

Estudo das emissões de GEE da disposição de resíduos sólidos na região metropolitana do Recife

O setor de resíduos sólidos urbanos (RSU) é apontado como um dos mais poluentes e emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE), pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), em especial pelo gás metano (CH₄), que tem um potencial de aquecimento de 21 a 28 vezes maior do que o dióxido de carbono (CO₂) e representa 3 a 5 % emissões globais. O objetivo geral é estimar as emissões de GEE pela disposição de RSU na Região Metropolitana do Recife (RMR), no período de 2006 a 2018, cujos objetivos específicos são caracterização dos RSU, a quantificação das emissões de GEE na RMR decorrente da disposição dos resíduos sólidos urbano e comparar as emissões em relação as determinadas em 2005 para o primeiro relatório brasileiro. Para tanto foi utilizada a seguinte metodologia, por meio de uma pesquisa exploratória, abrangendo: revisão bibliográfica, visitas técnicas e entrevistas com atores importantes na gestão de RSU na RMR, estudos de geração de CH₄ e emissões de CO₂ para o setor de RSU do modelo do IPCC (2006) e levantamento de dados primários e secundários requisitados para o uso deste modelo. Tomou-se como premissa a priorização de dados oficiais da estatística nacional, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (SNIS), além de informações complementares sobre o manejo de resíduos sólidos, obtidas junto aos gestores municipais e equipes responsáveis pelas centrais de tratamento que atendem à região. A RMR tem 15 municípios, 3.216.262 km², 4.054.866 habitantes (IBGE, 2018), densidade demográfica de 1.260.738 hab./km² e uma geração de RSU de 3.657,6 ton.dia⁻¹. Cada município apresenta características específicas quanto à geração e composição dos resíduos. A média para a RMR é 33,04 % de matéria orgânica, 30,42% de material reciclável e 28,49% de rejeitos e outros. Em 2018, os resíduos eram dispostos em 02 aterros sanitários privados, 01 aterro público e 01 lixão. No período de 2006 a 2018, foram gerados aproximadamente 10,5 106 tCO₂e. A estimativa realizada para o primeiro relatório brasileiro das emissões de CO₂e em 2005 (1990 – 2005) foi de aproximadamente 8,6 milhões de tCO₂e. Ao comparar os dados dos dois períodos estudados, nota-se um aumento 18,32% em relação a 2005. No entanto, a NDC Brasileira prevê uma redução das emissões de 34% em 2025 e 45% em 2030. Cenários estão sendo construídos para o atendimento das metas assumidas pelo Brasil.

Palavras-chave: Políticas Públicas; Mudanças Climáticas; Potencial de Aquecimento Global; Geração de Resíduos; CO₂ equivalente.

Study on GHG emissions from solid waste disposal in the metropolitan Recife region

The urban solid waste sector (MSW) is pointed as one of the most polluting and emitting Greenhouse Gases (GHG) by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006), in particular by methane (CH₄) which has a heating potential 21 to 28 times greater than carbon dioxide (CO₂) and represents 3 to 5 % of global emissions. The overall objective is to estimate GHG emissions from MSW disposal in the Recife Metropolitan Region (RMR), from 2006 to 2018, whose specific objectives are determine the components of MSW, the quantification of GHG emissions in RMR arising from the disposal of urban solid waste and to compare the emissions to those determined in 2005 for the first Brazilian report on this issue. The following methodology was used, a bibliographical review were carried out through an exploratory research, technical visits and interviews with important players in the management of MSW in the RMR, study of the generation of CH₄ and CO₂ emissions for the MSW sector under the IPCC model (2006) and survey of primary and secondary data required for the use of this model, taking as a premise the prioritization of official data of national statistics published in the Demographic Census by Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), Geological Survey of Brazil (CPRM), National Survey of Basic Sanitation Systems (SNIS), and additional information on solid waste management, gathered from municipal managers and teams responsible for waste treatment facilities that serve the metropolitan region of Recife (RMR). RMR has 15 municipalities, 3,216,262 km², 4,054,866 inhabitants (IBGE, 2018), demographic density of 1,260,738 inhabitants/km² and an MSW generation of 3,657.6 ton.day⁻¹. Each municipality has specific characteristics regarding the generation and composition of waste. The average for RMR is 33.04% organic matter, 30.42% recyclable material and 28.49% tailings and others. In 2018, waste was disposed of in 02 private landfills, 01 public landfill and 01 waste dumping ground. From 2006 to 2018, approximately 10,5 x 10⁶ t.CO₂e was generated. Estimates made for the first Brazilian report on CO₂e emissions in 2005 (1990 - 2005) were approximately 8.6 million tCO₂e. Comparing the data of the two periods of studies, there was an increase of 18.32% compared to 2005, however the Brazilian NDC predicts a reduction of 34% in 2025 and 45% in 2030. Scenarios are being built to meet the assumed goals for Brazil.


Keywords: Public Policies; Climate Change; Global Warming Potential; Waste Generation; CO₂ Equivalent.


Topic: Engenharia Geotécnica


Received: 02/10/2019


Approved: 26/11/2019

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Ana Maria Cardoso de Freitas Gama 
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4148627790417718>
<http://orcid.org/0000-0003-4022-0705>
anacfgama@gmail.com

José Fernando Thomé Jucá 
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4911355639660442>
<http://orcid.org/0000-0002-8956-7905>
jftjucah@gmail.com

Vanessa Cristina Bispo Costa 
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0899451422776947>
<http://orcid.org/0000-0001-6066-5854>
costav022@gmail.com

Alessandra Barbosa Lee Firmo 
Instituto Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4148627790417718>
<http://orcid.org/0000-0003-1127-2805>
alessandra.lee@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0015

Referencing this:

GAMA, A. M. C.; COSTAS, V. C. B.; FIRMO, A. B. L.; JUCÁ, J. F. T.. Estudo das emissões de GEE da disposição de resíduos sólidos na região metropolitana do Recife. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.6, p.163-177, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0015>

INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em 1992, trouxe o compromisso de construção de um desenvolvimento urbano que propiciasse condições à criação de cidades sustentáveis, para a atual e futura geração. Atualmente, a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) se consolida como uma das muitas questões ambientais prementes do mundo contemporâneo. Neste sentido, Jacobi et al. (2011) ressaltam que um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos.

Assis (2012) enfatiza que a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), nos tempos atuais, atinge todos os países, inclusive aqueles em desenvolvimento, como é o caso do Brasil que, apesar de possuir grande extensão territorial, ainda tem problemas na busca de áreas adequadas para a disposição final dos seus RSU. No Brasil, o marco legal do manejo de resíduos sólidos está definido pela Política Nacional de Saneamento Básico, Lei n. 11.445/2007, na qual os planos de resíduos sólidos devem integrar os Planos Municipais de Saneamento (PMSB), na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, que definem princípios, diretrizes e instrumentos da gestão dos RSU.

As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem sido objeto de estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado em 1988 por iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM) com a finalidade de avaliar conhecimentos científicos, técnicos e socioeconômicos sobre as mudanças climáticas suas causas, repercussões e estratégias de resposta.

O Banco Mundial apontou o Brasil em sétimo lugar entre os 10 maiores países emissores de Gases de Efeito Estufa. O Brasil, em 2009, assumiu metas voluntárias de redução das emissões e realizou estimativas das emissões brasileiras. Neste sentido tem publicado inventários das emissões antrópicas e remoção por sumidouro de GEE não controlados pelo protocolo de Intenções de Montreal, como os publicados em 2010, 2013 e 2016.

Esta pesquisa oportunizou, além da caracterização dos RSU, estimar a emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE na Região Metropolitana de Recife - RMR no Estado de Pernambuco/Brasil, composta de 15 municípios com aproximadamente 4.054.866 habitantes, cuja geração de resíduos é de aproximadamente 60% de total gerado no Estado de Pernambuco.

REVISÃO TEÓRICA

A problemática dos resíduos sólidos

O crescimento demográfico, a intensidade das atividades humanas e a melhoria do nível de vida são responsáveis pelo aumento exponencial da quantidade de resíduos gerados, constituindo um grande problema para a administração pública (SÃO PAULO, 2013). Este fato tem se agravado pelo manejo inadequado desses resíduos, desde a sua geração até a destinação final, muitas vezes ocorrendo a disposição

em vazadouro a céu aberto, os conhecidos lixões, nas galerias de água pluviais ou nos recursos hídricos que resultam em impactos ambientais, danos socioeconômicos e risco à saúde pública. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei Federal 12.305/2010 (BRASIL, 2010) definiu diretrizes para reduzir a geração de resíduos sólidos, combate à poluição e a inclusão social dos catadores de materiais reciclados.

Com relação à gestão de resíduos sólidos, a geração de RSU registrou considerável elevação, incrementada pela crescente urbanização, que atingiu 85% da população total do País (IBGE, 2011). Foi verificado o aumento na geração de resíduos por meio das sucessivas taxas de crescimento na última década (ABRELPE, 2016). No levantamento ficou demonstrado que, não obstante ter havido um crescimento populacional no país de 0,8% entre os anos 2015 e 2016, houve uma retração na geração per capita de RSU de 3%, enquanto que na geração total houve decréscimo de 2%.

Em Pernambuco, de acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) SEMAS (2012), a geração de RSU foi de 3.908.790,11 t/ano. Cerca de 80% dos municípios pernambucanos destinavam seus RSU em lixões, ao passo que os demais 20%, dispunham em aterros sanitários e controlados. No entanto, os aterros sanitários são destino de aproximadamente 60% dos resíduos em Pernambuco. O Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco TCE/PE realizou levantamento da disposição final dos RSU. Comparando-se os dados obtidos em 2012 para o PERS com os publicados em 2016 e 2018 pelo TCE/PE (Tabela 1), verifica-se que houve um acréscimo de 63% na quantidade total de resíduos dispostos 2012/2016.

Tabela 1: Comparação dos resíduos disposto nos anos de 2012, 2016 e 2018.

Tipo de disposição	Município			Resíduos dispostos t/ano		
	2012	2016	2018	2012	2016	2018
Aterro Sanitário	35	33	78	2.272	5.736	6.057
Aterro Controlado	02	25	02	111	595	194
Lixões	148	126	104	1.522	4.136	3.364
Total	184	184	184	3.905	10.467	9.615

Fonte: Adaptada de SEMAS/PERS (2012) e TCE (2017 e 2019).

Também no período de 2012 a 2016, foi observado que apesar de haver uma redução no número de municípios com disposição em aterros sanitários – 02 municípios deixaram de dispor ou operar adequadamente o aterro – a quantidade de resíduos dispostos aumentou de 2.272 para 5.736 toneladas/ano (Tabela 1). E, ainda, em 2016 o avanço na gestão dos RSU refletiu na redução de 148 para 126 municípios dispendo em lixão e um aumento de 02 para 25 municípios que dispõem em aterro controlado. De uma maneira geral, no período de 2012 a 2018 houve um decréscimo de 148 para 104 municípios com disposição em lixões e o aumento de 35 para 78 com disposição em aterros sanitários, o que demonstra um avanço na gestão dos resíduos sólidos em Pernambuco.

Mudanças Climáticas

Na década de 90, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – CNMAD, no Rio/Brasil em 1992, conhecida como Eco 92, ou Cúpula da Terra, na qual participaram mais 178 países, com o objetivo de elaborar estratégias para conter a degradação ambiental e

promover o desenvolvimento sustentável, um dos resultados foi a Convenção sobre Mudanças Climática, denominada de Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).

A UNFCCC é um tratado ambiental internacional da Eco/92, que tem como objetivo "estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que evite interferências antropogênicas perigosas com o sistema climático" (CMMAD, 1992). O Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, IPCC (2007), mostra resultados alarmantes desde cenários que preveem para 2080 o aumento de temperatura de 1°C a 7,5°C e o aumento no nível do mar, que pode chegar a 1,3 metros. Isto implicaria grandes impactos sobre toda forma de vida da Terra, devido às alterações nos ciclos biogeoquímicos, à ocorrência de enchentes e secas, à migração das populações em busca de locais seguros e bem-estar, à salinização de terras, ao impacto nas fontes de água potável, no turismo e na agricultura, e ao aquecimento global, provocado pelos Gases do Efeito Estufa (GEE).

Os GEEs regulados pela UNFCCC são dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluorsulfúrico (SF₆). No entanto, de acordo com IPCC (2007), os principais GEE são o (CH₄) e (CO₂), cuja presença na atmosfera contribui para o aquecimento global e mudanças do clima. No âmbito da geração das emissões de GEE, decorrente da disposição dos resíduos, aquelas provenientes do metano são mais poluentes do que as do CO₂, com um Potencial de Aquecimento Global (GWP) 21 a 28 vezes superior, considerando-se o horizonte temporal de 100 anos. O setor de resíduos é responsável por 3 a 5% das emissões globais. Em 1997, o Protocolo de Quioto estabeleceu que os países desenvolvidos reduzissem suas emissões de GEE no período 2008-2012, o qual foi prorrogado para o período 2013-2020.

Anualmente, representantes de 195 países reúnem-se na Conferência das Partes (COP), da Convenção - UNFCCC. Em 2005 foi realizada a reunião para avaliar o progresso no tratamento das mudanças climáticas. Em 2010 os acordos de Cancun afirmam que o futuro aquecimento global deveria ser limitado a menos de 2,0°C (3,6°F) em relação ao nível pré-industrial. Em 2009, na COP realizada em Copenhague, foi pactuado Acordo de adoção de medidas de mitigação às mudanças climáticas e em 2011, no Acordo de Durban foi revisto o período de vigência para o Protocolo de Quioto. Em 2015, o Acordo de Paris foi assinado e entrou em vigor em 2016, regulamentando as reduções de emissões a partir de 2020, num esforço das nações signatárias para adotar uma economia de baixo carbono até o fim deste século. Entre outras medidas, o Acordo de Paris tem o objetivo de manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e de garantir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C.

Mudanças Climáticas no Brasil

Com a participação do Brasil na Conferência das Nações Unidas, realizada em 1972, medidas efetivas com relação ao meio ambiente foram tomadas pelo país. Em 1981, foi criada a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), que instituiu a Secretária Especial de Meio Ambiente o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONSEMA) e estabeleceu a responsabilidade entre os entes da federação.

Desde que sediou a ECO/92, o Brasil desempenha papel ativo no diálogo internacional sobre mudança climática, passando a ser um dos principais integrantes da economia política na elaboração de acordos internacionais na área de mudanças do clima. Para o enfrentamento das questões do clima, o Governo Brasileiro lançou em 2008, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima que definiu uma redução de 70% no desmatamento até 2017. Em 2009, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) assumiu metas voluntárias de redução de GEE de 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020.

O Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação, órgão responsável pela implementação da PNMC, elaborou Inventários Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouro de GEE não Controlados pelo Protocolo de Montreal em, 2010, 2013 e 2016. No âmbito da UNFCCC, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), o Brasil por meio da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) se comprometeu a reduzir as GEE em 37% até 2025 e apresentou o indicativo de redução de 43%, até 2030, com base nos níveis de 2005, equivalente a emissões de 1.300MtCO₂ e em 2025 e 1.200 em 2030 (MCTIC, 2017).

As mudanças climáticas globais atingem todo o planeta, sendo que o Brasil é um dos países que está incluso na lista de vulnerabilidade. O aumento de ocorrência de desastres naturais vem sendo observado em todo o país. Além da seca, que assola as regiões norte e nordeste do país, a intensificação das precipitações, junto aos fenômenos climáticos, como, o El Niño e o oposto La Niña, tem demonstrado o aumento das temperaturas e do índice pluviométrico, resultando em tendência a desertificação e catástrofes por todo o país.

Segundo do Relatório do IPCC (2016), alterações foram observadas nas áreas costeiras, ocorrendo erosão nas praias pelo aumento do nível do mar, com mudança na dinâmica marítima devido a oscilação na taxa de transporte do sedimento. O mesmo estudo indica que a RMR está vulnerável ao aumento médio do nível do mar e a grandes inundações.

Em outubro 2018 foi publicado o “Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas sobre o Aquecimento Global de 1,5 °C” (IPCC, 2018) para orientar a tomada de decisões dos governos no aprimoramento de seus compromissos climáticos nacionais em relação as NDCs nacionais do Acordo de Paris. No relatório fica evidenciado que o aquecimento global induzido pela humanidade atingiu em 2017 aproximadamente $1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ acima dos níveis pré-industriais e segue aumentando $0,2 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ a cada década.

METODOLOGIA

Objeto de estudo – a região metropolitana do Recife (RMR).

A Região Metropolitana do Recife (RMR) foi instituída pela Lei Complementar Federal 14, de 8 de junho de 1973, que estabeleceu as regiões metropolitanas no território brasileiro. A RMR tem uma área de 3.216.262, uma população de 4.054.866 habitantes IBGE (2018), densidade demográfica de 1.260,738hab/km². É composta por 15 municípios, quais sejam: Araçoiaba, Abreu e Lima, Cabo de Santo

Agostinho, Camaragibe, Goiana, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Recife, Paulista, Olinda, São Lourenço da Mata.

Caracterização dos resíduos e elaboração do inventário das emissões de GGE

A pesquisa teve como base a pesquisa exploratória, iniciando-se com revisão bibliográfica e do arcabouço legal acerca das temáticas envolvidas no trabalho, bem como levantamento de dados primários e secundário. Para a caracterização da situação da gestão dos resíduos sólidos e das mudanças climáticas foram levantados dados da estatística nacional como a população, clima, geração de resíduos sólidos urbanos, no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos Ministérios da Ciência Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC), no Meio Ambiente (MMA) e das do Desenvolvimento Regional (MDR). Também fazem parte desta pesquisa as informações disponíveis no website da Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) e do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), bem como da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e do Sistema de Estimativa de Emissão dos Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Observatório do Clima.

O Guideline for National Greenhouse Gas Inventories 1996, revised 1996, a GPG2000 – Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories e do IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006 foram objetos de estudos. Esses documentos se complementam, ajustam os modelos matemáticos e alteram parâmetros utilizados para estimativas das emissões nacionais dos países integrantes da Convenção das Mudanças do Clima (UNFCCC). Foram analisados os Planos Resíduos Sólidos Nacional, Estadual, da RMR e Municipais, e o Estudo de Concepção do Sistema Metropolitano da RMR, assim como as Políticas para enfretamento das mudanças climáticas do Estado de Pernambuco e do município de Recife.

Os locais de disposição considerados para este estudo foram os seguintes: a Central de tratamento CTR Candeias – localizado em Jaboatão dos Guararapes em funcionamento desde 2007 –, a Central de Tratamento CTR Pernambuco – localizado em Igarassu em funcionamento desde 2008 –, o Lixão de Abreu e Lima – encerrado em 2013 –, o Lixão de Araçoiaba – encerrado em 2013 –, o Aterro controlado de Aguazinha – localizado em Olinda e encerrado em 2012 –, o Lixão da Pista Preta no Cabo de Santo Agostinho – encerrado em 2007 –, o Lixão de Serro azul em Camaragibe – encerrado em 2017 –, o Lixão de Itapissuma – encerrado em 2012 –, o Lixão de Ilha de Itamaracá – encerrado em 2011 –, o Lixão de Igarassu – encerrado em 2007 –, o Lixão de Ipojuca – que funcionou de 2006 a 2014, e foi transformado em aterro Controlado a partir de 2015 e se encontra em processo de licenciamento ambiental para operar como aterro sanitário –, o Aterro controlado de Muribeca em Jaboatão dos Guararapes – encerrado em 2007 –, o Lixão da Mirueira – localizado em Paulista e encerrado em 2008 – e o Lixão de São Lourenço da Mata – ainda em operação.

Para a estimativa das emissões de metano adotou-se o modelo do IPCC (2006) na categoria resíduos, que assume que o potencial da geração de metano ocorre quando da disposição dos resíduos no solo. Os setores definidos para o inventário de GEE, segundo o IPCC (2006), encontram-se na Figura 1, em destaques o setor e subsetores para os resíduos.

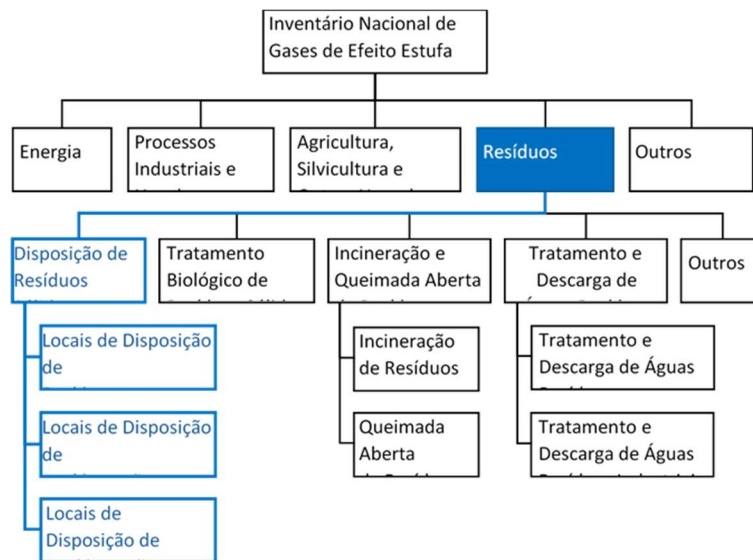


Figura 1: Principais categorias de emissões de GEE. Fonte: Adaptada de IPCC (2006).

Para fins de elaboração do inventário dos GEE, foi levantada a quantidade de resíduos sólidos dispostos nos aterros sanitários, aterros controlados e nos lixões existentes na RMR, no período de 2006 a 2018. Para tanto, foram realizadas visitas técnicas aos locais de aterramento e entrevistas com os gestores privados e municipais.

Tomou-se como referência nesta pesquisa o ano de 2005, ano do Primeiro Relatório do Inventário brasileiro, cujos dados de Emissões de GEE pelo Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos em Pernambuco, segundo Firmo et al. (2009), foram levantados para cada município do estado de Pernambuco de 1990 a 2005. De acordo como modelo do IPCC, a emissão de metano persiste ao longo de aproximadamente 20 anos após a disposição de resíduos. À época, foi realizado o levantamento de 1970 a 1999 e de 1999 a 2005 para se obter os dados histórico do período. O método padrão do IPCC (2006) se fundamenta na aplicação da Equação 1.

$$Q_T(ano_{(n)}) = \sum_{(j)} \left\{ \left[1 - e^{-k} * \left(MSW_{T(ano_{(n)})} * MCF * DOC * DOC_f * e^{-k*(t=1)} * F * \frac{16}{12} \right) - R * (1 - OX) \right] \right\} \quad (Eq.1)$$

Onde, CH₄ emitido é igual às emissões totais de metano (Q_T), o CH₄ gerado pode ser determinado pelo potencial de geração (L₀), onde x é a categoria do material, t é o ano do inventário, R é o metano recuperado, OX é o fator de oxidação e K - constante da cinética de decaimento.

Segundo o IPCC (2006), o potencial de geração de CH₄ é definido como L₀, que ao longo do ano pode ser estimado com base nos valores e composição dos resíduos dispostos no solo e as práticas de gerenciamento de resíduos nos locais de disposição, conforme Equação 2.

$$CH_4 emitido = \{ L_0 \cdot e^{-K(t=1)} - (R) \cdot (1 - OX) \} \quad (Eq.2)$$

Considerando que o potencial de geração de CH₄ (L₀) tem como base a conversão da quantidade de carbono orgânico degradável passível de decomposição (DDOC_m), L₀ assume a Equação 3.

$$L_0 = DDOC_m \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad (Eq.3)$$

Na qual F a fração de CH₄ no Biogás e 16/12 a razão de conversão de carbono C, para metano CH₄.

Por sua vez o DDOCm é calculado pela Equação 4.

$$DDOCm = WSW_T \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF \quad (\text{Eq.4})$$

Onde WSW_T representa a quantidade total dos resíduos dispostos no ano em um aterramento de tipo "x", DOC o carbono orgânico degradável, DOC_f a Parcela de DOC convertida em gás de aterro, MCF o fator de correção do CH_4 .

O Carbono Orgânico Degradável (DOC) é determinado pela Equação 5 a seguir:

$$DOC = (0,4 \cdot A) + (0,24 \cdot B) + (0,15 \cdot C) + (0,43 \cdot D) + (0,20 \cdot E) \quad (\text{Eq.5})$$

Onde A, B, C, D, e E são os componentes dos materiais passíveis de decomposição atribuídos pelos padrões do IPCC 2006, (A) papéise papelão - 0,40; (B) têxteis - 0,24; (D) madeira - 0,43 e (E) resíduos sanitários/fraldas - 0,20.

Para efeito de cálculos da geração de gás, nesta pesquisa, foram analisadas três condições de entrada no modelo do IPCC (2006), considerando o DOC e K (constante cinética de decaimento), para os componentes gravimétricos atribuídos pelo IPCC (2006), valores máximos default da faixa recomendada, o default e os valores otimizados, obtidos por Firmo et al. (2011), em experimento realizado no aterro controlado, no município de Jaboatão dos Guararapes na RMR, conforme apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados de entrada do modelo do IPCC 2006 comparados.

Componentes	Faixa recomendada		Default		Otimizado	
	DOC	K	DOC	K	DOC	K
Matéria orgânica	0,08-0,20	0,17 – 070	0,15	0,40	0,20	1,40
Papel/papelão	0,36 - 045	0,00 - 0,085	0,40	0,07	0,45	0,10
Madeira	0,39 – 0,45	0,035 - 0,05	0,43	0,035	0,46	0,05
Sanitários	0,18 – 0,32	0,15-0,05	0,24	0,17	0,32	0,20
Têxteis	0,20 – 0,40	0,06-0,085	0,21	0,07	0,40	0,0085

Fonte: Firmo (2013).

Optou-se pela utilização dos valores otimizados tendo em vista que, além de terem sido gerados em experimento na RMR, tais valores são representativos quando comparados com os default e default máximo do IPCC, a Figura 2 mostra o comportamento das 3 opções.

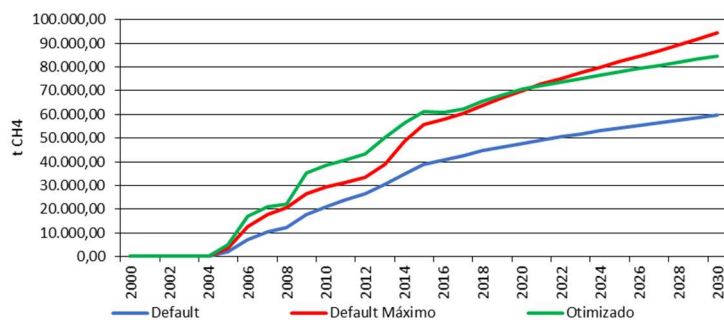


Figura 2: Comparação do valores de entrada no modelo do IPCC na RMR.

O DOC da fração da matéria orgânica passível de decomposição, foi calculada para cada município, pela composição gravimétrica dos resíduos. Na pesquisa, foram considerados dados gravimétricos determinados a partir de levantamentos realizados conforme a NBR 10007/2004 em pesquisas e estudos desenvolvidos para área da RMR.

Em consonância com modelo do IPCC 2006, na pesquisa, os componentes, resíduos alimentares (MO), foram considerados rapidamente degradáveis, papel/papelão, têxteis, madeira e os sanitários moderadamente e os demais materiais, tais como: concreto, cinza, solo, metais, plásticos, vidros e outros

materiais foram considerados rejeito e inertes e muito lentamente degradáveis ou não passíveis de decomposição. Na Tabela 3 se encontram os dados da composição gravimétrica por município.

Tabela 3: Composição gravimétrica dos municípios da RMR.

MUNICÍPIOS	Rapidamente e moderadamente degradável		Lentamente e não passível de degradação			
	Papel Papelão	Resíduos Alimentares	Madeira	Têxteis	Resíduos Sanitários	Inertes e Rejeitos
Abreu e Lima ¹						
Araçoiaba ¹	5,13%	43,86%	0,75%	4,53%	9,55%	36,18%
Cabo de Santo Agostinho ²	1,30%	71,10%	0,00%	1,50%	2,90%	23,20%
Camaragibe ²	9,00%	18,20%	3,00%	5,40%	10,20%	54,20%
Goiana ⁵	8,50%	62,80%	0,00%	0,00%	0,00%	28,70%
Igarassu ¹	10,49%	36,47%	6,78%	3,07%	10,62%	32,57%
Ipojuca ¹	3,07%	45,56%	1,25%	2,91%	7,91%	39,30%
Ilha Itamaracá ¹	11,24%	54,25%	12,81%	5,18%	6,92%	9,60%
Itapissuma ¹	8,11%	49,30%	14,07%	11,08%	11,75%	5,69%
Jaboatão dos Guararapes ²	7,80%	62,30%	7,80%	4,60%	4,00%	13,50%
Moreno ²	2,80%	54,60%	8,50%	5,10%	9,70%	19,30%
Olinda ¹	17,06%	43,14%	12,68%	0,72%	14,48%	11,92%
Paulista ¹	15,24%	36,16%	0,00%	4,99%	11,14%	32,47%
Recife ²	5,00%	62,80%	10,10%	3,30%	3,90%	14,90%
São Lourenço de Mata ³	10,00%	54,20%	3,00%	0,00%	0,00%	32,80%
Média da RMR	8,09%	48,63%	5,59%	3,85%	7,71%	26,13%

Fonte: Adaptado a partir de 1-Tavares (2018); 2- Pernambuco (2014); 3- Pernambuco (2014); 4- Pernambuco (2015); 5- Pernambuco (2012).

O MCF - fator de correção de metano, OX - fator de oxidação e F - fator de metano no biogás, adotou-se os padrões do IPCC (2006) (Tabela 4).

Tabela 4: Fatores: Padrão IPCC (2006).

Tipo de disposição	MCF	F	Fator OX
Aterro sanitário	1,0	0,5	0,1
Aterro controlado	0,8	0	0
Lixão	0,4	0	0

Fonte: IPCC (2006).

O metano recuperado (R) foi obtido por meio dos dados estimativos de metano evitado do Project Design Document - PDD do Projeto de MDL da CTR Candeias, considerando o período de 2011 a 2018, (UNFCCC, 2011) e do Relatório de Monitoramento dos Gases (UNFCCC, 2016), cujo resultado em 2016, foi de 6.337 t/ano, representando uma diferença de apenas 1,3% em relação ao estimado para o mesmo ano no PDD. Os valores foram distribuídos proporcionalmente a quantidade de resíduos dispostos pelos municípios que utilizam a CTR Candeias. Na tabela 5, na coluna de estimativas de metano evitado, estão os valores admitidos.

Tabela 5: Dados de metano evitado ou recuperados pela CTR Candeias.

Ano	Estimativa de emissões da base (tCO ₂ e) PDD	Estimativa de emissões da atividade do projeto (tCO ₂ e)	Estimativa das reduções das emissões (tCO ₂ e)	Estimativas de metano evitado (t/ano)
2011	40.136	44	40.091	1.604,00
2012	130.709	106	130.603	5.224,00
2013	143.649	106	143.543	5.741,72
2014	153.630	106	153.524	6.140,96
2015	161.540	106	161.434	6.457,36

2016	167.980	106	167.874	6.714,96
2017	180.779	106	180.673	7.226,92
2018	108.103	62	108.041	4.321,64
Total	1.086.526	742	1.085.783	43.432,00

Fonte: Adaptada de CDM-PDD-FORM. UNCCF (2011 e 2016).

A estimativa de emissões para a RMR foi calculada pelas emissões obtidas para cada um dos 15 municípios conforme a Equação 6 a seguir:

$$\sum_j \text{Emissão Total} = \sum Q_T \quad (\text{Eq. 6})$$

Na qual J = município, Q emissões totais e T ano de referência.

Desta forma a Equação 1 adaptada para RMR, é definida como a equação 7 a seguir:

$$Q_T (\text{ano}_{(2006-2018)}) = \sum_{(J=15 \text{ municípios})} \{ [1 - e^{-k} * (MSW_{T(2006-2018)}) * MCF * DOC * DOC_f * e^{-k*(t=1)} * F * \frac{16}{12}] - R * (1 - OX) \} \quad (\text{Eq.7})$$

Na qual $Q_{T(2006-2018)}$ é a estimativa total das emissões no período de 2006 a 2018 e $MSW_{T(2006-2018)}$ a quantidade dos resíduos sólidos urbanos domiciliares dispostos nos locais de aterramento, nos anos de 2006 a 2018, cujos dados foram obtidos diretamente nas Centrais de tratamento, CTR– Candeias em Jaboatão dos Guararapes, CTR-Pernambuco em Igarassu e com os municípios da RMR. A quantidade de dióxido de carbono equivalente a CO_2 equivalente (tCO_2e) é dada pela Equação 8.

$$tCO_2e = Q_{TX} * GWP \quad (\text{Eq.8})$$

O Potencial de Aquecimento Global (GWP) adotou-se 25, utilizado pelo UNFCCC (2016) para os projetos de MDL.

RESULTADOS

A gestão de resíduos sólidos na RMR é uma prerrogativa dos municípios, porém a operacionalização da coleta convencional é terceirizada e apresenta uma taxa de 92% segundo o SNIS (2017), enquanto que a coleta seletiva é ainda muito incipiente, com um percentual de 2,5 a 3%, apesar da existência de 27 organizações de catadores de materiais reciclados, que operam com apoio dos municípios. Na Tabela 6, encontra-se os dados de população, resíduos domiciliares coletados e geração per capita dos resíduos em 2018.

Tabela 6: População, RSU coletado e geração per capita dos RSU (2018).

Municípios	População estimada – hab 2018.	RSU coletado/gerado t.ano ⁻¹	Ger. per capita (Kg/hab/dia)
Abreu e Lima	99.622	33.089,44	0,91
Araçoiaba	20.312	6.524.21	0,88
Cabo de Santo Agostinho	205.112	65.133.32	0,87
Camaragibe	156.736	49.771.52	0,87
Goiana	79.455	26.370.97	0,91
Igarassu	115.640	36.721.48	0,87
Ilha de Itamaracá	25.836	8.298.52	0,88
Ipojuca	94.709	31.457.94	0,88
Itapissuma	26.390	8.478.72	0,88
Jaboatão dos Guararapes	697.636	231.719.79	0,91
Moreno	62.253	20.680.66	0,91
Olinda	391.835	132.147.95	0,91
Paulista	329.117	109.316.21	0,91
Recife	1.637.834	627.699,88	1,05

São Lourenço da Mata	112.362	35.680.55	0,87
RMR	4.054.866	1.423.091,16	0.90

Fonte: Elaborada a partir de IBGE (2018) e SNIS (2017) projetado para 2018.

Considerando-se a população urbana dos municípios e a geração per capita dos resíduos no período 2006 – 2017, a geração estimada para a RMR em 2018 foi de 1.423.091,16 t/ano, onde o município do Recife o mais populoso, com 42% da população, concentra aproximadamente 627.699,88 ton/ano de resíduos gerados na região. Seguida de Jaboatão dos Guararapes, cuja população representa 17,2%, gera 231.719,79 ton/ano, e Olinda, que gera aproximadamente 132.147,95 t/ano.

A disposição final dos resíduos ocorria em 02 Centrais de Tratamento de Resíduos privadas, CTR/Candeias em Jaboatão dos Guararapes que operava com a queima dos gases no período de 2011 a 2017 e iniciou a geração de energia a partir de 2018 e a CTR/Pernambuco em Igarassu, 01 (um) aterro controlado no município de Ipojuca com licença de instalação e em processo de licenciamento de operação para aterro sanitário e 01(um) lixão de Camaragibe (Figura 4). No período estudado houve uma evolução na quantidade de municípios com disposição em aterro sanitário, conforme pode ser observado nas figuras 5. a) e 5. b).



Figura 4: Localização das unidades de disposição dos RSU na RMR.

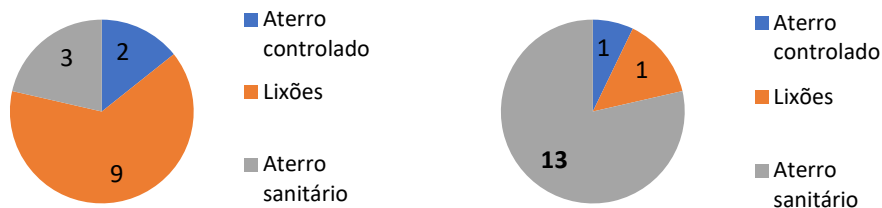


Figura 5: a. Nº municípios/disposição RSU em 2009.

Figura 5: b. Nº municípios/disposição RSU em 2018.

Os resultados obtidos apontam que no período de 2006 a 2018, foram dispostos no solo da RMR, cerca de 15,5 106 t.ano-1 de resíduos sólidos domiciliares, distribuídos conforme apresentado na Tabela 7, que corresponde a 49,80% na Central de Tratamento Candeias – CTR/Candeias, 16,77% na Central de Tratamento Pernambuco-CTR/PE, e 18,08 % em aterro controlado, e 15,35% nos diversos lixões. Os dados referentes ao ano de 2018, encontram-se nas Figuras 6 e 7 a seguir. Na figura 6 estão representados quantidade de resíduos por disposição, por unidade de destinação, em t.ano⁻¹. Na Figura 7 encontram-se os

percentuais referentes a cada destinação. Na sequência, as emissões de CO₂ decorrente das diversas unidades de destinação e disposição final dos RSU no período de 2006 a 2018, estão representadas na figura 8.

Tabela 7: Quantidade de resíduos por tipo de disposição – Ton.ano⁻¹ (2006-2018).

Aterro (CTR PE)	Sanitário	Aterro (CTR Candeia)	Sanitário	Aterro Público	Lixões	Total
2.608.248,82		7.742.946,52		2.911.821,98	2.386.088,69	15.549.106,02

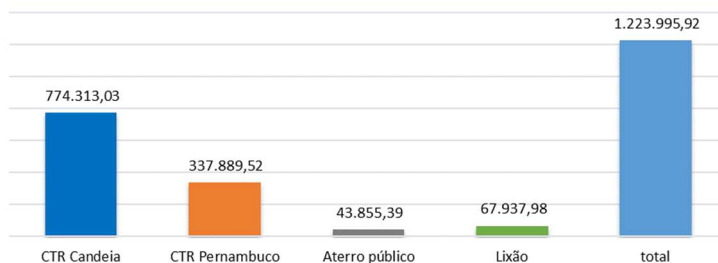


Figura 6: Quantidade de resíduos por tipo de disposição – ton.ano⁻¹

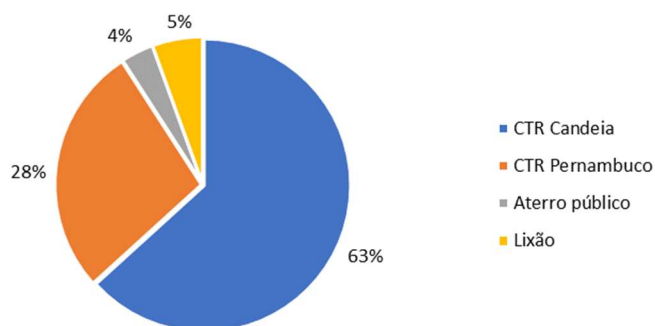


Figura 7: Percentuais de resíduos por tipo de disposição (2006 – 2018).

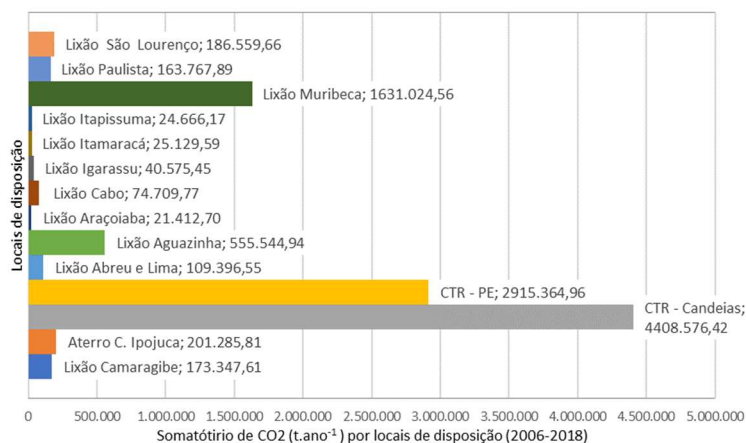


Figura 8: Emissões totais de tCO₂equivalente por unidade de disposição de RSU.

No período de 2006 a 2018 foram emitidas 10.531.362,08 toneladas de GEE, e em 2018, 1.11.198,39 t.ano⁻¹. De acordo com as estimativas realizadas para o primeiro inventário das emissões de GEE do Brasil, durante os 15 anos no período anteriormente estudados, foram emitidas 7.226.223,69 tCO₂e, considerando o GPW à época de 21, que convertido para o GPW de 25, utilizado nesta pesquisa daria de 8.602,276,25 tCO₂e, que representa cerca de 8,6 milhões de tCO₂e gerados na RMR no período de 1990 - 2005, e no ano de 2005 foi de 1.392,2 tCO₂e.

DISCUSSÃO

O período estudado de 2006 a 2018 apresenta etapas distintas: uma relativa ao período de 2006 a 2007, no qual os resíduos eram dispostos apenas em lixões e aterro controlado, de 2007 com o início da operação das plantas das centrais de tratamento, e parte dos municípios começaram a dispor em aterro sanitário licenciado e de 2010 a 2018, com o advento da Política Nacional de Resíduos sólidos e os municípios tiveram que atender a Lei 10.305/2010.

A taxa de coleta de RSU consiste na relação entre os resíduos gerados pela população e os que são depositados nos locais de disposição final (PAZ et al., 2018). De fato, comparando-se os resíduos gerados em 2018, na RMR, 1.423.091,16 t.ano⁻¹, em função da massa per capita, e os RSU dispostos informados pelas centrais de tratamento e municípios, verifica-se que 85,36 % dos resíduos gerados, equivalente a 1.214.756,41 t.ano⁻¹, tiveram sua disposição nas unidades de manejo na RMR, enquanto que 14,64 %, equivalente a 208.334,35 t.ano⁻¹, se coletados, foram colocados em locais diversos daqueles estudados ou dispostos no solo aleatoriamente pela população.

Verifica-se que houve uma evolução na gestão dos RSU na RMR, visto que, em 2006 a maioria dos 15 (quinze) municípios disponham em lixões, com apenas 04 (quatro) em aterros controlados, em 2010, 09 (nove) lixões ainda se encontrava em operação e em 2018 estavam desativados 08 (oito) e apenas 01 (um) município, ainda continuava a dispor inadequadamente em lixão.

É importante ressaltar que na CTR Candeias são dispostos resíduos de 05 (cinco) municípios, que representam em termos populacional 66,90 % dos habitantes da RMR, entre eles Recife e Jaboatão que são os mais populosos. Outro fato relevante é que, à exceção de Camaragibe que ainda mantém o lixão, os demais municípios dispõem adequadamente, distribuídos da seguinte forma: na CTR Pernambuco, 09 (nove) e 01 (um) em aterro público.

Comparando-se as emissões do período de 1990 a 2015 (15 anos) com os do período de 2006 a 2018 (12 anos) observa-se que houve um aumento de 1.929.085,83 tCO₂e correspondente a 18,32% em relação ao ano de 2005. Segundo a NDC brasileira deveria haver uma redução das emissões em 2015 em 34% e de 45 % em relação a 2005, o que denota haver a necessidade de ações na gestão de resíduos que possibilitem a referida redução, para se atingir as metas estabelecidas.

Neste sentido, a continuidade desta pesquisa, em andamento, é a definição dos cenários que deve prever a instalação de novas infraestruturas, aprimoramento das rotas tecnológicas, e adoção de gestão integrada com relação a separação dos resíduos recicláveis, dos orgânicos, dos rejeitos e fortalecimento das organizações de materiais recicláveis.

CONCLUSÕES

Com relação a Política Nacional de Resíduos Sólidos, observa-se que a questão da disposição adequada dos resíduos na RMR pode ser considerada em parte equacionada, uma vez que apenas 6 % dos resíduos são dispostos em lixões de forma inadequada enquanto que 94% dos RSU estão dispostos em aterros

sanitários licenciados. Está previsto o encerramento do lixão de Camaragibe para 2019. No entanto, como a coleta seletiva é muito incipiente, não estão dispostos apenas os rejeitos, como preconiza a lei.

Diante do cenário atual, com relação ao atendimento a NDR Brasileira, estão sendo determinados cenários para os anos 2025 e 2030 que contribuirão para redução das emissões e dos impactos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos. Dentre esses, considera-se, além da redução na geração dos RSU e a reciclagem, a geração de energia a partir do biogás dos aterros em operação, assim como a efetivação da coleta seletiva nos municípios da RMR e a prática da compostagem. A adoção dessas práticas mitigaria as emissões no setor de resíduos e em outros setores geradores de GEE, a exemplo do setor de transporte e energia.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos – Classificação. São Paulo: ABNT, 1987.

ASSIS, C. M.. **Avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos da região metropolitana de Belo Horizonte**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

JACOBI, P. R.; BENSON, G. R.. **Gestão de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de São Paulo: Avanços e Desafios**. *Estud. Av.*, São Paulo, v.25, n.71, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010>

BRASIL. **Lei Federal n.6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA. Brasília: DOE, 1981.

BRASIL. **Lei Federal n.12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 02 de agosto de 2010. Brasília: DOE, 2010.

CNMAD. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento**. Rio de Janeiro (Brasil), 1992.

FIRMO, A. L. B.; RODRIGUES, T. S. N.. **Inventário de emissões de metano pelo manejo de resíduos sólidos urbanos no Estado de Pernambuco no período de 1990 a 2005**. Relatório técnico. Recife: UFPE/GRS, 2009.

FIRMO, A. L. B.; GUIMARAES, L. J. U.; MACIEL, F. D.; JUCÁ, J. F. T.. Estimate of methane of generation in experimental landfill located at Muribeca landfill: Brazil using simplified methods. In: FOURTH INTERNATIONAL WORKSHOPS HIDRO – PHYSICAL MECANISCS OF LANDFILL. *Anais*. Madrid: Santander, 2011.

FIRMO, A. L. B.. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geográfico a Estatística. **Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Solid Waste Disposal: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Report produced by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) on the invitation of the United Nations Framework Convention on Climate Change. Genebra: IPCC, 2006.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change: mitigation of climatic change report**. Working group III contribution. Genebra: IPCC, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for policymakers of IPCC special report on global warming of 1.5°C approved by governments**. Genebra: IPCC, 2016.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special report on global warming of 1.5°C**. by Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018.

MCTIC. Ministério da Ciência Tecnologia, Inovação e Comunicação. **Terceiro Inventário de Gases de Efeito Estufa**. Brasília: MCTIC, 2017.

PAZ, H. F.; FIRMO, A. L. B.. Estimativa da geração de metano proveniente dos locais de disposição final de RSU em Pernambuco segundo as diretrizes do plano estadual de resíduos sólidos. *Revista DAE*, São Paulo, v.66, n.211, 2018. DOI: <http://doi.org.10.4322/dae.2018.010>

PERNAMBUCO. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Recife, 2012.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades do Estado de Pernambuco. **Sistema metropolitano de resíduos sólidos da RMR: Estudo de concepção de concepção coleta seletiva e tratamento de resíduos sólidos da RMR**. Recife, 2014.

PERNAMBUCO. Central De Tratamento De Resíduos de Muribeca. Candeias. **Informações sobre a disposição de resíduos no aterro**. Recife: CTR, 2016.

PERNAMBUCO. Prefeitura Municipal de Camaragibe. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos**. Camaragibe: PMC, 2016.

PERNAMBUCO. Prefeitura Municipal de São Lourenço da Mata. **Dados de gravimetria e disposição dos resíduos sólidos**. São Lourenço da Mata: PMSLM, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente. **Caderno de educação ambiental**. São Paulo: SMA, 2013.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos**. 2006 a 2017. Brasília: SNIS, 2017.

TAVARES, G. S. C.. **Contribuição para a sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da Região Metropolitana**. Dissertação (mestrado em

Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

PERNAMBUCO. Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco. **Diagnóstico de Resíduos Sólidos**. Recife: TCE, 2016.

PERNAMBUCO. Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco. **Diagnóstico de Resíduos Sólidos**. Recife: TCE, 2018.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. **Project Design Document**, DML. Recife: CTR Candeias, 2011.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. **Report of monitoring: Projects**, DML. Recife: CTR Candeias, 2016.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.