

RECALQUES E SÓLIDOS VOLÁTEIS ASSOCIADOS À ATIVIDADE MICROBIANA EM UM LISÍMETRO COM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

RAUL BATISTA ARAUJO DE SOUSA^{1*}, CLÁUDIO LUIS ARAUJO NETO², ARTHUR DE OLIVEIRA GOMES DINIZ³, DANIELA LIMA MACHADO DA SILVA⁴, MÁRCIO CAMARGO DE MELO⁵

¹ Graduando em Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 96491041, raulbatista01@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, Campina Grande-PB. claudioluisneto@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande, PB. Fone: (83) 99793173, dinizarthur1@gmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Civil, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 999254648, danielamachado33@gmail.com

⁵ Dr. Professor Biologia, UFCG, Cuité - PB. Fone: (83) 998006609, melomc90@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Os recalques em aterros sanitários são uma consequência direta da compressão e rearranjo espacial dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), além de serem influenciados pela biodegradação da fração orgânica desses resíduos. As deformações na massa de RSU podem ser melhor interpretadas quando comparadas com valores de Sólidos Voláteis (SV), que expressam de forma indireta o percentual de matéria orgânica putrescível dos RSU. A interpretação correta dos sólidos voláteis no tempo pode auxiliar no entendimento do comportamento da atividade microbiana. Dessa forma, o objetivo desse estudo é compreender os recalques em um lisímetro preenchido com RSU, associando-os com o parâmetro de sólidos voláteis e atividade microbiana. A metodologia abrangeu a construção, instrumentação e enchimento de um lisímetro que simula em menor escala o comportamento de uma terra sanitária, além de análises *in situ* para recalques e laboratoriais para SV. Os resultados mostraram que a diminuição dos SV não foi proporcional aos recalques durante todo o período de monitoramento, pois as deformações da massa de resíduos orgânicos não têm uma relação direta com a atividade microbiana. Concluiu-se que os recalques nos RSU e o consumo de SV, embora interligados, não tem um comportamento direto, pois o aumento de vazios é dependente da atividade microbiana, mas estes só irão ceder ou colapsar após não suportarem as cargas a eles impostas.

PALAVRAS-CHAVE: Recalque; Resíduos Sólidos Urbanos; Lisímetro; Sólidos Voláteis

SETTLEMENTS AND VOLATILE SOLIDS ASSOCIATED WITH MICROBIAL ACTIVITY IN A LYSIMETER FILLED WITH MUNICIPAL SOLID WASTE

ABSTRACT: Landfills settlements are a direct result of compression and rearrangement of Municipal Solid Waste (MSW). Besides, they are influenced by the biodegradation of the MSW organic fraction. The MSW deformations can be better interpreted when compared with Volatile Solid values (VS), which indirectly express the percentage of putrescible MSW organic matter. The correct interpretation of volatile solids in time may help to understand the microbial activity behavior. Thus, the study goal is to understand the settlements in a lysimeter filled with MSW, associating them with the volatile solids parameter and microbial activity. The methodology included the construction, instrumentation and filling of a lysimeter that simulates, in a low-cost way, the behavior of a landfill. In addition, analysis *in situ* for settlements and laboratory for SV were performed. The results showed that the VS decrease was not proportional to settlements throughout the monitoring time because the MSW mass deformation does not have direct relationship with the microbial activity. It was concluded that the settlements in MSW and VS consumption, although interconnected, do not have a direct relationship, because the voids increasing is dependent on the microbial activity, but the voids will only assign or collapse after not carrying the loads imposed on them.

KEYWORDS: Settlement; Municipal Solid Waste; Lysimeter; Volatile Solids

INTRODUÇÃO

Um dos parâmetros importantes no monitoramento de um aterro sanitário é a taxa de deformação ao longo de sua vida útil. Os recalques são uma consequência direta da compressão e rearranjo espacial dos resíduos sólidos urbanos (RSU), além de serem influenciados pela biodegradação da fração orgânica desses resíduos. A deformação da massa de RSU devido aos recalques pode gerar efeitos negativos na estrutura do aterro sanitário, tais como danos no sistema de coleta de líquidos e gases, rachaduras na camada de cobertura e no sistema de revestimento do aterro, bem como instabilidade da massa de RSU (Durmusoglu *et al.*, 2005; Melo, 2011).

Para Monteiro *et al.* (2000), o mecanismo de recalque é complexo devido à natureza heterogênea do material, às variadas dimensões de suas partículas e à perda de massa sólida durante a biodegradação. Os recalques iniciais acontecem devido às cargas impostas ao longo do enchimento do aterro, entre elas o próprio peso do resíduo. Já os recalques secundários se dão através dos processos de decomposição dos RSU, que podem se estender por anos até que a completa biodegradação da matéria orgânica ocorra (Babu e Lakshmikanthan, 2015; Hettiarachchi *et al.*, 2008). Melo *et al.* (2006) relata que os recalques em RSU ocorrem após os vazios no interior da massa de resíduos não suportarem o peso a eles impostos. Os vazios da massa de RSU são originados pela degradação da Matéria Orgânica (MO) e durante o período de aumento destes vazios até o seu colapso, há atividade microbiana intensa, mas com ausência de deformações. Este período é denominado de recalque zero.

O teor de Sólidos Voláteis (SV) é um parâmetro físico que pode expressar o percentual de MO putrescível na massa de RSU. Leite e Povinelli (1999) afirmam que a taxa de decomposição anaeróbia da fração orgânica do resíduo é diretamente proporcional à concentração de sólidos voláteis no substrato. Assim, o monitoramento dos recalques e sua relação com o teor de SV, pode ser de grande importância para o aprimoramento de técnicas que visem acelerar a estabilidade dos aterros sanitários.

Para aprimorar técnicas e tornar as metodologias cada vez mais eficientes, torna-se viável o estudo em lisímetros de RSU, que simulam em menor escala o comportamento de um aterro sanitário. Dessa forma, o objetivo desse estudo é compreender o comportamento de recalques em um lisímetro preenchido com RSU, associando-os com o parâmetro de sólidos voláteis

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi construída uma célula experimental (lisímetro) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O lisímetro foi construído em alvenaria de tijolos manuais, com diâmetro interno de 2,0m e altura 3,5m possuindo volume aproximado de 11m³, sendo dotado de sistemas de drenagens de líquidos e gases, verificador de nível dos líquidos, marcadores de temperatura ao longo da profundidade e medidores de recalque superficiais e profundos. Nas camadas de base e de cobertura do lisímetro, foi escolhido um solo de baixa permeabilidade (10⁻⁶cm/s).

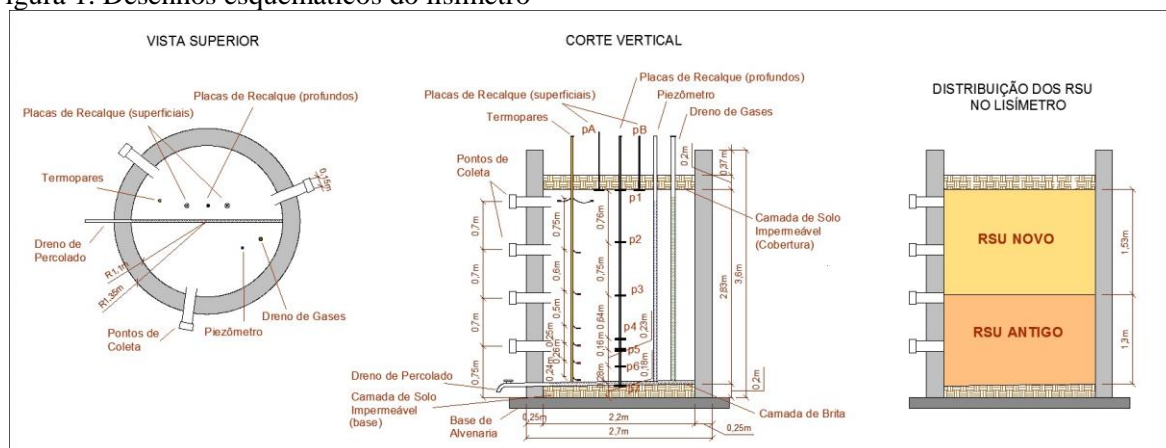
O estudo compreendeu duas fases. Num primeiro momento deve ser destacado que o lisímetro contém duas massas de RSU de diferentes idades. A primeira massa de RSU foi acondicionada no lisímetro em set/2011, sendo que esses RSU foram selecionados a partir de um planejamento estatístico, estabelecendo-se uma amostra proporcional estratificada de RSU provenientes de 12 bairros da cidade de Campina Grande. Em seguida, os RSU foram compactados e o lisímetro foi impermeabilizado superior e inferiormente por camadas de base e cobertura de solo. Em abr/2015, realizou-se uma retroalimentação parcial do lisímetro devido ao avançado estado de decomposição a qual os RSU antigos já estavam submetidos. A escolha dos RSU para a retroalimentação do lisímetro seguiu a mesma metodologia de amostragem adotada no primeiro enchimento.

Antes da retroalimentação, haviam seis placas para medição dos recalques em profundidade instaladas no lisímetro. Na retroalimentação, foram instaladas mais 2 placas em profundidade, ficando o lisímetro com a configuração descrita na Figuras 1. Cada placa de recalque instalada em profundidade, possui 20 cm de diâmetro, sendo revestidas com uma película anticorrosiva, acopladas a um ímã que, ao se enviar um torpedo, permite a obtenção da leitura, uma vez que este sistema aciona um dispositivo eletrônico que detecta o campo magnético das placas de recalque e consequentemente seus respectivos deslocamentos verticais (Melo, 2011; Farias, 2014).

No monitoramento dos recalques superficiais, foram utilizadas duas placas circulares com diâmetros aproximados de 15cm, confeccionadas em aço, revestidas com uma película anticorrosiva e acopladas a hastes de aproximadamente 80 cm (Figura 1). As placas foram instaladas durante o enchimento do lisímetro, quando se atingiu a altura pré-estabelecida de resíduos, sendo localizadas

acima da massa de resíduos e abaixo da camada de cobertura de solo. As leituras dos recalques superficiais foram realizadas medindo-se distância entre o topo da haste das placas e a parte inferior de uma corda esticada horizontalmente e fixada nas bordas da base superior do lisímetro (Farias, 2014).

Figura 1. Desenhos esquemáticos do lisímetro



Para a análise de sólidos voláteis, foram coletadas mensalmente amostras de RSU de quatro níveis do lisímetro. Essas amostras foram picotadas em tamanho de 30mm a 50mm. O Teor de sólidos voláteis foi determinado de acordo com a metodologia descrita em WHO (1979).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2, 3 e 4 abaixo apresentam valores de recalque e SV obtidos após a retroalimentação do lisímetro com RSU novos da cidade de Campina Grande.

Figura 2. Recalque versus SV (RSU antigos)

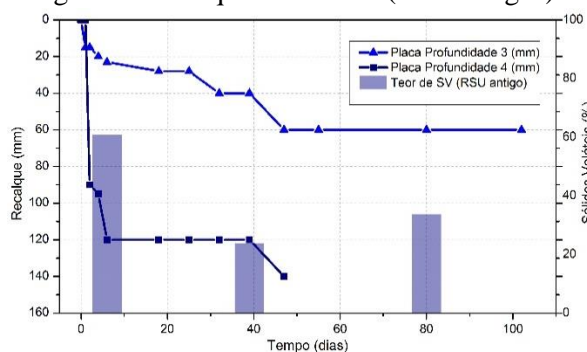


Figura 3. Recalque versus SV (RSU novos)

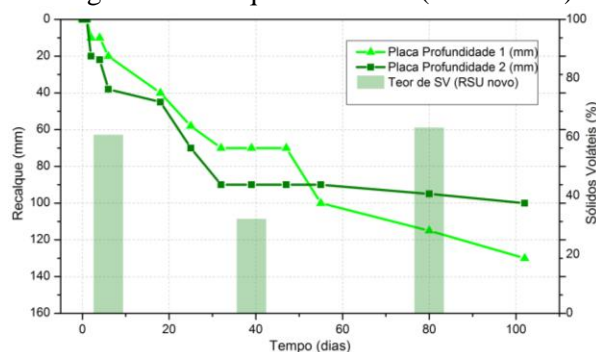
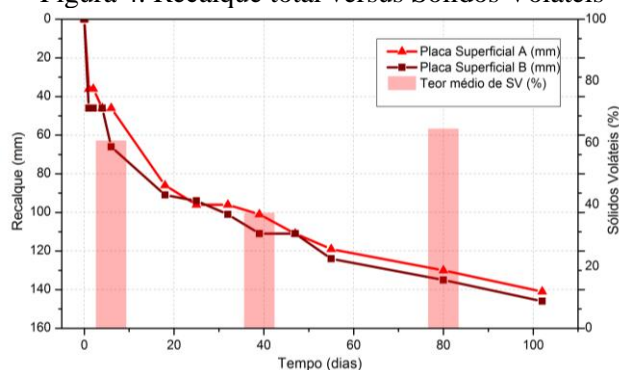


Figura 4. Recalque total versus Sólidos Voláteis



Comparando os recalques da camada antiga de RSU (Figura 2) com os da camada nova (Figura 3), observou-se que a primeira apresentou, em média, maiores deformações nos primeiros 10

dias de monitoramento, o que possivelmente é devido aos esforços mecânicos e rearranjos espaciais provocados pelo peso da nova camada de RSU recém disposta no lisímetro. Na camada antiga de RSU (Figura 2), a placa 4 apresentou um intervalo de recalques zero entre os dias 10 e 40, e logo após, houve outro período de deformações. Tal acontecimento também foi observado na camada nova (Figura 3), entre os dias 35 e 50. Vale ressaltar que durante esse período de recalques zero, os valores de SV diminuíram em ambas as camadas de RSU, havendo um consumo de MO. Pode-se então assumir que a intensa atividade microbiana foi responsável pelo aumento dos vazios na massa de RSU, porém o colapso só ocorreu quando os vazios não puderam mais suportar o peso dos RSU. Estes valores estão de acordo com os resultados encontrado por Melo *et al.* (2006).

Após os 45 dias, a camada antiga de RSU (Figura 2) apresentou outro período de recalques zero, sendo que desta vez não houve deformações posteriores até o último dia de monitoramento, sugerindo assim, uma tendência à estabilização dos recalques. Por outro lado, os RSU novos continuaram a se deformar após os 45 dias, indicando que muita atividade biológica ainda está sendo realizada nessa camada, o que é explicada pela pouca idade desses resíduos.

Com relação aos recalques totais do lisímetro (Figura 4), os quais são medidos pelas placas superficiais, notou-se uma diminuição nas deformações ao longo do tempo, fato observado também por Melo (2011) e Farias (2014) em estudos com lisímetros de RSU. Por meio dos valores de SV, pode-se afirmar que o consumo de MO teve um comportamento semelhante aos dos recalques dos RSU até os 50 dias de monitoramento, porém houve uma discrepância no 80º dia. A diminuição da magnitude dos recalques no tempo está relacionada ao consumo da matéria orgânica, mas não se pode dizer que isto é imediato, pois a atividade microbiana permite o aumento de vazios, mas estes só vão colapsar após não suportarem a carga a eles impostas.

CONCLUSÕES

No geral, os recalques e os sólidos voláteis tiveram comportamentos semelhantes nos primeiros dias de monitoramento. Porém, passado este período, a intensa atividade microbiana diminuiu os SV, mas estes não refletiram imediatamente em recalques. Conclui-se então que o entendimento do mecanismo de recalques por meio de sua associação com o parâmetro de sólidos voláteis não se mostrou totalmente eficiente, uma vez que os valores de recalque e SV não apresentaram uma relação evidente durante todo o monitoramento. Assim, a redução de SV pode não ser necessariamente um fator decisivo para o acontecimento de recalques.

REFERÊNCIAS

- Babu, G. L. S.; Lakshmikanthan, P. Estimation of the components of municipal solid waste settlement. *Waste Management & Research*, v. 33, n.1, p. 30–38, 2015.
- Durmusoglu, E.; Corapcioglu, M. Y.; Tuncay, K.. Landfill Settlement with Decomposition and Gas Generation. *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, 2005.
- Farias, R. M. S. Estudo de Recalques em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Experimental Estatística. Campina Grande: UFCG, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil em Ambiental).
- Hettiarachchi, H.; Meegoda, J.; Hettiaratchi, P. Effects of gas and moisture on modeling of bioreactor landfill settlement. *Waste Management*, 2008.
- Leite, V. D.; Povinelli, J. Comportamento dos Sólidos Totais no Processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos e Industriais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.2, p.229-232, 1999.
- Melo, M. C. Influência da Matéria Orgânica nos Recalques de Resíduos Sólidos Urbanos Aterrados. Campina Grande: UFCG, 2011. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais).
- Melo, M. C.; Monteiro, V. E. D.; Jucá, J. F. T. Recalques em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos Associados às Condições Climáticas, Aspectos Mecânicos e Biodegradativos. *Solos e Rochas*, v. 29, p. 311-321, 2006.
- Monteiro, V. E. D.; Jucá, J. F. T.; Brito, A. R. Uma Análise Comparativa de Recalques Superficiais e em Profundidade no Aterro da Muribeca. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000.
- WHO. Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost. International Reference Center for Wastes Disposal. Switzerland, 1979.