

III-060 – COMPORTAMENTO DE CAMADA OXIDATIVA DE ATERRO SANITÁRIO SIMULADA EM LABORATÓRIO COM EMISSÃO METANO

Magdalena Duarte Costa⁽¹⁾

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 Araujo⁽²⁾

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

José Fernando Thomé Jucá⁽³⁾

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

Fernando Antonio Medeiros Marinho⁽⁴⁾

Engenheiro Civil. Professor livre-docente da Escola Politécnica Universidade de São Paulo (EPUSP)

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

RESUMO

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. A camada oxidativa é um tipo de camada alternativa que utiliza materiais com alto teor de matéria orgânica, representando uma alternativa economicamente viável para o tratamento de emissões fugitivas do metano. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é analisar em laboratório, através de ensaios de colunas de solos, o desempenho de camada de cobertura oxidativa sendo investigada a emissão do metano em duas etapas: uma com material na umidade ótima e outra com material mais úmido, após uma chuva de 40mm no solo para tentar compreender sua eficiência com respeito às emissões gasosas. O uso de camadas alternativas pode amenizar o impacto gerado pelas emissões de gás metano através da oxidação do mesmo, diminuindo a quantidade de gás metano que escapa para a atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Camada de Cobertura de Aterro Sanitário, Camada Oxidativa, Metano.

INTRODUÇÃO

As cidades de pequeno e médio porte precisam procurar soluções viáveis para mitigação de impactos ambientais na operação dos aterros sanitários que serão construídos para cumprir a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010). Sendo assim, é necessária a otimização na construção desses aterros, atendendo às exigências estabelecidas, mas diminuindo o fator econômico.

As camadas de cobertura servem como um isolante dos resíduos sólidos para o meio externo (MARIANO, 2008), garantindo o controle de infiltrações e das emissões de biogás. As camadas convencionais e as camadas alternativas são os dois tipos de camadas para aterros sanitários. As convencionais são compostas por solo natural argiloso e as alternativas por solos e materiais que não são geossintéticos. Apesar do tipo de camada escolhido, a eficiência no controle das emissões de gases e na percolação da água deve ser alcançada, garantindo o bom funcionamento do sistema como um todo.

Segundo o IPCC (2007) as camadas oxidativas, tipo de camada alternativa que utiliza materiais com teor de matéria orgânica, representam uma alternativa economicamente viável para o tratamento de emissões fugitivas do metano. A oxidação biológica é realizada por bactérias metanotróficas, as quais, em meio aeróbio, oxidam o metano em CO₂, H₂O, biomassa e calor (HUMER e LECHNER, 2001).

A oxidação microbiológica de metano oferece vantagens nos ramos dos conceitos da gestão de resíduos, principalmente em lugares onde uma ativa coleta e tratamento de gás não são aplicáveis por motivos econômicos. É especialmente o caso, quando os gases do aterro são produzidos em quantidades muito pequenas ou quando o gás apresenta uma qualidade muito baixa. (BAHR et al, 2006).

O que motiva a execução de camadas de cobertura alternativas, como as oxidativas, são as particularidades e singularidades locais como clima, disponibilidade de solos naturais argilosos e custo, por exemplo. (MARIANO, 2008) Dessa forma, os projetos de camadas de cobertura alternativas são executados de forma específica e fazem uso de materiais diversos como misturas de solos naturais com materiais com alto teor de matéria orgânica.

De acordo com Humer et al. (2009) a utilização de composto orgânico como substrato nas camadas de cobertura, altera as propriedades específicas em relação ao solo convencional no que diz respeito à permeabilidade ao gás, aos parâmetros físicos, incluindo a capacidade de retenção de água e a textura, e consequentemente, sobre a atividade de oxidação do CH_4 . O composto com alto teor de matéria orgânica fornece numerosas condições favoráveis para os micro-organismos, tais como uma elevada superfície específica, uma alta capacidade de retenção de água combinada com adequada porosidade e textura para a troca gasosa (significando um elevado volume de poros cheios de ar, mesmo em maiores teores de umidade) e baixa condutividade térmica.

Essa camada pode ser muito importante para aterros de pequeno e médio porte, onde a exploração do biogás não é viável tecnicamente. Nesses casos, a cobertura oxidativa tem um papel ainda mais relevante para redução de emissões, principalmente no Brasil, onde segundo dados do IBGE de 2010 ainda existem 50,2% dos municípios lançando seus resíduos em lixões e onde os pequenos aterros não são tecnicamente bem operados ou monitorados (LOPES, 2011).

Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é analisar em laboratório, através de ensaios de colunas de solos, o desempenho de camada de cobertura oxidativa sendo investigada a emissão do metano em duas etapas: uma com material na umidade ótima e outra com material mais úmido, após uma chuva de 40mm no solo para tentar compreender sua eficiência com respeito às emissões gasosas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para verificar a eficiência da camada oxidativa de cobertura de aterro sanitário, em condições controladas, quanto às emissões gasosas, executaram-se experimentos em uma coluna de solo instrumentada. A metodologia dos ensaios de coluna seguiu o trabalho desenvolvido por Vieira, 2005.

Para o preenchimento da coluna foram utilizados materiais com as mesmas configurações de uma das quatro camadas de cobertura utilizada na célula experimental da Muribeca – PE. Maciel (2009) e Lopes (2011) demonstram os detalhes desta célula experimental que fez parte da pesquisa desenvolvida para seus trabalhos.

Essa pesquisa selecionou um perfil para as análises, simulado em uma coluna de solo, que possui as seguintes configurações adequadas que foi chamada de Coluna 1: camada oxidativa - coluna preenchida com 0,30m de solo compactado sobreposta com 0,30m de mistura de 50% de solo mais 50% de composto orgânico. Na base foi colocada uma camada de 0,05m de brita zero para facilitar a distribuição do fluxo no interior da coluna. A Figura 1 mostra o detalhe da configuração do perfil da camada de solo na coluna que foi analisada.

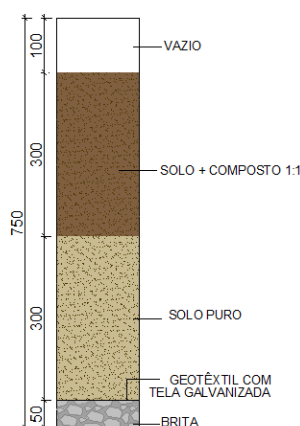


Figura 1: Configuração da camada de solo da Coluna 1, medidas em milímetro.

O comportamento da camada de cobertura de aterro foi analisado através de colunas em PVC. A confecção da coluna seguiu a metodologia dos ensaios de Vieira (2005) e Oliveira e Marinho (2007) na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo onde estudaram o comportamento de barreiras capilares submetidas a condições climáticas simuladas (extremas e normais) para verificação da eficiência da camada de cobertura de aterro sanitário em relação aos aspectos climáticos envolvidos.

A coluna foi feita com segmento de tubo PVC rígido com diâmetro interno de 15 cm. Foram confeccionadas peças de alturas de 15 e 30 cm para melhor execução e manuseio da coluna na montagem dos equipamentos. Quando montada alcança uma altura de 75 cm. A coluna possui tampa na base e no topo, onde foram inseridas nestas, torneiras de passagens para entrada e saída dos fluxos de gás e água.. A Figura 2 apresenta detalhes da coluna confeccionada em PVC.

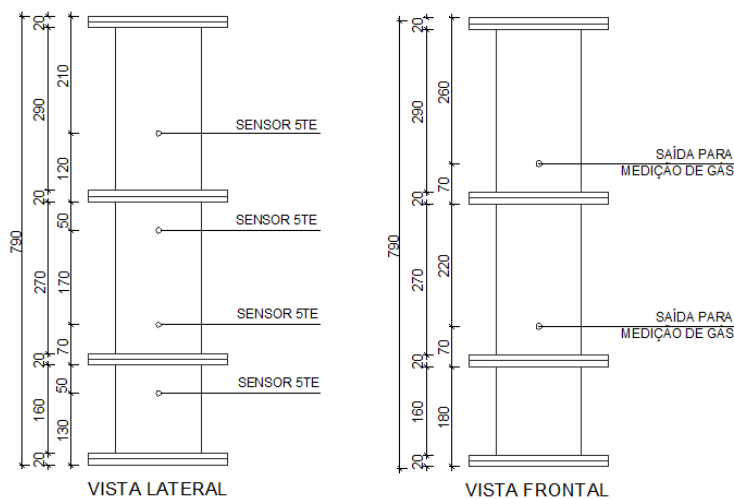


Figura 2: Desenho esquemático da Coluna 1, medidas em milímetro.

Para medição da vazão de entrada de gás na coluna foi utilizado rotâmetro série 1900 com medição de vazão máxima de 12 NI/h. Para leitura da concentração dos gases foi utilizado detector portátil X-am 7000 que é um detector simultâneo e contínuo de até 5 gases. A quantificação com esse equipamento é baseada na absorção de cada espécie com infravermelho. Os limites de quantificação de cada gás medido pelo equipamento são de 1,0% (v/v). Este equipamento foi programado para leituras dos gases metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), Oxigênio (O_2) e Sulfeto de Hidrogênio (H_2S).

O gás foi coletado nas saídas da coluna para se analisar suas concentrações. Para isso foram utilizados sacos amostradores para biogás do kit biogás desenvolvido para Embrapa Aves e Suínos. O fluxo de metano imposto à coluna foi 0,5 l/h (8,3ml/min ou 486g/m².dia).

Os ensaios foram realizados em duas etapas:

Etapa 1: A coluna recém construída ainda na umidade ótima de compactação foi injetado o fluxo contínuo do gás metano durante 30 dias. As concentrações dos gases foram verificadas constantemente, nos três pontos de análise, na base, no meio e no topo da coluna.

Etapa 2: Após simulação de chuva de 40mm com o material mais úmido foi injetado o mesmo fluxo contínuo do gás metano durante 30 dias. As concentrações dos gases foram verificadas constantemente, nos três pontos de análise, na base, no meio e no topo da coluna.

RESULTADOS

A pesquisa foi dividida em etapas para melhor avaliação do fluxo de gás na camada. Os materiais apresentavam-se como no início de construção de uma camada nos primeiros dias no aterro sanitário com compactação recente.

A primeira fase consistiu no fluxo contínuo de metano de 30 dias em um sistema fechado.

A Figura 3 mostra o fluxo de metano na Coluna 1 nos primeiros 10 dia de ensaio.

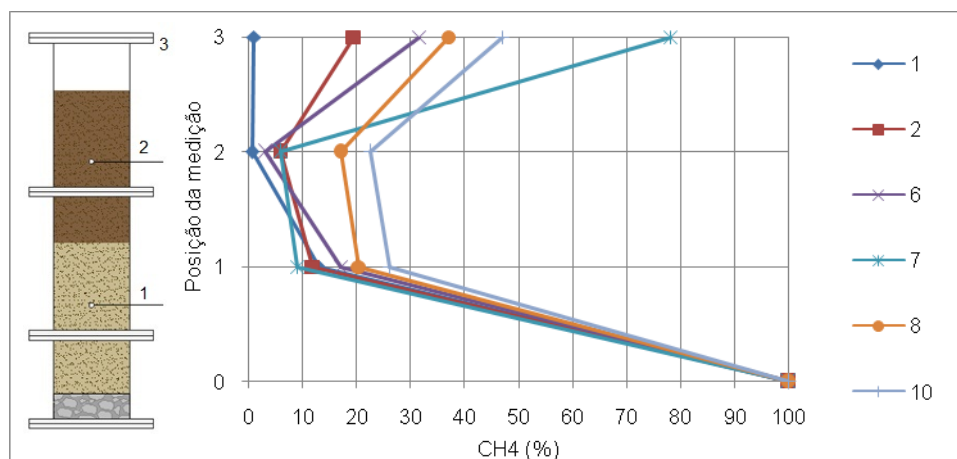


Figura 3: Fluxo de metano na Coluna 1 nos primeiros 10 dia de ensaio.

Ao analisar a Figura 3 pode se verificar que nos primeiros dez dias de ensaio com fluxo contínuo as curvas tiveram comportamentos semelhantes. Na base a concentração do metano era de 100% e se observa que parte deste ficava retida no 1º nível da coluna com uma retenção média de 84%. Quando o gás passava para o nível seguinte da coluna foi obtido uma retenção média de 49% havendo uma diminuição na concentração ao seguir para este segundo nível. Observando o comportamento da retenção do gás entre a base e o segundo nível da camada foi visto uma retenção média de 91%. As concentrações menores de metano nesse período ocorreram devido a essa maior quantidade de ar preso nos vazios dos solos.

A Figura 4 mostra o fluxo do gás metano na Coluna 1 do 11º ao 30º dia de ensaio.

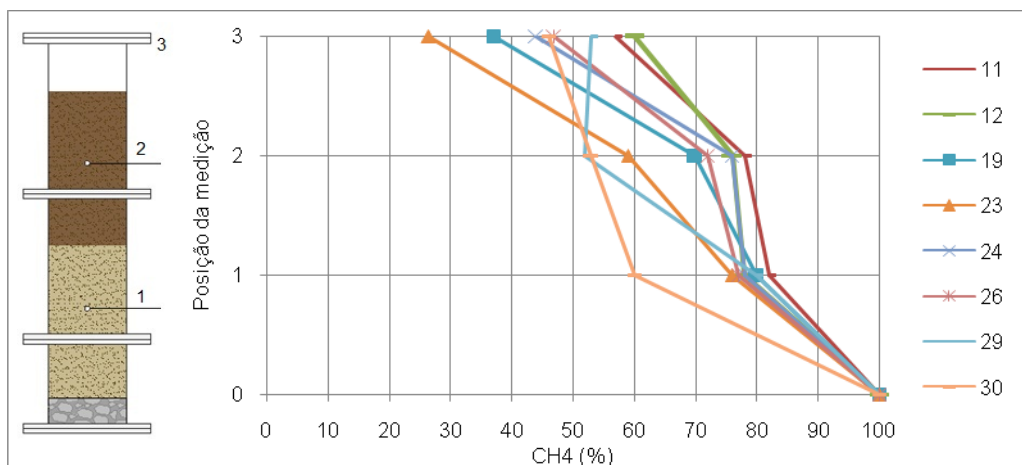


Figura 4: Fluxo do gás na Coluna 1 do 11º ao 30º dia de ensaio.

Na Figura 4 observa-se que há um aumento do gás metano no interior da coluna, podendo ter ocorrido devido à saturação do sistema com o gás metano. Foi verificado que houve um aumento na concentração do gás retido no 1º nível da coluna e é obtido uma retenção média de 24% da base a esse 1º nível. Do primeiro para o segundo nível da coluna foi obtido uma retenção média de 12% ocorrendo uma diminuição na concentração ao seguir para este segundo nível. E analisando a retenção da base ao nível 2 da camada foi visto uma retenção de 33%.

Analisando a Figura 4 é verificada a retenção do gás metano ao longo da coluna, caracterizando uma estabilização da concentração do gás nas diferentes profundidades e maior variação da concentração de metano nos primeiros e segundos níveis.

O fluxo empregado à coluna pode ser considerado de valor elevado, se tornando uma condição desfavorável para o sistema, uma vez que esse fluxo em aterros sanitários ocorre de forma pontual, como picos de máximo na percolação de metano em aterros. Isso pode ser considerado satisfatório para os ensaios, uma vez que o conjunto está trabalhando numa situação limite. Caso os equipamentos funcionem com este fluxo pode-se então considerar que em situações normais ter-se-á melhores resultados.

A retenção do gás é verificada quando é alcançada a diminuição da concentração no topo da coluna em relação ao 1º nível como pode ser observado na Figura 5.

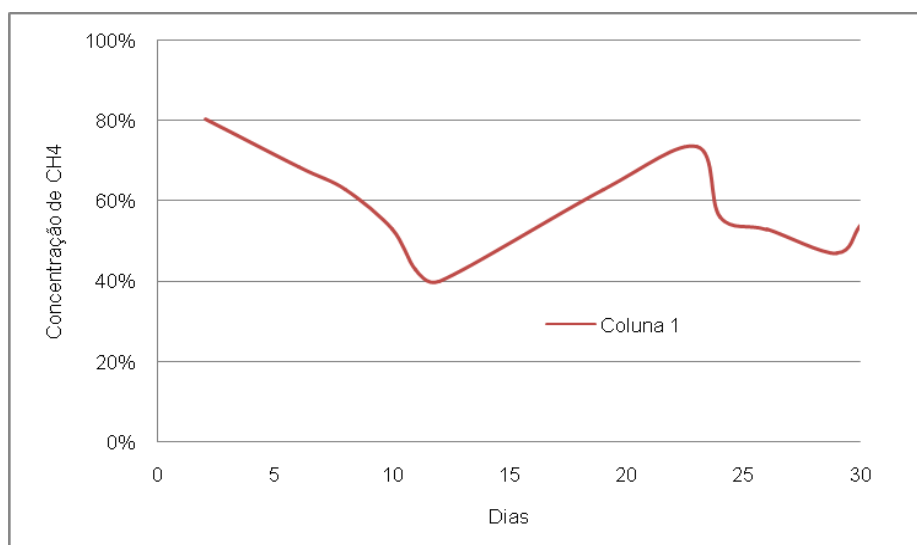


Figura 5: Perfil da retenção da coluna no período de 30 dias.

Ao verificar a Figura 5 observa-se que há uma eficiência de que variou entre 40% a 80% para Coluna 1. Vê-se que as curva acompanha a mudança na retenção de gás ao passar do tempo com fluxo contínuo, como verificado nos níveis mais abaixo da coluna.

A Figura 6 mostra o comportamento da Coluna 1 em relação ao gás carbônico.

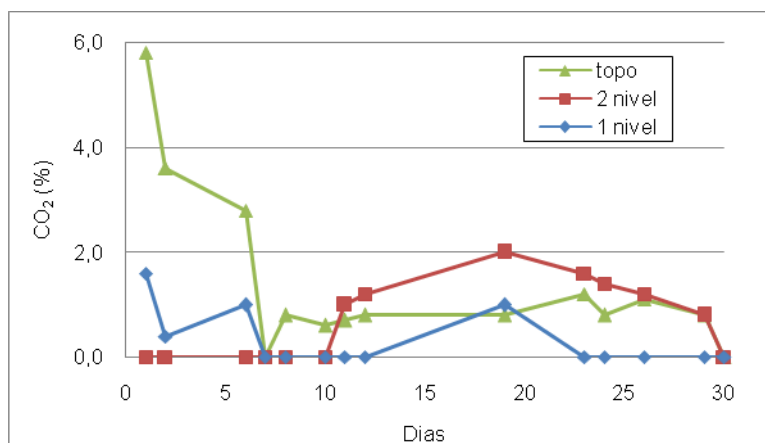


Figura 6: Concentração de gás carbônico na Coluna 1.

Na Figura 6 é verificada a presença de gás carbônico na Coluna 1. Pode se observar nesta Figura que há uma concentração maior de gás carbônico nos primeiros dias de ensaio, devido à troca de gases ocorrida antes de se fechar o sistema, onde a coluna estava em contato com a atmosfera. Após isto, não houve renovação de gases no interior do sistema, diminuindo assim a produção de CO_2 . Como o sistema estava fechado, a quantidade de oxigênio para haver a reação com o metano poderia não ser suficiente e com isso não haver consumo do CH_4 em um ambiente pouco aeróbio para os microorganismos que fazem esta reação ocorrer.

Após cessada a primeira fase, foi colocado água na coluna com o intuito de aumentar a umidade do material e após isto foi feita novamente a injeção do fluxo de gás metano de 0,5 L/h (8,3 mL/min ou 486 g/m²dia), dessa vez por um período de 40 dias.

Diferente do que ocorreu com o fluxo de gás na fase 1 percebe-se que não houve o mesmo comportamento para a coluna 1 na fase 2 com maior quantidade de água nos materiais, conforme pode ser visto na Figura 7.

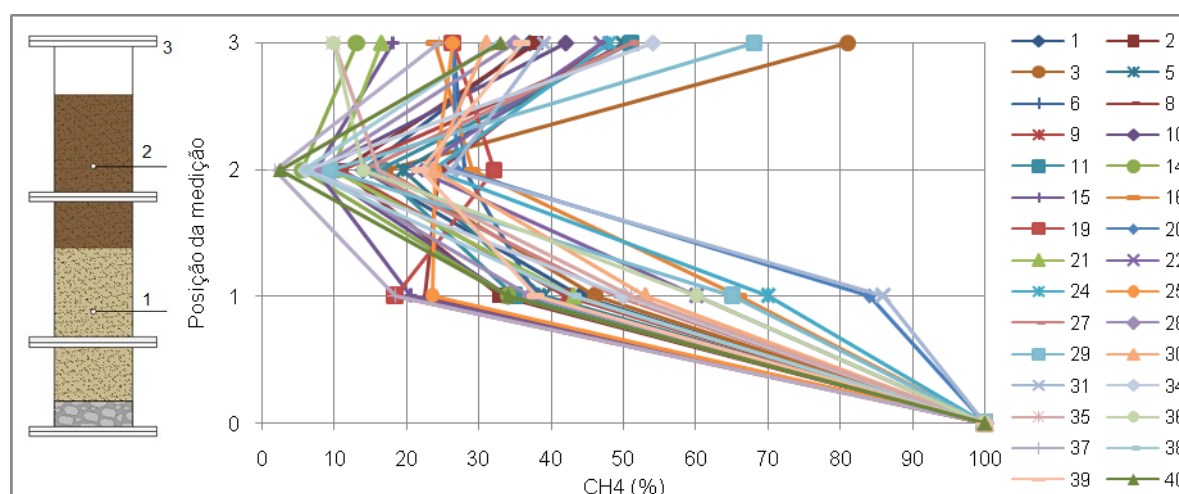


Figura 7: Fluxo do gás na Coluna 1 na fase 2 nos 40 dias de ensaio.

Ao verificar a Figura 7 percebe-se uma diminuição significativa da concentração do metano no interior da coluna 1, o comportamento da curva é similar em todos os dias fornecendo dados de retenção média de 64% com faixa de 56 a 78% da base ao 1º nível da Coluna e consegue-se uma retenção média de 84% analisando o

nível 2 com a base, onde o gás é injetado. Esta camada tem a tendência de diminuição de concentração de gás em todo perfil da camada, havendo um padrão de percolação ao longo do tempo. A Figura 8 mostra o comportamento de eficiência na camada

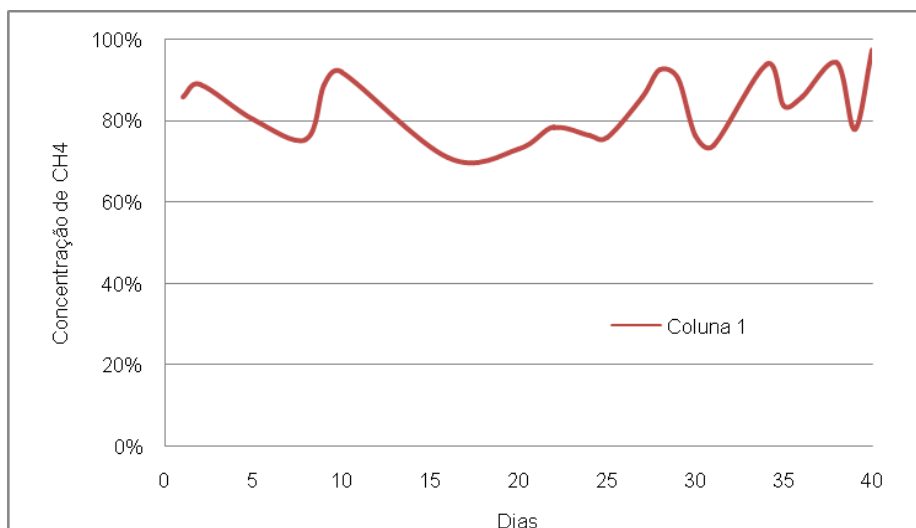


Figura 8: Perfil da retenção da coluna no período de 40 dias.

Com a coluna mais úmida houve uma maior dificuldade de passagem de gás no interior destas devido ao acúmulo de água nos vazios do solo. Como foi verificado na 2ª fase, a Coluna 1 apresenta uma retenção maior de líquido na camada com mistura solo+produto compostado, com isso a passagem de gás nesta camada terá maior dificuldade retraindo assim mais gás, impedindo que siga para parte superior.

Com base nos dados obtidos pode-se dizer que o sistema apresentou uma diminuição da concentração volumétrica do metano nos pontos amostrados. Esta diminuição da concentração volumétrica do metano em relação à concentração de entrada do gás no sistema foi de no mínimo 40% na saída da coluna na fase 1. É necessário ressaltar que esta diferença é um indicativo que possa haver oxidação do metano, mas a mesma não serve para estabelecer uma taxa de oxidação, a qual depende de uma vazão de entrada de metano no sistema em uma unidade de tempo. Foi obtido a taxa de eficiência mínima de 40% e uma média de 60% na fase 1. Como não se pode afirmar que o metano que passou pela coluna foi oxidado, é preferível chamar de eficiência de retenção. Na fase 2 a média de retenção foi de 84%, devido ao aumento da umidade dos materiais.

A Figura 9 mostra a concentração de gás carbônico no decorrer do período de 40 dias para Coluna 1.

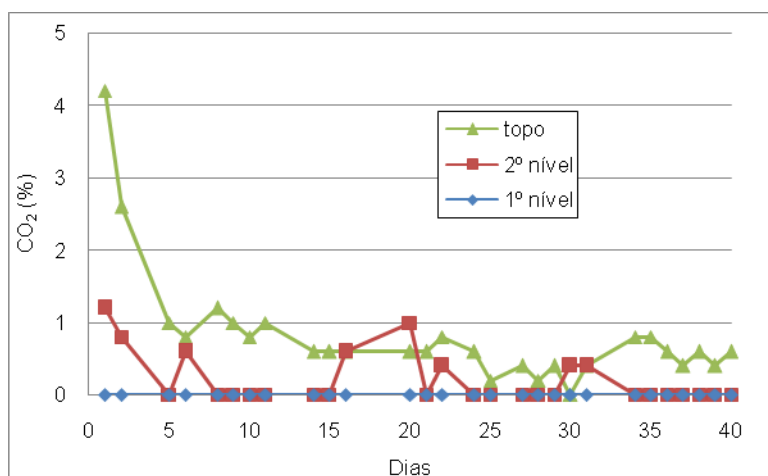


Figura 9: Concentração de gás carbônico na Coluna 1.

Na Figura 9 é verificada a presença de gás carbônico na Coluna 1, havendo uma tendência de oxidação na camada. Como o sistema estava fechado, a quantidade de oxigênio poderia ser pouco para haver a reação e com isso poderia ocorrer que não houvesse consumo do metano num ambiente pouco aeróbico para os microorganismos. Como ocorreu na 1ª fase, houve uma maior concentração de gás carbônico nos primeiros dias de ensaio, isso pode ter ocorrido pelo mesmo motivo que a fase 1.

De uma forma geral, o material solo+composto apresentou melhor desempenho para ser utilizado em coberturas de aterros sanitário como uma forma alternativa em locais com poucos recursos e precisam minimizar os efeitos danosos ao meio ambiente. Com a comparação dos dados em laboratório com os dados de campo é possível propor as cidades de pequeno e médio porte que escolham uma alternativa viável para solucionar esses problemas e os aterros sanitários funcionarem de forma correta.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O uso de camadas alternativas pode amenizar o impacto gerado pelas emissões de gás metano através da oxidação do mesmo, diminuindo a quantidade de gás metano que escapa para a atmosfera.

A diminuição da concentração de CH_4 e o aumento da concentração de CO_2 na coluna experimental indicam a presença de oxidação do gás metano.

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 estudo de camadas oxidativas pode ser de grande contribuição para a diminuição dos custos de manutenção e operação das camadas de cobertura final de aterros nas cidades de pequeno e médio porte para que possuam um controle satisfatório das emissões gasosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAHR, T. FRICKE, HILLEBRECHT, K. KÖLSCH, F. REINHARD, B. (2006) Clean Development Mechanism - Tratamento de Resíduos Sólidos e Oxidação de Gás Metano para Minimização de Emissões. 2006. Disponível em http://www.resol.com.br/trab_tec/trab_tec3.php?id=1589 Acesso em Novembro de 2013.
2. BRASIL (2010), Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicada no D.O.U. em 3.8.2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 12 set. 2010.
3. HUMER, M.; LECHNER, P. (2001) Microbial Methane Oxidation for the Reduction of Landfill Gas Emissions. Journal of Solid Waste Technology and Management, Vol. Vol. 27, pp No. 3-4.
4. HUMER, M.; RÖDER, S.; LECHNER, S. (2009) Approaches to assess biocover performance on landfills. Waste Management 29, pp. 2092–2104.
5. IPCC (2007) Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the
6. 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/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-ts.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2008.
7. 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.
8. MACIEL, F. J. (2009) Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 354 p.
9. 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.
10. VIEIRA, A.M. (2005) Estudo de barreiras capilares como cobertura de aterro de resíduos. 2005. 265 p. Tese (Doutorado em Engenharia Geotecnia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.