

ESTIMATIVA TEÓRICA DA EMISSÃO DE METANO E GERAÇÃO DE BIOGÁS NO LIXÃO MUNICIPAL DE ITACOATIARA/AM: UTILIZANDO MODELO DE DECAIMENTO DE PRIMEIRA ORDEM

Ivy de Araujo Alves¹ – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia-ICET/UFAM
Eberlanny Moraes Rolim² – Instituto Federal do Amazonas-IFAM

E-mail para contato: 1ivyvalves75@gmail.com; 2eberlanny@gmail.com

Eixo Temático: 2.1.3 Engenharia Sanitária

Categoria: comunicação oral

RESUMO

A geração de biogás em lixões/aterros sanitários resulta da degradação na matéria orgânica presente nos resíduos sólidos (RS) por bactérias anaeróbias, sendo constituído da mistura de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄). O metano do biogás caracteriza-se como um gás de efeito estufa (GEE), sendo uma grande problemática, no que tange às mudanças climáticas e aumento da temperatura a nível global. A partir disso, destaca-se a importância de se quantificar a geração desse gás em lixões para tomada de decisão eficaz. O presente estudo trata-se de uma pesquisa quantitativa exploratória, com o intuito de quantificar a emissão de metano e a geração de biogás no lixão municipal de Itacoatiara-AM para os anos de 2010 a 2040. Para esta estimativa foi utilizado os modelos teóricos de estimativa de geração de metano e produção de biogás, representado por uma equação de decaimento de primeira ordem baseada na fração constante de material biodegradável no aterro por unidade de tempo, desenvolvida pelo Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC (1997). Este modelo foi escolhido por ser acessível e ser o mais utilizado atualmente por órgãos ambientais reconhecidos internacionalmente. Para a aplicação do método foi preciso fazer a caracterização de diversos aspectos referentes ao ambiente em que o lixão está inserido e ao próprio resíduo depositado no ano corrente da estimativa. Durante o período considerado de estudo 2010-2040; o lixão em estudo apresentou um potencial de emissão máxima por ano de até 152834,126 m³CH₄/ano e geração de 305668,251 m³biogás/ano. Onde foi possível perceber o aumento da emissão de metano diretamente ligado ao aumento da população, observando-se que para o ano de 2010 a 2040 a população estimada teve um aumento de 96,1%, enquanto que a geração de resíduo foi de 96,1%. O valor máximo por hora atingido pela emissão do metano foi de 17,447 m³CH₄/h, sendo este valor referente ao ano de 2040, tendo-se a certeza de que esse valor tende a aumentar até ao decorrer dos anos, de acordo com a deposição de resíduos no lixão e ao aumento populacional no município. Desta forma, percebeu-se uma relação direta entre o aumento da emissão de metano em consonância com o aumento da população e aumento da geração per capita de RSU. Além disso, verificou-se, in situ, que o lixão que não possuem nenhum tipo de sistema de captação (drenagem) desse gás. Outrossim, tornou-se possível avaliar que o biogás gerado no lixão é lançado na atmosfera onde contribui com grande impacto ambiental ampliando o aquecimento do planeta e principalmente da Amazônia, pois os gases de efeito estufa (GEE) estão diretamente relacionados com o aumento do efeito estufa a nível global e demais problemáticas ambientais adversas.

Palavras-chave: Lixão. Metano. Biogás. IPCC.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma das problemáticas ambientais mais enfrentadas pelos grandes centros urbanos, tendendo a agravar-se com o aumento das quantidades geradas pela população em todo o mundo, o aumento populacional em escala exponencial no mundo e o alto consumismo desenfreado da humanidade (ENSINAS; BIZZO; SANCHEZ, 2004; HINRICHS; KLEINBACH, 2003; FIRMO, 2017).

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de Metano através do Manejo de Resíduos da (CETESB, 1998) a correta disposição final dos RSU pode ocorrer por meio dos aterros controlados, aterros sanitários, usinagem de compostagem e usinas de incineração. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Especiais (Abrelpe, 2013), no Brasil, ainda predominam os lixões como meio de disposição final dos RSU, pois, no ano de 2013 cerca de 42% dos resíduos gerados no país tiveram como destino final, locais inadequados, ou seja, 78.987 t/dia depositados em lixões. Sendo caracterizados como a pior forma de destinação final dos RSU, onde os resíduos são descartados diretamente sobre o solo, sem nenhum tipo de tratamento.

Uma das maiores preocupações observadas na disposição final dos resíduos em aterros e lixões, consiste na decomposição anaeróbia da fração biodegradável dos resíduos depositados, com a consequente emissão de biogás na atmosfera, tendo como um dos seus principais componentes o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4). Uma vez que o metano é um dos principais gases causadores do efeito estufa (GEE), sendo o principal foco de grandes discussões e tratados internacionais como o protocolo de Kyoto, pois, possui alto potencial de alterar o sistema climático global, causando grandes problemas adversos (CEPEA, 2004). Vale ressaltar ainda, que o CH_4 possui um elevado potencial de aquecimento global (Global Warming Potential – GWP), sendo 21 vezes maior que o CO_2 . Por isso, a preocupação com a emissão de GEE associada diretamente com as discussões acerca das mudanças climáticas é bastante plausível (LIMA, 2006).

Desta forma, o presente estudo foi implementado com o intuito de demonstrar a estimativa teórica da emissão de metano e a produção de biogás tendo como referência o lixão municipal de Itacoatiara-AM para os anos de 2010 a 2040 através do modelo de decaimento de primeira ordem desenvolvido pelo IPCC (1996). Este modelo foi escolhido por ser acessível e ser o mais utilizado atualmente por órgãos ambientais reconhecidos internacionalmente. Para a aplicação do modelo foi preciso fazer a caracterização de

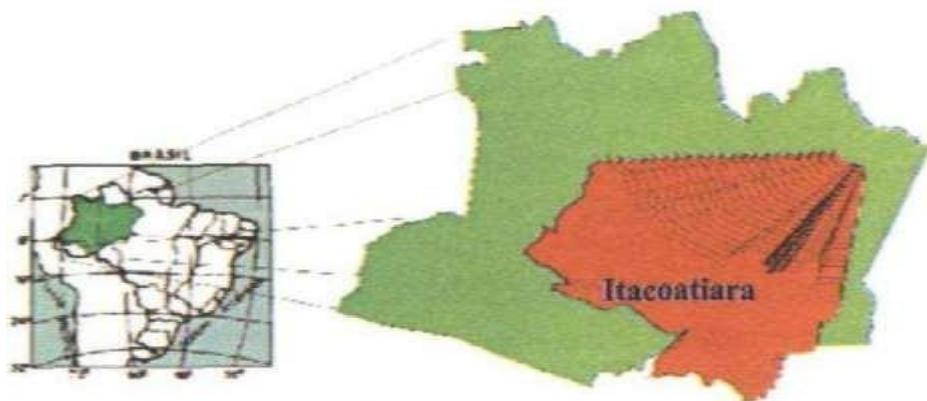
diversos aspectos como, o ambiente em que está inserido o lixão, previsão populacional, gravimetria dos resíduos e ao próprio resíduo depositado no ano corrente da estimativa.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área escolhida para local de estudo foi o município de Itacoatiara/AM (FIGURA 1), o qual se encontra localizado na região norte do país – Amazonas, na mesorregião do Centro Amazonense; compreende uma área territorial de aproximadamente 8.949,20 km²; com uma população total de aproximadamente 86.839 habitantes e população urbana de aproximadamente 58.175 habitantes, sendo a terceira cidade em densidade populacional do Estado estando a mesma situada, a leste da capital amazonense-Manaus e distante da mesma em linha reta cerca de 177 Km e por via fluvial a 201 Km. (IBGE, 2010; IDAM, 2011). Segundo Embrapa (1988), a vegetação predominante do município é caracterizada por apresentar três tipos de formações florestais, correspondendo-se assim a um ecossistema típico da região amazônica. São elas: Floresta equatorial subperenifólia, Floresta Equatorial Higrófila de Várzea e Floresta Equatorial Hidrófila de Várzea.

FIGURA 1. Mapa de localização do município de Itacoatiara – Amazonas – Brasil



Fonte: adaptado da EMBRAPA (2003).

2.2 Caracterização do Lixão Municipal de Itacoatiara/AM

A caracterização do lixão de Itacoatiara, deu-se a partir da aquisição de dados cedidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) do município de Itacoatiara/AM, através do Departamento de Zoneamento Ambiental. Por seguinte, foi realizada uma entrevista com o Engenheiro responsável pelo lixão, procurando esclarecer

pontos de vista, alguns aspectos relevantes e orientações para o aprofundamento da investigação.

De acordo com dados da SEMMA, o Terreno foi inicialmente doado para uma Zona de Processamento de Exportação, em 1984, mas foi utilizado como depósito de resíduos. O lixo coletado vem sendo levado, desde 1991, para uma área situada a aproximadamente 1,5 Km do centro da cidade. Onde ocupa um terreno de aproximadamente 15 hectares, localizado na Rua Dr. Luzardo de Mello, bairro do Jauary II (FIGURA 2), dentro da zona urbana, operando desde 1997. A área do lixão municipal de Itacoatiara encontra-se próxima ao Lago Canaçari e dos igarapés Piramiri e Igaipauá que deságuam no Rio Amazonas. O funcionamento do lixão e o sistema de limpeza, possui 92 funcionários para a coleta domiciliar e destinação final dos resíduos, 5 caçambas basculhastes, 5 tratores com reboque, 1 pá mecânica, 1 retroescavadeira e trator de esteiras tipo D-6. Todos esses equipamentos pertencem à equipe patrulha mecanizada do município e também são utilizados na coletas, podas, capinas e entulhos e entre outras atividades.

FIGURA 2. Área do lixão municipal de Itacoatiara/AM.



Fonte: Autores (2019).

2.3 Caracterização dos RSU do Município

A prefeitura municipal de Itacoatiara através da SEMINFRA (Secretaria Municipal de Infraestrutura) desenvolveu, nos anos de 2003 a 2008, totalizando cinco anos de estudos para dá início ao PGIRS. Sendo realizado a primeira caracterização dos RSU (gravimetria) do município. Além disso, verificou-se a geração *Per Capita* de resíduos no ano (Kg/hab*dia) e a geração diária no ano (Kg/dia), expressos na TABELA 1.

TABELA 1. Taxas de RSU depositos nos anos de 2000, 2003 e 2008 no lixão de Itacoatiara.

	Ano Base	Início do Projeto	Final do Projeto
	2000	2003	2008
Geração Per Capita de resíduos no ano (Kg/hab*dia)	0,54	0,55	0,68
Geração diária no ano (Kg/dia)	24.991	7.264	37.916

2.4 Previsão Populacional Para o Município

Para a estimativa da população urbana anual do município de Itacoatiara para os anos de 2010 a 2040, foi realizado a partir do método geométrico. Para a aplicação do modelo de previsão, levou-se em conta os dados dos censos demográficos do município, realizados pelo IBGE, expressos na TABELA 2.

TABELA 2. Resultados dos Censos Demográficos de 1970 à 2010.

Ano	População Urbana	População Rural	População Total
1970	16.084	21.262	37.346
1980	26.996	25.886	52.882
1991	37.380	21.377	58.757
2000	46.465	25.640	72.105
2010	58.157	28.732	86.889

Fonte: IBGE

2.5 Estimativa das Emissões de Metano e Geração de Biogás no Lixão

As estimativas das emissões de metano para o lixão de Itacoatiara/AM foi a partir da aplicação de um modelo de decaimento de primeira ordem desenvolvido pelo Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (1997), conforme EQUAÇÃO 3. Onde considera-se a variação anual de metano com base em dois parâmetros; a constante de decaimento k e o potencial de geração de metano L_0 . Desta forma estimando as emissões de metano por meio dos resíduos que são depositados no lixão em um único ano.

$$Q_{T,X} = k \times R_X \times L_0 \times e^{-k(T-X)} \quad \text{(EQUAÇÃO 3)}$$

Sendo:

$Q_{T,X}$: a quantidade da emissão de Metano (m^3CH_4 /ano) emitida no ano corrente T pelos resíduos - R_X (Mg) depositados no ano X ;

K : Constante de decaimento (ano^{-1});

R_X : Fluxo de resíduos do ano X (Mg);

$L_0(X)$: potencial de geração de metano (m^3 biogás/ton RSD). Sendo calculado conforme a EQUAÇÃO 4:

$$L_0 = [MCF(X) \times DOC(X) \times DOC_F \times F \times 16/12 \text{ (Gg CH}_4\text{/Gg resíduos)}] \quad \text{(EQUAÇÃO 4)}$$

Em que:

MCF(X): fator de correção do metano no ano X (fração);

DOC(X): carbono orgânico degradável (COD) no ano X (fração) (Gg C/Gg resíduos);

DOC_F: fração do COD que se decompõe;

F: fração em volume de CH₄ no gás de aterro; e 16/12: fator de conversão de carbono (C) para metano.

A fração de metano presente no biogás corresponde a 50%, sendo assim, a quantidade de biogás será o dobro do valor do CH₄, ou seja, será duas vezes a quantidade de metano obtida na Equação 1 (ICLEI, 2009). Sendo assim a estimativa teórica da geração de biogás será conforme apresentado na EQUAÇÃO 5.

$$Q_{CH_4 T, X} = 2 \times Q_{T, X} \quad \text{(EQUAÇÃO 5)}$$

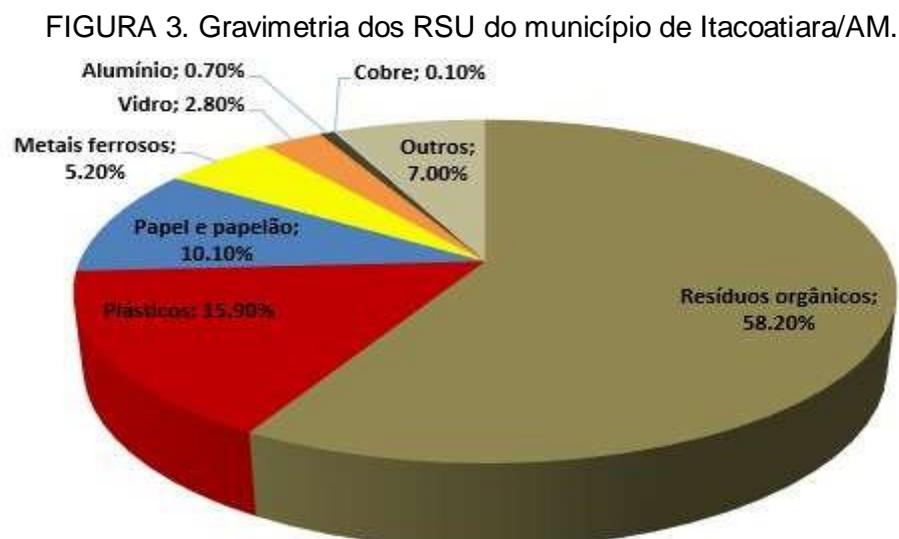
Sendo:

$Q_{CH_4 T, X}$ é o total da geração de biogás (m³biogás/ano) geradas no ano corrente T pelos resíduos depositados no ano X ;

$Q_{T, X}$: quantidade da emissão de Metano (m³CH₄/ano).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

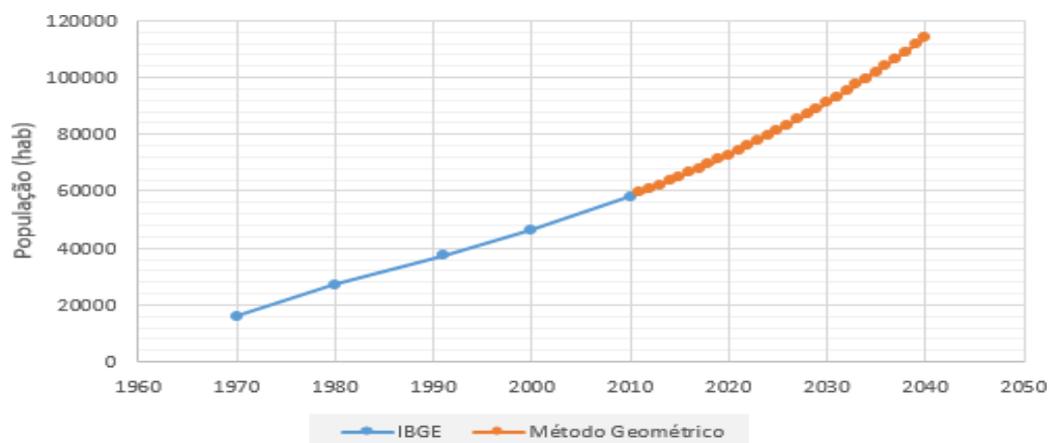
Os resultados da caracterização dos RSU (gravimetria) realizada nos anos de 2003 a 2008 pela SEMINFRA, são descritos na FIGURA 3.



Como pode ser observado na FIGURA 3, o maior percentual, aproximadamente 58.20% dos resíduos sólidos de Itacoatiara, é de matéria orgânica, seguido de plástico (15.90%) e resíduos de papel e papelão (10.10%). Os componentes em menores quantidades são o cobre com 0.10%; alumínio com 0.70% e vidro com 2.80%. Com relação a gravimetria média brasileira, o MMA (2012) apresentou dados da gravimetria média do Brasil no ano de 2010, onde a matéria orgânica da cidade de Itacoatiara está muito superior da média nacional (51.40%), ficando 13,23% acima.

A previsão populacional realizada através do método geométrico, para os anos de 2010 a 2040 do município de Itacoatiara, estão expressas na FIGURA 4.

FIGURA 4. Previsão da população urbana de Itacoatiara/AM



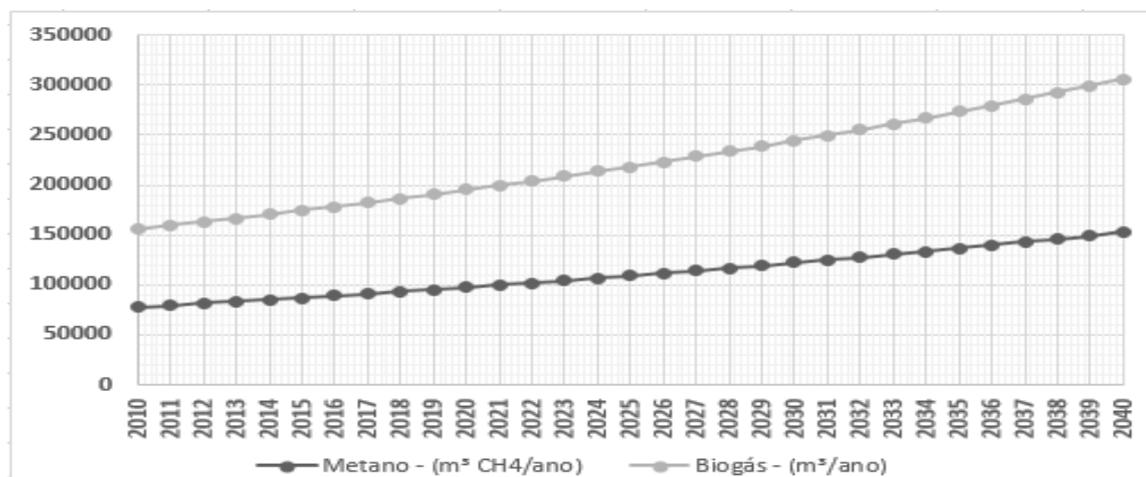
Analisando a FIGURA 4, verifica-se que o município de Itacoatiara possui o crescimento demográfico crescente para a zona urbana, desde 1970. Além disso, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 2010 calculada para a área urbana do município foi de 2.35%.

A partir da determinação dos dados acima e dos valores das variáveis adotadas no estudo (TABELA 3) para aplicação no modelo desenvolvido pelo IPCC (1997). A metodologia adotada tornou possível calcular a vazão teórica de gás metano e biogás para o lixão de Itacoatiara. O modelo adotado demonstrou, conforme apresentado na FIGURA 5, as estimativas das emissões de metano e geração de biogás, que do ano de 2010 até o ano de 2040, terá gerado um total de 3452106,265 m³CH₄/ano e 6904212.530 m³biogás/ano, tendo como pico máximo o ano de 2040, com vazão anual bem distante da vazão de metano gerada no ano de 2010. Onde a curva é regida pela constante de decaimento “k”, referente à degradação da matéria orgânica ao decorrer do tempo.

TABELA 3. Valores das variáveis adotadas no modelo de decaimento de primeira ordem.

Ano (T)	Pop. Urb. (hab)	K	Geração per capita de RSU (kg/hab/dia)	Rx (t/ano)	L ₀	X (T-1)	Metano - (m ³ CH ₄ /h)	Metano - (m ³ CH ₄ /ano)	Biogás - (m ³ /h)	Biogás - (m ³ /ano)
2010	58157	0,09	0,59	12524	75,664	2009	8,898	3052,631	17,796	6105,26
2020	72791	0,09	0,59	15676	75,664	2019	11,137	97559,200	22,274	195118,399

FIGURA 5. Estimativa das emissões de metano e geração de biogás (m³/ano) no lixão municipal de Itacoatiara/AM, para os anos de 2010 a 2040.

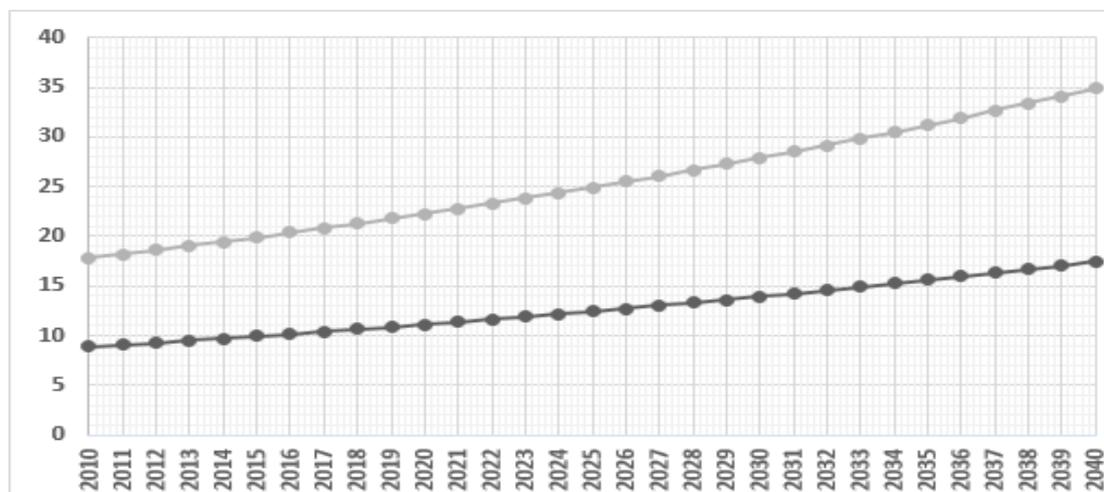


Fonte: Autores (2019).

Nota-se que as curvas das emissões possuem um comportamento crescente, pois, durante todo esse período de 30 anos, o lixão está recebendo os resíduos, pois a cada nova tonelada depositada, soma-se um novo potencial de geração de biogás, a partir da degradação anaeróbia e pelos organismos metanogênicos. Onde foi possível identificar o aumento das emissões diretamente ligadas ao aumento da população, observando-se que para o ano de 2010 a 2040 a população estimada teve um aumento de 96,1% e a geração de resíduo foi de 96,1%.

As estimativas das emissões de metano e geração de biogás por hora estão dispostas na Figura 6. O valor máximo atingido pela emissão do metano foi de 17,447 m³CH₄/h e biogás de 34,894 m³biogás/h; tendo-se a certeza de que esse valor tende a aumentar até ao decorrer dos anos, de acordo com a deposição de resíduos no lixão.

Figura 6. Estimativa das emissões de metano e geração de biogás (m³/h).



Fonte: Autores (2019).

Desta forma, percebeu-se uma relação direta entre o aumento da emissão de metano em consonância com o aumento da geração per capita de RSU. Segundo Abrelpe (2015), o Brasil possui um total de 28 % de lixões em operação, enquanto que no Amazonas, existe um total de 92% de lixões a céu aberto. Onde esses lixões estão emitindo diariamente grandes taxas de GEE a atmosfera, vindo a ser umas grandes problemáticas para a região amazônica, pois o GEE está relacionado diretamente com as mudanças climáticas a nível global. Conforme relatório apresentado pelo (IPCC, 2014), as emissões continuadas de GEE tem levado a um aquecimento global contínuo, ao derretimento das geleiras e conseqüentemente o aumento do nível do mar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos, pode-se concluir que: O presente trabalho se atentou para a estimativa teórica da capacidade de emissão de metano e geração de biogás para o lixão municipal de Itacoatiara, para um período de 30 anos, compreendido entre os anos de 2010 a 2040. Cabendo agora, a realização de demais pesquisas com o propósito de se determinar a estimativa da capacidade de geração de energia elétrica ou de forma de aproveitamento desse metano e do biogás. Estudos esses, que poderão dar subsídio de conhecimento às autoridades competentes para a realização de projetos de aproveitamento desse gás, afim de diminuir os impactos ambientais das emissões de GEE na atmosfera. Outrossim, verificou-se, in situ, que o lixão que não possuem nenhum tipo de sistema de captação (drenagem) desse gás. Além disso, tornou-se possível avaliar que o biogás gerado no lixão é lançado na atmosfera onde contribui com grande impacto ambiental ampliando o aquecimento do planeta e principalmente da Amazônia, pois os GEE estão diretamente relacionados com o aumento do efeito estufa a nível global e demais problemáticas ambientais adversas.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2013.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. São Paulo, março de 2004. [Acesso em: 19 jul. de 2019]. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/economiaambiental/page.php?id=144>

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de resíduos**. Relatório Final. São Paulo: CETESB, 1998.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. Embrapa-SNLCS. Documentos, 11.

ENSINAS, Adriano V.; BIZZO, Waldir A.; SANCHEZ, Caio G. **ESTUDO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO DELTA DA CIDADE DE CAMPINAS-SP**. ICTR-CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Florianópolis-SC, 2004.

FIRMO, Alessandra Lee B. **Estimation of biogas generation from the final disposal sites of MSW in Pernambuco following the directives of State Plane for solid waste on basic sanitation municipal plans**. DAE-nº11, vol. 66, 2017.

HIRSCHHELD, H.. **Engenharia Econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Censo 2010**. [Acesso em: 27 jul. 2019]. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/default.shtm>
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos Demográficos Históricos**.

ICLEI. **Manual para aproveitamento de biogás**. São Paulo, 2009, 81 p.

IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. [Acesso em: 28 jul. De 2019]. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2014/01/Itacoatiara-2011.pdf>

IPAAM, Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – Relatório Técnico de Monitoramento – RTM 015/2007;

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volumes 1, 2 and 3. Paris: IPCC/OECD/IEA, 1997.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Alterações Climáticas 2014**. [Acesso em: 20 ago. 2018]. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf

LIMA, I.V.; BOFF, M.L.; SCARPIN, J.E. Utilização do biogás como instrumento de desenvolvimento sustentável: um estudo de caso. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 3., 2006, Resende/ RJ. **Anais[...]**. AEDB, 2006.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. BRASÍLIA, 2012.