

## **ESTUDOS SOBRE A POTENCIALIDADE DO BIOGÁS DE ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA FINS ENERGÉTICOS: UMA REVISÃO**

**Elaine Patrícia Araújo, elainepatriciaaraujo@yahoo.com.br<sup>1</sup>**  
**Lorena rayssa Cunha França, lorenarayssacf@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Márbara Vilar de Araújo, marbara\_vilar@hotmail.com<sup>2</sup>**  
**Roberta Costa Meira, robertameira02@hotmail.com<sup>1</sup>**  
**Márcio Camargo de Melo, melomc90@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Veruschka Escarião Dessoles Monteiro, veruschkamonteiro@hotmail.com<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Campina Grande/PB, Av. Aprígio Veloso, 882, Fone (083) 3310-1069, CEP. 58109-970.

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Departamento de Biologia, Campina Grande, Rua Juvêncio Arruda, S/N, CEP.58429-600.

**Resumo:** Desde os tempos remotos, o homem primitivo utilizava os recursos da terra para sua sobrevivência, gerando poucos resíduos que não causavam tantos problemas ambientais. Nos dias atuais, com a o avanço da industrialização e a expansão demográfica, a geração de resíduos sólidos urbanos vem crescendo de forma acelerada e descontrolada. Atualmente no Brasil, a técnica de aterro sanitário é o método de resíduos sólidos mais utilizado, e que apresenta menor custo, além de gerar o biogás que pode ser de grande utilidade para fins energéticos, diminuindo desta forma os impactos ambientais. O biogás é um gás formado a partir da degradação anaeróbia de resíduos orgânicos e composto por uma mistura de gases, como metano, gás carbônico, e em menor quantidade, hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis. A conversão energética do biogás pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos por atividades agrícolas e pecuárias, destilarias, tratamento de esgotos domésticos e aterros sanitários, visto que reduz o potencial tóxico das emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos. O objetivo desta pesquisa foi fazer uma revisão da literatura sobre a importância do aproveitamento de biogás em aterros sanitários para fins energéticos. Através dos resultados verificados em diversos artigos pesquisados pôde-se observar que os aterros sanitários representam uma das alternativas mais importantes para a disposição final do resíduo, considerando, posteriormente, a geração de biogás, pois dispõem de técnicas de captação dos gases, onde o metano, principal constituinte do biogás, é transformado em gás carbônico, com potencial de aquecimento global cerca de 20 vezes menor.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos urbanos, aterro sanitário, aproveitamento de biogás, impacto ambiental.

### **1. INTRODUÇÃO**

A crescente produção de resíduos sólidos urbanos associados ao desenvolvimento das sociedades constitui um dos principais desafios preocupantes pelas sociedades modernas. A gestão dos resíduos sólidos é um problema importante de administração pública, cuja responsabilidade passa pela coleta e posteriormente pelo tratamento, tendo como uma de suas prioridades, manterem as áreas circunvizinhas em condições de higiene e de estéticas adequadas (Simões e Marques, 2009).

A problemática dos resíduos sólidos urbanos abrange alguns aspectos relacionados à sua origem e produção, assim como o conceito de inesgotabilidade e os reflexos de comprometimento do meio ambiente, principalmente, da poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos (Souza, 2002).

A produção e a composição dos resíduos sólidos é função das atividades humanas e industriais dentro do processo de contextualização social. Os problemas referentes à produção e a composição gravimétrica e química dos resíduos sólidos, em destaque os resíduos sólidos urbanos, envolvem questões de natureza social, econômica, política e cultural.

Em países subdesenvolvidos como o Brasil, os resíduos têm se tornado um dos problemas graves de saneamento básico e saúde pública (Leite, 2008). A quantidade de resíduos gerada pelo homem praticamente dobrou nos últimos anos. O processo de geração desses resíduos sólidos urbanos é um fato inevitável. Além da imensa capacidade do ser humano de crescer numericamente, a cada dia o homem amplia seus conhecimentos, criando novas necessidades de conforto e bem-estar, promovendo o aumento excessivo na exploração e transformação dos recursos naturais e, conseqüentemente, gerando maiores quantidades de resíduos (Oliveira, 2004).

De acordo com Carvalho (1997) o resíduo disposto inadequadamente, sem qualquer tratamento, pode poluir o solo, alterando suas características físicas, químicas e biológicas, causando problemas de ordem estética e na saúde pública.

Segundo Silva *et al.* (2010) os resíduos sólidos constituem uma condição única para o desenvolvimento de diversas comunidades microbiológicas. A degradação da matéria orgânica dos resíduos sólidos ocorre pela ação de diferentes grupos de microrganismos. Dentre os microrganismos presentes no processo de biodegradação as bactérias apresentam maior destaque (aproximadamente 100%), pois elas podem extrair poluentes que se combinam com o solo e a água e que, naturalmente, não são fáceis de serem removidos do meio ambiente. Nesse contexto, é importante o estudo dos microrganismos decompositores, sejam elas aeróbias e anaeróbias, por serem responsáveis pela formação de lixiviado e geração de gases de grande impacto ambiental.

O gás produzido em aterro é composto de vários gases que estão presentes em grandes quantidades (gases principais) e outros gases que estão presentes em poucas quantidades (oligogases). Os gases principais são provenientes da decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos. Os gases que são encontrados nos aterros incluem o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e oxigênio ( $\text{O}_2$ ). Destes, os principais gases provenientes da decomposição anaeróbia dos componentes biodegradáveis dos resíduos orgânicos são o metano e o dióxido de carbono (Garcez, 2009).

O biogás é um gás formado a partir da degradação anaeróbia de resíduos orgânicos e composto por uma mistura de gases, como metano, gás carbônico, e em menor quantidade, hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis. Dependendo da eficiência do processo, o biogás chega a conter entre 40% e 80% de metano (Pecora *et al.*, 2008). Desta forma, a finalidade desta pesquisa foi realizar uma revisão da literatura sobre o potencial de uso do biogás, uma vez que, a sua utilização pode ser viável do ponto de vista econômico, energético e ambiental.

## 2. METODOLOGIA

Diversos trabalhos (dissertações, teses, artigos de periódicos, artigos publicados em anais de congressos, livros, jornais) relacionados ao conceito de biogás, e aos aspectos econômicos, sociais e ambientais sobre a geração do biogás em aterros sanitários foram pesquisados e selecionados para a realização desta pesquisa. Foram retiradas fotografias de tubulações utilizadas para captação de biogás em aterros sanitários.

## 3. BIOGÁS GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS

O processo de decomposição de materiais putrecíveis em Aterros de Resíduos Sólidos acarreta na produção de biogás. Este gás, além de caráter inflamável, causa problemas ambientais, como o efeito estufa, devido à presença quase na totalidade do  $\text{CH}_4$  (45-70%) e  $\text{CO}_2$  (30-45%) (Monteiro, 2003).

A Tabela 1 apresenta a composição característica dos gases presentes no biogás.

**Tabela 1. Composição típica do biogás.**

Gás	Composição
$\text{CH}_4$	45-70%
$\text{CO}_2$	30-45%
$\text{O}_2$	0,1-2%
$\text{N}_2$	0,5-5%
$\text{H}_2\text{S}$	0,001-0,002%

Fonte: Szanto (1986) *apud* Monteiro (2003)

De acordo com Frare *et al* (2009), o biogás tem origem nos efluentes dos setores agroindustrial, urbano (lodo das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) sendo resultado da degradação anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos. Este gás é constituído, principalmente, por metano e gás carbônico e pequenas quantidades de hidrogênio, nitrogênio e ácido sulfídrico. O biogás possui um alto poder calorífico devido à grande quantidade de metano em sua composição, mas sua utilização torna-se limitada pela presença do ácido sulfídrico. O ácido sulfídrico possui um grande potencial irritante no ser humano, agindo inicialmente nos olhos e no nariz. A exposição severa a esse gás pode causar como imediato com ou sem convulsão e até a morte. A exposição menos intensa causa tontura, náusea, tosse, diarreia, perda de apetite, gastrite e até danos neurológicos.

Segundo Pecora *et al.* (2008) e Monteiro (2003) a capacidade de um aterro gerar gás depende de muitos fatores como: dimensão física e operação do aterro ( a redução do volume de lixo pelo efeito da compactação e utilização de pequenas áreas para um rápido fechamento das células, irão encurtar o processo aeróbio e será mais acentuada a produção do gás); natureza dos resíduos e tamanho das partículas (a redução do tamanho das partículas contribui para o acréscimo da produção de gás em função do aumento da superfície do substrato disponível para a atividade enzimática e a composição do lixo afetará a percentagem, qualidade e quantidade de gás gerado); umidade (proporciona o meio adequado para os materiais degradáveis e fornece o meio de transporte para a distribuição de nutrientes e bactérias dentro do aterro); temperatura (a temperatura influencia a atividade enzimática das bactérias. A temperatura máxima para a produção do gás entre 35 e 45°C); pH e nutrientes (a produção de metano será favorecida em ambientes com pH neutro. Com relação aos nutrientes, os microrganismos têm necessidade destes elementos que estão presentes nos resíduos sólidos; entrada de oxigênio nas células (presença exagerada d oxigênio durante a fase anaeróbia retardará a geração de biogás). O conteúdo de bactérias existentes nos resíduos, o solo de cobertura, a presença de inibidores, a existência de tratamentos e a proporção da matéria orgânica são outros fatores importantes que podem afetar a geração do biogás.

### 3.1. Fases responsáveis pela geração de biogás em aterros

A decomposição e produção de biogás podem prolongar-se de 30 a 100 anos. Mas não é fácil predizer com certeza a taxa ou velocidade de decaimento na decomposição ou geração de biogás, uma vez que são muitas as classes de materiais que se decompõem e são vários os fatores que influem nos processos (Tchobanoglous *et al.*, 1994 *apud* Monteiro, 2003). O processo de geração do biogás nos aterros sanitários pode ser dividido aproximadamente em cinco fases:

- a) Fase aeróbia: é a fase de ajuste inicial na qual os componentes orgânicos biodegradáveis dos resíduos sólidos sofrem decomposição microbiana enquanto são colocados num aterro ou pouco depois. É uma fase de curta duração e prolonga-se até não haver mais oxigênio livre para sustentá-la. À medida que esta fase chega ao fim, às populações de microrganismos começam a mudar devido a variações nas condições ambientais.
- b) Fase anóxica de transição (hidrólise): nesta fase começa a decrescer o oxigênio e se desenvolver condições anaeróbias. Na segunda fase começa a haver um incremento do dióxido de carbono e ácidos graxos voláteis. Os valores destes elementos aumentam rapidamente até chegar à fase de formação de ácidos, quando começará a diminuir a velocidade de crescimento destas variáveis, tendendo a estabilizar-se.
- c) Fase ácida: nesta fase a atividade microbiana é acelerada acarretando numa produção de quantidades significativas de ácidos orgânicos e pequenas quantidades de gás hidrogênio. O primeiro passo das três etapas implica na transformação mediada por enzimas, de compostos com alto peso molecular em compostos aptos para serem utilizados pelos microrganismos como fonte de energia e carbono celular. No segundo passo do processo, a acidogênese, implica na conversão microbiana dos compostos resultantes do primeiro passo em compostos intermediários de baixo peso molecular. O dióxido de carbono é o principal gás gerado nesta fase. Também são produzidas quantidades pequenas de H<sub>2</sub>.
- d) Fase de metanogênica: na fase de metanogênica, um segundo grupo de microrganismos, que convertem o ácido acético e o gás hidrogênio produzidos por formadores de ácido na fase ácida em CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, chegam a ser mais predominantes. Os microrganismos responsáveis por esta conversão são metanogênicos, estritamente anaeróbios. Nesta fase, a formação de metano e ácido é simultânea, ainda que a velocidade de formação de ácidos seja reduzida. A produção de metano rapidamente alcançará valores de 45-55% da composição do biogás no aterro.
- e) Fase de maturação final: esta fase acontece depois de haver a conversão do material inorgânico biodegradável em CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> durante a fase anterior. Durante esta fase, a velocidade do gás de aterro diminui significativamente porque boa parte dos nutrientes disponíveis é separada com o chorume durante as fases anteriores e os substratos que restam no aterro são de lenta degradação. Os principais gases de aterro presentes nesta fase são CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

### 3.2. Aspectos econômicos e ambientais sobre a geração de biogás em aterros sanitários

O aquecimento global tem se tornado alvo de discussões mundiais devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, provenientes, principalmente, da queima de combustíveis fósseis. A busca por novas alternativas que promovam a substituição destes combustíveis por fontes renováveis tem se intensificado nas últimas décadas. A disposição final incorreta dos resíduos sólidos acarreta na emissão descontrolada dos gases gerados em sua decomposição e na infiltração de líquidos percolados no solo, causando impactos negativos à saúde da população e ao meio ambiente, contribuindo para o agravamento do efeito estufa (Pecora *et al.*, 2010).

O biogás é um gás formado a partir da degradação da matéria orgânica e sua produção é possível a partir de uma grande variedade de resíduos orgânicos, composto tipicamente por 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de outros gases como hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis. A presença de substâncias não combustíveis no biogás como (água, dióxido de carbono etc.)

prejudicam o seu processo de queima, tornando-o menos eficiente e, portanto, seu poder calorífico diminui à medida que se eleva a concentração de impurezas em sua composição (Pecora *et al.*, 2010).

A formação e a taxa de geração dos principais constituintes do biogás são variáveis ao longo dos anos. A conversão energética do biogás pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos por atividades agrícolas e pecuárias, destilarias, tratamento de esgotos domésticos e aterros sanitários, visto que reduz o potencial tóxico das emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos (Pecora *et al.*, 2008).

O metano (CH<sub>4</sub>) é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa e possui uma ação 25 vezes maior do que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em relação à retenção do calor responsável pelo aquecimento global ao longo de cem anos. Os aterros sanitários são responsáveis por 10 a 20% das emissões de metano geradas pela atividade antropogênica. Uma parte desse gás pode atravessar a barreira de cobertura e escapar para a atmosfera, mesmo no caso dos aterros dotados de sistema de captação de biogás (Teixeira *et al.*, 2009).

As emissões de metano podem ser controladas por meio da captação de biogás e combustão, combustão com geração de energia e por via biológica através da oxidação aeróbia nas coberturas dos aterros ou em biofiltros, e também já foi constatada a oxidação do metano em ambientes anaeróbios. A oxidação biológica do gás metano acontece através de bactérias metanotróficas que são capazes de utilizar o metano como fonte de carbono e energia. É um fenômeno biológico que se instala espontaneamente e é dependente do fluxo de metano pela cobertura e do oxigênio presente. O gás metano que atravessa a cobertura dos aterros é consumido pelas bactérias metanotróficas que o convertem em água, dióxido de carbono e biomassa celular, como pode ser observado através da Eq. (1) abaixo:



A captação do biogás, resultante da decomposição dos resíduos orgânicos compactados em aterros, é viável do ponto de vista econômico, energético e ambiental, pois pode reduzir os custos para o município e ter um destino nobre para o lixo. A Figura 1 mostra um sistema de captação de biogás em um aterro sanitário.



**Figura 1. Sistema de captação do biogás gerado em um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.**

Fonte: Dados da pesquisa, 2009.

Além da oportunidade de gerar energia elétrica, diversificando a matriz energética com uma alternativa descentralizada, a utilização do biogás de aterros contribui para diminuir as consequências ambientais, já que o gás metano, produzido pelo lixo, é cerca de 20 vezes mais nocivo que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na formação do efeito estufa. Com isso, projetos de aproveitamento desse recurso são passíveis de comercialização de créditos de carbono no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto pelo Protocolo de Quioto (Abreu *et al.*, 2010).

De acordo com Abreu *et al.* (2010) o gás metano, gerado pelo lixo, apresenta um alto grau de poluição, e contribui poderosamente para o aquecimento global. Seu cheiro forte, característico, é importante fator de degradação do meio-ambiente. Ao captá-lo, canalizá-lo e utilizá-lo para gerar energia, com tecnologia disponível, a poluição decresce de maneira significativa, poupa-se a atmosfera e elimina-se o cheiro típico dos aterros. Sendo assim, utilizar o biogás como fonte de energia é um destino nobre. Existem quatro tipos básicos para o aproveitamento do biogás: Venda direta do biogás a clientes próximos - o mais simples e na maioria dos casos o mais rentável, é a venda direta do biogás para aquecimento com caldeira ou para um dado processo industrial; Produção de energia elétrica e calor; Venda direta do biogás a empresas que comercializam gás natural; Produção de energia elétrica.

#### 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (Unidade Acadêmica de Engenharia Civil) /UFCG pela liberação de recurso financeiro, à EXTRABES pela disponibilização dos laboratórios e dos equipamentos necessários para realização desta pesquisa, ao CNPq pelo auxílio financeiro e a CAPES pela bolsa concedida.

## 5. REFERÊNCIAS

- Abreu, F.C., Pecora, V., Velázquez, S., Coelho, S. T., “ Biogás de aterro para geração de eletricidade e iluminação”, Disponível em: < [www.periodicosdacapes.com.br](http://www.periodicosdacapes.com.br)>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- Carvalho, M. N. , 1997, “Estudo da biorremediação *in situ* para tratamento de solos e aquíferos contaminado com percolato de chorume”, Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Frare, L. M., Gimenes, M. L., Pereira, N. C., 2009, “Processo de remoção de ácido sulfídrico de biogás”, Vol. 14, No. 2, pp. 167-172.
- Garcez, L. R., 2009, “Estudo dos componentes tóxicos em um biorreator de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB”, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Leite, H. E. A. S., 2008, “Estudo do comportamento de aterros de RSU em um biorreator em escala experimental na cidade de Campina Grande – PB, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Monteiro, V. E. D., 2003, “Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do Aterro da Muribeca”, Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Oliveira, S. A., 2004, “Limpeza Urbana: Aspectos Sociais, Econômicos e Ambientais”, Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.
- Pecora, V., Figueiredo, N. J. V., Velázquea, S. M. S. G., Coelho, S. T., 2008, “Aproveitamento do biogás proveniente de aterro sanitário para geração de energia elétrica e iluminação a gás, Induscon – VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais, Poços de Caldas, pp. 1-5.
- Silva, F. M. S., Alcântara, P. B., Lima, M. A. G. A., Palha, M. L. A. P., “Monitoramento microbiológico do lixo em lisímetros no Aterro da Muribeca”, Disponível em: < <http://www.periodicosdacapes.gov.br> > Acesso em 10 de março de 2010.
- Simões, P., Marques, R. C., 2009, “Avaliação do desempenho dos services de resíduos urbanos em Protugal”, Eng Sanit Ambient, Vol. 14, No. 2, pp. 285-294.
- Souza, C. D. D., 2002, “Regeneração térmica de argilas comerciais para reutilização na clarificação de óleo de soja”, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Teixeira, C.E., Torves, J.C., Finotti, A.R., Fedrizzi, F., Marinho, F. A. M., Teixeira, P. F., 2009, “Estudos sobre a oxidação aeróbia do metano na cobertura de três aterros sanitários no Brasil”, Eng Sanit Ambient, Vol. 14, No. 1, pp. 99-108.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

# STUDY ABOUT OF THE BIOGAS POTENTIAL OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL FOR ENERGY PURPOSES: A REVIEW

Elaine Patrícia Araújo, [elainepatriciaaraujo@yahoo.com.br](mailto:elainepatriciaaraujo@yahoo.com.br)<sup>1</sup>

Lorena rayssa Cunha França, [lorenarayssacf@gmail.com](mailto:lorenarayssacf@gmail.com)<sup>1</sup>

Márbara Vilar de Araújo, [marbara\\_vilar@hotmail.com](mailto:marbara_vilar@hotmail.com)<sup>2</sup>

Roberta Costa Meira, [robertameira02@hotmail.com](mailto:robertameira02@hotmail.com)<sup>1</sup>

Márcio Camargo de Melo, [melomc90@gmail.com](mailto:melomc90@gmail.com)<sup>1</sup>

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro, [veruschkamonteiro@hotmail.com](mailto:veruschkamonteiro@hotmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Campina Grande/PB, Av. Aprígio Veloso, 882, Fone (083) 3310-1069, CEP. 58109-970.

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Departamento de Biologia, Campina Grande, Rua Juvêncio Arruda, S/N, CEP.58429-600.

**Abstract:** *Since ancient times, primitive man used the earth's resources for their survival, generating few waste that did not cause many environmental problems. Nowadays, with the advance of industrialization and demographic expansion the generation of municipal solid waste has been growing in an accelerated and uncontrolled way. Actually in Brazil, the landill technique is the most used solid waste method, and there is a lower cost, and generate biogas which can be of big utility for energy purposes, decreasing the environmental impact. The biogas is a gas formed from the anaerobic degradation of organic waste which is composed of a gases mixture such as methane, carbonic gas, and to a lesser extent, hydrogen, nitrogen, sulfide gas, carbon monoxide, ammonia, oxygen and volatile amines. The biogas energetic conversion can be presented as a solution to the big volume of waste produced by agricultural activities and livestock, distilleries, domestic sewage treatment and landfills, because it reduces the toxic potential of methane emissions and at the same time producing electric power thereby adding, environmental gain and cost reduction. The objective of this research was to make a review the literature about the importance of the use of biogas from landfills for energy purposes. Through of the achieved results in several articles surveyed it was observed that landfills represents one of the most important alternatives for the final disposal of waste, considering then the generation of biogas, because disposes techniques to capture the gases where methane main constituent of biogas is converted into carbonic gas, with global warming potential about 20 times smaller.*

**Keywords:** *municipal solid waste, landfill, utilization of biogas, ambient impact.*