

## **APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DAS EMISSÕES DE CH<sub>4</sub> DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE ATERROS SANITÁRIOS**

**HENRIQUE ROSSI OTTO**

UFMS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

henriq.otto@gmail.com

**JOSÉ CARLOS DE JESUS LOPES**

UFMS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

jose.lopes@ufms.br

**THAINARA FELIX DURSO**

thainara.felix@gmail.com

**PAULA DA SILVA SANTOS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

pauladss@live.com

## APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DAS EMISSÕES DE CH<sub>4</sub> DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE ATERROS SANITÁRIOS

### RESUMO

Os problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos (RSU) têm se mostrado um tema relevante, em escala global, por contribuir para com o Aquecimento Global e com as Mudanças Climáticas. Os RSU são considerados uma das principais fontes de emissões dos Gases Efeito Estufa (GEE), especialmente, o Metano (CH<sub>4</sub>), devido ao processo de decomposição da matéria orgânica. Entre as atividades de mitigação no setor de resíduos, a de grande destaque é a recuperação energética do CH<sub>4</sub> emitido dos aterros sanitários. Diante desta problemática, o objetivo geral desta pesquisa é quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir das emissões de CH<sub>4</sub>. O lócus da pesquisa é o Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, situado no Município de Campo Grande/MS. Com base na metodologia sugerida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, estimou-se a geração de CH<sub>4</sub>, determinou-se o potencial energético e propôs-se a utilização de sistema de motores de combustão interna – Ciclo Otto. Em análise projetou-se que o aterro alcançará sua emissão máxima a ser recuperado para geração de energia, 9.737,23 tCH<sub>4</sub>/ano, cujo potencial energético calculado será de 2,05 MW, se comparada as suas emissões de linha de base, ocorrerá uma redução de 75% destas emissões. A estimativa comprova a hipótese de que a recuperação energética do CH<sub>4</sub> em Aterros Sanitários é uma estratégia válida para mitigação das emissões de GEE, minimizando as consequências negativas do Aquecimento Global e das Mudanças Climáticas. Espera-se que o resultado desta pesquisa contribua sobre as possibilidades de atividades para mitigação dos problemas relacionados ao impacto dos RSU ao meio ambiente e servir de instrumentos de tomada de decisões dos gestores públicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Pública; Gás Efeito Estufa; Aquecimento Global, Mudanças Climáticas; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

### ABSTRACT

The problems related to urban solid waste (MSW) have been a relevant issue, on a global scale, to contribute to Global Warming and Climate Change. MSW are considered to be one of the main sources of emissions of greenhouse gases (GHG), especially methane (CH<sub>4</sub>), due to the organic matter decomposition process. Among mitigation activities in the waste sector, the most outstanding is the energy recovery of CH<sub>4</sub> emitted from landfills. In view of this problem, the general objective of this research is to quantify the potential of electric power generation from CH<sub>4</sub> emissions. The research locus is Dom Antonio Barbosa II Landfill, located in the Municipality of Campo Grande/MS. Based on the methodology suggested by the Intergovernmental Panel on Climate Change, the generation of CH<sub>4</sub> was estimated, the energy potential was determined and the internal combustion engine system - Otto Cycle was proposed, for the energy utilization of CH<sub>4</sub>. In the analysis, it was projected that the landfill will reach its maximum emission to be recovered for power generation, 9,737.23 tCH<sub>4</sub>/year, whose estimated energy potential will be 2.05 MW, when compared to its baseline emissions, a reduction of these emissions, reducing so fast the Warm Global and Climate Changes negative impacts around the world. The estimate results agreed to the hypothesis that the energy recovery of CH<sub>4</sub> is a valid strategy to mitigate GHG emissions. The results of this research seems to contribute to the possibilities of activities to mitigate problems related to the impact of MSW on the environment and to serve as decision-making tools for public managers.

**KEY WORDS:** Public administration; Greenhouse Gas; Global Warming, Climate Change; Clean Development Mechanism.

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas oriundos da expansão e adensamento urbano é a falta de infraestrutura urbana para os serviços de saneamento, entre eles os resíduos sólidos (RS). Assim, quando a produção deles tem como origem do fenômeno urbano, passam a ser classificados como resíduos sólidos urbanos (RSU), doravante a ser anunciado pela sigla RSU. Os problemas relacionados aos RSU também têm-se mostrado uma série de situações-problemas relevantes locais, em escala regional e até global, tanto nos países desenvolvidos, quanto nos países em desenvolvimento. A literatura mostra que tais fenômenos sociais e urbanos refletem diretamente no Aquecimento Global e nas Mudanças Climáticas.

O desenvolvimento urbano tende a transformar as cidades em *locos* destinados a prestação de serviços e busca cumprir a promessa de inclusão e melhores oportunidades sociais e econômicas a todos que ali se relacionam. Entretanto, se não constituírem processos adequados de gerenciados e planejados, os sistemas urbanos podem sofrer uma grande pressão, de acordo com a *UN-Habitat* (2017, p. XV).

Para compreender como os RSU podem afetar o meio ambiente em escala global, é necessário compreender como se desenvolve o clima na biota terrestre, o Inventário Nacional de Emissões de GEE, em sua comunicação inicial, divulgado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT (2004) coloca que o clima na Terra é regulado pelo fluxo de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha.

A regulação do clima na Terra sofre influência dos GEE, que são gases presentes na atmosfera terrestre e possuem a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos existem naturalmente na atmosfera e são responsáveis pelo efeito estufa natural, ou somente efeito estufa (MCT, 2004). No entanto, como consequência das atividades humanas, a biosfera terrestre tem apresentado aumento nos níveis de concentração de alguns desses gases, o que ocasiona o efeito estufa antrópico, ou seja, originado pelo homem, responsáveis pelas Mudanças Climáticas por todo o Planeta (MCT, 2004).

O debate sobre questões ambientais ficou evidenciado com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, no Rio de Janeiro, quando a discussão sobre os impactos do desenvolvimento econômico no meio ambiente foram amplamente discutidas e veiculadas na mídia. Desde então, são desenvolvidos mecanismos que buscam diminuir a pressão que os seres exercem sobre o meio ambiente de modo a diminuir as alterações no sistema climático do Planeta Terra, e assim conciliar o desenvolvimento com a conservação e a proteção ao meio ambiente (GOUVEIA, 2012).

O *Intergovernmental Painel on Climate Change - IPCC* (2006, p. 1.5) atesta o aumento das emissões de gases na atmosfera, como o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, CFCs, NF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub>, éteres halogêneos e outros halocarbonos, sendo estes considerados os principais GEE. As emissões provenientes de fontes antropogênicas têm sido reconhecidas como uma das principais contribuições humana para o Aquecimento Global e para as Mudanças Climáticas. Nesta pesquisa, destaca-se o CH<sub>4</sub>, por ser considerado um dos principais GEE devido sua elevada capacidade de aquecimento e seu tempo de permanência na atmosfera. O CH<sub>4</sub> tem um potencial de aquecimento global 23 vezes maior em relação ao CO<sub>2</sub>, o que reflete em um expressivo impacto no efeito estufa antrópico, mesmo sendo emitido em menores quantidades (IPCC, 2006). Um dos principais GEE, o CH<sub>4</sub> permanece na atmosfera em torno de 8 a 12 anos, enquanto o CO<sub>2</sub> pode durar séculos ainda que, o CH<sub>4</sub> tem um efeito maior em seu curto período de tempo devido ao seu maior potencial de aquecimento global. Isso significa que as reduções de emissões de CH<sub>4</sub> podem ter um efeito benéfico mais rápido que as reduções comparáveis ao CO<sub>2</sub> (RAHMAN, SHAMS, MAHMUD, 2010). Emissões antrópicas de GEE ocorrem em diversos setores de atividade. De acordo com o IPCC (1996, v.2 p. 3), as emissões de GEE estão divididas em seis setores de atividades. São elas: setores

de energia; processos industriais; solventes e outros produtos; agricultura e pecuária; mudança de uso do solo e florestas; e no tratamento de resíduos sólidos, de forma irregular.

Os RSU contribuem para diversos impactos ambientais sobre a saúde e qualidade de vida da população local e ainda são responsáveis por impactos ambientais em escala global, pois os RSU podem consistir em uma fonte significativa de emissões de CH<sub>4</sub> ICLEI (2009, p. 7). Uma forma de gerar tais gases, diz respeito às fases de tratamento e/ou disposição final dos RSU, que emitem GEE, tais como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (GOUVEIA, 2012, LOPES, 2007). A emissão descontrolada de CH<sub>4</sub> presente no RSU é uma das principais fontes de emissão de GEE, no setor de resíduos sólidos e por consequência relacionada ao Aquecimento Global, sendo objeto de grandes discussões, nos últimos anos (FERNANDES et al., 2009). Emissões globais de CH<sub>4</sub> proveniente de resíduos foram estimadas em, aproximadamente, 40 milhões de toneladas por ano (RAHMAN, SHAMS, MAHMUD, 2010). O IPCC (2014, p. 183) indica que os tipos de mudanças hidrológicas relatadas incluíram efeitos na neve, no gelo e no solo congelado, no número e no tamanho dos lagos glaciais, no aumento do escoamento em muitos rios de geleira, na estrutura térmica e qualidade da água dos rios e lagos e nas secas e chuvas mais intensas.

Em função desses impactos, tem se desenvolvido mecanismos que mitiguem a pressão que os seres humanos exercem sobre o meio ambiente, de modo a diminuir as alterações no sistema climático do Planeta Terra, e assim conciliar o desenvolvimento com a conservação e a preservação do meio ambiente (GOUVEIA, 2012). Assim, Lopes (2008) e Gouveia (2012) acreditam que estratégias flexíveis, combinadas com os incentivos financeiros podem expandir as ações para gerenciamento dos RSU, tornando assim possível atingir metas de mitigação de GEE, neste setor. As aplicações tecnológicas e a gestão dos RSU, de acordo com Bogner et. al (2008) e Lopes (2007), são influenciadas por uma variedade de fatores, como a quantidade e características de RSU, questões de custo e financiamento, requisitos de infraestrutura, incluindo área de terra disponível.

Conforme a Prefeitura Municipal de Campo Grande - PMCG (2011 p. 02), a gestão ambientalmente adequada dos RSU, no Aterro Sanitário, possibilitam a aplicação de mecanismos de mitigação, entre eles, a construção, operação e manutenção de um local para tratamento e disposição final ambientalmente adequado, equipados com um sistema de coleta e queima do CH<sub>4</sub>, contribuindo para a redução das emissões de GEE.

Castro (2006) afirma que o aproveitamento energético do CH<sub>4</sub>, gerado pelo processo de decomposição dos RSU é uma tecnologia promissora. Reconhece o autor, que no Brasil, ainda não se tenha dimensões suficientes para apresentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica do país no longo prazo. A geração de eletricidade por fontes alternativa é elemento importante de uma estratégia regional ou local de geração de energia (EPE, 2007).

O Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (EPE, 2007) considera que para o ano de 2030, o Brasil terá um potencial de geração de eletricidade com RSU, por meio do biogás, oriundo de aterros sanitários, de até 2.600 MW, em termelétricas. Atualmente a ANEEL (2016), informou a presença de 15 unidades de biogás, referentes ao setor de resíduos sólidos, as quais apresentam uma potência instalada total de 117,76 MW. Desta maneira, o uso de biogás proveniente de aterros sanitários tem sido indicado como uma das alternativas para geração de energia, na busca por resultados significativos quanto às questões ambientais, econômicas, entre outros aspectos (COELHO et al., 2006).

De forma complementar e partindo da premissa diretiva indicada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/ 2010, cujo texto dá diretrizes para a disposição final ambientalmente adequada dos RSU ocorra de modo a incluir a sua reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético. Diante dessa perspectiva, levanta-se o seguinte questionamento, problemática central desta investigação científica: Qual é o potencial energético oriundo das emissões de CH<sub>4</sub> no Aterro

Sanitário Dom Antônio Barbosa II, que trata e disponibilizada, de forma final, os RSU gerados pelo Município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul?

Assim sendo, esta pesquisa tem como objetivo geral quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir das emissões de CH<sub>4</sub>. O lócus da pesquisa é o Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, situado no Município de Campo Grande/MS. Este levantamento é justificado por constitui uma estratégia para aproveitamento dos recursos disponíveis e mitigação dos impactos ambientais, podendo ser absorvida pelos gestores públicos.

Para atingir o objetivo proposto, este artigo inicia-se com esta parte introdutória, seguida pela revisão bibliográfica. Logo após, é explicado à metodologia utilizada, vindo a seguir a apresentação e análise dos resultados. Por fim, as conclusões/considerações finais e as referências que darão os fundamentos da pesquisa e que contribuíram para os resultados alcançados.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Mudanças Climáticas, Arranjos Institucionais e Medidas Mitigadoras**

O Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (2012, p. 557) define como Mudanças Climáticas, as alterações no estado natural do clima que podem ser identificadas pela modificação persistente de suas características médias, podendo ocorrer devido a processos naturais ou antrópicos. Conforme o Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa, publicado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT (2004), o clima na Terra é regulado pelo fluxo de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha. Os GEE são gases presentes na atmosfera terrestre e possuem a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos existem naturalmente na atmosfera e são responsáveis pelo efeito estufa natural, ou somente efeito estufa (MCT, 2004). Já o efeito estufa antrópico é aquele ocasionado pelas atividades humanas, a partir da Revolução Industrial têm apresentado aumento em níveis consideráveis de concentração de alguns desses GEE (LOPES, 2008).

É também por força desse processo que se manifestam o Aquecimento Global e as Mudanças Climáticas por todo o Planeta Terra. (MCT, 2004, IBAMA, 2013). As estimativas estatísticas apontam para o contínuo aumento da temperatura média atual (IPCC, 2014). Conforme Martins, Lima e Miraglia (2016, p. 3) os efeitos das Mudanças Climáticas, tais como elevação do nível do mar, enchentes, secas, disseminação de doenças transmitidas por vetores dentre outras, têm causado muitos prejuízos econômicos às populações impactadas, projetando-se uma elevação desses prejuízos no médio e longo prazo e as incertezas decorrentes. Em 1992, líderes mundiais e cidadãos de cerca de 200 países se encontraram no Rio de Janeiro, para debater os problemas ambientais mundiais e suas preocupações frente aos impactos do crescimento econômico no meio ambiente (GOUVEIA, 2012).

### **Emissões de GEE e Medidas de Mitigação no Setor de RSU**

Uma porcentagem significativa dos RSU gerados nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos acaba em locais ilegais. Esta situação apresenta preocupações ambientais e de saúde às vidas. A implementação de gerenciamento dos RSU permite que os países em desenvolvimento possam melhorar a saúde pública e o meio ambiente, ao mesmo tempo em que reduzem as emissões de GEE (ISWA, 2009, p.20). As atividades do setor de resíduos geram emissões de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. A indústria, por exemplo, também é responsável pela redução destes impactos, por meio da recuperação de materiais e geração de energia (ISWA, 2009, p.34). O IPCC (1996, v.2 p. 1) recomenda que, os estudos de emissões dos GEE dêem prioridades aos gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, devido ao nível de concentração de alguns desses gases e sua atual contribuição no balanço atmosférico global.

A concentração de GEE que aqui merece destaque é o CH<sub>4</sub>, oriunda da decomposição orgânica dos RSU e em função da sua concentração atmosférica. Suas emissões aumentaram 151% desde 1.750 (IPCC, 2007a). Sua concentração continua aumentando, apresentando sua concentração atmosférica global de CH<sub>4</sub> um aumento de 715 ppb para 1.732 ppb no início dos anos 90, alcançando 1.774 ppb em 2005 (IPCC, 2014). No Brasil, segundo dados do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa, publicado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação – MCTI (2016, p. 186), as emissões de GEE referentes ao setor de tratamento dos RSU representaram 14,8% do total das emissões de CH<sub>4</sub>, no ano de 2010, sendo à disposição dos RSU, responsável por 53,9% desse valor. No período 2005 a 2010, as emissões de CH<sub>4</sub> do setor de Tratamento de RSU tiveram aumento de 7,3%.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) pode ser aplicado às atividades de gerenciamento dos RSU e pode ajudar a superar alguns impactos negativos. Conforme a UNFCCC, os projetos de MDL registrados, até agosto de 2017, são de 1.009. Quando se trata de RSU e as atividades voltadas à disposição final em aterros sanitários, são observados 259 projetos. O Brasil hospeda um total de 49 projetos de MDL registrados juntos a UNFCCC e um potencial de redução de 12.437.068 tCO<sub>2eq</sub>.

Ainda de acordo com os levantamentos desenvolvidos junto à UNFCCC, por meio do seu banco de dados de projetos registrados de MDL, são duas as principais atividades utilizadas para mitigação direta das emissões de GEE, voltado à disposição final dos RSU, sendo a primeira a captura e queima em *flare* do biogás de aterros sanitários e a segunda a recuperação energética do biogás ou do CH<sub>4</sub>. Como se sabe, os projetos de aproveitamento energético do biogás têm por objetivo produzir energia pela degradação dos RSU e convertê-lo em uma forma de energia útil tais como: eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade (ICLEI, 2009).

Desta maneira, o uso de biogás proveniente de Aterros Sanitários tem sido indicado como uma das alternativas para geração de energia, na busca por resultados significativos quanto às questões ambientais, econômicas, entre outros aspectos (COELHO et al., 2006).

### **Potencial Energético das emissões no Setor de Resíduos Sólidos Urbanos:**

A matriz energética nacional, apresenta como principal fonte de energia primária, o petróleo, uma fonte de energia não renovável que correspondendo a 44% do total. Assim conforme indica ICLEI (2009, p. 24), a matriz energética brasileira afeta negativamente o cenário já crítico do aquecimento global, tendo em vista que a queima de petróleo e seus derivados emite grandes quantidades de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, além de liberar SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>, causadores da chuva ácida. Para Silva (2006), o funcionamento do setor energético deve ser questionado quanto à dependência de recursos não renováveis e de efeitos de sua produção, assim como de seu uso sobre a saúde humana, meio ambiente.

Neste contexto, foi a partir da expansão do uso do carvão, na Inglaterra no final do século XVIII, que o processo de expansão dos sistemas energéticos se realizou com a crescente substituição das fontes renováveis por fontes de energia não renováveis (Silva, 2006). A grande dependência do setor energético das fontes não renováveis de energia, em específico dos combustíveis fósseis, tem acarretado, além de uma permanente preocupação quanto ao caráter esgotável desses recursos, uma preocupação, em escala global, referente às emissões de grandes quantidades de GEE na atmosfera (Silva, 2006).

É, portanto, em um cenário de escassez de recursos energéticos não renováveis, que as tecnologias que fazem usos dos recursos renováveis ganham acento. É sobre esse conjunto de incertezas que se apontam as fontes renováveis como uma alternativa possível de garantir a provisão de energia (Silva, 2006). Estabelecendo urgência nas ações, de forma que o processo de substituição das fontes convencionais tenha início imediato, abreviando desde já, as

repercussões ambientais de seu uso. Assim, a geração de eletricidade por fontes alternativa é elemento importante de uma estratégia regional ou local de geração de energia (EPE, 2008). Embora não se tenha dimensões suficientes para apresentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica do país no longo prazo.

Observando a oferta interna de energia elétrica, conforme informa o BEN (2016, p. 16), tem como principal fonte a hidráulica, por meio de hidroelétricas contemplando 64% do total. Ainda que a energia hidráulica se apresente como uma energia renovável, ICLEI (2009) aponta que as hidrelétricas, importantes para a geração de energia elétrica no país, serão afetadas pelas mudanças globais do clima, tendo em vista que os ciclos hidrológicos no planeta já começaram a ser alterados e ainda o observar que, a geração de energia por meio de hidroelétricas, em sua fase de implantação é responsável por grandes impactos socioambientais.

Desta maneira, o uso do CH<sub>4</sub> proveniente de aterros sanitários tem sido indicado como uma das alternativas para geração de energia, na busca por resultados significativos quanto às questões ambientais, econômicas, entre outros aspectos (COELHO et al., 2006). Deve ser considerado o aproveitamento energético do CH<sub>4</sub>, oriundo dos RSU não somente para a oferta de energia no país, mas também como uma fonte de mitigação das emissões de GEE para a atmosfera ICLEI (2009, p. 26).

O Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030 (EPE, 2007) considera que para o ano de 2030, se terá um potencial de geração de eletricidade com RSU, por meio do biogás oriundo de aterros de até 2.600 MW, em termelétricas. A ANEEL (2016) informa a existência de 15 unidades de biogás, referentes ao setor de resíduos sólidos, as quais apresentam uma potência instalada total de 117,76 MW.

### **Resíduos Sólidos Urbanos (RSU):**

Conforme Gouveia (2012) e Lopes (2007), o crescimento econômico, o crescimento da população, os processos de urbanização e o desenvolvimento tecnológico geram alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população global. Como decorrência direta destes processos, vem ocorrendo um aumento, tanto em quantidade como na diversidade, da produção de RSU. Para Keser et al. (2012) e Weng e Fujiwara (2011), apud Islam e Saifullah (2016, p. 89) a geração dos RSU, nas áreas urbanas, é amplamente influenciada por muitos fatores, tais como condição geográfica, frequência de coleta de resíduos, estágios de desenvolvimento socioeconômico e condições climáticas.

Hoornweg, Bhada-Tata e Kennedy (2009, p. 616) observam, ainda, “que a taxa de geração dos RSU dependerá do aumento da população urbana e do crescimento do padrão de consumo e das respostas humanas”.

Em 2000, os 2,9 bilhões de pessoas que viviam nas cidades (49% da população mundial) geravam mais de 3 milhões de toneladas diárias de RSU. Nesta linha, conforme dados da International Solid Waste Association – ISWA (2015, p. 6), a geração global anual de RSU representa de 7 a 10 bilhões de toneladas no total, dos quais aproximadamente 2 bilhões de toneladas, aproximadamente 24% do total são classificados como RSU. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2016, p. 18) apresenta um volume gerado de RSU, no Brasil, na ordem de 79,9 milhões de toneladas, no ano de 2015, um crescimento de 1,7%, em relação ao ano anterior.

No Brasil, o aterro sanitário é uma das principais formas de disposição final dos RSU, ao fato que 58,7% dos RSU coletados em 2015, tiveram destinação final considerada ambientalmente adequada, em aterros sanitários (ABRELPE, 2016, p.18). Ainda que dos 5.570 municípios brasileiros, segundo ABRELPE (2016, p. 24) 3.326 municípios, que correspondem a 59,71%, do total, ainda fazem a destinação final de seus resíduos em locais impróprios, sejam eles lixões a céu aberto ou em aterros controlados. No Estado de Mato Grosso do Sul, de acordo

com ABRELPE (2016, p. 50), em 2015, foram gerados 2.651.235 toneladas/ano de RSU, quando comparados a produção de 2014, é observado um crescimento de 1,21%. Conforme dados do Tribunal de Conta do Estado de Mato Grosso do Sul TCE-MS (2016, p. 32), dos 79 Municípios do Estado de Mato Grosso do Sul, 62 realizam a disposição dos RSU, de forma irregular em Lixões.

### **Gestão dos RSU**

A gestão dos RSU, com vistas ao atendimento do paradigma do Desenvolvimento Sustentável, tem sido identificada como uma ferramenta essencial para a tomada de decisões dos gestores públicos e pela sociedade, um quadro conceitual que leva em consideração os efeitos ambientais e as questões socioeconômicas. Esse sistema foi definido e consiste na hierarquia de estratégias de gerenciamento de RSU, visando limitar o consumo de recursos e proteger o meio ambiente. São eles, reconhecidos como os 3Rs: Redução de resíduos; Reuso e Reciclagem (ISWA 2009, p. 12). Neste sentido, quando se fala em redução dos RSU, busca-se evitar a geração dos mesmos. Quanto ao reuso, propõe-se a redução da demanda por novos produtos, o que evitaria, a priori, a geração dos RSU e desperdício da energia.

No que diz respeito à reciclagem, essa ação também pode reduzir a demanda por matérias-primas, ainda disponível no meio ambiente, o que evita a eliminação de recursos valiosos. No conjunto, essas ações de reduções contribuem para a diminuição das emissões de GEE, cabendo aos aterros sanitários, o tratamento e disposição final do RSU, sem valor (ISWA 2009, p. 12). De qualquer forma, entende-se que a gestão dos RSU busca um consumo consciente, na qual, os processos de destinação, tratamento e disposição final ambientalmente adequada, podem oferecer uma valiosa contribuição para a redução de emissões de GEE (ISWA 2009, p. 4).

### **Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS)**

Em agosto de 2010, foi sancionada a Lei 12.305, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). O documento dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. No texto estão incluídos os perigosos, as responsabilidades compartilhadas entre os geradores, o poder público, face aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Considerando ainda a definição postulada pela Lei 12.305/10, o gerenciamento dos RSU é composto por um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos RSU e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Este mesmo marco legal declara o que vem a ser o processo da destinação final ambientalmente adequada, como uma “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes”. (PNRS, 2011, p.10).

Assim sendo, há de se considerar que a disposição final ambientalmente adequada envolve os processos de distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, observando normas sanitárias operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (PNRS, 2011).

A legislação em vigor, assim como as diversas normativas podem apresentar resultados positivos, sob as perspectivas ambientais, sociais e econômicas, pois não só tende a diminuir o consumo dos recursos naturais, como incentiva a abertura de novos mercados. Sendo assim, a corpo textual jurídico da Lei nº 12.305/10 se propõe inserir os Municípios brasileiros no paradigma do Desenvolvimento Sustentável, quando se trata de ações para o manejo correto e responsável dos RSU produzidos no País (PNRS, 2011).

## METODOLOGIA

### Local de Estudo

A área de abrangência desta investigação é o Município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul. O *loco* da pesquisa é o Aterro Sanitário Municipal Dom Antônio Barbosa II (DAH II), por lá estar instalada as técnicas de transformação do CH<sub>4</sub> em CO<sub>2</sub>equi. De acordo com os dados do IBGE (2016) a capital do Estado apresenta uma população urbana de 863.982 habitantes. Conforme a Prefeitura Municipal de Campo Grande (PMCG, 2016), o perímetro urbano abrange uma área de 35.903,53 ha, com uma taxa de urbanização de 98,66% e densidade demográfica de 97,22 hab/km<sup>2</sup>. De acordo com os dados do SNIS (2015), o Município de Campo Grande apresenta uma taxa de cobertura de coleta da população urbana de 92,7%. A avaliação do Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso do Sul – TCE/MS (2016, p. 32) aponta para as ações empreendidas no Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, como local ambientalmente adequado.

O Aterro DAB II é o local de disposição final de toda a coleta de RSU, Classe II-A, não inertes, do Município de Campo Grande/MS. A gestão é feita por meio de Parceria Público Privada (PPP), entre o Município de Campo Grande e a Empresa Concessionária. As operações foram iniciadas em novembro de 2012. A vida útil do Aterro Sanitário está estimada para até o ano de 2020.

### Metodologia e os Instrumentos Técnicos de Medição

Optou-se para esta investigação, o modelo de pesquisa baseado em estimativas cinéticas. São utilizados os modelos matemáticos indicados como metodologia no Guia de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, IPCC (2000), *Tier 2*, para quantificação das emissões de CH<sub>4</sub> dos RSU dispostos no aterro sanitário. Foi utilizado ICLEI (2009) como base metodológica, para calcular a potência (MW) e a energia (MWh/dia) disponíveis no aterro sanitário, ano a ano, utilizando como sistema de transformação energética motores de combustão interna do tipo “Ciclo Otto”.

Os dados levantados referem-se à coleta e à disposição final de RSU, no período de novembro de 2012 a dezembro de 2016, e tem como base os tickets de pesagem dos caminhões em sua entrada e após sua descarga no Aterro Sanitário, em balança, certificada trimestralmente pelo INMETRO. As projeções da produção dos RSU gerados de 2017 até a data estimada de encerramento do Aterro Sanitário DAB II foram extraídas do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande (2012). A Tabela 1 apresenta a quantidade de RSU depositada no Aterro Sanitário DABII, assim como suas projeções. As análises de composição gravimétrica dos RSU, demonstradas nos Relatórios Técnicos da Empresa Concessionária, são realizadas, trimestralmente, a fim de atender as condicionantes da Licença de Operação (LO) do empreendimento e que tem como base metodológica o Manual de Resíduos Sólidos da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1990). Assim, para esta pesquisa, foram desenvolvidas médias com base nos Relatórios Técnicos trimestrais da composição do resíduo dos anos para os anos de 2013 a 2016. A estimativa da composição dos resíduos, dos anos subsequentes, foi realizada com base nas médias anuais dos anos anteriores, sendo repetida de 2017 a 2020.

**Tabela 1. Quantidade de Resíduos Encaminhados ao Aterro Sanitário**

Ano	Quantidade de resíduos (t/ano)	Kg/hab.dia
2012	46.361,77	0,81
2013	254.499,68	0,84
2014	271.651,74	0,88
2015	269.953,19	0,87
2016	266.245,59	0,85
2017	285.550,72	0,87

2018	294.347,53	0,88
2019	303.211,25	0,90
2020	312.138,88	0,91

Fonte: SOLURB 2016/PMCG 2012

Para o cálculo da geração de CH<sub>4</sub>, no sítio, foi utilizada a metodologia sugerida pelo IPCC (2000), contidas no Módulo 5 – Lixo, do Guia de Boas Práticas. Utilizou-se como fonte de dados o Módulo 5 – Resíduos, no Volume 2: Geração de Resíduos, Composição e Gestão de Dados, e o Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, do IPCC (2006). O IPCC (2000) indica dois métodos para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> dos locais de disposição dos RSU: 1) o Método Padrão (*Tier 1*); e 2) o Método de Decaimento de Primeira Ordem (*Tier 2*).

Assim, para esta pesquisa adotou-se o *Tier 2*, por refletir com mais precisão a tendência de emissões ao longo do tempo. Para a determinação da potência e energia disponível, por meio de utilização de motores Ciclo-otto, foi utilizada a metodologia proposta por ICLEI, (2009, p.64) onde se considera o rendimento de motores operando a plena carga e tempo de operação, ambas indicadas no esquema, a seguir:

$$Lo = MCF * COD * COD_f * F * 16/12 \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Lo: potencial de geração de CH<sub>4</sub> do resíduo (tCH<sub>4</sub>/tRSU);

MCF: fator de correção do CH<sub>4</sub> (%);

COD: fração de carbono degradável (tC/tRSU);

COD<sub>f</sub>: fração de DOC dissolvida (tC/tRSU): 0,50 (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 13)

16/12: conversão de carbono para CH<sub>4</sub> (tCH<sub>4</sub>/tC); (IPCC, 2000)

MCF = 1 (Aterro bem gerenciado);

F: fração de CH<sub>4</sub> no biogás - 50% default (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 15).

$$COD = 0,40A + 0,24B + 0,15C + 0,43D + 0,39E \quad \text{equação (2)}$$

Sabendo-se que:

A: percentual de papelão e tecidos;

B: resíduos têxteis

C: resíduos de alimentos;

D: resíduos de madeira;

E: borracha e couro.

$$CH_{4gerado} = \sum [Lo(x) * MSWT_{(x)} * MSW F_{(x)} * A * k * (e^{-k(t-x)})] \quad \text{equação (3)}$$

Sendo que:

CH<sub>4</sub> gerado: geração de CH<sub>4</sub> (tCH<sub>4</sub>/ano);

t: ano inicial de disposição ou de cálculo inicial;

x: ano de interesse para o qual deverá inserir os dados;

A: fator de correção da somatória: 0,919619;

MSWT: total de resíduos disposto no ano<sup>x(t)</sup>;

MSWF: fração de material orgânico no resíduo no ano<sup>x(t)</sup>;

k: constante de decaimento (ano<sup>-1</sup>);

Lo(x): potencial de geração de CH<sub>4</sub> do resíduo (tCH<sub>4</sub>/tRSU);

$$CH_{4emitido} = (CH_{4gerado} - R(t)) * (1 - OX) \quad \text{equação (4)}$$

Sendo que:

CH<sub>4</sub> emitido: emissão de gás CH<sub>4</sub> (tCH<sub>4</sub>/ano);

R(t): CH<sub>4</sub> Recuperado;

OX: Fator de oxidação = 0,10 (IPCC, 2006, Vol.5, pg. 5.10);

Densidade: 1 tCH<sub>4</sub> = 0,0007168 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> (ICLEI, 2009, p.64).

$$P = (Q * PCI * \eta) / 860.000 \quad \text{equação (5)}$$

Em que:

P = potência disponível (MW);

Q = vazão de metano a cada ano ( $m^3CH_4/h$ )

PCI = Poder Calorífico Inferior do  $CH_4$ . Default 5.500 kcal/ $m^3CH_4$  (ICLEI, 2009);

$\eta$  = eficiência de motores (28%) (ICLEI, 2009);

860.000 = conversão de kcal para MW (ICLEI, 2009);

$$E = P * \text{Rend} * \text{Tempo de Operação} \quad \text{equação (6)}$$

Sabendo que:

E = energia disponível (MWh/dia)

Rend = rendimento de motores operando a plena carga (estimado em 87%) (ICLEI, 2009, p.64).

Tempo de operação do motor = 24 horas/dia (ICLEI, 2009, p.64).

$$CO_{2eq.} = CH_{4emitted} * GWP_{CH_4} \quad \text{equação (7)}$$

Sendo que:

$CO_{2eq.}$ : emissão equivalentes de gás  $CO_2$  ( $tCO_{2eq.}/ano$ );

$CH_{4emitted}$ : emissão de gás  $CH_4$  ( $tCH_4/ano$ );

$GWP_{CH_4}$ : potencial de aquecimento global: 21  $tCO_{2eq.}/tCH_4$  (ICLEI, 2009, p.71).

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

A aplicação da metodologia, para determinação do potencial de produção de  $CH_4$  (Tier 2), iniciou com o tratamento dos dados da composição dos RSU. A composição gravimétrica para os anos de 2017 a 2020 foram desenvolvidas com base nas médias da composição do RSU dos anos de 2013 a 2016. Os dados sobre composição dos RSU foram classificados, como indicado no *Good Practice Guidance 2000*. Com base nos dados de composição dos RSU informados pela Concessionária de Limpeza Urbana Municipal, conforme Tabela 2:

**Tabela 2 – Tabela de Composição do Resíduo**

Composição dos RSU	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A – Papéis/papelão	12,12%	17,62%	18,89%	14,83%	16,23%	16,23%	16,23%	16,23%
B – Resíduos têxteis	3,40%	7,96%	6,09%	2,39%	4,75%	4,75%	4,75%	4,75%
C – Resíduos alimentares	51,97%	37,86%	41,60%	52,71%	46,79%	46,79%	46,79%	46,79%
D – Madeira	0,47%	0,39%	0,00%	0,80%	0,43%	0,43%	0,43%	0,43%
E – Borracha e couro	0,00%	1,45%	0,11%	0,08%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Outros materiais inertes	32,04%	34,72%	33,31%	29,19%	31,72%	31,72%	31,72%	31,72%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 2, a composição dos RSU tem sua maior fração composta por resíduos alimentares. Estes tipos de resíduos são responsáveis, principalmente, pelas emissões de  $CH_4$ . Cada tipo de material que compõe os RSU apresenta um conteúdo diferente de Carbono Orgânico Degradável (COD), sendo esse o fundamental fator para determinação da quantidade de  $CH_4$  produzida durante sua decomposição. Foram utilizadas as porcentagens apresentadas na Tabela 2, para cálculo do COD, tendo seus resultados demonstrados na Tabela 3.

**Tabela 3 – COD - Carbono Orgânico Degradável no Ano ( $tCH_4/tRSU$ )**

Anos	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
[ $tCH_4/tRSD$ ]	0,1366	0,1537	0,1530	0,1478	0,1486	0,1486	0,1486	0,1486

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com os resultados do COD presentes nos RSU para cada ano, foram desenvolvidos os cálculos do potencial de geração de  $CH_4$  do resíduo ( $L_0$ ), a geração de  $CH_4$  nos anos base,

suas emissões com base em sua taxa de oxidação e o decaimento ano a ano, de suas emissões, considerando a densidade do CH<sub>4</sub> (0°C e 1,013 bar) como 0,0007168 t/m<sup>3</sup> (FIGUEIREDO, 2007). Para efeito de cálculo, os dados referentes aos RSU dispostos nos meses de novembro e dezembro de 2012, foram somados aos do ano de 2013. A Tabela 4 apresenta a vazão de CH<sub>4</sub>, ano a ano, para um período de 30 anos, desde a implantação do Aterro Sanitário DAB II.

**Tabela 4 – Geração, Emissões Iniciais, Recuperação e Emissões Final de CH<sub>4</sub> no DAB - II**

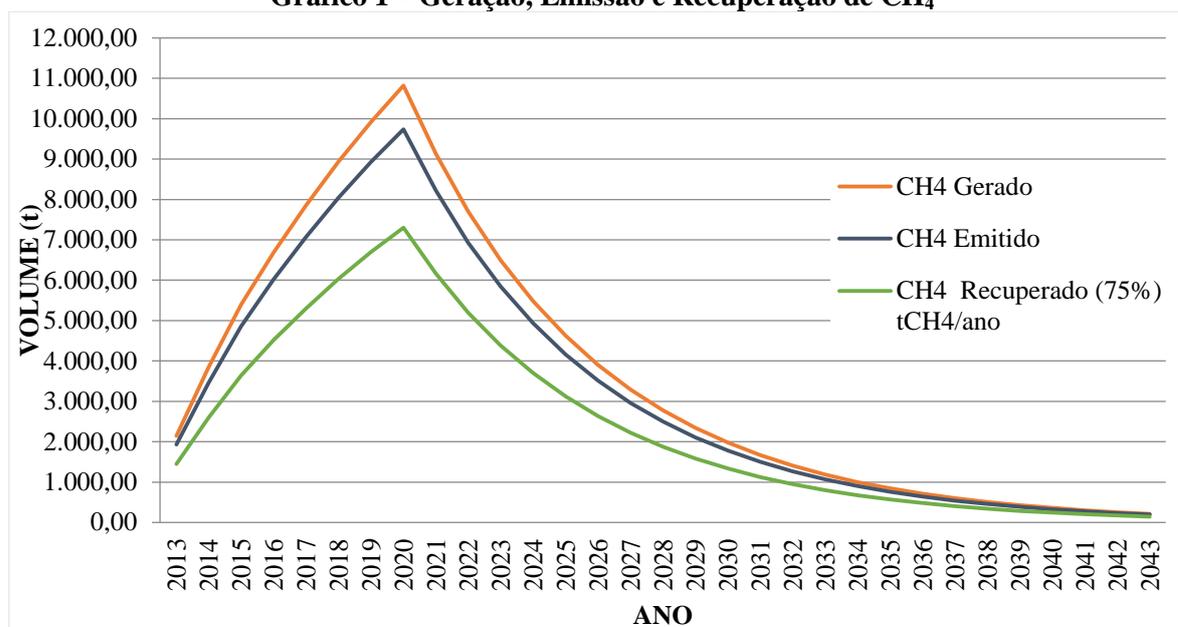
Anos	CH <sub>4</sub> Gerado (tCH <sub>4</sub> /ano)	CH <sub>4</sub> Emissão em linha de base (tCH <sub>4</sub> /ano)	CH <sub>4</sub> Recuperado (75%) (tCH <sub>4</sub> /ano)	CH <sub>4</sub> Emitidos (tCH <sub>4</sub> /ano)	CO <sub>2eq</sub> . Emitidos (tCO <sub>2</sub> /ano)
2013	2.141,92	1.927,73	1.445,80	481,93	10.120,58
2014	3.845,58	3.461,02	2.595,76	865,25	18.170,35
2015	5.396,81	4.857,13	3.642,85	1.214,28	25.499,93
2016	6.686,28	6.017,65	4.513,24	1.504,41	31.592,68
2017	7.853,49	7.068,14	5.301,11	1.767,04	37.107,76
2018	8.936,39	8.042,75	6.032,06	2.010,69	42.224,45
2019	9.919,58	8.927,62	6.695,71	2.231,90	46.870,00
2020	10.819,14	9.737,23	7.302,92	2.434,31	51.120,43
2021	9.127,73	8.214,95	6.161,22	2.053,74	43.128,51
2022	7.700,74	6.930,67	5.198,00	1.732,67	36.386,01
2023	6.496,85	5.847,16	4.385,37	1.461,79	30.697,59
2024	5.481,16	4.933,04	3.699,78	1.233,26	25.898,48
2025	4.624,26	4.161,84	3.121,38	1.040,46	21.849,64
2026	3.901,33	3.511,19	2.633,40	877,80	18.433,77
2027	3.291,41	2.962,27	2.221,70	740,57	15.551,92
2028	2.776,85	2.499,16	1.874,37	624,79	13.120,61
2029	2.342,73	2.108,46	1.581,34	527,11	11.069,40
2030	1.976,48	1.778,83	1.334,12	444,71	9.338,86
2031	1.667,49	1.500,74	1.125,55	375,18	7.878,87
2032	1.406,80	1.266,12	949,59	316,53	6.647,12
2033	1.186,87	1.068,18	801,13	267,04	5.607,94
2034	1.001,32	901,19	675,89	225,30	4.731,23
2035	844,78	760,30	570,22	190,07	3.991,57
2036	712,71	641,44	481,08	160,36	3.367,55
2037	601,29	541,16	405,87	135,29	2.841,08
2038	507,28	456,56	342,42	114,14	2.396,92
2039	427,98	385,18	288,89	96,30	2.022,20
2040	361,07	324,96	243,72	81,24	1.706,06
2041	304,62	274,16	205,62	68,54	1.439,34
2042	257,00	231,30	173,47	57,82	1.214,32
2043	216,82	195,14	146,35	48,78	1.024,47
Total	112.814,74	101.533,26	76.149,95	25.383,32	533.049,64

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao longo do tempo de disposição do resíduo, a geração de CH<sub>4</sub> torna-se crescente, atingindo seu maior valor no ano de encerramento das atividades de disposição do Aterro Sanitário. No decaimento, a curva é dirigida pela constante k, referente à degradação da matéria orgânica no tempo, conforme apresentado no Gráfico 1.

No levantamento para os anos de 2012 a 2016 e nas estimativas dos anos de 2017 a 2020, para a produção de RSU a serem dispostos no Aterro Sanitário, observa-se uma diminuição na quantidade deles, nos anos de 2015 e 2016, referentes aos anos anteriores. Tais condições merecem um estudo mais aprofundado. Mesmo com uma queda na quantidade dos RSU dispostos no local, entre 2015 a 2016, a produção de CH<sub>4</sub>, continuou crescente até o ano de encerramento do empreendimento. Esse fenômeno indica que mesmo com a diminuição da quantidade de RSU gerados, enquanto houver a disposição de RSU no local, serão crescentes suas emissões de CH<sub>4</sub>.

**Gráfico 1 – Geração, Emissão e Recuperação de CH<sub>4</sub>**



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme a análise gravimétrica dos RSU dispostos no Aterro Sanitário DAB II, a fração de resíduos alimentícios corresponde a maior parcela do rejeito ali disposto. Neste sentido, é possível observar o grande volume desperdiçado de alimentos e o potencial de redução em face deste comportamento. Observando as emissões de GEE e seu potencial de redução, espera-se um grau relativamente alto em termos de redução das emissões de CH<sub>4</sub>. Com os resultados obtidos, em função da vazão de CH<sub>4</sub> emitido no Aterro Sanitário DAB II, foi possível estimar a potencial disponível (MW), assim como a energia disponíveis (MWh/dia), no aterro ano a ano, considerando a eficiência de 75% na captação do metano para utilização na geração de energia (FIGUEIREDO, 2007), conforme a tabela 5.

**Tabela 1 - Potencial e Energia Disponíveis no Aterro Sanitário DAB II**

Anos	Potencial Disponível (MW)	Energia Disponível (MWh/dia)
2013	0,41	8,61
2014	0,74	15,46
2015	1,04	21,69
2016	1,29	26,87
2017	1,51	31,57
2018	1,72	35,92
2019	1,91	39,87
2020	2,08	43,49
2021	1,76	36,69
2022	1,48	30,95
2023	1,25	26,11
2024	1,06	22,03
2025	0,89	18,59
2026	0,75	15,68
2027	0,63	13,23
2028	0,53	11,16
2029	0,45	9,42

Anos	Potencial Disponível (MW)	Energia Disponível (MWh/dia)
2030	0,38	7,94
2031	0,32	6,70
2032	0,27	5,65
2033	0,23	4,77
2034	0,19	4,02
2035	0,16	3,40
2036	0,14	2,86
2037	0,12	2,42
2038	0,10	2,04
2039	0,08	1,72
2040	0,07	1,45
2041	0,06	1,22
2042	0,05	1,03
2043	0,04	0,87

Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com a Tabela 5, assim como na produção de CH<sub>4</sub>, a potência máxima alcançada ocorre no último ano de disposição dos resíduos no aterro sanitário. Tal como relata a literatura, mitigar as emissões de GEE, oriundos de aterros sanitários, tais como DAB II, contribui com as reduções das emissões e por consequência também mitigam os impactos do Aquecimento Global e os efeitos sobre as Mudanças Climáticas. Através desses cálculos, verificou-se que a presença elevada de matéria orgânica na composição dos RSU é a principal responsável pelas gerações de CH<sub>4</sub> nos locais de disposição, no Brasil.

É ainda possível nela observar que, em um processo de gerenciamento eficaz, quer seja público, privado ou em parceria público privada, na qual a população consciente repense no seu atual modelo de produção e consumo, o volume gerado de resíduos tende a ser menor, porém visto as características atuais, esta estratégia de mitigação onde se aproveita energeticamente o CH<sub>4</sub> emitido é alternativa válida e ampliando as discussões sobre o processo de gestão de RSU nos Municípios brasileiros.

## CONCLUSÃO / CONSIDERAÇÕES FINAIS

Face ao delineamento de pesquisa proposto, o objetivo apresentado foi atingido. Nele, conseguiu-se quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir das emissões de CH<sub>4</sub> do Aterro Sanitário Aterro Dom Antônio Babosa II – DAB II, localizado no Município de Campo Grande/MS, durante os anos de operação entre 2013 a 2043. Com base nas análises gravimétricas, foi possível caracterizar os RSU já dispostos no Aterro Sanitário DAB II e observar que eles são, em sua maioria, compostos por resíduos alimentícios, responsáveis pela geração de CH<sub>4</sub>, principal GEE na etapa de disposição final dos RSU e principal combustível para geração de energia em aterros sanitários. Através dos modelos matemáticos aplicados, as emissões de CH<sub>4</sub> foram calculadas, a partir da decomposição do RSU e assim quantificar o potencial de geração de energia elétrica.

Os resultados apontaram para o potencial de geração de energia elétrica, por meio das emissões de CH<sub>4</sub> apresentada em seu ano inicial, 2013, 0,41 MW. Já, em seu último ano de disposição, 2020, por estimativa, alcançará seu valor máximo de CH<sub>4</sub> estimada é de 2,08 MW. Quando observa-se os valores para energia disponível, apresentada em seu ano inicial, 2013, de 8,61 Mwh/dia. Já, em seu último ano de disposição, 2020, alcançará seu valor máximo energia disponível de 43,40 Mwh/dia. Quanto à mitigação das emissões de GEE, por meio do arranjo tecnológico indicado apresentou em suas emissões de linha de base o valor de

1.927,73 tCH<sub>4</sub>/ano, com a mitigação com base na recuperação energética, será emitido 481,93 tCH<sub>4</sub>/ano, correspondendo assim a uma redução de 75% das emissões.

Por conta das estimativas calculadas, bem como as análises feitas ao longo deste texto, acredita-se que os dados, aqui apresentados, fornecem uma visão útil da gestão dos RSU, para os gestores públicos, principalmente, no que diz respeito às emissões GEE, e seu potencial para geração de energia. O Poder Público, independente da esfera de atuação, precisa incentivar projetos de redução de emissões de GEE, tais como o MDL, tanto pelo setor público quanto no privado, para alcançar as propostas globais de reduções de emissões de GEE, especialmente, para o setor de resíduos domésticos.

Este trabalho deixa algumas lacunas, fontes para futuras investigações e discussões, principalmente, quanto ao processo de gestão de RSU, no que diz respeito à sua viabilidade financeira da recuperação energética, assim como a possibilidade de exploração de outras rotas tecnológicas para mitigação das emissões demonstradas. Concluiu-se com o presente estudo que, o Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, localizado na cidade de Campo Grande, no Estado de Mato Grosso do Sul é um agente poluidor devido as suas emissões de GEE para a atmosfera terrestre, passível a aplicações de estratégias de mitigação, para seu aproveitamento energético, possibilitando avanços quanto à gestão dos RSU nos Municípios brasileiros.

#### **REFERÊNCIAS:**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. 2016. **PANORAMA dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo.

ABRELPE. Disponível em: [www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br) Acessado em: 20/07/2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147. p. 03. 2010.

CASTRO, R. Energias renováveis e produção descentralizada. Área Científica de Energia. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2006.

COELHO, Suani Teixeira; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González; MARTINS, Osvaldo Stella; ABREU, Fernando Castro de. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. Políticas públicas para a Energia. In: V Congresso Brasileiro de Planejamento Estratégico, 2006, Brasília.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS**. Nota Técnica, Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro, nov. 2008.

Fernandes, Juliana Gonçalves. **Estudo da emissão de biogás em um aterro sanitário experimental**. 2009. x, 101 f., enc. : il.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás – Estudo de Caso**. Trabalho de Graduação Interdisciplinar apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, Jun. 2012.

International Solid Waste Association - ISWA. 2009. **Waste and Climate Change**. White Paper. Vienna, Austria. December 2009.

ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento do biogás: volume um, aterros sanitários**. ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Glossary of terms. In: **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**: a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2012. p. 555-564.

\_\_\_\_\_. **Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change**. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 1.454. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 10/08/2017.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: Reference Manual. In: \_\_\_\_\_. Chapter 6. Waste. Revised 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch6ref1.pdf>> Acesso em: 22/08/2016.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. In: \_\_\_\_\_. Chapter 3 Solid Waste Disposal. 2006. Disponível em: <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf)>. Acesso em: 16/10/2016.

Islam, T., Md & Saifullah, A Z Ameiyeecheah. (2016). **Municipal solid waste (MSW) management in Dhaka City, Bangladesh**. American Journal of Engineering Research (AJER). 5. 88-100.

LOPES, José Carlos de Jesus. **Resíduos Sólidos Urbanos**: consensos, conflitos e desafios na gestão institucional na Região Metropolitana de Curitiba/PR. 2007. Tese (Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

\_\_\_\_\_. Mudanças Climáticas e suas consequências socioeconômicas. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 127-146, jan./abr. 2008.

MATO GROSSO DO SUL. Tribunal de Contas. **Indicadores de Resíduos Sólidos nos Municípios de MS** / Inspeção de Engenharia, Arquitetura e Meio Ambiente – IEMA. Campo Grande: TCE-MS/ESCOEX, 2016. (Série Transparência; 5).

MARTINS, Anna Paula Soares Ribeiro, LIMA, Sania Maria de e MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri. Avaliação dos Benefícios Ambientais da Captação de Gases do Efeito Estufa (GEEs) de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos. **Sustainable Business – Internacional Jornal**. 19p. 2016.

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia, 2004. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 274 p.

SILVA, NEILTON FIDELIS. **Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica** [Rio de Janeiro] 2006 VIII, 263 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2006) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE 1. Aproveitamento do Potencial Eólico Brasileiro I. COPPE/UFRJ II.

Rahman S., Shams S. e Mahmood K., **Study of Solid Waste Management and its Impact on Climate Change: A Case Study of Dhaka City in Bangladesh**. Gazipur, Dhaka, 2010.

SISTEMA Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS. Portal Eletrônico Eletrônico. Brasília: Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>> , Acessado em: 10/08/2017.

PMCG – Prefeitura Municipal de Campo Grande. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Campo Grande. MS. 2012.

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). **Trends in Urban Resilience 2017**. 2017. Disponível em: <<https://unhabitat.org/books/trends-in-urban-resilience-2017/>>. Acesso em 17/07/2017.