

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PROVENIENTES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE LIMEIRA DO OESTE-MG ANO BASE 2017

GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM SOLID WASTE IN THE LIMEIRA DO OESTE MUNICIPALITY, MINAS GERAIS STATE – BRAZIL, BASE YEAR 2017

Rodrigo Barbosa Lorena¹, Carlos Roberto Sanquetta², Evandro Roberto Tagliaferro³,
Osmar Luis Silva Vasconcelos⁴

^{1,3} Universidade Brasil, Fernandópolis, São Paulo, Brasil – rodrigomeioambiente10@gmail.com & tagliaferro@etagli.com.br

^{2,4} Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – carlossanquetta@gmail.com & osmarluisvasconcelos@gmail.com

RESUMO

O aumento nos padrões de produção e consumo da sociedade nos dias atuais tem levado a uma maior geração de resíduos sólidos. Além disso, a destinação final dos resíduos sólidos tem contribuído para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo estimar as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) provenientes dos resíduos sólidos do município de Limeira do Oeste-MG no ano de 2017. Para a realização do plano de gestão integrada de resíduos sólidos, foi realizada uma análise gravimétrica para se descobrir a composição dos resíduos sólidos municipais. Assim, durante uma semana, as três coletas foram feitas, sendo que os resíduos dessas coletas foram despejados em uma lona e processou-se o quarteamento, sendo colocados em coletores devidamente identificados, que, quando cheios, tiveram seus pesos medidos e anotados. 647,1 kg de resíduos sólidos foram amostrados, totalizando um volume de 6,92 m³. Com isso, chega-se a uma estimativa de que o município de Limeira do Oeste-MG gera, diariamente, 2.302,9 kg de massa com um volume de 24,64 m³ (a geração diária por habitante é de 0,307 kg de resíduos sólidos) ou 112,05 kg por ano por habitante, totalizando 840.558,50 kg de resíduos sólidos gerados no ano de 2017. Para se calcular as emissões de GEEs, utilizou-se o *GHG Protocol* versão 2020.1.2, tendo sido inseridos o total de resíduos anual e a composição desses resíduos. Observou-se um valor de emissões de 13,940 CH₄ (t/ano) e 348,502 CO_{2e} (t/ano). As medidas para reduzir as emissões foram a proposta de reciclagem com associação de catadores, a educação ambiental e a instituição de taxa de serviço de coleta e disposição de resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, Metano, Carbono.

ABSTRACT

The increase in production and consumption patterns in society today has led to a greater generation of solid waste. In addition, the final destination of solid waste has contributed to the increase in greenhouse gas (GHG) emissions. In this context, this article aimed to estimate the reduction of greenhouse gases (GHGs) from solid waste in the municipality of Limeira do Oeste-MG in 2017. To carry out the integrated solid waste management plan, a gravimetric analysis was carried out to discover the composition of municipal solid waste. Thus, for a week, three collections were made, and the residues from these collections were dumped on a tarp and the quarantine was processed, being stored in properly identified collectors, which, when filled, had their weights measured and recorded. 647.1 kg of solid waste were sampled, totaling a volume of 6.92 m³. With this, an estimate is reached that the municipality of Limeira do Oeste-MG generates, daily, 2,302.9 kg of mass with a volume of 24.64 m³ (the daily generation per inhabitant is 0.307 kg of solid waste) or 112.05 kg per year per inhabitant, totaling 840,558.50 kg of solid waste generated in 2017. To calculate how it was obtained from GHGs, the GHG Protocol version 2020.1.2 was used, with the total of annual waste and waste compositions. A transfer value of 13,940 CH₄ (t / year) and 348,502 CO_{2e} (t / year) was observed. Measures to reduce emissions were the proposal for recycling with an association of waste pickers, environmental education and the institution of a collection service fee and disposal of solid waste.

KEYWORDS: Climate change, Methane, Carbon.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm sido notícia nos meios de comunicação nos últimos anos, gerando preocupação entre os setores da sociedade civil, governos, população e comunidade científica. Acredita-se que possa haver uma relação entre mudanças climáticas e aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) (SANQUETTA *et al.*, 2013; UNFCCC, 2013). Entre os principais gases GEEs é possível destacar o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) (ALVALÁ *et al.*, 2017).

A constante geração de resíduos sólidos urbanos é um dos principais problemas ambientais dos dias de hoje. Com a geração desses resíduos e seu posterior tratamento e destinação final, observou-se a ocorrência de emissões de GEEs, levando a um agravamento das mudanças climáticas. Em razão disso, pesquisadores vêm estudando a fundo esse problema, que é um dos principais entraves que as cidades irão enfrentar nos próximos anos (SANTIAGO & DIAS, 2012). Tais resíduos sólidos são compostos gerados por atividades domésticas em residências e pela varrição, limpeza de logradouros e de vias públicas, além de outros serviços de limpeza urbana (STRAUCH, 2008; DIAS, 2009; SANTIAGO & DIAS, 2012).

A grande produção de resíduos sólidos urbanos é uma das questões ambientais problemáticas na atualidade. A governança dos resíduos sólidos tem sido o centro da preocupação de pesquisadores de vários campos de estudos e se tornou um desafio a ser enfrentado pelas cidades nos próximos anos (SANTIAGO & DIAS, 2012). Com a geração de resíduos sólidos, e seu posterior tratamento e destinação final, é observado a ocorrência de emissões de GEEs, levando a um agravamento das mudanças climáticas que são um dos grandes desafios da sociedade atual (PIMENTA, 2018).

Segundo Campos (2012), alguns fatores podem explicar o aumento da geração de resíduos sólidos, entre eles:

- aumento do emprego e da renda.
- redução do número de pessoas por casa e mudança da composição familiar.
- inserção da mulher no mercado de trabalho.
- inversão do fluxo migratório com pessoas que vieram do Nordeste para o Sul, de volta ao Nordeste, estimulando novos hábitos de consumo.
- aumento da disponibilidade de crédito.
- falta de cobrança pelos serviços de coleta e disposição dos resíduos sólidos.
- consumismo estimulado pelos meios de comunicação.
- aumento da utilização de produtos descartáveis.

As emissões de GEEs advindas de resíduos sólidos têm aumentado ano após ano, saindo de uma participação nas emissões de GEEs de 1% em 2005 para 4% em 2015, tendo, neste ano, atingido 62.695 Gg CO_{2e} (MCTIC, 2017). Porém, em virtude da peculiaridade em termos socioeconômicos do Brasil, esse índice varia de acordo com a região. São Paulo (2013) divulgou o inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do município de 2003 a 2009 com atualização para 2010 e 2011 nos setores Energias e Resíduos, informando que o setor de resíduos correspondia, em 2009, a 16% das emissões totais de GEEs municipais daquele ano.

Um dos meios para contabilizar a emissão de gases do efeito estufa é o inventário de emissões, que pode ser realizado por entidades públicas ou privadas. Para a realização dos inventários, são três as principais fontes utilizadas para aferição dos dados: (i) *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), (ii) ISO 14.064 e (iii) *GHG Protocol*. O método mais utilizado é o *Greenhouse Gas Protocol Initiative* (GHG Protocol), uma vez que envolve uma série de parcerias entre organizações não governamentais (ONGs), poder público e diversas entidades, reunidas pelo *World Resources Institute* (WRI) e pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) (SANQUETTA *et al.*, 2013; NUNNENKAMP & CORTE, 2017).

Em suas contribuições nacionalmente determinadas (NDC), o Brasil se comprometeu a realizar reduções de suas emissões de GEEs em 37% até 2025, tendo como ano base 2005. Posteriormente, até 2030, a redução deve ser em 43%, considerando novamente 2005 como ano base (NDC, 2016).

Levando em consideração, então, que a geração de resíduos sólidos é um grande problema ambiental atual a ser combatido, este artigo teve como objetivo realizar as estimativas das emissões de GEEs provenientes dos resíduos sólidos gerados no município de Limeira do Oeste-MG, para o ano base de 2017, e propor medidas para a redução dessas emissões de GEEs.

Este estudo se mostra importante porque as estimativas de emissões de GEEs podem colaborar em ações por parte do poder público e da sociedade para medidas que possam minimizar os efeitos negativos dessas emissões no meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Limeira do Oeste-MG

O município de Limeira do Oeste-MG está localizado na

região do pontal do triângulo mineiro, estado de Minas Gerais, e comporta uma população de aproximadamente 7.487 habitantes (IBGE, 2017).

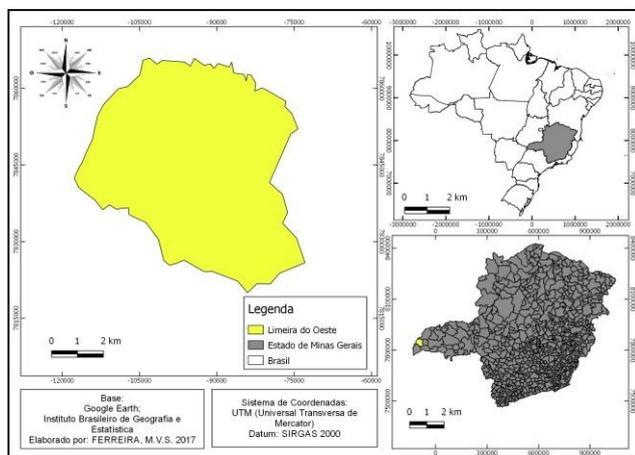


Figura 1. Localização do município de Limeira do Oeste-MG.

Fonte: Elaborado por Ferreira (2017) e PGIRS (2018).

Os solos predominantes no município são: Latossolo vermelho distrófico típico, com textura argilosa, epieutrófico, fase campo subtropical relevo suave ondulado (LVd1) e Gleissolo melânico distrófico típico A, de proeminente textura argilosa (GMd4) (IDE-SISEMA, 2020).

Coleta dos dados

Os componentes do resíduo sólido analisado foram papel, plástico, vidro, metais não-ferrosos, metais ferrosos, matéria orgânica, contaminante biológico, diversos, contaminante químico, equipamentos eletrônicos, pedra, terra, louça, madeira, couro, borracha e material têxtil. A coleta de dados de massa e o volume dos resíduos sólidos, a estimativa diária de resíduos sólidos gerados, bem como a porcentagem de composição desse resíduo foram baseadas nos resultados do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Limeira do Oeste-MG (PGIRS, 2018). O estudo teve como referência o ano de 2017, sendo realizado pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), juntamente com a prefeitura municipal de Limeira do Oeste-MG, que auxiliou por meio da secretaria municipal de meio ambiente.

Gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos

A análise da composição gravimétrica tem como objetivo a identificação das diferentes características dos materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos. Através desse diagnóstico, é possível conhecer os percentuais de

composição, de massa, de volume e de densidade presentes nos resíduos sólidos de uma empresa, indústria ou município (SIQUEIRA et al., 2016; PGIRS, 2018).

Foram coletadas amostras dos resíduos de todos os bairros da cidade. A coleta de amostra e o respectivo estudo gravimétrico ocorreram nos dias 14/08/2017 (segunda-feira), 16/08/2017 (quarta-feira) e 18/08/2017 (sexta-feira), totalizando 3 (três) coletas no período de 1 (uma) semana, de modo a identificar a variabilidade de geração dos resíduos sólidos.

Tendo sido coletadas as amostras de resíduos sólidos, estas foram despejadas sobre uma lona e, em seguida, a pilha de resíduos foi homogeneizada. Foi realizado o quarteamento e escolhido uma parte do quartil para a segregação dos materiais. Na sequência, os materiais foram separados e colocados nos coletores identificados, além de terem sido quantificados tanto em peso quanto em volume. O volume do tambor, de base cilíndrica, foi calculado considerando a seguinte equação matemática:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Em que: V corresponde ao volume do tambor, r ao raio e h à altura do coletor.

À medida que o coletor chegava a sua capacidade de volume, era pesado e os valores anotados. O mesmo procedimento foi realizado com todos os resíduos sólidos.

GHG Protocol

Utilizou-se a ferramenta de cálculo *GHG Protocol* versão 2020.1.2 para a contabilização das emissões de GEEs, que podem ser vistas na Tabela 2. Esses dados foram inseridos na ferramenta a partir da composição dos resíduos sólidos obtidos através da gravimetria realizada no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, conforme solicitado pela ferramenta *GHG Protocol*: A – Papéis/Papelão; B – Resíduos têxteis; C- Alimentares; D – madeira; E- resíduos de jardim e de parque; F – Borracha e couro; G- Fraldas; e outros materiais inertes.

As informações foram inseridas na ferramenta *GHG Protocol*, a qual pede que seja informado o tipo de aterro em que os resíduos sólidos são descartados. Especificamente no caso do município de Limeira do Oeste-MG, por ser um aterro controlado em valas, foi inserido o aterro tipo B com profundidade menor que 5 metros.

Como não existia um trabalho de coleta seletiva municipal, os resíduos gerados pelo município estavam sendo totalmente destinados ao aterro controlado, ou seja, 840,55 t/ano de resíduos sólidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a analisar da sustentabilidade de um local, é preciso um conjunto de informações que possam indicar o nível de sustentabilidade em que aquele local se encontra. Os indicadores servem de suporte para serem utilizados na administração pública, portanto são importantes meios de avaliação, desde que se relacionem aos conceitos e

princípios de sustentabilidade (MIRANDA & TEIXEIRA, 2004). Por isso, o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município (PGIRS, 2018) de Limeira do Oeste-MG é um importante meio de informações, que pode levar a administração pública a tomar medidas em prol da sustentabilidade.

Tabela 1. Dos estudos de gravimetria no município de Limeira do Oeste, MG.

Material	Balanço semanal					
	Massa Total Amostra (kg)	Volume Total Amostra (m ³)	(%) Massa Amostra	(%) Volume Amostra	Massa Total Semanal (kg)	Volume Total semanal (m ³)
Papel	59,5	1,50	9,2	21,6	1.482,2	37,27
Plásticos	117,5	2,81	18,2	40,6	2.927,1	70,06
Vidro	9,8	0,07	1,5	0,9	244,1	1,63
Metais Não-Ferrosos (latas de alumínio, aço)	14,8	0,09	2,3	1,3	368,7	2,22
Metais Ferrosos (Palha de aço- agulha)	1,8	0,04	0,3	0,6	44,8	0,99
Matéria Orgânica (Restos de Alimentos)	221,7	0,44	34,3	6,4	5.522,8	10,98
Matéria Orgânica (Poda, capina)	64,6	0,78	10,0	11,3	1.609,3	19,46
Contaminante biológico	78,3	0,44	12,1	6,3	1.950,5	10,86
Diversos	1,3	0,02	0,2	0,3	32,4	0,59
Contaminante Químico	1,4	0,07	0,2	1,0	34,9	1,79
Equipamentos Eletrônicos	2,2	0,03	0,3	0,5	54,8	0,78
Pedra, Terra, Louça	24,4	0,08	3,8	1,2	607,8	1,99
Madeira	5,8	0,07	0,9	1,1	144,5	1,85
Couro e Borracha	16,0	0,15	2,5	2,2	398,6	3,81
Têxtil	28,0	0,33	4,3	4,8	697,5	8,21
Total	647,10	6,92	100,0	100,0	16,120,0	172,48

Fonte: PGIRS de Limeira do Oeste-MG (2018).

Massa Total Amostra (kg): referente à massa total de amostra de resíduos sólidos nos três dias de coleta.

Volume Total Amostra (kg): referente ao volume total de amostra de resíduos sólidos nos três dias de coleta.

(%) Massa Amostra: referente à percentagem da massa da amostra dos resíduos sólidos coletados nos três dias de gravimetria.

(%) Volume Amostra: referente a percentagem do volume da amostra dos resíduos sólidos coletados nos três dias de gravimetria.

Massa Total Semanal (kg): referente à massa total de resíduos sólidos coletados nos três dias de gravimetria.

Volume Total Semanal (m³): referente ao volume total de resíduos sólidos coletados nos três dias de gravimetria.

Tabela 2. Balanço semanal e estimativa diária obtida pela gravimetria no município de Limeira do Oeste, MG.

Material	Balanço Semanal	Estimativas diárias	
	Densidade (t/m ³)	Massa diária (kg)	Volume diário (m ³)
Papel	0,040	211,7	5,32
Plásticos	0,042	418,2	10,01
Vidro	0,150	34,9	0,23
Metais Não-Ferrosos (latas de alumínio, aço)	0,166	52,7	0,32
Metais Ferrosos (Palha de aço- agulha)	0,045	6,4	0,14
Matéria Orgânica (Restos de Alimentos)	0,503	789,0	1,57
Matéria Orgânica (Poda, capina)	0,083	229,9	2,78
Contaminante biológico	0,180	278,6	1,55
Diversos	0,055	4,6	0,08
Contaminante Químico	0,019	5,0	0,26
Equipamentos Eletrônicos	0,070	7,8	0,11
Pedra, Terra, Louça	0,305	86,8	0,28
Madeira	0,078	20,6	0,26
Couro e Borracha	0,105	56,9	0,54
Têxtil	0,085	99,6	1,17
Total	0,093	2.302,9	24,64

Fonte: PGIRS de Limeira do Oeste-MG (2018).

Densidade (t/m³): referente à densidade dos resíduos sólidos nos três dias de coleta.

Massa diária (kg): referente à massa diária estimada, baseada nos três dias de coleta.

Volume diário (m³): referente ao volume diário estimado, baseado nos três dias de coleta.

Nos três dias de estudo gravimétricos foram amostrados 647,1 kg de resíduos sólidos e volume total de 6,92 m³. A estimativa é que o município de Limeira do Oeste-MG gere diariamente 2.302,9 kg de massa e um volume de 24,64 m³ de resíduos sólidos. É estimado a geração diária de 0,307 kg de resíduos sólidos por habitante ou 112,05 kg por ano por habitante, que corresponde ao total de 840.558,50 kg de resíduos sólidos gerados no ano de 2017 no município.

No ano de 2009 a massa de resíduos sólidos urbanos no Brasil variou de 0,77 kg dia por habitante a 1,19 kg dia por habitante (CAMPOS, 2012). É possível observar que, Limeira do Oeste-MG apresenta uma geração de resíduos sólidos inferior à mínima variação relatada pelo autor antes citado. O resultado, pode ser apresentado como indicador para a gestão municipal, objetivando trabalhar para que a geração de resíduos sólidos, não aumente de maneira que venha a causar mais danos ao meio ambiente, além de reduzir as despesas econômicas com a gestão dos

resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos, com potencial de serem recicláveis, totalizou cerca de 723,8 kg e volume de 16,02m³ diário, equivalente a 31,5% dos resíduos totais. Desse 31,5%, papel e papelão compõem 9,2%, plástico 18,2%, vidro 1,5%, metais não-ferrosos 2,3% e metais ferrosos 0,3%. Rezende et al. (2013) realizou um estudo de composição gravimétrica no município de Jaú (SP), onde foi contabilizado uma geração de 25% de material reciclável. Os resultados encontrados nesse estudo, demonstram o potencial de geração de renda, por meio da reciclagem, na no município de Limeira do Oeste-MG.

Os resíduos compostáveis totalizaram cerca de 1.018,9 kg e volume de 4,35m³ diário. Desse total, 34,3% orgânicos e 10% de matérias oriundas de podas. De acordo com a associação Zero, 40% dos resíduos de disposição final corresponde a bioresíduos que poderiam ser transformados em composto para fins de utilização na agricultura, possibilitando que os nutrientes sejam

utilizados no solo (ZERO, 2017; JESUS & PIRES, 2018). O trabalho de compostagem levaria a uma redução no custo de disposição final, uma vez que, esses resíduos representam a maior parcela dos que são gerados.

Os resíduos com potencial de serem co-processados totalizaram 74,2 kg e um volume de 0,63 m³, totalizando 11,5% de toda amostra avaliada. Dessa madeira compõe 0,9%, couro e borracha 2,5%, têxtil 4,3% e ainda resíduos como pedra, louça, cerâmica 3,8% (PGIRS, 2018). Uma possibilidade seria a reutilização de alguns desses resíduos como os têxtil Segundo Zou et al. (2011) e Velicko et al. (2020), a reutilização dos recursos não renováveis possibilita um estilo de vida mais sustentável, os tecidos a base de polietileno tereftalato (PET) e algodão amplamente utilizados em roupas estão sendo descartados como resíduos urbanos comuns nos aterros sanitários.

Os rejeitos totalizaram 296,1 kg e um volume de 2,0m³ contabilizando 12,8%, sua composição. Desse total, 12,1% é composto por contaminantes biológicos, 0,2% por contaminantes químicos, 0,3% por equipamentos eletrônicos e 0,2% por resíduos diversos de difícil classificação (PGIRS, 2018). Rezende et al. (2013), contabilizaram no seu estudo uma geração de rejeitos de 25% do total de resíduos sólidos urbanos gerados, Limeira do Oeste-MG apresenta uma menor quantidade de geração de rejeitos o que leva a um menor custo por habitante de gestão dos resíduos sólidos.

Emissões de Gases de Efeito Estufa

O município de Limeira do Oeste-MG no ano do estudo enviava seus resíduos sólidos para um aterro controlado, não havia nenhum processo de incineração dos resíduos sólidos nem de compostagem dos resíduos orgânicos. No Brasil em 2013 cerca de 42% dos resíduos sólidos gerados foram destinados de forma ambientalmente incorreta como por exemplo a lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2014; FOSTER et al., 2016).

As informações foram inseridas na ferramenta *GHG Protocol* e os resultados estão na Tabela 3.

Tabela 3. Emissões de GEEs

Emissões	CH ₄ (t/ano)	CO _{2e} (t/ano)
Aterro controlado	13,940	348,502

Fonte: o autor (2020).

A estimativa de emissões totais de resíduos sólidos aterrados foi de 348,502 CO_{2e} t tendo como ano base 2017.

Segundo IBGE (2017), a população do município de Limeira do Oeste-MG é de 7.4787, levando em consideração o valor estimado, demonstrado na Tabela 3, o município apresenta uma média de geração de GEEs de 0,046 t/ano de CO_{2e}. O dióxido de carbono é o principal gás causador das mudanças climáticas, porém, segundo Souza & Corazza (2017), os GEEs não estão restritos às emissões de CO₂.

O potencial de aquecimento global (PEG) do gás metano é 21 vezes maior que o CO_{2e} (IPCC, 2013; BILOTTA & ROSS, 2016), o que torna esse gás potencialmente mais danoso para as mudanças climáticas. Em relação as emissões de metano a estimativa de geração é de 13,940 CH₄ t sendo que cada morador de Limeira do Oeste-MG gera 0,018 t/ano de CH₄, tomando como base o ano de 2017.

Em uma análise qualitativa, alguns fatores explicam o que pode alterar a composição dos gases em aterros municipais, são eles; a quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos domésticos, umidade presente nos resíduos, além da forma de operação do local de disposição final e o clima da região (MACIEL, 2003; AUDIBERT & FERNANDES, 2012). Especificamente Limeira do Oeste-MG não possuía, no ano do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, nenhum tipo de manejo que minimizasse as emissões de GEEs.

Medidas para redução dos gases GEEs

Um dos maiores problemas dos dias atuais muito por conta do crescimento econômico é o relacionado as emissões de gases de efeito estufa advindo dos resíduos sólidos (GALLARDO et al., 2014; XU et al., 2017; LONGO et al., 2019). Como ficou observado na Tabela 3 que mesmo em municípios de pequeno porte as emissões advindas da disposição final de resíduos sólidos agravam o cenário das mudanças climáticas.

Devido à amplitude dos problemas ambientais como as mudanças climáticas e perda da biodiversidade, no aspecto sócio econômica, a pobreza, o desemprego, violência envolvendo a geração de resíduos sólidos, faz-se necessário tomar medidas urgentes para uma gestão dos resíduos sólidos que proporcione o reuso e recuperação dos materiais, tendo como prioridade os mais pobres (GUTBERLET, 2013). A gestão pública deve buscar meios de reduzir a geração de resíduos sólidos, tendo em vista a proteção do meio ambiente, principalmente no que se refere as mudanças climáticas.

A reciclagem possui um papel importante na redução das emissões de GEEs. É estimado que uma reciclagem que alcançasse o cenário ideal entre os anos 2000 a 2007 teria

se reduzido em 18 a 28 milhões de toneladas de dióxido de carbono no Brasil (GOUVEIA, 2012). Juntamente com a reciclagem, é possível destacar o apoio aos catadores de recicláveis, que muitas vezes representam um dos extratos sociais mais excluídos da sociedade, porém que sabem exatamente o valor dos resíduos sólidos para a geração de emprego e renda (GUTBERLET, 2013). O município de Limeira do Oeste-MG, ainda não possui coleta seletiva nem associação de catadores profissionais sendo urgente essa ação.

A educação ambiental é uma das medidas para a gestão dos resíduos sólidos e está prevista na Lei nº 12.305/2010. Para Reis et al. (2017), boa parte da população se restringe a consumir e descartar produtos evitando assim assumir a sua responsabilidade. Para tanto, o Estado que é o gerenciador dos resíduos sólidos, deve colocar a educação ambiental em ações concretas a fim de alcançar uma gestão integrada e ambientalmente correta dos resíduos sólidos.

Outro fator que pode colaborar na redução da geração de resíduos sólidos é a cobrança de taxa pelo serviço de coleta de resíduos sólidos. No estudo realizado por Campos (2012) foi observado que existe uma relação de cobrança de taxa pelo serviço de limpeza e redução de geração de resíduos sólidos conforme observado na Tabela 3, sendo a região sul do País a que mais desenvolve essa cobrança. O município de Limeira do Oeste-MG, realiza uma cobrança simbólica da coleta de resíduos sólidos que vem anexada ao IPTU, porém poderia ser substituída por uma cobrança

de acordo com a geração de resíduos sólidos por habitação.

Tabela 3. Geração de resíduos sólidos por habitante e cobrança pelos serviços de limpeza.

Regiões	Sul	Sudeste	Nordeste	Norte	Centro - Oeste
Geração (kg)	0,81	0,88	1,03	1,15	1,47
Cobrança (%)	76,5	56,4	11,75	28,6	27,6

Fonte: (BRASIL, 2009; CAMPOS, 2012).

Vários países já vêm adotando medidas que podem servir de estímulo para o Brasil reduzir sua geração de resíduos sólidos e conseqüentemente as emissões de GEEs. O estudo realizado por Azevedo (2004) descreve algumas medidas que visam estimular a redução da geração de resíduos sólidos, praticamente todos esses países são considerados desenvolvidos conforme observado na Tabela 4, porém isso não impede que alguma dessas medidas seja replicada no Brasil sempre tendo em conta as particularidades de cada região.

Se alguma dessas medidas forem colocadas em prática pela gestão municipal, certamente haverá uma redução na emissão de GEEs no município, além é claro de uma maior conscientização por parte da população e setor privado, podendo gerar melhorias tanto ambientais quanto econômicas.

Tabela 4. Instrumentos econômicos que alguns países adotaram para a redução da geração de resíduos sólidos.

Tipos	Bélgica	Canadá	EUA	Alemanha	Austrália	Turquia	Espanha	Dinamarca
Cobrança pela disposição em aterros	X	X	X	X	X	X	X	X
Cobrança pela geração	X	X	X	X		X		X
Imposto sobre produto	X	X			X			X
Sistema de depósito-retorno	X		X	X				X
Crédito para a reciclagem			X					

Fonte: Azevedo (2004).

CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto, através do plano de gerenciamento de resíduos sólidos de Limeira do Oeste-MG e do cálculo desenvolvido com a ferramenta *GHG Protocol*. O município apresentou emissões na ordem de 13,940 CH₄ (t/ano) e 348,502 CO_{2e}(t/ano), chega-se à conclusão que são necessárias medidas que visem à redução das emissões de GEEs. Mesmo sendo um município pequeno Limeira do Oeste-MG, tem contribuído

para o agravamento das mudanças climáticas.

Foi apresentado algumas sugestões para o município de Limeira do Oeste-MG entra elas, seria fazer da educação ambiental uma disciplina própria do currículo escolar, trabalhando com ênfase nas questões relativas aos resíduos sólidos. Deve-se também incentivar a reciclagem e formação de associação por catadores de recicláveis, uma vez que, os resíduos recicláveis representam 31,5% dos resíduos totais. Outra sugestão, seria a cobrança de uma taxa para o serviço de coleta e disposição final de

resíduos sólidos, com o objetivo de estimular a redução da geração de resíduos sólidos.

A partir das propostas de redução de geração de resíduos sólidos, a gestão municipal de Limeira do Oeste-MG poderá adotar a ação que mais esteja de acordo com a sua realidade, tendo em vista as condições econômicas e sociais do município. Portanto, as medidas de ganho ambiental não devem ser apenas corretivas mais também educativas, uma vez que o desenvolvimento sustentável requer um equilíbrio entre crescimento econômico e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

ALVALÁ, P. et al. **Emissão de gases de efeito estufa**. Bauru: Canal 6 editora, 2017.

AUDIBERT, J.; FERNANDES, F. Avaliação qualitativa e quantitativa da emissão de biogás em aterro controlado de médio porte. **Revista DAE**, n.190, p.56-73, 2012.

AZEVEDO, G.O.D.D. **Por menos lixo: A minimização dos resíduos sólidos urbanos na cidade do Salvador/Bahia**. 2004. 148p. (Dissertação de Mestrado).

BILOTTA, P.; ROSS, B.Z.L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.21, n.2, p.275-280, 2016.

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; e dá outras providências**. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

CAMPOS, K.T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.17, n.2, p.171-180, 2012.

FOSTER, A. et al. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. **18º Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente (ENGEMA)**, p.1-17, 2016.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1503-1510, 2012.

GUTBERLET, J. Gestão inclusiva de resíduos sólidos. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.30, n.1, p.6-23, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Limeira do Oeste: panorama**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/limeira-do-oeste/panorama>

IDE-SISEMA. **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>

JESUS, C., PIRES, I. Fechar o ciclo: a contribuição da economia circular para o combate ao desperdício alimentar. **Revista Ecologias Humanas**, v.4, p.7-20, 2018.

LONGO, G.L. et al. Comparação das emissões de gases de efeito estufa em uma cooperativa de reciclagem de materiais. **Revista Virtual de Química**, v.11, p.190-209, 2019.

MCTIC. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 4.ed. Brasília, 2017. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Estimativas-Anuais-4-2017.pdf>

MIRANDA, B.D.; TEIXEIRA, A.D.N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.9, n.4, p.269-279, 2004.

NDC - NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION. **Contribuição apresentada pelo Brasil às Nações Unidas**. 2016. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf

NUNNENKAMP, C.H.; CORTE, A.P.D. Emissão de gases de efeito estufa e proposta de projeto para compensação: um estudo de caso e-commerce. **BIOFIX Scientific Journal**, v.2, n.1, p.69-77, 2017.

PGIRS - PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE LIMEIRA DO OESTE-MG. **Câmara Municipal de Limeira do Oeste**, 2018. Disponível em: <https://www.limeiradooeste.mg.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>

PIMENTA, D.S. **Emissões de gases de efeito estufa provenientes dos resíduos sólidos em uma indústria automobilística no ano base 2017**. 2017. 30p. (Trabalho de conclusão de curso).

GHG PROTOCOL. **Ferramenta de cálculo**. 2020. Disponível em: <https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>

REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F.H.P. Política nacional de resíduos sólidos (Lei nº 12.305/2010) e educação ambiental. **Revista Interdisciplinar de Direito**, v.4, n.1, p.99-111, 2017.

REZENDE, J.H. et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.18, n.1, p.1-8, 2013.

SÃO PAULO. **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do município de São Paulo de 2003 a 2009, com atualização para 2010 e 2011 nos setores energia e resíduos**. São Paulo: Série Cadernos Técnicos, v.12, 2013. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/CT_INVEMI.PDF

SANQUETTA, C.R. et al. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa em uma obra de construção civil com a metodologia ghg protocol. **Centro Científico Conhecer**, v.9, n.16, p.1088-1106, 2013.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.17, n.2, p.203-212, 2012.

SOUZA, C.O.; CORAZZA, R. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.42, p.52-80, 2017.

VELICKO, A.J. et al. Alternativas de reutilização de resíduos têxteis. **Society and Development**, v.9, p.1-28, 2020.

Recebido em 05-12-2020 Aceito em 18-01-2021