

### **III-317 - SIMULAÇÃO DE CAMADAS DE COBERTURA DO ATERRO EXPERIMENTAL DA MURIBECA EM COLUNAS DE SOLO: EFICIÊNCIA EM RELAÇÃO A EMISSÕES GASOSAS**

**Magdalena Duarte Costa<sup>(1)</sup>**

Professora do IFPB. Engenheira Civil pela UFPB. Mestre em Engenharia Urbana pela UFPB. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE.

**Leila Barros Araújo<sup>(2)</sup>**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela UFRPE. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE

**José Fernando Thomé Jucá<sup>(3)</sup>**

Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da UFPE. Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Coordenador do GRS/UFPE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Pocinhos, 96 – Tibiri III – Santa Rita – PB – CEP: 58302-235 – Brasil - Tel: (83) 8862-7753 - e-mail: magdalena.costa@ifpb.edu.br

#### **RESUMO**

O metano oriundo dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é responsável por cerca de 13% das emissões de gases na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, e têm aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano, sendo a segunda fonte antropogênica para o aquecimento global, perdendo apenas para o dióxido de carbono. Sendo assim, os aterros sanitários são projetados para armazenamento dos resíduos sólidos de forma segura para que haja o aproveitamento adequado do biogás gerado ao longo do tempo. O biogás é composto por cerca de 55% de gás metano e 40% de gás carbônico. A adequada construção de aterros sanitários possibilita uma maior eficiência na produção e captação do metano na massa de resíduos, contribuindo para a redução das emissões de gases à atmosfera. Para impedir a emissão de gases para atmosfera são construídas camadas de coberturas que utilizam o conhecimento da engenharia de solos nos seus projetos, minimizando os impactos no meio ambiente. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é simular em laboratório, através de ensaios de colunas de solos, o desempenho de duas camadas de cobertura com diferentes configurações de solos construídas em uma célula experimental no Aterro Sanitário da Muribeca para compreender sua eficiência com respeito às emissões gasosas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissões Gasosas, Metano, Camadas de Coberturas.

#### **INTRODUÇÃO**

Os aterros sanitários são projetados para armazenamento dos resíduos sólidos de forma segura para que haja o aproveitamento adequado do biogás gerado ao longo do tempo. Assim, possibilita uma maior eficiência na produção e captação do metano na massa de resíduos, contribuindo para a redução das emissões de gases à atmosfera. Sua correta concepção também impede que líquidos infiltrem no interior do aterro prevenindo uma maior produção de lixiviados. Para evitar que águas pluviais adentrem no interior do aterro e impedir a emissão de gases para atmosfera são construídas camadas de coberturas que utilizam o conhecimento da engenharia de solos nos seus projetos, minimizando os impactos no meio ambiente.

O sistema de camada de cobertura dos resíduos é o principal elemento de projeto para evitar ou minimizar a poluição do ar devido aos gases gerados em aterros de resíduos sólidos, já que é o elo existente entre o ambiente interno dos resíduos e a atmosfera. O conceito tradicional de sistema de cobertura de aterros de resíduos sólidos urbanos (ARSU) propõe que a camada funcione como uma barreira de impermeabilização dos resíduos as condições do ambiente externo (com condutividade hidráulica saturada do solo menor que  $10^{-9}$  m/s), impedindo a infiltração da água precipitada e a liberação de gases para atmosfera, diminuindo a taxa de formação de lixiviado e servindo de camada suporte para algum tipo de investigação que porventura venha ser realizado no local (MARIANO, 2008).

Ainda há incertezas no cálculo das emissões geradas por aterros de resíduos: a variedade de processos que ocorre na massa de resíduos somada à falta de monitoramento dos aterros faz com que os métodos de cálculo sejam geralmente fórmulas empíricas contendo poucos parâmetros de avaliação (BORBA, 2006).

O gás metano gerado em aterros, quando não devidamente controlado, seja por meio de sistemas de coleta e aproveitamento, seja pela queima em flares, contribui para o agravamento do efeito estufa, indicando que este representa não somente uma preocupação com a integridade da região onde é gerado, como também está ligado às questões ambientais globais (ENSINAS, 2003).

O metano oriundo dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é responsável por cerca de 13% das emissões de gases na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, e têm aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano, sendo a segunda fonte antropogênica para o aquecimento global, perdendo apenas para o dióxido de carbono. (IPCC, 2007).

As camadas de coberturas podem ser construídas com materiais porosos, tais como: solos, compostos orgânicos ou uma composição desses materiais. A prática mais comum é a utilização de solo como material de construção das camadas.

Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é simular em laboratório, através de ensaios de colunas de solos, o desempenho de duas camadas de cobertura com diferentes configurações de solos construídas em uma célula experimental no Aterro Sanitário da Muribeca para compreender sua eficiência com respeito às emissões gasosas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para estudar a eficiência de diferentes camadas de cobertura de aterros com respeito às emissões gasosas, serão executados diversos ensaios de laboratório e a montagem de experimentos em duas colunas de solo instrumentadas.

Inicialmente foram realizados ensaios de caracterização e compactação dos solos, seguindo as Normas Técnica da ABNT.

Os ensaios de laboratório realizados compreendem os ensaios de caracterização física e propriedades dos solos empregados como camada de cobertura dos aterros enfocando os fluxos de gases e líquidos no solo e fatores que afetam o seu desempenho. Os ensaios realizados são: Preparação de amostras (NBR-6467/86); Análise granulométrica (NBR-7181/88); Limite de liquidez (NBR-6459/84); Limite de Plasticidade (NBR-7180/88); Peso específico dos grãos ( $\gamma_g$ ) – método do picnômetro (NBR-6508/84); Ensaio Proctor Normal (NBR-7182-88).

Com o solo serão feitos ainda ensaios de Permeabilidade a água – ASTM D 5084; Permeabilidade ao ar, Maciel (2003) e Ensaios de sucção, onde as curvas de retenção serão obtidas com o uso da técnica do papel filtro (Marinho & Oliveira, 2003) e tensiômetros.

Os ensaios de coluna seguem a metodologia de Vieira, 2005, onde será feito a simulação do monitoramento do solo nas camadas de cobertura.

De acordo com a metodologia dos ensaios de coluna de acordo com Vieira, 2005, as colunas foram confeccionadas com segmentos de tubo PVC rígido com diâmetro interno de 15 cm. Todas as peças possuem no topo e na base placas de PVC para conexão e vedação entre elas. A vedação é feita com anéis de borracha (o-rings) que serão pressionados por meio de parafusos contra as placas de PVC, obtendo-se assim uma perfeita estanqueidade.

Os solos utilizados no preenchimento da coluna será o mesmo solo utilizado nas camadas de cobertura instalada em uma célula experimental no Aterro da Muribeca – PE, que ocupa uma área aproximada de 65 m x 85 m preenchida com 9 m de altura de resíduos, correspondendo a um volume aterrado de 38.000 m<sup>3</sup>. Serão utilizados dois perfis de camadas que foram denominados na célula experimental de (LOPES, 2011):

- Perfil 1 – camada metanotrófica: MET 1 - camada composta por 30 cm de solo compactado sobreposta com mistura de 50% de solo mais 50% de composto oriundo da unidade de compostagem existente no aterro, com espessura variando de 40 a 75 cm;
- Perfil 3 – camada convencional: solo compactado, com espessura variando de 50 a 90 cm.

As colunas serão preenchidas seguindo os perfis da camada de cobertura da célula experimental com algumas adequações. Os perfis de solos para as camadas são:

- Coluna 1 - camada convencional: solo compactado, com espessura 70cm e na base será colocada uma camada de 10cm de brita 19 para facilitar o fluxo no interior da coluna.
- Coluna 2 – camada metanotrófica: MET 1 a coluna será preenchida com 30cm de solo compactado sobreposta com mistura de 50% de solo mais 50% de composto oriundo da unidade de compostagem de também 30 cm, na base será colocada uma camada de 10cm de brita 19 para facilitar o fluxo no interior da coluna.

Na interface entre o solo e a camada de pedra, será utilizado geotêxtil tipo não tecido ou agulhado e uma tela galvanizada com abertura de 3mm para evitar a colmatção da brita e entupimento da torneira com as partículas finas do solo.

O fluxo de gás nas colunas será feito com a injeção de gás metano pela parte inferior da coluna. A quantidade de metano que será introduzido nas colunas será a vazão produzida pelos resíduos sólidos da célula experimental, onde era feito o controle de medição das emissões gasosas em vários pontos do aterro através de drenos instalados no seu interior. Para o processo oxidativo será assegurada uma concentração mínima de oxigênio.

Os gases injetados nas colunas de solos vão percolar pela camada e a quantidade não retida será medida e analisada. Os parâmetros a serem monitorados serão temperatura, com o Termometer Appa Mt-520, pressão com o Dwyer 477-2 e a concentração (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> e CO), com o Dräger X-am 7000. Diante disso a eficiência da camada de cobertura é dada pela diferença de volume de entrada e saída, e suas concentrações.

## **RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA**

O solo utilizado nas colunas é o mesmo utilizado nas camadas de cobertura da célula experimental no aterro da Muribeca e no próprio aterro da Muribeca. As análises feitas no campo foram imprescindíveis para verificação da eficiência dessas camadas quanto ao fluxo de biogás produzido pelos resíduos sólidos.

O solo para construção das camadas é um solo não saturado com granulometria de 30% de argila, 27% de silte e 43% de areia em sua composição sendo considerado pela Classificação Trilinear do Solo como uma argila arenosa e de acordo com a Classificação Unificada dos Solos apresenta características de solos siltosos com baixa compressibilidade (ML), com umidade ótima de 20% e quando compactados apresentaram permeabilidade saturada na faixa de 10-8 cm/s.

Quando foi feito o monitoramento das camadas de cobertura da célula experimental foi visto que a camada metanotrófica apresentou emissões seis vezes inferiores do que a camada convencional de solo compactado. Essa solução se constitui em uma alternativa promissora para utilização em cobertura final de aterros (LOPES, 2011).

Com a simulação dessas camadas em laboratório espera-se analisar o desempenho dessas camadas, visto que o solo utilizado na sua construção apresenta atividade de contração na ausência de água, tendo que se analisar a parte mineralógica do solo. A camada convencional apresentou muitas fissuras em sua superfície, no período seco, formando assim caminhos preferenciais para emissões gasosas. A mistura solo com composto orgânico diminui essa atividade da argila do solo, apresentando menos fissuras em sua estrutura.

Na simulação em condições controladas das colunas de solos tenta-se verificar o melhor desempenho dessas camadas e como pode ser melhorada sua construção. O controle de condições de temperatura, umidade e pressão permitirá a análise do comportamento do solo com o fluxo de metano, no qual será examinado as duas

configurações de camada, uma convencional e uma metanotrófica, onde se pretende comparar os dados de laboratório com os dados obtidos em campo.

Com o controle na simulação das colunas de solos espera-se encontrar valores para oxidação do metano com os quais poderão ser avaliados com uso de modelagem numérica.

## CONCLUSÕES

A maioria das coberturas de aterros sanitários de pequeno e médio porte é construída utilizando solo retirado diretamente de jazidas localizadas próximas aos aterros, que muitas vezes não são tão adequados para serem utilizados. A inserção de componentes orgânicos ajuda a melhorar as características dos solos para camadas de cobertura melhorando sua eficiência no que diz respeito a emissões gasosas. O gás metano tem um potencial 21 a 23 vezes maior que o dióxido de carbono de causar danos ao meio ambiente e é observado nas camadas metanotróficas que o gás metano é oxidado, sendo liberado gás carbônico que é menos prejudicial para atmosfera. Não havendo a mesma oxidação com as camadas compostas apenas com solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORBA, S. M. P. Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários: Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ. 2006.
2. ENSINAS, A. V. Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas – SP, 104p. 2003.
3. IPCC (2007) Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg3/ar4-wg3-ts.pdf>> Acesso em: 25 de março de 2012.
4. LOPES, R. L.; (2011) Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil. Recife-PE. 274p.
5. MARIANO, M. O. H.; (2008) Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterro de resíduos sólido. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil. Recife-PE. 243p.
6. VIEIRA. A. M (2005) Estudo de barreiras capilares como Cobertura final de aterro de resíduos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo. 287p.