

ESTUDO DE RECALQUES E SUAS INTERAÇÕES EM UMA CÉLULA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

THE STUDY OF SETTLEMENTS AND THEIR INTERACTIONS IN AN EXPERIMENTAL CELL OF URBAN SOLID WASTE

Larissa Santana Batista

Universidade Federal de Campina Grande - PB.
larisantanabatista@gmail.com

Márcio Camargo de Melo

Universidade Federal de Campina Grande – PB.
mdcmelo@hotmail.com

Fabiano Queiroz de Souza

Universidade Federal de Campina Grande – PB.
queiroz001@yahoo.com.br

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro

Universidade Federal de Campina Grande – PB.
veruschkamonteiro@hotmail.com

RESUMO

Devido ao aumento exacerbado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), uma destinação final adequada destes resíduos é de suma importância para o meio ambiente. Se despejados de forma inapropriada, podem contaminar o solo, a água e o ar. Desta maneira, aterros sanitários representam uma técnica bastante adequada, pois dispõe de técnicas de impermeabilização do solo e cobertura dos resíduos. Isso reduz os impactos ambientais, a poluição e a proliferação de insetos e, sobretudo, proporciona a otimização dos espaços, recebendo e decompondo maior volume de resíduos. Células experimentais (lisímetros) podem ser utilizadas para obter parâmetros e entender o comportamento de aterros de RSU por meio de seu monitoramento. Este estudo tem como principal objetivo mostrar o comportamento do recalque e suas interações dentro da massa de resíduos, pois são de fundamental importância no funcionamento de aterros de RSU. Esses recalques não só repercutem nos aspectos estruturais da obra, mas também no que diz respeito ao aproveitamento do volume. Além do mais, os recalques podem gerar instabilidade na massa de lixo e/ou deslizamentos de taludes.

Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura técnica estudada: os recalques foram quantificados e pode-se perceber que os recalques iniciais ocorreram devido a fatores mecânicos (peso próprio dos resíduos e da camada de cobertura) e menos, aos biodegradativos. Foram observados valores mais acentuados de recalques no centro da célula, devido a maior espessura de resíduos.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Lisímetros. recalques.

ABSTRACT

Due to the exacerbated increase of urban solid waste (USW), a proper waste disposal is of paramount importance to the environment. If waste is disposed improperly, it can contaminate soil, water and air. Thus, landfills represent a very suitable technique, because it offers techniques for soil waterproofing and waste coverage. They reduce environmental impacts, pollution and insect proliferation, and, above all, provide space optimization by receiving and decomposing a higher volume of waste. Experimental cells (lysimeters) can be used to obtain parameters and to understand the behavior of landfills USW by means of its monitoring. This study aims to show the behavior of settlements and their interactions within the mass of waste due to their fundamental importance to the operation of USW landfill sites.

These settlements do not only affect the structural aspects of the construction, but also with regards the use of the volume. In addition, they may lead to instability in the waste mass and/or slipping slopes. The results obtained are in agreement with the studied technical literature: the settlements were quantified and it can be noticed that the initial settlements occurred mainly due to mechanical factors (self-weight of the waste and the coverage layer) than to biodegradation processes. More pronounced values of settlements were observed in the center of the cell due to the greater thickness of waste.

Key-words: Urban solid waste. Lysimeters. Settlements.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população e o desenvolvimento industrial dos grandes centros urbanos tem como consequência o aumento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ocasionando problemas ambientais. Segundo Monteiro (2003) a grande heterogeneidade do principal material usado no aterro representa dificuldades adicionais no tocante ao estudo do comportamento desses aterros como: produção de lixiviado e biogás (poro-pressões de líquidos e gases); físico-química e microbiologia dos resíduos e do lixiviado (potencial contaminante); elevada compressibilidade dos resíduos depositados; baixa capacidade de carga; baixa estabilidade, etc. De uma forma geral os aterros de RSU tem um desempenho favorável à degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, a redução de volume dos resíduos, ocasionando recalques, que podem ser quantificados através da instrumentação geotécnica.

Os recalques são de fundamental importância no funcionamento de aterros de RSU e de acordo com Melo (2003) quando ocorrem na massa de lixo constituem um aspecto de especial importância prática e têm sido citados como um dos principais problemas operativos. Esses recalques não só repercutem nos aspectos estruturais da obra, mas também no que diz respeito ao aproveitamento do volume. Além do mais, podem gerar instabilidade na massa de lixo e/ou deslizamentos de taludes. Os mecanismos de recalques permitem a redução do volume ao longo do tempo da massa de resíduos. Essa diminuição no volume é devida, principalmente, ao próprio peso dos resíduos e biogeração da matéria orgânica com expulsão de gases e líquidos dos vazios formados (MONTEIRO et al., 2003). Segundo Wall e Zeiss (1996), os RSU são compostos, em sua grande maioria, de material facilmente biodegradável. A degradação deste material provoca recalques, resultando numa contínua deformação do aterro sanitário. Segundo o autor, os recalques em aterro de RSU variam de 25% a 50% em relação à sua altura inicial.

A importância de se prever recalques e sua velocidade em aterros sanitários pode se resumir em: determinar com maior precisão a capacidade volumétrica do aterro, prever recalques diferenciais que podem provocar rupturas nos sistemas de cobertura e prever o momento nos quais estes deslocamentos cessarão. Isto facilita a estimativa da vida útil do aterro com maior precisão, estimativa do momento adequado de realizar as obras de cobertura com menores riscos de falha devido a recalques diferenciais, e condicionar o uso futuro do local.

Objetivou neste estudo a caracterização física dos RSU; observar os recalques e suas interações; determinar a velocidade dos recalques ocorridos na célula experimental ao longo do tempo e da profundidade; especificar as deformações específicas dos recalques ocorridos na célula experimental ao longo do tempo e da profundidade e ainda avaliar o desempenho da célula em relação a biodegradação dos RSU.

Para tanto a metodologia adotou os seguintes passos:

- 1) Construção da célula experimental
- 2) Instalação da instrumentação
- 3) Preenchimento da célula com RSU
- 4) Monitoramento e análise dos resultados

A célula experimental foi construída em tijolo maciço, em seção transversal circular, com diâmetro de 2,00m e altura de 3,00m, com volume aproximado de 9m³. Na sequência foi executada uma camada de base de aproximadamente 20cm e instalada a instrumentação geotécnica além de aberturas de orifícios laterais em três alturas distintas que auxiliaram na coleta dos resíduos para análises laboratoriais e obtenção de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Prosseguindo foi confeccionada e instalada a instrumentação geotécnica, que consta de:

- Termopares: Para o monitoramento das temperaturas no interior da célula foram conectados quatro termopares e instalados a cada 0,5m de profundidade. Com o auxílio de um termometro digital que será conectado ao termopar, onde será realizado as leituras.

- Medidor de Nível de água: Para o monitoramento da presença de líquidos foi instalado um piezômetro, que consiste em um tubo de PVC de 25mm perfurado até a metade, envolvido por uma tela de nylon para evitar a obstrução dos furos.
- Placas de Recalques: As placas de recalques superficiais consistem em duas placas metálicas com 20cm de diâmetro, revestidas com uma película anti-corrosiva e no centro uma haste de aproximadamente 60cm. As placas de recalques em profundidades consistem em seis placas metálicas com 20 cm de diâmetro, revestidas com uma película anti-corrosiva (para evitar a oxidação e contaminação dos resíduos) e uma abertura central de aproximadamente 5cm com um imã, permitindo a passagem do tubo de um tubo de PVC de 20mm de diâmetro para evitar o atrito lateral e permitir a passagem do sensor, no monitoramento. A leitura do deslocamento vertical consiste no próprio deslocamento positivo das placas.
- Drenagem de gases: O sistema de drenagem de gases consiste de um tubo de PVC perfurado de 40 mm de diâmetro, envolvido por uma tela de nylon para evitar a obstrução dos furos, isolado ao final com um tampão para evitar que o gás escape para o meio externo.

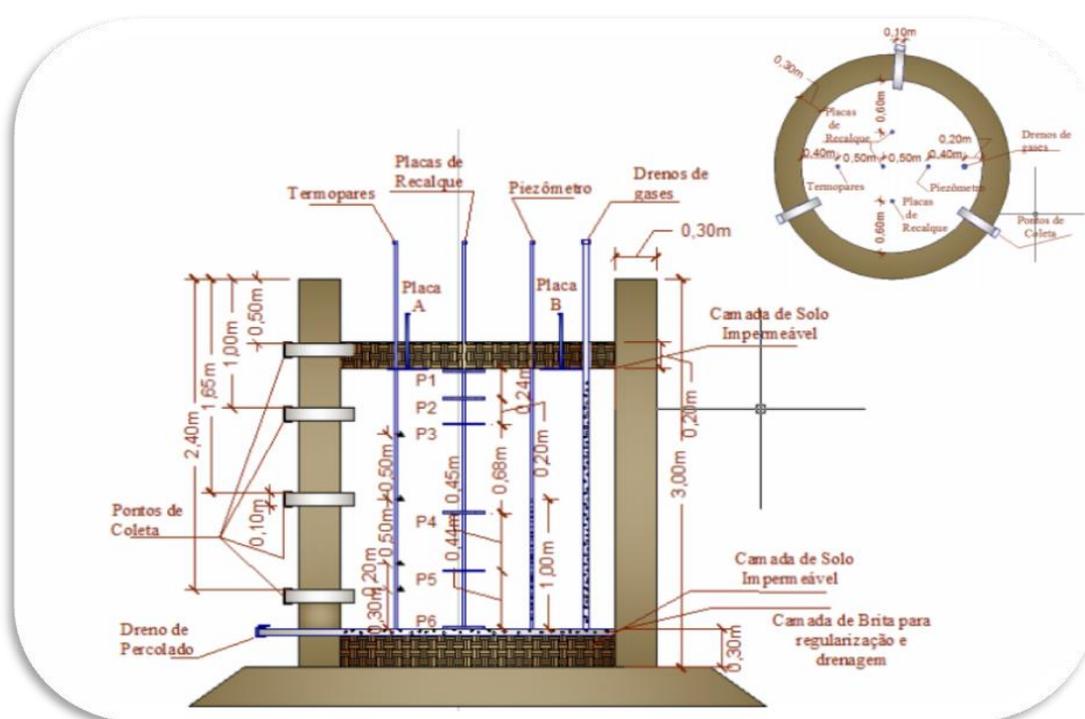
Na figura 1 pode-se observar o desenho esquemático da célula experimental.

Para a caracterização dos resíduos e preenchimento da célula, os resíduos foram coletados e após o descarregamento do material, fez-se a homogeneização e foram coletadas amostras para a caracterização físico-química e microbiológicas, conforme comendações da NBR 10.007/04. A composição gravimétrica foram realizados segundo LIPOR (2000) adaptado por LEITE (2008) e Pereira *et al* (2010). A composição volumétrica foram realizadas segundo Catapreta e Simões (2008) e Mariano *et al.* (2007).

No preenchimento da célula os resíduos não foram picotados e nem foram alteradas as características iniciais do material. Ao serem colocados na célula, os materiais foram distribuídos e compactados com um soquete manual em camadas de

aproximadamente 10cm, sempre mantendo a instrumentação da maneira correta. Estes processos foram repetidos até a quantidade de resíduos atingir uma cota de 2,70m. Ao longo preenchimentos foram colocadas as placas de recalques em profundidades, em alturas pré-estabelecidas. Ao término do preenchimento da célula, colocaram-se as placas de recalques superficiais e a camada de cobertura, conforme já mostrado no desenho esquemático abaixo da célula experimental e iniciou-se o monitoramento da mesma.

Figura 01 - Desenho esquemático da célula experimental

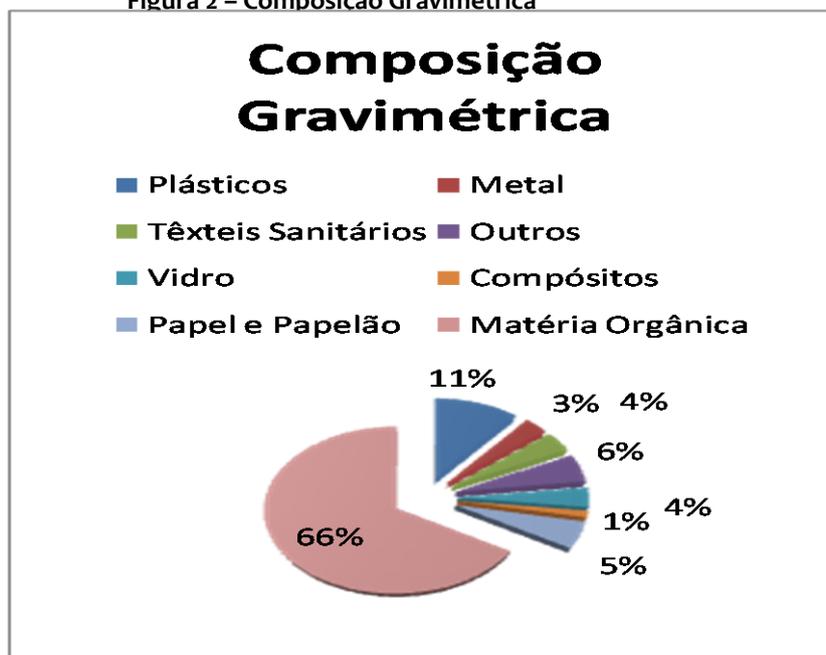


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização física dos resíduos, de acordo com a figura 2, os resultados encontrados na composição gravimétrica, percebe-se que a maior parte dos resíduos coletados é de matéria orgânica putrescível, representando 66% e os plásticos representam 11% do peso total. Este alto teor de matéria orgânica é considerado favorável, pois apresenta uma degradabilidade mais eficiente, ocorrendo maiores

recalques e conseqüente maior redução de volume dos resíduos, de forma que aumenta a capacidade de resíduos aterrados.

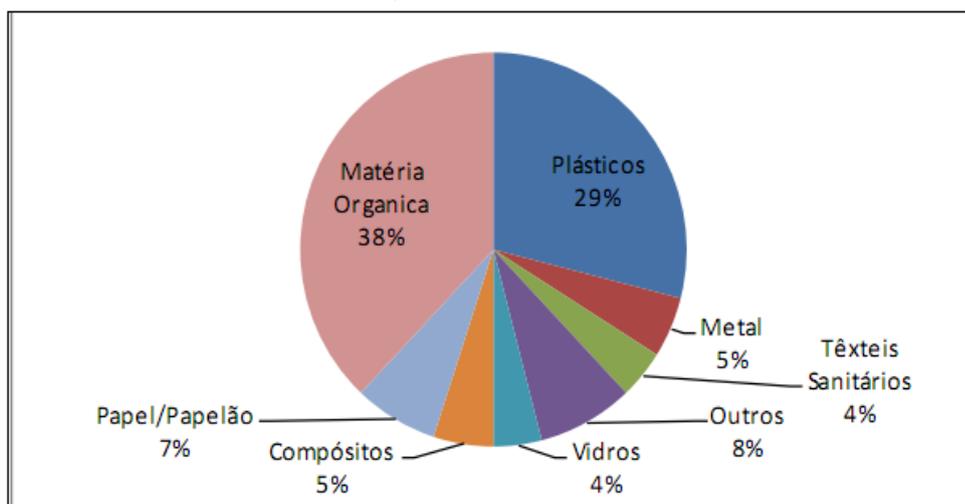
Figura 2 – Composição Gravimétrica



Segundo Pereira *et al.*, 2010, percentuais maiores de matéria orgânica podem indicar um menor desenvolvimento econômico da região, pois cidades mais desenvolvidas têm percentuais menores de matéria orgânica. Cidades desenvolvidas são claramente caracterizadas pelo consumo exarcebado de produtos industrializados, de forma que o percentual da matéria orgânicas destas regiões diminui consideravelmente, sendo substituídos por materiais como enlatados, vidros e embalagens plásticas.

Conforme a figura 3, na composição volumétrica dos resíduos pode-se observar que os resíduos de maior representatividade foram a matéria orgânica com 38% e em seguida os plástico, com 29% do volume total dos resíduos depositados. Desta maneira, pode-se perceber que o volume de plástico foi elevado se comparado com a composição gravimétrica, pois se trata de um material de leve massa molecular, mas que apresenta volumes excessivos.

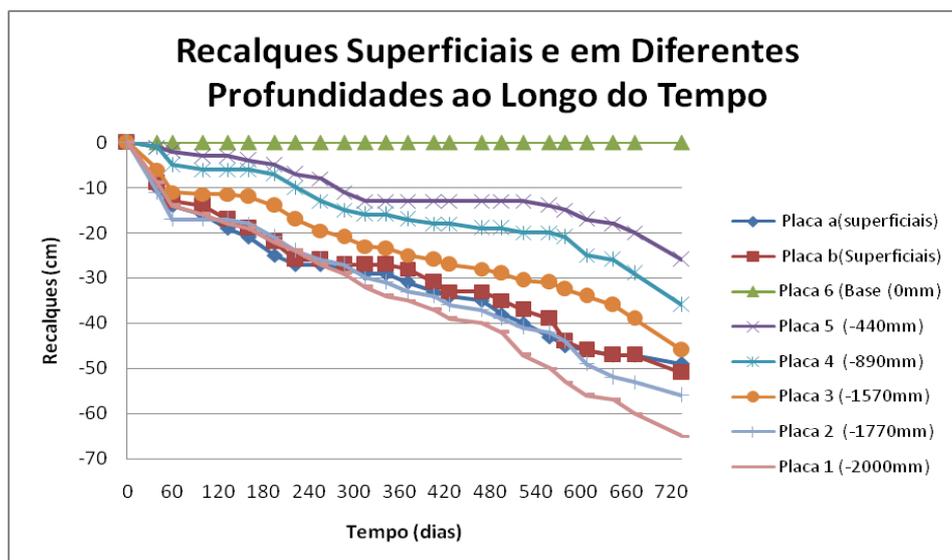
Figura 3 – Composição Volumétrica dos Resíduos Soltos



Desta maneira, o excesso da quantidade dos plásticos presentes no lisímetro, pode refletir nos recalques, uma vez que, ao criar camadas impermeáveis, os resíduos não recalcam como deveriam. Além de que, os plásticos podem formar bolsões de lixiviado e gases, retardando a ocorrência dos recalques.

Na análise dos recalques, de acordo com a figura 4, Durante o período de monitoramento, percebe-se que o recalque máximo foi observado na placa 1 (65cm), seguida da placa 2 (56cm). Vale salientar que as placas superficiais a e b e a placa em profundidade estavam no mesmo nível, ou seja, a 200 cm de altura da massa de resíduos, em seguida, a uma altura de 177 cm de altura, encontra-se a placa 2. Os recalques foram maior nas placas 1 e 2, o que é perfeitamente justificável, uma vez que as mesmas estão localizadas no centro do lisímetro, com maior concentração de massa de resíduos, não submetidos a ação de atrito dos resíduos com as paredes dos lisímetros, que é o que ocorrem com as placas superficiais, localizadas mais próximas dos bordos do lisímetro (efeito parede). Desta forma, as placas superficiais tiveram recalques de 52cm e 49cm, respectivamente.

Figura 4. Evolução dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo



De acordo com Melo *et al.*, (2011), no centro do aterro há maior espessura de resíduos, ocorrendo maiores recalques, de forma que o comportamento mecânico dos aterros sanitários de RSU pode ser afetado se forem construídas células com alturas muito elevadas, o que poderia ocasionar desmoronamento da massa de resíduos para o centro, comprometendo os taludes e a estabilidade do aterro.

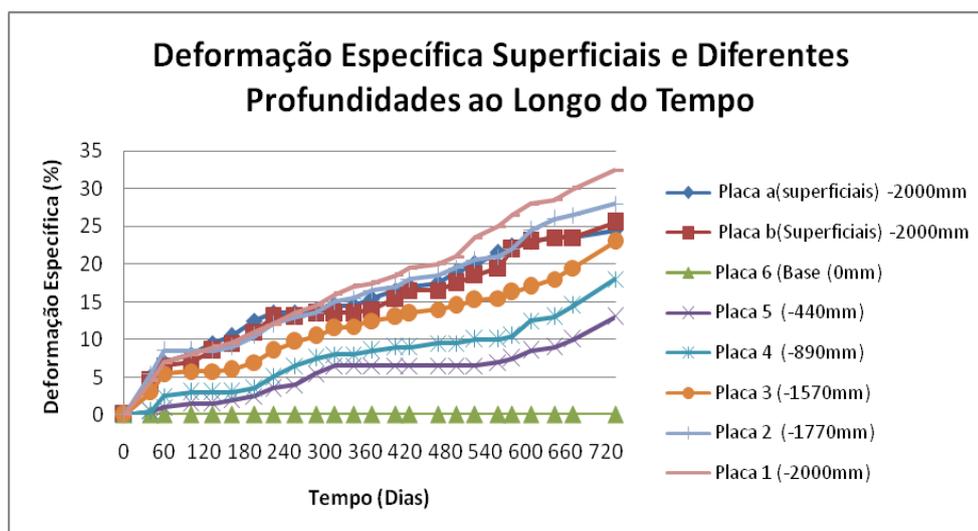
Foram observados valores mais acentuados de recalques no início da pesquisa, até o 30º dia, provavelmente devido a fatores mecânicos, principalmente ao peso próprio da massa de resíduo, além do peso da camada de cobertura e o preenchimento dos vazios a partir da expulsão dos líquidos e gases e fatores biodegradativos, em decorrência da degradação da matéria orgânica presente na massa de resíduo.

Em células em escala real, Mariano (1999), Melo (2003) e Monteiro (2003) verificaram que os recalques diminuem conforme a profundidade vai aumentando. Segundo Melo (2011), este fator ocorre porque os resíduos nas camadas profundas são mais influenciados pela compactação devido ao peso próprio das camadas que estão acima e, a espessura da camada vai diminuindo pela própria posição da placa, além de que não se mede os recalques no momento que os resíduos estão sendo depositados.

Desta forma, os recalques monitoramentos neste lisímetro tiveram um comportamento bastante típico de células em escala real.

Nas análises das deformações específicas, percebe-se alterações entre 10% e 30% da altura original do aterro tem sido reportada na literatura, desta forma, um valor de 33% da placa 1 pode ser considerado alto, considerando a pouca idade da célula experimental (Figura 5). Porém, o decréscimo na magnitude dos recalques aponta para uma evolução cada vez mais lenta deste parâmetro. Esta alta deformação também pode estar relacionada ao teor da matéria orgânica (66%) depositada no interior da célula, conforme indicada na composição gravimétrica. Segundo Moreda (2000), a alta concentração de matéria orgânica permite recalques mais acentuados e mais rápidos. Outro fator que pode ter influenciado na deformação específica foi a quantidade de matéria coletada ao longo do monitoramento.

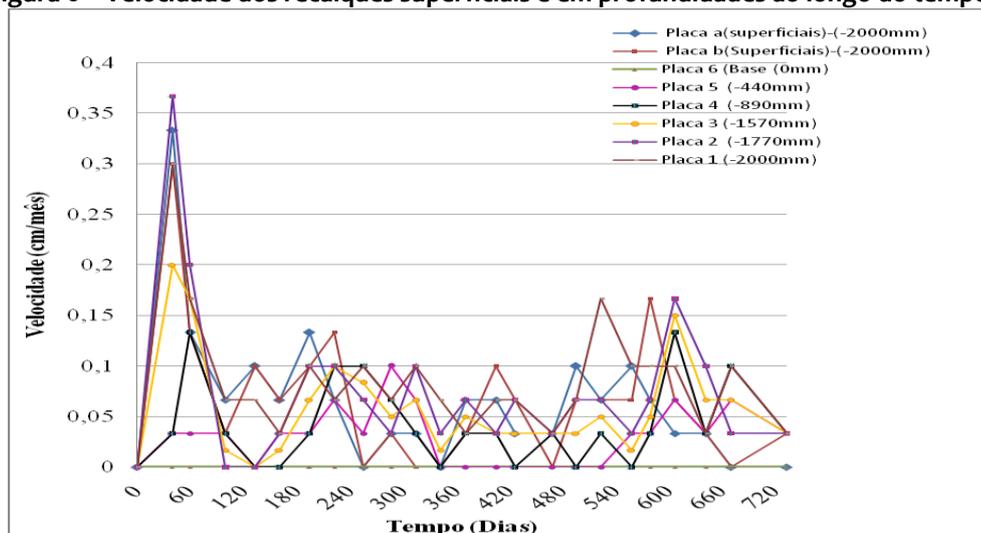
Figura 5. Deformação específica dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo



Embora haja 66% de matéria orgânica depositada na célula experimental, a placa 1 apresentou apenas 33% de deformação, pois nem toda matéria orgânica é degradável ou facilmente degradável.

De acordo com a figura 6, percebe-se que as velocidades dos recalques foram significativas nos primeiros 30 dias de monitoramento, conforme esperado. Com o passar dos dias, por volta dos 90 dias de monitoramento, a velocidade diminui, pois as intensidades também diminuem.

Figura 6 – Velocidade dos recalques superficiais e em profundidades ao longo do tempo



A velocidade por placa foi de até 10 vezes maior em algumas placas nos primeiros trinta dias se comparado com os demais dias em que foram monitoradas as deformações verticais. As placas 4 e 5 tiveram as menores velocidade de recalques com o tempo se relacionado com as demais placas. No caso da placa 5 esta apresentou velocidade de recalques zero após 330 dias de monitoramento, indicando que ou a matéria orgânica está inacessível aos microrganismos bacterianos para a sua degradação pela compactação excessiva, ou há acúmulos de líquidos nesta profundidade o que dificulta os recalques. (MELO 2011).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas análises dos recalques superficiais e em profundidades mostraram uma relação direta entre aspectos mecânicos e biodegradativos. A magnitude e velocidade dos recalques são mais acentuadas nos primeiros trinta dias de confinamento dos resíduos devido, principalmente, a aspectos mecânicos.

Os resultados de recalques sugerem que durante o monitoramento da célula experimental a degradação dos resíduos foi bastante rápida se comparado a aterros em escala real, uma vez a deformação específica na placa 1 foi da ordem de 33%.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Resíduos Sólidos – Amostragem de Resíduos. Local, 2004, volume ou página (s).

CATAPRETA C. A. A.; SIMÕES G. F. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação**. www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/236D.PDF

LEITE, H.E.A.S. **Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande - Paraíba**. Dissertação de Mestrado. UFCG. 2008.

<http://www.lipor.pt/pt/ecofone/>

LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e águas subterrâneas contaminados com óleo diesel**. Rio Claro, SP. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2006.

MARIANO, M. O. H. (1999); **Recalque no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca – PE**; Tese de Mestrado, UFPE, 1999.

MELO, M.C. **Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MELO, A.C.A. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Rolândia/Pr - www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/download/.../10644

MONTEIRO, V.E.D. **Interações físicas, químicas e biológicas na análise do comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2003.

Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade | vol.3 n.2 | jan/jun 2013

PEREIRA et al; **Reflexões sobre o processo de urbanização e a necessidade de Gestão Ambiental; O caso dos RSS de Saúde da cidade de Campina Grande/Pb** - www.150.165.111.246/revistaadmin/index.php/uacc/article/download/48/57