



III-146 - DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO E DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO DE IÇARA/SC

Vanessa Cristina Ferreira Dias⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental e mestrandia em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Membro do Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos – LARESO/UFSC.

Rodrigo Vieira Passos

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Débora Machado de Oliveira

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Mestre e Doutoranda em Engenharia Ambiental pela UFSC. Membro do Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos – LARESO/UFSC.

Paulo Belli Filho

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Doutor em Química Industrial e Ambiental pela *UFR École Nationale Supérieure de Chimie* de Rennes, França. Coordenador do Laboratório de Efluentes Líquidos – LABEFLU/UFSC.

Armando Borges de Castilhos Jr

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Doutor em Gestão e Tratamento de resíduos pelo *Institut National des Sciences Appliquées* de Lyon, França. Pós Doutorado pela *Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris – ISIGE/ENSMP*. Coordenador do Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos – LARESO/UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Centro Tecnológico, Campus Universitário – Trindade - Florianópolis – SC – Brasil CP. 476 CEP 88.040-970 - Brasil - Tel.: (+55) 48-3721.7754 - Fax: (+55) 48 3234 6459 e-mail: vanessa_ufsc@yahoo.com.br

RESUMO

O biogás gerado em aterros sanitários é uma mistura gasosa combustível, resultante da biodegradação da matéria orgânica pela ação de bactérias em meio anaeróbio. Este gás tem como principais constituintes o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), tendo o primeiro um potencial 23 vezes maior no aprisionamento do calor na atmosfera (efeito estufa). Entretanto, os gases produzidos naturalmente nos aterros, podem ser aproveitados para a geração de energia ou simplesmente queimada e adicionalmente, negociada no mercado de créditos de carbono. Portanto, o conhecimento da potencialidade de geração de biogás em um aterro sanitário torna-se imprescindível para verificar a viabilidade do aproveitamento energético do biogás e/ou implantação de projetos de MDL. Dessa forma este trabalho teve como objetivo fazer um levantamento em campo da geração de biogás no aterro sanitário de Içara/SC, gerenciado pela empresa Santec Resíduos. Foram realizadas 8 campanhas de monitoramento de vazão e concentração dos gases em cada dreno. Para as amostragens realizadas, a média da extração de biogás do aterro de Içara foi de 478,0 Nm³/h com variação de 44,9 Nm³/h, enquanto a vazão média de metano foi de 210,2 Nm³/h com variação de 22,0 Nm³/h. No geral, as concentrações de H₂S foram muito baixas em todos os drenos, apresentando alto desvio padrão em relação ao valor médio.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro sanitário; Biogás; Metano.

INTRODUÇÃO

Nos aterros sanitários, diversos problemas ambientais devem ser considerados, sendo um deles a emissão de gases pela decomposição do material orgânico. Durante este processo, metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) são os principais constituintes dos gases gerados, tendo o primeiro um potencial poluidor 23 vezes maior em relação ao segundo. Conseqüentemente, as emissões de metano na atmosfera são de grande interesse acerca dos efeitos dos gases que contribuem para o aquecimento global.

O Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa no Brasil, elaborado pela CETESB (2006), revela que as duas maiores fontes de produção de metano são os aterros sanitários e o tratamento anaeróbio de esgoto e águas residuárias. As emissões totais de metano provenientes do tratamento

de resíduos totalizaram 803.000 toneladas em 1994 e destes a maior parcela foi atribuída às emissões provenientes dos aterros, cerca de 677.000 toneladas.

Por outro lado, os gases naturalmente produzidos nos aterros, também chamados de biogás, podem ser utilizados na geração de energia, e adicionalmente, negociados através do Protocolo de Quioto. Assim, aterros sanitários que tratem seus gases pela queima (transformação do metano em dióxido de carbono) ou pelo aproveitamento da energia poderão ser remunerados por isto. LEITE et al. (2005), afirma que com as receitas oriundas do biogás se espera o rápido desenvolvimento da atividade de construção de aterros sanitários e recuperação de lixões e aterros controlados no país.

Desta forma o estudo mais aprofundado da produção e composição do biogás em aterros sanitários torna-se imprescindível para verificar a viabilidade do aproveitamento energético e/ou projetos de MDL. Este trabalho tem como objetivo diagnosticar a produção e composição do biogás gerado atualmente no aterro sanitário de resíduos sólidos de Içara no Estado de Santa Catarina.

ESTUDO DE CASO

O presente estudo foi realizado no aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos de Içara, localizado no bairro Poço 8, município de Içara, a 12 km de distância do centro urbano. A cidade de Içara está localizada no sul do estado de Santa Catarina a 192 km de Florianópolis, possui clima temperado com temperaturas médias variando dentre 18°C e 28°C.

O aterro em estudo entrou em operação no ano de 2005 com provável fechamento no ano de 2025 (20 anos de vida útil). Atualmente recebe resíduos de 24 municípios, totalizando cerca de 7 mil toneladas por mês. A drenagem dos gases é feita com tubos perfurados de PEAD com 160 mm de diâmetro. Esses tubos são envolvidos por uma camada de pedra tipo rachão, tela de aço e uma camada de geotêxtil, e ao final do tudo de PEAD é acoplado um queimador para a queima do biogás. São no total 15 drenos espaçados 50 metros entre si dispostos conforme esquema apresentado na Figura 1.

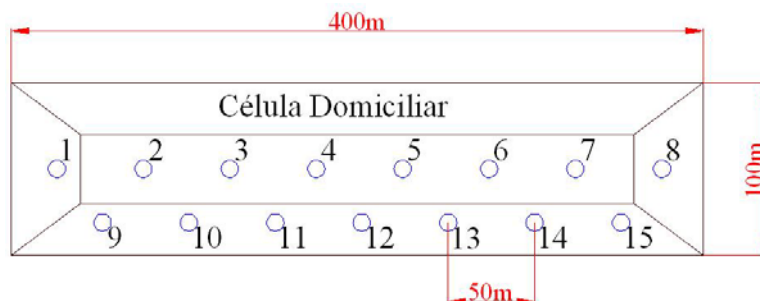


Figura 1: Esquema da célula domiciliar com a disposição dos drenos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O monitoramento em campo consistiu na caracterização do biogás nos drenos de 1 a 12 no período de 20/05/2008 a 30/08/2008 totalizando 15 coletas. Os drenos 13, 14 e 15 não puderam ser monitorados devido ao formato de seu queimador. A caracterização do biogás do aterro foi realizada através das medidas de composição, vazão e temperatura em cada dreno.

A vazão do biogás (Equação 1) foi obtida através de medidas de velocidade em uma seção conhecida, considerando as Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), recomendadas pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (MILLS et al. 1993).



$$Q = (V \times A) \times \frac{273,15}{273,15 + T} \times P \quad (1)$$

Em que: Q é a vazão de biogás (Nm³/s); V é a velocidade de saída do biogás (m/s); A é a área da seção de passagem do fluido (m²); T é a temperatura de saída do biogás (°C) e P é a pressão atmosférica (bar).

Para tornar a seção conhecida, utilizou-se um bocal de vazão tipo β reduzido (Figura 2) seguindo as recomendações da American Society of Mechanical Engineers (DELMÉE, 1982). A peça moldada foi fixada em um tubo de PVC de 200 mm de diâmetro com parafusos nas laterais os quais servem para fixar o bocal nos drenos a serem estudados. Na saída do bocal, com diâmetro de 80 mm, foi feito um furo lateral de 12 mm de diâmetro para a introdução do termo-anemômetro e obtenção dos valores de velocidades e temperaturas de cada dreno. Nesta saída do bocal o perfil de velocidades é uniforme facilitando a obtenção da velocidade dos gases produzidos.



Figura 2: Bocal com curva normalizada para medição de velocidade com Termo-Anemômetro



Figura 3: Medidor de concentração de gases XAM-7000

Os dados de pressão atmosférica foram obtidos da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) mais próxima do local de estudo que fica localizada na cidade de Urussanga a 28 km de Içara. As concentrações dos gases metano (CH₄), gás carbônico (CO₂), oxigênio (O₂), gás sulfídrico (H₂S) e amônia (NH₃) emitidos para a atmosfera pelos drenos de biogás foram determinados em um medidor de concentração de gases da Dräger Modelo XAM-7000. As leituras foram feitas introduzindo a mangueira do aparelho dentro do dreno de biogás.

RESULTADOS

As medidas descritivas das vazões de biogás e de metano nos drenos de 1 a 12 (Figura 1) são apresentadas a seguir (Tabelas 1 e 2). Nas tabelas encontram-se as médias, desvios padrão e valores máximos e mínimos para cada dreno.

Tabela 1. Média e variação da vazão (Nm³/h) de biogás no aterro sanitário de Içara/SC.

Drenos	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
1	8	18,6	9,8	3,3	30,8
2	8	45,2	13,4	15,0	57,4
3	8	25,3	3,9	17,6	30,2
4	8	74,4	11,5	54,9	89,6
5	8	63,3	7,5	51,7	71,9
6	8	75,3	16,3	47,8	99,6
7	8	68,3	7,0	56,7	79,3
8	8	16,7	4,8	9,3	21,9
9	8	13,0	10,6	0	26,7
10	8	27,7	4,3	21,2	33,3
11	8	28,4	2,3	25,3	31,6
12	8	21,7	3,4	16,8	27,2
Vazão Total	8	478,0	42,4	393,5	522,5

Não foi possível obter as vazões dos drenos 13, 14 e 15 porque os mesmos possuem um formato de queimador diferente dos demais, não sendo possível a adaptação do bocal ou a obtenção de um fluxo constante de biogás. Assim sendo, como estes drenos estão na mesma profundidade de resíduos que os drenos laterais que apresentaram menores valores de vazão em relação aos drenos do centro do aterro, optou-se por desprezá-los no cálculo da vazão total.

Os drenos centrais 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representaram aproximadamente 74% da vazão média total de biogás e 85% da vazão média total de metano. Destes, o dreno 3 foi o que teve a menor contribuição, com vazão média de biogás semelhante aos drenos laterais 10 e 11. Entretanto, por apresentar maior concentração de metano, a vazão média de metano do dreno 3 foi maior que a dos drenos laterais.

Tabela 2. Média e variação da vazão (Nm³ CH₄/h) de metano no aterro sanitário de Içara/SC

Drenos	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
1	8	0,7	0,5	0,1	1,8
2	8	20,2	7,2	5,1	26,4
3	8	15,2	2,7	10,0	19,6
4	8	36,3	6,5	25,8	47,2
5	8	29,6	4,1	23,3	33,8
6	8	40,4	8,3	26,8	51,6
7	8	36,4	5,7	28,3	47,1
8	8	8,8	3,2	3,4	12,0
9	8	0,4	0,4	0	1,3
10	8	6,0	1,4	3,2	7,8
11	8	7,0	1,5	4,6	8,7
12	8	9,2	2,5	5,4	12,0
Vazão Total	8	210,2	20,8	177,2	238,6

Os drenos laterais 1, 8, 9, 10, 11 e 12 foram os que apresentaram menores vazões médias de metano. Contrariamente às vazões médias de biogás, o dreno 12 apresentou maiores valores de vazão média de metano que os drenos 10 e 11 devido a sua alta concentração em metano.



A maioria dos drenos teve baixos desvios padrão, principalmente nos drenos com maiores vazões. As vazões totais, por exemplo, que representam a soma de todos os drenos e poderiam apresentar altos valores, apresentaram 9% e 10% de coeficiente de variação (razão entre o desvio e a média) para as médias de biogás e metano, respectivamente.

A partir das 8 observações realizadas no aterro estimou-se a produção total de biogás e de metano. Tendo em vista que o número de amostragens é pequeno (< 50), utilizou-se para os cálculos a distribuição t de Student, que se aproxima de uma distribuição normal à medida que o número de observações cresce (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2008).

As vazões totais de biogás e de metano obtidas nos 8 ensaios, seus valores médios e os seus intervalos inferior e superior com 99% de confiança são apresentados a seguir (Figuras 4 e 5). Para as amostragens realizadas, a média da extração de biogás do aterro de Içara foi de 478,0 Nm³/h com variação de 44,9 Nm³/h. Já para a vazão de metano, obteve-se o valor médio de 210,2 Nm³ CH₄/h com variação de 22,0 Nm³ CH₄/h.

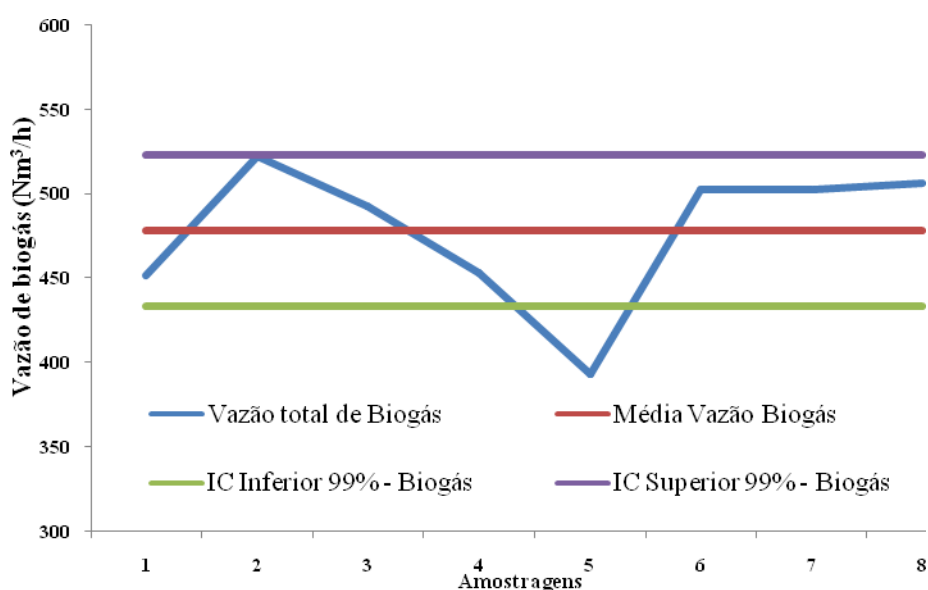


Figura 4. Vazões médias de biogás e intervalos de confiança 99%.

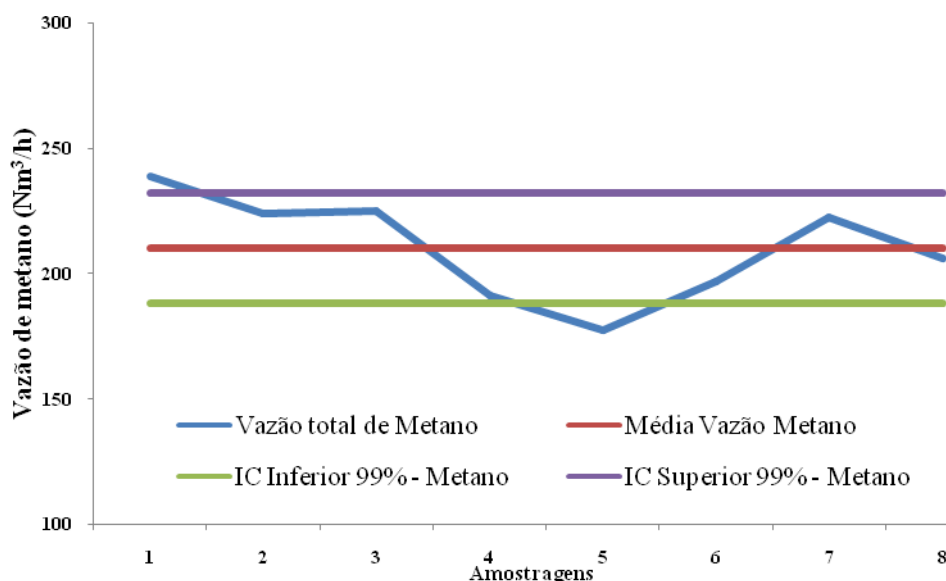


Figura 5. Vazões médias de metano e intervalos de confiança 99%.

A partir das estimativas das médias das vazões de biogás, e considerando-se que estão depositados no aterro 219.418 t de resíduos e eficiência de coleta de 70%, estima-se a taxa de geração atual de biogás do aterro entre 24,7 Nm³/t.ano e 29,8 Nm³/t.ano. Esses valores são superiores aos obtidos nas medições dos drenos de aterros sanitários dos Estados Unidos (1 a 14 m³/t.ano) apresentados por Castilhos Jr. et al. (2003). No Brasil, no aterro Delta localizado na cidade de Campinas, Ensinas (2003) encontrou uma taxa de geração de 5,6 Nm³/t.ano para mais de 2,5 milhões de toneladas de resíduos depositados desde o ano de 1992 até a data de sua pesquisa.

Na Tabela 3 podem ser observadas as concentrações médias ponderadas, em relação à vazão, com seus respectivos desvios padrão e valores máximos e mínimos dos gases analisados nas 8 amostragens dos drenos do aterro sanitário de Içara.

Tabela 3. Média e variação da concentração de gases nos drenos do aterro sanitário de Içara/SC

Gases	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CH ₄ (%)	46,9	3,3	43,4	53,3
CO ₂ (%)	37,8	2,1	35,8	42,1
O ₂ (%)	4,1	1,3	2,4	6,0
H ₂ S (ppm)	12	6	6	25

Nesses cálculos foram desprezados os valores dos drenos 1 e 9 que tiveram concentrações semelhantes ao do ar atmosférico. Esse fato pode ser atribuído à baixa vazão dos mesmos e de uma potencial diluição no momento das leituras de concentração. No geral, as concentrações de H₂S foram muito baixas em todos os drenos, apresentando alto desvio padrão em relação ao valor médio

CONCLUSÕES

Através dos ensaios realizados foi possível estimar no aterro de Içara uma extração média de biogás entre 433 Nm³/h e 523 Nm³/h e vazão média de metano entre 188 Nm³/h e 232 Nm³/h, ambos considerando um intervalo de confiança de 99%. Os drenos que apresentaram a maior contribuição nas vazões de biogás e de metano foram os localizados no centro do aterro onde há maior concentração de resíduos. A taxa de geração atual de biogás deste aterro situou-se entre 24,7 Nm³/t.ano e 29,8 Nm³/t.ano. A concentração média de biogás para este aterro foi de 46,9% de CH₄, 37,8% de CO₂, 4,1% de O₂ e 12 ppm de H₂S. Os ensaios em campo realizados por este trabalho devem ser expandidos para o ponto de vista da viabilidade econômica da



implantação do projeto de aproveitamento energético mais adequado a realidade local, sendo esta uma sugestão para trabalhos futuros que ampliem o estudo já realizado. Tendo posse dessas informações a empresa administradora terá uma expectativa mais precisa de receitas em função da venda de créditos de carbono ou do aproveitamento energético. Além das vantagens econômicas citadas acima, há ainda vantagens sociais e ambientais, tais como a redução na emissão de gases de efeito estufa que a conversão do gás metano proporciona e a melhoria das condições sanitárias do aterro onde se pretenda implantar um projeto de aproveitamento do biogás, melhorando o meio ambiente no qual o mesmo está inserido.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às seguintes instituições: CNPq, FACEPE, FAPESC e SANTEC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. Estatística para cursos de engenharia e informática. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 410p.
2. CASTILHOS JR, A. B.; MEDEIROS, P. A.; FIRTA, I. N.; LUPATINI, G.; SILVA J. D. Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para municípios de pequeno porte. CASTILHOS JR, A. B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003. p. 19-50.
3. DELMÉE, G. J. Manual de medição de vazão. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. 476p.
4. DIAS, V. C. F. Estudo das emissões de biogás nos aterros sanitários de Içara e Tijuquinhas. Florianópolis, 2009. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.
5. ENSINAS, A. V. Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas - SP. Campinas, 2003. 145p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.