
A TRANSIÇÃO DOS LIXÕES PARA ATERROS SANITÁRIOS E SEU POTENCIAL IMPACTO NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Guilherme Gonçalves

Economista (UNICAMP), Especialista em Gestão da Sustentabilidade e Responsabilidade Corporativa e Assessor Técnico do Projeto PROTEGEER na agência de cooperação internacional - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Hélinah Cardoso Moreira

Engenheira Ambiental (UFRJ), Mestre em Engenharia Ambiental (PUC-RJ) e Coordenadora do Projeto PROTEGEER na agência de cooperação internacional - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Mariana Silva

Graduada em gestão ambiental (UNI ANHANGUERA Goiânia) e Assessora Técnica Júnior do Projeto PROTEGEER na agência de cooperação internacional - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Rebeca Borges de Oliveira

Aluna de graduação do Curso de Engenharia Ambiental (UnB) e estagiária na agência do Projeto PROTEGEER na cooperação internacional - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Tatiana Dumke da Silva

Engenheira Ambiental (Unesp), Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH-UnB) e Pesquisadora pelo CDT/UNB

Sergio Luis da Silva Cotrim

Engenheiro Civil (UFRGS), Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS), Especialista em Gestão de água e resíduos nas cidades (PMSS-MCidades) e Especialista em Infraestrutura Sênior no Ministério do Desenvolvimento Regional

Endereço: SCN Quadra 01, Bloco C, 14º andar, sala 1401, Ed. Brasília Trade Center – Asa Norte – Brasília – Distrito Federal - CEP: 70711-902 – Brasil – Tel: +55 (3033-2865) – e-mail: mariana.silva@giz.de.

RESUMO

Por meio da Lei nº 12.305/2010, é obrigatório substituir os lixões por aterros sanitários regulamentados, por isso foi avaliado no presente trabalho os impactos ao clima relacionados à transição do modelo de disposição final de lixões para aterros sanitários e potenciais ações de mitigação de emissões que corroboram com a integração das políticas de clima e resíduos no Brasil. Com isso foram avaliados dados de disposição final, baseados na massa recebida nos aterros sanitários e na relação com as emissões de GEE do setor de resíduos sólidos, de acordo com dados do SNIS e do MCTIC. A fim de ressaltar a importância da qualificação dos aterros sanitários, foram contabilizados os projetos que realizaram a captação e a posterior destruição do gás metano e também dos projetos que realizam a recuperação energética do biogás, segundo a CETESB. Concluiu-se que os municípios devem investir em ações de gestão e tecnologias de tratamento que contribuam para desviar os resíduos sólidos dos aterros sanitários, sendo que adicionalmente é recomendada a adoção de uma política de qualificação de aterros sanitários, baseada no porte do empreendimento e focada em ações para o tratamento dos gases gerados como a destruição por flares controlados, queima centralizada ou geração de energia.

Palavras-chave: aterro sanitário; emissões de GEE; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; Qualificação de aterros sanitários; disposição final; resíduos sólidos urbanos; mudanças climáticas

INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos tem impacto direto em questões do saneamento básico relacionados à saúde e bem-estar da população, da contaminação do solo e água, e às mudanças climáticas. No Brasil, a gestão inadequada de resíduos sólidos onera de forma significativa o poder público nas esferas locais, porém com resultados muito aquém das expectativas no que se refere à sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Conforme a Política Nacional de Saneamento Básico e o Plano Nacional de Saneamento (PLANSAB) revisado recentemente e em fase de consulta pública, ficou estabelecida a obrigação da elaboração de planos municipais de saneamento incluindo o eixo de resíduos sólidos urbanos, com o estabelecimento de metas progressivas de eliminação de lixões e aumento da cobertura dos serviços para a área rural e urbana. Somado a isso, o Brasil, em sua Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei nº 12.187/2009, estabeleceu o compromisso nacional de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), implicando na necessidade de implantação de novas soluções tecnológicas de baixas emissões, e

consequentemente, da redução da disposição final de resíduos em aterros e lixões, grandes fontes de geração de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) no setor de resíduos sólidos urbanos (RSU).

A lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), apresenta as diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil. O artigo 9º da PNRS apresenta a visão integrada da gestão dos resíduos sólidos urbanos, evidencia a hierarquia da gestão de RSU, incentiva a utilização de tecnologias para tratamento de RSU e determina a integração das políticas a nível federal, estadual e municipal. Também dispõe sobre a obrigatoriedade da disposição ambientalmente adequada dos RSU e consequentemente a substituição dos “lixões” por aterros sanitários, além de enfatizar que apenas rejeitos devam ser encaminhados para os aterros sanitários.

O que se observa, contudo, é que a implementação da política e das orientações destacadas pelo Artigo 9º, estão longe do desejado e que os esforços de curto prazo geralmente estão concentrados no encerramento de lixões e na implementação de aterros sanitários.

O adensamento populacional em centros urbanos e o consequente incremento na produção e disponibilização de materiais descartáveis, aumento do padrão de consumo e a relativa abundância de alimentos impactaram diretamente na taxa de geração de resíduos per capita e na composição dos resíduos demandando soluções efetivas para seu gerenciamento. Destaca-se que a fração orgânica (restos e perdas de alimentos, podas etc.) representa em média 50% dos RSU gerados no Brasil (Brasil, 2010). Tradicionalmente, o enfoque dado à gestão de RSU no Brasil tem se concentrado apenas nas etapas de coleta e disposição final de resíduos. Por exemplo, a reciclagem de matéria orgânica via compostagem ainda é muito incipiente no país, representando apenas 0,29% dos resíduos domésticos e públicos coletados (Brasil, 2017). Mesmo que haja ações voltadas para minimizar o envio de orgânicos para os aterros, as informações sobre o percentual de resíduos recebidos em unidades de processamento (unidades de triagem e compostagem) ainda são frágeis e dispersas.

O gerenciamento dos resíduos baseado na coleta e sua disposição final no solo impacta diretamente nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). A principal fonte de emissões do setor é o metano (CH_4), gerado a partir do aterramento dos resíduos “*in natura*”, ocorrendo a decomposição anaeróbia da fração orgânica.

Por mais que a hierarquia no gerenciamento de resíduos proposta pelo Artigo 9º da PNRS priorize medidas de redução, reciclagem e tratamento, antes da disposição final, o mercado atual demonstra que ações em disposição final vem sendo priorizadas, o que impactará diretamente nas emissões de gases de efeito estufa do setor.

As mudanças climáticas e a necessária redução de gases de efeito estufa (GEE) vêm sendo tratadas internacionalmente no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança

do Clima (UNFCCC). Durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), em 2015, foi aprovado o Acordo de Paris com o objetivo de conter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, além de aplicar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C. Os países ratificaram o acordo em 2016 ao comunicarem suas metas de redução até 2030 mediante sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). Neste contexto, o Brasil ratificou sua NDC junto a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em novembro de 2016, quando assumiu o compromisso de adotar medidas para redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% em 2025 e 43% em 2030, tendo por referência o ano de 2005 (Brasil, 2015).

Para alcançar as metas da NDC brasileira, no que diz respeito ao setor de RSU, entende-se como necessária uma transição do modelo atual de gestão para um modelo de baixas emissões de GEE.

O Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) é responsável pela publicação anual do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouro de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal. O inventário é disponibilizado no Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), nos termos do Decreto nº 9.172, de 17 de outubro de 2017. O SIRENE também armazena outras iniciativas de contabilização de emissões, tais como as estimativas anuais de emissões de GEE, que servem como parâmetro para a tomada de decisão governamental. O tratamento dos resíduos sólidos urbanos contribuiu com 2,5% das emissões, enquanto que os efluentes representaram outros 2,5% (Brasil, 2017).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) declara, em Waste and climate change - global trends and strategy framework 2010, que:

em escala global, o setor de resíduos é responsável apenas por menores contribuições nas emissões de GEE, estimadas em aproximadamente entre 3% a 5% do total das emissões antropogênicas. Todavia, o setor de resíduos está numa situação única de mudar de uma menor fonte das emissões globais para ser um maior compensador de emissões. Mesmo com as inerentes emissões menores no tratamento e disposição final, a prevenção e a recuperação de resíduos (nas formas de matéria-prima pós-consumo ou energia) evita emissões maiores em todos os outros setores da economia (UNEP, 2010, p.1, tradução).

Como mitigador de emissões o setor de resíduos sairia de um potencial poluidor para um potencial alavancador de investimentos através de fundos climáticos internacionais e de novos modelos de negócios para o Brasil.

Em contrapartida, comparando-se os dados do Inventário Nacional de Emissões nos anos de 2005 a 2014 demonstrou que o setor de resíduos aumentou suas emissões em 24%.

O setor de resíduos sólidos urbanos apresenta uma relação íntima com o problema global das mudanças climáticas ao atuar – a depender das rotas tecnológicas adotadas – ora como emissor de GEE, ora como setor estratégico para a redução e mitigação de emissões de GEE.

Por rotas tecnológicas entende-se:

“o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valoração energética. Inicia-se na geração dos resíduos e encerra-se na com a disposição final (em aterro sanitário).” (Reichert, 2019)

A decomposição da matéria orgânica nos aterros e lixões em condições de ausência de oxigênio gera o biogás, composto majoritariamente por metano e dióxido de carbono. O metano é o gás mais emitido no setor de resíduos sólidos e possui um potencial de aquecimento aproximadamente 28 vezes superior ao do dióxido de carbono (IPCC, 2006). O biogás, contudo, tem um potencial energético e pode ser aproveitado como fonte renovável para geração elétrica, térmica, ou como substituto ao gás natural, na forma de biometano. Todavia, caso não seja aproveitado energeticamente, deve ser destruído, a fim de se reduzir os impactos das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera.

Para que novas rotas tecnológicas sejam consideradas, deve-se avaliar o cenário de investimentos do Governo Federal no setor de resíduos. Quando se observa a distribuição geográfica dos investimentos realizados no âmbito do PAC no período entre 2007 e 2018, é notória a carência de investimentos nas Regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste.

Já em relação aos aterros sanitários financiados pela FUNASA, observa-se que grande parte (70,3%) apresentam condições operacionais inadequadas. Dentre os 108 aterros financiados, a região Sul é a que possui a maior quantidade de aterros sanitários avaliados e enquadrados como adequados (54,05%), seguida pelo Sudeste (35,29%), Nordeste (16,66%), Norte (13,64%) e Centro-Oeste (12,5%). Neste contexto, fica claro que a sustentabilidade das obras financiadas com recursos públicos merece atenção. (JORGE *et al.*, 2018).

Segundo o Diagnóstico do SNIS (Brasil, 2017) constata-se que:

- 36,9% dos municípios encaminham os RSU de forma adequada para aterros e o restante encaminha para disposição de forma ambientalmente inadequada em lixões ou aterros controlados ou não disponibilizaram informações;
- A despesa total das prefeituras com os serviços de limpeza e manejo dos resíduos sólidos no ano 2017 resultou no valor de R\$ 121,62 por habitante, ou seja, um gasto aproximado de R\$ 21 bilhões, empregando 343 mil trabalhadores;

- Apenas 46% dos municípios realizaram cobrança pelos serviços relativos à gestão municipal de resíduos e, o valor arrecadado cobriu somente 54% dos custos.

Pode-se afirmar que ainda é muito incipiente a implementação de atividades que buscam a valorização dos resíduos e, com isso, a redução de seu volume. Sem separação ou tratamento prévio, muitos materiais e insumos são perdidos nos resíduos e os municípios são onerados pela necessidade de dispor corretamente um grande volume de RSU.

Nesse contexto, o presente trabalho visa demonstrar os impactos ao clima relacionados à transição do modelo de disposição final de lixões para aterros sanitários e potenciais ações de mitigação de emissões que corroboram com a integração das políticas de clima e resíduos no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo das emissões de GEE no setor de RSU existem diversas ferramentas e metodologias, sendo que é a finalidade da quantificação que determinará qual abordagem será a mais indicada. As duas metodologias de quantificação das emissões de GEE mais aplicadas no setor são a do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

O modelo do IPCC 2006 é uma metodologia de quantificação de gases de efeito estufa estabelecida pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* – UNFCCC, que quantifica as emissões totais de um município, estado ou país, considerando uma rota simplificada com foco na disposição final. Sendo assim, uma de suas limitações é a não quantificação das emissões geradas ou reduzidas em outros setores, como o de transporte devido a coleta de resíduos (contabilizada no setor de transporte), a da reciclagem (setor da indústria) ou recuperação energética (setor de energia). Para uma abordagem mais sistêmica e integrada, utiliza-se a metodologia de ACV.

A metodologia ACV apresenta uma visão integrada e é focada no fluxo de materiais, desde a extração da matéria prima até a disposição final, e é usualmente aplicada para facilitar a tomada de decisões em políticas públicas integradas. Nesse contexto, considera-se todas as emissões decorrentes do gerenciamento dos resíduos, independentemente do local e horizonte temporal em que as emissões ocorrem.

No presente artigo, optou-se pela utilização e avaliação da metodologia do IPCC por ser a referência internacional adotada nos inventários nacionais de países signatários do Acordo de Paris, e pelo setor de resíduos estar atualmente mais focado em ações de disposição final. Além

disso, a abordagem de ACV demanda um maior número de dados e informações confiáveis, que ainda são pouco confiáveis no setor de resíduos.

A metodologia do IPCC utiliza o modelo de decaimento de primeira ordem, que considera basicamente o carbono orgânico biodegradável, relacionado com a massa de resíduo depositado, sua fração de carbono e sua decomposição em condições aeróbias e anaeróbias, inferido através do fator de correção de metano (MCF). Neste caso, observa-se que o modelo é mais sensível à fração biodegradável dos resíduos.

A fim de demonstrar como é feita a base para o cálculo das emissões da fração orgânica é quantificado o Carbono Orgânico Degradável Decomposto (DDOC_m = *Decomposable Degradable Organic Carbon*), esse está definido na equação DDOC_m como a parte do carbono orgânico que irá degradar sob condições aeróbicas nos depósitos. Ele é definido na planilha do IPCC como DDOC_m, o subscrito “m” é usado para definir massa. DDOC_m é igual ao produto da massa de resíduo depositado (W), a fração de carbono degradável depositado (DOC), a fração de carbono orgânico degradável que decompõem sob condições anaeróbias (DOC_f), e parte deste resíduo que irá decompor sob condições aeróbias nos depósitos, na qual é inferida através do fator de correção do metano (MCF).

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MCF$$

Equação 1 - DOC Carbono Orgânico Degradável Decomposto.

Onde:

$DDOC_m$ = Massa decomposta de DOC depositado, Gg

W = Massa de resíduo depositado, Gg

DOC = Carbono orgânico degradável no ano de deposição, fração, Gg C/Gg resíduo

DOC_f = fração de DOC que pode ser decomposta (fração)

MCF = Fator de correção de CH₄ para decomposição aeróbica no ano de deposição (fração).

Em relação ao MCF, é importante salientar que a metodologia do IPCC calcula um valor médio do MCF, sendo a média ponderada entre as porcentagens (em valores de massa) da disposição pelo coeficiente adequado para cada tipo. Cada tipo de disposição (Lixão, Aterro Controlado ou Aterro Sanitário) apresenta um valor entre 0 e 1 que interfere diretamente em quanto se dará as emissões de CH₄, como está mostrado na tabela 1 os fatores de correção de metano para diferentes tipos de disposição final sugeridos pelo IPCC (2006).

Tabela 1 – Fator de Correção de Metano (MCF) por tipo de destinação final.

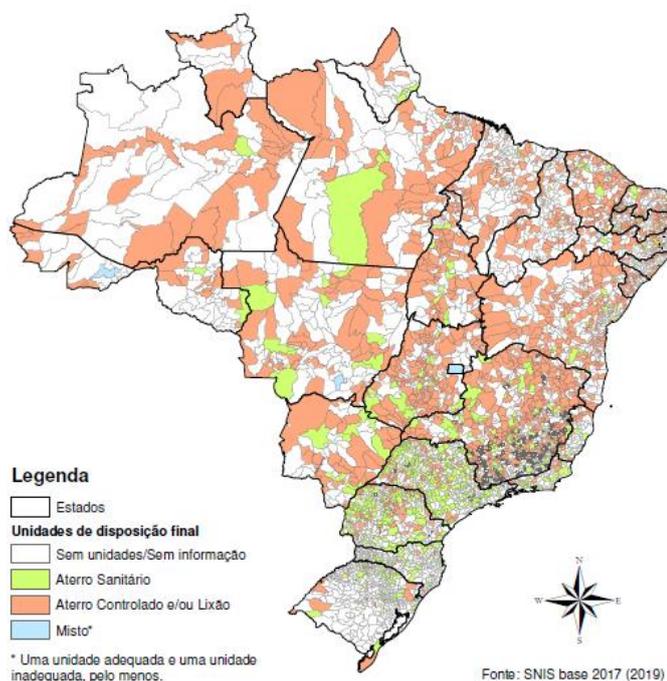
Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Gerenciado Semi-Aeróbio	Não coletado / Outra categoria
0,4	0,8	1	0,5	0,6

Fonte: Adaptado de *Greenhouse Gas Protocol* (2016).

Ao se avaliar o valor padrão IPCC para lixão um MCF de 0,4 e para aterro sanitário um MCF de 1,0 é possível afirmar, que a ampliação de aterros sanitários irá resultar em maiores emissões de CH₄. Outro aspecto a ser considerado é que apesar do IPCC 2006 qualificar os lixões com o MCF 0,4, compreendendo os lixões com profundidade até 5 metros possuem um ambiente mais aeróbio, não significa necessariamente que os lixões na sua integralidade não tenham profundidade superior à apontada por essa padronização do IPCC.

Adicionalmente, foi realizado um levantamento da geração e disposição final dos resíduos por região do país, avaliando a quantidade de massa recebida nas unidades de processamento por região geográfica. Por apresentarem maior adensamento populacional, naturalmente as regiões Sudeste, Nordeste e Sul apresentam maiores impactos proporcionais. Essas regiões realizam majoritariamente a disposição em aterros sanitários ou lixões, possuindo poucas ações de gerenciamento voltadas para o tratamento da massa de resíduos prévios à disposição final. A Figura 2 apresenta a forma de disposição final adotada pelos municípios, segundo dados do SNIS.

Figura 1 - Unidades de disposição final por município, segundo dados do Diagnóstico SNIS 2019.

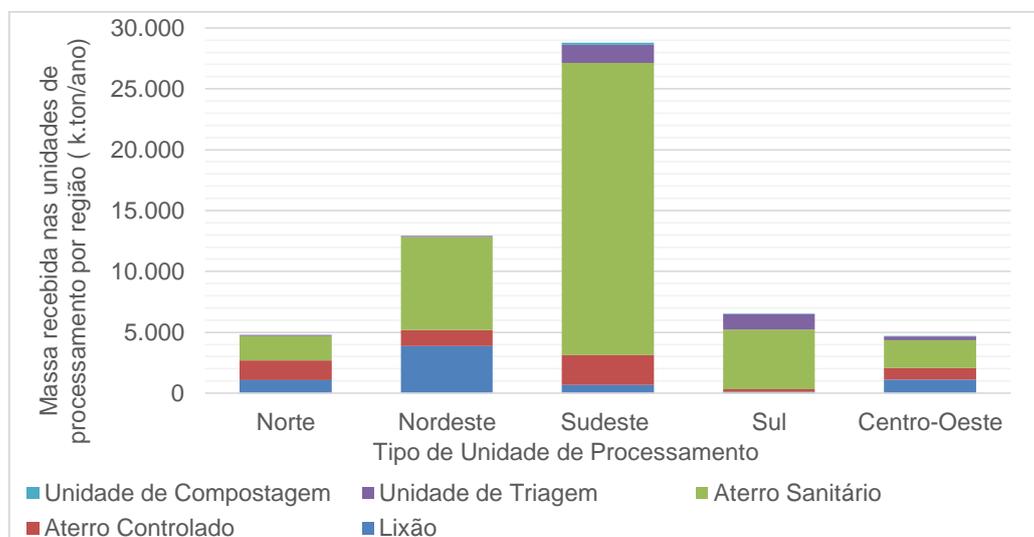


Ao observar na Figura 1, fica evidente que grande parcela dos municípios não informa ou informa incorretamente seus dados sobre sua disposição final. Entretanto, destacam-se as regiões sul e sudeste dispõem majoritariamente em instalações ambientalmente adequadas.

Vale destacar, que devido ao caráter auto declaratório do SNIS, as respostas dos municípios apesar de validadas de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Secretaria Nacional de Saneamento, uma parcela considerável das informações não é confiável. Nesse contexto, apenas 3.556 respostas foram consideradas válidas, resultando numa taxa de resposta de 63,8%. Ainda assim, em termos de população urbana, a representatividade sobe para 83,9%.

Na sequência, a Figura 2 detalha como está ocorrendo o processamento de resíduos sólidos em unidades de tratamento e disposição final em cada uma das regiões brasileiras.

Figura 2 – Massa de resíduos encaminhadas para diferentes tipos de unidade de processamento por região do país, segundo dados do Diagnóstico SNIS 2019.



Elaborado pelos autores.

Realizou-se uma análise detalhada das principais unidades de processamento utilizadas por regiões do país, discernindo entre unidade de compostagem, aterro sanitário, aterro controlado, lixão e unidade de triagem, segundo dados do diagnóstico Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos sólidos (Brasil 2019), apresentada na Tabela 2.

É possível observar uma correlação entre os dados da Figura 1 e 2, por meio da quantidade de massa recebida nas unidades corresponde com os dados relacionados a gestão de resíduos nas regiões. Já na Tabela 2 é possível relacionar o aumento das emissões de resíduos sólidos urbanos no Brasil com o aumento da massa recebida nos aterros sanitários.

Tabela 2 - Análise das emissões geradas nos Aterros Sanitários do Brasil no período de 2010-2015.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Massa de resíduos recebido nos Aterros Sanitários	36,4%	46,0%	51,9%	50,2%	52%	60,9%
Emissão de GEE (Tg CO ₂ eq) pelo método GWP - SAR, IPCC 1995	53	56	57	61	62	63
Emissões provenientes dos AS (Tg CO ₂ eq (GWP - SAR, IPCC 1995))	19,3	25,8	29,6	30,6	32,2	38,4
Aproveitamento de biogás dos AS (Tg CO ₂ eq)	4,6	6,2	7,1	7,3	7,7	9,2

Fonte: Diagnóstico Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos sólidos (Brasil 2019) / 4ª edição das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil / Elaborado pelos autores

Afim de demonstrar a correlação do aumento da massa recebida nos aterros sanitários com o aumento das emissões no setor de RS foi utilizada a Equação 2.

Porcentagem da massa recebida nos AS por ano x Emissão de GEE do setor de RSU

= Emissões provenientes dos aterros sanitários

Equação 2 - Cálculo das Emissões provenientes dos AS nos anos de 2010 a 2015.

Os dados da massa recebida nos aterros são dos Diagnósticos do SNIS-RS de 2010 a 2015, é importante considerar que cada edição do SNIS foi realizada uma extrapolação dos dados da amostra para o “universo Brasil”, pois como foi possível observar na Figura 1, uma porcentagem considerável dos municípios ficam com o status de “sem informação”, essa é uma solução estatística para se aproximar mais da realidade brasileira.

As emissões de GEE do Setor de Resíduos Sólidos foram baseadas nos dados da 4ª edição das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil, que é uma fonte de referência nacional. A Figura 3 retrata o aumento estimado das emissões com o aumento da massa recebida nos aterros sanitários.

Figura 3 - Emissões provenientes dos Aterros Sanitários no período de 2010-2015.



Fonte: Diagnóstico Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos sólidos (Brasil 2019) / 4ª edição das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil / Elaborado pelos autores.

Como forma de substanciar essa análise preliminar foram compilados os projetos de Aterros Sanitários no Brasil com aproveitamento energético ou queima de “Gás de Lixo” (GDL) apoiados pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), aplicado à redução de emissões de gases gerados na disposição final de resíduos sólidos. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), juntamente com a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) até o ano de 2014, realizou a compilação dos projetos brasileiros, utilizando os dados cedidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Dentre os 60 projetos catalogados pela CETESB, 26 fazem a recuperação energética. Além desses dados, foi complementado com atualização de 11 outros projetos de recuperação energética no período de 2010 a 2017, que não foram fomentados pelo projeto MDL, registrados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

RESULTADOS/DISCUSSÃO

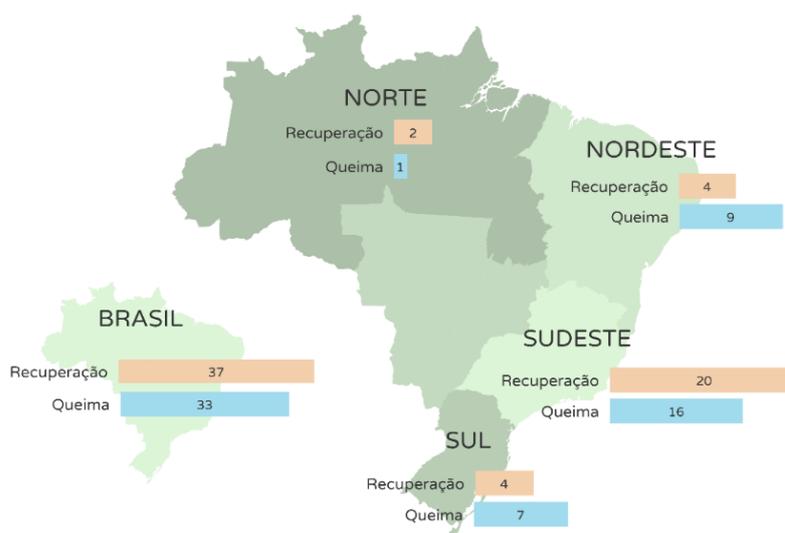
Como foi mostrado na Figura 3, o modelo de cálculo IPCC, representado na equação 1, indica que a transição da disposição final orientada pela PNRS de lixões ou aterros controlados para aterros sanitários causará um aumento nas emissões de GEE no setor, caso não sejam implementadas ações voltadas à destruição ou recuperação do biogás gerado nos aterros.

Nota-se o predomínio da disposição dos RSU em aterros sanitários nas regiões Sul e Sudeste, de acordo com o SNIS-RS (2017), motivado pela sua concentração populacional e por deter instrumentos de gestão relativamente mais avançados do que outras regiões brasileiras. A CETESB, foi pioneira no Brasil na inserção de critérios para qualificação de aterros sanitários, no que diz respeito a queima centralizada do biogás, demandando a coleta e queima centralizada já no processo de licenciamento ambiental de novos empreendimentos. Há regras específicas para aterros de menor porte que recebem até 100 t/dia toneladas ou que não tenham supressão de vegetação em estado primário ou secundário. Contudo, para aterros que recebem acima de 100 t/dia, no qual deve ser realizado com base em estudos ambientais (EIA, RAP ou EAS), definidos pelas Resoluções CONAMA 01/86, 237/1997, Resolução SMA 49/2014 e Decisão de Diretoria nº 153/2014/I, é requisito de licenciamento ambiental a queima centralizada do biogás. Sendo São Paulo o estado com maior geração e disposição em aterros sanitários uma políticas mais restritivas para melhoria da eficiência da captura e destruição do biogás tende a gerar um impacto muito positivo em emissões de GEE.

Já a região Nordeste dispõe apenas 9,1% do RSU para soluções ambientalmente adequadas, de acordo com o SNIS-RS (2017), por isso deve-se observar que para o cumprimento da PNRS, a transição de lixões para aterros sanitários tem o potencial de causar um grande impacto nas

emissões caso essa transição não seja acompanhada por uma regulação estadual mais restritiva. Tanto sob a ótica do gerenciamento do gás de aterro, como com ações complementares visando o aumento progressivo da taxa de desvio de resíduos orgânicos e secos dos aterros sanitários. No caso dos aterros, recomenda-se a adoção de uma política de qualificação baseada em seu porte, focada em ações para o tratamento dos gases como a destruição por flares controlados, queima centralizada ou geração de energia. Como pode ser observado na Figura 4, os projetos existentes.

Figura 4 - Projetos de aproveitamento energético ou queima do biogás por regiões no Brasil no período de 2002 a 2017, segundo base de dados do MCTIC, EPE e ANEEL.



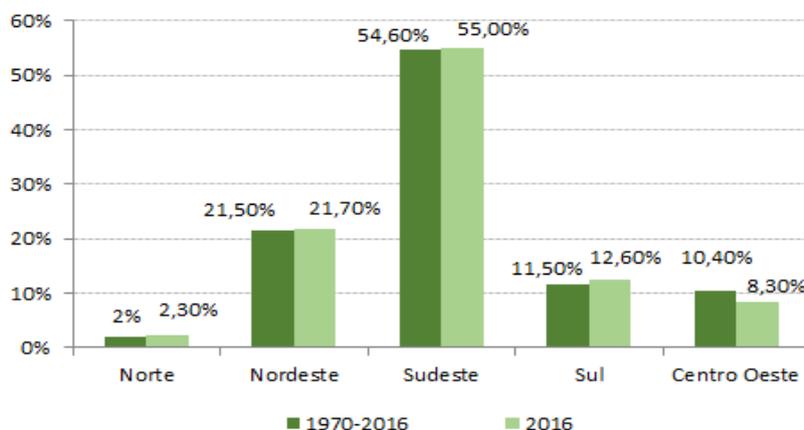
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se analisar os 70 aterros sanitários contabilizados 37 realizam a recuperação energética e os outros 33 realizam a queima, segundo os dados catalogados pelo MCTIC, EPE e ANEEL.

O MDL representou um importante mecanismo de incentivo econômico para estimular a mitigação de emissões de GEE no segmento, porém, neste momento com a baixa dos preços do mercado de carbono, não é mais uma oportunidade para cobrir os investimentos adicionais em mitigação em aterros sanitários. Somado a isso, o aproveitamento energético de RSU promove, além da geração de energia, a redução da emissão de GEE, por isso deve ser incentivados em aterros que apresentem viabilidade técnico-econômica para a geração.

De acordo com o Documento de Análise do ano de 2018 sobre Emissões de GEE no Brasil publicado pelo Observatório do Clima, as emissões baseadas na fração orgânica degradável dos resíduos, juntamente com o tipo de disposição final, permitiram a avaliação das emissões de metano no período entre 1970 e 2016. Estas informações estão apresentadas na Figura 5, salientando-se que os estados que mais emitiram GEE são da região Sudeste.

Figura 5 - Contribuição regional no total de emissões de gases de efeito estufa, Relatório de Emissões de GEE no Brasil - Observatório do Clima 2018.



De acordo com a Figura 5, a região Nordeste, devido ao número de Estados, composição gravimétrica e índices populacionais, já é a segunda maior fonte de emissão de GEE no setor de resíduos no Brasil. Nota-se também que a região Sul, terceira região em termos de emissão, foi a que apresentou a maior queda nas emissões de GEE em 2016 quando comparado à totalidade do período analisado. Contudo, ainda possui um grande potencial de qualificação dos aterros sanitários, além de estabelecer políticas que visem o desvio da matéria orgânica e seca da disposição final em aterros sanitários.

Para que o setor tenha estratégias que promovam a valorização dos resíduos, a cobrança pelo serviço prestado deve ser considerada como uma condição de viabilização de práticas de baixas emissão. Dentre as principais estratégias é recomendável que sejam considerados:

- Medidas de destruição ou recuperação de metano nos aterros sanitários, no horizonte de curto prazo.
- A integração das políticas de resíduos, saneamento e clima na tomada de decisão, a fim de equilibrar a relação custo-benefício das ações no setor, como o direcionamento de investimentos, políticas de fomento e regulações voltadas para a captura e queima de metano em aterros existentes, associadas à obrigatoriedade deste processo em novas instalações, incluindo o monitoramento e reporte da eficiência dos sistemas.
- Fomento a coleta seletiva em três frações (orgânico, seco e rejeito), visando facilitar o gerenciamento do fluxo de orgânicos, possibilitando seu tratamento por meio de tecnologias menos onerosas ao poder público, como a compostagem, por exemplo.
- O desvio progressivo de orgânicos de aterros por meio de ações voltadas para a redução da geração e tratamento diferenciado de grandes geradores.
- O desvio progressivo de resíduos secos de aterros, que mesmo não tendo um impacto significativo nas emissões pela metodologia IPCC, tem um impacto relevante considerando

a Análise do Ciclo de Vida e tem seu papel estratégico no fortalecimento de mercado local, geração de emprego e renda por meio de seu papel social.

CONCLUSÃO

A implementação da PNRS deve estar integrada com a política de clima e suas metas, para que a gestão de resíduos seja mais sustentável. Ficou evidente que a transição de lixões para aterro sanitários, apesar de fundamental do ponto de vista ambiental, vai necessariamente refletir em um aumento das emissões de GEE, caso políticas públicas de qualificação dos aterros sanitários não sejam implementadas no horizonte de curto prazo.

De um modo geral, as estratégias que visam a implementação efetiva da hierarquia de gestão de RSU apresentada na PNRS também apresentam potencial de contribuição para a redução das emissões de GEE e devem servir de direcionadores estratégicos para o setor.

Pela metodologia IPCC avaliada tem-se como as ações mais efetivas para redução das emissões de GEE do setor a qualificação e o desvio da fração orgânica de aterros sanitários.

As particularidades regionais devem ser consideradas dentro do planejamento e da definição das estratégias de qualificação dos aterros sanitários, como marco regulatório para eficiência-zação da captura, queima ou aproveitamento do biogás gerado, como para ações relaciona-das ao desvio da fração orgânica de aterros sanitários.

Para o avanço das ações e adoção de metas de desvio das frações orgânicas da disposição final é essencial que os municípios revisem e/ou estruturem seus planos municipais estabelecendo metas efetivas para este fim, bem como da qualificação de aterros sanitários.

A integração de políticas é fundamental, para se equilibrar a relação custo-benefício das ações no setor em prol da agenda do clima, regulação estadual mais progressiva em relação a obrigatoriedade da queima centralizada de biogás, gerará oportunidades de negócio e acesso a recursos internacionais voltados ao desenvolvimento de projetos de alto impacto.

Apesar de não haver uma meta específica do setor de resíduos estabelecidas na NDC Brasileira, é fundamental o estabelecimento mecanismos de controle e a implementação de ações voltadas ao monitoramento, reporte e verificação de emissões do setor. O setor de resíduos tem papel relevante para o cumprimento da meta da NDC principalmente em 2030.

Por outro lado, de forma mais pragmática, quando avaliamos as políticas de resíduos sob uma ótica de transversalidade, reconhecemos seu papel não somente no âmbito das mudanças climáticas, mas na busca por metas globais de saneamento, energia acessível e limpa, inovação e infraestrutura, cidades sustentáveis, produção e consumo responsáveis – todos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). A perspectiva de

políticas mais amplas e integradas abre novos caminhos, rumo a uma economia pautada na circularidade e no baixo carbono.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Brasília, 108p., 2010. . (Versão Preliminar para Consulta Pública).
- Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; Brasília, 20p. 2010.
- Brasil. MCTIC e ONU Meio Ambiente. Trajetórias de Mitigação e Instrumentos de Políticas Públicas para Alcance das Metas Brasileiras no Acordo de Paris. Brasília, 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. Kanagawa, 2001.
- METHANUM. Relatório de quantificação das emissões GEE no setor de RSU e perspectivas de alinhamento das políticas de clima e de gestão de resíduos no Brasil. BH, 2018.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos 2016. Brasília, 2018.
- Brasil (2019). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2017. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento (SNIS): Brasília: SNS/MDR, 2019.
- Brasil (2009). Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima _PNMC e dá outras providências. Brasília, 2009.
- Brasil (2016). Ministério do Meio Ambiente. Acordo de Paris (2015). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em 15 de abril de 2019.
- JORGE, V, M.; et all (2018). Diagnóstico nacional dos aterros sanitários implantados via convênio firmados com a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA e proposta de melhoria de seu programa de resíduos sólidos. In: 1º CONGRESSO SUL AMERICANO RE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, Gramado/RS, 2018, 9p.
- REZENDE, T. ANGELO, C. (2018). Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Observatório do Clima. 2018. Disponível em: <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINALv1.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2019.
- Brasil (1986). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 01, de janeiro de 1986

Brasil (1997). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de janeiro de 1997.

SÃO PAULO (2014). Resolução da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) nº 49, de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental, no âmbito da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo –Cesteb.

São Paulo (2014). Decisão da Diretoria nº 153/2014/I, de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre os Procedimentos para o Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental no Âmbito da CETESB e dá outras providências.

UNEP (2010). Programa das Nações Unidas. Global Waste Management Outlook. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/pt-br/node/1104>. Acesso em 15 de abril de 2019.

REICHERT, G. A. Tecnologias e Rotas Tecnológicas para RSU.2019.55 slides. Disponível em: protegeer.gov.br/biblioteca/apresentacoes/31-evento-tecnico-internacional-protegeer-sanepar/dia-25/461-tecnologias-para-valorizacao-de-organicos-e-reciclaveis-e-rotas-tecnologicas. Acesso em 15 de abril de 2019.