidade de expandir-se quando em contato com água bastante reduzida em relação às betonitas sódicas.

## CONCLUSÃO

O solo estudado apresentou a predominância do mineral quartzo em sua composição mineralógica e demonstrou composição química muito semelhante à betonitas cálcicas. Em decorrência da alta capacidade de troca catiônica e superfície específica elevada das esmectitas, as quais foram identificadas no DRX, somada a presença do Mg e do Ca na estrutura do argilo-mineral, pode-se inferir que esse solo possui uma alta capacidade em adsorver a água e os íons, sem que haja expansão do solo. De acordo com os parâmetros estudados, esse solo apresentará comportamento adequado caso seja utilizado em liners de aterros sanitários, já provavelmente adsorverá os íons e água que encontram-se solubilizados nos líquidos lixiviados resultantes dos processos degradativos dos RSU. Como pesquisas futuras, sugere-se a quantificação do potencial de expansão desse solo simulando as condições de campo e realização de uma análise química levando em consideração a amostra total.

## REFERÊNCIAS

1. \_\_\_\_\_ NBR 6457: Amostra de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016. 8p.
2. \_\_\_\_\_ NBR 6459: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016. 5p.
3. \_\_\_\_\_ NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016. 3p.
4. ARAUJO, P. S.; SANTOS, J. J. N.; ARAÚJO NETO, C. L.; SOUZA, R. B. A.; PAIVA, W. Análise da viabilidade do uso de solo como material impermeabilizante em aterros sanitários. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2016, Campina Grande. Anais Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Campina Grande. CEMEP, 2016.
5. ARAUJO, P. S.; SILVA, D. L. M.; CARIBE, R. M.; BATISTA, P. I. B.; MONTEIRO, V. E. D. Estudo geotécnico para impermeabilização de aterro sanitário em escala experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 17., 2014, Goiânia. Anais Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Goiânia: ABMS, 2014. CD-ROM.
6. CAPUTO, H. P; CAPUTO, A. N. Mecânica dos solos e suas aplicações – Fundamentos. Vol. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos – LTC, 2015. 256p.
7. CARVALHO, J. B. Q. de. Fundamentos da Mecânica dos Solos. Editora e Gráfica Marcone, Campina Grande, v. 310, 1997.
8. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Resíduos Sólidos Industriais. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993. 233p.
9. CHAVES, L. H. G.; CHAVES, H. O. C. Solos agrícolas. 1. ed. Campina Grande: EDUFCEG, 2016. 176p.
10. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. Coleta de amostras deformadas de solos, DNER - PRO 003/94. Rio de Janeiro: 1994a. 4p.
11. LEITE, A.L.L. A difusão molecular do K + e Cl - em solos naturais compactados: uma perspectiva para uso em liners . São Carlos: EESC/USP. 1997. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.
12. MARQUES, J. P. et al. Caracterização geológica-geotécnica de solo residual de Eldorado Paulista (SP) para uso como barreira selante. 2014.
13. PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 367p.
14. RIBEIRO, Rosimeire Aparecida Ventura. Avaliação do desempenho hidráulico de barreiras de proteção ambiental produzidas com solo laterítico arenoso compactado estabilizado quimicamente. 2002.
15. ROWE, R. K.; QUIGLEY, R. RM.; BOOKER, J. R. Clayey barrier systems for waste disposal facilities. London: Chapman and Hall, 1995. 390 p.