

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CH₄ EM ATERRO SANITÁRIO: O CASO DO ATERRO SANITÁRIO DE MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE – MS

Henrique Rossi Otto*, José Carlos de Jesus Lopes.

*Aluno do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, da Faculdade de Engenharias e Geografia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PPGES/FAENG/UFMS). E-mail: henrique.otto@aluno.ufms.br.

RESUMO

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional e a expansão urbana refletem no estilo de vida e nos modos de produção e consumo dos seres humanos. Como efeito desses processos, ocorre um aumento na produção de resíduos sólidos. Se eles não forem devidamente tratados, representam uma ameaça aos cidadãos, à saúde pública, ao meio ambiente e a biota terrestre. É uma questão ligada diretamente à forma como a sociedade produz e consome bens. 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 (CH₄), devido ao processo de decomposição da matéria orgânica. Diante desta problemática, o objetivo geral desta pesquisa é estimar as emissões de CH₄, produzidos no Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, situado no Município de Campo Grande/MS. Por conta dos procedimentos metodológicos empregados, foram estimadas as emissões de CH₄, um total acumulado 2.132.198,57 tCO_{2eq}. Espera que os resultados advindos desta pesquisa possam contribuir sobre os problemas relacionados ao impacto dos RSU ao meio ambiente e servir de instrumentos de tomada de decisões dos gestores públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Administração Pública; Gás Efeito Estufa; Aquecimento Global, Mudanças Climáticas; Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

A literatura coloca que é a partir da Revolução Industrial que os recursos naturais têm sido explorados intensivamente. Este fato se deve ao desenvolvimento de tecnologias não necessariamente limpas que visam à produção de bens de consumo. Contudo, nas últimas cinco décadas, as evidências e o entendimento científico de que os recursos naturais são finitos e necessitam ser mais bem utilizados, fizeram com que a preocupação com a preservação ambiental e com a qualidade de vida das futuras gerações sejam amplamente discutidas, quer seja no âmbito da academia, quer seja no âmbito da governança global. Sabe-se que o aumento do consumo e a geração excessiva de resíduos são uns dos grandes problemas encarados pela humanidade.

Os resíduos sólidos são principalmente um fenômeno urbano, daí o termo resíduos sólidos urbanos, doravante a ser anunciado pela sigla RSU. Este problema intensifica-se com a expansão e o adensamento urbano, uma vez que a infraestrutura urbana das cidades não acompanha o crescimento da produção dos RSU. Os problemas relacionados aos RSU têm-se mostrado um tema relevante, em escala global, tanto nos países desenvolvidos, quanto nos países em desenvolvimento, por contribuir com os complexos fenômenos Aquecimento Global e Mudanças Climáticas. A produção dos RSU é também resultante do modelo sócio-técnico, que pode potencializar os problemas sociais e ambientais do entorno, o que pressiona à Administração Pública a colocar na Agenda Política, uma adequada gestão dos RSU, que envolvam aspectos tecnológicos, de engenharia, de gestão socioambiental, cultural, político e econômico.

As cidades, conforme a *United Nations Human Settlements Programme - UN-Habitat* (2017, p. XV), são simultaneamente responsáveis por 70% do Produto Interno Bruto - PIB global, emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e RSU. Elas também são responsáveis por mais de 60% do consumo de energia global. As estimativas apontam que quatro em cada cinco pessoas viverão em áreas urbanas no meio do século, o que poderá agravar ainda mais a crise ambiental, já vivenciada nas grandes metrópoles, quando se trata do tratamento e disposição final dos RSU.

O processo de urbanização tende a transformar cidades em centros exclusivos de serviços e cumprir a promessa de inclusão e melhores oportunidades sociais e econômicas para todos. No entanto, se não forem adequadamente gerenciados e planejados, os sistemas urbanos podem sofrer uma forte pressão, de acordo com a UN-Habitat (2017, p. XV). Conforme o Inventário Nacional de Emissões de GEE, em sua comunicação inicial, divulgado 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). 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 do meio ambiente, quer seja no âmbito da biota terrestre, quer seja no âmbito local (GOUVEIA, 2012).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (2006, p. 1.5) atesta o aumento das emissões de gases na atmosfera, como o CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, CFCs, NF₃, SF₆, SF₃CF₃, 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, destaque-se o CH₄, por ser considerado um dos principais GEE devido sua elevada capacidade de aquecimento e seu tempo de permanência na atmosfera. O CH₄ tem um potencial de aquecimento global 23 vezes maior em relação ao CO₂, o que reflete em um expressivo impacto no efeito estufa antrópico, mesmo sendo emitido em menores quantidades (IPCC, 2007).

O CH₄ permanece na atmosfera em torno de 8 a 12 anos, enquanto o CO₂ pode durar séculos. Entretanto, o CH₄ tem um efeito maior em seu curto período de tempo devido ao seu potencial de aquecimento global. Isso significa que as reduções de emissões de CH₄ podem ter um efeito benéfico mais rápido que as reduções comparáveis ao CO₂ (RAHMAN, SHAMS, MAHMUD, 2009). Emissões antrópicas de GEE ocorrem em diversos setores de atividade. De acordo com o IPCC (1996, v.2 p. 3), estes gases têm suas emissões 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.

Além dos diversos impactos ambientais sobre a saúde e qualidade de vida da população local, os RSU contribuem para impactos ambientais em níveis globais, pois os RSU podem consistir em uma fonte significativa de emissões de CH₄ ICLEI (2009, p. 7). Uma forma de gerar tais gases, diz respeito às fases de tratamento ou disposição final dos RSU, que emitem CO₂, CH₄ e N₂O (GOUVEIA, 2012). A emissão descontrolada de CH₄ oriundos da decomposição da matéria orgânica presente no RSU é um dos precursores da produção do GEE, relacionado ao Aquecimento Global e vem sendo objeto de grandes discussões, nos últimos anos (FERNANDES et al., 2009). Emissões globais de CH₄ proveniente de resíduos foram estimadas em, aproximadamente, 40 milhões de toneladas por ano (RAHMAN, SHAMS, MAHMUD, 2009). 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 glacial, 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.

Há relatos científicos que sistemas físicos e biológicos em todos os continentes e na maioria dos oceanos estão sendo afetados pelas Mudanças Climáticas, especificamente pela alteração das temperaturas. Em função desses impactos, tem se desenvolvido mecanismos que diminuem 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 proteção do meio ambiente (GOUVEIA, 2012). Assim, acredita-se 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), são influenciadas por uma variedade de fatores, como a quantidade e características de RSU, questões de custo e financiamento, requisitos de infra-estrutura, 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 CH₄, contribuindo para a redução das emissões de GEE. Sendo assim, analisar as emissões de GEE dos resíduos sólidos urbanos, por meio das emissões provenientes da disposição final dos RSU, no município de Campo Grande, constitui o primeiro passo para verificar estratégias para mitigação dos impactos ambientais. Partindo da premissa diretiva indicada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/ 2010, da disposição final ambientalmente adequada dos RSU ocorra de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Diante desse fenômeno, levanta-se o seguinte questionamento, problemática central desta investigação científica: Quanto é emitido de CH₄ 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?

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi determinar as emissões de CH₄ do Aterro Sanitário Aterro Dom Antônio Babosa II – DAB II, localizado no Município de Campo Grande/MS.

REFERENCIAL TEÓRICO

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, cujas emissões, a partir da Revolução Industrial têm apresentado aumento em níveis consideráveis de concentração de alguns desses GEE.

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 que alcançará, até o ano de 2100, entre 0,3 e 4,8 °C (IPCC, 2013). 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 acaba em locais não controlados ou em despejos 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). Contabilizar e relatar as emissões de GEE da gestão dos RSU é particularmente desafiador. As atividades do setor de resíduos geram emissões de CH₄, CO₂ e N₂O. 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 CO₂, CH₄ e N₂O, 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 CH₄, oriunda da decomposição orgânica dos RSU e em função da sua concentração atmosférica. As emissões aumentaram 151% desde 1.750 e sua concentração continua aumentando (IPCC, 2007a). A concentração atmosférica global de CH₄ aumentou de 715 ppb para 1.732 ppb no início dos anos 90, alcançando 1.774 ppb em 2005, sendo que a variação da concentração dos últimos 650 mil anos é de 320 a 790 ppb (IPCC, 2013). 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 CH₄, no ano de 2010, sendo à disposição dos RSU, responsável por 53,9% desse valor, aproximadamente, 1.327 tCH₄. No período 2005 a 2010, as emissões de CH₄ do setor de Tratamento de RSU tiveram aumento de 7,3%.

Como visto, o MDL pode ser aplicado às atividades de gerenciamento dos RSU e pode ajudar a superar alguns impactos negativos. As receitas da venda de CRE podem contribuir para o avanço de práticas de gerenciamento de resíduos ambientalmente adequados (ISWA, 2009, p.20). 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 cerca de 19% destes projetos, com um total de 49 projetos de MDL registrados juntos a UNFCCC e um potencial de redução de 12.437.068 tCO_{2eq}. Estes projetos de MDL contribuíram para reduzir as emissões de CH₄, no Brasil foram 208,4 GgCH₄ no ano de 2010 MCTI (2016, p. 186).

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 CH₄. Como se sabe, os projetos de aproveitamento energético do biogás têm por objetivo produzir energia pela degradação dos RSU, mais especificamente, os de matérias orgânicas 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).

Independente do uso final do CH₄ produzido no Aterro Sanitário deve-se projetar um sistema padrão de coleta tratamento e queima do CH₄: poços de coleta, sistema de condução, tratamento (inclusive para desumidificar o gás), compressor e *flare* com queima controlada para a garantia de maior eficiência de queima do CH₄. Conforme IPCC (2006), a recuperação do CH₄ é referente à quantidade do gás gerado no Aterro Sanitário e que é queimada em um dispositivo de recuperação de energia ou em *flare*.

Independentemente da utilização energética escolhida para o biogás, recomenda-se a instalação de um *flare* para queima, especialmente para projetos destinados à obtenção de CRE (ICLEI, 2009, p. 30). Uma vez que a combustão completa do CH₄, na presença de O₂, gera um subproduto, composto por CO₂+H₂O, este de menor impacto ambiental e menor potencial de aquecimento global. Por enquanto, o aproveitamento energético do CH₄, não se destaca como oportuno para apresentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica do país no longo prazo, dada as dimensões insuficientes. Por sua vez, a geração de eletricidade por fontes alternativa não pode ser desprezada como um elemento importante de uma estratégia regional ou local de geração de energia (EPE, 2008). 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).

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU):

Conforme Gouveia (2012), 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 Saifullah e Islam (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”. Destarte, ISWA (2015) explica que, historicamente, a quantidade de geração per capita de RSU tinha relação direta com a renda da população no país. De fato, ao longo das duas últimas décadas, a geração de RSU, nos países com renda mais elevada atingiu seu nível máximo e os níveis de renda parecem ter sido desconectados da geração deles. Ainda que impulsionados pelo aumento da população, expansão urbana e crescimento econômico, espera-se que os níveis de geração de resíduos apareçam significativamente, nas próximas décadas, em países de baixa renda. Conforme Hoornweg, Bhada-Tata e Kennedy (2009, p. 616), à medida que a expansão urbana ocorre, a geração global de RSU está se acelerando. Em 1900, o mundo tinha 220 milhões de habitantes urbanos (13% da população). Eles produziram menos de 300.000 toneladas de lixo/dia (como itens domésticos quebrados, cinzas, resíduos alimentares e embalagens).

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. De acordo com o IPCC (2006, p. 5.9), a composição padrão dos RSU, apresenta cerca de 50% a 60% de resíduos alimentícios, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2013, p. 12) apresenta estudo sobre o desperdício de alimentos e explica que a fase de consumo, na qual reflete a geração de RSU, é a terceira maior responsável pelo desperdício de alimentos, correspondendo, a aproximadamente 350 milhões de toneladas.

Igualmente, os resultados das pesquisas feitas por Saifullah e Islam (2016, p. 86) apontam a presença de grande fração orgânica nos RSU é observada em muitos países em desenvolvimento, como Índia (40-60%) (Sharholly et al., 2008), Turquia (43-64%) (Keser et al., 2012), China (57-62%), (Chen et al., 2010), Nigéria (52-65%), Nepal (60-70%) (Pokhrel e Viraraghavan, 2005). A ISWA (2009, p. 4) indica que os componentes orgânicos dos resíduos (por exemplo, papel, papelão, resíduos alimentares ou resíduos de jardim) variam entre 30-70% da produção total de RSU; sendo, então, a

presença de matéria orgânica na composição dos RSU, a principal responsável pelas emissões de CH₄ e seus impactos ao meio ambiente (Rahman, S., Shams, S. e Mahmud K., 2009). Sabe-se que sem a devida infraestrutura necessária para oferecer a destinação e disposição ambientalmente adequada aos RSU, muitas áreas urbanas criam soluções improvisadas ou emergenciais, dando origem a uma série de transtornos que se reflete ainda em graves problemas de saúde pública, ambientais e sociais (CUNHA, 2011).

O Aterro Sanitário é uma das principais formas de disposição final dos RSU, no Brasil, 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). Mesmo concordando com as ações necessárias para as reduções apontadas, Lopes (2007, p. 40) lembra, com base na física, especificadamente, na segunda lei da Termodinâmica, denominada Lei da Entropia, que “o homem jamais se livra de algum tipo de resíduo ou de poluição gerado, pelo fato de ser impossível obter cem por cento de energia nobre daquela inicialmente disponível”. 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 corpo textual estão incluídos os perigosos, as responsabilidades compartilhadas entre os geradores, o poder público, face aos instrumentos econômicos aplicáveis. Aqui merece destaque um dos principais objetivos, que visa a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos RSU, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, gestão integrada de resíduos sólidos.

Considerando ainda a definição, indicada pela Lei 12.305/10, de gerenciamento dos RSU, como sendo 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, cria-se a oportunidade de elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGRS) ou de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Este mesmo marco legal declara o que vem a ser o processo da destinação final ambientalmente adequada. Trata-se de 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 [...] entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (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. O arranjo tecnológico denominado de Aterro Sanitário de RSU, conforme NBR 8419/1992, configura-se como, técnica de disposição de resíduos sólidos

urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (NBR, 8419/92, p.01).

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, com a implantação de Usinas de Triagem de Resíduos (UTR), também denominadas de Usinas de Tratamento de Resíduos (UTR). Essas atividades promovem a geração de emprego e de renda aos coletores de materiais recicláveis, uma proposta que combina no Programa de Inclusão Social e diminui os impactos no meio ambiente, provocado pela disposição irregular dos RSU. 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 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, sendo o *locus* da pesquisa o Aterro Sanitário Municipal Dom Antônio Barbosa II (DAHII), por lá estar instalada as técnicas de transformação do CH₄ em CO₂equi. De acordo com os dados do IBGE (2016) a capital 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/km². 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.

A gestão dos RSU impacta diretamente nas emissões da etapa de disposição final dos RSU, segundo (IPCC, 2006, Vol.5, pg. 5.10). Estudos mostram que os Aterros Sanitários tendem a ter maiores resultados de oxidação do que os locais de despejo não gerenciados, para determinação de suas características devem ser controlados nos aterramento de resíduo (ex. resíduo destinado especificamente para uma área do Aterro, controle de escavação e de chamas), incluindo ao menos um dos seguintes métodos: material de cobertura; compactação mecânica; ou nivelamento do resíduo, atividades estas que foram observadas em visita *in loco*.

O Aterro Sanitário Municipal DABII está, nas coordenadas 20°33'41.2"S 54°39'41.0"W. Encontra-se, ao sul do perímetro urbana a, aproximadamente, 12 quilômetros do centro, no km 350 do Anel Viário da Região Sul do Município, entre o entroncamento da BR 163 (São Paulo) e entroncamento da BR 060 (Sidrolândia). Ele 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, quando alcança o pico máximo da resiliência ambiental do sítio, onde o empreendimento está assentado.

Metodologia e os Instrumentos Técnicos de Medição

Os modelos existentes para quantificação da geração de gases em Aterros Sanitários podem ser estequiométricos (cálculo estático) ou estimativas cinéticas (simulação dinâmica). Paraskaki e Lazardis (2005) ensinam que no modelo estequiométrico é desenvolvido o cálculo da produção máxima teórica, com base nas reações de decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Nas estimativas cinéticas, as taxas de produção de gás são descritas por modelos baseados em equações matemáticas, que simulam o processo biológico e físico-químico da produção de biogás no Aterro Sanitário, ao longo do tempo.

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 CH₄ dos RSU dispostos no Aterro Sanitário. 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:

Tabela 1. Quantidade de Resíduos Encaminhados ao Aterro Sanitário. - Fonte: SOLURB 2016/PMCG 2012

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

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.

Para o cálculo da geração de CH₄, no sítio, foi utilizada a metodologia sugerida pelo IPCC (2000), contidas no Módulo 5 – Lixo, do Guia de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas para Inventários Nacionais de GEE, referentes às Diretrizes Revisadas do IPCC (1996). 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 CH₄ 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. A utilização desse método requer dados históricos sobre as quantidades, composição e gestão dos RSU dispostos no local de estudo (IPCC, 2000). Com a adoção desta metodologia para determinação do potencial de produção CH₄, foram utilizadas as formulas, a seguir:

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

Onde:

Lo: potencial de geração de CH₄ do resíduo (tCH₄/tRSU);

MCF: fator de correção do CH₄ (%);

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

COD_f: fração de DOC dissolvida (tC/tRSU): 0,50 (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 13)

16/12: conversão de carbono para CH₄ (tCH₄/tC); (IPCC, 1997; IPCC, 2000) MCF

= 1 (Aterro bem gerenciado);

F: fração de CH₄ 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.

$$A = (1 - e^{-k})/k \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

A: fator de correção da somatória: 0,919619

k: constante de decaimento (ano^{-1});

$$\text{CH}_{4\text{gerado}} = \sum [\text{Lo}_{(x)} * \text{MSWT}_{(x)} * \text{MSWF}_{(x)} * A * k * (e^{-k(t-x)})] \quad \text{equação (4)}$$

Sendo que:

CH_4 gerado: geração de CH_4 (tCH_4/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;

MSWT: total de resíduos disposto no ano $x^{(t)}$;

MSWF: fração de material orgânico no resíduo no ano $x^{(t)}$; k:

constante de decaimento (ano^{-1});

$\text{Lo}(x)$: potencial de geração de CH_4 do resíduo (tCH_4/tRSU);

$$\text{CH}_{4\text{emitido}} = (\text{CH}_{4\text{gerado}} - \text{R}_{(t)}) * (1 - \text{OX}) \quad \text{equação (5)}$$

Sendo que:

CH_4 emitido: emissão de gás CH_4 (tCH_4/ano); $\text{R}(t)$:

CH_4 Recuperado;

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

$$\text{CO}_{2\text{eq.}} = \text{CH}_{4\text{emitido}} * \text{GWP}_{\text{CH}_4} \quad \text{equação (6)}$$

Sendo que:

$\text{CO}_{2\text{eq.}}$: emissão equivalentes de gás CO_2 ($\text{tCO}_{2\text{eq.}}/\text{ano}$);

CH_4 emitido: emissão de gás CH_4 (tCH_4/ano);

GWP_{CH_4} : potencial de aquecimento global: 21 $\text{tCO}_{2\text{eq.}}/\text{tCH}_4$ (ICLEI, 2009, p.71).

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*, nas seguintes frações dos RSU correspondentes a: papéis, têxteis, alimentos, madeira, borracha e couro e outros materiais inertes. Com base nos dados de composição dos RSU disponibilizados pela Concessionária de Limpeza Urbana Municipal, conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Tabela de Composição do Resíduo. Fonte: Próprio Autor (2017).

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%

Observa-se na Tabela 2, que a composição dos RSU tem sua maior fração composta por resíduos alimentares. Estes tipos de resíduos são responsáveis, principalmente, pelas emissões de CH_4 . Ações diferentes de sua disposição em Aterro Sanitários podem contribuir para mitigar tais emissões, além da possibilidade de reciclagem e geração de outros produtos como adubo orgânico, voltando a fixar o carbono degradado junto ao solo. Cada tipo de material que compõe os RSU apresenta um conteúdo diferente de Carbono Orgânico Degradável (COD), sendo esse o principal 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 (tCH₄/tRSU). - Fonte: Próprio Autor (2017).

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

Com os resultados do COD presentes nos RSU para cada ano foram desenvolvidos os cálculos do potencial de geração de CH₄ do resíduo (L₀), a geração de CH₄ 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 CH₄ (0°C e 1,013 bar) como 0,0007168 t/m³ (FIGUEIREDO, 2007). Para efeito de cálculo, os dados referentes aos resíduos dispostos nos meses de novembro e dezembro de 2012, foram somados aos do ano de 2013, apenas para efeito de cálculo. A Tabela 4 apresenta a geração de CH₄ que apontam a vazão (m³CH₄/h), ano a ano, para um período de 30 anos, desde a implantação do Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II.

Tabela 4 – Geração e Emissão de CH₄ e Emissão de CO_{2eq}. Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II. - Fonte: Próprio Autor (2017).

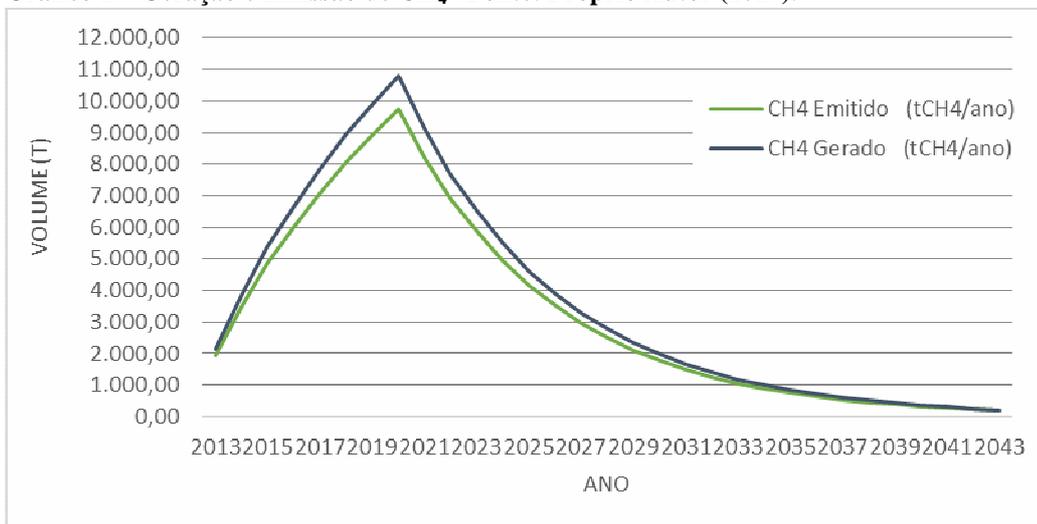
Anos	CH ₄ Gerado (tCH ₄ /ano)	CH ₄ Emitido (tCH ₄ /ano)	CH ₄ Emitido (m ³ CH ₄ /ano)	CO _{2eq} . Emitido (tCO ₂ /ano)
2013	2.141,92	1.927,73	2.689.354,76	40.482,32
2014	3.845,58	3.461,02	4.828.431,16	72.681,41
2015	5.396,81	4.857,13	6.776.129,57	101.999,72
2016	6.686,28	6.017,65	8.395.163,13	126.370,71
2017	7.853,49	7.068,14	9.860.692,00	148.431,02
2018	8.936,39	8.042,75	11.220.358,34	168.897,81
2019	9.919,58	8.927,62	12.454.826,34	187.480,01
2020	10.819,14	9.737,23	13.584.298,83	204.481,73
2021	9.127,73	8.214,95	11.460.594,98	172.514,04
2022	7.700,74	6.930,67	9.668.900,76	145.544,03
2023	6.496,85	5.847,16	8.157.311,39	122.790,38
2024	5.481,16	4.933,04	6.882.036,62	103.593,92
2025	4.624,26	4.161,84	5.806.132,16	87.398,55
2026	3.901,33	3.511,19	4.898.429,42	73.735,08
2027	3.291,41	2.962,27	4.132.632,56	62.207,69
2028	2.776,85	2.499,16	3.486.556,69	52.482,44
2029	2.342,73	2.108,46	2.941.485,21	44.277,59
2030	1.976,48	1.778,83	2.481.627,58	37.355,44
2031	1.667,49	1.500,74	2.093.661,88	31.515,47
2032	1.406,80	1.266,12	1.766.348,86	26.588,50
2033	1.186,87	1.068,18	1.490.206,39	22.431,78
2034	1.001,32	901,19	1.257.234,70	18.924,90
2035	844,78	760,30	1.060.684,68	15.966,27
2036	712,71	641,44	894.862,35	13.470,18
2037	601,29	541,16	754.963,88	11.364,32
2038	507,28	456,56	636.936,46	9.587,68
2039	427,98	385,18	537.360,88	8.088,79
2040	361,07	324,96	453.352,47	6.824,22
2041	304,62	274,16	382.477,53	5.757,36
2042	257,00	231,30	322.682,84	4.857,28
2043	216,82	195,14	272.236,16	4.097,92
Total	112.814,74	101.533,27	141.647.970,59	2.132.198,57

Adotando-se a concentração de CH₄ no biogás igual a 50% (IPCC, 2006), a quantidade de biogás será o dobro do valor, ou seja, será duas vezes a quantidade de CH₄. Observa-se, na Tabela 4, que ao longo do tempo de disposição do resíduo, a produção de CH₄ 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, podendo este ser reflexo do arranjo tecnológico e institucional existente, no qual permite ocorrer uma diminuição dos RSU enviados ao local, por meio do fortalecimento das Políticas Públicas por parte dos gestores municipais que visem reduzir, reutilizar e reciclar. Mesmo com uma queda na quantidade dos RSU dispostos no local, entre 2015 a 2016, a produção de CH₄, 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 CH₄.

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 CH₄. Considerando que o arranjo tecnológico previsto para o Aterro Sanitário DAB II, apresenta queima do CH₄ emitido, fica a lacuna para futuros estudos quanto ao seu efetivo funcionamento.

Gráfico 1 – Geração e Emissão de CH₄ - Fonte: Próprio Autor (2017).



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 CH₄ nos locais de disposição, no Brasil. Observando, ainda, a quantidade de Municípios que ainda fazem a destinação final de seus RSU em locais impróprios, sejam eles Lixões de Céu Aberto ou mesmo em Aterros Controlados, os problemas ambientais e de saúde pública que são consequência destas ações, pode-se considerar que resolver o problema de descarte irregular é uma iniciativa essencial para a eficácia do processo de gestão de RSU nos Municípios brasileiros.

CONCLUSÕES

Face ao delineamento de pesquisa proposto, declara-se que foi possível atingir o objetivo anunciado. Foi possível estimar as emissões de CH₄, produzidos no Aterro Sanitário Dom Antônio Barbosa II, durante os anos de operação entre 2013 e 2020, bem como após seu encerramento, até o ano de 2043. Os resultados obtidos permitiram também obter informações sobre a gestão dos RSU, em específico na fase de disposição final dos mesmos. Com base nas análises gravimétricas, foi possível caracterizar os RSU já dispostos no Aterro Sanitário DAB II e observar que os eles são, em sua maioria, compostos por resíduos alimentícios, responsáveis pela geração e emissão de CH₄, principal GEE na etapa de disposição final. Utilizando modelos matemáticos, foi possível determinar as emissões de CH₄ a partir da decomposição do RSU e assim quantificar sua geração e suas emissões.

O cálculo para estimativa da geração de CH₄ apresenta em seu ano inicial, 2013, de 2.141,92 tCH₄. Já, em seu último ano de disposição, 2020, alcançou seu valor máximo de CH₄ estimada é de 10.819,14 tCH₄ e um total acumulado dos anos de 2013 a 2043, de 112.814,74 tCH₄, ou 2.364.556,28 tCO_{2eq}. Quando observa-se os valores estimados para as emissões, apresenta em seu ano inicial, 2013, de 1.927,73 tCH₄. Já, em seu último ano de disposição, 2020, alcançou seu valor máximo de CH₄ estimada é de 9.737,23 tCH₄ e um total acumulado dos anos de 2013 a 2043, de 101.533,27 tCH₄. Assim, observa-se uma redução de 10%, entre a geração e emissão de CH₄. Esta redução ocorre devido ao fator de oxidação adotado.

É este índice que reflete a quantidade de CH₄ do RSU que é oxidada no solo ou por outro material de cobertura. Por fim, por conta das estimativas calculadas, bem como as análises feitas ao longo do corpo textual deste trabalho, acredita-se que os dados, aqui apresentados, fornecem uma visão útil da gestão dos RSU, principalmente, no que diz respeito às emissões GEE, na disposição final desses. 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 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, que continua a contribuir para o Aquecimento Global e para as mudanças na regulação climática do Planeta e necessita de futuros estudos que avancem quanto às atividades de mitigação as emissões de CH₄ e a gestão dos RSU nos Municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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 Acessado em: 20/07/2016.
2. 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.
3. 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. Disponível em: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf. Acesso em 01/04/2016.
4. 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.
5. 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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232012000600014&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20/08/2017.
6. 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.
7. 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. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf. Acesso em: 22/08/2016.
8. _____. **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. Acesso em: 10/08/2017.
9. _____. **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.
10. _____. **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. Acesso em: 16/10/2016.
11. 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.

12. 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).
13. 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.
14. 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. Disponível em: < http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf >. Acesso em 10/08/2016.
15. PMCG – Prefeitura Municipal de Campo Grande. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Campo Grande. MS. 2012. Disponível em: < <http://www.capital.ms.gov.br/planurb/downloads/plano-municipal-de-saneamento-basico-gestao-integrada-de-residuos-solidos/> >. Acesso em 10/10/2016.