



ICTR 2004 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Costão do Santinho – Florianópolis – Santa Catarina

**IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS COM A GERAÇÃO DE GÁS METANO POR
FONTES ANTROPOGÊNICAS - DESTAQUE PARA ATERROS SANITÁRIOS**

Katt Regina Lapa

Ronan Cleber Contrera

Luis Hamilton Pospissil Garbossa

Jaqueline Bória

Valdir Schalch

Marcelo Pereira de Souza

PRÓXIMA

Realização:



ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável
NISAM - USP – Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP



IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS COM A GERAÇÃO DE GÁS METANO POR FONTES ANTROPOGÊNICAS - DESTAQUE PARA ATERROS SANITÁRIOS

Katt Regina Lapa^{2()}, Ronan Cleber Contrera², Luis Hamilton Pospissil Garbossa², Jaqueline Bória³, Valdir Schalch⁴, Marcelo Pereira de Souza⁵*

Este estudo tem como objetivo promover um diagnóstico sobre os impactos ambientais provocados pela produção e emissão do gás metano na atmosfera, gerado por fontes antropogênicas, com ênfase em aterros sanitários, visando-se propor medidas mitigadoras para redução do metano produzido. De acordo com o levantamento bibliográfico efetuado foi proposta uma rede de interação, que interligou as principais fontes antropogênicas do gás metano e avaliou as propostas mitigadoras e seus impactos ambientais. Atualmente as emissões globais de metano são estimadas em 500 ± 100 Tg/ano, dos quais 70 % são de origem antrópica e somente 30 % são de fontes naturais. São várias as fontes antrópicas de metano e dentre elas destacam-se a agricultura (plantio de arroz em áreas alagadas, queimadas, criação de animais tais como gado e porcos, biodigestores, etc), a atividade industrial, as emissões fugitivas, os sistemas de tratamento de efluentes e aterros sanitários. A geração de gás metano em aterros sanitários ocorre logo que se inicia a bioestabilização da matéria orgânica em condições anaeróbias no interior do aterro. Para aterros sanitários pode-se prevenir migração do metano pelo solo fazendo barreiras capazes de impedir a difusão de gases, coletar o gás através de drenos e promover a queima total, o acondicionamento e principalmente o aproveitamento energético em geradores de eletricidade. Todas as ações mitigadoras propostas possuem vantagens e desvantagens e mais estudos científicos são necessários para potencializar as vantagens com a minimização das desvantagens.

Palavras-chave: Impactos Ambientais, Aterro Sanitário, Gás Metano, Poluição Atmosférica.

² Engenheiros Civis, Mestres em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento, Doutorandos em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento, pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – EESC – USP.

³ Engenheira de Materiais, Mestre Engenharia Urbana (UFSCar), Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental – CRHEA – EESC – USP.

⁴ Engenheiro Químico. Doutor Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento EESC – USP. Livre Docente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da – EESC- USP.

⁵ Engenheiro Civil, Bacharel em Direito, Pós-Doutor pela Clark University, CLARK, Estados Unidos Livre Docente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da – EESC- USP.

(*) E-mail: lapa@sc.usp.br

Introdução

O metano é o hidrocarboneto mais abundante na atmosfera terrestre, com uma concentração média global de 1,72 ppmv (parte por milhão em volume) em 1994. A análise de bolhas de ar aprisionadas em geleiras permanentes revelaram que a concentração média de metano era de 0,8 ppmv entre 200 e 2000 anos atrás e que um crescimento mais rápido teve início cerca de 150 anos (ALVALÁ *et al.*, 1999). Essa tendência de aumento é atribuída à revolução industrial e ao crescimento da população humana, que, por sua vez, causa aumento na demanda de alimentos, levando ao incremento, por exemplo, da plantação de arroz alagado, criação de animais, utilização de combustíveis fósseis, principalmente gás natural e carvão, assim como geração de grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes municipais e industriais (ALVALÁ *et al.*, 1999).

Segundo Wri (2002), um gás de efeito estufa pode ser qualquer gás que absorve radiação de infravermelho na atmosfera. Esses gases incluem não somente o dióxido de carbono (CO₂), mas também o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), ozônio (O₃), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e enxofre hexafluorado (SF₆). Em termos de efeito estufa, segundo a Wri (2002), o metano é 23 vezes mais agressivo que o dióxido de carbono, ou seja, a emissão de uma tonelada de metano é equivalente à emissão de 23 toneladas de dióxido de carbono.

O crescimento da concentração de metano na atmosfera agrava o efeito estufa, pois ele, depois do CO₂, é o gás que mais contribui para o aquecimento global terrestre de origem antrópica. O metano apresenta uma banda de absorção para a radiação infravermelha na região entre 7 e 8 nm do espectro eletromagnético, região onde a atmosfera apresenta uma maior transparência à radiação terrestre. Gases que possuem bandas de absorção nessa região do espectro podem alterar o balanço de radiação no sistema Terra-atmosfera, já que parte da energia absorvida é reirradiada para a superfície, contribuindo para um aquecimento secundário adicional, conhecido como efeito estufa (ALVALÁ *et al.*, 1999).

Neste sentido o objetivo deste estudo foi promover um diagnóstico sobre os impactos ambientais provocados pela produção e emissão do gás metano na atmosfera, gerado por fontes antrópicas, com ênfase em aterros sanitários. Além disso, verificar a existência de legislação ambiental que restringe a emissão de gás metano, levantar informações sobre a quantificação da geração de gás metano em aterros sanitários e comparar com outras fontes antrópicas e naturais, e fazer um levantamento das possíveis formas de minimização dos impactos ambientais relacionados com a geração de metano em aterros sanitários propondo soluções mitigadoras.

Legislação Ambiental - Emissão de Gás Metano

Entre os instrumentos administrativos eficientes para a prevenção da poluição atmosférica podemos citar: os padrões de qualidade do ar, as normas de emissão, o monitoramento da qualidade do ar, o licenciamento, a revisão do licenciamento, a informação periódica da fonte emissora, a fiscalização pela autoridade pública, pelos próprios empregados da fonte poluidora e pelas associações ambientais. No Brasil, pela Portaria 231, de 27 de abril de 1976, o Ministro do Interior, acolhendo proposta do Secretário do Meio Ambiente, estabeleceu padrões de qualidade do ar e os conceituou, estabelecendo normas para partículas em suspensão, dióxido de

enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos, porém, não foi encontrado menção sobre hidrocarbonetos (MACHADO, 2002). Além disso, o CONAMA 13/95 dispõe sobre a proteção da camada de ozônio. Entretanto, de acordo com a pesquisa realizada, em nenhum momento é definido um padrão de emissão para o gás metano. Ele apenas é citado na Convenção de Viena como poluente e contribuinte para a degradação da camada de ozônio

Fontes Naturais de Metano

Segundo Beswick *et al.*, (1998), o metano é produzido na natureza em solos anóxicos, tais como pântanos, e solos turfosos. De acordo com Beswick *et al.*, (1998), os pântanos e os solos turfosos sozinhos eram responsáveis por aproximadamente 60 % das emissões de metano na atmosfera em 1978. Segundo ALVALÁ *et al.*, (1999) oceanos, rios e insetos são também fontes naturais de metano. Porém, segundo El-Fadel e Massoud (2001) atualmente as emissões globais de metano são estimadas em 500 ± 100 Tg/ano, dos quais 70 % são de origem antrópica e somente 30 % são de fontes naturais.

Fontes Antrópicas de Metano

De acordo com documento da Agenda 21 (2003) do governo do Estado de São Paulo, a elevação do nível de renda da população corresponde a maiores níveis de geração de resíduos e, em conseqüência, de metano. Países pobres têm níveis de emissão de CH_4 inferiores a 5 kg CH_4 /hab.ano; países desenvolvidos chegam a 40 kg CH_4 /hab.ano. A emissão de metano estimada para São Paulo é de aproximadamente 7 kg CH_4 /hab.ano.

São várias as fontes antrópicas de metano e dentre elas destacam-se a agricultura (plantio de arroz em áreas alagadas, queimadas, criação de animais tais como gado e porcos, biodigestores, etc), atividade industrial, emissões fugitivas, sistemas de tratamento de efluentes (sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto), aterros sanitários, etc.

Fontes de Metano na Agricultura

Segundo a Embrapa (2003), o cultivo de arroz irrigado por inundação representa, em âmbito global, uma das principais fontes antrópicas de metano (CH_4). Esse tipo de cultura proporciona condições para metanogênese em grandes áreas, que tendem a crescer mais e mais a cada ano devido à crescente demanda por alimento no mundo (XU *et al.*, 2000). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudança Climática, estima-se de 20 a 100 Tg, média de 60 Tg (Tg = Teragrama = 10^{12} gramas) por ano, a emissão global desse gás nos campos de arroz irrigados, o que corresponde a 16 % do total de emissão de todas as fontes (EMBRAPA, 2003).

Do total de metano gerado por essa fonte, 90% é atribuído ao continente asiático. Mais de 50% da população humana mundial utiliza o arroz como alimento básico, sendo que entre 1998 e 1999 foram cultivados 151 milhões de hectares de terras, atingindo uma produção global de 570 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2003).

Queimada de Resíduos Agrícolas

A combustão da biomassa de resíduos de colheita e de culturas agrícolas na pré-colheita, como prática agrícola, leva à produção de metano, óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO), além do dióxido de carbono (CO₂). O fogo libera carbono da biomassa durante a combustão e acentua diretamente a liberação de carbono do solo do qual a vegetação foi queimada. No Brasil é freqüente a queima de cana-de-açúcar na pré-colheita (para auxiliar a colheita manual), e, em menor escala, a queima dos resíduos da cultura do algodão, para controle fitossanitário. Embora ocorra liberação de CO₂ durante a queima da cana-de-açúcar, as emissões deste gás não são consideradas como uma emissão líquida ao longo do tempo por esses sistemas, pois, no ciclo seguinte da cultura, o CO₂ emitido é reabsorvido (EMBRAPA, 2003).

Fontes de Metano na Pecuária

Segundo a EMBRAPA (2003), a pecuária contribui para as emissões de metano por duas vias: fermentação entérica e dejetos animais. Herbívoros ruminantes, como bovinos, ovinos, bubalinos e caprinos, através da fermentação entérica, um processo digestivo que ocorre no rúmen, onde ocorre a produção de metano. As emissões globais desse gás geradas a partir dos processos entéricos são estimadas em 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo a cerca de 22 % das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas (EMBRAPA, 2003).

No Brasil, 68 % da pecuária é representada por bovinos (87 % de corte e 13 % de leite, aproximadamente), com pouco mais de 163 milhões de animais em 1998, sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais (EMBRAPA, 2003). Beswick *et al.*, (1998) relata que a criação de gado é responsável por aproximadamente 12 % da emissão total de metano no norte da Inglaterra e que esse valor decresce para 4 % no sul da Escócia tornando-se desprezível em direção ao norte da Escócia.

A produção de metano ocorre a partir dos dejetos animais, principalmente quando manipulados na forma líquida, em condições de anaerobiose. As emissões globais de metano provenientes dessa fonte são estimadas em cerca de 25 milhões de toneladas por ano, correspondendo a 7 % das emissões totais de metano (EMBRAPA, 2003).

Fontes de Metano na Atividade Industrial

Segundo Rosa e Muylaert (2001) as emissões de metano no setor industrial provêm, principalmente, do processamento de produtos minerais, petroquímicos, da produção de ferro e aço, da produção de alumínio e outros metais. Os mesmos autores relatam que apesar da maioria das fontes industriais de metano, contribuirão individualmente pouco para as emissões globais, coletivamente, podem ser significativas, devendo ainda serem realizados estudos e levantamentos para uma quantificação precisa dessas fontes.

Emissões Fugitivas de Metano da Extração de Combustíveis Fósseis

Segundo Rosa e Muylaert (2001) podem ocorrer emissões fugitivas de metano durante a extração, transporte e processamento de combustíveis fósseis, tais como o gás natural, o carvão mineral e o petróleo. Os autores relatam que as emissões provenientes da mineração do carvão fóssil, em 1990, contribuíram com

cerca de 23 a 39 Tg das emissões globais de metano. Não foram encontrados dados na literatura sobre a liberação de gás natural na atmosfera para contabilizar a sua contribuição. No entanto, sabe-se que o metano participa com cerca de 92 % na composição do gás natural (CONGÁS, 2003).

Sistemas de Tratamento Anaeróbio de Efluentes

Muitas pesquisas estão sendo feitas no sentido de desenvolver ainda mais e ampliar o uso do tratamento anaeróbio, pois são várias as vantagens desse tipo de tratamento, que vão desde a economia de energia até uma menor geração final de lodo. Uma das principais características desse sistema é a geração de gás metano como sub produto do tratamento, capaz de ser reaproveitado como fonte de energia.

De acordo com Chernicharo (1997) nas condições normais de pressão e temperatura um sistema de tratamento anaeróbio pode produzir cerca de 350 mL de metano para cada grama de DQO removida no sistema, ou seja, considerando-se um esgoto com uma concentração média em termos de DQO, de 500 mg/L (TCHOBANOGLIOUS, 1991) com uma eficiência em torno de 70 % (CHERNICHARO, 1997), para cada metro cúbico de esgoto tratado em um sistema anaeróbio resultaria, aproximadamente, a 123 L de metano nas condições normais de pressão e temperatura.

A Tabela 1 apresenta alguns valores de geração de metano em sistemas de tratamento anaeróbio de esgoto em alguns países do mundo.

Tabela 1 - Emissões específicas de metano de tratamento anaeróbio de esgoto em alguns países em 1997.

País	CH ₄ Total (Gg/ano)	Emissão per capita de CH ₄ (kg/ano)	País	CH ₄ Total (Gg/ano)	Emissão per capita de CH ₄ (kg/ano)
<i>Municipal</i>					
Austrália	10	0,55	Índia	67	0,07
Brasil	15	0,10	Indonésia	29	0,14
Canadá	16	0,60	Japão	77	0,60
China	89	0,07	Líbano	0,44	0,10
Egito	6	0,09	México	9	0,09
França	36	0,60	Paquistão	10	0,07
Alemanha	53	0,70	EUA	176	0,70
<i>Industrial</i>					
Brasil	159	1,1	Japão	110	0,9
Canadá	37	1,4	Líbano	5,46	1,2
Alemanha	118	1,5	Rússia	24	0,2
França	39	0,7	EUA	408	1,6

Fonte: EL-FADEL e MASSOUD (2001).

Aterros Sanitários

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos (normalmente, recobrando com

argila selecionada e compactada em níveis satisfatórios), evitando danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. Esses critérios de engenharia mencionados materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta de percolado, de sistema de tratamento para o percolado drenado, de dissipação e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE (2002), somente cerca de 36,2% dos resíduos sólidos gerados nas cidades brasileiras vão para aterros sanitários, ou seja, a maior parte dos resíduos sólidos urbanos (58,3%) vai para aterros controlados ou lixões. Observa-se assim, que ainda é pequena a fração de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil que são devidamente dispostos ou tratados.

Geração de Metano em Aterros Sanitários

A geração de gás metano em aterros sanitários ocorre logo que se inicia a bioestabilização da matéria orgânica em condições anaeróbias, no interior do aterro. É difícil dizer quanto um lixão produz de gases que são emitidos para atmosfera e qual a composição desses gases, devido à inexistência de drenos de gases nesses locais para coleta e amostragem. Porém, existem alguns estudos sobre a potencialidade de geração de gases de resíduos sólidos domiciliares e a produção de gás em aterros sanitários. Segundo Qin *et al.* (2001), uma tonelada de resíduos sólidos domiciliares pode produzir mais do que 300 m³ de gás de aterro. Os mesmos autores relatam que em um aterro, a produção de gás inicia-se quase que imediatamente após a deposição do resíduo, atingindo seu pico de produção em aproximadamente 10 anos e podendo se estender por um período maior que 40 anos.

O gás de aterro é composto por um número de gases presentes em grandes quantidades (gases principais) e de um número de gases que estão presentes em pequenas quantidades (gases traço). Segundo Tchobanoglous (1993), os gases principais são produzidos a partir da decomposição da fração orgânica dos resíduos sólidos, em que o metano corresponde de 45 a 60 % do volume total de gases em base seca, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Composição típica dos gases encontrados em um aterro sanitário.

Componente	Porcentagem (base em volume seco)*
Metano	45-60
Dióxido de Carbono	40-60
Nitrogênio	2-5
Oxigênio	0,1-1,0
Sulfetos, Dissulfetos, Mercaptanas, etc.	0-1,0
Amônia	0,1-1,0
Hidrogênio	0-0,2
Monóxido de Carbono	0-0,2
Constituintes Traço	0,01-0,6

*A distribuição percentual exata varia de acordo com a idade do aterro sanitário.
Fonte: TCHOBANOGLIOUS (1993).

Comparação entre as Fontes Geradoras de Metano

De acordo com El-Fadel (2001) as emissões de metano na natureza se distribuem de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3 - Contribuições naturais e antrópicas na emissão de metano.

Fonte	Contribuição (%)
Oceanos	3
Insetos	4
Dejetos de animais	5
Tratamento de esgoto	5
Aterros sanitários	6
Queima de Biomassa	8
Cultivo de arroz irrigado por alagamento	12
Fermentação entérica de animais	16
Exploração de carvão óleo e gás natural	19
Pântanos e alagados naturais	22

Fonte: El-Fadel (2001).

Nota-se que a contribuição dos aterros sanitários nas emissões de metano não é relativamente grande, contribuindo com apenas 6 % do total de todas as fontes naturais e antrópicas. Porém, mesmo assim, é mais uma fonte geradora que contribui para o efeito estufa e todo esforço no sentido da minimização de todas as fontes antrópicas de metano deve ser levados em consideração.

Impactos Relacionados com a Fuga/Liberação do Metano em Aterros Sanitários

Segundo Qin *et al.* (2001) o gás gerado no aterro pode migrar pelo solo, caso o aterro sanitário não possua barreiras para conter esses gases no solo. Segundo Tchobanoglous (1993) tanto o metano como o dióxido de carbono podem ser encontrados por distâncias de até 120 m da base de aterros sem barreiras para contenção de gases, em concentrações acima de 40 %. O gás metano que migra pelo solo pode ser liberado no entorno do aterro, pois o metano é menos denso que o ar e tende a sair do solo. Essa liberação mesmo sendo pequena pode causar problemas, pois de acordo com Tchobanoglous (1993), quando o metano está presente no ar em concentrações entre 5 e 15 % ele torna-se explosivo.

A liberação para atmosfera de gás metano de aterros sanitários pode ser prejudicial ao meio ambiente, pois de acordo com Beswick (1998) as emissões de metano são responsáveis por cerca de 15 % do efeito estufa e esse valor pode tomar proporções ainda maiores com o tempo.

Ações Mitigadoras

Ações mitigadoras são necessárias para minimizar o efeitos do impacto ambiental provocado pela geração antrópica do gás metano. Como foi visto, cerca de 70 % do metano presente na atmosfera, provém de fontes antrópicas. Assim, de acordo com a literatura pesquisada, pode-se fazer uma rede de iteração, relacionando a fontes geradoras de metano com as possíveis conseqüências ao meio ambiente com ou sem ações mitigadoras, como pode ser visto na Figura 1.

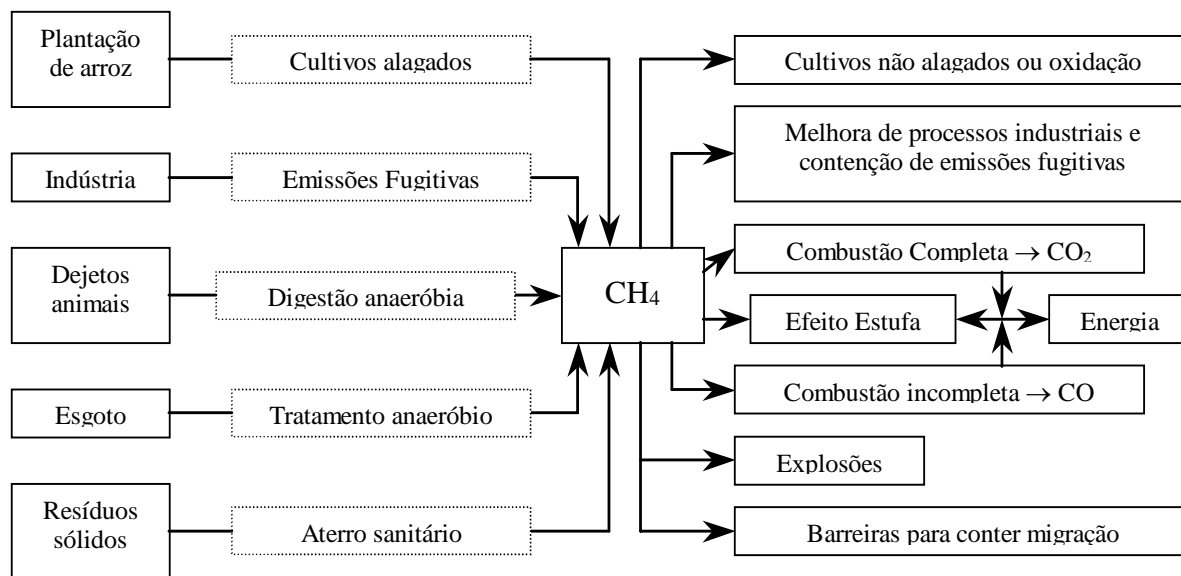


Figura 1 – Rede de iteração unindo fontes geradoras de metano e ações mitigadoras propostas.

Para o cultivo alagado de arroz, pode-se promover bio-oxidação do metano diretamente no solo ou ainda incentivar o cultivo não alagado.

Para os biodigestores de dejetos animais, estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários pode-se promover a queima do biogás gerado, para se fazer o aproveitamento energético do metano, quer seja através da geração de calor ou de eletricidade.

Para aterros sanitários pode-se prevenir migração do metano pelo solo construindo-se barreiras impermeáveis capazes de impedir a difusão de gases e coletar o gás através de drenos para serem aproveitados ou queimados. Segundo Wri (2002), esse gás pode ser utilizado diretamente removendo-se algumas impurezas. Uma das limitações do uso direto é a distância dos usuários do gás até o aterro, pois distâncias superiores a 16 km podem inviabilizar o uso direto do gás do aterro.

Outra forma de se utilizar o gás do aterro é na geração de energia elétrica. Segundo Martín *et al.* (1997), a utilização do gás de aterro como fonte energética pode ser uma das melhores soluções para o metano produzido em aterros sanitários. O autor relata o caso do aterro sanitário de La Zoreda, Espanha. Ele está em funcionamento desde 1986 e possui previsão de uso até 2011. Atualmente recebe, aproximadamente, 400.000 ton/ano de resíduos sólidos domésticos, com capacidade total é 1.050.000 m³. Devido ao programa de reciclagem, a maior parte dos resíduos é biodegradável, o que permite a produção de 4,2 MW de energia, com utilização de sistema de extração adequado desse gás.

Segundo Staniforth e Kendall (1998), um dos maiores problemas da utilização do gás de aterro é a sua composição que depende do tipo de resíduo aterrado e também varia com o tempo. Com o passar do tempo a quantidade de metano tende a diminuir na composição do gás do aterro, diminuindo consideravelmente o poder de combustão, impossibilitando, assim, o seu uso em motores a ignição. Segundo Tchobanoglous (1993), outro fator que dificulta a utilização do gás de aterro em motores é a presença de gases corrosivos, tais como o ácido sulfídrico.

Conclusões

A contribuição dos aterros sanitários nas emissões de metano é relativamente pequena, contribuindo com apenas 6 % do total de todas as fontes naturais e antrópicas. Porém, mesmo assim, é mais uma fonte geradora de metano que contribui para o efeito estufa e todo esforço no sentido da minimização de todas as fontes antrópicas de metano deve ser levado em consideração.

O gás de aterro é uma fonte de energia, e em muitos casos a utilização dessa fonte pode ser extremamente vantajosa e o seu aproveitamento energético deve ser levado em consideração, sempre que houver essa possibilidade.

O dióxido de carbono produzido pela utilização do metano como fonte energética é 23 vezes menos poluente que o metano, o que é mais um motivo para utilização energética desse gás.

Todas as ações mitigadoras possuem vantagens e desvantagens e mais estudos científicos são necessários para potencializar as vantagens com a minimização das desvantagens.

Referências Bibliográficas

1. ALVALÁ, P.C.; KIRCHHOFF, W.J.H.; PAVÃO, H.G. Metano na atmosfera. Revista Biotecnologia, n.7, p. 40-43, 1999.
2. WRI – World Resources Institute. Opportunities with landfill gas. Corporate Guide To Green Power Markets, 2002. Disponível em: <http://pdf.wri.org/gpmdg_corporate_guide_02.pdf> Acesso em: 19 jun. 2003.
3. BUDOVARI, S. (coord.). The Merck Index: An Encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals, 20 ed, 1996.
4. MACHADO, P.A.L. Direito Ambiental Brasileiro. São Paulo: Malheiros, p. 496-511, 2002.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nr. 13, de 13 de dezembro de 1995.
6. BESWICK, K.M.; SIMPSON, T.W.; FOWLER, D.; CHOULARTON, T.W.; GALLAGHER, M.W.; HARGREAVES, K.J.; SUTTON, M.A.; KAYE, A. Methane emissions on large scales. Atmospheric Environment, v. 32, n. 19, p. 3283-3291, 1998.
7. EL-FADEL, M.; MASSOUD, M. Methane emissions from wastewater management. Environmental Pollution, v. 114, p. 177-185, 2001.
8. Agenda 21. Capítulo 5: Proteção da atmosfera e qualidade do ar. Governo do Estado de São Paulo, 2003. Disponível em: <www.ambiente.sp.gov.br/agenda21/ag21sprev/05.pdf> Acesso em: 19 jun. 2003.
9. EMBRAPA. Fontes agrícolas de metano, 2003. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/agrogases/metano1.html> Acesso em: 19 jun. 2003.
10. XU, X.; WANG, Y.; ZHENG, X.; WANG, M.; WANG, Z.; ZHOU, L.; VAN CLEEMPUT, O. Methane emission from a simulated rice field ecosystem as influenced by hydroquinone and dicyandiamide. The Science of the Total Environment, v. 263, p. 243-253, 2000.
11. ROSA, L.P.; MUYLAERT, M.S. (Coorden.) Contribuição histórica por países nas emissões de três gases do efeito estufa (GEE) – Relatório Preliminar ao MCT, out. 2001. Disponível em: <www.ivig.coppe.ufrj.br/arquivos/cont-gee.pdf> Acesso em: 19 jun. 2003.

12. CONGÁS. Composição do gás natural – Gasoduto Brasil-Bolívia, 2003. Disponível em: <www.comgas.com.br/pt/gas_natural/composicao.asp> Acesso em: 19 jun. 2003.
13. CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios, v.5. Belo Horizonte: DESA, 1997.
14. TCHOBANOGLIOUS, G. Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse/ Metcalf & Eddy Inc., 3rd ed./ revised by George Tchobanoglous, Frank Burton. E.U.A.: McGraw-Hill, 1991.
15. BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999.
16. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico, 2002. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 10 set. 2002.
17. QIN, W.; EGOLFOPOULOS, F.N.; TSOTSIS, T.T. Fundamental and environmental aspects of landfill gas utilization for power generation. Chemical Engineering Journal, v. 82, p. 157-172, 2001.
18. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S.A. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. E.U.A.: McGraw-Hill, 1993.
19. MARTÍN, S.; MARÑÓN, E.; SASTRE, H. Landfill gas extraction technology: study, simulation and manually controlled extraction. Bioresource Technology, v. 62, p. 47-54, 1997.
20. STANIFORTH, J; KENDALL, K. Biogas powering a small tubular solid oxide fuel cell. Journal of Power Sources, v. 71, p. 275-277, 1998.

Abstract

This study has the objective of promote a diagnosis about environmental impact occurred due to methane gas production and emission in the atmosphere, generated by anthropogenic sources, with emphasis in sanitary landfills, trying to propose mitigation measures for reduction of the methane production. According to the bibliography study made, it was proposed a interaction net, which linked the main anthropogenic sources of methane gas emissions and evaluated the mitigation proposals and its environmental impacts. Actually, the global methane emissions are estimated as 500 ± 100 Tg/year, which 70% are from anthropogenic origin and just 30% are from natural sources. There are several anthropogenic methane sources and the most significant are agricultural activity (rice cultivation in wetlands, burnings, animal raising as cows and pigs and biodigestors, etc), industrial activity, fugitive emissions, treatment systems and landfills. The methane gas generation in landfills occurs as soon as the organic matter bioestabilization happens in anaerobic conditions inside the landfill. The methane migration in the landfill soil can be prevented thru the construction of barriers capable of interrupt the gases diffusion, gas capture thru out tubes inside the landfill and promoting the complete burn and mainly using as a energy source produced with electricity generators. All the mitigation proposals have advantages and disadvantages and still more scientific studies are necessary to maximize the advantages.

Key words: Environmental impact, Sanitary landfill, Methane gas, Atmospheric pollution.