

### III-109 - DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DE EMISSÕES FUGITIVAS DE BIOGÁS NA CAMADA DE COBERTURA FINAL DA CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE NOVA IGUAÇU E DO LIXÃO DE SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO

**Ana Carolina Eugênio de Oliveira<sup>(1)</sup>**

M. Sc. em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia - UERJ.

**Elisabeth Ritter**

D.Sc. em Engenharia Civil – PEC/COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Civil – PUC/Rio. Professor Associado do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – Faculdade de Engenharia – UERJ

**Camille Ferreira Mannarino**

D.Sc em Saúde Pública e Meio Ambiente pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Profa. Visitante no Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da FEN/UERJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua São Francisco Xavier, 524, 5029-F, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ. - e-mail: ana.oliveira09@gmail.com

#### RESUMO

No Brasil, se espera ter até 2014, de acordo com o prazo da Política Nacional de Resíduos Sólidos, todos os lixões erradicados e os resíduos sólidos urbanos gerados depositados em aterros sanitários. Atualmente, os projetos de aterros sanitários dão oportunidade para um nicho de mercado, o da fonte de geração de energia. Um parâmetro de controle da poluição do ar causada pelos aterros sanitários são as chamadas camadas de cobertura. Nesse contexto, é de fundamental importância o estudo de camadas de cobertura de resíduos por ser um importante elemento de projeto para evitar ou minimizar a poluição do ar devido aos gases gerados em aterros sanitários de resíduos sólidos, já que é o elo existente entre o ambiente interno dos resíduos e a atmosfera. A presente pesquisa aborda o comportamento dos gases em relação à camada de cobertura existentes no aterro sanitário da CTR Nova Iguaçu e no Lixão Remediado de Seropédica. Foram realizados 6 ensaios de Placa de Fluxo, análises de solo “in situ” e em laboratório. Os ensaios foram realizados de outubro a novembro de 2012. Os resultados indicaram uma inexistência de fluxo pela camada de cobertura, que possui 1,10 m de espessura, do lixão remediado de Seropédica. Na CTR Nova Iguaçu, foi verificada praticamente a inexistência de fluxo com o sistema de gás ligado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos, Lixão, Fluxo de Gás, Camada de Cobertura.

#### INTRODUÇÃO

A maior parte dos resíduos sólidos urbanos depositados em aterros de resíduos urbanos consiste de carbono orgânico, que é parcialmente degradável, resultando em emissões de gases de efeito estufa como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Humer e Lechner (2011) destacam que aproximadamente 40 a 60 milhões de toneladas de metano são anualmente gerados por aterros sanitários. Os autores destacam ainda que normalmente 90% do carbono degradado num biorreator do aterro são convertidos em gás de aterro, enquanto que apenas 10% permanecem na carga orgânica dissolvida no Lixiviado.

Segundo Bogner et al. (2007), em todo o mundo, a emissão de  $\text{CH}_4$  do setor dos resíduos é de 18% da emissão antropogênica global de  $\text{CH}_4$ , com os aterros sanitários sendo a principal fonte, estimada de lançar entre 35 e 69 toneladas de  $\text{CH}_4$  por ano para a atmosfera.

Huber-Humer et al. (2011) destacaram que as emissões de gases de aterros sanitários estão se estabilizando devido à implantação de projetos de recuperação de gás de aterro, e até diminuindo nos países europeus, onde os requisitos das diretrizes de aterros já foram implementados na legislação nacional de gestão de resíduos. Em contraste, a emissão de  $\text{CH}_4$  de aterros está aumentando nos países em desenvolvimento de acordo com os dados fornecidos pelo IPCC (BOGNER *et al.* 2007).

Para Teixeira (2007), mesmo que sejam instalados os equipamentos de captação de gás, sempre haverá uma porcentagem (10 a 20%) que escapará dos sistemas de captação sob forma de emissão. Portanto, a instalação de possíveis tipos de camadas de cobertura no recobrimento final de um aterro sanitário constitui uma solução eficiente e economicamente atraente sob vários aspectos, uma vez que requer equipamentos simplificados, podendo ainda valorizar materiais alternativos para a construção, além de exigir baixa ou nenhuma manutenção.

O conceito tradicional de camadas de cobertura propõe características construtivas e de materiais que não impactam significativamente a geração de lixiviado e que promovem a retenção do biogás e ou oxidação do  $\text{CH}_4$ , reduzindo assim as emissões para atmosfera, principalmente para os casos onde a exploração do biogás não é técnica e economicamente viável (Mariano 2008, Maciel *et al.*, 2011 e Lopes, 2011).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as emissões fugitivas de biogás que atravessam a camada de cobertura intermediária do Aterro Sanitário na Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu (CTR Nova Iguaçu) e a camada de cobertura final do Lixão Remediado de Seropédica (Oliveira, 2013).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A identificação das emissões fugitivas de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) através das camadas de cobertura foi realizada em duas áreas de estudo, no Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu (CTR Nova Iguaçu) e no Lixão de Seropédica, ambos localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro.

Na Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu, a operação foi iniciada em janeiro de 2003. O aterro recebe, em média, 2.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia. A CTR é bastante conhecida pelo Projeto NOVAGERAR, que é um Projeto de Energia a partir de gases de aterro sanitário, que envolve a captura e destruição do biogás do aterro Sanitário (CTR Nova Iguaçu), bem como a produção de eletricidade (projetada em 12MW de capacidade instalada).

A CTR possui poços verticais de drenagem do tipo Ranzine (PDR - que consistem em tubos de concreto perfurados com 400 mm de diâmetro, rodeados de brita contidos por uma tela metálica do tipo Telcon), que funcionam como um dreno de alívio para o biogás, e ainda outros poços de extração de biogás e um sistema de tubulações e dispositivos para promover a maior eficiência de captura e extração ativa do biogás. A camada de cobertura existente no local reservado para a realização dos experimentos, no Vale 3, tem cerca de 35 cm de espessura, sendo uma camada monolítica temporária; ressalta-se que em projeto foi especificado uma espessura de 80 cm.

O Lixão de Seropédica operou por mais de 50 anos, ocupando uma área total aproximada de 30.000 m<sup>2</sup>. O lixão recebia apenas os resíduos da cidade de Seropédica, de origem domiciliar, podas de árvores e galhos, resíduos de varrição e limpeza de feiras livres, não incluindo os resíduos de serviços de saúde. Diariamente, eram recebidas aproximadamente 40 toneladas por dia. Não existia sistema de drenagem de líquidos percolados, gases ou de águas superficiais. Em 2012 o lixão de Seropédica foi remediado e encerrado. E com a remediação foram instalados drenos de contato horizontais e 7 drenos verticais, sem sistema ativo de extração para gás, e duas lagoas de lixiviado. A camada de cobertura final tem especificação de projeto de 1,10 m de espessura (FRAL, 2011). No entanto, observações realizadas em campo indicaram que a camada deve ser mais espessa, estimando-se atingir até 2 m de espessura.

## **ENSAIOS DE LABORATÓRIO**

A Caracterização do solo usado na cobertura dos resíduos nas duas áreas de estudo foi realizada no Laboratório de Mecânica dos Solos da UERJ, de acordo com as normas técnicas indicadas a seguir:

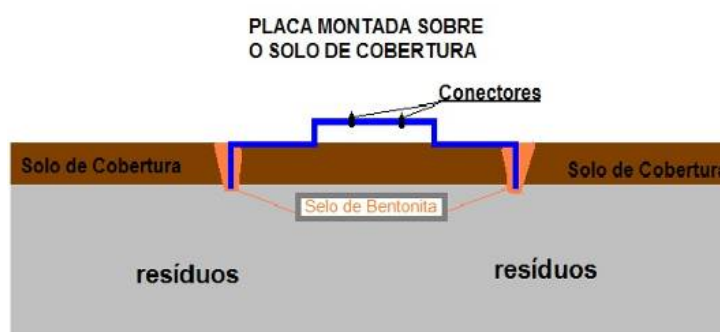
- Análise granulométrica (NBR-7181/88);
- Limite de liquidez (NBR-6459/84);
- Limite de Plasticidade (NBR-7180/88);
- Peso específico dos grãos (Gs)- (NBR-6508/84);

Foram realizados ainda Ensaio Proctor Normal (NBR-7182-88) e determinado o índice de atividade de argila.

## ENSAIOS DE CAMPO

A Placa de Fluxo utilizada para determinação dos fluxos de gases é semelhante à descrita por Maciel (2003), mas com adaptações (diminuição da profundidade de cravação de 0,10 para 0,03 m), com o objetivo de tornar mais rápido o processo de cravação da placa no solo e evitar maiores perturbações na área de investigação.

A Placa foi construída com lateral de aço galvanizado de 2 mm de espessura, com topo em acrílico cristal com 8 mm de espessura, fixado na parte metálica com dois parafusos em cada lateral e vedado com espuma de poliuretano de alta densidade. No topo da câmara, existem duas conexões de saída (tipo encaixe rápido) onde, por meio de uma mangueira flexível de polietileno, são conectados os equipamentos de medição de gases e de pressão. A câmara também possui entradas para adaptação de equipamento para medição da temperatura interna do gás (Figura 1).



**Figura 1 – Esquema da Placa de Fluxo (Maciel, 2003).**

Inicialmente foi escolhido o local para fazer o ensaio, em local plano e distante de possíveis fissuras. Após, posicionou-se a placa no local da investigação para a marcação do seu perímetro, removendo-se em seguida a placa deste local, onde uma pequena vala foi escavada com o cuidado para não se perder as características geotécnicas da área a ser analisada; bentonita foi utilizada na vedação da vala escavada. Em seguida posicionou-se novamente a placa de fluxo no local do ensaio, pressionando-se a caixa no solo de forma que a cravação seja vertical, com o conector de saída aberto de maneira que não ocorresse acúmulo de gases no interior da placa. Após a cravação da placa no solo, o solo local foi colocado no entorno da placa manualmente. Logo após, foi realizado o acoplamento dos equipamentos de leitura. A leitura da concentração dos gases na placa de fluxo estática foi iniciada logo após a sua cravação e este momento foi considerado o instante inicial de cada ensaio; os ensaios tiveram duração entre 60 e 100 minutos (Figura 2). Foram realizados outubro a novembro de 2012.



**Figura 2: Detalhe da instalação e Leitura da Placa de Fluxo.**

Foram realizadas amostragens através de anel de amostragem para determinação em laboratório do peso específico e da umidade no local dos ensaios de placa realizados, conforme mostrado na Figura 2. Em outro momento, foram determinados os mesmos parâmetros através do método de Frasco de areia conforme apresentado na Figura 3. Foram realizados 6 determinações com Anel de amostragem e dois ensaios de Frasco de Areia (F1 e F2) para as duas áreas de estudo.



**Figura 3: Ensaio - Anel de amostragem.**

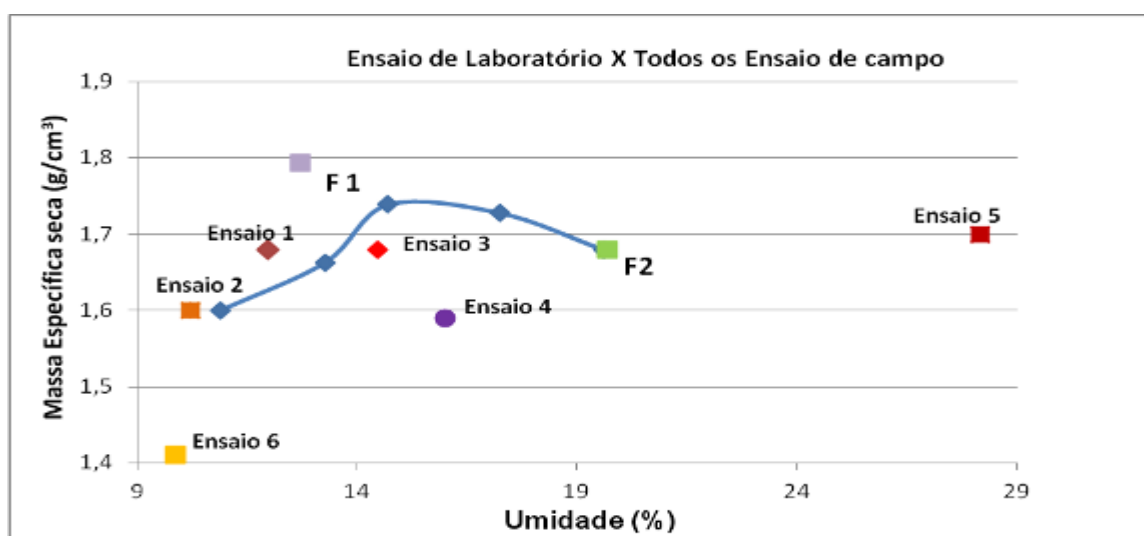


**Figura 4: Ensaio - Frasco de areia.**

## RESULTADOS

A caracterização dos solos indicou que os solos dos dois locais são semelhantes sendo predominantemente areias com finos, com classificação SC pelo Sistema Unificado, com índices de plasticidade de 12,2 e 13,5% e índices de atividade de 0,76 (inativo) e 1,25 (ativo) para Nova Iguaçu e Seropédica respectivamente.

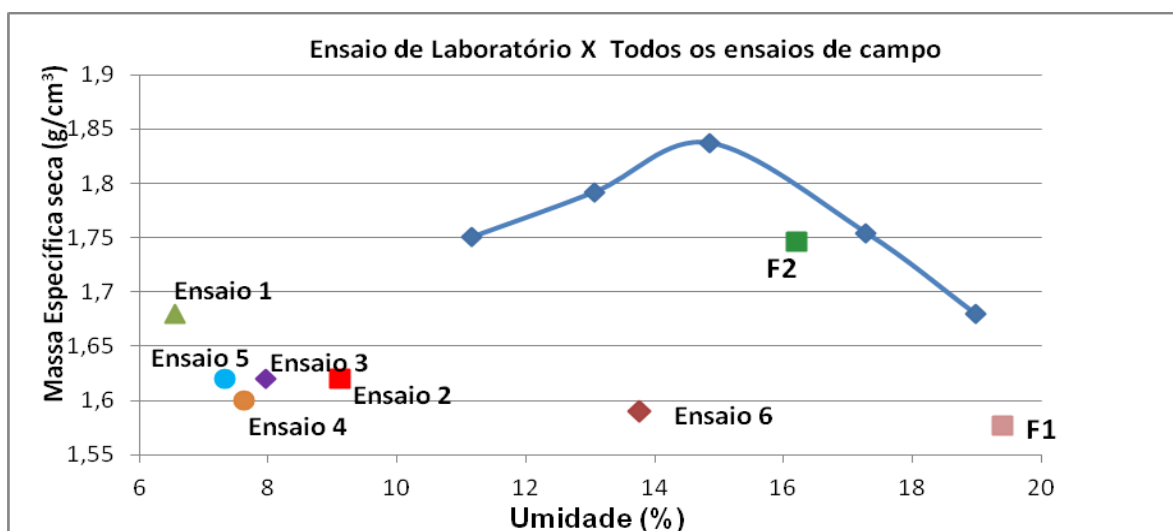
As figuras 5 e 6 resumem a determinação do peso específico máximo (laboratório) e peso específico aparente seco (campo) e umidades dos ensaios realizados para respectivamente o aterro de Nova Iguaçu e o Lixão de Seropédica.



**Figura 5 – Medidas de peso específico aparente seco determinado no campo em relação à curva de compactação obtida em laboratório para Nova Iguaçu.**



Todos os ensaios de anel apresentaram o peso específico aparente seco abaixo do peso específico seco máximo determinado em laboratório, com valores variando em torno de 14 a 17 kN/m<sup>3</sup>, para CTR Nova Iguaçu, indicando alguma heterogeneidade, possivelmente devido ao processo de compactação. Os resultados em relação ao peso específico aparente seco (ensaios 1 a 5) do Lixão de Seropédica apresentam valores mais próximos variando de 16 a 17 kN/m<sup>3</sup>, possivelmente por ter ocorrido uma compactação mais uniforme em toda área durante o processo de remediação.



**Figura 6 – Medidas de peso específico aparente seco determinado no campo em relação à curva de compactação obtida em laboratório para Seropédica.**

## ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO NA CTR NOVA IGUAÇU

A Tabela 1 apresenta os resultados das concentrações finais de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> medidos na placa de fluxo bem como o fluxo final calculado e o grau de compactação da camada de cobertura intermediária.

Foi constatado que a concentração de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> pela cobertura do aterro, com os poços de extração ligados, é praticamente inexistente em um ensaio e nos demais varia, atingindo um valor máximo de 6,8 % de CH<sub>4</sub>. Por outro lado, a concentração de O<sub>2</sub> varia entre 13 e 17%.

Em ensaios realizados no Vale 1 do mesmo aterro, tanto na camada monolítica quanto na barreira capilar, com o sistema ligado, encontraram-se valores nulos de CH<sub>4</sub> e de até 0,8% CO<sub>2</sub> (Silva e Ritter, 2011). De acordo com Silva (2011) esta pequena presença de gases registrados está relacionada com o balanceamento diário dos poços de extração do biogás. Entretanto medições realizadas com o sistema desligado indicaram valores para CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> de 35% e 32% para camada monolítica.

Os valores de fluxo de CH<sub>4</sub> são baixos. No entanto, numa tentativa de correlacionar condições de compactação com emissão, se observam que para os três locais que apresentam maior fluxo e concentrações de metano e gás carbônico, em dois locais (E2 e E3) o grau de compactação foi acima de 90%, enquanto no outro (E6) tem cerca de 80%. Coincidentemente o único local que tinha acúmulo de água no dia do ensaio (E5), estando, portanto, com teor de umidade muito alto (vide figura 4), apresenta emissão zero.

Catapreta (2008) encontrou em seu estudo uma compactação maior que 100% e destacou que houve excesso de compactação. Já Maciel (2009) em seu estudo encontrou grau de compactação > 95%, na Célula Experimental do Aterro da Muribeca/PE. Lopes *et al.* (2012) pesquisou mais recentemente a mesma célula e encontrou um grau de compactação variando de 82,6% a 116,6% na mesma célula experimental utilizada por Maciel (2009).

Ressalta-se ainda que medidas realizadas nos drenos existentes na área de estudo indicaram concentrações de metano variando entre 40 e 50%, de CO<sub>2</sub> entre 45 e 50% e de O<sub>2</sub> até 2,5 %.

Mariano (2008) encontrou fluxo de 18 g/m<sup>2</sup>.dia em um dos 19 ensaios realizados no aterro de Aguazinha em camada de cobertura que variava de 0,24 a 0,60 m; nos demais ensaios o fluxo variou de 39 a 401 g/m<sup>2</sup>.dia. Lopes (2011) mediu emissões baixas de metano em uma camada de cobertura convencional com vegetação, em uma cobertura com espessura variando de 0,25 m a 0,90 m, em um estudo com diversos tipos de camada de cobertura no aterro controlado de Muribeca; os fluxos de CH<sub>4</sub> varia de 43,9 g/m<sup>2</sup>.dia a 18,0 g/m<sup>2</sup>.dia, porém sem extração de biogás. Scheutz et al. (2003) mediram emissões mínimas de CH<sub>4</sub> variando de -0,01 a 10 g/m<sup>2</sup>.dia em camada semelhante a uma barreira capilar, com 0,80 m de solo argiloso compactado acima de uma camada de 0,40 m de areia, porém com extração de biogás, o que influencia significativamente na minimização das emissões.

**Tabela 1 – Resultados dos ensaios de Placa de Fluxo.**

Ensaio	Concentração Final dos gases na Placa de Fluxo (%)			Fluxo (J CH <sub>4</sub> ) g/m <sup>2</sup> .dia	Fluxo (J CO <sub>2</sub> ) g/m <sup>2</sup> .dia	GC% $\gamma_s$ campo / $\gamma_s$ Max X100% =
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>			
E 1	0,1	0,4	17,3	0,74	8,21	
E 2	4,6	5,2	13,4	20,11	7,87	96
E 3	6,8	6,6	16,0	35,23	6,06	92
E 4	0,7	2,6	17,2	6,66	3,98	96
E 5	0,1	0,0	16,7	0,00	1,95	91
E 6	2,6	2,6	16,7	19,51	5,91	97

## ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO NO LIXÃO REMEDIADO DE SEROPÉDICA

A Tabela 2 apresenta os resultados das concentrações finais de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> medidos na placa de fluxo bem como o fluxo final calculado e o grau de compactação da camada de cobertura intermediária.

Em todas as análises de placa de fluxo, realizadas no lixão Remediado de Seropédica, foi constatado que a concentração de gases pela cobertura do aterro é praticamente inexistente, variando entre 0,0 e 0,4% de CH<sub>4</sub> também não sendo diferente para o CO<sub>2</sub>. Esse tipo de comportamento mostra coerência com o verificado no lixão de Juazeiro do Norte por Moreira *et al.* (2011).

Medidas efetuadas em 3 dos drenos existentes indicaram valores variando entre 8 e 35% para CH<sub>4</sub> e entre 12 e 41% para CO<sub>2</sub>.

Os fluxos de CH<sub>4</sub> e de CO<sub>2</sub> em g/m<sup>2</sup>.dia apresentaram valores extremamente baixos. O grau de compactação esteve em torno de 88%. Dessa forma, os resultados obtidos de forma pontual no mês de novembro de 2012 indicaram a não existência de fluxo pela camada, possivelmente pela presença dos drenos, que apresentaram valores significativos indicando que esses sejam um caminho preferencial. Por outro lado, o solo utilizado na construção da camada de cobertura possui 1,10 m de espessura e, ainda uma fina camada de composto com a presença de grama, que remete as camadas metanotróficas. No entanto, conforme já mencionado, por observações realizadas no campo, há uma suspeita que a camada de cobertura possa estar com mais de 2 m de espessura.

**Tabela 02– Resultados dos ensaios de Placa de Fluxo.**

Ensaio	Concentração final dos gases na Placa de Fluxo (%)			Fluxo (J CH <sub>4</sub> ) g/m <sup>2</sup> .dia	Fluxo (J CO <sub>2</sub> ) g/m <sup>2</sup> .dia	GC% $\gamma_s$ campo / $\gamma_s$ Max X100% =
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>			
E 1	0,1	0,4	17,3	0,7	8,2	91,45
E 2	0,0	0,4	16,1	0,0	7,8	88,18
E 3	0,0	0,4	15,1	0,7	6,0	88,18
E 4	0,0	0,1	15,3	0,0	4,0	87,09
E 5	0,1	0,2	14,8	1,4	3,9	88,18
E 6	0,3	0,2	15,1	2,1	5,9	86,55

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- 1) Os fluxos de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  foram baixos tanto para a CTR de Nova Iguaçu que possui sistema de gás ativo quanto para o Lixão Remediado de Seropédica que não apresenta sistema de extração no período realizado;
- 2) O grau de compactação da CTR Nova Iguaçu apresentou valores de compactação acima de 90% indicando uma qualidade na compactação de campo. Para Seropédica os valores foram próximos a 90%;
- 3) Os resultados do lixão Remediado de Seropédica foram realizados em um único mês, com isso será importante executar ensaios em outros meses ao longo do ano, com o objetivo de verificar a influência das condições climáticas;
- 4) As metodologias da placa de fluxo e análise dos drenos, bem como suas configurações, mostraram-se adequadas para a realização dos ensaios, cujos procedimentos foram simples;
- 5) A placa de fluxo pode ser usada como instrumento de acompanhamento nos projetos de extração ativa de gás, de forma a indicar locais com maior emissão fugitiva de gases e propiciar eventuais correções no projeto, como por exemplo, instalações de novos poços;
- 6) Existe uma eficiência do sistema ativo de extração de gás para impedir as emissões de gases fugitivos pela camada de cobertura do aterro da CTR Nova Iguaçu, na sub-área analisada; porém mais medições ao longo do ano são necessárias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOGNER, J., DIAZ, C., ABDELRAFIE AHMED, M., GAO, Q., FAAIJ, A., MARECKOVA, K., HASHIMOTO, S., ZHANG, T., PIPATTI, R. (2007). Chapter Waste Management, in: Climate Change 2007: Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
2. CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. (2011) Utilização de resíduos de construção e demolição para cobertura intermediária de resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros sanitários. IN; Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 26º, 2011, Porto Alegre/RS.
3. HUBER-HUMER, M.; Kjeldsen P.; Spokas, K. (2011a) Special issue on landfill gas emission and mitigation. Waste Management 31, pp. 821–822. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/wasman](http://www.elsevier.com/locate/wasman).
4. LOPES, R.L.; MACIEL, F.J.; JUCÁ, J. F.T. (2012) Evaluation of methane emissions from an experimental landfill of solid waste in muribeca /pe-brazil. Revista aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 5, No 1, 107 - 116.
5. LOPES, R.L. (2011). Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. 250p.
6. MARIANO, M.O.H. Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2008.
7. MACIEL, F. J.; JUCÁ, J. F. T. (2011) Evaluation of landfill gas production and emissions in a MSW large-scale Experimental Cell in Brazil .Waste Management 31, pp. 966–977. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/wasman](http://www.elsevier.com/locate/wasman).
8. MOREIRA, F. G. S.; GOMES, E. R.; SAMPAIO, N. L. M.; SOUSA, B.S.; MOREIRA, D. R.; ALCÂNTARA, P. B. (2011) Analise da Concentração do Biogás No Lixão de Juazeiro do Norte-Ce - 63ª Reunião Anual da SBPC. Disponível em <http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/5821.htm>. Acessado em 21 de janeiro de 2013.
9. MACIEL, F. J. (2003) Estudo da Geração, Percolação e Emissão de Gases no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca/PE. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 173 p.

10. OLIVEIRA, A. C.E. (2013) Avaliação de Emissões Fugitivas de biogás na camada de cobertura do Aterro Sanitário da CTR de Nova Iguaçu e no Lixão de Seropédica – Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 142 p.
11. SCHEUTZ, C.; BOGNER, J.; CHANTON, J.P; BLAKE, D.; MORCET, M.; KJELDSEN, P. (2003) Comparative oxidation and net emissions of CH<sub>4</sub> and selected non-methane organic compounds in landfill cover soils. *Environmental Science and Technology*, 37, pp. 5143-5149.
12. SILVA, E.G.M. (2011) Estudo Experimental de gases em Camadas de Cobertura no Aterro Sanitário de Nova Iguaçu. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 109 p.
13. SILVA, E.G.M E RITTER, E. (2011) Fluxo de Gases em Camadas de Cobertura Monolítica e Barreira Capilar no Aterro Sanitário de Nova Iguaçu (RJ) VII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental e VI Simpósio Brasileiro de Geossintéticos, Belo Horizonte, cd-rom.
14. TEIXEIRA, C. E.; MARINHO, F.A.M. (2007). Processo de Oxidação do metano através das bactérias metanotróficas em coberturas de aterros sanitários. In: VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados – Salvador, BA.